

Anhang

Verzeichnis des Anhangs

- Anhang 1a: Tabellarische Übersicht der Erträge der Fruchtfolgen 01 bis 05
- Anhang 1b: Statistische Kenngrößen zur Bewertung der Fruchtfolgen 01 bis 05
- Anhang 1c: Ergebnisse der Integrativen Gesamtbewertung, sortiert nach Standorten
- Anhang 2a: Veröffentlichungen des EVA- Verbundes TP1
- Anhang 2b: Ausgaben des „EVA informiert“-Blattes

Berichte Grundversuche

- Anhang 3: Leibnitz- Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
Dr. G. Ebel, Dr. M. Heiermann (ATB, Güterfelde, Brandenburg)
- Anhang 4: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg
Dr. E. Walter (LTZ, Ettlingen, Baden-Württemberg)
- Anhang 5: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
M.Grieb, Dr. M. Fritz (TFZ, Ascha, Bayern)
- Anhang 6: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei
I. Fleischer, Dr. A. Gurgel (LFA, Gülzow, Mecklenburg- Vorpommern)
- Anhang 7: Landwirtschaftskammer Niedersachsen
F. Wilken, C. Rieckmann, Dr. M. Bencke, (LWK NI, Werlte, Niedersachsen)
- Anhang 8: Landwirtschaftskammer Nordrhein- Westfalen
M. Dickeduisberg, A. Horstmann (LWK NRW, Haus Düsse, Nordrhein- Westfalen)
- Anhang 9: Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Eifel
B. Haack, H. von Francken- Welz (DLR, Niederweiler, Rheinland- Pfalz)
- Anhang 10: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
J. Grunewald, Dr. K. Jäkel (LfULG, Trossin, Sachsen)
- Anhang 11: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau
I. Bormann, U. Kaden, Dr. L. Boese (LLG, Bernburg, Sachsen-Anhalt)
- Anhang 12a: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
J. Eckner, J. Lindner, K. Winter, T. Graf (TLL, Dornburg, Thüringen)
- Anhang 12b: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
F. Hengelhaupt
- Anhang 13: Fachhochschule Kiel (FH Kiel, Schleswig-Holstein)
Prof. Dr. R. Wulfes

Berichte Satellitenprojekte

- Anhang 14a: Ergebnisbericht Zwischenfruchtanbau in Energiepflanzenfruchtfolgen als Beitrag zum Gewässerschutz
G. Ebel (ATB), E. Walter (LTZ), J. Eckner (TLL), D. Schubert und M. Grieb (TFZ), C. Rieckmann (LWK NS)
- Anhang 14b: Sekundärauswertung Zwischenfruchtanbau in Baden-Württemberg
Y. Morgenstern, T. Hölscher (ANNA)
- Anhang 14c: Sekundärauswertung Zwischenfruchtanbau in Thüringen
J. Lindner (TLL)
- Anhang 14d: Sekundärauswertung Zwischenfruchtanbau in Brandenburg
K. Schmalzer (HU Berlin)

- Anhang 15: Ergebnisbericht Etablierung von mehrschnittigem Ackerfutter in Energiepflanzenfruchtfolgen
- Anhang 16: Ergebnisbericht Satellitenprojekt Kleiner und Großer Gärrest
- Anhang 17: Ergebnisbericht Satellitenprojekt Risikoabschätzung
- Anhang 18: Ergebnisbericht Querschnittsaufgabe Pflanzenschutz

FF02

Ascha							
FFG	Fruchtart	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Futterhirse						
	Sudangras	129,3 dt TM/ha	137,9 dt TM/ha	128,8 dt TM/ha	123,1 dt TM/ha	104,3 dt TM/ha	110,8 dt TM/ha
2	W.Roggen	47,9 dt TM/ha	112,9 dt TM/ha	37,2 dt TM/ha	64,5 dt TM/ha	59,9 dt TM/ha	86,7 dt TM/ha
3	Mais	143,1 dt TM/ha	150,6 dt TM/ha	64,4 dt TM/ha	205,9 dt TM/ha	144,4 dt TM/ha	
4	W.Triticale	66,8 dt TM/ha	59,9 dt TM/ha	67,4 dt TM/ha	70,8 dt TM/ha	64,6 dt TM/ha	
5	W.Roggen						
	W.Weizen	45,6 dt TM/ha	53,0 dt TM/ha	65,5 dt TM/ha	56,1 dt TM/ha		
Bernburg							
FFG	Fruchtart	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Futterhirse			215,3 dt TM/ha	150,5 dt TM/ha	196,2 dt TM/ha	266,7 dt TM/ha
	Sudangras						
2	W.Roggen			26,0 dt TM/ha	66,4 dt TM/ha	89,1 dt TM/ha	93,1 dt TM/ha
3	Mais			161,7 dt TM/ha	161,5 dt TM/ha	182,3 dt TM/ha	100,3 dt TM/ha
4	W.Triticale			88,9 dt TM/ha	76,4 dt TM/ha	89,2 dt TM/ha	
5	W.Roggen						
	W.Weizen			79,7 dt TM/ha	78,9 dt TM/ha		
Dornburg							
FFG	Fruchtart	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Futterhirse				96,8 dt TM/ha		
	Sudangras	175,5 dt TM/ha	115,8 dt TM/ha	129,9 dt TM/ha		84,4 dt TM/ha	165,0 dt TM/ha
2	W.Roggen	64,1 dt TM/ha	59,9 dt TM/ha	20,4 dt TM/ha	54,1 dt TM/ha	60,3 dt TM/ha	34,1 dt TM/ha
3	Mais	113,0 dt TM/ha	180,8 dt TM/ha	58,5 dt TM/ha	101,4 dt TM/ha	126,9 dt TM/ha	110,6 dt TM/ha
4	W.Triticale	78,4 dt TM/ha	83,9 dt TM/ha	88,2 dt TM/ha	107,0 dt TM/ha	83,1 dt TM/ha	
5	W.Roggen						
	W.Weizen	69,1 dt TM/ha	61,7 dt TM/ha	67,6 dt TM/ha	65,7 dt TM/ha		

Ettlingen					
01	02	03	04	05	06
				163,3 dt TM/ha	207,5 dt TM/ha
46,4 dt TM/ha	127,8 dt TM/ha	199,0 dt TM/ha	149,2 dt TM/ha		
43,0 dt TM/ha	30,3 dt TM/ha	44,4 dt TM/ha	40,3 dt TM/ha	41,7 dt TM/ha	46,8 dt TM/ha
159,6 dt TM/ha	241,2 dt TM/ha	148,9 dt TM/ha	209,8 dt TM/ha	121,1 dt TM/ha	137,0 dt TM/ha
42,2 dt TM/ha	63,0 dt TM/ha	50,6 dt TM/ha	65,8 dt TM/ha	61,6 dt TM/ha	
42,7 dt TM/ha	66,5 dt TM/ha	68,0 dt TM/ha	73,6 dt TM/ha		
Gülzow					
1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
		113,5 dt TM/ha	162,7 dt TM/ha		
103,6 dt TM/ha	158,9 dt TM/ha			136,8 dt TM/ha	122,5 dt TM/ha
48,7 dt TM/ha	55,4 dt TM/ha	44,2 dt TM/ha	59,9 dt TM/ha	60,2 dt TM/ha	51,8 dt TM/ha
180,2 dt TM/ha	215,8 dt TM/ha	171,8 dt TM/ha	179,2 dt TM/ha	152,7 dt TM/ha	156,1 dt TM/ha
77,1 dt TM/ha	87,3 dt TM/ha	78,2 dt TM/ha	74,6 dt TM/ha	75,3 dt TM/ha	
68,5 dt TM/ha	85,5 dt TM/ha	77,3 dt TM/ha	73,5 dt TM/ha		
Güterfelde					
1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
150,2 dt TM/ha	99,5 dt TM/ha	122,2 dt TM/ha	113,1 dt TM/ha	114,8 dt TM/ha	154,1 dt TM/ha
25,6 dt TM/ha	29,7 dt TM/ha	41,4 dt TM/ha	40,1 dt TM/ha	52,9 dt TM/ha	50,5 dt TM/ha
79,0 dt TM/ha	148,4 dt TM/ha	86,1 dt TM/ha	121,5 dt TM/ha	154,1 dt TM/ha	60,4 dt TM/ha
48,0 dt TM/ha	36,3 dt TM/ha	21,6 dt TM/ha	37,4 dt TM/ha	41,0 dt TM/ha	
44,5 dt TM/ha	50,2 dt TM/ha	59,5 dt TM/ha	70,2 dt TM/ha		

Haus Düsse		Lindenhof		Niederweiler	
05	06	05	06	05	06
126,8 dt TM/ha	171,4 dt TM/ha	148,1 dt TM/ha	156,9 dt TM/ha		
				108,7 dt TM/ha	23,2 dt TM/ha
85,5 dt TM/ha	76,1 dt TM/ha	68,9 dt TM/ha	71,6 dt TM/ha	4,5 dt TM/ha	61,1 dt TM/ha
229,9 dt TM/ha	182,0 dt TM/ha	203,2 dt TM/ha		171,7 dt TM/ha	
92,2 dt TM/ha				92,8 dt TM/ha	
Trossin					
1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
				125,5 dt TM/ha	236,5 dt TM/ha
168,0 dt TM/ha	89,2 dt TM/ha	133,8 dt TM/ha	112,2 dt TM/ha		
19,1 dt TM/ha	37,3 dt TM/ha	54,6 dt TM/ha	31,3 dt TM/ha	52,6 dt TM/ha	52,1 dt TM/ha
98,7 dt TM/ha	164,2 dt TM/ha	95,3 dt TM/ha	97,5 dt TM/ha	249,2 dt TM/ha	70,7 dt TM/ha
27,1 dt TM/ha	35,9 dt TM/ha	55,0 dt TM/ha	47,7 dt TM/ha	30,4 dt TM/ha	
48,0 dt TM/ha	66,2 dt TM/ha	58,3 dt TM/ha	51,5 dt TM/ha		
Werite					
1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
91,1 dt TM/ha	92,8 dt TM/ha	136,5 dt TM/ha	125,2 dt TM/ha	115,2 dt TM/ha	177,7 dt TM/ha
43,1 dt TM/ha	92,7 dt TM/ha	76,9 dt TM/ha	73,3 dt TM/ha	73,6 dt TM/ha	
126,5 dt TM/ha	155,3 dt TM/ha	145,7 dt TM/ha	176,2 dt TM/ha	201,0 dt TM/ha	
48,4 dt TM/ha	58,9 dt TM/ha	38,4 dt TM/ha	94,2 dt TM/ha		
44,8 dt TM/ha	76,2 dt TM/ha	80,4 dt TM/ha	59,8 dt TM/ha		

FF04/05/04

Ascha							
FFG	Fruchtart	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	A3						
	Luzerne-Klee-Gras						
	S.Gerste	53,4 dt TM/ha	73,6 dt TM/ha	77,2 dt TM/ha	100,0 dt TM/ha		
	Kleegras				71,3 dt TM/ha	112,7 dt TM/ha	
2	A3						
	Luzerne-Klee-Gras						
	Kleegras	48,9 dt TM/ha	36,9 dt TM/ha	40,6 dt TM/ha	36,1 dt TM/ha	118,0 dt TM/ha	55,6 dt TM/ha
	Luzernegras						
3	A3						
	Luzerne-Klee-Gras						
	Kleegras	137,0 dt TM/ha	128,8 dt TM/ha	146,2 dt TM/ha	155,2 dt TM/ha		
	Luzernegras						
4	Luzerne-Klee-Gras						
	Mais					300,4 dt TM/ha	119,9 dt TM/ha
	Kleegras	145,6 dt TM/ha	106,3 dt TM/ha	153,3 dt TM/ha	119,2 dt TM/ha		
	Luzernegras						
5	W.Weizen	43,7 dt TM/ha	43,6 dt TM/ha	54,3 dt TM/ha	52,2 dt TM/ha		
Bernburg							
FFG	Fruchtart	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	A3						
	Luzerne-Klee-Gras						
	S.Gerste			106,1 dt TM/ha	106,0 dt TM/ha		
	Luzernegras					61,7 dt TM/ha	131,9 dt TM/ha
2	A3						
	Luzerne-Klee-Gras						
	Kleegras						
	Luzernegras			18,4 dt TM/ha	172,4 dt TM/ha	130,6 dt TM/ha	
3	A3						
	Luzerne-Klee-Gras						
	Kleegras						
	Luzernegras			116,8 dt TM/ha	144,1 dt TM/ha	56,7 dt TM/ha	
4	Luzerne-Klee-Gras						
	Mais					267,6 dt TM/ha	106,7 dt TM/ha
	Kleegras						
	Luzernegras			126,8 dt TM/ha	108,6 dt TM/ha		
5	W.Roggen						
	W.Weizen			87,3 dt TM/ha	72,1 dt TM/ha		
Dornburg							
FFG	Fruchtart	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	A3						
	Luzerne-Klee-Gras					168,5 dt TM/ha	151,6 dt TM/ha
	S.Gerste	78,5 dt TM/ha	89,5 dt TM/ha	123,0 dt TM/ha	117,0 dt TM/ha		
	Luzernegras						
2	A3						
	Luzerne-Klee-Gras					208,2 dt TM/ha	135,1 dt TM/ha
	Kleegras						
	Luzernegras		42,0 dt TM/ha	11,4 dt TM/ha	22,5 dt TM/ha		
3	A3						
	Luzerne-Klee-Gras						
	Kleegras						
	Luzernegras	83,8 dt TM/ha	189,4 dt TM/ha	202,6 dt TM/ha	209,6 dt TM/ha		
4	Luzerne-Klee-Gras						
	Mais					278,4 dt TM/ha	90,3 dt TM/ha
	Kleegras						
	Luzernegras	127,5 dt TM/ha	147,5 dt TM/ha	210,9 dt TM/ha	150,4 dt TM/ha		
5	W.Roggen						
	W.Weizen	66,9 dt TM/ha	62,0 dt TM/ha	64,4 dt TM/ha	54,9 dt TM/ha		

Ettingen					
1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
				139,1 dt TM/ha	129,0 dt TM/ha
81,7 dt TM/ha	79,1 dt TM/ha	112,2 dt TM/ha	55,7 dt TM/ha		
				86,2 dt TM/ha	128,7 dt TM/ha
44,0 dt TM/ha	126,9 dt TM/ha	12,7 dt TM/ha	13,6 dt TM/ha		
				37,9 dt TM/ha	
126,9 dt TM/ha	97,9 dt TM/ha	126,1 dt TM/ha	153,1 dt TM/ha		
				278,3 dt TM/ha	151,3 dt TM/ha
117,4 dt TM/ha	173,2 dt TM/ha	153,7 dt TM/ha	129,4 dt TM/ha		
47,2 dt TM/ha	77,6 dt TM/ha	52,8 dt TM/ha	66,4 dt TM/ha		
Gülzow					
1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
				85,2 dt TM/ha	34,2 dt TM/ha
89,5 dt TM/ha	89,3 dt TM/ha	80,6 dt TM/ha	85,2 dt TM/ha		
				59,4 dt TM/ha	45,1 dt TM/ha
	28,7 dt TM/ha		32,1 dt TM/ha		
				27,1 dt TM/ha	
81,5 dt TM/ha	115,5 dt TM/ha	66,3 dt TM/ha	90,3 dt TM/ha		
				308,1 dt TM/ha	156,5 dt TM/ha
79,5 dt TM/ha	53,5 dt TM/ha	75,2 dt TM/ha	52,0 dt TM/ha		
81,8 dt TM/ha	68,8 dt TM/ha	69,2 dt TM/ha	60,5 dt TM/ha		
Güterfelde					
1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
		60,3 dt TM/ha	56,5 dt TM/ha		
				90,4 dt TM/ha	85,9 dt TM/ha
			13,0 dt TM/ha	88,3 dt TM/ha	74,7 dt TM/ha
45,7 dt TM/ha					
	114,4 dt TM/ha	69,9 dt TM/ha	86,7 dt TM/ha		
				305,8 dt TM/ha	87,5 dt TM/ha
82,0 dt TM/ha					
	98,2 dt TM/ha	41,2 dt TM/ha	107,6 dt TM/ha		
40,4 dt TM/ha	46,1 dt TM/ha	51,1 dt TM/ha	59,6 dt TM/ha		

Haus Düsse		Lindenhof		Niederweiler	
5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
169,1 dt TM/ha	223,4 dt TM/ha	166,1 dt TM/ha	174,4 dt TM/ha		
				117,7 dt TM/ha	143,5 dt TM/ha
145,5 dt TM/ha	118,1 dt TM/ha	141,6 dt TM/ha	62,5 dt TM/ha		
				145,4 dt TM/ha	67,8 dt TM/ha
				7,2 dt TM/ha	
470,3 dt TM/ha	178,1 dt TM/ha	380,0 dt TM/ha		187,3 dt TM/ha	
Trossin					
1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
		53,9 dt TM/ha	52,6 dt TM/ha		
				47,3 dt TM/ha	124,3 dt TM/ha
			23,6 dt TM/ha		
				136,3 dt TM/ha	74,7 dt TM/ha
75,5 dt TM/ha	93,7 dt TM/ha	61,5 dt TM/ha	92,8 dt TM/ha		
				67,6 dt TM/ha	
126,9 dt TM/ha	108,5 dt TM/ha	81,5 dt TM/ha	108,2 dt TM/ha		
				214,8 dt TM/ha	
47,6 dt TM/ha	45,1 dt TM/ha	36,2 dt TM/ha	38,6 dt TM/ha		
Werthe					
1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
				143,1 dt TM/ha	163,4 dt TM/ha
83,1 dt TM/ha	74,6 dt TM/ha	87,9 dt TM/ha	66,7 dt TM/ha		
				132,2 dt TM/ha	142,7 dt TM/ha
40,6 dt TM/ha	16,3 dt TM/ha	35,0 dt TM/ha			
				47,8 dt TM/ha	
109,0 dt TM/ha	148,3 dt TM/ha	135,1 dt TM/ha	132,7 dt TM/ha		
				440,3 dt TM/ha	203,9 dt TM/ha
95,3 dt TM/ha	128,7 dt TM/ha	108,6 dt TM/ha	135,9 dt TM/ha		
52,8 dt TM/ha	76,4 dt TM/ha	46,8 dt TM/ha	47,4 dt TM/ha		

FF11 (links), FF12 (rechts)

FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	36,7 dt TM/ha	150,6 dt TM/ha	197,2 dt TM/ha	217,7 dt TM/ha	154,6 dt TM/ha	199,3 dt TM/ha
2	Mais	145,1 dt TM/ha	131,7 dt TM/ha	209,5 dt TM/ha	200,2 dt TM/ha	183,8 dt TM/ha	133,5 dt TM/ha
3	Mais			205,2 dt TM/ha		138,6 dt TM/ha	

		Ascha		Bernburg		Dornburg	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	36,7 dt TM/ha	150,6 dt TM/ha	197,2 dt TM/ha	217,7 dt TM/ha	154,6 dt TM/ha	199,3 dt TM/ha
2	Mais	145,1 dt TM/ha	131,7 dt TM/ha	209,5 dt TM/ha	200,2 dt TM/ha	183,8 dt TM/ha	133,5 dt TM/ha
3	Mais			205,2 dt TM/ha		138,6 dt TM/ha	

		Ettlingen		Gülzow		Güterfelde	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	179,1 dt TM/ha	216,2 dt TM/ha	194,3 dt TM/ha	194,7 dt TM/ha	193,9 dt TM/ha	182,2 dt TM/ha
2	Mais	214,8 dt TM/ha	186,8 dt TM/ha	181,8 dt TM/ha	185,9 dt TM/ha	202,5 dt TM/ha	109,2 dt TM/ha
3	Mais	188,5 dt TM/ha		179,2 dt TM/ha		102,9 dt TM/ha	

		Haus Düsse		Lindenhof		Niederweiler	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	173,2 dt TM/ha	257,8 dt TM/ha	205,9 dt TM/ha	235,1 dt TM/ha	159,9 dt TM/ha	175,2 dt TM/ha
2	Mais	255,5 dt TM/ha		206,5 dt TM/ha		181,6 dt TM/ha	
3	Mais	217,8 dt TM/ha	223,2 dt TM/ha	180,9 dt TM/ha			

		Trossin		Werlte	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	89,7 dt TM/ha	228,2 dt TM/ha	202,7 dt TM/ha	218,0 dt TM/ha
2	Mais	181,9 dt TM/ha	98,7 dt TM/ha	240,7 dt TM/ha	221,2 dt TM/ha
3	Mais	116,0 dt TM/ha		227,2 dt TM/ha	

		Ascha		Bernburg		Dornburg	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	43,6 dt TM/ha	142,9 dt TM/ha	199,8 dt TM/ha	224,1 dt TM/ha	133,9 dt TM/ha	181,3 dt TM/ha
2	W.Roggen	58,7 dt TM/ha	85,0 dt TM/ha	98,5 dt TM/ha	87,0 dt TM/ha	52,6 dt TM/ha	46,9 dt TM/ha
3	Futterhirse			210,8 dt TM/ha	104,5 dt TM/ha		
	Sudangras	100,8 dt TM/ha				158,1 dt TM/ha	93,5 dt TM/ha
4	W.Triticale	118,0 dt TM/ha		157,1 dt TM/ha		125,6 dt TM/ha	
5	Einj. Weidelgras			8,6 dt TM/ha			
	Einj. Weidelgras						

		Ettlingen		Gülzow		Güterfelde	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	171,5 dt TM/ha	235,9 dt TM/ha	188,3 dt TM/ha	188,3 dt TM/ha	178,2 dt TM/ha	189,4 dt TM/ha
2	W.Roggen	57,7 dt TM/ha	57,0 dt TM/ha	54,1 dt TM/ha	55,7 dt TM/ha	61,3 dt TM/ha	44,8 dt TM/ha
3	Futterhirse						
	Sudangras	93,3 dt TM/ha	100,3 dt TM/ha	106,7 dt TM/ha	122,4 dt TM/ha	132,2 dt TM/ha	81,2 dt TM/ha
4	W.Triticale	93,0 dt TM/ha		108,8 dt TM/ha		55,4 dt TM/ha	
5	Einj. Weidelgras	13,3 dt TM/ha		0,7 dt TM/ha		13,9 dt TM/ha	
	Einj. Weidelgras						

		Haus Düsse		Lindenhof		Niederweiler	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	190,3 dt TM/ha	250,4 dt TM/ha	203,3 dt TM/ha	220,8 dt TM/ha	150,3 dt TM/ha	160,1 dt TM/ha
2	W.Roggen	90,8 dt TM/ha	74,3 dt TM/ha	56,4 dt TM/ha	56,0 dt TM/ha	4,2 dt TM/ha	53,3 dt TM/ha
3	Futterhirse	169,5 dt TM/ha	167,4 dt TM/ha	168,2 dt TM/ha			
	Sudangras					47,9 dt TM/ha	
4	W.Triticale	175,2 dt TM/ha		158,5 dt TM/ha		96,8 dt TM/ha	
5	Einj. Weidelgras	17,3 dt TM/ha					
	Einj. Weidelgras	27,3 dt TM/ha					

		Trossin		Werlte	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	87,8 dt TM/ha	210,1 dt TM/ha	185,3 dt TM/ha	235,4 dt TM/ha
2	W.Roggen	46,4 dt TM/ha	62,9 dt TM/ha	80,5 dt TM/ha	90,4 dt TM/ha
3	Futterhirse				
	Sudangras	150,2 dt TM/ha	82,8 dt TM/ha	186,8 dt TM/ha	
4	W.Triticale	65,8 dt TM/ha		146,5 dt TM/ha	
5	Einj. Weidelgras			38,6 dt TM/ha	
	Einj. Weidelgras				

FF13 (links), FF14 (rechts)

		Ascha		Dornburg		Ettlingen	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	W.Erbse, W.Roggen	72,1 dt TM/ha	98,6 dt TM/ha				
1	Blühhmischung Biogas, einjährig					106,3 dt TM/ha	83,2 dt TM/ha
1	Landsberger Gemenge			79,7 dt TM/ha	51,6 dt TM/ha		
2	Mais, Blühhmischung					141,1 dt TM/ha	123,9 dt TM/ha
2	Klee gras			176,6 dt TM/ha	27,0 dt TM/ha		
2	Wiesenschwingel	13,0 dt TM/ha	18,1 dt TM/ha				
2	Klee gras				11,1 dt TM/ha		
2	Wiesenschwingel	12,4 dt TM/ha	29,1 dt TM/ha				
2	Klee gras				21,4 dt TM/ha		
3	W.Triticale, W.Wicke					88,5 dt TM/ha	
3	Klee gras			50,1 dt TM/ha	61,0 dt TM/ha		
3	Klee gras			21,5 dt TM/ha	36,2 dt TM/ha		
3	Klee gras			26,5 dt TM/ha	24,5 dt TM/ha		
4	Sudangras						68,6 dt TM/ha
4	S.Triticale, Hafer	62,1 dt TM/ha	91,8 dt TM/ha				
4	Hafer			72,3 dt TM/ha			
6	Mais	94,5 dt TM/ha					

		Gülzow		Güterfelde		Trossin	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	W.Roggen	24,4 dt TM/ha	100,0 dt TM/ha				
1	W.Roggen, W.Wicken					65,4 dt TM/ha	52,2 dt TM/ha
1	Bokharaklee			51,1 dt TM/ha	57,0 dt TM/ha		
2	Mais					74,9 dt TM/ha	234,4 dt TM/ha
2	Bokharaklee	60,1 dt TM/ha	10,3 dt TM/ha	95,9 dt TM/ha	81,0 dt TM/ha		
3	W.Roggen					93,6 dt TM/ha	94,4 dt TM/ha
3	Bokharaklee	87,9 dt TM/ha	58,4 dt TM/ha				
4	Sonnenblumen			73,1 dt TM/ha			
4	W.Raps	40,6 dt TM/ha					
4	Blühhmischung Biogas, überjährig					43,4 dt TM/ha	

		Werthe	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage
1	W.Roggen	109,8 dt TM/ha	103,6 dt TM/ha
2	Bokharaklee	8,1 dt TM/ha	12,6 dt TM/ha
3	Bokharaklee	77,9 dt TM/ha	69,7 dt TM/ha
6	Mais	244,2 dt TM/ha	

		Ascha		Bernburg		Ettlingen	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	39,3 dt TM/ha	140,0 dt TM/ha				
	W.Roggen			74,3 dt TM/ha	84,3 dt TM/ha		
	Sudangras					120,9 dt TM/ha	113,0 dt TM/ha
2	Mais			134,2 dt TM/ha	184,3 dt TM/ha		
	Sonnenblumen					87,7 dt TM/ha	133,2 dt TM/ha
3	W.Roggen			81,9 dt TM/ha	99,0 dt TM/ha		
	Deutsches Weidelgras, Welsches Weidelgras	47,1 dt TM/ha	88,6 dt TM/ha				
	Deutsches Weidelgras, Welsches Weidelgras	39,7 dt TM/ha	47,1 dt TM/ha				
	Deutsches Weidelgras, Welsches Weidelgras	24,1 dt TM/ha					
4	Mais			176,2 dt TM/ha	124,6 dt TM/ha		
	Mais, Blühhmischung					101,6 dt TM/ha	
	Deutsches Weidelgras, Welsches Weidelgras	58,6 dt TM/ha					
5	W.Roggen			91,3 dt TM/ha			
6	Mais			109,9 dt TM/ha			

		Güterfelde		Haus Düsse		Lindenhof	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage	5.Anlage	6.Anlage
1	Mais	156,7 dt TM/ha	192,3 dt TM/ha				
	W.Roggen, W.Triticale			186,7 dt TM/ha	180,0 dt TM/ha		
	Mais, Deutsches Weidelgras					203,5 dt TM/ha	218,6 dt TM/ha
2	Welsches Weidelgras			16,3 dt TM/ha	22,2 dt TM/ha		
	Welsches Weidelgras				24,3 dt TM/ha		
	Welsches Weidelgras				15,4 dt TM/ha		
3	W.Roggen						
3	Mais, Deutsches Weidelgras					223,9 dt TM/ha	
3	Welsches Weidelgras			55,1 dt TM/ha	58,9 dt TM/ha		
4	Mais		67,0 dt TM/ha	221,4 dt TM/ha	192,7 dt TM/ha		
5	W.Roggen						
6	Welsches Weidelgras			67,5 dt TM/ha			
7	Mais			191,2 dt TM/ha			
7	Sonnenblumen	55,6 dt TM/ha					

		Niederweiler	
FFG	Fruchtart	5.Anlage	6.Anlage
1	W.Triticale, Welsches Weidelgras	102,1 dt TM/ha	86,8 dt TM/ha
2	Welsches Weidelgras	23,2 dt TM/ha	20,1 dt TM/ha
2	Welsches Weidelgras	44,2 dt TM/ha	
3	Welsches Weidelgras	17,4 dt TM/ha	8,4 dt TM/ha
4	Mais, Klee gras	102,9 dt TM/ha	

Anhang 1c: Ergebnisse der Integrativen Gesamtbewertung, sortiert nach Standorten

Ascha (Bayern)					
Bodenklimaraum*¹	Verwitterungsböden in den Höhenlagen	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Ascha geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	430				
Ø Jahrestemperatur*²	7,5 °C				
Niederschlag *²	807 mm/a				
Bodentyp	Braunerde				
Bodenart (en)	Schluffiger Lehm (Ls3)				
Ackerzahl	47				
nFK im eff. Wurzelraum	117 mm				
typische Anbau-Kulturen	W.Gerste; W.Triticale, S.Gerste, Mais;				
Pachtansatz	291 €/ha				
*¹ nach Roßberg et al 2007	*² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	EVA-Standard-fruchtfolgen	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
01_A 1. und 2.Anlage Sommergerste/Ölrettich - Mais - Wintertriticale/Sorghum - Winterweizen (Korn)		 	 	 	
01_B 3. und 4.Anlage Wintergerste/Sorghum - Mais - Wintertriticale/Phacelia - Winterweizen (Korn)		 	 	 	
02 1. bis 4.Anlage Sorghum - Winterroggen/Mais - Wintertriticale (Korn) - Winterweizen (Korn)		 	 	 	
03 1. bis 4.Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Wintertriticale/einjähriges Weidelgras - Winterweizen (Korn)		 	 	 	
04 1. bis 4.Anlage Sommergerste/Klee gras - Klee gras - Winterweizen (Korn)		 	 	 	
05 1. bis 4.Anlage Hafersortenmischung - Wintergetreideartenmischung - Winter raps (Korn) - Winterweizen (Korn)		 	 	 	

Ascha (Bayern)					
Bodenklimaraum* ¹	Verwitterungsböden in den Höhenlagen	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Ascha geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	430				
Ø Jahrestemperatur* ²	7,5 °C				
Niederschlag * ²	807 mm/a				
Bodentyp	Braunerde				
Bodenart (en)	Schluffiger Lehm (Ls3)				
Ackerzahl	47				
nFK im eff. Wurzelraum	117 mm				
typische Anbau-Kulturen	W.Gerste; W.Triticale, S.Gerste, Mais;				
Pachtansatz	291 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	Regional-fruchtfolgen Ascha	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
06 1. und 2.Anlage Mais - Winterroggen/Mais - Wickroggen/Sorghum - Winterweizen (Korn)					
07 1. und 2.Anlage Mais (CCM) - Winterweizen (GPS) - Winterraps/Sorghum - Winterweizen (Korn)					
08_A 1. und 2.Anlage Mais (Korn) - Welsches Weidel- gras/Kartoffeln (Markt) - Winter- weizen/Erbsen - Winterweizen (Korn)					
08_B 3. und 4. Anlage Wickroggen/Mais (Korn) - Welsches Weidelgras - Winterweizen /Wintererbse - Winterweizen (Korn)					

Bernburg (Sachsen-Anhalt)					
Bodenklimaraum*¹	Lößstandorte der Ackerebene Ost	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Bernburg geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	80 m				
Ø Jahrestemperatur*²	9,1 °C				
Niederschlag *²	470 mm/a				
Bodentyp	Löß-Schwarzerde				
Bodenart (en)	schluffiger Lehm (Lu)				
Ackerzahl	90				
nFK im eff. Wurzelraum	200 mm				
typische Anbau-Kulturen	A/E-Weizen, W.Raps, Zuckerrübe, Körnermais				
Pachtansatz	219 €/ha				
<small>*¹ nach Roßberg et al 2007</small>	<small>*² langjähriges Mittel</small>				
Fruchtfolge	EVA-Standard-fruchtfolgen	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
01 3. und 4. Anlage Wintergerste/Sorghum - Mais - Wintertriticale/Phacelia - Winterweizen (Korn)					
02 3. und 4. Anlage Sorghum - Winterroggen/Mais - Wintertriticale (Korn) - Winterweizen (Korn)					
03 3. und 4. Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Wintertriticale/einjähriges Weidelgras - Winterweizen (Korn)					
04 3. und 4. Anlage Sommergerste/Klee gras - Klee gras - Klee gras - Winterweizen (Korn)					
05 3. und 4. Anlage Hafersortenmischung - Wintergetreideartenmischung - Winter raps (Korn) - Winterweizen (Korn)					

Bernburg (Sachsen-Anhalt)					
Bodenklimaraum * ¹	Lößstandorte der Ackerebene Ost	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Bernburg geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	80 m				
Ø Jahrestemperatur * ²	9,1 °C				
Niederschlag * ²	470 mm/a				
Bodentyp	Löß-Schwarzerde				
Bodenart (en)	schluffiger Lehm (Lu)				
Ackerzahl	90				
nFK im eff. Wurzelraum	200 mm				
typische Anbau-Kulturen	A/E-Weizen, W.Raps, Zuckerrübe, Körnermais				
Pachtansatz	219 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	Regional-fruchtfolgen Ascha	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
06 3. und 4.Anlage Mais - Mais - Mais Winterweizen (Korn)	-				
07 3. und 4.Anlage Winterroggen/Mais - Winterroggen/Mais - Winterroggen/Mais - Winterweizen (Korn)					

Dornburg (Thüringen)					
Bodenklimaraum* ¹	Sommertrockene Lößstandorte Ost	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Dornburg geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	245 m				
Ø Jahrestemperatur* ²	8,9 °C				
Niederschlag * ²	605 mm/a				
Bodentyp	Humus-Parabraunerde				
Bodenart (en)	Schluffton-Tonschluff (UT4/TU3)				
Ackerzahl	65				
nFK im eff. Wurzelraum	202 mm				
typische Anbau-Kulturen	W.Weizen, Zuckerrübe, Sonderkulturen				
Pachtansatz	149 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	EVA-Standard-fruchtfolgen	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
01_A 1. und 2.Anlage Sommergerste/Ölrettich - Mais - Wintertriticale/Sorghum - Winterweizen (Korn)					
01_B 3. und 4.Anlage Wintergerste/Sorghum - Mais - Wintertriticale/Phacelia - Winterweizen (Korn)					
02 1. bis 4.Anlage Sorghum - Winterroggen/Mais - Wintertriticale (Korn) - Winterweizen (Korn)					
03 1. bis 4.Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Wintertriticale/einjähriges Weidelgras - Winterweizen (Korn)					
04 1. bis 4.Anlage S.Gerste/Luzernegras - Luzernegras - Luzernegras - Winterweizen (Korn)					
05 1. bis 4.Anlage Hafersortenmischung - Winter- getreideartenmischung - Winterraps (Korn) - Winterweizen (Korn)					

Dornburg (Thüringen)					
Bodenklimaraum* ¹	Sommertrockene Lößstandorte Ost	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Dornburg geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	245 m				
Ø Jahrestemperatur* ²	8,9 °C				
Niederschlag * ²	605 mm/a				
Bodentyp	Humus-Parabraunerde				
Bodenart (en)	Schluffton-Tonschluff (UT4/TU3)				
Ackerzahl	65				
nFK im eff. Wurzelraum	202 mm				
typische Anbau-Kulturen	W.Weizen, Zuckerrübe, Sonderkulturen				
Pachtansatz	149 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	Regional-fruchtfolgen Dornburg	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
07_A 1. und 2.Anlage Mais - Mais - Mais - Winterweizen (Korn)		 	 	 	
07_B 3. und 4.Anlage Mais - Mais - Mais - Winterweizen (Korn)		 	 	 	

Ettlingen (Baden-Württemberg)					
Bodenklimaraum* ¹	warme Standorte Südwest, Rheintal und	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Ettlingen geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	150 m				
Ø Jahrestemperatur* ²	10 °C				
Niederschlag * ²	807 mm/a				
Bodentyp	Parabraunerde				
Bodenart (en)	toniger und sandig- lehmiger Schluff Ut4/Uls				
Ackerzahl	75				
nFK im eff. Wurzelraum	199 mm				
typische Anbau-Kulturen	Mais, Kartoffeln, Körnerleguminosen				
Pachtansatz	221 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	EVA- Standard- fruchtfolgen	Anbau- eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen- effizienz
01_A 1. und 2.Anlage Sommergerste/Ölrettich - Mais - Wintertriticale/Sorghum - Winterweizen (Korn)					
01_B 3. und 4.Anlage Wintergerste/Sorghum - Mais - Wintertriticale/Phacelia - Winterweizen (Korn)					
02 1. bis 4.Anlage Sorghum - Winterroggen/Mais - Wintertriticale (Korn) - Winterweizen (Korn)					
03 1. bis 4.Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Wintertriticale/einjähriges Weidelgras - Winterweizen (Korn)					
04 1. bis 4.Anlage Sommergerste/Klee gras - Klee gras - Klee gras - Winterweizen (Korn)					
05 1. bis 4.Anlage Hafersortenmischung - Winter- getreideartenmischung - Winterraps (Korn) - Winterweizen (Korn)					

Ettlingen (Baden-Württemberg)

Bodenklimaraum* ¹	warme Standorte Südwest, Rheintal und
Höhe über NN	150 m
Ø Jahrestemperatur* ²	10 °C
Niederschlag * ²	807 mm/a
Bodentyp	Parabraunerde
Bodenart (en)	toniger und sandig- lehmiger Schluff Ut4/Uls
Ackerzahl	75
nFK im eff. Wurzelraum	199 mm
typische Anbau-Kulturen	Mais, Kartoffeln, Körnerleguminosen
Pachtansatz	221 €/ha
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel

die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Ettlingen geprüften Fruchtfolgen

Fruchtfolge	Regional- fruchtfolgen Ettlingen	Anbau- eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen- effizienz
06_A 1. und 2.Anlage Sorghum - Winterroggen /Wintergerste - Wintertriticale - Winterweizen (Korn)					
06_B 3. und 4.Anlage Sorghum - Wintergerste/Sorghum - Winterraps/Mais - Winterweizen (Korn)					
08_A 1. und 2.Anlage Mais - Mais - Mais - Winterweizen (Korn)					
08_B 3. und 4. Anlage Mais - Winterroggen/Mais (Korn) - Mais - Winterweizen (Korn)					
09_A 1. und 2.Anlage Sommergerste - Wintererbse/Mais - Wintertriticale - Winterweizen (Korn)					
09_B 3. und 4. Anlage Mais - Wintergerste/Sorghum - Mais - Winterweizen (Korn)					

Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern)

Bodenklimaraum* ¹	Mittlere D-Standorte Ost	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Gülzow geprüften Fruchtfolgen
Höhe über NN	10 m	
Ø Jahrestemperatur* ²	8,5 °C	
Niederschlag * ²	599 mm/a	
Bodentyp	Pseudogley-Parabraunerde	
Bodenart (en)	lehmiger Sand bis sandiger Lehm (Sl3/Ls4)	
Ackerzahl	51	
nFK im eff. Wurzelraum	120 mm	
typische Anbau-Kulturen	W.Getreide, W.Raps, Mais, Zuckerrübe	
Pachtansatz	168 €/ha	
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel	

Fruchtfolge	EVA-Standard-fruchtfolgen	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
01_A 1. und 2.Anlage Sommergerste/Ölrettich - Mais - Wintertriticale/Sorghum - Winterweizen (Korn)					
01_B 3. und 4.Anlage Wintergerste/Sorghum - Mais - Wintertriticale/Phacelia - Winterweizen (Korn)					
02 1. bis 4.Anlage Sorghum - Winterroggen/Mais - Wintertriticale (Korn) - Winterweizen (Korn)					
03 1. bis 4.Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Wintertriticale/einjähriges Weidelgras - Winterweizen (Korn)					
04 1. bis 4.Anlage Sommergerste/Kleegras - Kleegras - Kleegras - Winterweizen (Korn)					
05 1. bis 4.Anlage Hafersortenmischung - Winter- getreideartenmischung - Winterraps (Korn) - Winterweizen (Korn)					

Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern)

Bodenklimaraum* ¹	Mittlere D-Standorte Ost	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Gülzow geprüften Fruchtfolgen
Höhe über NN	10 m	
Ø Jahrestemperatur* ²	8,5 °C	
Niederschlag * ²	599 mm/a	
Bodentyp	Pseudogley-Parabraunerde	
Bodenart (en)	lehmiger Sand bis sandiger Lehm (Sl3/Ls4)	
Ackerzahl	51	
nFK im eff. Wurzelraum	120 mm	
typische Anbau-Kulturen	W.Getreide, W.Raps, Mais, Zuckerrübe	
Pachtansatz	168 €/ha	
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel	

Fruchtfolge	Regional-fruchtfolgen Gülzow	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
07_A 1. und 2.Anlage Mais - Winterroggen /Ackergras - Ackergras - Winterweizen (Korn)					
07_B 3. und 4.Anlage Mais - Winterroggen/Ackergras - Ackergras - Winterweizen (Korn)					
08_A 1. und 2.Anlage Winterroggen/Wintertriticale - Winterraps (Korn) - Winterweizen (Korn) - Winterweizen (Korn)					
08_B 3. und 4.Anlage Winterroggen/Wintertriticale - Winterraps (Korn) - Winterweizen (Korn) - Winterweizen (Korn)					

Güterfelde (Brandenburg)					
Bodenklimaraum* ¹	trockenen leichte D- Standorte Ost	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Güterfelde geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	43 m				
Ø Jahrestemperatur* ²	9,1 °C				
Niederschlag * ²	562 mm/a				
Bodentyp	Sand-Tieflehm-Fahlerde				
Bodenart (en)	schluffiger-lehmiger Sand, Lehmsand (Su2,				
Ackerzahl	29				
nFK im eff. Wurzelraum	121 mm				
typische Anbau-Kulturen	W.Roggen, W.Raps, W.Gerste, Mais				
Pachtansatz	105 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	EVA- Standard- fruchtfolgen	Anbau- eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen- effizienz
01_A 1. und 2.Anlage Sommergerste/Ölrettich - Mais - Wintertriticale/Sorghum - Winterweizen (Korn)					
01_B 3. und 4.Anlage Wintergerste/Sorghum - Mais - Wintertriticale/Phacelia - Winterweizen (Korn)					
02 1. bis 4.Anlage Sorghum - Winterroggen/Mais - Wintertriticale (Korn) - Winterweizen (Korn)					
03 1. bis 4.Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Wintertriticale/einjähriges Weidelgras - Winterweizen (Korn)					
04 1. bis 4.Anlage Sommergerste/Klee gras - Klee gras - Klee gras - Winterweizen (Korn)					
05 1. bis 4.Anlage Hafersortenmischung - Winter- getreideartenmischung - Winterraps (Korn) - Winterweizen (Korn)					

Güterfelde (Brandenburg)					
Bodenklimaraum* ¹	trockenen leichte D- Standorte Ost	die Ampelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Güterfelde geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	43 m				
Ø Jahrestemperatur* ²	9,1 °C				
Niederschlag * ²	562 mm/a				
Bodentyp	Sand-Tieflehm-Fahlerde				
Bodenart (en)	schluffiger-lehmiger Sand, Lehmsand (Su2,				
Ackerzahl	29				
nFK im eff. Wurzelraum	121 mm				
typische Anbau-Kulturen	W.Roggen, W.Raps, W.Gerste, Mais				
Pachtansatz	105 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	Regional- fruchtfolgen Güterfelde	Anbau- eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen- effizienz
06 1. bis 4.Anlage Sommerroggen - Senf/Lupine - Winterroggen - Winterroggen (Korn)					
08 1. bis 4.Anlage Topinambur - Topinamburg - Topinambur - Winterroggen (Korn)					
09 1. bis 4.Anlage Hafer/Erbsen/Leindotter - Winterraps - Winterroggen/Sorghum - Winterroggen (Korn)					

Trossin (Sachsen)					
Bodenklimaraum* ¹	trockenen leichte D- Standorte Ost	die Anpelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Trossin geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	120 m				
Ø Jahrestemperatur* ²	8,9 °C				
Niederschlag * ²	554 mm/a				
Bodentyp	Bänder-Prabraunerde				
Bodenart (en)	schluffiger-lehmiger Sand (Su3, Sl3)				
Ackerzahl	31				
nFK im eff. Wurzelraum	118 mm				
typische Anbau-Kulturen	W.Triticale, W.Gerste, Ackerfutter				
Pachtansatz	142 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	EVA- Standard- fruchtfolgen	Anbau- eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen- effizienz
01_A 1. und 2.Anlage Sommergerste/Ölrettich - Mais - Wintertriticale/Sorghum - Winterweizen (Korn)					
01_B 3. und 4.Anlage Wintergerste/Sorghum - Mais - Wintertriticale/Phacelia - Winterweizen (Korn)					
02 1. bis 4.Anlage Sorghum - Winterroggen/Mais - Wintertriticale (Korn) - Winterweizen (Korn)					
03 1. bis 4.Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Wintertriticale/einjähriges Weidelgras - Winterweizen (Korn)					
04 1. bis 4.Anlage Sommergerste/Klee gras - Klee gras - Klee gras - Winterweizen (Korn)					
05 1. bis 4.Anlage Hafersortenmischung - Winter- getreideartenmischung - Winterraps (Korn) - Winterweizen (Korn)					

Trossin (Sachsen)					
Bodenklimaraum* ¹	trockenen leichte D- Standorte Ost	die Anpelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Trossin geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	120 m				
Ø Jahrestemperatur* ²	8,9 °C				
Niederschlag * ²	554 mm/a				
Bodentyp	Bänder-Prabraunerde				
Bodenart (en)	schluffiger-lehmiger Sand (Su3, Sl3)				
Ackerzahl	31				
nFK im eff. Wurzelraum	118 mm				
typische Anbau-Kulturen	W.Triticale, W.Gerste, Ackerfutter				
Pachtansatz	142 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	Regional- fruchtfolgen Trossin	Anbau- eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen- effizienz
06_A 1. und 2.Anlage Wintergerste - Winterraps - Landsberger Gemenge/Sorghum - Winterroggen (Korn)					
06_B 3. und 4.Anlage Sommerroggen - Winterraps - Landsberger Gemenge/Sorghum - Winterroggen (Korn)					
07_A 1. und 2.Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Kartoffeln - Winterroggen (Korn)					
07_B 3. und 4.Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Kartoffeln - Winterroggen (Korn)					

Werlte (Niedersachsen)					
Bodenklimaraum* ¹	feuchte leichte Standorte Nordwest	die Anpelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Werlte geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	31 m				
Ø Jahrestemperatur* ²	9 °C				
Niederschlag * ²	768 mm/a				
Bodentyp	Humoser Sandboden				
Bodenart (en)	schluffiger - lehmiger Sand Su2/SI2				
Ackerzahl	40				
nFK im eff. Wurzelraum	105 mm				
typische Anbau-Kulturen	Mais, Ackergras, W.Triticale, W.Gerste				
Pachtansatz	351 €/ha				
* ¹ nach Roßberg et al 2007	* ² langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	EVA-Standard-fruchtfolgen	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
01_A 1. und 2.Anlage Sommergerste/Ölrettich - Mais - Wintertriticale/Sorghum - Winterweizen (Korn)					
01_B 3. und 4.Anlage Wintergerste/Sorghum - Mais - Wintertriticale/Phacelia - Winterweizen (Korn)					
02 1. bis 4.Anlage Sorghum - Winterroggen/Mais - Wintertriticale (Korn) - Winterweizen (Korn)					
03 1. bis 4.Anlage Mais - Winterroggen/Sorghum - Wintertriticale/einjähriges Weidelgras - Winterweizen (Korn)					
04 1. bis 4.Anlage Sommergerste/Klee gras - Klee gras - Klee gras - Winterweizen (Korn)					
05 1. bis 4.Anlage Hafersortenmischung - Winter- getreideartenmischung - Winterraps (Korn) - Winterweizen (Korn)					

Werlte (Niedersachsen)					
Bodenklima ^{*1}	feuchte leichte Standorte Nordwest	die Anpelkategorisierung bezieht sich auf den Mittelwert, aller am Standort Werlte geprüften Fruchtfolgen			
Höhe über NN	31 m				
Ø Jahrestemperatur ^{*2}	9 °C				
Niederschlag ^{*2}	768 mm/a				
Bodentyp	Humoser Sandboden				
Bodenart (en)	schluffiger - lehmiger Sand Su2/SI2				
Ackerzahl	40				
nFK im eff. Wurzelraum	105 mm				
typische Anbau-Kulturen	Mais, Ackergras, W.Triticale, W.Gerste				
Pachtansatz	351 €/ha				
^{*1} nach Roßberg et al 2007	^{*2} langjähriges Mittel				
Fruchtfolge	Regional-fruchtfolgen Werlte	Anbau-eignung	Ökonomische Attraktivität	Ökologische Risiken	Ressourcen-effizienz
06_A 1. und 2.Anlage Mais - Winterroggen /Mais - Winterroggen/Mais - Winterweizen (Korn)					
06_B 3. und 4.Anlage Winterraps/Mais - Winterraps/Mais - Winterraps/Mais - Winterweizen (Korn)					
07_A 1. und 2.Anlage Mais - Wintertriticale - Wintergerste - Winterweizen (Korn)					
07_B 3. und 4. Anlage Mais - Wintertriticale - Wintergerste - Winterweizen (Korn)					
08_A 1. und 2.Anlage Körnermais - Winterweizen - Wintergerste (Korn) - Winterweizen (Korn)					
08_B 3. und 4. Anlage Körnermais - Winterweizen - Wintergerste (Korn) - Winterweizen (Korn)					

Anhang 2a: Veröffentlichungsliste

ARTIKEL IN DER FACHPRESSE

- Eckner, J. (2016): Pflanzenschutz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Geringere Intensität bei Biogassubstraten. Bauernzeitung 30/2016.
- Eckner, J. (2016): Gewässerschutz – Geeignete Fruchtfolgen leisten Beitrag. Bauernzeitung 22/2016.
- Schumann, D.; Grieb, M. (2016): Mais mit Untersaaten greenen. dlz Agrarmagazin; Agrarheute 04/ 2016.
- Vetter, A.; Biertümpfel, A.; Eckner, J. (2016): alternative Energiepflanzen – was können sie leisten? dbk 3/2016.
- Bormann, I. (2015): Wer schneidet besser ab? joule 05-06/ 2015: S. 71-73.
- Dickeduisberg, M.; Bischof, R.; Biertümpfel, A.; Gurgel, A.; Ebel, G. (2015): Ganzpflanzen geben Gas. dlz Agrarmagazin 04/2015.
- Eckner, J. (2015): Energiepflanzenanbau und Klimaschutz. Bauernzeitung 36/2015: 106.
- Eckner, J. (2015): Nitratverlagerungsrisiken und Gewässerschutz. Bauernzeitung 24/2015.
- Eckner, J.; Winter, K. (2015): EVA-Projekt: Vielfalt auf dem Acker. Ländlicher Raum 04/2015: 32-36.
- Fleischer, I.; Gurgel, A. (2015): Mais in Energiefruchtfolgen - besser als sein Ruf. Bauernzeitung 13/2015: 14-17.
- Fleischer, I.; Gurgel, A. (2015): Mais in Energiefruchtfolgen - besser als sein Ruf. Mais 01/2015: 24-27.
- Glauert, T. (2015): Etablierung von mehrschnittigem Ackerfutter in Fruchtfolgen mit Energiepflanzen. Biogas Journal 2/2015: 44-47.
- Glemnitz, M.; Eckner, J.; Aurbacher, J.; Kornatz, P.; Müller, J.; Heiermann, M.; Peter, C. (2015): Crop rotations as “cornerstone” of sustainable energy cropping –Integrative evaluation of their agronomic, ecologic, economic and resource efficiency effects. Aspects of Applied Biology 131, 2015.
- Grunewald, J. (2015): Leistungsstarke Alternativen – Energiepflanzen für Standorte mit leichten Böden und wenig Wasser. Energie aus Pflanzen 4/ 2015.
- Grunewald, J.; Jäkel, K. (2015): Hirse, Rüben, Roggen. Bauernzeitung 33/ 2015: 34-35.
- Winter, K. (2015): Böden unter Energiepflanzenfruchtfolgen. LOP 10/11/2015: 16-21.
- Winter, K.; Eckner, J. (2015): Energiepflanzenbau mit Zwischenfrüchten. Praxisnah 2/ 2015: 14-15.
- Winter, K. (2015): Bodenleben unter Fruchtfolgen. Bauernzeitung 18/ 2015: 12.
- Winter, K. (2015): Zwischenfrüchte bei Energiepflanzen. Bauernzeitung 06/ 2015: 12.
- Winter, K. (2015): Böden unter Energiepflanzenfruchtfolgen. LOP 1015 10/11: 16-21.
- Deter, A. (2014): Ökonomische Alternativen im Energiepflanzenbau. Top Agrar online.
- Winter, K. (2014): Gärrestdüngung: N-Versorgung in Biogasfruchtfolgen. Bauernzeitung 44/ 2014: 12.
- Eckner, J. (2014): Leguminosen-Getreide-Gemenge. Bauernzeitung 34/2014.
- Formowitz, B.; Winter, K. (2014): Mineralisch und organisch düngen. BLW. 6: 46-47.
- Formowitz, B.; Winter, K. (2014): Nährstoffe gehen im Kreis – Nachhaltige Biogasfruchtfolgen unter der Nutzung von Gärresten. BWagrar 12/2014: 24-25.
- Formowitz, B.; Winter, K. (2014): Biogasfruchtfolgen mit Gärresten düngen – Versuche zur Nachhaltigkeit an verschiedenen Standorten. LW 17/ 2014: 19-20.
- Abel, M.; Dickeduisberg, M. (2013): EVA für Energiepflanzen. Landwirtschaftliches Wochenblatt 25/2013.

- Brock, C.; Bernert, S.; Willms, M.; Knebl, L.; Leithold, G. (2013): Bewertung von Energiepflanzen in der Humusbilanz: Status quo und Perspektiven. *Journal für Kulturpflanzen* 65, 6, 227-235.
- Ebel, G. (2013): Aktueller Pflanzenbaurat – Fruchtfolge. *Bauernzeitung* 20/2013: 8.
- Herrmann C.; Heiermann M.; Idler C. (2013). Mehr Methan aus Grünschnittgetreide. *dlz agrarmagazin*, (5) 2013: 54.
- Willms, M. (2013): Humusbilanzen im Energiepflanzenanbau-Gärreste gezielt rückführen und Fruchtfolgen anpassen. *Mais* 40 (2): 64-68.

FLYER UND INFORMATIONSBROSCHÜREN

- Barthelmes, G. (2014): *Sortenratgeber 2014/2015 Winterroggen/Wintertriticale*. Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Frankfurt (Oder).
- Bormann, I. (2014): *Energiepflanzen-Fruchtfolgeprojekt EVA, Veröffentlichung der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau in Sachsen-Anhalt, Bernburg*.
- Grunewald, J.; Jäkel, K. (2014): *Hybridroggen-Ganzpflanzensilage als Biogassubstrat*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
- Butz, A.; et al. (2013): *Energiepflanzen für Biogasanlagen – Baden-Württemberg*. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 76 S.
- Willms, M. (2013): *Humusbilanz*. In: *Energiepflanzen für Biogasanlagen: Baden-Württemberg*. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow, pp. 57-59. <http://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/energiepflanzen/regionalbroschuren/energiepflanzen-fur-biogasanlagen-regionalbroschure-baden-wuerttemberg.html>.

TAGUNGSBERICHTE/ ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

- Ebel, G.; Barthelmes, G. (2015): *Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion auf diluvialen Standorten Nordost-Deutschlands*. Tagungsband – FNR/ KTBL-Fachtagung „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ am 22. und 23.09.2015 in Potsdam.
- Ebel, G. et. al. (2015): *Fruchtfolgen mit Energiepflanzen und Marktfrüchten auf diluvialen Standorten Nordostdeutschlands*. Tagungsband – FNR/ KTBL-Fachtagung „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ am 22. und 23.09.2015 in Potsdam.
- Ebel, G. et. al. (2015): *Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau*. Tagungsband – FNR/ KTBL-Fachtagung „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ am 22. und 23.09.2015 in Potsdam.
- Ebel, G. et. al. (2015): *Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau*. Tagungsband – Thüringer Bioenergietag „Zwischenfrüchte und Ganzpflanzengetreide“ am 26.02.2015 in Jena: S.6-15.
- Eckner, J.; Peter, C.; Vetter, A. (2015): *Klimaschutz und Energiepflanzenanbau – Potenziale zur Treibhausgasemissionsminderung durch Fruchtfolge- und Anbauplanung*. Schriftenreihe Umweltingenieurwesen, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Band 52: Tagungsband „9. Rostocker Bioenergieforum“ am 18. und 19.06.2015 in Rostock.
- Eckner, J.; Peter, C. (2015): *Ergebnisse aus der EVA-Verbundforschung: Zwischenfrüchte und ihre Vorfruchtwirkungen*. Tagungsband - Thüringer Bioenergietag „Zwischenfrüchte und Ganzpflanzengetreide“ am 26.02.2015 in Jena.
- Eckner, J.; Peter, C. (2015): *Treibhausgasemissionen im Energiepflanzenanbau: Möglichkeiten zur Emissionsminderung durch Fruchtfolgegestaltung und Anbauverfahren – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt*. Tagungsband - Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 22. – 24.09.2015 in Braunschweig.

Eckner, J.; Peter, C. (2015): Treibhausgasemissionen im Energiepflanzenanbau Möglichkeiten zur Emissionsminderung durch Fruchtfolgegestaltung und Anbauverfahren - Ergebnisse aus EVA. Forschungskolloquium Bioenergie (S. 213-217). Straubing: Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI) Regensburg.

Eckner, J.; Glemnitz, M.; Aurbacher, J.; Heiermann, M.; Graf, T.; Winter, K. (2015): Ackerbauliche, ökologische und ökonomische Bewertung von Energiepflanzenfruchtfolgen- Ergebnisse aus dem EVA- Verbund. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 23.09.2015 in Braunschweig

Fleischer, I.; Gurgel, A. (2015): Wintertriticale-GPS – eine sinnvolle Ergänzung in Energiepflanzenfruchtfolgen. Schriftenreihe Umweltingenieurwesen, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Band 52: Tagungsband „9. Rostocker Bioenergieforum am 18. Und 19.06.2015 in Rostock.

Glemnitz, M.; Platen, R. (2015): Bedeutung der Fruchtartenwahl für die Biodiversität in Energiefruchtfolgen und den von der Biodiversität getragenen Ökosystemfunktionen. Tagungsband - Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 22. – 24.09.2015 in Braunschweig.

Haag, J.; Fritz, M. (2015): Optimierter Gärresteinsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen. Tagungsband FNR-Fachtagung „Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen“ am 10.03.2015 in Berlin.

Haag, J.; Fritz, M. (2015): Optimierter Gärresteinsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA. Schriftenreihe Umweltingenieurwesen, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Band 52: Tagungsband „9. Rostocker Bioenergieforum am 18. Und 19.06.2015 in Rostock.

Haag, J.; Fritz, M. (2015): Optimierter Gärresteinsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen. Tagungsband 6. Agrarwissenschaftliches Symposium „Innovative Biomasse-Erzeugung“ am 24.09.2015 in Freising.

Kornatz, P.; Aurbacher, J. (2015): Ackerbauliche Landnutzungsänderung durch die Biogasproduktion in Deutschland. Tagungsband - Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 22. – 24.09.2015 in Braunschweig.

Müller, J.; Kornatz, P.; Aurbacher, J. (2015): Ökonomische Vorzüglichkeit von Anbausystemen mit reduziertem Faktoreinsatz zur gewässerschonenden Bewirtschaftung von Ackerflächen. Tagungsband - Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 22. – 24.09.2015 in Braunschweig.

Peter, C.; Eckner, J. (2015): Einfluss der Fruchtfolgegestaltung auf die Treibhausgasemissionen im Energiepflanzenanbau – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt am Standort Dornburg. Tagungsband – FNR/ KTBL-Fachtagung „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ am 22. und 23.09.2015 in Potsdam.

Prescher, A.-K.; Glemnitz, M. (2015): Modellierung des Stickstoffaustrages bei der Verwertung von Gärrestdünger – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt. Tagungsband – FNR/ KTBL-Fachtagung „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ am 22. und 23.09.2015 in Potsdam.

Schumann, D.; Grieb, M.; Fritz, M. (2015): Erfolge mit Mais-Untersaaten auch unter extremen Witterungseinflüssen. Tagungsband – FNR/ KTBL-Fachtagung „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ am 22. und 23.09.2015 in Potsdam.

Von Buttlar, C.; Kräling, B.; Willms, M. (2015): Gräseruntersaaten und Zwischenfrüchte zur Steigerung der Gewässerschutzleistung im Energiepflanzenanbau. Tagungsband – FNR/ KTBL-Fachtagung „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ am 22. und 23.09.2015 in Potsdam.

Willms, M.; Eckner, J.; Wilken, F.; Glemnitz, M. (2015): Lösungsansätze für eine Verbesserung der Humusversorgung von Böden im Energiepflanzenanbau. Tagungsband - Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 22. – 24.09.2015 in Braunschweig.

Winter, K. (2015): Humusgehalte und Bodenleben unter Energiepflanzenfruchtfolgen. Tagungsband – FNR/ KTBL-Fachtagung „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ am 22. und 23.09.2015 in Potsdam.

Barthelmes, G. (2014): Sortenratgeber 2014/2015 Winterroggen/Wintertriticale. Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Frankfurt (Oder).

Ebel, G. et. al. (2014): Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung auf ostdeutschen Diluvialstandorten – Empfehlungen aus neunjährigen Fruchtfolgeversuchen in Brandenburg. Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2013, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder).

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2014): Mehrjährige Ergebnisse zum Zweifruktanbau auf diluvialen Standorten Nordost-Deutschlands. Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2013, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder).

Fleischer, I., Gurgel, A., (2014): Mais in Energiepflanzenfruchtfolgen. 8. Rostocker Bioenergieforum am 19. und 20. Juni 2014 an der Universität Rostock. Tagungsband/Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Band 45, S.325-332.

Boese, L.; Reichardt, I. (2013): Mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich. Vortragsmanuskripte der „Energietage – Biogas“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA), Garching 09.-11.09.2013.

Ebel, G. et. al. (2013): Anbaufolge Mais und Winterroggen auf diluvialen Standorten – pflanzenbauliche und ökonomische Bewertung. Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven, Tagungsband des FNR/ KTBL-Kongress in Kassel, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., S.345-348.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2013): Fruchtfolgegestaltung – die Saatzeit ist entscheidend; Anbaufolge Mais und Winterroggen. Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2012, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Frankfurt (Oder).

Ebel, G.; Barthelmes, G.; Heiermann, M. (2013): Energiepflanzenproduktion auf nordostdeutschen Diluvialstandorten – ausgewählte Ergebnisse des EVA-Fruchtfolgeprojektes. 125. VDLUFA Kongress in Berlin, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, S.327-334.

Ebel, G.; Barthelmes, G.; Zimmer, J. (2013): Stroherträge - Verfahrensvergleich. Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2012, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Frankfurt (Oder).

Ebel, G.; Barthelmes, G.; Zimmer, J. (2013): Verfahrensvergleich zur Ermittlung von Stroherträgen. 125. VDLUFA Kongress in Berlin, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, S.498-500

VORTRÄGE

Bormann, I. (2016): Vielfältiger Energiepflanzenanbau – Auf dem sommertrockenen Lössstandort Bernburg in Sachsen-Anhalt. 4. Energiepflanzen-Forum am 05.-06.07.2016 in Dornburg.

Eckner, J.; Peter, C. (2016): THG-Emissionen und Energiebilanzen von Energiepflanzenfruchtfolgen am Standort Dornburg. 4. Energiepflanzen-Forum am 05.-06.07.2016 in Dornburg.

Grieb, M. (2016): Vielfältiger Energiepflanzenanbau – Auf dem Verwitterungsstandort Ascha in Bayern. 4. Energiepflanzen-Forum am 05.-06.07.2016 in Dornburg.

Haag, J. (2016): Ergebnisse der Gärrestversuche. 4. Energiepflanzen-Forum am 05.-06.07.2016 in Dornburg.

Herrmann, C. (2016): Methanbildungspotentiale als Grundlage für die ökologische und ökonomische Bewertung von Energiefruchtfolgen. 4. Energiepflanzen-Forum am 05.-06.07.2016 in Dornburg.

Jäkel, K. (2016): Vielfältiger Energiepflanzenanbau – Auf dem trocken-warmen D-Standort Trossin in Sachsen. 4. Energiepflanzen-Forum am 05.-06.07.2016 in Dornburg.

Wilken, F.; Glauert, T. (2016): Ackerfutter und Grünland für die energetische Nutzung. 4. Energiepflanzen-Forum am 05.-06.07.2016 in Dornburg.

Boese, L. (2015): Einjährige und mehrjährige Energiepflanzen im Ertragsvergleich in Sachsen-Anhalt. Bernburger Energiepflanzenfeldtag am 18.08.2015 in Bernburg-Strenzfeld.

Bormann, I. (2015): Diversifizierung und Risikostreuung im Energiepflanzenanbau durch Fruchtfolgegestaltung – Erfahrungen aus siebenjähriger Forschung. Ackerbautagung am 25.11.2015 in Iden und am 26.11.2015 in Bernburg-Strenzfeld.

Bormann, I. (2015): Einjährige Energiepflanzen im EVA-Projekt. Bernburger Energiepflanzenfeldtag am 18.08.2015 in Bernburg-Strenzfeld.

Bormann, I. (2015): Ökologische Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus im mitteldeutschen Trockengebiet im Vergleich zu Marktfrüchten – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“ am 19.01.2015 in Bernburg.

Ebel, G. (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. Thüringer Bioenergetag „Zwischenfrüchte und Ganzpflanzengetreide“ am 26.02.2015 in Jena.

Ebel, G. (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. Feldtag „Vermehrung von Wildkräutern, Saatgutmischungen, Erhaltungssorten“ am 18.06.2015 in Schmergow bei Phöben/Werder (Havel).

Ebel, G. (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. Energiepflanzentag des LELF und ATB am 20.08.2015 in Ruhlsdorf/Güterfelde.

Eckner, J.; Glemnitz, M.; Aurbacher, J.; Heiermann, M.; Graf, T.; Winter, K. (2015): Ackerbauliche, ökologische und ökonomische Bewertungen von Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem EVA-Verbund. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 22. – 24.09.2015 in Braunschweig.

Eckner, J.; Peter, C.; Vetter, A. (2015): Ergebnisse aus der EVA-Verbundforschung: Zwischenfrüchte und ihre Vorfruchtwirkungen. Tagung „9. Rostocker Bioenergieforum“ am 18. und 19.06.2015 in Rostock.

Eckner, J.; Peter, C. (2015): Ergebnisse aus der EVA-Verbundforschung: Zwischenfrüchte und ihre Vorfruchtwirkungen. Thüringer Bioenergetag „Zwischenfrüchte und Ganzpflanzengetreide“ am 26.02.2015 in Jena.

Fleischer, I.; Gurgel, A. (2015): Welche Effekte liefern Veränderungen von Fruchtfolgegliedern im Energiepflanzenanbau?. Mais- und Energiepflanzentag der LFA am 02.09.2015 in Gülzow.

Fleischer, I.; Gurgel, A. (2015): Wintertriticale-GPS – eine sinnvolle Ergänzung in Energiepflanzenfruchtfolgen. Tagung „9. Rostocker Bioenergieforum“ am 18. und 19.06.2015 in Rostock.

Grunewald, J. (2015): Anbausysteme für Energiepflanzen – Ergebnisse aus dem Projekt EVA. Feldtag „Energiepflanzen zur Biogasproduktion“ der LfULG am 27.08.2015 in Trossin.

Haag, J., Fritz; M. (2015): Optimierter Gärrest-Einsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA. Tagung „9. Rostocker Bioenergieforum“ am 18. und 19.06.2015 in Rostock.

Haag, J., Fritz; M. (2015): Optimierter Gärrest-Einsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA. Fachtagung pflanzenbauliche Verwertung von Gärresten aus Biogasanlagen am 11.03.2015 in Berlin.

Kräling, B.; Von Buttlar, C. (2015): Wasserschutzpotenzial von Ganzpflanzengetreide und Zwischenfrüchten - Ergebnisse aus Praxisversuchen. Thüringer Bioenergieforum „Zwischenfrüchte und Ganzpflanzengetreide“ am 26.02.2015 in Jena.

Lindner, J. (2015): Environmental impact of energy crop rotation. Bio-Geo-Kolloquium am 19.05.2015 an der FSU Jena.

Schröter, H.; Eckner, J. (2015): Ergebnisse und Empfehlungen zur Düngung mit Biogasgärresten. Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“ am 19.01.2015 in Bernburg-Strenzfeld.

Von Buttlar, C. (2015): Gärresten und Gewässerschutz. Fachtagung pflanzenbauliche Verwertung von Gärresten aus Biogasanlagen am 11.03.2015 in Berlin.

Walter, E. (2015): 9 Jahre Fruchtfolgeversuch mit Biogaspflanzen im Rheintal – EVA-

Winter, K. (2015): Alternative Energiepflanzen für die Biogasproduktion. Forschungskolloquium Bioenergie von C.A.R.M.E.N. und OTTI e.V. am 11.-12.02.2015 in Straubing.

Boese, L. (2014): Einjährige und mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich. Agrarpolitisches Forum und Pflanzenschutztag der Landvolkbildung Thüringen e. V. am 31.01.2014 in Piffelbach.

Dahlhoff, A. (2014): Anlagenfütterung nach Augenmaß – Substrate gekonnt einsetzen. Biogastagung LWK Niedersachsen am 11.03.2014 in Verden.

Dahlhoff, A. (2014): Regenerative Energien in NRW und im Kreis Soest. Lions-Club Soest am 09.04.2014 in Soest.

Dahlhoff, A. (2014): Substratauswahl: Welche Alternativen gibt es zum Mais?. TopAgrar Biogastagung am 02.09.2014 in Kassel.

Dahlhoff, A. (2014): Regenerative Energien in Deutschland und NRW. Lions-Club Beckum am 24.11.2014 in Beckum.

Dahlhoff, A. (2013): Biogas Production in Germany. Universität Florida am 29.05.2013.

Dickeduisberg, M. (2014): Landwirtschaft für Neueinsteiger. am 15.04.2014 in Bad Sassendorf.

Dickeduisberg, M. (2014): Energiewende in Deutschland. Uni Ulyanosk – Russland am 08.11.2014 in Bad Sassendorf.

Ebel, G. et. al. (2014): Zehn Jahre Fruchtfolgeversuche mit Energiepflanzen – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt – Standort Güterfelde (Brandenburg). Feldtag Güterfelde am 21.08.2014 in Güterfelde.

Ebel, G.; Barthelmes, G.; Neukirch, S. (2014): Ganzpflanzengetreideproduktion auf diluvialen Standorten Nordost-Deutschlands. Fachgespräch Getreideganzpflanzenproduktion am 27.10.2014 in Jena.

Eckner, J.; Dickeduisberg, M. (2014): EVA-Fruchtfolgeversuch. 4. Düsser Energiepflanzentag am 26.06.2014 in Bad Sassendorf.

Eckner, J. (2014): Alternative Biogassubstrate - Erfahrungen aus dem EVA-Verbund. Seminarveranstaltung der Akademie für erneuerbare Energien e.V. am 01.07.2014 in Lüchow- Danneberg.

Eckner, J.; Winter, K. (2014): EVA-Versuchsergebnisse. Energiepflanzenfeldtag am 03.07.2014 in Dornburg.

Eckner, J. (2014): EVA-Versuchsergebnisse. Feldtag am 04.07.2014 in Burkersdorf.

Eckner, J. (2014): Ganzpflanzengetreide in Energiepflanzen-Anbausystemen, Ergebnisse aus dem EVA-Verbund. TLL-Fachgespräch „Ganzpflanzengetreide“ am 27.10.2014 in Jena.

Fleischer, I. (2014): Möglichkeiten der Reduktion von THG-Emissionen beim Anbau von Energiepflanzen. Mais- und Energiepflanzenfeldtag der LFA MV am 03.09.2014 in Gülzow und Arbeitsforum THG- Bilanzen und Klimaschutz in der Landwirtschaft am 07.10.2014 in Nossen.

Fleischer, I. (2014): Ergebnisse aus dem EVA-Projekt. Feldführung mit Berufsschullehrern aus Budapest am 03.09.2014 in Gülzow.

Fleischer, I.; Gurgel, A., (2014): Mais in Energiepflanzenfruchtfolgen. 8. Rostocker Bioenergieforum am 19.06.2014 in Rostock.

Fleischer, I.; Peter, C.; Gurgel, A. (2014): Möglichkeiten der Reduktion von Treibhausgasemissionen beim Anbau von Energiepflanzen. Mais- und Energiepflanzenfeldtag am 03.09.2014 in Gülzow.

Grunewald, J. (2014): Standortangepasste Energiepflanzen in Fruchtfolgen zur Biogaserzeugung – Biomasseerträge, Gasbildungspotentiale und Nachhaltigkeit. Fachtagung Energiepflanzen zur Biogasproduktion am 03.09.2014 in Trossin.

Grunewald, J.; Jäkel, K. (2014): 9 Jahre Energiefruchtfolgenforschung zur Biogasproduktion im Projekt EVA 2005 – 2013. Dienstberatung Referat 72. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie am 19.03.2014 in Nossen.

Vetter, Dr. A. (2014): Anbaualternativen und Ergebnisse aus sieben Jahren Fruchtfolgenforschung zu Energiepflanzen. DLG- Wintertagung am 13.01.2014 in München.

Vetter, Dr. A. (2014): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen (EVA). Forum DLG- Feldtag am 17.06.2014 in Bernburg.

Winter, K. (2014): Energiepflanzen: Naturschutz versus Wirtschaftlichkeit? - beim Anbau von Energiepflanzen zur Substratbereitstellung für Biogasanlagen. 2. Bioenergieforum NRW am 22.10.2014 in Düsseldorf.

Boese, L. (2013): Ganzpflanze als Biogassubstrat – Getreide, Mais und Hirsen im Vergleich, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“ am 21.01.2013 in Bernburg.

Boese, L. (2013): Mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich. 22. Jahrestagung des Fachverband Biogas e.V., Leipzig, 31.01.2013; Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“ am 21.03.2013 in Bernburg; Energietage Biogas der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) am 10.09.2013 in Garching.

Bormann, I. (2013): Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“ am 21.01.2013 in Bernburg.

Dahlhoff, A. (2013): Alternative Pflanzen für Biogasanlagen – Anbauerfahrungen im ZNR. Veranstaltung EnergieAgentur.NRW: Energie aus Wildpflanzen am 13.06.2013 in Dorsten.

Dickeduisberg, M. (2013): Intensivkurs für Neueinsteiger in die Landwirtschaft. am 27.03.2013 in Bad Sassendorf.

Dickeduisberg, M. (2013): Entwicklung des Energiepflanzenanbaus in Deutschland. Tagung Hagelversicherung am 25.09.2013 in Bad Sassendorf.

Dickeduisberg, M. (2013): Alternative Energiepflanzen - eine Chance für Bienen?. Tagung der Arbeitsgemeinschaft deutschsprachiger Fachimker am 14.10.2013 in Bad Sassendorf.

Dickeduisberg, M. (2013): Alternativer Energiepflanzenanbau in Deutschland. Koreaner-Seminar am 25.10.2013 in Bad Sassendorf.

Dickeduisberg, M. (2013): Erneuerbare Energien aus der Landwirtschaft. Forum für Umwelt und gerechte Entwicklung - Logo e.V. am 04.06.2013 in Hamm -Schloss Oberwerries.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2013): Winterroggen: Eine vielseitige und typische Fruchtart im Land Brandenburg. Feldtag Güterfelde 22.08.2013 in Güterfelde.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2013): Anbausysteme mit Energiepflanzen auf sandigen Standorten NO-Deutschlands. Feldtag zu alternativen Biogasmischungen und zur regionalen Vermehrung von Wildkräutern am 24.06.2013 in Schmergow bei Phöben.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2013): Anbaufolge Mais und Winterroggen am Standort Güterfelde. am 27.05.2013 in Rostock.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2013): Nachhaltige Ganzpflanzen-Getreideproduktion. Vorstellung Projektergebnisse am 22.01.2013 in Gülzow.

Ebel, G.; Barthelmes, G.; Herrmann, C.; Kornatz, P. (2013): Energiepflanzenproduktion auf nordostdeutschen Diluvialstandorten – Ergebnisse des EVA-Fruchtfolgeprojektes. Vortragsveranstaltung „Energiepflanzen für Praktiker“ am 10.12.2013 in Ribbeck.

Ebel, G.; Barthelmes, G.; Heiermann, M. (2013): Energiepflanzenproduktion auf nordostdeutschen Diluvialstandorten – Ergebnisse des EVA-Fruchtfolgeprojektes. 125. VDLUFA Kongress am 19.09.2013 in Berlin.

Gurgel, A.; Fleischer, I.; Peters, J. (2013): Ertrag und Qualität von Winterweizen in Energiepflanzenfruchtfolgen. Am 26.-28.11.2013 in Gülzow.

Jäkel, K.; Grunewald, J.; Theiß, M. (2013): Nachwachsende Rohstoffe in Sachsen – Stand & Perspektiven. ENERTEC am 29.1.2013 in Leipzig.

Winter, K. (2014): Experiences of the EVA-Project (Joint project: development and comparison of optimized cultivation systems for the agricultural production of energy crops under different local conditions within Germany). Conference of the European Biogas Association am 30.09.-02.10.2014 in Egmond aan Zee, Niederlande.

Peter, C.; Glemnitz, M.; Eckner, J.; Aurbacher, J.; Heiermann, M. (2015) Crop rotations as basic element of sustainable energy cropping- Integrative evaluation of their agronomic, ecologic, economic and resource efficiency effects. Conference Biomass and Energy Crops V, Association of applied Biologists am 20.10.2015 in Brüssel

POSTER

Eckner, J. (2016): Pflanzenschutz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem EVA-Verbundprojekt.

Lindner, J.; Glauert, T. (2016): Ackerfutter: Nachhaltige Nutzung als Biogassubstrat.

Winter, K.; Eckner, J. (2016): Risiken der Nitratverlagerung unter Energiepflanzenfruchtfolgen im Vergleich.

Ebel, G.; Herrmann, C.; Idler, C.; Heiermann, M. (2015): Optimierte standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen zur Biogasproduktion.

Ebel, G. et. al. (2015): Fruchtfolgen mit Energiepflanzen und Marktfrüchten auf diluvialen Standorten Nordostdeutschlands.

Ebel, G. et. al. (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2015): Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion auf diluvialen Standorten Nordost-Deutschlands.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2015): Ganzpflanzengetreideproduktion: N-Düngung.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2015): Ganzpflanzengetreideproduktion: Saatzeit/ -stärke.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2015): Ganzpflanzengetreide für die Biogasproduktion.

Eckner, J.; Peter, C. (2015): Greenhouse gas emissions at energy crop cultivation.

Eckner, J.; Peter, C. (2015): Treibhausgasemissionen im Energiepflanzenanbau: Möglichkeiten zur Emissionsminderung durch Fruchtfolgegestaltung und Anbauverfahren – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt.

Eckner, J.; Peter, C. (2015): THG-Emissionen im Energiepflanzenanbau.

Grunewald, J. (2015): Fördermöglichkeiten der Biomasseforschung.

Grunewald, J. (2015): Wirkung unterschiedlicher N-Düngungsvarianten mit Gärrest beim Energiepflanzenanbau.

Grunewald, J.; Jäkel, K. (2015): Standortangepasste Energiefruchtfolgen.

Haag, J.; Fritz, M. (2015): Optimierter Gärresteinsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA.

Lindner, J.; Winter, K.; Graf, T. (2015): The EVA-project: development and comparison of optimized cultivation systems for the agricultural production of energy crops under different local conditions within Germany.

Peter, C.; Eckner, J. (2015): Einfluss der Fruchtfolgegestaltung auf die Treibhausgasemissionen im Energiepflanzenanbau – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt am Standort Dornburg.

Schumann, D.; Grieb, M.; Fritz, M. (2015): Erfolge mit Mais-Untersaaten auch unter extremen Witterungseinflüssen.

Von Buttlar, C.; Kräling, B.; Willms, M. (2015): Gräseruntersaaten und Zwischenfrüchte zur Steigerung der Gewässerschutzleistung im Energiepflanzenanbau.

Willms, M.; Eckner, J.; Wilken, F.; Glemnitz, M. (2015): Lösungsansätze für eine Verbesserung der Humusversorgung von Böden im Energiepflanzenanbau.

Winter, K.; Peter, C. (2015): Ressourceneffizienz im Energiepflanzenanbau.

Winter, K.; Graf, T.; Eckner, J.; Glemnitz, M.; Aurbacher, J.; Heiermann, M. (2015): Overall assessment of the energy crop rotations examined within the EVA project

Winter, K.; Willms, M. (2015): Humusgehalte und Bodenleben unter Energiepflanzenfruchtfolgen.

Boese, L. (2014): Ein- und mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich.

Boese, L. (2014): Verbundprojekt EVA – Kern der Energiepflanzenforschung in Deutschland.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2014): Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion – N-Düngung.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2014): Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion – Saatzeit/ -stärke.

Grunewald, J.; Jäkel, K. (2014): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Vielfalt auf dem Acker.

Grunewald, J.; Grubitzsch, R.; Jäkel, K. (2014): Versuchsfeld-/Projektposter Energiefruchtfolge-, Gärrest- und Ertragssicherungsversuch.

Grunewald, J.; Pötzschke, K.; Jäkel, K. (2014): Die Projekte EVA und Sorghum: Von der Probenahme zum Beratungspapier.

Zander, D.; Fritz, M. (2014): Winter rye and vetch in biogas crop rotations.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2013): Optimierte standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen zur Biogasproduktion.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2013): Anbaufolge Mais und Winterroggen auf diluvialen Standorten.

Ebel, G.; Barthelmes, G. (2013): Stroherträge - Verfahrensvergleich.

Grunewald, J.; Jäkel, K. (2013): Zweikulturnutzung auf leichten, trockenen Standorten – Reicht das Wasser für einen nachhaltigen Anbau

EVA informiert!

Aktuelle Erkenntnisse aus dem Projekt
„Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für
die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter
den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“
(EVA)



Dieses Projekt wird aus Mitteln des BMEL über die FNR gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Seit dem Jahr 2005 ist das Projekt „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“, kurz EVA, eine feste Größe in der Welt der Energiepflanzenforschung.

Mit „EVA-Info“ wurden fortlaufend ausgewählte Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen und Teilprojekte in kurzer aufbereiteter Form veröffentlicht.

In der vorliegenden Broschüre sind alle bisher erschienenen Beiträge zusammengefasst. Bei Rückfragen stehen Ihnen die angegebenen Ansprechpartner an den jeweiligen Institutionen gerne zur Verfügung.

Weiterführende Informationen erhalten Sie unter www.eva-verbund.de.

- 01/ 2015: Treibhausgaseinsparungspotentiale verschiedener Anbauverfahren zur Biogassubstratbereitstellung
- 02/ 2015: Zwischenfrüchte im Energiepflanzenanbau
- 03/ 2015: Pflanzenschutz in Energiepflanzenfruchtfolgen
- 04/ 2015: Lösungsansätze zur Verbesserung der Humusversorgung von Böden im Energiepflanzenanbau
- 05/ 2015: Etablierung von mehrschnittigem Ackerfutter in Fruchtfolgen mit Energiepflanzen
- 06/ 2015: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz in Energiepflanzenanbau
- 07/ 2015: Welche alternativen Energiepflanzenfruchtfolgen sind regional am wirtschaftlichsten?
- 08/ 2015: Vorteile des optimierten Gärresteinsatzes in Energiepflanzenfruchtfolgen
- 09/ 2015: Grundwasserschutzorientierter Biomasseanbau nach den Anforderungen der EG-WRRRL

- 01/ 2016: Fruchtfolgen mit Energiepflanzen auf diluvialen Standorten Nordostdeutschlands – Fokus Methanhektarertrag
- 02/ 2016: Wirtschaftlichkeit des Maisanbaus in Deutschland
- 03/ 2016: Einfluss der Vorfruchtwirkung und Fruchtfolgestellung auf den Maisanbau am Beispiel Dornburg
- 04/ 2016: Einfluss einer 25% N-Dünger-Reduzierung auf den N-Austrag

Gemeinsam mit den Partnern des EVA-Projektes und den einzelnen Bundesländern wurden zudem weitere, regional aufbereitete Ergebnisse zusammengestellt und Handlungsempfehlungen für die Landwirtschaft erarbeitet.

Diese Broschüren mit dem Titel „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ sind erschienen unter: <https://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/energiepflanzen/regionalbroschuren.html>

Herausgeber:

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena

Juni 2016

Copyright: Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

Treibhausgaseinsparungspotentiale verschiedener Anbauverfahren zur Biogassubstratbereitstellung

J. Eckner (TLL) und C. Peter (ZALF)

Schon mit der Anbauplanung für die Bereitstellung von Biogassubstraten können Ziele der Treibhausgasemissionseinsparung Berücksichtigung finden. Neben einer angepassten Fruchtfolgeplanung bieten unterschiedliche Bewirtschaftungsstrategien Ansätze zur klimaschonenden Substratbereitstellung. Geschlossene Nährstoffkreisläufe durch eine Gärrestrückführung wirken klimaschonender als eine mineralische Düngung. Um die Feldemissionen zu minimieren, sollten die richtigen Ausbringungsbedingungen und emissionsmindernde Applikationstechniken zum Einsatz kommen. Angepasste Intensitäten der Bearbeitung oder reduzierte Bodenbearbeitung vermindern den Dieserverbrauch und daran gekoppelte Emissionen.

Für die Umsetzung des Klimaschutzprogramms der Bundesrepublik, welches eine Verringerung der deutschen Treibhausgas (THG)-Emissionen von 1990 bis 2020 um 40 % vorsieht, ist es notwendig auch für die Bereitstellung von Biogassubstraten Ansätze für nachhaltige Produktionswege aufzuzeigen. Landwirtschaftlich maßgeblich relevante Treibhausgase sind CO₂, CH₄ und N₂O. Neben flächen- und energieeffizienten Anbausystemen bieten Extensivierungsansätze Möglichkeiten zur Verringerung der gekoppelten THG-emissionen. Die Exaktversuche und weiterführende Untersuchungen des EVA-Projektes bieten eine umfassende Datenbasis um regionalisierte Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Die nachfolgenden Modellierungen erfolgen unter Nutzung der erhobenen Parameter bei der tatsächlichen Bewirtschaftung mit dem Model MiLA (Model for integrated Life Cycle Assessment for Agriculture, ZALF). MiLA wurde im EVA-Projekt speziell für den Energiepflanzenanbau in Fruchtfolgen entwickelt und arbeitet nach den international anerkannten Standards für Ökobilanzen und Carbon Footprint. Regionale Standortparameter werden als Sensitivitäten in die Bewertung integriert.

Die Abbildung zeigt die THG-Emissionen der Fruchtfolge 03 am Standort Dornburg (Mais-Grünschnittroggen/Sorghum- W.-Triticale-GPS/einjähriges Weidelgras-Weizen; Kornnutzung 2009-2013) bei verschiedenen Düngungs- und Bodenbearbeitungsregimen.

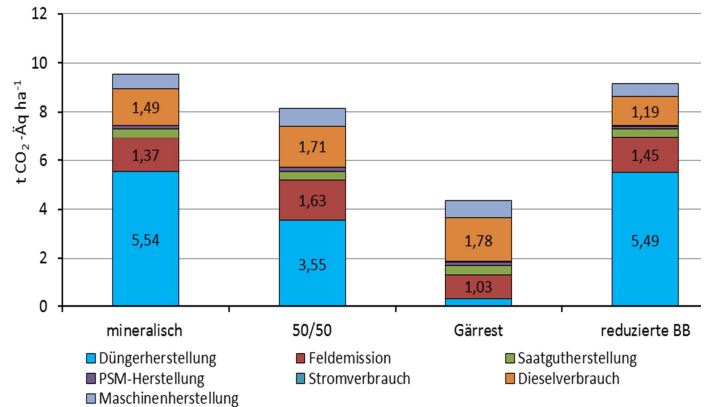


Abbildung:
Düngung nach Stickstoffbedarfsanalyse (SBA) in mineralischer Form (mineralisch)

- Düngung nach SBA zu 50 % in mineralischer Form und 50 % mit Gärresten (50/50)
- Düngung nach SBA mit Gärresten (Gärrest)
- Grundbodenbearbeitung mit nicht wendender Bearbeitung (reduzierte BB).

Geschlossene Nährstoffkreisläufe durch Gärrestdüngung verringern die gekoppelten Treibhausgasemissionen. Demzufolge können bei gleichem Ertragsniveau bei vollständiger Substitution der Mineraldüngung durch Gärrestdüngung die Gesamtemissionen auf unter 50 % gesenkt werden (s. Abb). Auch die Kombination der Düngungsformen (50/50) zeigt Einsparungspotentiale. Quantitativ und zeitlich an die Kulturentwicklung angepasste Düngergaben vermeiden Stickstoffüberhänge. Die Vorteile organischer und mineralischer Düngung werden kombiniert. Jedoch bedingen die mehrfach geteilten Stickstoffgaben vergleichsweise höhere Feldemissionen.

Im Vergleich der Bodenbewirtschaftungssysteme sind für den Standort Dornburg mit reduzierter Bodenbearbeitung nur geringe Einsparungspotentiale auszumachen. Erwartungsgemäß sind die an Dieserverbrauch und Maschinenherstellung gekoppelten Emissionen geringer. Unter den Standortbedingungen Dornburgs sind die Einsparungen an emittierten CO₂-Äquivalenten mit 0,42 t/ha als gering einzuschätzen. Die zu bearbeitende Parabraunerde aus Löss (Ut4) bedingt hohe Scherkräfte und macht bei nicht wendender Grundbodenbearbeitung oft zusätzliche Arbeitsgänge zur Saatbettbereitung notwendig. Somit sind vergleichend zur wendenden Grundbodenbearbeitung die Dieseleinsparungen gering.

Zwischenfrüchte im Energiepflanzenanbau

K. Winter und J. Eckner (TLL)

Auf Grund der Greening-Vorgaben sind Zwischenfrüchte wieder im Gespräch. Um die bekannten Leistungen von Zwischenfrüchten beim Anbau von Energiepflanzen zu untersuchen, wurden vergleichbare Fruchtfolgeglieder in drei EVA-Fruchtfolgen geprüft. Am Standort Dornburg in Thüringen [AZ: 65; 584 mm; 8,3°C] wurde Ertrag und Pflanzengesundheit von Winterweizen (WW) nach unterschiedlichen Vorfrüchten (Tab. 1) erfasst und die Humuswirkung der Vorfrüchte errechnet. Die Daten wurden über vier verschiedene Jahre aufgenommen.

Tabelle 1: Drittes und viertes Jahr der EVA-Fruchtfolgen 01, 02, 03 (2007 bis 2013, n=4)

FF01 Wintertriticale (GPS)	Phacelia (Gründüngung)	WW
FF02 Wintertriticale (Kornnutzung)	Brache	WW
FF03 Wintertriticale (GPS)	Einjähriges Weidelgras (GPS)	WW

Die Ergebnisse zeigen direkte positive Vorfruchtwirkungen für das Abschlussfruchtfolgeglied WW bei den Varianten mit Zwischenfrüchten im Vergleich zur Brache. Belegt wird dies sowohl durch die, trotz der standorttypischen geringen Niederschläge, signifikant höhere Erträge, wie auch die Ergebnisse der Bonituren des WW zu Fußkrankheiten (Scharfer Augenfleck, Halmbruchkrankheit und Schwarzbeinigkeit) die an der Uni Rostock durchgeführt wurden.

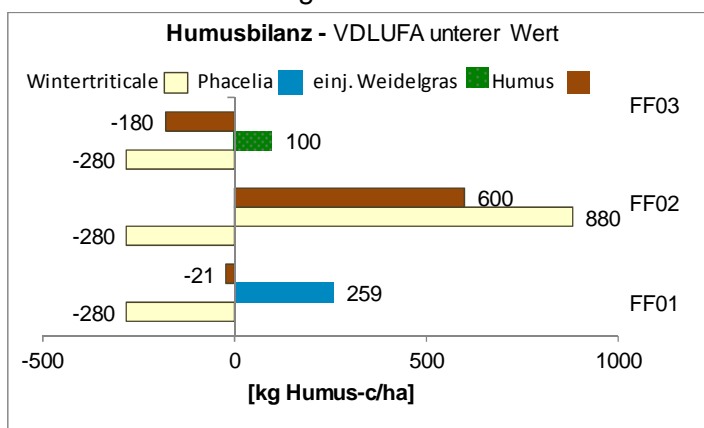


Abbildung 1: Humusbilanz der FF01, 02, 03, Farben für Wintertriticale gelb, Phacelia lila, Stroh hellgelb, einj. Weidelgras, Humus braun, (2007-2013, n=4)

Die Humuswirkungen der Versuche wurden nach der Humusbilanzmethode VDLUFA (2014) ohne die Rückführung von Gärresten berechnet. Der Anbau von Zwischenfrüchten verbessert zwar die Humusbi-

lanz beim Anbau von Energiepflanzen, kann aber den negativen Saldo nicht immer ausgleichen. Hier zeigt sich das Fruchtfolgen mit Druschfrüchten von Vorteil sind, weil der Verbleib des Stroh auf dem Feld organische Substanz für die Humusbildung bietet (Abb.1).

Weitere Zwischenfruchtversuche wurden für das EVA-Projekt in Burkersdorf (Thüringen) [AZ:36; 642 mm; 440 m; 7°C] angelegt (siehe Tab.2).

Tabelle 2: Haupt- und Winterzwischenfrüchte

Mais	Winterroggen
Mais	Landsberger Gemenge
Mais	Senf
Mais	Brache

In diesem Versuch wurden N_{min} - und Bodenwassergehalte (0-60 cm) von Sept. 2013 bis Mai 2014 gemessen. Die Ergebnisse zeigen unter allen vier Varianten ähnliche Wassergehalte im Boden. Ende Januar ist dieser unter den Zwischenfrüchten höher als unter der Brache. Zu der in 2014 früh startenden Vegetation sinkt der Wassergehalt unter dem Bewuchs ab, sogar unter Senf, weil der in diesem Winter nur wenig abgefroren war. Ende März erreichen alle Varianten einen Bodenwasservorrat von 135 mm (Bereich der nutzbaren Feldkapazität). Bis Ende Mai stellt sich ein geringes Defizit unter den Zwischenfrüchten von 25 mm gegenüber der Brache ein. Bei richtig gewähltem Ernte- und Umbruchzeitpunkt muss jedoch keine Wasserkonkurrenz zur Folgefrucht entstehen.

Die N_{min} -Untersuchungen über Winter zeigen unter Winterroggen und Senf bis zu 80 kg weniger mineralisierter N im Boden als bei der Brache. Unter Landsberger Gemenge sind dagegen höhere N_{min} -Werte zu finden, welche durch die Mineralisierung des Leguminosen-Stickstoffes zu erklären sind, die auf Grund der milden Witterung möglich war.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Anbau von Zwischenfrüchten durchaus zur N-Bindung über die Winter geeignet ist, um Auswaschung zu reduzieren und Gewässer zu schützen. Zudem besteht kein Anlass zur Sorge um die Wasserversorgung der nachfolgenden Frucht. Zu beachten sind dabei immer die standörtlichen Voraussetzungen. Weitere Untersuchungen müssen diese einjährigen Ergebnisse absichern. Standortangepasste Zwischenfrüchte auch beim Anbau von Energiepflanzen bei passender Bewirtschaftung Erträge der nachfolgenden Früchte und Ökosystemleistungen sichern. Zur Erfüllung der Greening-Auflagen müssen allerdings Zwischenfruchtgemenge nach der Vorgabenliste angebaut werden.

Pflanzenschutz in Energiepflanzenfruchtfolgen

I. Fleischer und A. Gurgel (LFA MV)

Die Qualitätsanforderungen an Biogassubstrate unterscheiden sich von denen, die an Marktfrüchte gestellt werden. Oftmals frühere Erntetermine sowie der Fokus auf die Gesamtpflanze anstatt auf Körner als alleiniges Ernteprodukt schaffen die grundsätzliche Möglichkeit im Energiepflanzenbereich den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren.

Im Rahmen des EVA-Projektes kann der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln an den Versuchsstandorten während der gesamten Rotation der EVA-Fruchtfolgen zentral erfasst und ausgewertet werden. Dies schließt neben der Ermittlung von Behandlungsindizes (BI) einzelner Früchte auch BI-Werte für gesamte Fruchtfolgen mit ein.

Tabelle: BI_{Frucht} -Werte und Standardabweichung ausgewählter Kulturen (EVA II)

	BI_{Frucht}	s
Mais (HF, ZF)	1,64	0,83
Sorghumhirsen (HF, ZF, SZF)	1,08	0,82
WT-GPS	1,67	1,04
WG-GPS	1,92	1,04
Grünschnittroggen	0,96	0,84
WT (Korn)	2,55	1,02
WW (Korn)	3,67	0,95
Raps (Korn)	5,74	2,02

Für Kulturen zur Biomassenutzung konnte nachgewiesen werden, dass die Intensität des Pflanzenschutzes als vergleichsweise niedrig einzustufen ist. Auch Kulturen mit hohen Erträgen wie Mais und Sorghumhirsen weisen nur selten einen BI über 2,0 auf. Der BI von Getreide in Biomassenutzung ist stark von der Vegetationsdauer abhängig. So weist Grünschnittroggen einen deutlich niedrigeren BI auf als Bestände von Getreide-GPS. Hier kann es darüber hinaus auch zu höheren BI-Werten als bei Mais und Sorghumhirsen kommen. Grund hierfür ist der von Standort zu Standort unterschiedlich gehandhabte Einsatz von Wachstumsreglern und Fungiziden. Mähdruschfrüchte hingegen weisen BI-Werte auf, die das

Niveau der Biomassepflanzen deutlich überschreiten. Ein höherer BI ist dabei wegen der höheren Variabilität über die Jahre und Orte auch häufig mit einer höheren Standardabweichung (s) verbunden.

Die Tendenz zu relativ niedrigen, beziehungsweise höheren BI-Werten in Abhängigkeit von der Nutzungsrichtung setzt sich bei den BI-Werten der Fruchtfolgen fort.

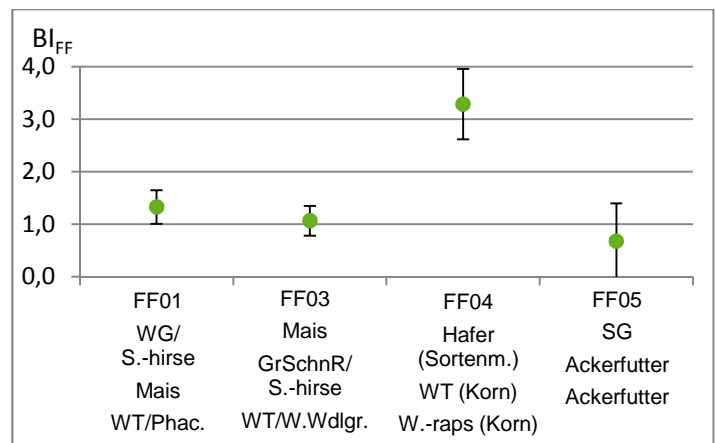


Abbildung: BI_{FF} -Werte mit Standardabweichung ausgewählter Fruchtfolgen (EVA II)

Die Fruchtfolgen mit Betonung auf Biomasseproduktion (FF01, 03, 05) weisen BI-Werte unter 2,0 auf, was in den meisten Fällen auch mit einer geringen Streuung der Werte verbunden ist. Zurückzuführen ist dies häufig auch auf die Pflanzenschutz-extensiven Früchte Mais und Sorghumhirse, die zu einem niedrigen BI_{FF} beitragen. Die hohe Streuung in FF05 ist durch starke Unterschiede in der Bestandesführung der Sommergerste bedingt. Das Fruchtfolgeglied Ackerfutter ($BI = 0,3$) senkt den BI_{FF} jedoch auf ein insgesamt sehr niedriges Niveau unter 1,0.

Die mähdruschfruchtbetonte Fruchtfolge 04 zeigt hingegen BI-Werte, die das Niveau der Energiepflanzenfruchtfolgen deutlich überschreiten. Hier bewirkt hauptsächlich das Fruchtfolgeglied Winterraps die vergleichsweise hohe Standardabweichung der BI_{FF} -Werte.

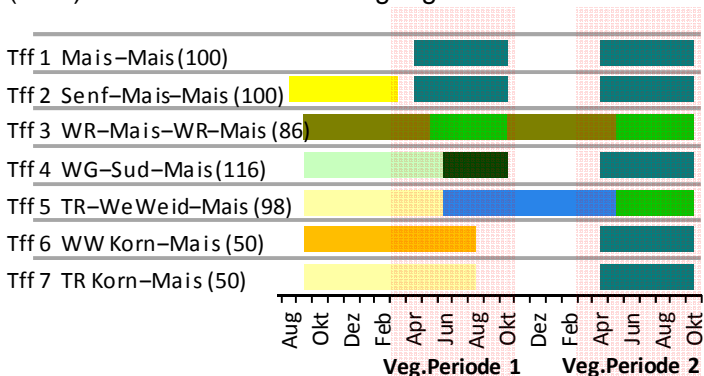
Lösungsansätze zur Verbesserung der Humusversorgung von Böden im Energiepflanzenanbau

M. Willms (ZALF)

Hintergrund: Der Anbau von Energiepflanzen mit Verwertung in Biogasanlagen bietet zahlreiche Optionen zur Diversifizierung von Fruchtarten und Anbauverfahren. Diese werden in der Praxis durch die einseitige Fokussierung auf Silomais bislang kaum genutzt. Im Rahmen des Verbundprojektes EVA wurden Anbaumaßnahmen untersucht, die bei hohem Methanhektarertrag eine ausreichende Versorgung des Bodens mit organischer Düngung und Pflanzenrückständen ermöglichen und so den Erhalt der organischen Bodensubstanz, als wesentlichem Träger der Bodenfruchtbarkeit, sichern.

Untersucht wurden sieben zweijährige Teilfruchtfolgen (Tff) mit Mais in Ihrer Wirkung auf die Humusversorgung am Standort Dornburg (Thüringen), deren Anbaudaten aus den EVA-Versuchen abgeleitet wurden. Geprüft wurde die Effizienz folgender Maßnahmen im Rahmen der Fruchtfolgegestaltung: Gärrestdüngung, Gründüngung, Zwischenfruchtanbau und Aufweitung der Fruchtfolge mit Marktfrüchten. Die vergleichende Bewertung der Anbaumaßnahmen auf Ihre Humuswirkung erfolgte auf Basis der VDLUFA Humusbilanz von 2014. Die Höhe der N-Düngung erfolgte nach der Stickstoffbedarfsanalyse, dabei wurden mit Gärresten maximal 170 kg N/(ha*Jahr) gedüngt und der Rest mineralisch ergänzt. Der eingesetzte Gärrest hatte einen TM-Gehalt von 5 %, und einen N-Gehalt von 3,3 kg/m³.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Mais in Selbstfolge (Tff 1) auch eine Gärrestdüngung nicht zu einem Aus-



Teilfruchtfolgen mit Mais und Gärrestdüngung, links: Bezeichnung, Anbauzeiten und Methanausbeute relativ zu Mais in Selbstfolge, Angabe in (), rechts: Humusbilanzsalden.

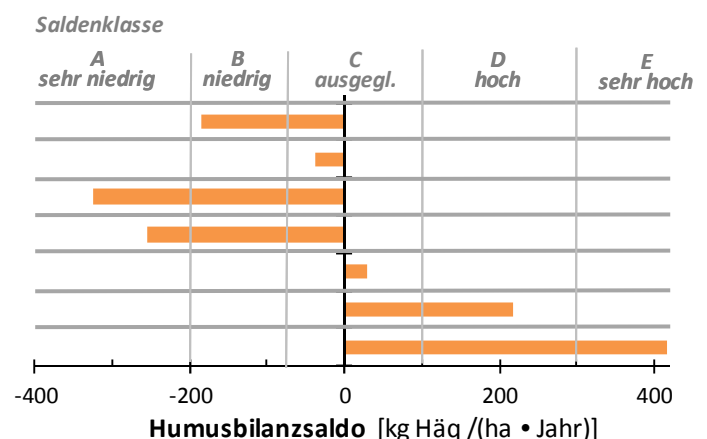
Mit: Tff – Teilfruchtfolge, Häq – Humusäquivalente, Mais Hauptfrucht, Mais Zweitfrucht, Senf, WR – Winterroggen, WG – Wintergerste,

Sud – Sudangras, TR – Triticale, WeWeid – Welsches Weidelgras, WW – Winterweizen

gleich der Humusbilanz führte. Die Humuswirkung der Gärrestdüngung für Mais betrug 375 kg Häq/ha (Häq = Humusäquivalente). Bei einem anbauspezifischen Humusbedarf des Mais von 560 kg Häq/ha, entstand ein Humusbilanzsaldo -185 kg Häq/ha. Die höchste Humusreproduktionsleistung wurde durch Gärrestdüngung und die Aufweitung der Fruchtfolge mit Triticale (Tff 7) als Druschfrucht mit dem Verbleib des Strohs auf der Anbaufläche erzielt. Tff 7 ist daher geeignet Fruchtfolgen mit stark negativen Humusbilanzsalden auszugleichen.

Ausgeglichene Humusbilanzsalden (Saldenklasse C) wurden in Tff 2 und 5 erzielt. Der Ausgleich des Humusbilanzsaldos in Tff 2 erfolgte durch den Anbau einer Sommerzwischenfrucht zur Gründüngung. Beim Anbau einer Gründüngung z. B. Senf, Phacelia, Ölrettich, ist die Humuswirkung ertragsabhängig. In Dornburg lag der Senfertrag bei rund 24 dt TM/ha (FM 160 dt/ha). Die Humuswirkung der Sommerzwischenfrucht betrug insgesamt rund 300 kg Häq/ha. Damit lag die Humuswirkung der Gründüngung etwas niedriger als die einer Gärrestdüngung mit 170 kg N/ha mit 375 kg Häq/ha.

In Tff 5 mit dem Anbau von Triticale (Ganzpflanze), gefolgt von Ackergras und Mais, konnte durch den Anbau des Ackergrases der Humusbilanzsaldo ausgleichen werden. Diese Fruchtfolge erreichte am Standort Dornburg einen Methanertrag von 98 % verglichen mit Mais in Selbstfolge.



Etablierung von mehrschnittigem Ackerfutter in Fruchtfolgen mit Energiepflanzen

T. Glauert, C. Rieckmann (LWK Niedersachsen)

Ein Satellitenprojekt des Verbundvorhabens EVA beschäftigt sich mit der „Etablierung von mehrschnittigem Ackerfutter in Fruchtfolgen mit Energiepflanzen“.

Der überjährige Anbau von mehrschnittigen Ackergräsern, Ackergras-mischungen und Leguminosen-Grasgemengen kann eine große Menge Biomasse zur Biogasproduktion liefern. Besonders bedingt durch den stärker werdenden Druck auf den Maisanbau kann die Einbindung von Ackergräsern in Energiepflanzenfruchtfolgen zu einem Imagegewinn bei der Biogaserzeugung beitragen.



Bei den Ansaatmischungen handelt es sich um Rotklee-grasmischungen, Luzernegras-Gemenge, Luzernereinsaaten und Grasmischungen. Diese werden als Blanksaaten sowie als Einsaaten in Getreide-GPS (Herbst u. Frühjahr) und in Mais (s. Foto) vergleichend geprüft. Im Rahmen der vorhergegangenen Projektphasen stellte sich heraus, dass in Ostdeutschland und Bayern Rotklee-gras-Gemenge, auf trockenen Standorten

vornehmlich Luzerne bzw. Luzerne-Gras-Gemenge sichere Leistungen erzielen. Rotklee-grasmischungen liefern in diesen Bundesländern auf den für Luzerne ungünstigen Standorten gute Erträge. Auf den frischeren Standorten in Niedersachsen hingegen bieten reine Gräsermischungen mit hohen Weidelgrasanteilen Vorteile.

Der Versuchsaufbau ist in der vorliegenden Tabelle dargestellt, die Aussaatvarianten werden an 11 Standorten unterschiedlicher Anbauregionen Deutschlands geprüft.

Saatverfahren	Frühjahrsblanksaat
	Einsaaten in Mais (5-6-Blattstadium)
	Spätsommeransaaten mit Wi.-Roggen-GPS
	Frühjahrsansaaten in Wi.-Roggen-GPS
	Blanksaat nach GPS (Spätsommer)
	Blanksaat nach Körnernutzung Wi.-Roggen
	Frühjahrsansaaten in So.-Gerste (nur TH und BB)
Mischung	Rotklee-grasmischung (A 3 + Rotklee)
	Luzernegras (Luz. + WB)
	Luzerne-Reinsaaten
	Welsches Weidelgras (WW) + Bastardweidelgras (WB)
Referenz	GPS ohne Untersaat
	Mais ohne Untersaat

Auf den meisten Standorten wurde die ertragliche Dominanz des Mais gegenüber möglicher Alternativen bzgl. der Art und Ansaatverfahren deutlich. Dennoch werden dieser Kultur bei z. T.

sehr schwierigen Witterungsbedingungen (Nässe und langanhaltende Trockenheit) Grenzen aufgezeigt.

Generell zeigen sich auf den kühleren Standorten (z.B. Otterham in Niedersachsen) die Vorteile bei den gräserbetonterten Mischungen. In der Frühjahrsblanksaat erreichte die Rotklee-grasmischung in der Summe (2013/14) ein Ertragsniveau von 250 dt TM/ha. Die reine Gräsermischung überzeugte sogar mit 280 dt TM/ha. Das Luzernegras und die Luzernereinsaaten bleiben, erwartungsgemäß unter diesem Niveau. Die Vorzüglichkeit der Klee-/Grasmischungen spiegelt sich auch in den anderen Saatverfahren wieder. Wobei der Hauptertrag im Folgejahr nach der Ernte der Deckfrucht (GPS) erzielt wird. Ähnlich verhält es sich bei den Einsaaten im Mais, die im 5-6-Blattstadium des Maises eingesät werden. Im Anlagejahr, nach der Mäusernte, entwickeln sich meistens keine erntewürdigen Aufwüchse mehr. Förderlich kann die Wahl einer früh abreifenden Maissorte sein, um den Einsaaten im Herbst noch Zeit zur Entwicklung zu geben. Im Folgejahr können die Mischungen mehrschnittig beerntet werden.

Die Luzerne kommt insbesondere auf trockeneren Standorten sehr gut zurecht. Beispielhaft dafür ist der Standort Prenzlau (Brandenburg). Dort etablierten sich die Gräser in der Klee-grasmischung z.T. deutlich schwächer als die Luzerne. Die Luzerne erreichte als Reinsaaten z.B. als Frühjahrsblanksaat in dritten Nutzungsjahr eine Ertragssumme von 263 dt TM/ha (A 3 + Rotklee: 193 dt TM/ha). Die Toleranz besonders gegenüber Trockenheit zeigt sich auch in den anderen Aussaatvarianten. Bei den Ansaatvarianten mit bzw. nach GPS erreichten die Einsaaten z.T. höhere Erträge als die Deckfrucht und das sogar schon im Erntejahr dieser.

Über alle Standorte zeigen sich bei den Einsaaten der Ackerfrucht-mischungen in Getreidebestände zum Teil höhere Etablierungserfolge bei der Einsaat im Spätsommer, gemeinsam mit der Getreideaussaat.

Insgesamt zeigen die Versuche auf, dass es durchaus praktikabel ist, über eine Etablierung von mehrschnittigen Gräsern in Fruchtfolgen mit den gängigen Energiepflanzen (Mais und GPS-Getreide) nachzudenken. Daraus ergeben sich folgende Vorteile:

- Verbesserung der Gesamt-Humusbilanz
- Futter für Rindvieh und Biogasanlagen
- flexiblere Gülleverwertung
- Erosionsminderung
- Möglichkeiten zur Erfüllung von Greening-Auflagen

Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau

G. Ebel (ATB), D. Zander (TFZ), E. Walter (LTZ), J. Eckner (TLL) und C. Rieckmann (LWK NS)

Die gesellschaftlichen/politischen Rahmenbedingungen für den Energiepflanzenanbau und die in dem Zusammenhang diskutierten Restriktionen aus Sicht des Gewässerschutzes (z. B. Saldo < 60 kg N/ha) erfordern vertiefende Untersuchungen. Diesbezüglich werden innerhalb des EVA-Verbunds im Satellitenprojekt „Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau“ aus pflanzenbaulich, ökologischer und ökonomischer Sicht Varianten zur Verminderung der N-Verlagerung nach unterschiedlichen Ernteterminen von Getreide bzw. Mais (Reifegruppen und/oder Saattermin) getestet.

Senf als abfrierende bzw. Grünschnittroggen als winterharte Zwischenfrucht werden orthogonal, ergänzt mit einem standortabhängigen Zusatzprüfglied (b4) pfluglos nach Getreide bzw. Mais etabliert (Tab. 1). Zum Vergleich wird die Variante ohne Winterbegrünung getestet. Die Versuche werden an fünf Standorten mit je drei Anlagen in den Zeiträumen 2012-14; 2013-15; 2014-16 durchgeführt.

Tabelle 1: Zwischenfruchtversuch (Winterbegrünung) nach Getreide bzw. Mais

Faktor	Stufen
A: Vorfrucht (Pflanzenart/ Erntetermin)*	a1: Getreide Korn a2: Mais früh (S180-S200) a3: Mais mittelfrüh bis mittelspät (S240-S260)
B: Zwischenfrucht (zeitlich versetzte Aussaat in Abhängigkeit der Vorfrucht Getreide, Mais)	b1: ohne Winterbegrünung (Kontrolle) b2: Grünschnittroggen b3: Senf b4: winterharte Zwischenfrucht

* Das Prüfmerkmal „Mineralischer Bodenstickstoff“ unter den Zwischenfruchtvarianten in den Bodentiefen 0-30, 30-60, 60-90 cm ist Schwerpunkt für die Bewertung der Nitratverlagerung.

An den Standorten (Tab. 2) ergaben differente z. T. extreme Witterungsbedingungen in der Vegetationsperiode 2013 stark abweichende Vorfruchterträge. Die Folge waren unterschiedlich hohe N-Entzüge und N_{min} -Mengen im Boden. So wurde z. B. auf dem im Mittel der Jahre ertragsschwachem Standort Güterfelde (Frühjahrs- und vorsommertrockener sandiger Standort Nordostdeutschlands) Ertragsmaxima durch eine günstige Niederschlagsverteilung im Mai und Juni bei geringen Boden- N_{min} in 0-90 cm (≤ 10 kg/ha) nach der Ernte der Vorfrüchte erreicht. Die flächendeckende Vorwinterentwicklung der Zwischenfrüchte mit entsprechenden Nährstoffentzügen begründete tolerable Boden- N_{min} -Mengen (< 30 kg/ha in 0-90 cm) im Mittel als auch zu jedem Probenahmetermin des Zeit-

raums 10/2013 bis 05/2014. Unter den Varianten ohne Begrünung nach Mais sind die bis zu dreifach höheren N_{min} -Mengen gegenüber den Varianten mit Zwischenfrüchten auffällig (21 zu 7 kg/ha). Ähnliche Tendenzen ergaben sich im Versuch in Forchheim (Körnermais-Region, Rheintal, Baden-Württemberg).

Tabelle 2: EVA-Zwischenfruchtversuch, Standortdaten und Überblick Ergebnisse 2013/14

	Güterfelde	Forchheim	Ascha	Werlte	Burkersdorf
Ackerzahl	29-35	45	47	40	36
Niederschlag mm/a	545	881	807	768	642
mittlere Temp. °C	9,1	9,8	7,5	9,0	7,1
Einfluss Witterung 2012/13 auf VF	+++	+	- - - ¹	+	- - -
Ertrag Vorfrucht (VF) Getreide/ Mais	94 /188	76 / 188	105 / 106	90 / 205	83 / 72
N-Entzug durch VF	+++	+	-	+++	- - -
N_{min} nach VF (kg/ha)	≤ 10	< 25	50 / >150	< 30 / 70	< 30 / > 100
Zwischenfrucht nach Getreide/Mais	++/+	-	+/-	+/-	+/-
N_{min} Sickerperiode (kg/ha)	< 30	< 30	<70 / >150		Diff. 80

Dagegen verursachten sehr geringe Maiserträge in Ascha (Verwitterungsböden der Vor- und Mittelgebirgslagen, Bayern) und Burkersdorf (Thüringen) deutlich geringere N-Entzüge und relativ hohe N_{min} -Mengen nach der Maisernte. Die Entwicklung der Zwischenfrucht nach Mais war vor Winter an den Standorten Werlte (Futterbau-Veredlungsregion, Niedersachsen) und Ascha nur bedingt möglich (schlechter Aufgang). In Burkersdorf wurde bei der Variante ohne Winterbegrünung eine um ca. 80 kg/ha höhere N_{min} -Menge als bei Senf bzw. Grünschnittroggen nach Mais im Januar 2014 ermittelt.

Aus Sicht des Gewässerschutzes besteht in Fällen mit hohen N_{min} -Mengen (z. B. bei fehlender Winterbegrünung nach Mais) die Gefahr einer stärkeren Nitratverlagerung. Der Anbau von Zwischenfrüchten mit entsprechendem Nährstoffentzug wirkt dieser entgegen.

Die Statusergebnisse werden mit weiteren Anbauperioden evaluiert. In der Gesamtbetrachtung finden Faktoren wie Vorfruchtwirkung und Bewirtschaftungsintensität, eine Querauswertung vorliegender Zwischenfruchtversuche sowie aktuelle politische Entwicklungen eine stärkere Berücksichtigung.

Welche alternativen Energiepflanzenfruchtfolgen sind regional am wirtschaftlichsten?

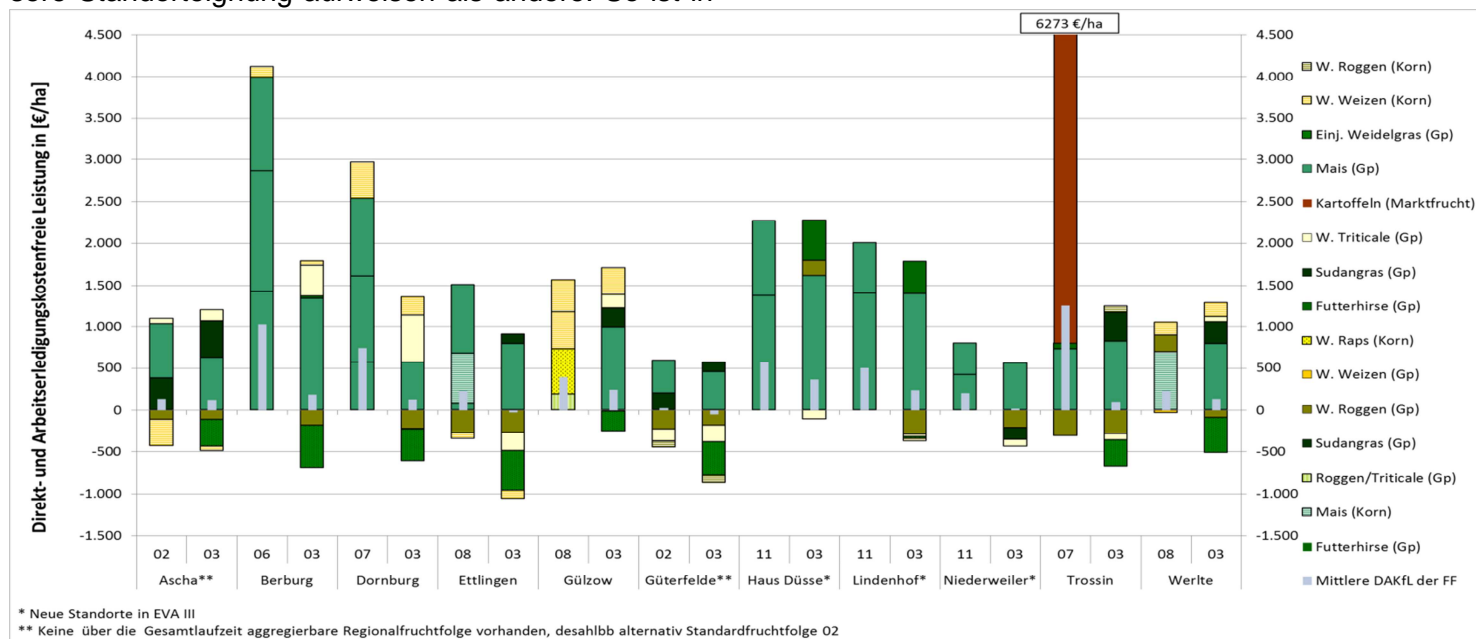
P. Kornatz, J. Müller, J. Aurbacher (JLU-Gießen)

Die Entscheidung, welche Fruchtfolge für den Anbau zu wählen ist, hängt maßgeblich von ihrer ökonomischen Leistungsfähigkeit ab. Die ökonomische Leistungsfähigkeit, hier ausgedrückt als Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistung (DAKfL), wird durch die erzielten Erträge sowie die entstehenden Produktionskosten bestimmt. Diese beiden Faktoren sind vorwiegend standortabhängig, womit die ökonomische Leistungsfähigkeit in ihrer Gesamtheit ebenfalls als standortabhängig anzusehen ist. Im Folgenden soll die für die Standorte des EVA-Projektes wirtschaftlichsten Fruchtfolgen dargestellt werden. Dabei wird die EVA-Fruchtfolge 03 (Mais, Winterroggen-GPS, Sudangras-Hybride (Sommerzwischenfrucht), Wintertriticale-GPS, Weidelgras-Sommerzwischenfrucht, Winterweizen), die als Standardfruchtfolge bundesweit als Referenz angebaut wurde sowie die jeweils wirtschaftlichste Regionalfuchtfolge gezeigt (siehe www.eva-verbund.de; Untersuchungsberichte). Die Ergebnisse in Abbildung 1 zeigen erwartungsgemäß einen standortspezifischen Unterschied in der Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolge 03. Eine tragende Rolle an allen Standorten spielt hier vor allem die Wirtschaftlichkeit von Silomais, die besonders in Bernburg, Haus Düsse und Lindenhof zum positiven Ergebnis und Gesamtniveau der Fruchtfolge beiträgt. Es wird deutlich, dass bestimmte Kulturen eine bessere Standorteignung aufweisen als andere. So ist in

Dornburg Wintertriticale (Korn) dem Silomais ebenbürtig. Ackergras hingegen mindert das Ergebnis der Fruchtfolge 03. Eine Ersetzung des Ackergrases in FF 03 durch eine andere Kultur würde deren Wirtschaftlichkeit erhöhen.

Werden standortangepasste Fruchtfolgen mit in die Betrachtung einbezogen, wird deutlich, dass diese in der Regel besser abschneiden als die Standardfruchtfolgen. Besonders deutlich wird dies an den Standorten Bernburg, Dornburg und Ettlingen, die mit Silomaisfolgen bzw. Grünroggen-Silomais deutlich höherer Ergebnisse erzielen als mit Standardfruchtfolge 03. Am Standort Trossin ist das hohe Ergebnis mit dem Anbau von Kartoffeln als Marktfrucht zu erklären. Je nach Marktlage können die erzielbaren Erlöse dieser Fruchtfolge starken Schwankungen unterliegen.

Es zeigt sich, dass sich Maisfruchtfolgen für die Bioenergieerzeugung an den meisten Standorten in Hinsicht auf die Wirtschaftlichkeit am besten eignen. An typischen Ackerbaustandorten ist es jedoch überlegenswert, Getreide als Alternative mit in die Fruchtfolge aufzunehmen. Ackergräser hingegen sollten nur auf geeigneten Standorten mit einbezogen werden. Landwirte sollten sich bei der Auswahl alternativer Bioenergiefruchtfolgen an den besten Regionalfuchtfolgen des EVA-Projektes orientieren.



* Neue Standorte in EVA III

** Keine über die Gesamtlaufzeit aggregierbare Regionalfuchtfolge vorhanden, deshalb alternativ Standardfruchtfolge 02

Abbildung 1: DAKfL der Standardfruchtfolge 3 und der wirtschaftlichen Regionalfuchtfolge in Abhängigkeit der Standorte über Projektphase I-III aggregiert.

Autoren:

Peter Kornatz; Janine Müller

Peter.Kornatz@agrار.uni-giessen.de

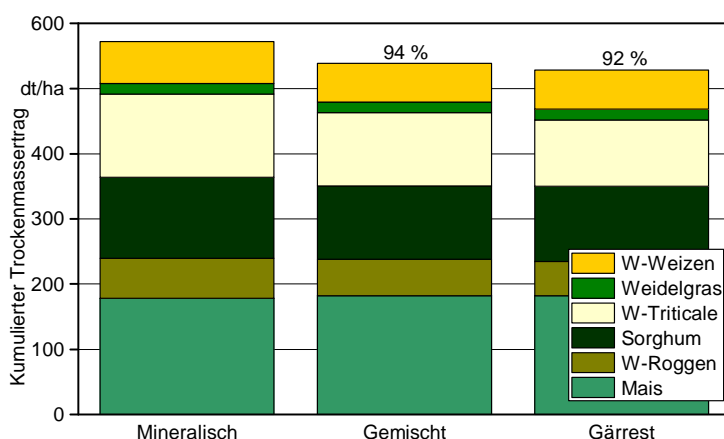
Janine.Mueller@agrار.uni-giessen.de

Vorteile des optimierten Gärreisteinsatzes in Energiepflanzenfruchtfolgen

J. Haag und M. Fritz (TFZ)

Ein optimierter Gärreisteinsatz führt zu annähernder Schließung des Nährstoffkreislaufs im Energiepflanzenanbau. Deshalb wird im Rahmen des Verbundvorhabens EVA der Einsatz von Gärresten in zwei Versuchen bundesweit an sechs Standorten in Werlte (Niedersachsen), Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern), Trossin (Sachsen), Dornburg (Thüringen), Ettlingen (Baden-Württemberg) und Ascha (Bayern) untersucht. Dabei werden drei Düngeregime verglichen: reine Gärrestdüngung (100 % Gärrest-N), eine gemischte Düngervariante (50 % mineralisches und 50 % Gärrest-N) und mineralische Düngung (100 % mineralisches N).

Aufgrund der heterogenen Inhaltsstoffzusammensetzung von Gärresten ist eine gute Düngplanung ausschlaggebend, um ökonomische Verluste und ökologische Schäden zu vermeiden. Im Versuch wird der Stickstoffgehalt als Bezug für die Düngemengenberechnung verwendet. Es wird eine im Düngjahr pflanzenverfügbare Stickstoffmenge von 70 % des Gesamtstickstoffs angenommen und die entsprechende Ausbringung wie in der Praxis üblich als Saldo aus dem N-Sollwert unter Abzug des N_{\min} -Vorrats im Boden berechnet.

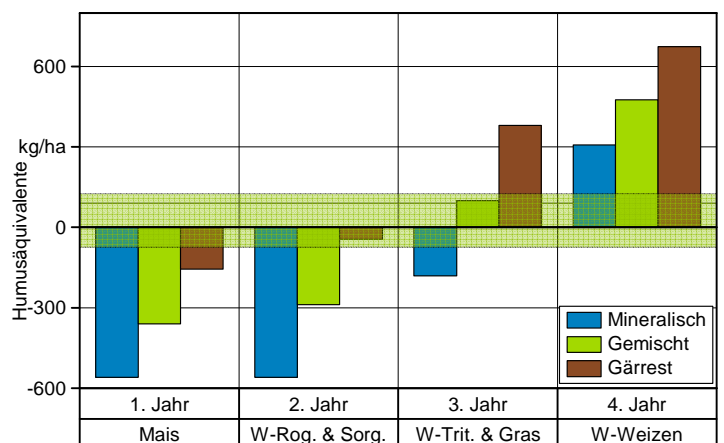


Bei der anschließenden Ausbringung sind günstige Witterung mit bedecktem Himmel und zügige Einarbeitung ausschlaggebend, um gasförmige Stickstoffverluste zu vermeiden. Ein Injektionsverfahren

setzt z.B. am Standort Gülzow die ausgebrachte Menge direkt im Boden ab.

Wie bereits in *EVA informiert 01/2015* beschrieben, sorgt Gärrestdüngung im Vergleich zu mineralischer Düngung für eine Vermeidung von Treibhausgasemissionen, denn die Mineraldüngerherstellung ist energetisch aufwendig. Bei Betrachtung der gemittelten Trockenmasseerträge aller beteiligten Standorte über die bisherige Laufzeit liegt die gemischt gedüngte Variante geringfügig unter dem Ertragsniveau der mineralischen Düngung. Die rein mit Gärresten gedüngte Variante liegt noch etwas niedriger:

Möglichkeiten für einen ausgeglichenen Humushaushalt im Energiepflanzenanbau wurden in *EVA informiert 04/2015* beschrieben. Bei Bewertung der Düngeregime mit der VDLUFA Humusbilanzmethode (untere Werte) liegt die mineralisch gedüngte Variante in Klasse A (sehr niedrig), die Gärrest gedüngte Variante in Klasse D (hoch) und die gemischt gedüngte Variante in Klasse C (optimal):



Es zeigt sich, dass alle angebauten Kulturen die ausgebrachte Gärrestdüngung gut verwerten können. Allerdings zeigt sich die Gärrestdüngung stärker witterungsabhängig als die mineralische Düngung, bei widrigen Witterungsbedingungen besteht eine größere Wahrscheinlichkeit von Emissionen und Auswaschungen und schlechterer Versorgung der Pflanzen.

Grundwasserschutzorientierter Biomasseanbau nach den Anforderungen der EG-WRRL

C. von Buttlar und B. Kräling (Ingenieurbüro IGLU)

Ziele und Vorgehen:

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie stellt besondere Anforderungen an die landwirtschaftliche Nutzung. Insbesondere die flächendeckende Minderung von Nitrateinträgen in das Grundwasser sowie die Vermeidung von Phosphatausträgen in die Oberflächengewässer sind wesentliche Ziele. Im EVA-Verbundvorhaben werden gewässerschonende Anbauverfahren für Energiepflanzen unter Einsatz von Gärsubstratdüngung entwickelt und anhand von Feldversuchen auf Praxisbetrieben gemeinsam mit landwirtschaftlichen Betrieben getestet. Erfasst wird die Ertrags- und Qualitätsleistung der Erntefrüchte bei verschiedenen Stickstoffdüngereintensitäten. Die Gewässerschutzleistung wird standortbezogen anhand von N- und P-Schlagbilanzen sowie N_{min} -Analysen von Frühjahr bis Vegetationsende untersucht.

Ergebnisse vom Niedersächsischen Praxisbetrieb: (800 mm Jahresniederschlag, 7,6°C Jahresmitteltemperatur, 18-42 Bodenpunkte, 700 KW_{el}. NawaRo-Biogasanlage).

N-Düngung zu Silomais: Im Jahr 2010 führte das damals hohe betriebliche N-Düngeniveau im Silomais zu hohen Herbst- N_{min} Werten. Durch Beratung und die Umsetzung von Feldversuche konnte verdeutlicht werden, dass das hohe betriebliche Ertragsniveau auch noch bei einem niedrigeren Düngeniveau zu halten ist. Der Standort verfügt aufgrund mehrjähriger organischer Düngung über ein hohes N-Nachlieferungspotenzial. Die N-Überschüsse im Herbst und damit die potenzielle Grundwassergefährdung konnten durch Anpassung der betriebsüblichen Düngung deutlich reduziert werden.

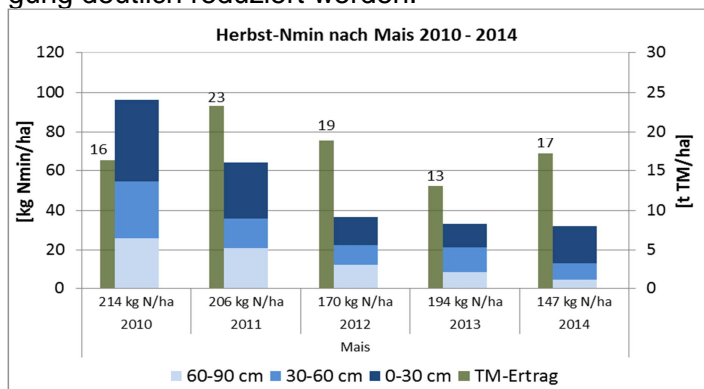


Abb. 1.: Herbst- N_{min} Werte und Ganzpflanzenerträge nach Mais durch Anpassung der Düngergaben, 2010 bis 2014.

Untersaaten in Mais: Der Betrieb hat zur Auflockerung von Mais gefolgt von Mais Gräseruntersaaten in die Fruchtfolge eingebracht. Hierfür hat er eine Hackmaschine mit einer Aussaatvorrichtung für Weidelgras-Untersaaten umgerüstet. Der Standort zeigte im Zeitraum 2011-2014 mit im Mittel 186 dt TM/ha keine Ertragsunterschiede zwischen den Prüfvarianten mit und ohne Untersaat auf. Die Ertragsleistung wurde nicht von der Untersaat beeinträchtigt. Die Herbst- N_{min} Werte konnten in allen Jahren durch die Untersaaten abgesenkt werden. Die N_{min} -Reduktion schwankte in Abhängigkeit von der Wasserverfügbarkeit und Temperatur und betrug im Mittel 21 kg N/ha.

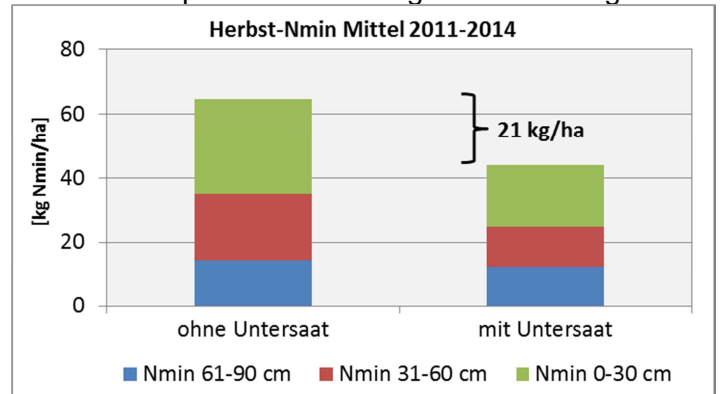


Abb. 2.: Herbst- N_{min} Werte nach Mais mit und ohne Gräseruntersaat, 2011-2014

Weitere Voraussetzungen für ein grundwasserschonendes Wirtschaften:

- Angepasster Lagerraum: Ein Ausbringen der Gärückstände zum jeweils pflanzenphysiologisch sinnvollen Termin sollte gewährleistet sein.
- Verlustarm Düngen: Die Düngung sollte auf Messwerten basieren, die Mineraldüngeräquivalente sollten nicht zu niedrig angesetzt werden und Standortabschläge für langjährige organische Düngung sind zu berücksichtigen.
- Die Fruchtfolge sollte vielseitig gestaltet werden. Guter Parameter ist hier der Erhalt einer ausgeglichenen Humusbilanz. Der Einbau von Zwischenfrüchten, Untersaaten und Feldgras bietet sich hier an. Eine N-Gabe im Herbst ist aus Grundwasserschutzsicht zu vermeiden und sollte nur bei früh gesäten Zwischenfrüchten und tatsächlichem Pflanzenbedarf angepasst erfolgen.
- Der Endbericht mit weiteren Ergebnissen aus dem Vorhaben steht ab Frühjahr 2016 bereit.

Kontakt:

Christine von Buttlar, IGLU-Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt
christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de

Fruchtfolgen mit Energiepflanzen auf diluvialen Standorten Nordostdeutschlands - Fokus Methanhektarertrag

G. Ebel, V. Plogsties, C. Herrmann, C. Idler, M. Heiermann (ATB)

Das EVA-Fruchtfolgeprojekt wurde am Standort Güterfelde (Kreis: Potsdam-Mittelmark, AZ: 29-33, Bodenart: IS; 545 mm Niederschlag/a, mittlere Jahrestemp.: 9,1 °C) fortgeführt. Im Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB) wurden an ausgewählten Pflanzenproben von 11 Partnern die Silierreife bestimmt und Batch-Gärtests für die Ermittlung von Richtwerten der Methanausbeuten durchgeführt. Im Folgenden werden zusammenfassende Ergebnisse zum Trockenmasse- und Methanhektarertrag für die getesteten Arten und Fruchtfolgen mitgeteilt.

In den EVA-Fruchtfolgeversuchen wies Mais im Mittel der Jahre mit 153 dt TM/ha die höchsten Erträge vor Sorghum bicolor (relativ 90) und Sudangrasyhybride (relativ 83) auf (Tab. 1). Bei den anderen geprüften Fruchtarten war das Ertragsniveau wesentlich geringer (relativ < 60 gegenüber Mais). Die Getreidearten nahmen die Ertragsrelation: Winterroggen > -triticale > -gerste > Sommergetreide ein. Stark abweichende Jahreswitterungen mit Extremereignissen führten auf dem zur Vorsommertrockenheit neigenden Diluvialstandort bei allen Pflanzen zu erheblichen Ertragschwankungen. Diese extremen Schwankungen sind für die Rohstoffbereitstellung zu berücksichtigen und erfordern eine mehrjährige Bewertung der Fruchtarten und Fruchtfolgen.

Tabelle 1: Trockenmasse- und Methanhektarerträge (Mittel und Spanne der Jahre); Güterfelde (2005-15)

Ganzpflanzenertrag ausgewählte Hauptfrüchte	Anzahl		TM-Ertrag				Methanhektarertrag nach Richtwerten m³ CH₄/ha bezogen auf oTM			
	PG	a	Mittel dt/ha	rel. %	Spanne Jahre min	max	Mittel m³/ha	rel. %	Spanne Jahre min	max
Mais	50	10	153	100	85	192	4959	100	2751	6226
Sorghum bicolor	5	5	137	90	104	183	3879	78	2974	5275
Sorghum (b.x.s.)	11	10	127	83	92	154	3578	72	2591	4417
Wintergetreide	63	10	80	52	49	108	2314	49	1542	3298
Luzernegras	10	8	88	58	64	114	2388	48	1696	3021
Wickroggen	2	2	99	65	97	102	2792	56	2741	2844
Steinklee 1-j.	2	2	54	35	51	57	1235	25	1158	1313
Steinklee 2-j.	2	2	88	58	81	96	2009	41	1831	2187

Die Richtwerte für Methanausbeuten der getesteten Arten und Analysen ergaben eine Spanne von 233...348 IN/kg oTM. Dabei nehmen die Arten folgende Reihenfolge ein: Grünschnittroggen > Mais > Wi.Triticale ≥ Wi.Roggen > Sorghum ≥ Luzernegras > ... >> Topinamburkraut. Der TM-Ertrag hat einen

starken Einfluss auf den Methanhektarertrag, daher werden z. B. die geringeren Methangasausbeuten bei Winterroggen gegenüber Wintertriticale kompensiert. In Hauptfruchtstellung wies Mais durchschnittliche Methanhektarerträge von ca. 4960 m³ CH₄/ha bezogen auf die organische Trockenmasse (= nach Abzug des Aschegehaltes) im Versuchszeitraum auf, gefolgt von Sorghum bicolor, Sorghum b. x s., Luzernegras, Wintergetreide (Tab. 1). Bei weiteren mehrjährig getesteten Fruchtarten war der Methanhektarertrag < 40 % im Vergleich zu Mais.

Tabelle 2: Trockenmasse-, Methanhektarertrag der Fruchtfolgen (als Summe bzw. Jahresmittel, Zeitraum 2009-13, Rotation 3 und 4); Güterfelde – GP = Ganzpflanze, K = Korn, GD = Gründüngung

Fruchtfolgen (FF)	FF-Anteil in %				TM-Ertrag (dt/ha)		CH₄-Ertrag (m³/ha)	
	GP	Korn	GD	dav. Mais	Σ	Mittel 4 Jahre	Σ	Mittel 4 Jahre
Typisch Roggen 2 Sorghum/WR-K/Mais/WR-K	50	50	0	25	474	118	8868	2217
C4-Pfl./Wi.Roggen (GP+K) WR/Senf GD/Mais-K/SuG/WR-K	40	40	20	20(K)	521	130	6295	1574
Typisch Roggen 3 Mais/WR/GSR/SuG/WR-K	80	20	0	20	509	127	12096	3024
Getreide/Wi.Raps Hafer/WT/Wi.Raps-K/WR-K	50	50	0	0	325	81	4658	1165
C4-Pfl./Getreide (K) SuG/GSR/Mais/WT-K/WR-K	60	40	0	20	422	106	8098	2025
C4-Pfl./Getreide (GP): WG/SuG/ Mais/WT/Phacelia GD/WR-K	66	17	17	17	474	119	10822	2706
Biodiversität 2: Sobl./ Senf GD/ Erbsen-K/GSR/Mais/WR-K	50	33	17	17	411	103	7990	1997
Getreide/Luzernegras: SG/Luzernegras/ Luzernegras/WR-K	75	25	0	0	328	82	6091	1523
C4-Pfl./Getreide (GP) Mais/GSR/SuG/WT/E.WG/WR-K	83	17	0	17	457	114	10718	2679

Für die Erzeugung von Biogassubstrat sind Fruchtfolgen mit Mais, Sorghum, Getreide für die Ganzpflanzennutzung (besonders Roggen), mehrjährige Leguminosen-Grasgemengen in Kombination mit dem Marktfruchtanbau unter den Bedingungen ostdeutscher Diluvialstandorte empfehlenswert (Tab. 2 – sortiert nach Deckungsbeitrag 2013, nicht dargestellt). 2016 werden die Arbeiten zum EVA-Projekt mit einer pflanzenbaulich, ökologisch, ökonomischen und verfahrenstechnologischen Indikatorenbewertung abgeschlossen. Weitere Informationen sind den Berichten und der Internetseite www.eva-verbund.de zu entnehmen.

Empfehlung aus pflanzenbaulicher, ökonomischer und ökologischer Sicht
bedingt zu empfehlen, für die Region anpassen
für die Region ungeeignet

Wirtschaftlichkeit des Maisanbaus in Deutschland

P. Kornatz, J. Müller, J. Aurbacher (JLU-Gießen)

Die Wirtschaftlichkeit des Maisanbaus ist maßgeblich vom Standort abhängig. Ertragsrelevant sind hier vor allem die Standortfaktoren Klima und Boden. Dies gilt für Körner- und Silomais in gleichem Maße. Aus ökonomischer Sicht ist somit davon auszugehen, dass für Mais regional unterschiedliche Preisniveaus nötig sind, um ihn als Anbauoption gegenüber anderen Fruchtarten attraktiv zu machen. Im Folgenden wird der Maisanbau in praxisüblichen Fruchtfolgen im Vergleich zu alternativen Anbauoptionen deutschlandweit unter Verwendung des Modells ProLand abgebildet. Zielgröße ist hierbei die jeweilige Maximierung der Bodenrente eines Standortes.

Abb. 1 zeigt die mit dem Modell abgeleiteten regional differenzierten Grenzpreise für Silomais, d.h. der Preis, bei dem Silomais auf einem Standort für den Anbau wirtschaftlich vorzüglich wird. Hierbei ist eine deutliche west-ost Teilung im Grenzpreisniveau zu erkennen, wobei besonders Ostdeutschland und Schleswig-Holstein hohe Grenzpreise aufweisen und somit aus ökonomischer Sicht für den Silomaisanbau weniger geeignet sind.

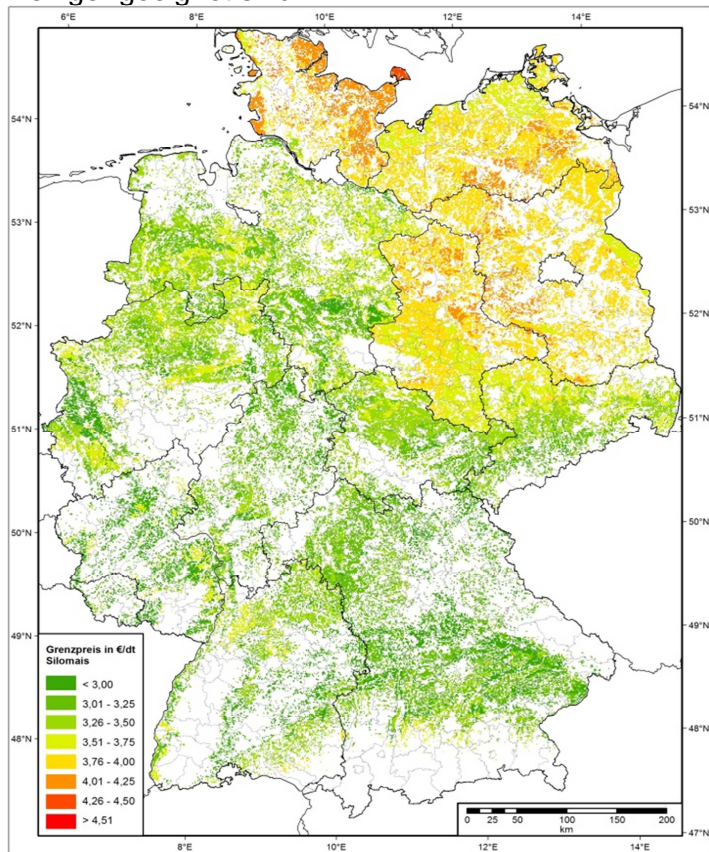


Abb. 1: Räumliche Verteilung des Grenzpreises für Silomais

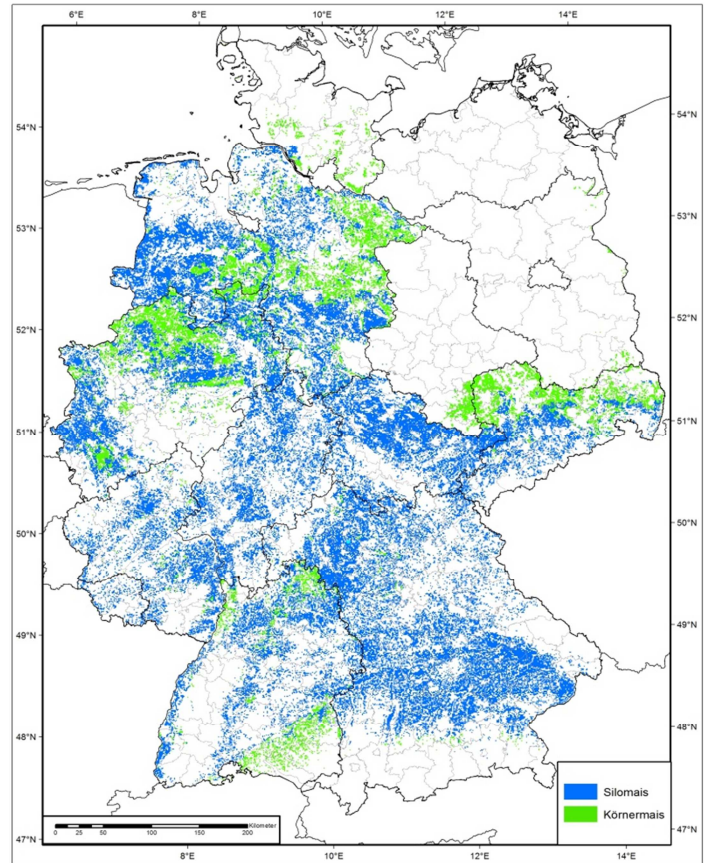


Abb. 2: Verteilung der Anbauverhältnisse von Silo- und Körnermais bei einem Silomaispreisniveau von 3,50 €/dt Frischmasse frei Siloplatte inklusive verdichten und abdecken.

Dem entgegen steht Westdeutschland mit einem wesentlich geringeren Grenzpreisniveau für Silomais. Abb. 2 zeigt die Verteilung der Anbauverhältnisse von Silo- und Körnermais bei einem unterstellten deutschlandweitem Silomaispreisniveau von 3,50 €/dt. Hier zeigt sich, dass bei diesem Preisniveau in großen Teilen Ostdeutschlands auf Grund vorzüglicherer Anbauoptionen kein Maisanbau stattfindet und in Westdeutschland eine deutliche Abgrenzungen zwischen Regionen mit Körner- und Silomais als vorzüglichster Anbauoption vorhanden ist.

Mais weist innerhalb Deutschlands in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit starke räumliche Unterschiede auf, wobei gerade die klassischen Veredelungsregionen eine hohe Vorzüglichkeit für Mais zeigen. Hingegen ist in Ackerbauregionen Mais nach wie vor nicht vorzüglich. Dies zeigt, dass bundesweit einheitliche Einspeisevergütungen (und damit Veredelungswerte von Mais) zu einer regional sehr unterschiedlich starken Intensivierung des Maisanbaus führten.

Autoren:

Peter Kornatz; Janine Müller

Peter.Kornatz@agrar.uni-giessen.de

Janine.Mueller@agrar.uni-giessen.de

Einfluss der Vorfruchtwirkung und Fruchtfolgestellung auf den Maisanbau am Beispiel Dornburg

J. Lindner und K. Winter (TLL)

Im EVA-Projekt wurde seit 2013 (EVA III) eine Maisselbstfolge an allen Standorten angelegt als Referenz für die untersuchten Energiepflanzenfruchtfolgen, mit Ausnahme von Dornburg, wo diese schon seit Beginn (2005) durchgeführt wurde. Hierbei handelt es sich nicht um eine reine Selbstfolge, da sie, wie auch die EVA-Fruchtfolgen, nach dreijährigem Biomasseanbau mit Winterweizen als Druschfrucht endet.

Ein Untersuchungsschwerpunkt galt der Überprüfung des Mais in verschiedenen Fruchtfolgestellungen der Fruchtfolgen 01, 02 und 03.

Tab. 1: Übersicht der 3 Fruchtfolgen

FF01	WG	Sorghum	Mais	WT	Phacelia	WW
FF02	Sorghum	Grünschnittroggen	Mais		WT	WW
FF03	Mais		Sorghum	WT	Weidelgras	WW

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Maiserträge in den diversen EVA-Fruchtfolgen (Tab. 1) im Vergleich zu denen der Maisselbstfolgen vorgestellt, sowie die Entwicklung der Maiserträge der Selbstfolge über den gesamten Projektzeitraum.

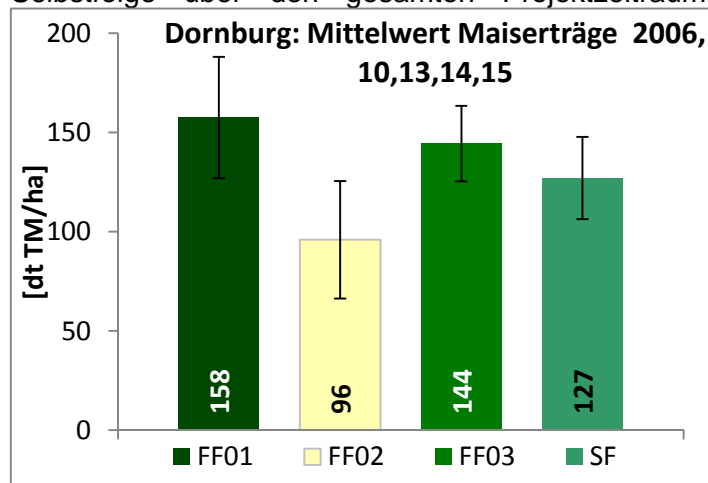


Abb. 1: Maiserträge aus drei EVA-Fruchtfolgen (FF) mit verschiedenen Vorfrüchten vor Mais im Vergleich zur Selbstfolge (SF) in Dornburg als Mittelwert der Jahre 2006, 10, 13, 14 und 15, n=5, Fehlerbalken markieren die Standardabweichung

Die Maiserträge von FF01 mit der Vorfrucht des Zweifruchtsystems Wintergerste/Sorghum und FF03 mit Winterweizen bewegen sich auf einem Niveau mit einer tendenziellen Abstufung FF01>FF03, gefolgt von den Erträgen der Maisselbstfolge. In diesen FF steht der Mais als Hauptfrucht. In FF02 erreicht der Mais als Zweitfrucht nach Grünschnittroggen geringe-

re Erträge und weist zudem die größten Ertragschwankungen auf. Eine der Ursachen dafür ist die durch die Vorfrucht aufgebaute Wasserknappheit im Boden zur Aussaat des Mais. Dem Maisanbau in einer Fruchtfolge gegenüber erweist sich der Anbau in einer Selbstfolge als nachteilig.

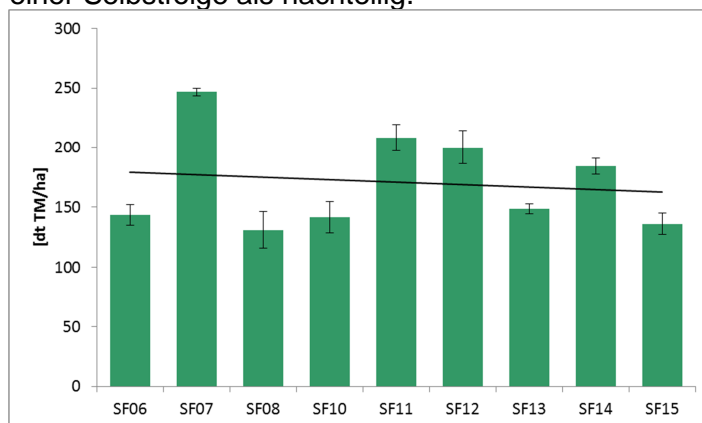


Abb. 2: Trockenmasseerträge von Mais aus der Selbstfolge in Dornburg über einen Zeitraum von 9 Jahren (2006, 07, 08, 10, 11, 12, 13, 14, 15), Fehlerbalken markieren die Standardabweichung.

In erster Linie zeigen die jährlichen Schwankungen der Maiserträge (Abb. 2), dass die Erfolge im Maisanbau stark von der Witterung abhängig sind. Die Auswirkungen können in einer Selbstfolge, anders als in einer diversen Fruchtfolge, jedoch kaum kompensiert werden. Zusätzlich machen vor allem die Erträge der letzten Jahre einen leichten Abwärtstrend des Ertragsniveaus erkennbar.

Deshalb ist der Anbau diverser Fruchtfolgen mit Mais und auch Sorghum in Kombination mit Getreide-GPS und Zwischenfrüchten vorteilhaft für sommertrockene Lößstandorte wie Dornburg. Als am geeignetsten erweist sich hier eine Fruchtfolge aus Wintergerste-Sorghum- Mais- Wintertriticale- Phacelia mit den höchsten Erträgen für den Mais in der Fruchtfolge. Der Anbau von Mais auch nach anderen Vorfrüchten wie zweijährigem Ackerfutter bringen am Standort Dornburg gute Ergebnisse.

Der Anbau diverser Fruchtfolgen hat neben positiven Auswirkungen auf die Umwelt, wie zum Beispiel einer erhöhten Biodiversität, einem Ausgleich des Humussaldos im Boden und der Verringerung der Krankheitsanfälligkeit durch Aufweitung der Fruchtfolgen, auch Einfluss auf den Ertrag.

Einfluss einer 25% N-Dünger-Reduzierung auf den N-Austrag

A. Prescher und M. Glemnitz (ZALF)

Auch 15 Jahre nach Inkrafttreten der EU-Wasserrahmenrichtlinie befinden sich viele Gewässer in Deutschland nach wie vor nicht im geforderten „guten Zustand“ (Deutscher Bundestag, 2015). Die Landwirtschaft stellt unvermindert die stärkste Quelle an diffusen Nährstoffeinträgen in die Gewässer dar, welche mithilfe der anstehenden Novellierung der Düngeverordnung verringert werden sollen.

Im Rahmen des EVAIII-Projektes wurde eine Themenfruchtfolge „N-reduziert“ angelegt, um den direkten Einfluss einer Reduzierung der N-Düngung auf den Stickstoff (N)-Austrag zu untersuchen. Diese Fruchtfolge ist mit der EVA-Grundversuch-Fruchtfolge FF03 identisch, jedoch im Düngemittelleinsatz um 25% N reduziert. Der potenzielle N-Austrag wurde mithilfe des prozess-orientierten Agrarökosystemmodells MONICA (Nendel et al., 2011) für acht Standorte in Deutschland berechnet, unter Zuhilfenahme von Boden-, Wetter- und Bewirtschaftungsdaten. Die Analyse der Effekte einer reduzierten N-Düngung wurde anhand von empirischen Daten der 1,5-jährigen Teilfruchtfolge (Mais – W.Roggen – Sudangras) durchgeführt, die an jedem der acht Standort in zwei Anlagen angebaut wurde.

ger-N zu einer Reduzierung des N-Austrags um 3,6% führte (Abbildung 1). Es traten jedoch regionale Unterschiede auf: An fünf von acht EVA-Standorten konnte der N-Austrag im Mittel um 6,1% verringert werden, wenn 25% der N-Düngemenge eingespart wurde. An den Standorten Bernburg und Haus Düsse wurde keine Änderung im N-Austrag ermittelt. Die Modellierung zeigte auch, dass die Reduzierung der N-Düngung stets auch zu einer Abnahme im Biomasse-Ertrag führte: Im Mittel über alle Standorte verringerte sich der Biomasse-Ertrag um 7,5%, in einigen Einzeljahren jedoch sogar um mehr als 10% (Abbildung 2).

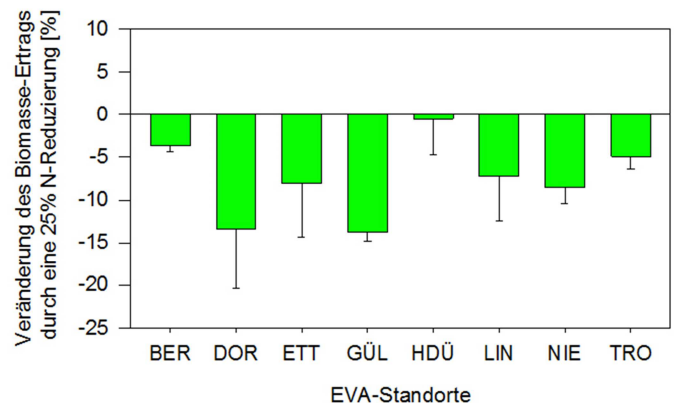


Abbildung 2: Veränderung des modellierten Biomasse-Ertrags bei 25% N-Reduzierung, Mittelwert und Standardabweichung über zwei Anlagen. (BER: Bernburg, DOR: Dornburg, ETT: Ettlingen, GÜL: Gülzow, HDÜ: Haus Düsse, LIN: Lindenhof, NIE: Niederweiler, TRO: Trossin)

Die Ergebnisse weisen den klaren Trend auf, dass eine 25% N-Reduzierung den N-Austrag ins Grundwasser reduzieren kann. Die Berechnung bezieht sich auf einen relativ kurzen Zeitraum von 1,5 Jahren, wodurch längerfristige Effekte, wie die N-Akkumulation und N-Verlagerung innerhalb der Bodensäule, nicht vollständig berücksichtigt werden können. An den Standorten Bernburg, Dornburg und Haus Düsse könnte der Austrag ins Grundwasser demnach zeitlich versetzt auftreten, würde in der Summe jedoch ähnlich wie auf den anderen Standorten sein. Der einhergehende Rückgang des Biomasse-Ertrags lässt darauf schließen, dass den Pflanzen effektiv N zum Wachsen fehlt. Daher sollte geprüft werden, inwieweit eine angepasste Düngestrategie (Düngegaben, Zeitpunkte) dies ausgleichen könnte.

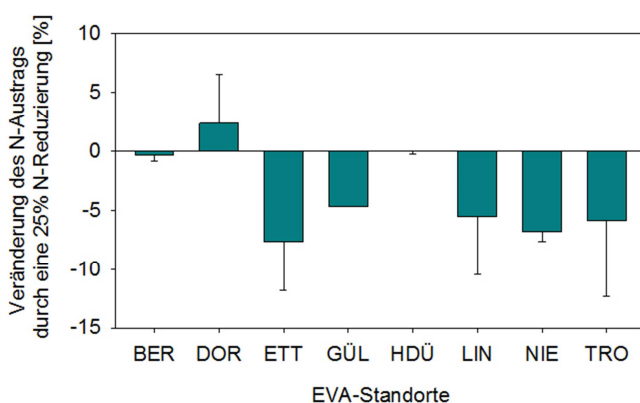


Abbildung 1: Veränderung des modellierten N-Austrags bei 25% N-Reduzierung, Mittelwert und Standardabweichung über zwei Anlagen. (BER: Bernburg, DOR: Dornburg, ETT: Ettlingen, GÜL: Gülzow, HDÜ: Haus Düsse, LIN: Lindenhof, NIE: Niederweiler, TRO: Trossin)

Die Ergebnisse der Modellierung zeigen, dass im Mittel über alle Standorte die Reduzierung um 25% Dün-

Gesamtkoordination und Projektkoordination Teilprojekt 1 (Pflanzenbau)

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Straße 98
07743 Jena



Projektkoordination Teilprojekt 2 (Ökologische Begleitforschung)

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84
15374 Müncheberg



Projektkoordination Teilprojekt 3 (Ökonomische Begleitforschung)

Justus-Liebig-Universität Gießen
Senckenbergstraße 3
35390 Gießen



Projektkoordination Teilprojekt 4 (Biogasausbeuten)

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam



Weitere Projektpartner

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei
Dorfplatz 1/ OT Gülzow
18276 Gülzow-Prüzen



Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Waldheimer Straße 219
01683 Nossen



Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Standort Forchheim
Kutschenweg 20
76287 Rheinstetten



Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwuchsende Rohstoffe
Schulgasse 18
94315 Straubing



Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Mars-la-Tour-Straße 1-13
26121 Oldenburg



Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg/ Saale



Fachhochschule Kiel
Am Kamp 11
24783 Osterrönfeld



Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Ostinghausen
59505 Bad Sassendorf



Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum
Brodenheckstraße 3
54634 Bitburg



Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V.



Ergebnisbericht

Berichtszeitraum April 2013 bis November 2015

Thema: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands – Phase III (EVA III)



Teilprojekt 1: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolgeregime (Land Brandenburg)

Laufzeit: 04/2013 – 11/2015 (Antrag vom 16.11.2012)

Förderkennzeichen: 22006012

Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow



Projektleiter: Dr. Monika Heiermann

**wissenschaftlicher
Bearbeiter:** Dr. Gunter Ebel

Versuchstechniker: Herr Joachim Käthe
Frau Susann Neukirch (2015)

Techniker: Herr Meik Schmidt (bis 03/2014)
Herr Fabian Henze (ab 05/2014)

Potsdam, den 30.01.2016

Dr. M. Heiermann
Projektleiter

Dr. G. Ebel
Bearbeiter

Dieser Bericht enthält neben Ergebnissen der Projektphase EVA 3 ebenfalls Ergebnisse die in den vorhergehenden EVA-Projekten (FKZ: 22013008 und 22002305) im Zeitraum 2005 bis 2013 am Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung erarbeitet wurden. Folgend werden alle Bearbeiter benannt:

Projektleiter: Dr. Lothar Adam (2005 bis 2008)
Dr. Gert Barthelmes (2008 bis 2013)
Frau Dr. Monika Heiermann (2013 bis 2016)
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.

**wissenschaftlicher
Bearbeiter:** Dr. Gunter Ebel (2005 bis 2016)

Versuchstechniker: Frau Kerstin Kläring (07/2005 bis 05/2007)
Herr Rainer Piontek (05/2007 bis 02/2011)
Herr Joachim Käthe (04/2011 bis 11/2015)
Frau Susann Neukirch (06 bis 11/2015)

Techniker: Herr Björn Silber (07/2005 bis 04/2007)
Herr Meik Schmidt (05/2007 bis 03/2014)
Herr Fabian Henze (05/2014 bis 11/2015)

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	MATERIAL UND METHODEN.....	1
2.1	STANDORT GÜTERFELDE	1
2.2	WITTERUNG AM STANDORT GÜTERFELDE.....	2
2.3	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	4
2.4	DATENERHEBUNG	6
3	ERGEBNISSE - STANDORT GÜTERFELDE	7
3.1	VERGLEICH DER FRUCHTARTEN – ÜBERBLICK	7
3.2	ERTRÄGE IN DEN FRUCHTFOLGEN	10
3.3	WEITERFÜHRENDE PFLANZENBAULICHE ERGEBNISSE	18
3.3.1	ZWEIKULTURNUTZUNG	18
3.3.2	GANZPFLANZEN-GETREIDEPRODUKTION	21
3.4	MEHRJÄHRIGE BEWERTUNG DES MINERALISCHEN BODENSTICKSTOFFS IM FRUCHTFOLGEVERGLEICH.....	25
4	ZUSAMMENFASSUNG	29
5	LITERATUR.....	34
6	ANHANG	36

TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1: Kurzcharakteristik des Standortes Güterfelde</i>	1
<i>Tabelle 2: Parameter der Bodenuntersuchung (0-30 cm) und Gehaltsklassen, Güterfelde 1</i>	
<i>Tabelle 3: Witterung am Standort Güterfelde im Zeitraum 09/2010 bis 08/2014,</i>	2
<i>Tabelle 4: Fruchtfolgeversuche EVA 3 am Standort Güterfelde - Grundversuch und Regionalversuch Brandenburg – vgl. Anhang 4 - Fruchtfolgeplan</i>	4
<i>Tabelle 5.1: Ganzpflanzenerträge 2013-15 (dt TM/ha) der EVA Fruchtfolgeversuche, Standarderntetermin Güterfelde, im Vergleich mit Gesamtzeitraum seit 2005 - Anzahl Prüfglieder (PG) und Jahre (a) – vgl. Tab. 5.2, rel = relativ</i>	7
<i>Tabelle 5.2: Methanhektarerträge 2013-15 (m³ CH₄/ha) bezogen auf den Anteil der organischen Trockenmasse der Pflanzenarten in den EVA-Fruchtfolgeversuchen, Standarderntetermin Güterfelde, im Vergleich mit Gesamtzeitraum seit 2005 - Anzahl Prüfglieder (PG) und Jahre (a), rel = relativ</i>	8
<i>Tabelle 6: Vergleich Maissorten bzw. Anbauvarianten - EVA Fruchtfolgen 2013 – 2015 Standarderntetermin Güterfelde (Maiszünzler, Lager und Beulenbrand: befallene Pflanzen in % sowie in Klammern Ausprägungsnote Bundessortenamt - Note BSA - vgl. Anhang 5; 7 und 8</i>	12
<i>Tabelle 7: Ertragsvergleich Hauptfrucht (HF) und Zweitfrucht (ZF), Güterfelde, EVA- Fruchtfolgeversuche, Überblick Mittel der Jahre (GS-Roggen = Grünschnitt- roggen)</i>	18
<i>Tabelle 8: Zusammenfassung der Erträge, Deckungsbeitrag und der ökologischen Indikatoren im Mittel der 4 Anbaujahre, für den Projektzeitraum EVA 2 (Mittel Anlage 3 und 4) Fruchtfolgeversuch 2009 bis 2013, Standarderntetermin Güterfelde (Methoden und Quellen: vgl. vorherige Abschnitte und EBEL & BARTHELMES, 2013)</i>	33

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Kumulierter Trockenmasse- (dt/ha) und Methanhektarertrag (m ³ /ha).....	10
Abbildung 2:	Kumulierter Trockenmasseertrag (dt/ha) der themenorientierten Fruchtfolgen (inklusive FF 4 und 5) im Vergleich zur Standardfruchtfolge 3, EVA 3, Güterfelde (Methanhektarertrag vgl. Tabelle)	13
Abbildung 3:	Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion Teilversuch 1 „Saatzeit und Saatstärke“ – TM-Erträge (dt/ha) 2012 – 2014; Güterfelde;.....	22
Abbildung 4:	Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion.....	23
Abbildung 5:	Landessortenversuche Ganzpflanzengetreide; Güterfelde; 2012/13 und 2013/14 – TM-Erträge (dt/ha) und TM-Gehalte.....	23
Abbildung 6:	Nmin-Mengen (kg N/ha) in 0-90 cm der 9 Fruchtfolgen, Güterfelde, jeweils Mittel der Rotationen (= Anlagen; eine Rotation bestehend aus verschiedenen Fruchtarten in einer Anbauperiode von 4 Jahren).....	25
Abbildung 7:	Nmin-Mengen (kg N/ha) in 0-90 cm der 9 Fruchtfolgen, Güterfelde, jeweils Mittel der Rotationen (Anlagen) und Maximalwerte	26
Abbildung 8:	Nmin-Mengen (kg N/ha) in 0-30, 30-60 und 60-90 cm nach Winterroggen Korn 2008, EVA-Fruchtfolgen 1-5; Güterfelde; E = nach Ernte (30.07.2008); VE = „Vegetationsende“ (Mitte November 2008); FJ = „Vegetationsbeginn“ (04.03.2009).....	26
Abbildung 9:	Nmin-Mengen in 0-30, 30-60 und 60-90 cm nach Winterroggen Korn – Vergleich der Anlagen, EVA-Fruchtfolgen 1-5; Güterfelde; E = nach Ernte; VE = „Vegetationsende“ (November); FJ = „Vegetationsbeginn“ (Mitte Februar bis Mitte März); Legende Farben und Schichten vgl. Abb. 8	27
Abbildung 10:	Nmin-Mengen (kg N/ha) in in 0-30, 30-60 und 60-90 cm; Güterfelde Beispiel Fruchtfolge 4/5 – rechts: 2007-10 und links: 2008-11	27
Abbildung 11:	Mehrfährige Entwicklung des mineralischen Bodenstickstoffes (kg N/ha) am Beispiel der Fruchtfolge 1 (links) und 2 (rechts) in 0-90 cm; Güterfelde; 2005 bis 2015	28

ABKÜRZUNGEN

DB	Deckungsbeitrag
EVA	Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands – Phase III (EVA III)
FF	Fruchtfolge
FG	Fruchtfolgeglied
FKZ	Förderkennzeichen
FM	Frischmasse
GD	Gründüngung
GP	Ganzpflanze
K	Korn
KWB	Klimatische Wasserbilanz
PG	Prüfglied
rel.	relativ
SZF	Sommerzwischenfrucht
THG	Treibhausgasemission
TM	Trockenmasse
TP	Teilprojekt
WZF	Winterzwischenfrucht
ZF	Zweitfrucht

Fruchtarten

AM	Artenmischung aus Hafer, Erbsen und Leindotter
E.WG	Einjähriges Weidelgras
FuH	Futterhirse (Sorghum bicolor)
GSR	Grünschnittroggen
Lup.	Lupine
Luz.gras	Luzernegras
ÖR	Ölrettich
Phac.	Phacelia
Sobl.	Sonnenblumen
SG	Sommergerste
SR	Sommerroggen
SuG	Sudangras-Hybriden (Sorghum bicolor * sudanense)
WG	Wintergerste
WRaps	Winterraps
WR	Winterroggen
WT	Wintertriticale
Topi.kraut/kn	Topinamburkraut mehrjährig, Topinamburknolle beides für Ganzpflanzennutzung

Institutionen

ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Projekt-Verbundpartner TP 4 „Ermittlung des Einfluss der Substratqualität auf die Biogasausbeute“, ab 04/2013 (EVA III) bearbeitende Institution für TP 1 im Land Brandenburg
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Zuwendungsgeber)
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow (Projektträger)
LELF	Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg bearbeitende Institution EVA TP 1 – Land Brandenburg, 03/2005 bis 01/2009 (EVA I) bzw. 02/2009 bis 01/2013 (in Eigenregie 03/2013 – EVA II)
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Koordinator des EVA-Verbundprojektes und des Teilprojektes 1 „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolgeregime“
Uni Gießen	Justus-Liebig-Universität Gießen, Projekt-Verbundpartner TP 3 „Ökonomische Bewertung und Optimierung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen“
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. Müncheberg, Projekt-Verbundpartner TP 2 „Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus“
Weitere beteiligte Institutionen am EVA-Verbundprojekt, aber hier in diesem Bericht nicht erwähnt, vergleiche auf der Projektinternetseite: www.eva-verbund.de	

1 EINLEITUNG

Im Zeitraum März 2005 bis Oktober 2015 wurden Versuche zum EVA-Fruchtfolgeprojekt „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime“ (Förderung: BMEL) am Standort Güterfelde durchgeführt¹. In diesem Bericht werden die Ergebnisse der dritten Projektperiode (EVA 3; 2013 - 2015) dargestellt und mit den Vorjahren zusammengefasst. Umfassende Informationen der Vorgängerprojekte sind den Endberichten (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013), der Internetseite www.eva-verbund.de und der im EVA-Verbund erarbeiteten Broschüre „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ (Teil Brandenburg)² zu entnehmen.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 STANDORT GÜTERFELDE

Der Standort Güterfelde (vgl. Tab. 1) ist dem Boden-Klima-Raum 104 (trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes) zugeordnet.

Table 1: Kurzcharakteristik des Standortes Güterfelde

Kreis:	Potsdam - Mittelmark	
Ackerzahl:	29-33	
Bodenform:	Salm- bis Sandtieflehm - Fahlerde	
Bodenart:	Lehmiger Sand (IS)	
Niederschlag (mehrfähriges Mittel/a)	1950-1980:	589 mm
	1970-2000:	570 mm
	1996-2005:	545 mm
Lufttemperatur (mehrfähriges Mittel/a)	1950-1980:	8,6 °C
	1970-2000:	8,9 °C
	1996-2005:	9,1 °C

Die Makronährstoffe auf der Fläche des Fruchtfolgeversuches am Standort Güterfelde zum Vegetationsbeginn 2013 – sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Table 2: Parameter der Bodenuntersuchung (0-30 cm) und Gehaltsklassen, Güterfelde

Datum Bodenprobe- entnahme	pH-Wert	P _{DL}	K _{DL}	Mg _{CaCl₂}	C _t % (lufttrockene Substanz)
mg/100 g (lufttrockene Substanz)					
Anlage 5 (1/3)*					
06.03.2013	6,2/ C	8,5/ D	11,6/ C-D	4,9/ C	0,75
Anlage 6 (2/4)*					
06.03.2013	5,8/ C	8,9/ D	11,4/ C-D	5,8/ C	0,70

Anmerkung: Die Untersuchungen P_{DL} und K_{DL} (Doppellactat-Methode) werden in Brandenburg, wie auch in den nördlichen Bundesländern allgemein üblich, für die Diluvialböden empfohlen (ANONYMUS 2008). *Anlagenbezeichnung vgl. Abschnitt 2.3; – C_t lt. Vorgabe in Bodenschicht 0-25 cm im Frühjahr 2014; die Fruchtfolgen des Risikoausgleichs und die themenorientierten Fruchtfolgen (Abschnitt 2.3) wiesen Gehaltsklassen von C (pH Wert und P); B-C (für Kalium) auf

¹ Projektphasen EVA 1 (03/2005 bis 01/2009; FKZ: 22002305) sowie EVA 2 (02/2009 bis 01/2013; FKZ: 22013008) - Institution: Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg; Projektphase EVA 3 (ab 04/2013; FKZ: 22006012) Institution: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.

² Download bzw. Bezug:

<http://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/energiepflanzen/regionalbroschuren/energiepflanzen-fur-biogasanlagen-regionalbroschure-brandenburg.html> und www.eva-verbund.de

2.2 WITTERUNG AM STANDORT GÜTERFELDE

Das Versuchsjahr 2013 kann mit einer Jahresmitteltemperatur von 9,5°C als eher zu warm (0,2 bis 0,4 °C) und mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag (562 mm = 103 %) charakterisiert werden. Die Anbauperioden 2013/14 bzw. 14/15 waren im Vergleich zum mehrjährigen Mittel zu warm und zu trocken (Tab. 3; vgl. Anhang 2: Witterung – Standort Güterfelde). Wie in den Vorjahren waren extreme Witterungsperioden aufgetreten (Tab. 3; s. u.). Das zehnjährige Mittel (2005 bis 2014 = Zeitraum EVA-Fruchtfolgen) weist in der Tendenz wärmere (um ca. 1 °C) und trotz des niederschlagsreichen Jahres 2007, eher trockenere Jahre auf (Anhang 2).

Tabelle 3: Witterung am Standort Güterfelde im Zeitraum 09/2010 bis 08/2014, R = Niederschlag in mm und T = Temperatur in °C – (rot: extreme Abweichungen vom Mittel)

Mo- nat	Anbaujahr 2010/11			Anbaujahr 2011/12			Anbaujahr 2012/13			Anbaujahr 2013/14		
	R mm	T °C	Charakteri- sierung	R mm	T °C	Charakteri- sierung	R mm	T °C	Charakteri- sierung	R mm	T °C	Charakteri- sierung
Sept.	104	13,8	deutlich zu feucht	61,7	16,5	zu warm	25,9	14,8	zu trocken und zu warm	43,3	13,6	
Okt.	16,9	8,4	trocken und eher kühl	33,6	10,5	eher trocken und zu warm	25,9	9,0	zu trocken	55,6	11,0	zu warm
Nov.	81,3	5,6	feucht und zu warm	1,1	4,2	zu trocken	46,2	5,2	zu warm	48,4	5,3	zu warm
Dez.	48,3	-4,0	Schnee und Dauerfrost	67,2	4,6	zu warm	34,5	0,6		40,6	4,1	zu warm
Jan.	32,9	1,8	zu warm	57,7	2,0	zu warm	60,3	0,2	Wechsel mild-Frost, tw. Schnee	26,5	0,5	3. Dek. Dauerfrost/ Schnee
Febr.	17,9	0,5	Frost und kein Schnee	31,1	-1,9	Dauerfrost , kein Schnee	33,0	0,2	Wechsel mild-Frost, tw. Schnee	7,0	4,7	zu trocken, deutlich zu warm
März	8,0	5,4	deutlich zu trocken/zu warm	7,8	7,3	deutlich zu trocken/zu warm	18,7	-0,7	ab 02/13 Dauerfrost/ Schnee	25,0	7,3	eher zu trocken, deutlich zu warm
April	34,1	13,2	deutlich zu warm	23,1	9,3	eher zu trocken, eher zu warm	21,6	9,0	eher zu trocken	19,9	11,9	eher zu trocken, deutlich zu warm
Mai	13,5	15,7	deutlich zu trocken/zu warm	28,3	15,6	deutlich zu trocken/zu warm	77,9	14,1	durch- schnittlich	63,1	13,5	durch- schnittlich
Juni	31,3	19,4	zu trocken/ deutlich zu warm	68,0	16,3		67,1	17,7	deutlich zu warm	48,5	17,2	eher zu warm
Juli	158	18,5	deutlich zu feucht	103	18,8	zu feucht	35,0	21,1	deutlich zu trocken/zu warm	110	21,9	zu feucht, deutlich zu warm
Aug.	65,3	19,4	eher zu warm	30,6	18,9		60,0	19,1	eher zu warm	23	17,4	zu trocken und eher zu kühl

Durch milde Tagestemperaturen der Winterzeiträume 2012/13, 13/14, 14/15 konnten sich die Winterungen optimal entwickeln. 2014 und 2015 war der Vegetationsbeginn mit Anfang Februar um 2 Monate eher als 2013³. Nach den relativ trockenen Wintermonaten Januar

³ Nach Frühlingswetter in der ersten Märzdekade 2013 (Vegetationsbeginn) wurde durch erneuten Dauerfrost und Schnee das Wachstum bis zur ersten Aprildekade unterbrochen und führte zu mittel

und Februar war die Niederschlagsverteilung in den Monaten März bis Juni 2014 ähnlich des gleichen Zeitraums im Jahr 2013. Die Niederschlagsverteilung im Mai und Juni 2013 bzw. 2014 bewirkte u. a. eine günstigere Klimatische Wasserbilanz als in den Vorjahren (Anhang 2). Das ermöglichte eine lange Assimilation des Getreides einhergehend mit positiven Ertragseffekten sowohl beim Ganzpflanzen- als auch beim Körnergetreide⁴. Im Gegensatz dazu waren durch die ausgeprägte Frühjahrstrockenheit 2015 Ertragsdefizite im Getreideanbau aufgetreten (vgl. Anhang 2 und Abschnitt 3)⁵.

Die Maisblüte **2014** war aufgrund hoher Juliniederschläge homogen. Die Abreife von Mais und Sorghum erfolgte gleichmäßig und moderat u. a. durch den im Vergleich zum mehrjährigen Mittel kühleren August (einziger Monat des Jahres 2014). Mit überdurchschnittlich hohen Erträgen erfolgte die Ernte der C4-Pflanzen reifegerecht (TM-Gehalt 28 bis 35 %) Anfang bis Mitte September, so dass eine Aussaat der Nachfrüchte (Wintergetreide) in der 3. Septemberdekade auch nach dem Zweitfruchtanbau 2013 bzw. 2014 gesichert war. Der kühle und trockene Mai **2015** bewirkte dagegen eine langsame Jugendentwicklung der C4-Gräser, mit z. T. einer stärkeren Unkrautentwicklung – hier insbesondere der Hühnerhirse. Wassermangel im August (29.07.-16.08.15 kein Niederschlag) führte vor allem beim Zweitfruchtmais zu einer sehr heterogenen weiblichen Blüte und Befruchtung folgend mit einer unzureichenden Kolbenentwicklung, Kornansatz und Abreife, so dass ca. nur 50 % der Maiserträge von 2013 bzw. 2014 trotz optimaler Bestandesdichte möglich waren (vgl. Abschnitt 3.3.1).

Allgemein konnte der Großteil der Pflanzenarten 2013 und 2014 von der günstigen klimatischen Wasserbilanz, Niederschlagsverteilung und Temperaturentwicklung aus Sicht des Ertrages profitieren (vgl. Anhang 2), wo hingegen witterungsbedingt 2015 als ertragschwaches Jahr gilt. Die hier im Überblick dargestellten Jahreswitterungen und deren Einfluss auf die Bestandes- und die Trockenmassegehaltsentwicklung sowie die Ertragsbildung wird im Abschnitt 3 detailliert betrachtet.

ausgeprägten Auswinterungsschäden nach Winter und einer verzögerten Bestandesentwicklung im Frühjahr 2013 (spätere N-Düngung).

⁴ Allerdings begünstigte die feuchte Witterung im Juni 2013 einen stark bis sehr stark ausgeprägten Braunrostbefall der Marktfrucht Winterroggen vor der Ernte im Juli.

⁵ **2015** sehr trockenes Frühjahr mit Niederschlägen in den Zeiträumen 01.-26.04. = 4 mm (April = 11 mm vgl. mehrjähriges Mittel = 31 mm), in Hauptwachstumsperiode Getreide 14.05.-14.06. = 8 mm!

2.3 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

In der Projektphase EVA 3 sind die Pflanzenarten in den Fruchtfolgen der Anlagen 5 bis 8 lt. Plan angebaut worden (Tab. 4)⁶.

Tabelle 4: Fruchtfolgeversuche EVA 3 am Standort Güterfelde - Grundversuch und Regionalversuch Brandenburg⁶ – vgl. Anhang 4 - Fruchtfolgeplan

Fruchtfolge (FF)	Standardfruchtfolgen (Anlagen 5 und 6 FF 1 bis 5)				
	Risikoanalyse (Anlage 7 und 8 FF 1 bis 3)			4	5
	1	2	3		
Anlage 5: 2013 Anlage 6: 2014 Anlage 7: 2015 (Anlage 8: 2016)	Wintergerste / Sudangras H. (SZF)	Senf (SZF) / Sudangras H.	Senf (SZF) / Mais	Luzernegras	Wickroggen Plus (m. W.schwingel)
Anlage 5: 2014 Anlage 6: 2015 (Anlage 7: 2016) Anlage 8: 2013	Mais	Grünschnitt- roggen (WZF) / Mais (ZF)	Grünschnitt- roggen (WZF) / Sudangras (ZF)	Luzernegras	Gras FJ / Mais (ZF)
Anlage 5: 2015 (Anlage 6: 2016) Anlage 7: 2013 Anlage 8: 2014	Wintertriticale / Phacelia (SZF)	<u>Wintertriticale</u>	Wintertriticale / E. Weidelgras (SZF)	Luzernegras FJ / Mais (ZF)	Energierübe
(Anlage 5: 2016) (Anlage 6: 2017) Anlage 7: 2014 Anlage 8: 2015	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>

Fruchtfolge (FF)	themenorientierte Fruchtfolgen				Regionalfruchtfolgen - Brandenburg		
	11 "Referenz"	12 "N-Reduktion der FF 3"	13 "Biodiversität"	14 "Ge- wässerschutz optimiert"	6 BB 1	8 BB 2	9 BB 3
Anlage 5: 2013 Anlage 6: 2014	Mais	Senf (SZF) / Mais -25% N	Biomax (SZF) / Steinklee 1. Jahr	Senf (SZF) / Mais mit Usa	Winterroggen / Senf (SZF) /	Senf (SZF) / Sorghum bicolor	Senf (SZF) / Mais
Anlage 5: 2014 Anlage 6: 2015	Mais	GSR (WZF) / Sudangras (ZF) jeweils -25% N	Steinklee 2. Jahr Phacelia (SZF)	Mais in Usa	<u>Mais</u>	<u>Winterroggen</u>	Winterroggen
Anlage 5: 2015 (Anlage 6: 2016)	Mais	Wintertriticale -25% N/ Weidelgras 0 N	Sonnenblumen	Sonnenblumen in Usa	Sudangras- Hybride	Grünschnitt- roggen (WZF) / Mais (ZF)	Grünschnitt- roggen (WZF) / Sudangras (ZF)
(Anlage 5: 2016) (Anlage 6: 2017)	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>

Auf der Grundlage der im Methodenhandbuch des Verbundvorhabens festgelegten Parameter werden verschiedene Fruchtfolgen mit Pflanzenarten für die Gärsubstrat- bzw. Marktfruchtnutzung verglichen (vgl. Tab. 4; Anhang 4; Abschnitt 2.4).

⁶ Anlage 5 = Fortführung der Fruchtfolgen Anlage 1 (EVA 1 - Beginn 2005) bzw. Anlage 3 (EVA 2 - Beginn 2009); Anlage 6 = Fortführung der Anlage 2 (EVA 1 - Beginn 2006) bzw. Anlage 4 (EVA 2 - Beginn 2010) – projektinterne Änderung der Anlagenbezeichnung aufgrund der Unterscheidung der Projektphasen EVA 1/2 und EVA 3; Anlage 7 und 8 sind Anlagen der Risikoanalyse (FF 1-3 neu in EVA 3); die Ernte des letzten Fruchtfolgeglieds der zweiten Rotation Anlage 4 Winterroggen erfolgte innerhalb des Projektes EVA 3 (FKZ: 220060012, Beginn 04/2013) - Antragsteller: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim;

grün unterlegte Felder definieren die Fruchtarten für die Biogasproduktion – blau Senf bzw. Phacelia GD = Gründüngung; weiß unterlegte Felder definieren die Marktfrüchte (Körnerproduktion); ZF = Zweitfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht; Sudangrasybride = Sorghum bicolor x sudanense (ff. Sorghum b. x s.), Futterhirse = Sorghum bicolor (ff. Sorghum b.) An den Standorten in Brandenburg und Sachsen wird in Absprache mit dem Koordinator (TLL) im 4. Jahr Winterroggen statt Winterweizen angebaut. Winterroggen, als Winterzwischenfrucht im BBCH Stadium 49 bis 59 für die energetische Nutzung geerntet, wird im Folgenden synonym als Grünschnittroggen bezeichnet.

1. Grundversuch Standardvarianten (Fruchtfolgen – FF 1 bis 5)

Die Fruchtfolgen eins bis drei blieben gegenüber der Projektphase EVA 2 unverändert. Die Fruchtfolgen vier und fünf wurden aufgrund der Praxisrelevanz einheitlich an allen Projektstandorten angepasst⁷. Nach dem Abschluss der 2. Rotation wurde in der Fruchtfolge 4 Luzernegras über eine Blanksaat 2012 (Anlage 5) bzw. 2013 (Anlage 6) etabliert. Nach zwei Luzernegras-Hauptnutzungsjahren wurde Mais im 3. Jahr in die Fruchtfolge integriert. Die bisherige Fruchtfolge 5 (Hafer/ Wintertriticale/ Winterraps/ Winterroggen – vgl. Anhang 4) ist aufgrund einheitlich unbefriedigender Ergebnisse verändert und ersetzt worden mit Fruchtarten, die gegenwärtig stärker in der Diskussion stehen (Fruchtfolge 5 EVA 3 – Tab. 4).

2. Risikoanalyse - Grundversuch Standardvarianten (FF 1 bis 3 – Anlagen 7/8)

Um die Jahresunterschiede noch genauer quantifizieren zu können, wurden zum einen beide Anlagen weitergeführt, d.h. Beginn der jeweiligen dritten Rotation Anlage 5: 2013 und Anlage 6: 2014 nach abschließendem Fruchtfolgeglied Winterroggen – Korn aus EVA 2 (vgl. Anhang 4). Zum anderen erfolgte in den Fruchtfolgen 1 bis 3 der Anbau aller Fruchtfolgeglieder je Jahr, d. h. Anlagen 7 und 8 wurden in EVA 3 neu erstellt (vgl. Tab. 4). Somit ist eine verbesserte Risikoanalyse in Abhängigkeit der Jahreswitterung auch aus ökonomischer Sicht möglich.

3. Themenorientierte Fruchtfolgen

In der Projektphase EVA 3 sind des Weiteren themenorientierte Fruchtfolgen bearbeitet worden. Zielstellung war es, bei der Durchführung veränderter bzw. neuer Anbaukonzepte durch die Reduktion des N-Einsatzes (zusätzliche Anlage Fruchtfolge 3 – vgl. Tab. 4) bzw. gewässerschutzoptimierter Verfahren (z.B. Untersaat) den N-Eintrag und dessen nachteilige Folgen (wie Nitratverlagerung) zu verringern bzw. die N-Ausnutzung zu erhöhen. Mögliche Ertragsdefizite sind zu quantifizieren und monetär zu bewerten.

Weitere gesellschaftliche Ziele sind die Erhöhung der Biodiversität und eine Verringerung des Risikos von Schadstoffeinträgen in das Grund- bzw. Oberflächenwasser. Bisherige am Standort Güterfelde angebaute Biodiversitätsfruchtfolgen konnten aus pflanzenbaulicher, ökonomischer und ökologischer Sicht nicht überzeugen (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013). In EVA 3 wurde in einer zusätzlichen Fruchtfolge ohne Mais als Fruchtartenbestandteil unter dem Aspekt mehrjähriger Bewuchses (Vorschlagskriterium ZALF) der massewüchsige Steinklee in der Fruchtfolge 13 zweijährig geprüft. In der Fruchtfolge 14 erfolgte aus Sicht des Gewässerschutzes Maisanbau mit Untersaaten (Jahr 1) bzw. Mais- und Sonnenblumenanbau in eine bestehende Untersaat (Jahr 2 und 3).

Ein dreijähriger Maisanbau ohne Zwischenfrucht wurde als Vergleichsreferenz zu allen Fruchtfolgen angelegt (vgl. Anbaufolge 11 - Tab. 4). Diese in der Praxis teilweise anzutreffende Vorgehensweise ist somit auch im EVA-Projekt am Standort Güterfelde berücksichtigt worden, um belastbare Aussagen aus ökologischer Sicht und ökonomischer Sicht im Vergleich zu anderen Fruchtfolgen zu erhalten.

4. Regionalversuch (Fruchtfolgen 6, 8 und 9)

Die drei regionalen Fruchtfolgen am Standort Güterfelde (EVA 2) integrieren die für die Region typische Fruchtart Roggen (in verschiedenen Kombinationen Grünschnitt-, Korn- und Ganzpflanzennutzung – vgl. Tab. 4). Die durchaus praxisübliche Selbstfolge von Winterroggen im Land Brandenburg erfolgte im Anbau Marktfrucht 2012/ Ganzpflanze 2013 bzw. 2013/14 (Regionalfruchtfolge 6). Regionalfruchtfolge 8 kombiniert Energiepflanzen im Wechsel mit Winterroggen (50 % Marktfrucht). In der Projektperiode EVA 2 überzeugten diese Fruchtfolgen gegenüber den Standardfruchtfolgen (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013). Für regionale Bewertungen und Empfehlungen wurden aufgrund der fachlichen Relevanz diese Fruchtfolgen weitergeführt.

⁷ Luzernegrasanbau EVA 1 Fruchtfolge 4, EVA 2 Fruchtfolge 5, EVA 3 Fruchtfolge 4 - Vermeidung einer Luxusfruchtfolge aus Sicht der Humuswirtschaft

Die am Standort Güterfelde 2005/06 eingerichteten Langparzellenanlagen mit Standardausgleich (dreifach breite Parzellen mit Kernbeerntung) wurden methodisch beibehalten (vgl. Anhang 3). Die für die ökologischen Begleituntersuchungen des ZALF Müncheberg (vgl. Abschnitt 2.4) ausgewiesenen Bonituren sowie die regelmäßigen Probenahmen zur TM-Gehaltsbestimmung erfolgten in den Randparzellen, so dass die Kernparzellen für die Haupternte nicht beeinflusst wurden. Die Bewirtschaftungsdaten für das Anbaujahr 2013-15 sind dem Anhang 5 zu entnehmen. Die Düngung wurde nach Projektvorgabe entzugsorientiert unter Berücksichtigung der Gehaltsklassen für die Grunddüngung und des Gehaltes an mineralischem Bodenstickstoff bzw. in Abhängigkeit der Vorfrucht vorgenommen. Des Weiteren ist ab 2013 das Satellitenprojekt „Zwischenfruchtanbau – Anbau abfrierender und winterharter Zwischenfrüchte – als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau“ an fünf EVA-Standorten bearbeitet worden (vgl. Versuchsbeschreibung – www.eva-verbund.de bzw. EBEL, ECKNER, WALTER, ZANDER & RIECKMANN, 2015).

2.4 DATENERHEBUNG

In den Fruchtfolgen sind die Prüfmerkmale bzw. Untersuchungen lt. dem abgestimmten Material- und Methodenbuch zur Auswertung in den einzelnen Teilprojekten erhoben und durchgeführt worden (vgl. Übersicht 1 und www.eva-verbund.de).

Übersicht 1: Untersuchungen / Prüfmerkmale

<ul style="list-style-type: none"> → Standort → Witterung → Bodenuntersuchungen N_{min}, S_{min}, P, K, Mg Bodentiefen: 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm Zeitpunkte: Vegetationsbeginn, Ernte, Vegetationsende → Bestandesmerkmale Aufgang Bestandesdichte Bodenbedeckung Bestandeshöhe Unkrautbesatz Lagerneigung, Mängelbonituren, Krankheiten und Schädlinge → Abiotische Folgewirkungen Zeiternten mit Fraktionierung 	<ul style="list-style-type: none"> → Analyse Erntegut Erträge Rohasche Rohprotein Trockensubstanz ADF, ADL Makronährstoffe Silierversuche und Biogas-Gärtests im ATB Bornim Für das Erntegut - Korn zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> - TKM, - Hektolitergewicht - Fallzahl - Mykotoxine (TLL-Jena); Abschlussfruchtfolgeglied Untersuchungen zu Halmbasis- und Wurzelpathogene (Universität Rostock) sowie Strohertragsmessungen für TLL Jena → Ökonomische Bewertung (für den Projektpartner: Universität Gießen) Arbeitsgänge und Betriebsmittel Fruchtarten und Fruchtfolgen
--	---

Die Nährstoffe (Rohasche, Rohprotein, ADF, ADL, N, P, K und Mg) wurden nasschemisch im Labor des Landeskontrollverbands Brandenburg e.V. analysiert (2013-15: n = 436 Proben). Im Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (vgl. Teilprojekt 4: „Ermittlung des Einflusses der Pflanzenart und der Silierung auf Substratqualität und Biogasausbeute“) wurden an ausgewählten Pflanzenproben der am Teilprojekt 1 beteiligten Partner die Siliereignung bestimmt und Gärtests vorgenommen (erstellte Silierproben am Standort Güterfelde 2013-15, n = 156)⁸. Aufgrund der zunehmenden Anzahl an Batch-Gärtests der EVA-Projekte konnten Richtwerte für Methanausbeuten ermittelt werden (vgl. „Biogasmatrix – ATB“ in PLOGSTIES, HERRMANN, IDLER & HEIERMANN 2015). Somit ist eine objektivere Bewertung als mit dem bisherigen Rechenansatz nach BASERGA (1998)⁹ möglich. Im

⁸ davon 51 Proben aus dem Fruchtfolgeversuch Güterfelde und 105 Proben aus dem Ackerfuttermessversuch Berge – jeweils Frost und Silierproben

⁹ in FRIEHE, WEILAND & SCHATTAUER 2010 „Leitfaden Biogas“ Broschüre der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.; Auflage 2010 – (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013)

Folgenden ist mit weiteren Ergebnissen der Batch-Tests die Biogasmatrix quantitativ und qualitativ zu verdichten, um noch nicht getestete Fruchtarten und Anbauoptionen mit aufzuführen bzw. bestehende Unsicherheiten in der Bewertung zu klären. Für das Teilprojekt 2 „Bewertung Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus“ wurden 2013-15 für das ZALF Müncheberg 2514 Bodenproben entnommen. Die statistische Verrechnung erfolgt mit dem Programm „STATGRAPHICS Plus“ mit einem vorgelagerten Ausreißertest nach MUDRA 1958. Die spezifischen Angaben der Bedingungen und Methoden sind im Ergebnisteil aufgeführt.

3 ERGEBNISSE - STANDORT GÜTERFELDE

3.1 VERGLEICH DER FRUCHTARTEN – ÜBERBLICK

Die Jahre 2013 und 2014 gelten witterungsbedingt (Abschnitt 2.2) mit durchschnittlichen (Ackerfutter) und überdurchschnittlichen Erträgen (C4-Pflanzen, Ganzpflanzengetreide, Kornenerträge) als Hohertragsjahre für den Standort Güterfelde und die Region (Tab. 5.1; 5.2; Anhang 7; 8).

Tabelle 5.1: Ganzpflanzenerträge 2013-15 (dt TM/ha) der EVA Fruchtfolgeversuche, Standarderntetermin Güterfelde, im Vergleich mit Gesamtzeitraum seit 2005 - Anzahl Prüfglieder (PG) und Jahre (a) – vgl. Tab. 5.2, rel = relativ

Ganzpflanzen- ertrag ausgewählte Hauptfrüchte	TM-Ertrag						Anzahl		TM-Ertrag (Gesamtzeitraum)					
	2015		2014		2013		PG	a	Mittel		Spanne a		Spanne Variante xa	
	dt/ ha	rel %	dt/ ha	rel %	dt/ ha	rel %			dt/ ha	rel. % alle a	min	max	min	max
Mais	103	100	192	100	177	100	50	10	153	100	85	192	74	203
Sorghum bicolor	104	101	183	95	162	91	5	5	137	90	104	183	104	183
Sorghum (b.xs.)	92	89	154	80	115	65	11	10	127	83	92	154	92	154
Winterroggen	70	68	102	53	122	69	63	10	80	52	49	108	41	122
Wintertriticale	60	58	84	43	114	64								
Wintergerste	60	58	88	46	88	50								
Luzernegras	75	72	87	45	90	51	10	8	88	58	64	114	41	114
Wickroggen			97	51	102	57	2	2	99	65	97	102	97	102
Steinklee 1-j.			57	30	51	29	2	2	54	35	51	57	51	57
Steinklee 2-j.	81	78	96	50			2	2	88	58	81	96	81	96
Sonnenblumen	73	71					6	6	78	51	55	123	55	123

2015 sind dagegen bei allen Fruchtarten z. T. deutlich unterdurchschnittliche Erträge ermittelt worden. Während im Durchschnitt der Jahre im Artenvergleich Mais mit 153 dt TM/ha die höchsten Erträge vor Sorghum bicolor (relativ 90) und der Sudangrasybride (relativ 83) aufwies, konnte in Trockenjahren bei letzteren ein höheres (2006) bzw. gleiches Ertragsniveau (2010, 2015 – vgl. Tab 5.1) erzielt werden.

Der Ganzpflanzenertrag von Wintertriticale lag 2013-15 unter dem Ertragsniveau des Winterroggens. Dabei waren diese 2015 unter- und 2013/14 durch die ausreichende und gleichmäßige Niederschlagsverteilung im Mai und Juni überdurchschnittlich. Allerdings wurde in den EVA-Fruchtfolgen das Triticale- bzw. Winterroggen-GP-Ertragsniveau von

2013 (114...122 dt TM/ha) im Gegensatz zu anderen Versuchen 2014 am Standort nicht erreicht (Tab. 5.1, vgl. Abschnitt 3.3.2 und EBEL & BARTHELMES, 2014)¹⁰.

Mit der Ernte von zwei Aufwüchsen konnte Luzernegras 2015 mit 75 dt TM/ha ebenfalls nur einen unterdurchschnittlichen Ertrag erbringen, der aber mit relativ 85 zum mehrjährigen Mittel (= 88 dt TM/ha) nicht so extrem gegenüber dem Mais abfällt (relativ 67, im Vergleich zu 2014 relativ 54). Aufgrund des geringen Zuwachses durch den trockenen August/September war nur ein marginaler und nicht erntewürdiger dritter Luzernegrasaufwuchs wie 2014 vorhanden.

Tabelle 5.2: Methanhektarerträge 2013-15 (m³ CH₄/ha) bezogen auf den Anteil der organischen Trockenmasse der Pflanzenarten in den EVA-Fruchtfolgeversuchen, Standarderntetermin Güterfelde, im Vergleich mit Gesamtzeitraum seit 2005 - Anzahl Prüfglieder (PG) und Jahre (a), rel = relativ¹¹

Methanertrag ausgewählte Hauptfrüchte	Methanertrag 2015		Jahre	Anzahl		Methanertrag nach Richtwerte Biogasmatrix ATB m ³ CH ₄ /ha bezogen auf oTM					
	m ³ /ha	rel. %		PG	Jahre	Mittel		Spanne a		Spanne Variante x a	
						m ³ /ha	rel. % alle a	min	max	min	max
Mais	3328	100	2005-07/ 09-15	50	10	4959	100	2751	6226	2378	6560
Sorghum bicolor	2974	89	2009/10/ 13-15	5	5	3879	78	2974	5275	2974	5275
Sorghum (b.xs.)	2591	78	2005-07/ 09-15	11	10	3578	72	2591	4417	2591	4417
Winterroggen	2059	62	2006-15	63	10	2314	47-51	1542	3298	1278	3574
Wintertriticale	1876	56									
Wintergerste	1889	57									
Luzernegras	2039	61	2007/08/ 10-15	10	8	2383	48	1696	3021	1095	3021
Wickroggen			2013/14	2	2	2792	56	2741	2844	2741	2844
Steinklee 1-j.			2013/14	2	2	1235	25	1158	1313	1158	1313
Steinklee 2-j.	1831	55	2014/15	2	2	2009	41	1831	2187	1831	2187
Sonnenblumen	1636	49	2005/06/ 09-11/15	6	6	1794	36	1263	2814	1263	2814

Im direkten Vergleich wurden die einzelnen Fruchtarten (identische Anbaujahre mit Mais) aus Sicht des Ertrags und deren Streuung zwischen den Jahren analysiert (Anhang 6). Bei einem höheren Ertragsniveau ergeben sich auch stärkere Standardabweichungen zwischen den Jahren (z. B. beim Mais bis zu 39 dt TM/ha bzw. 1800 m³ CH₄/ha vergleichend zu Grünschnittroggen von 10 dt TM/ha bzw. 366 m³ CH₄/ha). Bezüglich des Variationskoeffizienten (als Streuungsmaß zwischen den Jahren) verhält sich Mais different zu den Arten. Im Vergleich der Jahre traten gegenüber Sudangrashybriden, Wintergerste und Grünschnittroggen höhere Variationskoeffizienten auf (Anhang 6). Dagegen waren im

¹⁰ Getreideganzpflanzenprojekt FKZ: 22016811

¹¹ Biogasmatrix: Grundlage Richtwerte der Biogas-/Methangasausbeute ermittelt aus den Batchtests im EVA-Teilprojekt 4 durch das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (Basis Batchtests der Jahre 2005 bis 2013); Quelle: PLOGSTIES, HERRMANN, IDLER, & HEIERMANN 2015; Weitere in den Vorgängerprojekten untersuchte Fruchtarten (Kleegras, Topinamburkraut, Sommergetreide,...) wurden nicht dargestellt, da 2013-15 kein Anbau erfolgte. Die Ergebnisse waren unbefriedigend und schneiden im Methanertrag (relativ <40 % zu Mais) schlechter ab als die hier dargestellten Arten – vgl. EBEL & BARTHELMES (2013).

direkten Vergleich diese gegenüber Winterroggen, -triticale und Sommergetreide geringer. Das heißt Sudangrasybriden, Wintergerste und Grünschnittroggen können ertragsstabiler in den getesteten Jahren gelten als Mais. **Entscheidend für die Anlagenplanung bleiben jedoch das im mehrjährigen Mittel zu erzielende Ertragsniveau und die Abschätzung einer möglichen Biomassezukaufsmenge in Niedrigertragsjahren. Als Anhaltspunkt konnten dabei für Mais in zwei von zehn Jahren Erträge unter 75 % des mehrjährigen Mittels festgestellt werden.**

Nach den ersten beiden Anbaujahren können Wickroggen (97...102 dt TM/ha), Steinklee im 1. Anbaujahr (51...57 dt TM/ha) bzw. Steinklee im 2. Anbaujahr (81...96 dt TM/ha) nur bedingt mit den bisher mehrjährig getesteten Ganzpflanzen verglichen werden (Tab. 5.1 und 5.2). Die TM-/Methanhektar- und Kornerträge sowie die TM-Gehalte für die Arten der einzelnen Fruchtfolgen sind in den Anhängen 7 und 8 dargestellt.

2013 und 2014 sind aufgrund der optimalen TM-Ertragsentwicklung der dominierenden Pflanzenarten¹² in den Fruchtfolgen die höchsten Methanhektarerträge je Jahr erzielt worden, z. B. Mais mit bis zu 6560 m³/ha (Fruchtfolge 11/Anlage 5) bzw. Grünschnittroggen und Mais Fruchtfolge 2 mit ca. 6850 m³/ha – Anhang 7 und 8, vgl. Tab. 5.2). Des Weiteren wiesen Sorghum bicolor, Winterroggen und Wintertriticale im Jahresvergleich überdurchschnittliche Methanerträge auf. Dagegen konnten durch die witterungsbedingten geringeren TM-Erträge 2015 nur unterdurchschnittliche Methanerträge erzielt werden (Tab. 5.2). Allerdings ist die Ertragsrelation der getesteten Fruchtarten im Vergleich zum Mais 2015 günstiger als in den beiden Vorjahren. Geringere Methanausbeuten für Winterroggen als bei Wintertriticale (PLOGSTIES, HERRMANN, IDLER UND HEIERMANN, 2015) werden durch die TM-Ertragssicherheit kompensiert.

➔ Mais weist in ungünstigen Jahren (kühler, trockener Mai bzw. Trockenheit zur weiblichen Blüte) offenbar stärkere TM-Ertragseinbußen als weitere getestete Arten auf, so dass sich die CH₄-Ertragsrelation Mais zu Sorghum, Ganzpflanzengetreide, Luzernegras, etc. verringert.

2013-15 wurde das für die Transportwürdigkeit und die Silierung notwendige Optimum der **TM-Gehalte** (28-35/38%) eingehalten (Anhang 7 und 8). Dabei lagen diese für das Ganzpflanzengetreide 2015 im oberen Grenzbereich (37-40 %). In extremen Trockenjahren traten wesentlich höhere Gehalte auf (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013). Aufgrund des Verfahrens sind Grünschnittroggen¹³ und Luzernegras vor der Silierung anzuwelken.

¹² ausreichende Niederschlagsverteilung Mai bis Juni bzw. zur Maisblüte Juli 2014 (vgl. Anhang 2)

¹³ Grünschnittroggen – Ernte zum Zeitpunkt: Ende des Ährenschiebens (Ende April bis Mitte Mai), ca. 4 Wochen vor der Getreide-GP-Ernte bei TM-Gehalten von ca. 20-24 % (in Abb. 1 nicht enthalten)

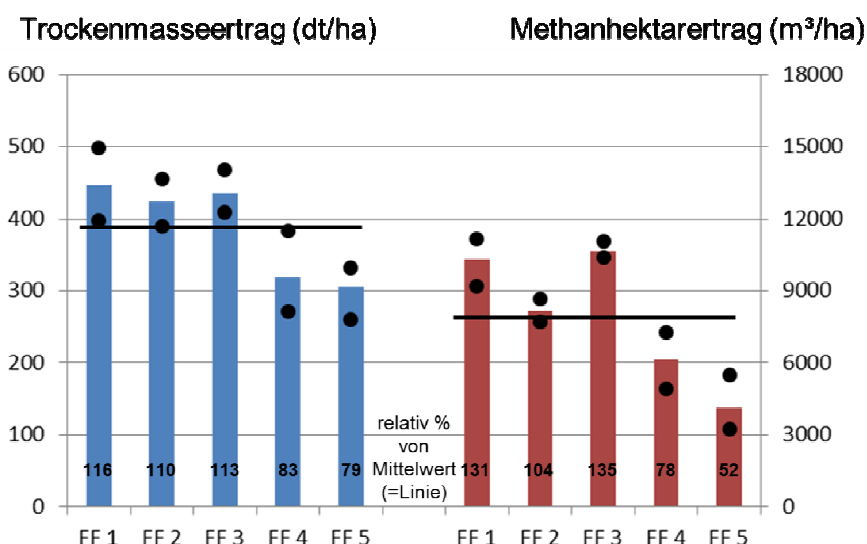
3.2 ERTRÄGE IN DEN FRUCHTFOLGEN

Einordnung Standardfruchtfolgen inklusive „Risikoanalyse“ (FF 1-3)

Im Projekt EVA 3 wurden für die Fruchtfolgen 1-3 zwei zusätzliche Rotationen betrachtet (jedes Fruchtfolgeglied wird in jedem Jahr angebaut – Risikoabschätzung, vgl. Abschnitt 2.3). Witterungsbedingte Ertragsschwankungen (vgl. Tab. 3; Tab. 5.1) sind somit gesicherter zu werten. Der Vergleich der Ergebnisse aus acht Fruchtfolgerotationen wäre mit Beendigung der Fruchtfolgen 2016 und 2017 möglich (vgl. Anhang 7). Allerdings kann aufgrund des Abbruchs der Versuche aus wissenschaftlicher Sicht diese Zusammenfassung nicht erfolgen. Eine „Modellierung“ fehlender Werte ist umstritten.

Abbildung 1 zeigt den Vergleich nach vier Rotationen im Zeitraum 2005-13 zusammen mit den Anbausystemen Ackerfutter und der Getreide-Rapsfolge (vgl. Abb. 1 und Tab. 8).

Fruchtarten (1 Rotation = 4 Anbaujahre)	FF 1 WG/SuG/Mais/WT / Phac GD/WR-K	FF 2 SuG/GSR/Mais/ WT-K/WR-K	FF 3 Mais/GSR/SuG/ WT/ E.WG/WR-K	FF 4 SG/Luz.gras/ Luz.gras/WR-K	FF 5 Hafer/WT/ WiRaps-K/WR-K
Anteil GP % (Mais)	88 (17)	80 (20)	83 (17)	75	50
Anteil Korn %	17	40	17	25	50
Anteil GD %	17	0	0	0	0



Anzahl Jahre GP	3	2	3	3	2		3	2	3	3	2
Anzahl FG alle/GP	6/4	5/3	6/5	4/3	4/2		6/4	5/3	6/5	4/3	4/2
Mittel der FF-Rotation von 4 Jahren	112	106	109	80	77		2585	2038	2659	1534	1030
Mittel CH ₄ der realen Anbaujahre							3446	4077	3545	2014	2060
Mittel je FG	75	85	73	80	77		2585	2718	2127	2045	2060

Abbildung 1: Kumulierter Trockenmasse- (dt/ha) und Methanhektarertrag (m³/ha) Bezugsbasis: Mittel aus 4 Rotationen (je 4 Anbaujahre) – EVA-Fruchtfolgen 1-5, Güterfelde, 2005-2013^{14,14}

das Mittel der 4 Rotationen je Fruchtfolge entspricht den Säulen, Punkte entsprechen den minimalen bzw. maximalen Erträgen einzelner Rotationen je Fruchtfolge, Zahlenangaben in den Säulen ist der Relativertrag im Vergleich zum Gesamtmittel der 5 Fruchtfolgen und den 4 Rotationen (Linie) – Einzelergebnisse und Bedingungen vgl. Anhang 7; Fruchtfolgen vgl. Tab. über Abb., dabei GP- Ganzpflanze (fett), GD – Nutzung als Gründüngung, unterstrichen Körnernutzung

¹⁴ Herleitung Methanhektarertrag nach Biogasmatrix Quelle: PLOGSTIES, HERRMANN, IDLER, & HEIERMANN 2015

Die Getreide-C4-Pflanzenfruchtfolgen (FF 1-3) wiesen in der Gesamtsumme deutliche Ertragsvorteile gegenüber der Getreide-Luzernegrasfruchtfolge (FF 4) bzw. Getreide-Rapsfruchtfolge (FF 5) im Versuchszeitraum 2005-13 auf (Abb. 1). Aufgrund der unterschiedlichen Anteile der Nutzung der angebauten Arten in den Fruchtfolgen - als Ganzpflanze (GP) für die energetische Verwertung, Korn als Marktfrucht bzw. Pflanzen ohne Ernte und Abfuhr für die Gründüngung (vgl. Tab. über Abb. 1) – werden signifikante Methanhektarerträge zwischen den Fruchtfolgen ausgewiesen. Die Unterschiede fallen demnach deutlicher als beim TM-Ertrag aus. In jeder Fruchtfolge weichen die Ergebnisse zwischen den vier Rotationen u. a. in Abhängigkeit der Witterung in den Einzeljahren und deren Kombination in den Rotationen als auch eine im Versuchszeitraum zunehmende Ertragsleistung einzelner Arten (wie z. B. Sorghum - Sortenwechsel) signifikant ab (Vergleich Minimum- versus Maximertrag). Je nach Betrachtungsebene wurden für diese hier dargestellten Fruchtfolgen ein durchschnittlicher Jahresertrag bezogen auf die Rotation von 106 (FF 2) ... 112 (FF 1) dt TM/ha erzielt. Wird die Leistung je Fruchtfolgeglied gesehen, schneidet Fruchtfolge 2 mit einem höheren Marktfruchtanteil mit 85 vergleichend zur Fruchtfolge 3 mit 73 dt TM/ha günstiger ab (siehe Tab. unter Abb. 1).

Je Fruchtfolgeglied relativiert sich allerdings die Aussage insbesondere für den TM-Ertrag der Fruchtfolgen ohne Mais und Sorghum (FF 4 und 5). Für das Bewerten der Marktleistung (potentieller Methanertrag, Deckungsbeitrag Fruchtfolge) als auch der ökologischen Leistungen ist u. a. die Anzahl der Fruchtfolgeglieder (z. B. geringere Anzahl an Bearbeitungsgängen etc.) entscheidend. Die Ertragsleistung ist nur im Zusammenhang mit der ökonomischen Leistung zu betrachten, dieses gilt insbesondere bei einer geringeren Intensität der Bewirtschaftung aufgrund weniger Fruchtfolgeglieder. Diese Auswertung für den Zeitraum 2013-15 liegt mit dem gegenwärtigen Bearbeitungsstand (12/2015) abschließend nicht vor. Für den Zeitraum 2005-13 (4 Rotationen) wurde die Fruchtfolge 2: Sorghum b. x s. GP/Grünschnittroggen GP/ Mais GP/Wintertriticale-Korn/Winterroggen-Korn ökonomisch als beste Standardfruchtfolge bewertet (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013 - Tab. 16).

Einordnung Regionalfruchtfolgen (FF 6/8/9) versus Standardfruchtfolgen (FF 1-3)

Die Regionalfruchtfolgen konnten mit einer geringeren Anzahl an Fruchtfolgegliedern ein gleiches TM-Ertragsniveau kumulativ erzielen (je Fruchtfolgeglied entsprechend höher - vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013). Die Fruchtfolge „Typisch Roggen“: Mais-GP/Winterroggen-GP/Grünschnittroggen/ Sudangrashybride-GP/Winterroggen-Korn (FF 9) erbrachte die höchsten Methanhektarerträge und wies pflanzenbaulich, ökonomisch wie ökologisch Vorteile gegenüber den Fruchtfolgen 1 und 3 auf (Unsicherheiten Sudangrasanbau nach Wintergerste – FF 1 vgl. Abschnitt 3.3.1; Anbau Einjähriges Weidelgras für Region eher ungeeignet und negative ökologische Wirkung – FF 3; vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013; EBEL; PLOGSTIES; HERRMANN; IDLER; HEIERMANN; BARTHELMES; KORNATZ; MÜLLER; AURBACHER (2015). In den Fruchtfolgen mit gleichen Anteilen von Pflanzen für die energetische Nutzung bzw. Körnerproduktion (FF 6 und 8) sind naturgemäß die kumulierten Methanflächenerträge vergleichsweise geringer, allerdings für die einzelne Fruchtart betrachtet effektiv. Vorteile ergeben sich hier bei einer möglichen Risikostreuung (volatile Marktpreise, Ernteterminentzerrung, Strohrückführung – Humusreproduktion, etc.). Je nach Marktpreis, Witterung und demzufolge Qualitäten kann Körnergetreide einen höheren Deckungsbeitrag als Silomais erzielen (KORNATZ; AURBACHER; DUNKEL, 2013). Die für die Region typische Fruchtart Winterroggen ist somit vielseitig in Fruchtfolgen mit unterschiedlicher Verwendung und Fruchtfolgestellung zu integrieren. Je nach Bestandesführung, -entwicklung, Marktpreis- und Betriebssituation sowie Witterung kann relativ spät die Nutzung entschieden werden. Entscheidend ist das Einhalten des zur Ganzpflanzenernte optimalen TM-Gehaltes von 28-38 % und in Jahren mit trockenen Frühjahrsmonaten das relativ enge Erntezeitfenster (vgl. Abschnitt 3.3.2).

Tabelle 6: Vergleich Maissorten bzw. Anbauvarianten - EVA Fruchtfolgen 2013 – 2015 Standarderntetermin Güterfelde (Maiszünzler, Lager und Beulenbrand): befallene Pflanzen in % sowie in Klammern Ausprägungsnote Bundessortenamt - Note BSA - vgl. Anhang 5; 7 und 8¹⁵

Anlage / FF 2013	Variante/Sorte	Datum weibl. Blüte	TM-Ertrag dt TM/ha (s%)	Wuchshöhe (cm) 05.09.13	Maiszünzler v. Ernte	Lager v. Ernte	Beulenbrand v. Ernte	Deckung (%) v. Ernte
5/3	Mais HF (S260) ortsübl.	03.08.2013	164 bc (6 %)	264	5 % (4)	0 (1)	9 % (5)	85
5/9	Mais HF (S260) ortsübl.	03.08.2013	181 a (10 %)	294	3 % (3)	0 (1)	4 % (3)	85
5/11	Mais HF (S280) ortsübl.	10.08.2013	194 a (4 %)	283	3 % (3)	0 (1)	9 % (5)	90
5/12	Mais HF (S260) -25%N	03.08.2013	178 ac (10 %)	267	4 % (3)	0 (1)	7 % (4)	85
5/14	Mais HF (S260) + Untersaat	03.08.2013	156 b (3 %)	254	3 % (3)	0 (1)	12 % (5)	80
6/1 Risiko	Mais HF (S260) ortsübl.	03.08.2013	188 a (4 %)	276	4 % (3)	0 (1)	12 % (5)	85
6/2 Risiko	Mais ZF (S200) ortsübl.	03.08.2013	153 b (4 %)	218	3 % (3)	0 (1)	9 % (5)	80

TM-Ertrag - differente Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, GD = 16,8; LSD-Test bei $\alpha=5\%$. HF - Hauptfrucht, ZF - Zweitfrucht

Anlage / FF 2014	Variante/Sorte	Datum weibl. Blüte	TM-Ertrag dt TM/ha (s%)	Wuchshöhe (cm) 25.08./09.09.14	Maiszünzler v. Ernte	Lager v. Ernte	Beulenbrand v. Ernte	Deckung (%) v. Ernte
6/3	Mais HF (S260) ortsübl.	21.07.2014	194 ab (8%)	323	15 % (6)	2 % (2)	0 (1)	85
6/11	Mais HF (S280) ortsübl.	28.07.2014	182 b (5%)	348	34 % (7)	10 % (5)	1 % (2)	65
6/9	Mais HF (S260) ortsübl.	21.07.2014	196 ab (5%)	331	13 % (5)	2 % (2)	0 (1)	80
6/12	Mais HF (S260) -25%N	21.07.2014	189 ab (3%)	333	13 % (5)	1 % (2)	0 (1)	80
5/1	Mais HF (S260) ortsübl.	21.07.2014	200 a (2%)	332	15 % (6)	6 % (4)	0 (1)	80
5/2	Mais ZF (S200) ortsübl.	21.07.2014	154 c (4%)	273	15 % (6)	4 % (3)	0 (1)	70
5/5	Mais HF (S260) ortsübl. nach Weidelgras	21.07.2014	182 b (8%)	328	16 % (6)	4 % (3)	0 (1)	85
5/11	Mais HF (S280) ortsübl.	28.07.2014	203 a (7%)	339	23 % (7)	6 % (4)	2 % (2)	75

TM-Ertrag - differente Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, GD = 15,4; LSD-Test bei $\alpha=5\%$. HF - Hauptfrucht, ZF - Zweitfrucht

Anlage / FF 2015	Variante/Sorte	Datum weibl. Blüte	TM-Ertrag dt TM/ha (s%)	Wuchshöhe (cm) 25.08./08.09.15	Maiszünzler v. Ernte	Lager v. Ernte	Beulenbrand v. Ernte	Deckung (%) v. Ernte
6/1	Mais HF (S260) ortsübl.	27.07.2015	97 bc (5 %)	244	4 % (3)	0 (1)	0 (1)	76
6/2	Mais ZF (S200) ortsübl. ¹⁾	17.08.2015	60 d (5 %)	141	5 % (4)	1 % (2)	9 % (5)	46
6/5	Mais HF (S260) ortsübl. nach Wiesenschwengel	27.07.2015	88 c (9 %)	230	5 % (3)	0 (1)	0 (1)	68
6/11	Mais HF (S280) ortsübl.	01.08.2015	109 a (6 %)	258	3 % (3)	0 (1)	0 (1)	75
6/14	Mais HF (S260) + Untersaat ²⁾	01.08.2015	67 d (15 %)	195	2 % (2)	0 (1)	0 (1)	50
5/3 Risiko	Mais HF (S260) ortsübl.	27.07.2015	107 ab (7 %)	260	7 % (4)	0 (1)	0 (1)	79
5/4	Mais HF (S260) ortsübl. nach Luzerngras	24.07.2015	116 a* (14 %)	261	6 % (4)	0 (1)	0 (1)	73
5/8	Mais ZF (S200) ortsübl. ¹⁾	24.08.2015	63 d (5 %)	148	3 % (3)	2 % (2)	9 % (5)	50
5/11	Mais HF (S280) ortsübl.	01.08.2015	103 a*b (3 %)	253	2 % (2)	0 (1)	1 % (2)	77

TM-Ertrag - differente Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, GD = 11,7; LSD-Test bei $\alpha=5\%$. HF - Hauptfrucht, ZF - Zweitfrucht

1) sehr späte und langanhaltende heterogene weibl. Blüte, unzureichende Befruchtung, d.h. späte, heterogene und unzureichende Kolbenentwicklung, d.h. schlechte und verzögerte Abreife; 2) allgemein Kolbenentwicklung mangelhaft, schlechter als Vergleichsfelder; aufgrund hoher Unkrautdruck und der Trockenheit un der sehr heißen Periode Ende Juli bis 16.08. (> 35 °C Tagestemp.) - d.f. zeitiges Absterben Restpfl. - sehr starke Ausprägung BSA 8-9 - stärker ausgeprägt als Vergleichsfelder, hellgrüner Bestand und kleiner Wuchs

¹⁵ One-Way Anova Analyse nach vorherigen Ausreißertest nach MUDRA 1958 – Minimum und Maximum lagen innerhalb des Testbereiches, d.h. Einzelwerte entsprechen der Grundgesamtheit

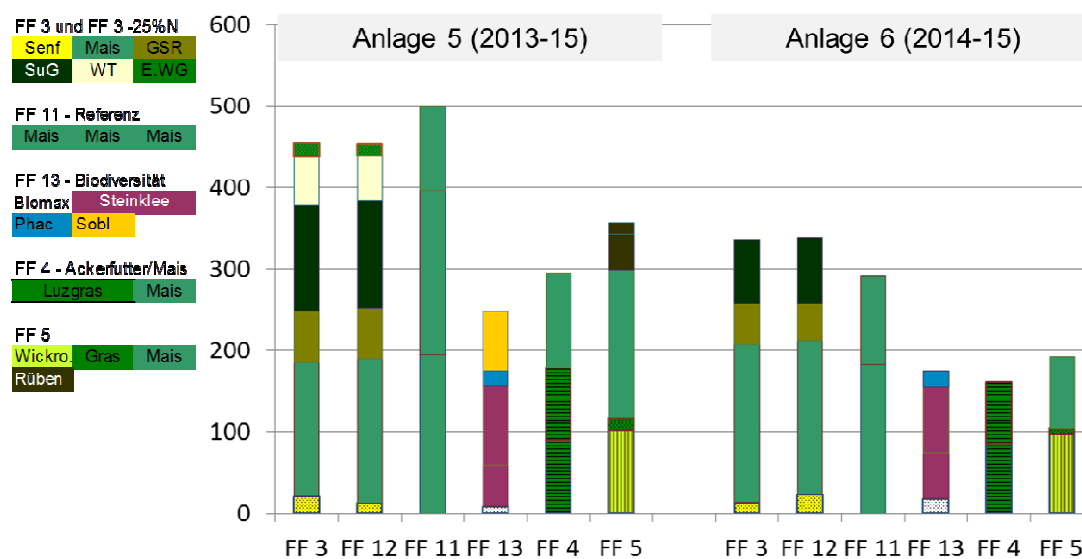
Einordnung der themenorientierten Fruchtfolgen

1) Referenz Maisanbau

Signifikante Ertragsunterschiede existieren zwischen den Maisanbauverfahren mit einer Spanne von 153...194 dt TM/ha (2013), 154...203 dt TM/ha (2014) und 2015 witterungsbedingt mit 60...116 dt TM/ha. Der Minimalwert gilt für den Zweitfruchtanbau nach Grünschnittroggen sowie teilweise bei erfolgreicher Untersaatetablierung im Mais (vgl. Tab. 6 und Abschnitt 3.3.1, Anhang 7 und 8). In der Referenz-„Anbaufolge“: Mais/Mais/Mais/Winterroggen-Korn (FF 11) wurde mit der Sorte Atletas (Reifegruppe S280) nicht in jedem Fall ein signifikanter Mehrertrag erzielt. 2014 war offenbar bei späterem Einsetzen der weiblichen Blüte am 28.07. statt am 21.07. (Vergleichssorte mit Reifegruppe S260) die Wasserversorgung zur Befruchtung und Kolbenausbildung unzureichend, um das volle Ertragspotenzial der Sorte Atletas auszuschöpfen.

Des Weiteren war bei einer späteren Ernte (15.09. statt 03.09.2014) der Zünslerbefall wesentlich stärker ausgeprägt (Tab. 6)¹⁶. Auf den Maisanbau 2015 wirkte sich die Vorfrucht ertragsrelevant aus – während der Wiesenschwingel ertragsmindernd reagierte (FF 5 s. u.), war der Maisanbau nach Luzerngrasumbruch bei einer reduzierten N-Düngung mit der Vergleichssorte effektiver als in der Referenzanbaufolge (Tab. 6 – 2015, vgl. FF 4 und FF 11).

Trockenmasseertrag (dt/ha)



themenorientierte Frucht-(Anbau)folge	C4/Getreide		Refe-renz Maiss	Bio-diver-sität	Luz-gras/ Maiss	mit Wick-roggen	C4/Getreide		Refe-renz Maiss	Bio-diver-sität	Luz-gras/ Maiss	mit Wick-roggen
	orts-üb-lich	- 25% N					orts-üb-lich	- 25% N				
Anbaujahre der FF	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
Summe CH ₄ m ³ /ha	13416	13611	16157	4980	8522	10712	10170	9951	9358	3144	4388	5569
Mittel CH ₄ m ³ /ha ⁴ FG	2683	2722	5386	1660	2841	2678	3390	3317	4678	1572	2193	1856

Abbildung 2: Kumulierter Trockenmasseertrag (dt/ha) der themenorientierten Fruchtfolgen (inklusive FF 4 und 5) im Vergleich zur Standardfruchtfolge 3, EVA 3, Güterfelde (Methanhektarertrag vgl. Tabelle)

¹⁶ bei der Sorte Atletas S280 vergleichsweise kleinere Kolbenausbildung mit Mängeln in der Körneranlage gegenüber der Sorte LG3216 (S260); direkter Vergleich mit identischer Bewirtschaftung (Anlage 6: Fruchtfolge 11 mit FF 3 und 9 und Anlage 5: FF 11 und 1)

Im direkten Vergleich wies der dreijährige „Mono“-Maisanbau (FF 11, Anlage 5) insbesondere im Methanflächenertrag Vorteile gegenüber der Fruchtfolge 3 bzw. 12 auf. In der Wiederholung (Anlage 6) ist dieses Ergebnis nach zwei Jahren kumulativ nicht aufgetreten (Abb. 2). Auch hier gilt die ökonomische und ökologische Untersuchung abzuwarten.

Wird keine Winterung als Nachfrucht geplant, ist eine später reifende Maissorte (auf den D-Standorten NO-Deutschlands bis S 280) möglich. Jedoch besteht ohne Winterbegrünung (z. B. Wintergetreide) das Risiko einer höheren Nitratverlagerung (EBEL, ECKNER, WALTER, ZANDER & RIECKMANN, 2015).

2) N-Reduktion

In der Anbauvariante mit einer N-Reduktion um -25 % (z. B. für Mais 90 statt 120 kg N/ha – mit Alzon 46) war kumulativ wie auch für die einzelnen Fruchtarten keine signifikante Ertragsminderung nach drei bzw. zwei Anbaujahren der Fruchtfolge 12¹⁷ im direkten Vergleich mit der Fruchtfolge 3 (ortsüblich gedüngt) vorhanden (Abb. 2). 2013 wurde für Mais mit N-Reduzierung ein um 14 dt TM/ha höherer Ertrag erzielt (FF 12: 178 zu FF3: 164 dt TM/ha) ermittelt, dagegen waren diese 2014 geringer – allerdings statistisch nicht gesichert (Tab. 6). Offenbar bewirkt das N-Nachlieferungsvermögen bei optimalen Witterungsbedingungen im Frühjahr bei einer Reduktion um 25 % N Ertragsgleichheit bis tolerable Ertragsminderungen. Ähnliche Ergebnisse liegen für den einjährigen Ganzpflanzengetreideanbau ohne Berücksichtigung der Fruchtfolge vor (vgl. EBEL & BARTHELMES 2015 und Abschnitt 3.3.2)¹⁸. So könnte für die getesteten Fruchtarten/ Fruchtfolge und den Standort- und Witterungsbedingungen hier die Schlussfolgerung getroffen werden, dass eine reduzierte N-Düngung um 25 % für ein bis drei Jahre keine Ertragsdepressionen hervorruft. Interessant bleibt jedoch, die Höhe der Ertragsminderung bei einer reduzierten Stickstoffdüngung zu jedem Fruchtfolgeglied mittelfristig für die Fruchtfolgerotation bzw. langfristig für mehrere Rotationen zu bewerten. Nach drei bzw. zwei Anbaujahren mit einem reduzierten N-Einsatz innerhalb einer Fruchtfolge kann bisher kaum eine Verallgemeinerung für die Region vorgenommen werden. Für eine Bewertung diesbezüglich sind wie auch im Hinblick Ergebnisse des Boden-Nmin und Ableitungen auf mögliche Nitratverlagerungen drei Jahre nicht ausreichend.

3) Biodiversität

Steinklee (FF 13) weist durch das Fehlen von N-Düngung und direkten Pflanzenschutzmittelmaßnahmen (Herbizid) ökologische Vorteile auf. Eine zweijährige Nutzung erfolgte bei einmaliger Aussaat. Mit dem späten Schnitt im ersten Jahr (ab Anfang Oktober, wichtig für Überwinterung – vgl. BULL 2012) ist eine Entzerrung von Arbeitsspitzen möglich. Die bisher am Standort Güterfelde nach dem ersten Jahr geernteten Erträge von 51 (2013) bis 57 dt TM/ha (2014) lagen im angegebenen Bereich von 25 bis 90 dt TM/ha (BULL 2012), damit aber deutlich unter denen der anderen geprüften Fruchtarten. Im zweiten Standjahr 2014 konnten im Juli 96 dt TM/ha (2014) bzw. 81 dt TM/ha (2015) geerntet werden (vgl. Abb. 2, FF 13). Die Ernte erfolgte generell „aus dem Stand“ bei einem optimalen TM-Gehalt von 31...36 %. Mit den bisherigen Ergebnissen der Biogasmatrix entsprechen das ca. 1800...2200 m³ CH₄/ha. Aufgrund der deutlich niedrigeren Methangasausbeute wurde trotz des höheren TM-Ertrages ein geringerer Methanhektarertrag als bei Luzernegras ermittelt (PLOGSTIES, HERRMANN, IDLER, & HEIERMANN 2015; Anhang 7). Ein Grund könnte der höhere Rohfaseranteil im Stängel sein, der visuell bei der Ernte im zweiten Standjahr deutlich im Häckselgut zu erkennen war. Dieses führte zu einer erhöhten Verstopfungsgefahr beim Häckseln. Ein in der Literatur beschriebener Wiederaustrieb im 2. Standjahr war nach der ersten Ernte nur bedingt möglich. Alternativ wurde hier in der Biodiversitätsfruchtfolge Phacelia zur Gründüngung nach dem Steinklee angebaut. Im Zeitraum Herbst 2014 bis zum

¹⁷ Fruchtarten der Fruchtfolge 3 um 25 % Reduzierung des N-Einsatzes – vgl. Tab. 4 und Anhang 7

¹⁸ Aussage gültig für drei unterschiedliche Jahre bei der jeweils zuvor eine ortsübliche Düngung erfolgte

Abfrieren (Januar 2015) wurde der Phaceliabestand als Deckung und Nahrungsgrundlage durch den Feldhasen genutzt¹⁹. Die danach etablierte Sonnenblume (mit ortsüblichen 80 kg N – reduzierte Düngung zu Vergleichskulturen) wies unter den trockenen Frühjahrsbedingungen 2015 wie die anderen Fruchtarten auch nur einen unterdurchschnittlichen Ertrag bei ausreichenden TM-Gehalten in der Gelbreife auf (vgl. Tab. 5.1; 5.2; Abb. 2).

Wie die in der Projektphase EVA 1 und EVA 2 geprüften regionalen Fruchtfolgen unter dem Aspekt „Biodiversität“ (EBEL & BARTHELMES, 2013; vgl. Anhang 7) ist die Kombination mit: Gemenge zur Gründüngung (Biomax)/2 Jahre Steinklee mit Ganzpflanzennutzung/ Phacelia zur Gründüngung/Sonnenblume als Ganzpflanze/(Winterroggen-Korn) als ertragsschwach einzustufen (Abb. 4). Allerdings ist in Wechselwirkung mit der hohen ökologischen Relevanz (Einsparung N-Dünger, Blühaspekt, ...) die mögliche Treibhausgasminde rung sowie die ökonomische Leistung aus dem erstgenannten Aspekt heraus zu werten (vgl. Berichte Projektpartner). Für die Praxis wird die Saatgutverfügbarkeit des Steinklees und –kosten eine entscheidende Größe sein. Diese Fruchtfolge könnte aufgrund der Einsparungen der N-Düngung auch unter dem Aspekt „Gewässerschutz“ folgend ausgewertet werden.

Der in der Fruchtfolge 5 – EVA 3 getestete **Wickroggen** konnte 2013 sich wie ein Großteil der Arten im Frühjahr sehr gut entwickeln und erbrachte Erträge von 102 dt TM/ha bzw. ca. 2840 m³ CH₄/ha (Anhänge 7 und 8). Zunächst wies der Winterroggen einen Wachstumsvorsprung auf und bildete ab Ende Mai die „Stützfrucht“ für die Zottelwicke²⁰. Aufgrund der Leguminose Wicke wurde eine verminderte N-Düngung (80 statt 100 kg N/ha) durchgeführt bzw. die Herbizidmaßnahme unterlassen. Diese Vorteile aus ökologischer Sicht werden durch den Projektpartner ZALF Müncheberg (z. B. Modellierung Treibhausgasemission) bzw. für den Gesamtbericht ausgewertet. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus dem späteren Erntezeitpunkt als bei der Winterroggenreinsaat aufgrund des geringeren TM-Gehaltes der Wicke gegenüber dem Winterroggen. Dieses führt zur Entzerrung von Arbeitsspitzen. Des Weiteren ist die Blüte faunistisch attraktiv. Lager war bei Wickroggen allerdings als Nachteil mit einer mittleren bis stärkeren Ausprägung (BSA-Note: (4)-7-8) vor der Ernte 2013 zu beobachten, was den Ernteprozess erschwerte (langsamere Fahrweise mit Häcksler). Verschiedene Praxiserfahrungen gleicher Art sowie auch Berichte über Wildtötungen bei der Ernte sind in der Region bekannt. Dieser Fakt ist für die ökonomische Bewertung zu berücksichtigen. **Wiesenschwingel** in dem Gemenge Wickroggen plus, mit dem Ziel der Bodendeckung nach Ernte des Wickroggens bis zum folgenden Frühjahr, war im Anbaujahr 2012/13 im Bestand nicht vorhanden. Alternativ wurde nach Ernte des Wickroggens **Einjähriges Weidelgras** gedrillt, das überjährig bis Frühjahr 2014 als Bodendeckung diente. Das Wickroggengemenge 2013/14²¹ wies eine relativ lückige Bestandesentwicklung auf, die auch an anderen Standorten beobachtet worden ist. Mit 97 dt TM/ha und ca. 2750 m³/ha Methanertrag nahm der Wickroggen 2014 ein Ertragsniveau dem des Vorjahres bzw. des Wintergetreides 2014 ein (vgl. Anhänge 7 und 8). Abweichend zum Vorjahr konnte sich der Wiesenschwingel nach der Ernte des Wickroggens flächendeckend, aber ohne wesentliche Ertragsfunktion im Herbst 2014, etablieren. Die Einordnung des Wickroggens in Energiepflanzenfruchtfolgen inklusive Zwischenfrüchten und deren Bewertung für Nordostdeutschland ist dem Beitrag EBEL, ECKNER, WALTER, ZANDER & RIECKMANN, 2015 zu entnehmen.

¹⁹ In der Wiederholung (Anlage 6) erfolgte die Steinkleerernte zum einen im Juli mit folgendem Phaceliaanbau als Gründüngung (Abb. 2). Zum anderen wurde ein Teil der Fläche vor der Blüte im Juni geerntet und der Wiederaufwuchs im Herbst ermittelt – der lückige, unkrautreiche 2. Schnitt mit einem hohen rohfaserreichen Anteil an Stoppeln des 1. Schnitts erbrachte 29 dt TM/ha bei 41 % TM.

²⁰ Am 22.05.2013 wurde ein Bodendeckungsgrad mit 90 % für Wickroggen (40 % Winterroggen und 50 % Wicke) und am 10.06.2013 Ertragsanteile von 74 % für Winterroggen zu 26 % für Wicke ermittelt - Quadratmeterschnitte n=4; Sortierung und Gewichtsbestimmung.

²¹ WR: Sorte Conduct (75%), Winterwicke: pannonische Wicke Sorte Detewicka (10%), Wiesenschwingel Sorte Lifara (15%)



Fruchtfolge 5 (2013-15): Entwicklung Unkrautpotenzial

2013:
Wickroggen

2013/14:
Gras bis März
2014

Juli 2014: Mais
nach Umbruch
Gras (Round up)

Juli 2015: Rüben

Der folgende Mais wurde nach einer notwendigen Roundup Behandlung angebaut. Bedingt durch die Vorfrucht Gras war das Saatbett Fruchtfolge 5 schlechter zu beurteilen als bei den ortsüblichen Maisanbauvarianten. Eine Folgeverunkrautung mit Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*) war im Mais wie auch in den Rüben (Anlage 5, 2015) zu beobachten (Deckungsgrade 20-30 %). Das ist offenbar der Hauptgrund für eine schlechtere Mais-Jugendentwicklung und ein signifikant geringeres Ertragsniveau (vgl. Tab. 6, vgl. Bewirtschaftung Anhang 5; Anhang 7). Die aufgrund der Anrechnung des Verbleibs von organischer Substanz durch die Reste des Weidelgrases (Wurzel+Aufwuchs) verminderte N-Düngung (100 statt 120 kg N/ha über Alzon 46) ist als Grund unwahrscheinlicher aber nicht auszuschließen. Die beschriebene Verunkrautung (vgl. Bild) war neben dem ungeeigneten Standort und der sehr trockenen Witterung in der gesamten Vegetation 2015 für die im Standortvergleich sehr geringen Rübenerträge in der geforderten Standardfruchtfolge 5 verantwortlich.

4) Wasserschutz

In der Fruchtfolge 14 wurde die Anbauoption Mais mit Untersaat²² praktiziert. Mit der optimalen Niederschlagsverteilung 2013 konnten sich beide Untersaaten im Mais flächendeckend entwickeln. Jedoch führte offenbar ein zusätzlicher Wasserentzug durch die Untersaaten zu einer geringeren Bestandeshöhe, eine höhere Krankheitsanfälligkeit/Befallsausprägung mit Beulenbrand im Vergleich zum Mais anderer Fruchtfolgen. Visuell wurden Wachstumsdepressionen (inhomogenere Bestände Blüte/Abreife) mit der Folge von verminderten TM-Erträgen und TM-Gehalten beobachtet (Tab. 6; vgl. EBEL & HEIERMANN 2014).

2014 konnte in der bestehenden Untersaat (Anlage 5 / Fruchtfolge 14) der Mais nicht erfolgreich etabliert werden. Geplant war die Bodenbearbeitung mit dem „strip-till Verfahren“. Ursachen sind dem Erfolgskontrollbericht zu entnehmen. Der Etablierungserfolg der Untersaat 2014 (Anlage 6 / Fruchtfolge 14) war unzureichend, so dass ein Ertragsniveau mit der ortsüblichen Variante erzielt wurde (Anhang 7). Ertragsdefizite traten vereinzelt bei einem höheren Unkrautanteil auf. Die Ergebnisse des Anbausystems Mais / Sonnenblumen mit Untersaaten können nur bedingt gewertet werden.

Zusammengefasst wird für die themenorientierten Fruchtfolgen nach drei/zwei Anbaujahren EVA 3 eingeschätzt:

In der Projektphase EVA 3 war das Ertragsniveau der ortsüblich gedüngten Fruchtfolge: Senf (Gd)/Mais-GP/ Grünschnittroggen-GP/ Sudangrasybride-GP/ Wintertriticale-GP/ Einj. Weidelgras-GP/ Winterroggen-Korn (FF 3) und der Gleichen mit Reduzierung der N-Düngung um 25 % (FF 12) identisch. Mais im Monoanbau (FF 11) konnte ca. um 2500 m³

²² Zwei Varianten im Vergleich: 3 Spuren mit 10 kg/ha Rotschwingel zwei Tage nach der Maisaussaat bzw. 4 Spuren mit 5 kg/ha 50% Dt. Weidelgras spät (Rasengenetik); 50% Dt. Weidelgras spät (Futtergenetik) - zwei Wochen nach Maisaussaat – diese Untersaaten dienen nur der Bodendeckung/Humusmehrung und nicht als Biogassubstrat

CH₄/ha Mehrertrag gegenüber Fruchtfolge 3 erbringen (Anlage 5), in der Wiederholung (Anlage 6) wurde das Vergleichsertragsniveau nicht erreicht. Fruchtfolgen mit Arten zur Erhöhung der Biodiversität und Verringerung des Anteils bzw. unterlassenem Anbau von C4-Gräsern (vgl. Fruchtfolge 13: Biomax-GD/Steinklee-GP/Steinklee-GP/Sonnenblume-GP/Winterroggen-Korn oder auch mit der Integration von Luzernegras (FF 4) bzw. Wickroggen (FF 5) waren kumulativ über die gesamte Fruchtfolge deutlich ertragsschwächer als die Standardfruchtfolge 3. Die Ertragsleistung ist nur im Zusammenhang mit der ökologischen und ökonomischen Leistung/Bewertung zu betrachten, dieses gilt insbesondere bei einer geringeren Intensität der Bewirtschaftung aufgrund weniger Fruchtfolgeglieder, der Einsparung von N-Dünger (Ökonomie, Treibhausgasminderung), Blühaspekt, etc. Nach drei bzw. zwei Anbaujahren kann bisher kaum eine Verallgemeinerung für die Region vorgenommen werden. Für die Bewertung der Fruchtfolgen „N-Reduktion“, „Maisanbau als Referenz“ und der „Steinkleeanbau“ sind drei Jahre (ohne vollständige Fruchtfolgerotation) nicht ausreichend.

3.3 WEITERFÜHRENDE PFLANZENBAULICHE ERGEBNISSE

3.3.1 ZWEIKULTURNUTZUNG

Am Standort Güterfelde wurden innerhalb der Fruchtfolgen des EVA-Projektes verschiedene Anbauoptionen mit Mais bzw. Sorghum bicolor x sudanense in Hauptfrucht- wie auch in Zweitfruchtstellung nach Grünschnittroggen (Ernte: Anfang bis Ende Ährenschieben ca. bis Mitte Mai) getestet. Des Weiteren ist der Anbau von Sorghum b. x s. nach Wintergerste (Ganzpflanzennutzung) als Stoppelsaat Mitte – Ende Juni geprüft worden (vgl. Anhang 9). Im Folgenden wird das Jahr 2015 mit den Vorjahren verglichen und somit achtjährige Ergebnisse zum Zweitfruchtanbau zusammengefasst.

2015 erzielte die Zweikulturnutzung innerhalb der Fruchtfolgen in den Kombinationen Grünschnittroggen/Mais 113 dt TM/ha und Grünschnittroggen/Sorghum b. x s. 135 dt TM/ha ein höheres Ertragsniveau als der Hauptfruchtanbau (Mais: 103 dt TM/ha bzw. Sorghum b. x s.: 92 dt TM/ha - vgl. Tab. 7). Die Ertragssumme (Erst- und Zweitfrucht) 2015 lag aber deutlich unter dem Mittel der acht untersuchten Jahre. Der Zweitfruchtanbau mit Sudangrashybriden war 2015 wie 2010 und 2012 erfolgreicher als der mit Mais. Gründe dafür sind die relativ langen Trockenperioden einerseits in der Jugendphase als auch in der Blüte, welche extreme Wachstumsdepressionen und eine heterogene, unzureichende Abreife mit Ertrags- einbußen bei Mais in Zweitfruchtstellung verursachten (vgl. Bild nächste Seite). Unter solchen Gegebenheiten scheinen die Sudangrashybriden ertragsstabiler zu sein. Bei beiden Anbauoptionen wurde im Mittel der Jahre ein Ertragsniveau von ca. 160 dt TM/ha (Summe Erst- und Zweitfrucht) erreicht (Tab. 7). Das entspricht einem Relativertrag von 106 % (Grünschnittroggen und Mais) bzw. 128 % (Grünschnittroggen und Sudangrashybride) gegenüber dem Hauptfruchtanbau.

Tabelle 7: Ertragsvergleich Hauptfrucht (HF) und Zweitfrucht (ZF), Güterfelde, EVA-Fruchtfolgeversuche, Überblick Mittel der Jahre (GS-Roggen = Grünschnittroggen)

Jahr	Art	Hauptfrucht (HF)		GS-Roggen		Zweitfrucht (ZF)			Zweitfruchtanbau (GS-Roggen + ZF)		
		dt TM/ha	rel. ¹	dt TM/ha	rel. ¹	dt TM/ha	rel. ¹	rel. ²	dt TM/ha	rel. ¹	rel. ³
2006	Mais	88	58	26	64	79	66	89	105	65	118
	Sorghum b.xs.	99	66	33	81	53	44	53	86	53	86
2007	Mais	192	126	30	74	148	123	77	178	111	93
	Sorghum b.xs.	153	101	48	121	137	114	89	185	115	121
2010	Mais	117	77	41	103	86	72	73	128	79	109
	Sorghum b.xs.	113	75	39	97	108	90	95	147	91	130
2011	Mais	166	109	42	105	134	112	81	177	110	107
	Sorghum b.xs.	143	94	56	139	114	94	80	169	105	119
2012	Mais	170	112	33	82	121	101	71	154	96	91
	Sorghum b.xs.	131	87	64	159	117	97	89	181	113	138
2013	Mais	177	117	69	172	153	127	86	222	138	125
	Sorghum b.xs.	115	76	69	172	116	96	101	185	115	161
2014	Mais	192	128	53	123	154	131	80	207	129	108
	Sorghum b.xs.	154	102	63	146	130	111	84	193	120	125
2015	Mais	103	69	51	118	62	52	59	113	70	109
	Sorghum b.xs.	92	61	56	130	79	67	86	135	84	147
Mittel	Mais	151	100	43	100	117	100	78	160	100	106
	Sorghum b.xs.	125	83	53	124	107	91	85	160	100	128

absolute Trockenmasse-Erträge in dt TM/ha – hier Mittel der Hauptfrucht andere Bezugsbasis (ohne 2005) gegenüber Tab. 5.1; 1) Relativertrag zum Versuchsmittel des Maisertrags (%); 2) Relativertrag im Vergleich des Ertrags der Fruchtart in ZF-Stellung zur HF-Stellung in %; 3) Relativertrag ZF-Anbau (Summe Ertrag Grünschnittroggen + Zweitfrucht) zum Hauptfruchtanbau;

Ob Haupt- oder Zweitfruchtanbau erfolgreicher sind, hängt vor allem von den aktuellen Niederschlags- und Temperaturverhältnissen in der Vegetationszeit ab (Wasserentzug der Winterzwischenfrucht, Jugendentwicklung, Trockenstress zur Blüte beim Mais, Kälteeinwirkung vor Ernte der Zweitfrüchte). Um höhere variable Kosten für den Mehraufwand des Zweitfruchtanbaus auszugleichen, sind aus ökonomischer Sicht Mehrerträge von 40-45 dt TM/ha notwendig (REUS & KORNATZ, 2011). Diese Größenordnung konnte 2012, 2013, 2014 und 2015 (Grünschnittroggen + Sorghum b. x s.) gegenüber Sorghum b. x s. Hauptfrucht sowie 2013 (Grünschnittroggen + Mais vergleichend zu Mais Hauptfrucht), aber nicht im Mittel der Jahre erreicht werden (Tab. 7).



Mais Ende August 2015 im Vergleich Hauptfrucht (HF) mit Zweitfrucht (ZF)

Sorte Adetas HF (S280)	Sorte LG 3216 HF (S260)	Zweitfruchtmais Sorte Salgado (S200)
Befruchtung, Kolbenentwicklung schlechter als Sorte LG 3216. stärkere Abreife Restpflanze	befriedigende Kolbenentwicklung. Abreife Restpflanze stärker als Vorjahre	zögernde Jugend- und Biomasseentwicklung
		späte und heterogene Blüte, sehr schlechte Kolbenentwicklung, späte unzureichende Abreife

Im Durchschnitt von fünf Jahren konnte mit der getesteten Anbauvariante Wintergerste (79 dt TM/ha) und der Stoppelsaat (Sommerzwischenfrucht) Sorghum b. x s. (91 dt TM/ha) mit der Gesamtsumme von 169 dt TM/ha (relativ 142 des Hauptfruchtanbaus der Sudangrashybride = 119 dt TM/ha – vgl. Anhang 9) überzeugen. Mit 50 dt TM/ha wurde der oben ausgewiesene Grenzwert des Mehrertrags erreicht. 2013 und 2014 wurden aufgrund der Witterung Optimalerträge von Wintergerste und folgender Sudangrashybride (Aussaat Mitte Juni) von gesamt 196 bzw. 221 dt TM/ha bei ausreichenden TM-Gehalten der Sudangrashybride von 32-33 % erzielt. Im Gegensatz dazu keimte aufgrund extremer Trockenheit 2010 das Saatgut erst fünf Wochen nach der Aussaat, was zu sehr geringen Erträgen (ca. 40 dt TM/ha) bei einem niedrigen TM-Gehalt von ca. 20 % führte. Diese Anbauoption ist sehr witterungsabhängig und es besteht ein hohes Risiko einer ausreichenden Etablierung bei Trockenheit, Ertragsunsicherheit und unzureichenden TM-Gehalten zur Ernte (eingeschränkte Transport- und Silierwürdigkeit). Aus ökonomischer und ökologischer Sicht ist diese Anbaufolge unsicher und wird bisher nur bedingt auf den sandigen und zur Frühjahrs- und Sommertrockenheit neigenden Standorten empfohlen (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013). Allerdings traten 2015 bei Mais Zweitfrucht nach Grünschnittroggen ähnlich niedrige TM-Gehalte von 20 % auf (s.o., Anhang 7), während bei der Sudangrashybride nach Wintergersten-Ganzpflanzennutzung sogar das untere TM-Gehaltsoptimum von 28 % bei gleichen Ertragsniveau erzielt wurde (vgl. Anhang 9; gute Niederschlagsverteilung im Juni nach der Aussaat). Weitere mehrjährige Untersuchungen sind insbesondere zur Anbaufolge Wintergerste/Sudangrashybride im Vergleich zum Haupt- bzw. Zweitfruchtanbau nach Grünschnittroggen notwendig.

Die Zweikulturnutzung sollte aus Sicht der Ertragsleistung und Ökonomie den Standorten mit besserer Bodenbonität (AZ > 40) und sichererer Wasserverfügbarkeit vorbehalten bleiben. Der Grünschnittroggen ist in Abhängigkeit des Aussaatzeitpunktes der Nachfrucht zu ernten. So kann bei einer späteren Aussaat der Zweitfrucht Sudangrashybride (Bodentemperatur > 14 °C) der Grünschnittroggen innerhalb einer Woche noch Ertragszuwächse erbringen (2011, 2012, 2014) gegenüber dem Anbausystem Grünschnittroggen +

Mais mit Aussaatziel der Zweitfrucht Mitte Mai. Hier sind Maissorten früher Reifegruppen mit einer zeitigeren Abreife im Vorteil, um Ertragseinbußen folgender Winterungen zu begrenzen (s. u.). So bedingen Anbausystem und Sorte die Ertragsunterschiede zwischen Mais in Haupt- und Zweitfruchtstellung (Tab. 7).

Bei Zweitfrucht- und Zwischenfruchtnutzung mit Mais oder Sorghum bzw. späte Sorten in Kombination mit ungünstiger Witterung (insbesondere bei Mais S 280 oder Sorghum bicolor Typen = Futterhirse) existiert ein hohes Risiko einer verzögerten Abreife mit unzureichenden TM-Gehalten zur Ernte. Das führt zu Saatzeitverschiebungen der Nachfrucht mit Ertragsverringerungen (Bsp. Winterroggen Korn 20 % bei zweiwöchiger Saatzeitverspätung bzw. 40 % bei vierwöchiger Saatzeitverspätung – vgl. EBEL et al., 2013). Folgt keine Winterung, ist fruchtfolgebezogen der Sommerzwischenfruchtanbau zur Gründüngung in Wirtschaftlichkeitsüberlegungen einzubeziehen, da die Fruchtfolgen in der Regel einen hohen Anteil Humuszehrer aufweisen.

3.3.2 GANZPFLANZEN-GETREIDEPRODUKTION

Am Standort Güterfelde, der den Boden-Klima-Raum „trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes“ und das Brandenburger Landbaugebiet III repräsentiert, liegen neben den EVA-Fruchtfolgeversuchen seit 2005 Erfahrungen aus weiteren Versuchen zum Ganzpflanzengetreideanbau für den Kosubstrateinsatz in Biogasanlagen vor (vgl. Abschnitt 3.1). Hier sind die Versuche mit den Faktoren Erntezeitpunkt und Fungizideinsatz (2007 und 2008 – vgl. EBEL, BARTHELMES, ADAM 2009) und das Ganzpflanzengetreideprojekt im Zeitraum von 2008 bis 2011 zu nennen. Im Folgenden werden die Erfahrungen und Ergebnisse dieser seit 2005 laufenden Untersuchungen mit denen der Versuchsjahre 2011/12, 2012/13, 2013/14 des Projektes „Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion“ inklusive der Untersuchungsschwerpunkte Saatzeit/Saatstärke, N-Düngung und Untersaaten zusammenfassend gewertet²³.

Jahresvergleich: Mit einem Trockenmasseertrag von 118 bzw. 124 dt/ha lagen die Wintergetreideganzpflanzenerträge 2013 bzw. 2014 witterungsbedingt deutlich über dem Mittel von 2012 (74 dt TM/ha) und dem mehrjährigen Mittel des Standortes für Wintergetreide von 89 dt TM/ha. 2013 und 2014 konnten die höchsten Getreide-GP-TM-Erträge am Standort erzielt werden. 2014 lagen diese mit durchschnittlich 124 dt TM/ha über denen der Fruchtfolgeversuche (84 bis 102 dt TM/ha; vgl. Abschnitt 3.1).

TM-Gehalte: Die Ganzpflanzenernte 2013 erfolgte wie 2010 witterungsbedingt ca. 14 Tage später als in den Vorjahren. Durch die günstige Niederschlagsverteilung im Mai/Juni 2013 bzw. Mai 2014 wurde der optimale TM-Gehaltsbereich (28-35 %) zur Ernte eher eingehalten als 2012 (lange Trockenheit im Mai).

Arten: Folgende TM-Ertragsrelation zwischen den Arten (Spanne Prüfglieder) ergab sich 2014...

Winterroggen	=	Artengemenge WR/WT	≥	Wintertriticale	Mittel
126 (108...134)	=	126 (91...139)	≥	118 (83...125)	124 dt TM/ha
102 %		102 %		96 %	100 %

...die somit ähnlich der von 2013...

Winterroggen	=	Artengemenge WR/WT	≥	Wintertriticale	Mittel
121 (90...129)	=	119 (86...131)	≥	115 (84...127)	118 dt TM/ha
103 %		101 %		97 %	100 %

...entgegen der von 2012 waren:

Winterroggen	>	Artengemenge WR/WT	>	Wintertriticale	Mittel
88 (59...115)	>	77 (57...96)	>	56 (36...84)	74 dt TM/ha
119 %		104 %		76 %	100 %

Die Ertragsrelationen 2013/14 und 2012 weichen etwas voneinander ab, bestätigen aber die Erfahrungen der Jahre 2006 bis 2008 am Standort Güterfelde. Wintertriticale erzielte trotz der feuchten Frühjahre 2013 und 2014 keine Ertragsvorteile gegenüber Winterroggen, d. h. die Ertragsrelation der Jahre 2009 und teilweise 2010: Artengemenge WR/WT ≥ Wintertriticale > Winterroggen (vgl. EBEL & BARTHELMES 2012) wurde nicht bestätigt.

²³ Projekte der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. finanziert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: „Optimierung des Anbauverfahrens Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogaserzeugung“ FNR – FKZ: 22012908 (2008-11), Teilversuche: Arten und Sorten; Fungizid-; Herbizideinsatz; „Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion“ FNR – FKZ: 22016811 (2012-14) - vgl. <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22012908.pdf> bzw. [/22016811.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22016811.pdf)

Aus allen in Güterfelde seit 2005 durchgeführten Versuchen wurden für die Getreidearten folgende durchschnittliche Ganzpflanzen-TM-Erträge ermittelt²⁴:

WR/WT: 95 dt TM/ha (Spanne aller Prüfglieder: 57...139; 2009-2014)
 Winterroggen: 91 dt TM/ha (Spanne aller Prüfglieder: 59...134; 2007-2014)
 Wintertriticale: 83 dt TM/ha (Spanne aller Prüfglieder: 36...137; 2006-2014)
 Wintergerste: 76 dt TM/ha (Spanne aller Prüfglieder: 58...124; 2009-2011/13/14)
 Sommergetreide: 55 dt TM/ha (Spanne aller Prüfglieder: 22...89; 2005/06; 09-11)

Saatzeit: Im Vergleich der Saatzeit lag das dreijährige Ertragsmittel der Arten für die frühe Aussaat (14.09. bis 21.09.) bei 117 dt TM/ha. Bei einem späteren Saattermin (08.10. bis 12.10.) traten innerhalb von 20 Tagen signifikante Mindererträge von 16 % (= 98 dt TM/ha) gegenüber der frühen Aussaat auf (vgl. Abb. 3). Diese Ertragseinbußen variierten aber in den Jahren witterungsbedingt von 2 % (2014 – nicht signifikant), 12 % (2013 - signifikant) bis zu 40 % (2012 – signifikant)²⁵.

Saatstärke: Für die reduzierte Saatstärke (Winterroggen 175 statt 220/265 bzw. Wintertriticale 240 statt 300/360 keimfähige Körner/m²) wurden bei der frühen Saatzeit (14.09 bis 21.09.) keine Effekte und bei der späten Saatzeit (08.10. bis 12.10.) signifikant geringere Erträge ausgewiesen. Eine Steigerung der Saatstärke auf 120 % erbrachte im Mittel der drei Jahre keinen Ertragsvorteil.

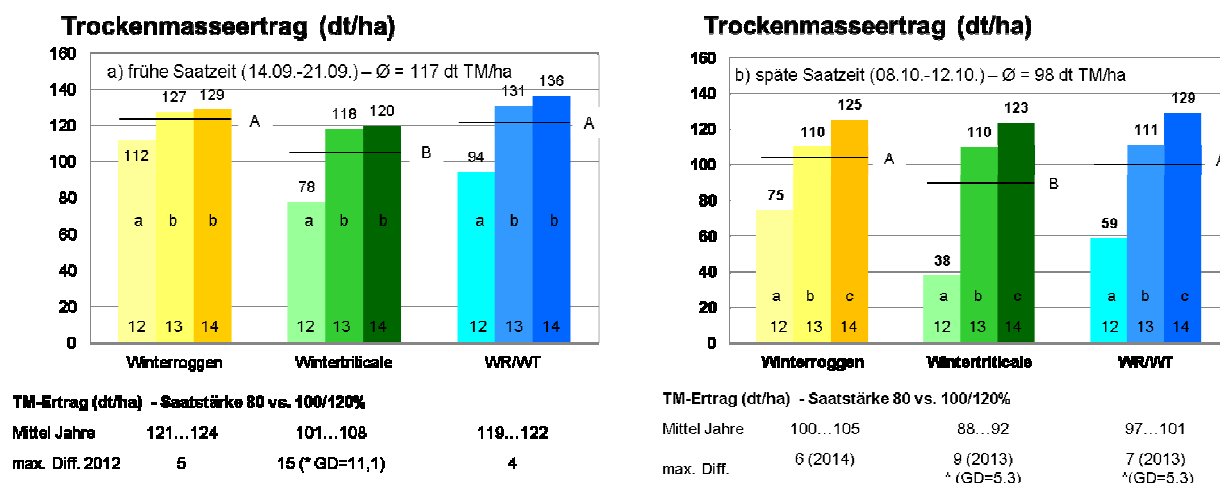


Abbildung 3: Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion Teilversuch 1 „Saatzeit und Saatstärke“ – TM-Erträge (dt/ha) 2012 – 2014; Güterfelde;
 a) frühe Saatzeit (14.09. bis 21.09.), b) späte Saatzeit (08.10 bis 12.10)
 (Grenzdifferenz (GD) bei $\alpha=5\%$ - LSD Test (signifikante Unterschiede mit unterschieden Buchstaben gekennzeichnet – Verfahren: Multiple Sample Comparison)

N-Düngung: Ohne N-Düngung waren Ertragseinbußen im dreijährigen Mittel von 34 bis 39 % und variantenbezogen bis zu 50 % (Wintertriticale 2012) zu verzeichnen (Abb. 4). Diese Größenordnung wird allgemein in der Literatur für andere Produktionsrichtungen ebenfalls angegeben. Bei reduziertem N-Aufwand (70 % Düngungsmenge = 70-75 kg N/ha in 2 Gaben mit Kalkammonsalpeter = KAS) traten 5 % (Winterroggen – nicht signifikant) bis zu 9 % geringere Erträge (Wintertriticale, Artenmischung - signifikant) gegenüber der ortsüblichen Variante auf. Der Erfolg der Alzondüngung hängt maßgeblich von einem zeitigeren Ausbringungstermin im Vergleich zu KAS ab. Allerdings ist das sehr stark von der Befahrbarkeit und demzufolge von der Witterung im Zeitraum Mitte Februar/Anfang März abhängig.

²⁴ Spanne gilt für entsprechenden Zeitraum; Mittelwert extrapoliert um Jahre mit fehlendem Anbau - Winterroggen (2006), Artenmischung (2006-08), Wintergerste (2006-08 und 2012) mit Relativwerten von vergleichbaren Jahren mit ähnlicher Witterung im Zeitraum des Biomassewachstums (April-Mai)
²⁵ in einzelnen Varianten 2013 bis zu 18 % bzw. 2012 bis zu 50 % Ertragsminderung bei späterer Aussaat

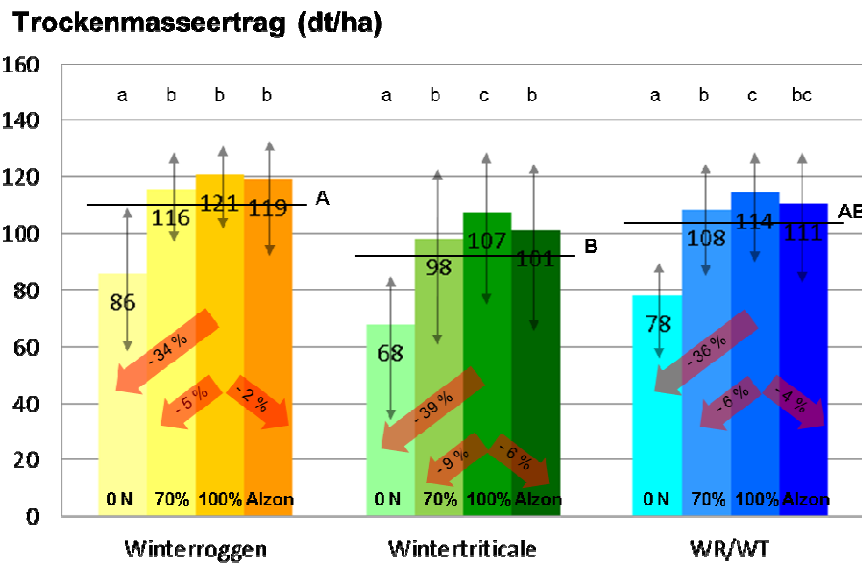


Abbildung 4: Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion
 Teilversuch 2 „N-Düngung“ – TM-Erträge (dt/ha) Mittel der Jahre 2012 – 2014; Güterfelde; Pfeile kennzeichnen die Jahresunterschiede (Grenzdifferenz (GD) bei $\alpha=5\%$ - LSD Test (signifikante Unterschiede mit differenten Buchstaben gekennzeichnet – Verfahren: Multiple Sample Comparison)

Untersaaten: Die Untersaaten konnten sich zum einen 2012 durch das trockene Frühjahr nur sehr zögernd bzw. 2013 durch das sehr späte Frühjahr gar nicht etablieren. Nur die Variante mit Knautgras in der Herbstsaat entwickelte sich flächendeckend in den geprüften Versuchsjahren und kann bedingt empfohlen werden (EBEL & BARTHELMES, 2014). Diese lückigen Untersaatbestände bzw. die optimale Niederschlagsverteilung Mai/Juni 2013 bzw. 2014 beeinflussten kaum den Ertrag des Ganzpflanzengetreides. Die Erntewürdigkeit der Untersaaten war eingeschränkt (vgl. EBEL et. al. 2015).

Sorten: Des Weiteren findet seit dem Versuchsjahr 2012/13 die Landessortenprüfung für Ganzpflanzengetreide (3 bzw. 4 Wintertriticale- und 6 Winterroggensorten) statt. Am Standort Güterfelde konnten signifikante Ertragsdifferenzen von 15 (2013) bis zu 20 dt TM/ha (2014) zwischen den Sorten sowie Schwankungen im TM-Gehalt von bis zu 4 % festgestellt werden (Abb. 5; vgl. BARTHELMES 2014).

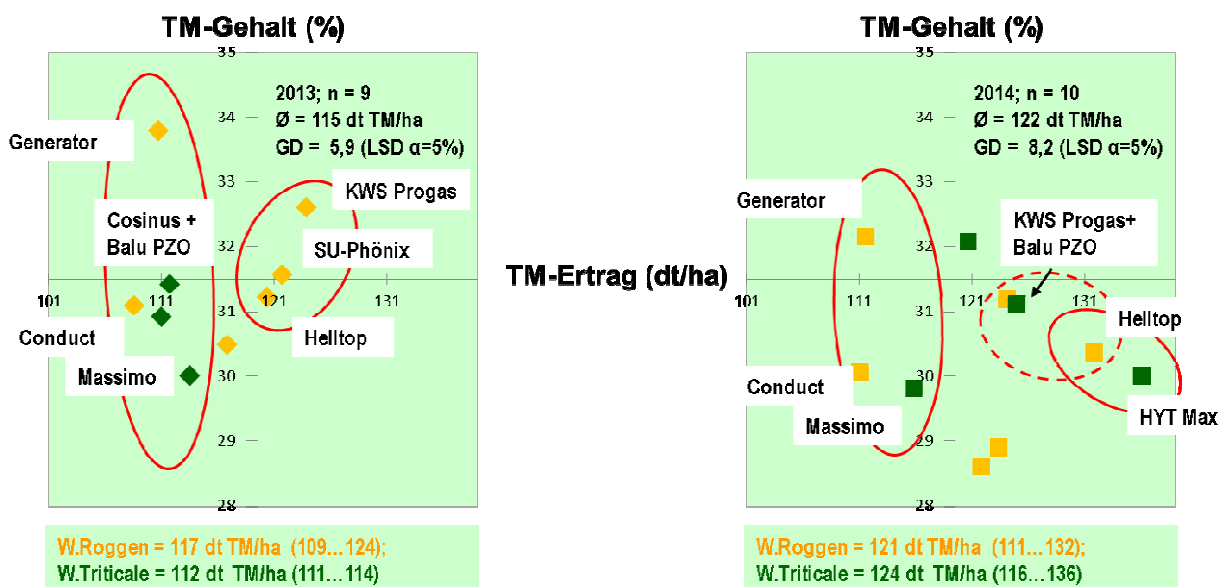


Abbildung 5: Landessortenversuche Ganzpflanzengetreide; Güterfelde; 2012/13 und 2013/14 – TM-Erträge (dt/ha) und TM-Gehalte

Derzeitige Empfehlungen für die Praxis (Diluviale Standorte Nordost-Deutschlands)

Das Ertragsniveau von Getreide-Ganzpflanzen liegt im Praxismittel zwischen 50...80 dt TM/ha. Bei anhaltender Trockenheit kann der TM-Gehalt in kürzester Zeit (3...5 Tage) den Optimalbereich (28-35/38%) gravierend überschreiten, d. h. das Anbau-/Erntemanagement ist noch im höheren Maße als beim Mais entscheidend für die Silierqualität. Wintergetreide, insbesondere Winterroggen, ist auf Grund der Ertragshöhe und -stabilität dem Sommergetreide vorzuziehen. Bei ausreichendem Wasserangebot im Längenwachstum kann Wintertriticale ein höheres Ertragsniveau als Winterroggen erreichen (2009), was allerdings für 2013 bzw. 2014 nicht zutrifft. Fehlt Wasser in dieser Periode, zeigt hingegen Winterroggen deutliche Ertragsvorteile auf diluvialen Standorten (z. B. 2008; 2012). Artenmischungen aus Winterroggen/-triticale können die Nachteile einer Art ausgleichen²⁶.

Für die Ganzpflanzennutzung sind ebenso wie für die Körnernutzung die optimalen Getreideaussattermine einzuhalten (Grünschnittroggen und Wintergerste: 15. bis 25.09., Winterroggen und -triticale: 15.09.-05.10. bzw. für bessere Böden, d.h. Ackerzahl >40 Winterweizen 20.09.-10.10.). In Abhängigkeit von der Fruchtfolge, Arbeitskapazität und Bodenbearbeitung ist die Aussaat bis Ende September anzustreben, um saatzeitbedingte Ertragsverluste zu vermeiden. Derzeitig werden noch folgende Aussaatmengen für die diluvialen Standorte Nordostdeutschlands empfohlen: Winterroggen = ca. 220, Grünschnittroggen und -triticale = ca. 300, Wintergerste = ca. 320, Winterweizen = ca. 350 Körner/m². Mit den vorliegenden Ergebnissen zeigt sich auch für die Ganzpflanzengetreideproduktion die Tendenz, dass bei frühen Aussatterminen Mitte September mit einer reduzierten Saatstärke von 80 % das gleiche Ertragsniveau der ortsüblichen Variante erreicht werden kann, das entspricht für Winterroggen = ca. 175 bzw. Wintertriticale = ca. 240 Körner/m².

Durch die frühere Ernte des Ganzpflanzengetreides können abweichende Bewirtschaftungsstrategien gegenüber dem Körnergetreideanbau zur Kostenersparnis beitragen. Je nach Standort und aktueller Witterungssituation kann unter Umständen auf Fungizidmaßnahmen und Wachstumsreglereinsatz verzichtet bzw. verminderte Aufwandmengen eingesetzt werden. Eine Herbizidbehandlung im Herbst ist dagegen in jedem Falle empfehlenswert.

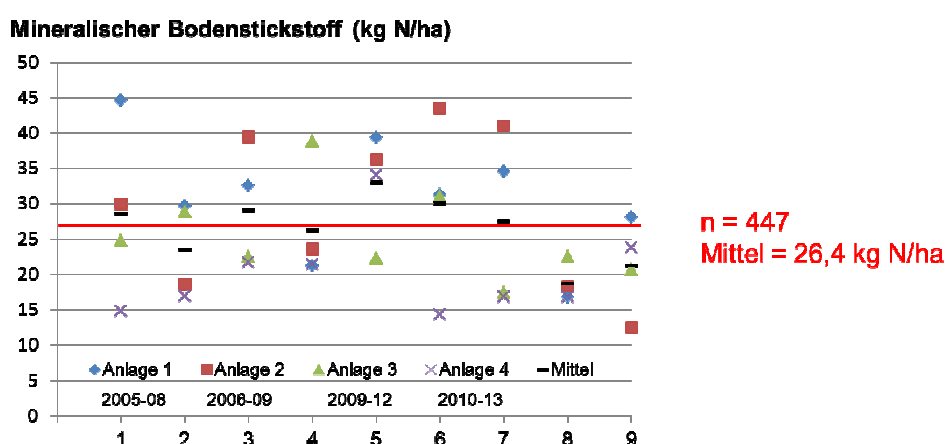
Wird die Nutzungsrichtung (Ganzpflanzen- versus Marktfruchtgetreide) anhand der Entwicklung des Marktpreises ausgerichtet (Wahrung der Flexibilität), sind die standortüblichen Behandlungsmaßnahmen durchzuführen. Günstig ist eine Sorte mit kombinierten Eigenschaften im Ganzpflanzen- wie auch im Körnerertrag, mit entsprechender Standfestigkeit und geringer Krankheitsanfälligkeit. Die besten Hybridroggensorten erzielten in Landesortenversuchen auf nordostdeutschen Diluvialstandorten zweijährig höhere TM-Erträge als Populationsroggen und die geprüften Wintertriticalesorten. Wird gezielt Ganzpflanzengetreide angebaut sind der Ertrag und das Einhalten des TM-Gehaltsoptimums von 28 bis 35/38% die entscheidenden Kriterien der Sortenwahl.

Detaillierte Ergebnisse zu den Schwerpunkten Ganzpflanzengetreide, Saatzeit/-stärke, N-Düngung und Untersaaten sind dem Bericht (EBEL & BARTHELMES, 2014 in: <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22016811.pdf>) zu entnehmen. Vorläufige Empfehlungen für die Einordnung des Ganzpflanzengetreides in Fruchtfolgen für die trocken-warmen diluvialen Böden des ostdeutschen Tieflandes unter der Berücksichtigung des Zwischenfruchtanbaus bzw. Untersaaten sind in EBEL et. al. 2015; vgl. Bericht Satellitenprojekt „Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau“ enthalten. Weitere Ergebnisse zum Ganzpflanzengetreideanbau des Standorts Güterfelde sind dem Bericht (vgl. www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22012908.pdf) bzw. der FNR-Broschüre „Energiepflanzen für Biogasanlagen – Land Brandenburg“ zu entnehmen.

²⁶ Ertragsstabilisierung durch Winterroggen in Trockenstressperioden bei höherer Empfindlichkeit von Wintertriticale; höhere Erträge durch Wintertriticale bei überdurchschnittlicher Niederschlagsversorgung in der Vegetationsperiode

3.4 MEHRJÄHRIGE BEWERTUNG DES MINERALISCHEN BODENSTICKSTOFFS IM FRUCHTFOLGEVERGLEICH

In den EVA-Fruchtfolgen wurden generell zu „Vegetationsbeginn“ (Mitte Februar bis Mitte März), nach jeder Ernte und zum „Vegetationsende“ (November) Bodenproben in den Schichten 0-30, 30-60 und 60-90 cm entnommen und der mineralische Bodenstickstoff (Nitrat-N und Ammonium-N) analysiert. Für den Zeitraum 2005-2013 wurden ca. 450 Nmin-Werte (0-90 cm) für die neun Fruchtfolgen/Anbausysteme zusammengefasst (Abb. 6; vgl. EVA 1+2 Anhang 4). Dabei betrug der Durchschnitt aller Werte 26 kg Nmin/ha und das Mittel der jeweiligen 4 Rotationen variierte in den Fruchtfolgen von 19...33 kg Nmin/ha. Zwischen den vier Rotationen streute der mittlere Boden-Nmin, so dass mit dieser Herangehensweise keine gesicherte Bewertung im Vergleich der Fruchtfolgen möglich ist. Festzuhalten bleibt, dass im Vergleich aller Fruchtfolgen maximal eine Menge von 45 kg Nmin/ha als Mittel über eine Rotation (FF 1 – Abb. 8.1) ermittelt wurde.



N-Düngung kg N/ha*a	137	123	138	88	77	108	98	111	115	110
N-Ertrags- wirkung ¹⁾	82	87	79	93	110	100	98	87	99	93
N-Bilanz kg N/ha	2	0	-7	9	-1	3	-4	-5	-23	-3

¹⁾ kg TM/kg N*ha*a

Abbildung 6: Nmin-Mengen (kg N/ha) in 0-90 cm der 9 Fruchtfolgen, Güterfelde, jeweils Mittel der Rotationen (= Anlagen; eine Rotation bestehend aus verschiedenen Fruchtarten in einer Anbauperiode von 4 Jahren)

Die N-Düngung erfolgte nach guter fachlicher Praxis und regionalspezifischer Empfehlungen (nach Entzug, Anrechnung der Vorfrucht, Berücksichtigung Frühjahrs-Nmin, ...). Diese wies in Abhängigkeit einer reduzierten oder unterlassenen N-Düngung für bestimmte Fruchtarten (z. B. für Luzernegras) oder Fruchtfolgen mit Zweitfruchtanbau (z.B. FF 3) eine Spanne von 77...138 kg N/ha und Jahr und Fruchtfolge auf. Im Zusammenhang mit den Erträgen ist eine „N-Ertragswirkung des eingesetzten Stickstoffes“ ermittelbar. So werden bei einem Einsatz von 1 kg N/ha und Jahr ein Ertrag von ca. 0,8 bis 1,1 dt TM/ha in den Fruchtfolgen erzeugt (Abb. 6). Wird der N-Saldo ermittelt aus der N-Düngung, der N-Fixierung durch Leguminosen als Zufuhrgrößen und der N-Entzug bei der Ernte als Abfuhrgröße²⁷, liegen die N-Bilanzen deutlich unter dem Grenzwert < 60 kg N/ha und sind für die Fruchtfolgen z.T. negativ. Hieraus ließe sich die Frage ableiten, ob eine höhere N-Versorgung für bestimmte Fruchtfolgen zu überlegen ist.

²⁷ Stroh und Arten für die Gründüngung verbleiben im System – daher wird der entzogene N nicht als Abfuhrgröße betrachtet

Wird die Abbildung 6 ergänzt mit den Maximal-Nmin-Werten (58...186 kg Nmin/ha), die in dem Untersuchungszeitraum festgestellt wurden (Abb. 7) und alle Werte bei einer Nmin-Menge > 50 kg N/ha zusammengefasst, liegen 13 % aller Werte über dieser „Grenze“. Zwei Prozent aller Werte überschreiten die Schwelle von 100 kg N/ha. Die Schwankungen zwischen den Fruchtfolgen sind hier sicher deutlicher zu erkennen (Abb. 8.2 zu Abb. 8.1), für eine Bewertung allerdings noch unzureichend.

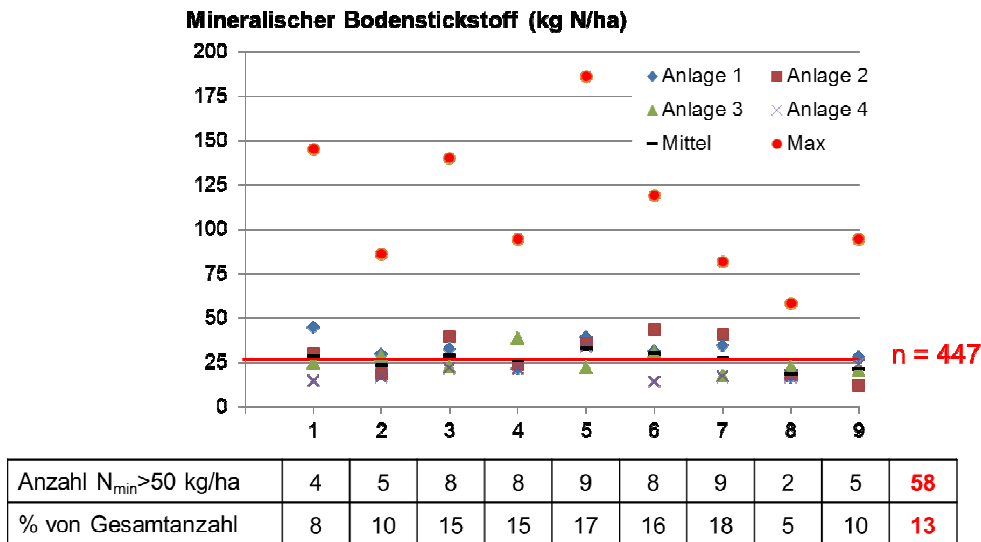


Abbildung 7: Nmin-Mengen (kg N/ha) in 0-90 cm der 9 Fruchtfolgen, Güterfelde, jeweils Mittel der Rotationen (Anlagen) und Maximalwerte

Am ehesten ist ein objektiver Fruchtfolgevergleich des Parameters Boden-Nmin nach dem letzten einheitlichen Fruchtfolgeglied Winterroggen-Korn zu erwarten. Für das Beispiel der Anlage 1 wurden 2008 nach der Winterroggenernte erhöhte Nmin-Werte z.T. > 50 kg N/ha in der Schicht 0-30 cm aufgrund witterungsbedingter geringerer Erträge (vgl. Anhang 7) und Nährstoffentzüge ermittelt (Abb. 8). Im Zeitraum August 2008 bis Anfang März 2009 kommt es in allen Fruchtfolgen zunächst zu einer Zunahme (Mineralisierung im Herbst) mit

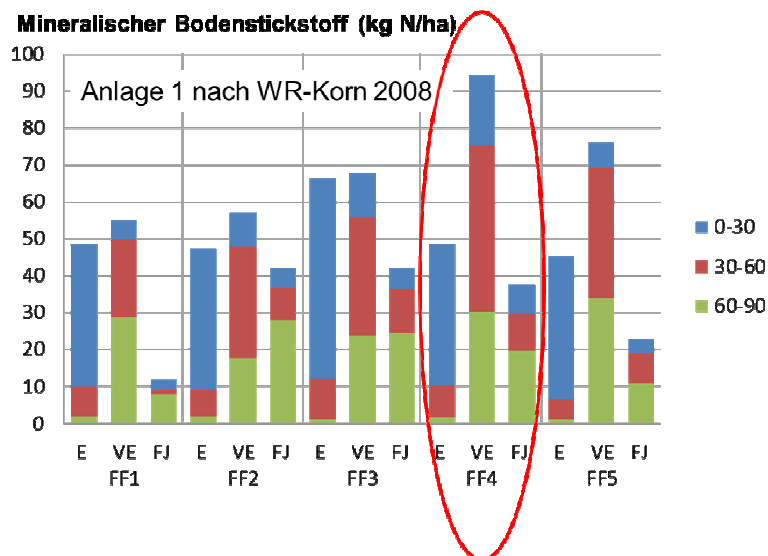


Abbildung 8: Nmin-Mengen (kg N/ha) in 0-30, 30-60 und 60-90 cm nach Winterroggen Korn 2008, EVA-Fruchtfolgen 1-5; Güterfelde; E = nach Ernte (30.07.2008); VE = „Vegetationsende“ (Mitte November 2008); FJ = „Vegetationsbeginn“ (04.03.2009)

Verlagerungen in unteren Bodenschichten, die sich bis zum Vegetationsbeginn fortsetzen. Auffällig ist der Boden-Nmin-Wert von > 90 kg N/ha zum Vegetationsende 2008 in der Folge Winterroggen nach Luzernegras (hier FF 4). Trotz des unterschiedlichen Nmin-Mengen-Niveaus (höhere Erträge/Entzüge in den Folgejahren) wurden Peaks 2009, 2012 und 2013 in der gleichen Fruchtfolgekonstellation erkennbar (Abb. 9, schraffierte Fläche).

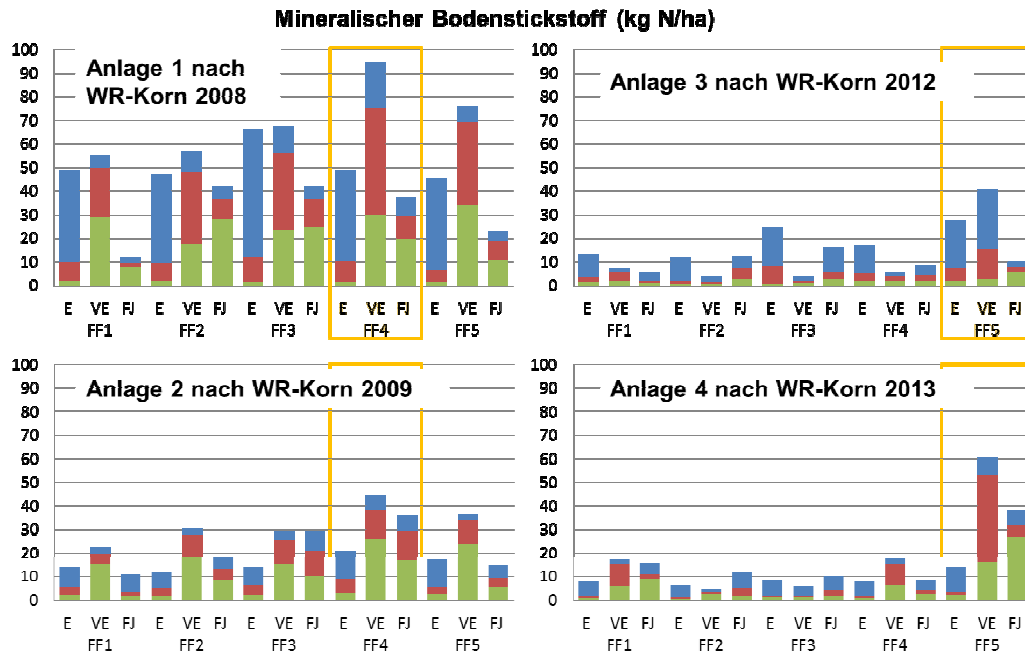


Abbildung 9: Nmin-Mengen in 0-30, 30-60 und 60-90 cm nach Winterroggen Korn – Vergleich der Anlagen, EVA-Fruchtfolgen 1-5; Güterfelde; E = nach Ernte; VE = „Vegetationsende“ (November); FJ = „Vegetationsbeginn“ (Mitte Februar bis Mitte März); Legende Farben und Schichten vgl. Abb. 8

Aus diesem Grund wird der Zeitraum Luzernegras/Winterroggen und Folgefrüchte für drei Jahre intensiver betrachtet (Abb. 10)²⁸. Nach der Haferernte 2009 waren trotz sehr guter Erträge sowie dem für die Fruchtart geringeren ortsüblichen Düngungsniveau im Vergleich zum Wintergetreide (80 statt 120 kg N/ha) deutlich höhere Werte vorhanden (Abb. 10).

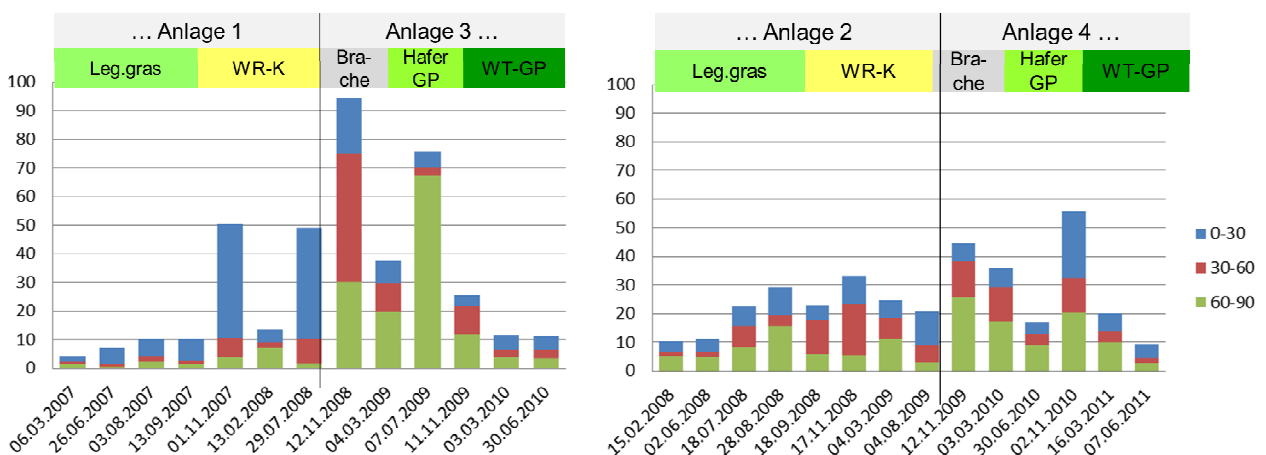


Abbildung 10: Nmin-Mengen (kg N/ha) in in 0-30, 30-60 und 60-90 cm; Güterfelde Beispiel Fruchtfolge 4/5 – rechts: 2007-10 und links: 2008-11

²⁸ Fruchtfolgewechsel 4 und 5 zwischen EVA 1 (Anlage 1+2) und EVA 2 (Anlage 3+4) beachten aufgrund Vermeidung Luxusfruchtfolge (vgl. Anhang 4)

Durch das allmähliche Zersetzen der Leguminosenwurzeln (kumulativ durch das Winterroggenstroh) und das systemimmanente Wirken der Mikroorganismen treten offenbar zwei Jahre nach Umbruch noch erhöhte Nmin-Mengen auf. 2010 wird dieser Zusammenhang in abgeschwächter Form ebenfalls erkennbar.

Wird der Nmin-Verlauf über den Gesamtzeitraum 2005-2015 betrachtet, zeigen sich an den Beispielen der Fruchtfolgen 1 und 2 zum Teil extreme Peaks des Nachernte-Nmin, die witterungsbedingt sind und zunächst außerhalb des Einflussbereiches des Landwirts liegen (Abb. 11). Zum Beispiel sind das aufgrund der extremen Trockenheit in den Vegetationen 2006 und 2010 die sehr geringen Maiserträge (= verminderte Nährstoffentzüge bei Hauptfrucht – FF 1, wie bei Zweitfrucht FF 2) und die schon benannten Peaks 2008 beim Winterroggen. Allerdings gelten diese Zusammenhänge insbesondere für erhöhte Nmin-Werte nach der Ernte bzw. zum Vegetationsende sowie erhöhte Mengen in Bodenschichten unter 30 cm. Der Boden-Nmin in der oberen Bodenschicht im Frühjahr, welcher durch den Aufwuchs einer Zwischenfrucht (z. B. Senf Fruchtfolge 2) gespeichert werden konnte, ist für die Nachfrucht (hier Sudangras 2013) anzurechnen. Die mögliche Düngereinsparungs-menge ist positiv zu betrachten (Abb 11).

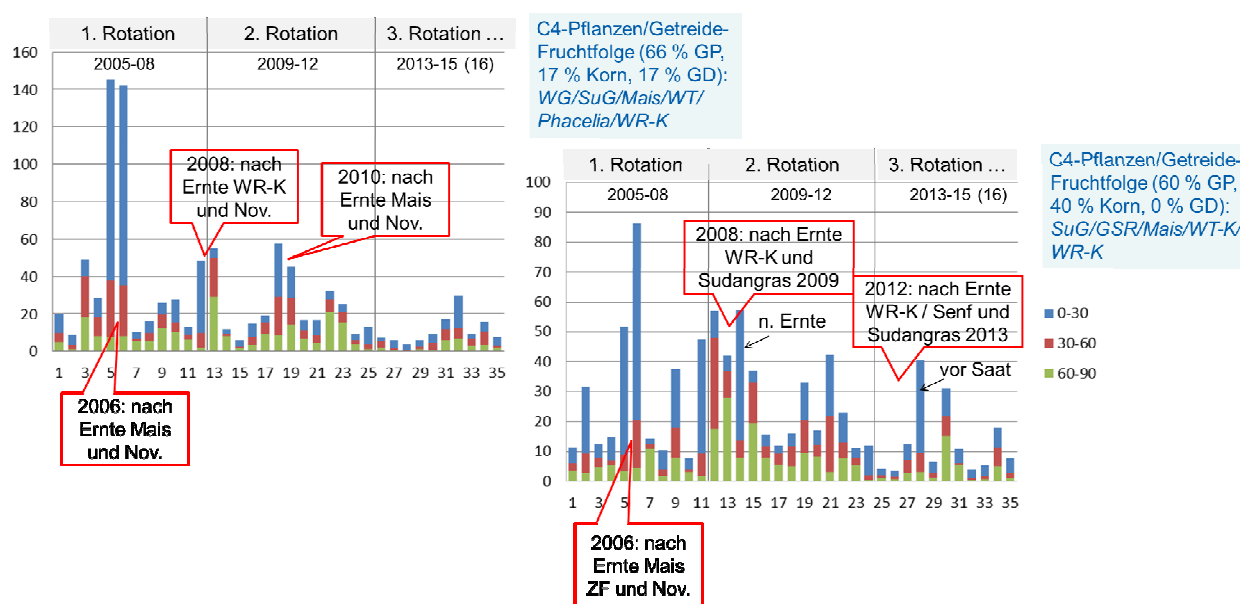


Abbildung 11: Mehrjährige Entwicklung des mineralischen Bodenstickstoffes (kg N/ha) am Beispiel der Fruchtfolge 1 (links) und 2 (rechts) in 0-90 cm; Güterfelde; 2005 bis 2015

Fazit: Mineralischer Bodenstickstoff

Eine ungünstige Witterung kann zu erhöhten Nachernte-Nmin-Mengen führen. Trotz gegen Null tendierender N-Bilanzen sind in verschiedenen Anbausystemen Zeiträume mit höheren Nmin Werten aufgetreten. In den gezeigten Beispielen war ein, zwei, ... Jahr(e) nach Umbruch von Leguminosen der mineralische Bodenstickstoff zu den Nachfrüchten systemimmanent erhöht. Für die in EVA 3 betrachtete Anbaufolge Luzernegras mit der Nachfrucht Mais (statt Luzernegras/Winterroggen) kann die Nmin-Entwicklung über mehrere Jahre nach Umbruch des Luzernegrases aufgrund der Einstellung der Versuche nicht mehr vorgenommen werden. Ohne Winterbegrünung wird der Boden-Nmin kaum entzogen und ist als Nitrat-N dem Verlagerungsrisiko ausgesetzt (vgl. Bericht Satellitenprojekt „Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau“). Neben den Faktoren: Standort, Düngung, Witterung, ... sind die Anbausysteme (Bodenbearbeitung/ Fruchtfolgen) stärker für die Bewertung des mineralischen Boden-N heranzuziehen. Die Bewertung einzelner Nmin-Daten ohne Betrachtung des Anbausystems ist fahrlässig. Trotz der z. T. negativen Bilanzen in Fruchtfolgen wird keine Erhöhung der N-Düngung für die sandigen Standorte NO-Deutschlands empfohlen (vgl. Abschnitt 3.2 – N-Reduktion und Abschnitt 3.3.2.).

4 ZUSAMMENFASSUNG

Im Teilprojekt 1 „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime (Land Brandenburg)“ des deutschlandweiten FNR-Verbundvorhabens EVA 3 (Laufzeit 2013 bis November 2015) wurden am Standort Güterfelde (lehmiger Sand, Ackerzahl 29 bis 33) durch das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. die Arbeiten fortgeführt (bis 2013 bearbeitet durch das Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung). Das betraf die seit 2005/06 bestehenden fünf Standard- (Standortvergleich), drei regionale sowie ab 2013 themenorientierte Fruchtfolgen (Biodiversität, Gewässerschutz, N-Reduktion) und die zusätzliche Anlage von 3 Fruchtfolgen (Vergleich aller Fruchtfolgeglieder in einem Jahr möglich - Risikoanalyse). Des Weiteren ist ab 2013 das Satellitenprojekt „Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau“ an fünf EVA-Standorten durch das ATB koordiniert und in Güterfelde bearbeitet worden (vgl. Extrabericht). Aus Sicht des Ertrags- und Biogaspotenzials sind Auswertungen von bis zu acht Fruchtfolgerotationen mit dem Stand 12/2015 vorgenommen worden (vgl. Abschnitt 3.2). Eine Gesamtbewertung inklusive der ökologischen und ökonomischen Parameter nach Ernte des letzten Fruchtfolgegliedes Winterroggen-Korn der EVA 3-Fruchtfolgen war mit dem Stand 12/2015 nicht möglich. Die Ergebnisse der Versuche in Güterfelde werden für die Region des Boden-Klima-Raums „Trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes“ mit folgenden Stichpunkten zusammengefasst. Weitere Informationen sind den Vorberichten (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013) und der Internetseite www.eva-verbund.de zu entnehmen.

Relation Ganzpflanzenertrag:

- Fruchtfolgen: Mais (153 dt TM/ha) > Sorghum bicolor (Futterhirse: relativ 90) > Sorghum bicolor x sudanense (b.x.s., Sudangrashybride: relativ 83) > andere geprüfte Arten (relativ <60),
- in Einzelfällen/Einzeljahre Sorghum > Mais (z.B. 2006) bzw. Ertragsgleichheit 2010/15 (vgl. Sorghumprojekt - MÄRTIN & BARTHELMES 2014)
- Ertragsrelation der Getreidearten: Winterroggen > Wintertriticale > Wintergerste > Sommergetreide, Ertragsvorteile bei Winterroggen gegenüber Wintertriticale insbesondere in Jahren mit unzureichender Wasserversorgung während des Längenwachstums,
- Wintertriticale kann in Jahren mit ausreichender Wasserversorgung im Frühjahr höhere TM-Erträge als Roggen erzielen, Artenmischungen aus Winterroggen/-triticale können die Nachteile einer Art ausgleichen und wiesen in einigen Jahren höhere Erträge als Winterroggen-Ganzpflanze auf (vgl. Abschnitt 3.3.2; EBEL & BARTHELMES 2014).

Jahresschwankungen im Ertrag:

- stark abweichende Jahreswitterungen mit Extremereignissen führten bei allen Pflanzen zu erheblichen Ertragsschwankungen (z.B. im Gesamtzeitraum seit 2005: Mais 85...192; Sorghum bicolor 104...183; Sorghum b. x s. 92...154; Wintergetreide 49...108 dt TM/ha),
- diese extremen Schwankungen sind für die Rohstoffbereitstellung zu berücksichtigen - Abschätzung einer möglichen Biomassezukaufsmenge in Niedrigertragsjahren (Anhaltspunkt für Mais in zwei von zehn Jahren Erträge unter 75 % des mehrjährigen Mittels),
- Sudangrashybriden (Sorghum b. x s.), Wintergerste und Grünschnittroggen ertragsstabiler als Mais (im direkten Vergleich geringere Jahresschwankungen) - entscheidend ist aber mehrjähriges Mittel – vgl. Abschnitt 3.1
- die Versuchsdaten der EVA-Fruchtfolgen wurden mit weiteren Versuchen der Region validiert und zusammen mit Praxisergebnissen gewertet (ca. 10 – 20 % Abschlag zu Versuchsdaten; vgl. Broschüre „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ - Teil Brandenburg).

Erntezeitpunkt – TM-Gehalt:

- **1. Ziel hohe TM-Ertragsleistung:** größere tägliche Ertragszunahmen (> 1,5 dt TM/ha) zeigten im Ernteabstand von 7-14 Tagen (z.B. Getreide Milchreife - Teigreife) je nach Jahreswitterung Luzerngras, Klee gras, Wintergetreide, Mais und Sorghum in Hauptfruchtstellung sowie Grünschnittroggen als Winterzwischenfrucht (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013),
- **2. Ziel: Einhalten des optimalen TM-Gehaltsbereiches von 28-35 %** (38 % für Getreide-Ganzpflanzennutzung) entscheidend für Transportwürdigkeit bzw. Silierfähigkeit,

- mit Mais ist dieser Bereich am ehesten einzuhalten,
- für **Sorghum** ist die sichere Abreife mit Erreichen des Mindest-TM-Gehaltes 28 % stark witterungs- und sortenbedingt, weniger artenbedingt
- für **Winter-** aber vor allem **Sommergetreide** (TM-Gehaltsanstieg bis 1,8 %/d ! in der Phase Blüte-Körnerentwicklung) - Risiko den optimalen TM-Gehaltsbereich innerhalb weniger Tage deutlich zu überschreiten – je nach Witterung sollte der Erntetermin vorgezogen werden (Ende Blüte – Anfang Milchreife statt Teigreife = Empfehlung aus der Literatur).

Zweitfrucht – Vegetationszeitausnutzung – Einfluss auf die Nachfrucht

- im Mittel von 8 Jahren erreichte die Folge Grünschnittroggen / Zweitfruchtmais einen Mehrertrag von ca. 6 %, die Folge Grünschnittroggen / Sudangrashybriden von ca. 28 % zum Hauptfruchtanbau (vgl. Abschnitt 3.3.1),
- aus ökonomischer Sicht sind Mehrerträge zum Hauptfruchtanbau von 40-45 dt TM/ha notwendig (REUS & KORNATZ, 2011) – für die Folge Grünschnittroggen / Sudangrashybriden in vier und für die Folge Grünschnittroggen / Zweitfruchtmais in nur einem von acht Jahren erreicht,
- bei Zweitfrucht- und Zwischenfruchtnutzung mit Mais oder Sorghum bzw. späte Sorten in Kombination mit ungünstiger Witterung existiert ein Risiko einer verzögerten Abreife mit unzureichenden TM-Gehalten zur Ernte – z. B. sehr schlechte Befruchtung Zweitfruchtmais 2015,
- das führt zu Saatzeitverschiebungen der Nachfrucht mit Ertragsverringerungen (Bsp. Winterroggen Korn 20 % bei zweiwöchiger Saatzeitverspätung bzw. 40 % bei vierwöchiger Saatzeitverspätung – vgl. EBEL et.al. 2013).

Methangasertrag: Mit der zunehmenden Anzahl an Batch-Gärtests von Proben der EVA-Fruchtfolgeversuche konnten Richtwerte für Methanausbeuten ermittelt werden (vgl. „Biogasmatrix – des Projektpartners Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.“ in PLOGSTIES, HERRMANN, IDLER, & HEIERMANN 2015). Danach wies jeweils in Hauptfruchtstellung Mais durchschnittliche Methanhektarerträge von ca. 4960 m³ CH₄/ha bezogen auf die organische Trockenmasse (= nach Abzug des Aschegehaltes) im Versuchszeitraum auf, gefolgt von Sorghum bicolor mit ca. 3880 m³ CH₄/ha, Sorghum b. x s. mit ca. 3580 m³ CH₄/ha, Luzernegras mit ca. 2400 m³ CH₄/ha, Wintergetreide mit 2300 m³ CH₄/ha. Bei weiteren getesteten Fruchtarten war der Methanhektarertrag < 40 % im Vergleich zu Mais (vgl. Abschnitt 3.1).

Mineralischer Bodenstickstoff

- eine ungünstige Witterung kann zu erhöhten Nachernte-Nmin-Mengen führen,
- trotz gegen Null tendierender N-Bilanzen sind in verschiedenen Anbausystemen Zeiträume mit höheren Nmin Werten aufgetreten (vgl. Abschnitt 3.4),
- in den gezeigten Beispielen waren in Fruchtfolgen mit Leguminosen ein, zwei, ... Jahr(e) nach Umbruch der Boden-Nmin zu den Nachfrüchten systemimmanent erhöht,
- ohne Winterbegrünung wird Boden-Nmin kaum entzogen und ist als Nitrat-N dem Verlagerungsrisiko ausgesetzt,
- neben den Faktoren: Standort, Düngung, Witterung, ... sind die Anbausysteme (Bodenbearbeitung/ Fruchtfolgen) stärker für die Bewertung des mineralischen Boden-N heranzuziehen,
- die Bewertung einzelner Nmin-Daten ohne Betrachtung des Anbausystems ist fahrlässig,
- trotz der z. T. negativen Bilanzen in Fruchtfolgen wird keine Erhöhung der N-Düngung für die sandigen Standorte NO-Deutschlands empfohlen.

Für die in EVA 3 betrachtete Anbaufolge Luzernegras mit der Nachfrucht Mais (statt Luzernegras/ Winterroggen) kann die Nmin-Entwicklung über mehrere Jahre nach Umbruch des Luzernegrases aufgrund der Einstellung der Versuche nicht mehr vorgenommen werden. Des Weiteren ist mit der vorzeitigen Beendigung der Versuche ohne der vollständigen Durchführung der laufenden Rotationen die ökologische und ökonomische Bewertung der Fruchtfolgen der Projektphase EVA 3 nur bedingt mit den abgeschlossenen Prüfgliedern möglich. Dieses kann aber erst im ersten Halbjahr 2016 erfolgen und wird mit der Gesamtbewertung zum Projektabschluss 08/2016 vorgenommen. Daher wird an dieser

Stelle auf die ökologische/ ökonomische Bewertung der Fruchtfolgen auf die Phasen EVA 1 und 2 verwiesen (vgl. Tab. 8).

Ökologische Bewertung: Mit der Bilanzierung nach VDLUFA werden für das Luzerne- und das Klee gras die höchsten Humussalden ausgewiesen. Eine positive Bilanzierung ergibt sich weiterhin für die Fruchtarten mit Kornnutzung - unter der Voraussetzung Stroh bleibt im System, für Mischungen mit großkörnigen Leguminosen, für den Zwischenfruchtanbau bzw. auch das Einjährige Weidelgras für die Verwertung als Ganzpflanze. Die anderen Pflanzenarten für die Gärsubstratbereitstellung, ohne Ausbringung von Gärresten unterstellt, werden negativ bilanziert. Mit einer unterstellten Gärrestdüngung verbessern sich generell die Humussalden. Auch wenn eine Gärrestdüngung angenommen wird, ist Mais aus Sicht der Humusbilanz als schlechteste Fruchtart mit negativen Salden zu bewerten, gefolgt von Sommer- und Wintergetreide, Sorghum sowie Sonnenblumen für die Ganzpflanzennutzung. Mehrjährige Ackerfuttermischungen in den Hauptnutzungsjahren und der Maisanbau wiesen die geringsten Treibhausgasemissionen je Einheit produzierte Energiemenge Methan, dagegen das Einjährige Weidelgras und Futterhirse als Stoppelsaaten (Sommerzwischenfrucht) sowie Topinamburkraut als Hauptfrucht deutlich höhere Werte auf. In der Energieeffizienz waren für die Ganzpflanzennutzung Mais, Sorghum b. x s. und Luzernegras als effektiv, dagegen die Fruchtarten Einjähriges Weidelgras, Topinambur sowie das Artengemenge aus Hafer, Erbse, Leindotter als ineffektiv bewertet worden.

→ Zusammenfassung Fruchtfolgen EVA 2 – vgl. Tab. 8 – Quellen.

Ökonomisch lassen sich aus den Daten eine Vorzüglichkeit des Körneranbaus von Winterroggen vor den Fruchtarten Mais für Ganzpflanzen- und Kornnutzung, Wintertriticale (Korn), Winterroggen, Sorghum b. x s. und Luzernegras jeweils Ganzpflanzennutzung für das Landbaugesamt III des Landes Brandenburg ableiten. Alle anderen Anbauoptionen erreichten nur z. T. unter günstigen Bedingungen positive Deckungsbeiträge. Auch für die ökonomische Risikostreuung (Ertragsausfall Mais – 2006 negative Deckungsbeiträge in Hauptfruchtstellung) sind neben den pflanzenbaulichen/ ökologischen Erfordernissen (z. B. phytosanitäre Wirkung, ganzjährige Bedeckung – Erosionsschutz, entgegenwirken Nährstoffverlagerung etc.) diversifizierte Fruchtfolgen notwendig.

→ Zusammenfassung Fruchtfolgen EVA 2 – vgl. Tab. 8 – Quellen.

Fruchtfolgebewertung - Empfehlungen

Fruchtfolgen mit Mais, Sorghum und Getreide für die Ganzpflanzennutzung (besonders Roggen) sind in Kombination mit dem Marktfruchtanbau unter den Bedingungen ostdeutscher Diluvialstandorte empfehlenswert. Aus Sicht der Humusreproduktion sind die Fruchtfolgen mit Pflanzen für die Gärsubstratbereitstellung zu kombinieren mit mehrjährigen Leguminosen-Grasgemengen sowie dem Marktfruchtanbau, bei dem das Stroh für die Humusreproduktion im System verbleibt. Die Gärreste sind entsprechend auf den Flächen auszubringen.

Empfehlung: Die Ergebnisse der getesteten Fruchtfolgen (vgl. Tab. 8) ergeben aus pflanzenbaulicher, ökonomischer und ökologischer Sicht die Empfehlung für die Landbauregion III Brandenburgs für die Fruchtfolgen:

→ „Typisch Roggen 3 – FF9“: Mais GP/Winterroggen GP/Grünschnittroggen GP/ Sorghum b. x s. GP/ Winterroggen-Korn;

→ „Typisch Roggen 2 – FF8“: Sorghum bicolor GP/Winterroggen-Korn/Mais GP/Winterroggen-Korn;

→ FF 6: Winterroggen GP/Senf GD/Mais-Korn/Sorghum b. x s. GP/Winterroggen-Korn

Aus dem bisherigen Kenntnisstand der pflanzenbaulichen, ökonomischen und ökologischen Ergebnisauswertung könnte als Kompromiss eine Fruchtfolge über 6 Jahre: Luzernegras (Ansaat August)/ Jahr 1: Luzernegras 1. Hauptnutzungsjahr (HNJ)/ Jahr 2: Luzernegras 2.HNJ/ Jahr 3: Mais GP (nach Umbruch Luzernegras im Frühjahr)/ Jahr 4: Winterroggen GP/ Senf GD/ Jahr 5: Sorghum GP/ Jahr 6: Winterroggen Korn/ für die Landbauregion III in Brandenburg empfohlen werden.

Bedingt zu empfehlen sind die getesteten Fruchtfolgen:

- Getreide/Luzernegras-Folge (FF 4) – aus ökologischer Sicht die beste (s. o.);
- C4-Pflanzen/Getreide-Folge mit 40 % Marktfruchtanteil (FF 2);
- C4-Pflanzen/Getreide-Folge mit 17 % Gründüngung (FF 1) – hier wirkt sich der Anbau von Sorghum b. x s. als Stoppelsaat eher nachteilig aus;
- Biodiversitätsfruchtfolge mit Erbsen-Korn und Sonnenblumen GP – z. T. von Vorteil (Humusbilanzen), die für die Region angepasst und in der Rotationsdauer verlängert werden sollten (Fruchtfolgen mit Luzernegras s.o.).

Nicht zu empfehlen:

- Als schlechteste Fruchtfolge ist aus Sicht der Methanproduktion und der ökologischen Indikatoren die Getreide/Winterraps-Folge (FF 5) zu bewerten.
- Trotz des relativ guten Methanertrages ist die Standardfruchtfolge 3: Mais GP/Grünschnittroggen GP/Sorghum b. x. s GP/Wintertriticale GP/E. Weidelgras GP/Winterroggen-Korn insbesondere durch das geforderte Weidelgras aus ökonomischer und ökologischer Sicht für die Landbauregion III in Brandenburg wie die erst genannte nicht zu empfehlen. Die getesteten Arten zur Auflockerung der Fruchtfolgen (Sommergetreide, Topinambur, Artenmischungen aus Hafer/Erbsen/Leindotter, Winterraps für die Biogassubstratnutzung) entsprachen in Ertrag bzw. Qualität, sowie aus ökonomischen und z. T. auch aus ökologischen Gesichtspunkten nicht den Erwartungen. Dieses trifft zunächst auch für die Sonnenblumen zu – hier wird allerdings erwartet, dass bei weiterer züchterischer Verbesserung das Anbauspektrum durch Biomassesonnenblumen in begrenztem Umfang erweitert werden könnte.

Themenorientierte Fruchtfolgen: In der Projektphase **EVA 3** war das Ertragsniveau der ortsüblich gedüngten Fruchtfolge: Senf (Gd)/Mais-GP/ Grünschnittroggen-GP/ Sudangrashybride-GP/ Wintertriticale-GP/ Einj. Weidelgras-GP/ Winterroggen-Korn (FF 3) und der Gleichen mit Reduzierung der N-Düngung um 25 % (FF 12) identisch. Mais im Monoanbau (FF 11) konnte ca. um 2500 m³ CH₄/ha Mehrertrag gegenüber Fruchtfolge 3 erbringen (Anlage 5), in der Wiederholung (Anlage 6) wurde das Vergleichsertragsniveau nicht erreicht. Fruchtfolgen mit Arten zur Erhöhung der Biodiversität und Verringerung des Anteils bzw. unterlassenem Anbau von C4-Gräsern (vgl. Fruchtfolge 13: Biomax-GD/Steinklee-GP/Steinklee-GP/Sonnenblume-GP/ Winterroggen-Korn oder auch mit der Integration von Luzernegras (FF 4) bzw. Wickroggen (FF 5) waren kumulativ über die gesamte Fruchtfolge deutlich ertragsschwächer als die Standardfruchtfolge 3. Die Ertragsleistung ist nur im Zusammenhang mit der ökologischen und ökonomischen Leistung/Bewertung zu betrachten, dieses gilt insbesondere bei einer geringeren Intensität der Bewirtschaftung aufgrund weniger Fruchtfolgeglieder, der Einsparung von N-Dünger (Ökonomie, Treibhausgasmindering), Blühaspekt, etc. Nach drei bzw. zwei Anbaujahren kann bisher kaum eine Verallgemeinerung für die Region vorgenommen werden. Für die Bewertung der Fruchtfolgen „N-Reduktion“, „Maisanbau als Referenz“ und der „Steinklee-anbau“ sind drei Jahre (ohne vollständiger Fruchtfolgerotation) nicht ausreichend.

Die Veröffentlichung von Teilergebnissen bzw. Gesamtauswertungen wurde in den Jahren 2013 bis 2015 in verschiedenen Publikationen, im Internet, in Broschüren, in Vorträgen und Postern etc. vorgenommen (vgl. Anhang 1). Umfassende Informationen der Vorgängerprojekte (auch Quellen - Öffentlichkeitsarbeit bis 2012) sind den Endberichten (vgl. EBEL & BARTHELMES, 2013), der Internetseite www.eva-verbund.de und der im EVA-Verbund erarbeiteten Broschüre „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ (Teil Brandenburg)²⁹ zu entnehmen. Eine weitere Öffentlichkeitsarbeit insbesondere zum „Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau“ ist geplant.

²⁹ Download bzw. Bezug:

www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22013008.pdf; [/22002305.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22002305.pdf)
<http://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/energiepflanzen/regionalbroschuren/energiepflanzen-fur-biogasanlagen-regionalbroschure-brandenburg.html> und www.eva-verbund.de

Tabelle 8: Zusammenfassung der Erträge, Deckungsbeitrag und der ökologischen Indikatoren im Mittel der 4 Anbaujahre, für den Projektzeitraum EVA 2 (Mittel Anlage 3 und 4) Fruchtfolgeversuch 2009 bis 2013, Standarderntetermin Güterfelde (Methoden und Quellen: vgl. vorherige Abschnitte und EBEL & BARTHELMES, 2013)

FF-Nr.	An-lage	Jahre	Fruchtfolgen	FF-Anteil in % Σ = 100%			TM-Ertrag dtha*a	CH ₄ -Ertrag m ³ /ha*a	DB €/ha*a	Humus-saldo kg C/ha*a	THG produkt-bezogen kg CO ₂ -Äq/GJ CH ₄ *a	THG flächen-bezogen tCO ₂ -Äq/ha*a	Energie-aufwand GJ/ha*a	Energie-effizienz	Sicker-wasser mm/a	Wasser-verbrauch mm/a	Brutvogel-habitat-index (4 Arten)	Fütter-habitat-index (3 Arten)
				GP	Korn	GD												
1	3	2009-12	C4-Pfl./Getreide (GP) WGSuGMais/WTPHacelia GDWR-K	66	17	17	119	2706	92	-73	7,9	2,7	24,4	3,5	165	379	1,69	2,56
4	2010-13	60		40	0	106	2025	117	-60	9,6	2,5	22,3	2,9	135	346	1,21	1,72	
2	3	2009-12	C4-Pfl./Getreide (K) SuGSuGMais/WT-KWR-K	83	17	0	114	2679	43	-46	8,0	2,8	25,1	3,4	120	368	1,58	2,19
4	2010-13	50		50	0	81	1165	151	-21	14,4	2,1	18,0	2,1	151	351	1,37	1,13	
3	3	2009-12	Getreide/Wi.Raps Hafer/WTi.Raps-KWR-K	75	25	0	82	1546	72	287	9,4	1,7	16,1	3,1	141	344	2,58	5,13
4	2010-13	40		40	20	130	1574	257	97	10,8	2,2	19,5	2,6	171	367	1,37	1,97	
5	3	2009-12	Getreide/Luzgras SG/Luzerngras/LuzerngrasWR-K	50	33	17	103	1997	84	2	8,1	2,0	19,8	3,2			1,41	2,50
4	2010-13	50		50	0	118	2217	369	-19	8,2	2,4	20,5	3,5	134	345	1,12	1,74	
6	3	2009-12	C4-Pfl./W.Roggen (GP+K) WR/Senf GD/Mais-K/SuGMWR-K	80	20	0	127	3024	249	-47	6,1	2,3	21,3	4,6	130	358	1,40	1,67
4	2010-13																	

Abkürzungen: FF = Fruchtfolge; GP = Ganzpflanze; K = Korn; GD = Gründüngung; DB = Deckungsbeitrag; THG = Treibhausgasemission; WG = Wintergerste; WR = Winterroggen; WT = Wintertriticale; GSR = Grünschnittroggen; SG = Sommergerste; SuG = Sudangrasybride; FuH = Futterhirse; Sobl. = Sonnenblumen; E: WG = Einjähriges Weidelgras;

Methoden und Quellen: EBEL, G.; G. BARTHELMES (2013): Ergebnisbericht – Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeversuch (EVA 2 - Land Brandenburg) In: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Verbundprojekt EVA 2 (FKZ: 22013008). Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dornburg und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gölzow.

HERRMANN, C.; M. HEIERMANN; C. IDLER; V. PLOGSTIES (2013): Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis. Schlussbericht des TP 4 (FKZ: 22013308) im Rahmen des Verbundvorhabens „EVA 2“, 87 S.

KORNATZ, P.; J. AURBACHER; J. DUNKEL (2013): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Verbundprojekt EVA 2. Teilprojekt 3: Ökonomische Begleitforschung (FKZ: 22013208)

GLEIMNITZ, M.; M. WILLMS; R. PLATEN; C. PETER; X. SPECKER (2013): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Verbundprojekt EVA 2. Teilprojekt 2: Ökologische Begleitforschung, Abschlussbericht.

Humussaldo Gärerückführung unterstellt (außer Fruchtfolge 5) nach VDLUFA untere Werte (Willms 2013)
Optimalbereich C: -75...+100 kg Humus-C/ha
erfolgt keine Gärerückführung in diesen Fällen dann ungünstiger bewertet (Saldogruppe A bzw. B)
Getreide/Luzerngrasfolge aufgrund hohen Humussaldo nach Ende der Rotation Wechsel (EVA1 = FF4; EVA2 = FF5; EVA3 = FF4)

positiv bewertet

negativ bewertet

5 LITERATUR

ANONYMUS (2008): Richtwerte für die Untersuchung und Beratung sowie zur fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung (DüV). Herausgeber: Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung des Landes Brandenburg.

ANONYMUS (2012): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Brandenburg. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, Juni 2012, 60 S.; <http://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/energiepflanzen/regionalbroschuren/energiepflanzen-fur-biogasanlagen-regionalbroschure-brandenburg.html>

BASERGA, U. (1998): Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen; FAT-Berichte Nr. 512. in: FRIEHE J.; P. WEILAND; A. SCHATTAUER (2010): Grundlagen der anaeroben Fermentation. In: Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung. Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). 5. überarbeitete Auflage 2010. Kapitel 2. S. 29-30

BARTHELMES, G. (2014): Sortenratgeber 2014/ 2015 Winterroggen / Wintertriticale. Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Frankfurt (Oder)

BULL, I. (2012): Weißer und Gelber Steinklee. In: Anonymus (2012): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Mecklenburg-Vorpommern. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, Juni 2012, S. 27-28

EBEL, G.; G. BARTHELMES; L. ADAM (2009): Energie aus Getreide – Ganzpflanzennutzung zur Biogaserzeugung. Neue Landwirtschaft, Berlin 7/2009, S. 50-51

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2009): Ergebnisendbericht – Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime (Land Brandenburg) und Bericht Erntezeitpunkte. In: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Verbundprojekt EVA (FKZ: 22002305). Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Dornburg und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow. <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22002305.pdf>

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2013): Ergebnisendbericht – Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime (EVA 2 - Land Brandenburg) In: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Verbundprojekt EVA 2 (FKZ: 22013008). Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Dornburg und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow. 75 Seiten. <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22013008.pdf>

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2014): Ergebnisendbericht – Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion (FKZ: 22016811). Koordinator: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow. 43 Seiten. <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22016811.pdf>

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2015): Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion in Nordostdeutschland. 127. VDLUFA Kongress in Göttingen, 2015, Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. 8 Seiten in Druck.

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. In: Tagungsband – Thüringer Bioenergetag in Jena am 26.02.2015, Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, S. 6-15

EBEL, G.; M. HEIERMANN (2014): 1. Zwischenbericht – Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime (EVA 3 - Land Brandenburg) In: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Verbundprojekt EVA 3 (FKZ: 22006012). Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow.

EBEL, G.; P. KORNTATZ; J. DUNKEL, G. BARTHELMES, J. AURBACHER (2013): Anbaufolge Mais und Winterroggen auf diluvialen Standorten – pflanzenbauliche und ökonomische Bewertung. Biogas

in der Landwirtschaft. Stand und Perspektiven. Tagungsband des FNR/KTBL-Kongress in Kassel am Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt. 345-348

EBEL, G.; V. PLOGSTIES; CH. HERRMANN; C. IDLER; M. HEIERMANN; G. BARTHELMES; P. KORNATZ; J. MÜLLER; J. AURBACHER (2015): Fruchtfolgen mit Energiepflanzen und Marktfrüchten auf diluvialen Standorten Nordostdeutschlands. In: Biogas in der Landwirtschaft. Stand und Perspektiven. Tagungsband des FNR/KTBL-Kongress in Potsdam am 22.-23.09.2015, Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Schrift 508, Darmstadt, S. 316-317.

GLEMNITZ, M.; M. WILLMS; R. PLATEN; C. PETER; X. SPECKER (2013): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Verbundprojekt EVA 2. Teilprojekt 2: Ökologische Begleitforschung, Abschlussbericht.

KORNATZ, P.; J. AURBACHER; J. DUNKEL (2013): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Verbundprojekt EVA 2. Teilprojekt 3: Ökonomische Begleitforschung (FKZ: 22013208)

MÄRTIN M., G. BARTHELMES (2014): Verbundvorhaben: Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Bewertung von Sorghumarten und -hybriden als Energiepflanzen; Teilvorhaben 3: Herbizidprüfung, Anbau auf Rekultivierungsstandorten und Praxisumfrage zum Sorghumanbau. Laufzeit 01.05.2011 bis 30.04.2014, Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow, (Förderkennzeichen: 22006910), 53 S.

MUDRA, A. (1958): Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin. Verlag Paul Parey

PLOGSTIES; V.; C. HERRMANN; C. IDLER; M. HEIERMANN (2015): Zweiter Zwischenbericht des Teilprojektes 4 (FKZ: 22006312) „Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute“ im Rahmen des Verbundvorhabens „Standortangepasste Anbausysteme für die Produktion von Energiepflanzen – EVA 3“.

REUSS, D.; P. KORNATZ (2011): mündliche Mitteilung

6 ANHANG

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Öffentlichkeitsarbeit 2013-2015	36
Anhang 2: Witterung – Standort Güterfelde	42
Anhang 3: Versuchsanlage – Standort Güterfelde	43
Anhang 4: Fruchtfolgen EVA 1 / 2 - Ablaufschema	44
Anhang 5: Bewirtschaftungsdaten	45
Anhang 6: Direkter Ertragsvergleich Mais mit weiteren Arten für die Ganzpflanzennutzung in den jeweiligen Anbaujahren	53
Anhang 7: TM- (dt/ha), Methanhektarertrag (m³/ha) und TM-Gehalt (%) aller Fruchtfolgen, Güterfelde, 2005-15	54
Anhang 8: Ganzpflanzen- (dt TM/ha), Methangasertrag (m³/ha), TM-Gehalt und organische Trockensubstanz (%) - EVA Fruchtfolgeversuche 2013-15, Standarderntetermin Güterfelde	57
Anhang 9: Ertragsvergleich der Hauptfrüchte (HF) Mais und Sudangrashybride mit dem späten Zweitfruchtanbau (ZF) Wintergerste und folgender Sudangrashybride als Stoppelsaat, Güterfelde	60

Anhang 1: Öffentlichkeitsarbeit EVA 3 - 2013 bis 2015 (2005 bis 2012 vgl. Berichte Vorgängerprojekte EBEL & BARTHELMES 2009 bzw. 2013)

EVA-SCHWERPUNKTE - ÖFFENTLICHKEITSARBEIT BRANDENBURG

- 2013 - 2015: **14 Vorträge, 18 Beiträge, 8 Poster** (vgl. folgend bzw. Internetseite <http://www.eva-verbund.de>)

- 2013 - 2015: **sechs Feldtage am Standort in Güterfelde** – inklusive Vortragsveranstaltungen, EVA-Fruchtfolgen und Sorghumprojekt (22.08.2013; 21.08.2014; 20.08.2015), Getreide-Ganzpflanzenprojekt (Mai bzw. Juni 2013/2014 und 2015),

POSTER 2013 BIS 2015

Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau; September 2015

Fruchtfolgen mit Energiepflanzen und Marktfrüchten auf diluvialen Standorten Nordostdeutschlands; September 2015

Ganzpflanzengetreide für die Biogaserzeugung; Januar 2015

Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion – N-Düngung; Januar 2015

Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion – Saatzeit/-stärke; Januar 2015

Optimierte standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen zur Biogasproduktion; September 2013

Anbaufolge Mais und Winterroggen auf diluvialen Standorten; September 2013

Stroherträge - Verfahrensvergleich; September 2013

vorgelegt auf den Feldtagen in Güterfelde (s.o.); auf den FNR/KTBL Kongressen „Biogas in der Landwirtschaft“ in Kassel am 10.-11.09.2013 und in Potsdam am 22.-23.09.2015; auf den VDLUFA-Kongressen in Berlin am 17.-20.09.2013 und in Göttingen am 15.-17.09.2015; auf dem 4. Symposium Energiepflanzen des BMEL in Berlin am 22.-

23.10.2013, und zum Fachgespräch Ganzpflanzengetreide am 27.10.2014 in Jena vgl. Anlage und www.eva-verbund.de; <http://www.fnr.de/energiepflanzen2013/>

BEITRÄGE 2013 – 2015

BARTHELMES, G. (2014): Sortenratgeber 2014/ 2015 Winterroggen / Wintertriticale. Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Frankfurt (Oder)

DICKEDUISBERG, M.; R. BISCHOF; A. BIERTÜMPFEL; A. GURGEL; G. EBEL;
G. BARTHELMES (2015): So geben Ganzpflanzen Gas. In: dlz agrarmagazin April 2015.

EBEL, G. (2013): Aktueller Pflanzenbaurat – Fruchtfolge. In: Bauernzeitung 20/2013, 8.

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2013): Fruchtfolgegestaltung – die Saatzeit ist entscheidend Anbaufolge Mais und Winterroggen. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2012, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder).

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2014): Mehrjährige Ergebnisse zum Zweitfruchtanbau auf diluvialen Standorten Nordost-Deutschlands. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2013, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder). S. 23-24.

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2015): Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion auf diluvialen Standorten Nordost-Deutschlands. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2014, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder). S. 17-20.

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2015): Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion auf diluvialen Standorten Nordost-Deutschlands. In: Biogas in der Landwirtschaft. Stand und Perspektiven. Tagungsband des FNR/KTBL-Kongress in Potsdam am 22.-23.09.2015, Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Schrift 508, Darmstadt, S. 342-343.

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2015): Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion in Nordostdeutschland. 127. VDLUFA Kongress in Göttingen, 2015, Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. 8 Seiten in Druck.

EBEL, G.; G. BARTHELMES; M. HEIERMANN (2013): Energiepflanzenproduktion auf nordostdeutschen Diluvialstandorten – ausgewählte Ergebnisse des EVA-Fruchtfolgeprojektes. 125. VDLUFA Kongress in Berlin, 2013, Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. S. 327-334.

EBEL, G.; G. BARTHELMES; CH. HERRMANN; M. HEIERMANN; C. IDLER; P. KORNTATZ; J. MÜLLER; J. AURBACHER; M. WILLMS; M. GLEMNITZ; C. PETER; A.-K. PRESCHER (2014): Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung auf ostdeutschen Diluvialstandorten - Empfehlungen aus neunjährigen Fruchtfolgeversuchen in Brandenburg. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2013, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder). S. 19-22.

EBEL, G.; G. BARTHELMES; J. ZIMMER (2013): Stroherträge - Verfahrensvergleich. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2012, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder).

EBEL, G.; G. BARTHELMES; J. ZIMMER (2013): Verfahrensvergleich zur Ermittlung von Stroherträgen. In: Kongressband, 125. VDLUFA Kongress in Berlin, 2013, Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, S. 498-500.

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. In:

Tagungsband – Thüringer Bioenergietag in Jena am 26.02.2015, Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, S. 6-15

EBEL, G.; P. KORNAZ; J. DUNKEL, G. BARTHELMES, J. AURBACHER (2013): Anbaufolge Mais und Winterroggen auf diluvialen Standorten – pflanzenbauliche und ökonomische Bewertung. In: Biogas in der Landwirtschaft. Stand und Perspektiven. Tagungsband des FNR/KTBL-Kongress in Kassel am 10.-11.09.2013, Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Schrift 501, Darmstadt, S. 345-348.

EBEL, G.; V. PLOGSTIES; CH. HERRMANN; C. IDLER; M. HEIERMANN; G. BARTHELMES; P. KORNAZ; J. MÜLLER; J. AURBACHER (2015): Fruchtfolgen mit Energiepflanzen und Marktfrüchten auf diluvialen Standorten Nordostdeutschlands. In: Biogas in der Landwirtschaft. Stand und Perspektiven. Tagungsband des FNR/KTBL-Kongress in Potsdam am 22.-23.09.2015, Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Schrift 508, Darmstadt, S. 316-317.

EBEL, G.; D. ZANDER; E. WALTER; J. ECKNER; C. RIECKMANN (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. In: Biogas in der Landwirtschaft. Stand und Perspektiven. Tagungsband des FNR/KTBL-Kongress in Potsdam am 22.-23.09.2015, Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Schrift 508, Darmstadt, S. 334-335.

EBEL, G.; D. ZANDER; E. WALTER; J. ECKNER; C. RIECKMANN (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. EVA informiert. Juli 2015, www.eva-verbund.de

ZIMMER, J.; B. DITTMANN; G. EBEL; K. SCHWEITZER; M. BAUMECKER; D. BARKUSKY; J. RÜHLMANN & B. LÖFFELBEIN (2013): Aktuelle Korn-Stroh-Verhältnisse von Wintergetreide im integrierten und ökologischen Landbau im Land Brandenburg. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2012, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder).

VORTRÄGE 2013 – 2015

EBEL, G.; G. BARTHELMES: Nachhaltige Ganzpflanzen-Getreideproduktion. Vorstellung Projektergebnisse in Gülzow am 22.01.2013

EBEL, G.; G. BARTHELMES: Anbaufolge Mais und Winterroggen am Standort Güterfelde. Rostock am 27.05.2013

EBEL, G.; G. BARTHELMES: Anbausysteme mit Energiepflanzen auf sandigen Standorten NO-Deutschlands. Feldtag zu alternativen Biogasmischungen und zur regionalen Vermehrung von Wildkräutern. Schmergow bei Phöben am 24.06.2013

EBEL, G.; G. BARTHELMES: Winterroggen: Eine vielseitige und typische Fruchtart im Land Brandenburg. Feldtag Güterfelde am 22.08.2013

EBEL, G.; G. BARTHELMES; M. HEIERMANN: Energiepflanzenproduktion auf nordostdeutschen Diluvialstandorten – Ergebnisse EVA-Fruchtfolgeprojekt. 125. VDLUFA-Kongress in Berlin am 19.09.2013

EBEL, G.; G. BARTHELMES; CH. HERRMANN; P. KORNAZ: Energiepflanzenproduktion auf nordostdeutschen Diluvialstandorten – Ergebnisse EVA-Fruchtfolgeprojekt. Vortragsveranstaltung „Energiepflanzen für Praktiker“ in Ribbeck am 10.12.2013

EBEL, G.; G. BARTHELMES; CH. HERRMANN; M. HEIERMANN; P. KORNAZ; M. GLEMNITZ; M. WILLMS: Zehn Jahre Fruchtfolgeversuche mit Energiepflanzen – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt – Standort Güterfelde (Brandenburg). Feldtag Güterfelde am 21.08.2014

EBEL, G.; G. BARTHELMES; S. NEUKIRCH: Ganzpflanzengetreideproduktion auf diluvialen Standorten Nordost-Deutschlands. Fachgespräche Getreideganzpflanzenproduktion in Jena am 27.10.2014

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. Vortragsveranstaltung „Thüringer Bioenergietag“ in Jena am 26.02.2015

EBEL, G.; G. BARTHELMES; S. NEUKIRCH: Ganzpflanzengetreideproduktion auf diluvialen Standorten Nordost-Deutschlands. Feldtag „Getreide und Raps“ in Ruhlsdorf und Güterfelde am 02.06.2015

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. Feldtag zu alternativen Biogasmischungen und zur regionalen Vermehrung von Wildkräutern. Schmergow bei Phöben am 18.06.2015

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. Feldtag „Energiepflanzen, Körnermais und Sonnenblumen“ in Ruhlsdorf und Güterfelde am 20.08.2015

EBEL, G.: Zwischenfrüchte – Vielfalt in Fruchtfolgen. 16. Raminer Futterbautag (Mecklenburg-Vorpommern) am 07.10.2015

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau - mehrjährige Entwicklungen des mineralischen Bodenstickstoffes in unterschiedlichen Fruchtfolgen. EVA-Projekttreffen in Freyburg/Unstrut am 21.10.2015

Anhang 2: Witterung – Standort Güterfelde

Tabelle A1: Lufttemperatur (°C), Niederschlag (mm), Verdunstung nach HAUDE (mm) und die Klimatische Wasserbilanz (mm) im Zeitraum 2005 bis 2014 (2015) im Vergleich zu den Mittelwerten unterschiedlicher Zeiträume am Standort Güterfelde³⁰

Lufttemperatur in °C													
Monat	Jahre										Mittelwerte		
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005 bis 2013	1996 bis 2005	1993 bis 2007
Januar	2,6	-4,4	5,9	4,2	-1,9	-4,3	1,8	2,0	0,2	0,5	0,7	0,1	0,5
Februar	-0,6	-0,6	4,0	5,1	1,4	0,3	0,5	-1,9	0,2	4,7	0,9	1,7	1,6
März	3,1	1,2	7,6	5,2	5,8	5,5	5,4	7,3	-0,7	7,3	4,5	4,0	4,1
April	9,4	8,8	12,0	9,0	13,3	9,9	13,2	9,3	9,0	11,9	10,4	8,8	9,1
Mai	13,0	13,8	16,0	16,2	14,9	12,2	15,7	15,8	14,1	13,5	14,6	13,8	13,9
Juni	16,1	18,1	19,5	19,2	16,4	18,7	19,4	16,3	17,7	17,2	17,9	16,4	16,5
Juli	18,4	24,2	18,9	20,0	20,0	23,4	18,5	18,8	21,1	21,9	20,4	18,0	18,8
August	16,2	17,6	18,8	19,1	20,4	19,2	19,4	18,9	19,1	17,4	18,7	18,4	18,2
September	14,8	18,1	14,0	14,1	15,9	13,8	16,5	14,8	13,6	16,1	15,1	13,9	14,0
Oktober	10,6	12,5	8,8	9,9	8,5	8,4	10,5	9,0	11,0	12,3	9,9	9,2	9,3
November	4,1	7,8	4,3	6,1	8,0	5,6	4,2	5,2	5,3		5,6	4,0	4,0
Dezember	0,9	5,8	2,7	2,2	0,4	-4,0	4,6	0,6	4,1		1,9	0,6	1,2
Jahresmittel	9,1	10,2	11,1	10,9	10,3	9,0	10,8	9,7	9,5		10,1	9,1	9,3

Niederschlag in mm															
Monat	Jahre										Mittelwerte			2014 rel. % v. Mittel 1996-05	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2005 bis 2013	1996 bis 2005		1993 bis 2007
Januar	57	21	80	69	21	40	33	58	60	27		49	39	43	68
Februar	34	43	44	13	42	27	18	31	33	7		32	41	37	17
März	20	34	53	41	31	39	8	8	19	25		28	35	38	71
April	29	34	1	46	1	11	34	23	22	20	11	22	31	31	65
Mai	77	55	132	8	81	60	14	28	78	63	24	59	53	62	119
Juni	25	16	89	29	52	8	31	68	67	49	55	43	47	56	103
Juli	151	41	84	43	60	27	158	103	35	110	70	78	71	68	154
August	44	75	58	53	19	85	65	31	60	23	42	54	53	58	43
September	39	9	67	57	32	104	62	26	43	25	37	49	46	49	54
Oktober	38	18	8	60	67	17	34	26	56	44	78	36	51	40	86
November	25	29	53	26	42	81	1	46	48			39	40	39	
Dezember	39	30	26	22	78	48	67	35	41			43	39	41	
Jahressumme	577	404	693	465	526	547	525	482	562			531	545	562	

Monat	Verdunstung in mm								KWB in mm									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januar		14	11	6	4	7	8	6	8		66	58	15	36	26	49	55	19
Februar		12	19	8	11	13	12	7	22		32	-7	34	15	5	19	27	-15
März		38	25	23	30	38	39	19	41		15	16	7	9	-30	-31	0	-16
April		110	53	115	85	104	75	68	81		-109	-7	-114	-74	-70	-52	-47	-61
Mai		116	118	107	56	156	130	83	88		16	-111	-26	4	-143	-101	-5	-25
Juni		119	169	82	142	148	93	111	108		-30	-141	-30	-133	-117	-25	-44	-59
Juli	216	103	140	124	212	92	97	159	154	-175	-19	-88	-64	-186	67	6	-124	-44
August	81	102	114	159	93	90	114	124	97	-6	-44	-61	-140	-8	-24	-84	-64	-74
September	101	51	59	83	51	73	79	49	62	-91	16	-3	-51	53	-12	-53	-6	-38
Oktober	48	31	32	24	32	45	40	41	33	-30	-23	28	43	-15	-12	-14	15	11
November	19	8	12	19	10	16	11	10	11	10	44	15	23	71	-15	35	38	
Dezember	13	9	6	4	3	11	7	10		17	17	16	74	45	56	28	31	
Jahressumme		713	798	754	728	792	706	686			-20	-293	-228	-181	-267	-224	-125	

³⁰ Im November 2014 wurde aufgrund der Schließung des Versuchsstandortes Güterfelde die Wetterstation demontiert. April bis Oktober 2015 Niederschläge mittels Messbecher bei den Lufttemperaturen erfolgte die Eingruppierung nach der Abweichung vom Mittel mit einer deutlichen Ausprägung > bzw. < 1°C; Niederschläge in der Periode November bis Februar werden hier eher negativ bewertet, da bei positiver Klimatischer Wasserbilanz und frostfreien Bedingungen, insbesondere auf unbewachsenem Boden die Sickerung einsetzt. Als deutlich zu trocken werden Jahre mit Differenzen von -50 mm und als eher feuchtes Jahr mit Differenzen von +50 mm im Vergleich zum Jahresmittel betrachtet. Messwerte für die Verdunstung waren erst mit einer neuen Wetterstation ab 2006 ermittelbar.

Anhang 3: Versuchsanlage EVA 3 – Standort Güterfelde

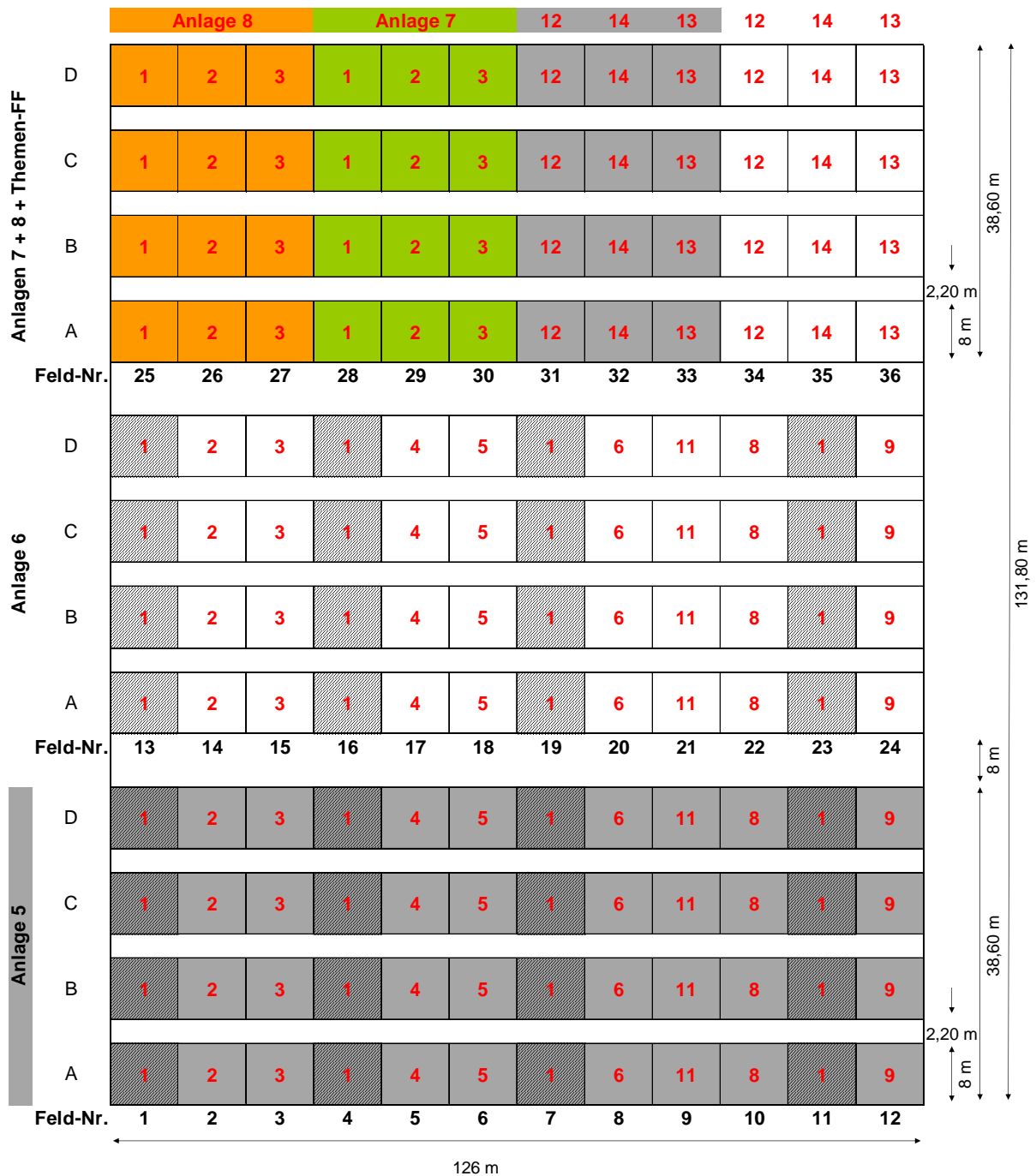


Abbildung A2: Versuchsanlage der Grund-Fruchtfolgen 1 bis 5, der Regional-Fruchtfolgen 6; 8 und 9 der Anlagen 5 und 6 (Langparzellenanlage mit Standardausgleich Fruchtfolge 1, vgl. Abschnitt 2.3), sowie der Risikoanalyse Anlagen 7 und 8 und der Themenfruchtfolgen: FF 11 „Referenz“, FF 12 „N-Reduktion“, FF 13 „Biodiversität“ und FF 14 „Gewässerschutz“ am Standort Güterfelde;

Anhang 4: Fruchtfolgen EVA 3 - Ablaufschema

Zeitraum	Anlage 5: 2012												Anlage 5: 2013												Anlage 5: 2014												Anlage 5: 2015											
	Anlage 3/5: 2012						Anlage 4/6: 2013						Anlage 6: 2014						Anlage 6: 2014						Anlage 6: 2015						Anlage 6: 2016																	
Fruchtfolgen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Winterroggen						Wintergerste						Sudangras-Hybride						Mais						Wintertriticale						Phacelia																	
	Winterroggen						Senf						Sudangras Hybride						Grünschnittroggen						Wintertriticale						Winterroggen																	
	Winterroggen						Senf						Mais						Grünschnittroggen						Wintertriticale						Weidelgras																	
Standardfruchtfolgen	Winterroggen						Sommerblanksaat im August Luzernegras (Wechsel mit FF 5 EVA 1-EVA2-EVA3)						Mais						Mais						Mais						Mais																	
	Winterroggen						Wickroggen Plus (WSC)						etabliertes Gras (Wiesenschwingel)						Mais						Zucker- oder Futterrübe						Winterroggen																	
	Winterroggen						Winterroggen						Senf						Mais						Sudangras Hybride						Winterroggen																	
Regionalfruchtfolgen Brandenburg	Winterroggen						Mais S280						Mais S280						Mais S280						Mais						Sudangras Hybride						Winterroggen											
	Winterroggen						Sorghum bicolor						Winterroggen						Grünschnittroggen						Mais						Mais						Winterroggen											
	Winterroggen						Senf						Winterroggen						Grünschnittroggen						Mais						Mais						Winterroggen											
9	Winterroggen						Senf						Winterroggen						Grünschnittroggen						Sudangras Hybride						Winterroggen																	

Zeitraum	Anlage 5: 2012												Anlage 5: 2013												Anlage 5: 2014												Anlage 5: 2015											
	Anlage 3/5: 2012						Anlage 4/6: 2013						Anlage 6: 2014						Anlage 6: 2014						Anlage 6: 2015						Anlage 6: 2016																	
Fruchtfolgen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ackergras						Ackergras						Mais						Wintertriticale						Winterroggen						Wintergerste																	
	Ackergras						Grünschnittroggen						Mais						Wintertriticale						Winterroggen						Senf																	
Risikoanalyse	Ackergras						Grünschnittroggen						Sudangras Hybride						Wintertriticale						Winterroggen						Winterroggen																	
	Ackergras						Wintertriticale						Phacelia						Winterroggen						Wintergerste						Sudangras-Hybride																	
	Ackergras						Wintertriticale						Winterroggen						Winterroggen						Senf						Sudangras Hybride																	
Themen-FF	Ackergras						Wintertriticale						Weidelgras						Winterroggen						Winterroggen						Grünschnittroggen																	
	Ackergras						Senf						Mais -25%N						Grünschnittroggen -25%N						Wintertriticale -25%N						Weidelgras ON																	
	Ackergras						Senf						Mais mit Usa						Untersaat						Mais in bestehende Usa						Sommenblumen in bestehende Untersaat																	
13	Ackergras						Biomax						Steinklee						Phacelia						Sonnenblumen						Winterroggen																	

Ganzpflanzennutzung
 Körnennutzung
 Grününgung

Anhang 4: Fortsetzung – Tabellen Fruchtfolgen EVA 1 + 2– vgl. zu EVA 3 – Abschnitt 2Tabelle A2: Fruchtfolgeversuche EVA 1 + 2 am Standort Güterfelde - Grundversuch (GV) und Regionalversuch Brandenburg (RV)³¹

Grundversuch (GV)					
Fruchtfolge	1	2	3	4	5
Anlage 1: 2005 Anlage 2: 2006	Sommerroggen / Örettich (SZF)	Sudangras-Hybride	Mais	Sommerroggen / Klee- bzw. Luzernegras	Hafer
Anlage 1: 2006 Anlage 2: 2007	Mais	Grünschnittroggen (WZF) / Mais (ZF)	Grünschnittroggen (WZF) / Sudangras H(ZF)	Klee- bzw. Luzernegras	Wintertriticale
Anlage 1: 2007 Anlage 2: 2008	Wintertriticale / Sorghum bicolor (SZF)	<u>Wintertriticale</u>	Wintertriticale / E. Weidelgras (SZF)	Klee- bzw. Luzernegras	<u>Winterraps</u>
Anlage 1: 2008 Anlage 2: 2009	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>

Grundversuch (GV)					
Fruchtfolge	1	2	3	4	5
Anlage 3: 2009 Anlage 4: 2010	Wintergerste / Sudangras H. (SZF)	Sudangras-Hybride	Mais	Hafer - Sortenmischung	Sommergerste + US Luzernegras
Anlage 3: 2010 Anlage 4: 2011	Mais	Grünschnittroggen (WZF) / Mais (ZF)	Grünschnittroggen (WZF) / Sudangras (ZF)	Wintertriticale	Luzernegras
Anlage 3: 2011 Anlage 4: 2012	Wintertriticale / Phacelia (SZF, GD)	<u>Wintertriticale</u>	Wintertriticale / W. Weidelgras (SZF)	<u>Winterraps</u>	Luzernegras
Anlage 3: 2012 (Anlage 4: 2013)	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>

Regionalversuch (RV) - Brandenburg				
Fruchtfolge	6	7	8	9
Anlage 1: 2005 Anlage 2: 2006	Sommerroggen / Senf (SZF)	Sonnenblume / Örettich (SZF)	Topinamburkraut	Artengemisch (Hafer, Erbsen, Leindotter)
Anlage 1: 2006 Anlage 2: 2007	<u>Lupine</u>	<u>Erbsen</u>	Topinamburkraut	Winterraps / Buchweizen (SZF/GD)
Anlage 1: 2007 Anlage 2: 2008	Winterroggen / Sorghum bicolor (SZF)	Wintertriticale / Sorghum bicolor (SZF)	Topinamburkraut und -knolle	Grünschnittroggen (WZF) / Sudangras H(ZF)
Anlage 1: 2008 Anlage 2: 2009	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>

³¹ Anlage 3 = Fortführung der Fruchtfolgen Anlage 1 (EVA 1 - Beginn 2005); Anlage 4 = Fortführung der Anlage 2 (EVA 1 - Beginn 2006) – projektinterne Änderung der Anlagenbezeichnung aufgrund der Unterscheidung der Projektphasen EVA 1 und EVA 2; die Ernte des letzten Fruchtfolglied der zweiten Rotation Anlage 4 Winterroggen erfolgte innerhalb des Nachfolgeprojektes EVA 3 (FKZ: 220060012, Beginn 04/2013) - Antragsteller: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim; grün unterlegte Felder definieren die Fruchtarten für die Biogasproduktion – außer Senf bzw. Phacelia GD = Gründüngung; weiß unterlegte Felder definieren die Marktfrüchte (Körnerproduktion); ZF = Zweitfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht; Sudangrasybride = Sorghum bicolor x sudanense (ff. Sorghum b. x s.), Futterhirse = Sorghum bicolor (ff. Sorghum b.) An den Standorten in Brandenburg und Sachsen wird in Absprache mit dem Koordinator (TLL) im 4. Jahr Winterroggen statt Winterweizen angebaut. Winterroggen, als Winterzwischenfrucht im BBCH Stadium 49 bis 59 für die energetische Nutzung geerntet, wird im Folgenden synonym als Grünschnittroggen bezeichnet.

Fortsetzung Tabelle A2: Regionalfruchtfolgen EVA 2

Regionalversuch (RV) - Brandenburg				
Fruchtfolge	6	7	8	9
Anlage 3: 2009 Anlage 4: 2010	Winterroggen / Senf (SZF, GD)	Sonnenblume / Senf (SZF, GD)	Sorghum bicolor	Mais
Anlage 3: 2010 Anlage 4: 2011	<u>Mais</u>	<u>Erbsen</u>	<u>Winterroggen</u>	Winterroggen
Anlage 3: 2011 Anlage 4: 2012	Sudangras- Hybride	Grünschnitt- roggen (WZF) / Mais (ZF)	Mais	Grünschnitt- roggen (WZF) / Sudangras (ZF)
Anlage 3: 2012 (Anlage 4: 2013)	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>	<u>Winterroggen</u>

Anhang 5: Tabelle A-5.1.1: Bewirtschaftungsdaten 2012/13 – Anlage 5

"Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" TP 1: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolge regime

EVA 3: 04/2013 – 11/2015 (FNR: 22006012)

Standort: Güterfelde (BIVn)

Anlage 5 Jahr 1 - 2013	Feld 1/4/7/11 FF 1	Feld 2 FF 2	Feld 3 FF 3	Feld 5 FF 4	Feld 6 FF 5	Feld 8 FF 6	Feld 9 FF 11 (7)	Feld 10 FF 8	Feld 12 FF 9
Aussaat	W. Gerste (GP) KWS Tenor 330 Kö./m ² 14.09.2012 Sorghum ¹ SZF (GP) Lussi 50 Kö./m ² 18.06.2013	Sorghum ¹ HF Lussi 40 Kö./m ² 24.05.2013	Mais HF LG32/6 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 15.05.2013	Luzernegras (Blanksaat) ³⁾ 33 kg/ha 27.08.2012	Wickroggen Plus (GP) ⁴⁾ 120 kg/ha 21.09.2012 E. Weidelgras SZF (GP) Liguatro 45 kg/ha 31.07.2013	W. Roggen (GP) SU Stakato 220 Kö./m ² 21.09.2013 Senf (GD) Litember 22 kg/ha 02.08.2013	Mais S280 HF Atefas 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 15.05.2013	Sorghum bicolor ² KWS Tarzan 25 Kö./m ² 24.05.2013	Mais HF LG32/6 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 15.05.2013
N-Düngung	1. KAS 60 kg N/ha 10.04.2013 2. KAS 40 kg N/ha 29.04.2013 Alzon 46 100 kg N/ha 23.05.2013	Alzon 46 100 kg N/ha 23.05.2013	Alzon 46 120 kg N/ha 24.04.2013	KAS 40 kg N/ha 10.04.2013	1. KAS 40 kg N/ha 10.04.2013 2. KAS 40 kg N/ha 29.04.2013	1. KAS 60 kg N/ha 10.04.2013 2. KAS 40 kg N/ha 29.04.2013	Alzon 46 120 kg N/ha 24.04.2013	Alzon 46 100 kg N/ha 23.05.2013	Alzon 46 120 kg N/ha 24.04.2013
P-Düngung	Triple Superphosphat 50 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 85 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 50 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 50 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 85 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 15.04.2013
K-Düngung	40-Kornkali 240 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 190 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 190 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 250 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 115 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 150 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 210 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 190 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 210 kg K/ha 10.04.2013
Herbizid	Herold 0,4 kg/ha 05.10.2012 Gardo Gold 4,0 l/ha 13.06.2013 05.07.2013 (TM mit I.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 13.06.2013 (TM mit I.)	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 06.06.2013 (TM mit I.)	-	-	Herold SC 0,4 kg/ha 12.10.2013	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 06.06.2013 (TM mit I.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 13.06.2013 (TM mit I.)	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 06.06.2013 (TM mit I.)
Insektizid	Karate Zeon 0,075 l/ha 05.07.2013 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 13.06.2013 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 06.06.2013 (TM mit H.)	-	-	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 06.06.2013 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 13.06.2013 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 06.06.2013 (TM mit H.)
Fungizid	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ernte (Datum/BBCH/ TM-Ertrag dt/ha/ TS%)	06.06.13/75/28% 13.06.13/83/89/33% 13.09./65/112/29% 08.10./13/75/108/32%	11.09.13/75/111/32% 17.09.13/85/115/36%	11.09.13/83/159/28% 17.09.13/85/164/32%	1. A: 29.05.13/39/20% 13.06.13/53/25% 2. A: 15.7.13/23/24% 2. A: 31.7.13/23/31% 3. A: 13.9.13/14/28% 3. A: 02.10.13/14/28%	18.06.13/71/92/26% 27.06.13/79/102/29% 02.10.13/32/16/19%	13.06.13/73/112/31% 18.06.13/73/112/31% 18.06.13/77/122/34% 02.10.13/65/28/19%	13.09.13/79/180/28% 27.09.13/83/194/28%	11.09.13/65/146/27% 27.09.13/75/162/30%	11.09.13/83/166/29% 06.06.2013 17.09.13/83/182/31%

Sorghum¹ - Sorghum bicolor* Sorghum sudanense - Sudangras; Sorghum² - Sorghum bicolor* Sorghum bicolor - Futterhirse
 3) Luzernegras (Blanksaat): Luzerne: Planet = 22,5 kg/ha; Wiesenschweidel: Foitan 10,5 kg/ha 27.08.2012; 4) Wickroggen Plus (GP) Conduct 75%, Wicke Welta 10%, Wiesenschwingel Libon 15% 120 kg/ha 21.09.2012;
 Wiesenschwingel kaum Aufgang und Entwicklung nach Wickroggen - daher Ersatzmaßnahme E. Weidelgras
 Bodenbearbeitung: einheitlich gepflügt mit Packer über gesamten Versuch am 20.08.2012
 Vorbehandlung mit Roundup Turbo (2,65 kg/ha) am 15.04.2013 Feld 9; TM m. I. = Tankmischung mit Insektizid, TM m. H. = Tankmischung mit Herbizid
 CaO-Düngung: Kalkmangel einheitlich über ganzen Versuch 1000 kg/ha am 13.08.2012

Schraffur ist der Standardtermin

Anhang 5: Tabelle A-5.1.2: Bewirtschaftungsdaten 2012/13 – Risikoanalyse FF 1-3, und themenorientierte Fruchtfolgen

"Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" TP 1: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolge regime

EVA 3: 04/2013 – 11/2015 (FNR: 2206012)

Standort: Güterfelde (Blln/2)

Block 3 Blln/2 2013	Feld 25 FF 1 - Jahr 2	Feld 26 FF 2 - Jahr 2	Feld 27 FF 3 - Jahr 2	Feld 28 FF 1 - Jahr 3	Feld 29 FF 2 - Jahr 3	Feld 30 FF 3 - Jahr 3	Feld 31 FF 12 - Jahr 1	Feld 32 FF 14 - Jahr 1	Feld 33 FF 13 - Jahr 1	Feld 34...36 FF 12/14/13 - Jahr 4
Aussaat	Mais HF SZ60 LG32/16 7,4 Kö/m ² (1,48 Einheiten/ha) 15.05.2013	Grünschnittroggen Vitalio 300 Kö/m ² 14.09.2012 Mais ZF Salgado (1,48 Einheiten/ha) 24.05.2013	Grünschnittroggen Vitalio 300 Kö/m ² 14.09.2012 Sorghum ZF Lussi 50 Körner/m ² 24.05.2013	W.Triticale (GP) Balu PZO 300 Kö/m ² 21.09.2012 Phacelia BeeHappy 12 kg/ha 28.06.2013	W.Triticale (Korn) KWS Aveo 300 Kö/m ² 21.09.2012	W.Triticale (GP) Balu PZO 300 Kö/m ² 21.09.2012 E. Weidelgras Liquatro 45 kg/ha 28.06.2013	Mais HF -25 % N SZ60 LG32/16 7,4 Kö/m ² (1,48 Einheiten/ha) 15.05.2013	Mais Usa* HF SZ60 LG32/16 7,4 Kö/m ² (1,48 Einheiten/ha) 15.05.2013	Steinklee Krajova 22,5 kg/ha 19.04.2013	W. Roggen (Korn) Brasato 220 Kö/m ² 24.09.2012
N-Düngung	Alzon 46 120 kg N/ha 24.04.2013	1. KAS 60 kg N/ha 10.04.2013 Alzon 46 100 kg N/ha 23.05.2013	1. KAS 60 kg N/ha 10.04.2013 Alzon 46 100 kg N/ha 23.05.2013	1. KAS 60 kg N/ha 10.04.2013 2. KAS 40 kg N/ha 29.04.2013	1. KAS 60 kg N/ha 10.04.2013 2. KAS 50 kg N/ha 30.04.2013	1. KAS 60 kg N/ha 10.04.2013 2. KAS 40 kg N/ha 29.04.2013 1. KAS 40 kg N/ha 27.06.2013	Alzon 46 90 kg N/ha 24.04.2013	Alzon 46 120 kg N/ha 24.04.2013		1. KAS 60 kg N/ha 10.04.2013 2. KAS 50 kg N/ha 30.04.2013
P-Düngung	Triple Superphosphat 50 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 75 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 50 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 50 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 50 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 50 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 50 kg P/ha 15.04.2013	Triple Superphosphat 26/50/20 kg P/ha 15.04.2013
K-Düngung	40-Kornkali 230 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 280 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 280 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 150 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 170 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 170 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 250 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 250 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 280 kg K/ha 10.04.2013	40-Kornkali 170/190/190 kg K/ha 10.04.2013
Herbizid	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 06.06.2013 (TM mit I.)	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 13.06.2013 (TM mit I.)	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 13.06.2013 (TM mit I.)	Herold SC 0,4 l/ha 12.10.2012	Herold SC 0,4 l/ha 12.10.2012	Herold SC 0,4 l/ha 12.10.2012	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 06.06.2013 (TM mit I.)	B 235 (Cetrol B) 1,0 l/ha + Callisto 0,5 l/ha 06.06.2013 (TM mit I.)		Herold SC 0,4 l/ha 12.10.2012
Insektizid	Karate Zeon 0,075 l/ha 06.06.2013 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 13.06.2013 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 13.06.2013 (TM mit H.)				Karate Zeon 0,075 l/ha 06.06.2013 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 06.06.2013 (TM mit H.)		
Wachstums- regulator										Composan 0,5 l/ha 06.05.2013
Fungizid				Capalo 2,0 l/ha 15.05.2013		Capalo 2,0 l/ha 15.05.2013				Fandango 1,0 l/ha 08.05.2013
Ernte (Datum/BBCH/ TM-Ertrag dt/ha/ TS%)	11.09.13/83/188/30% 17.09.13/83/188/30% 11.09.13/83/141/29% 17.09.13/85/153/30%	15.05.13/83/176/27% 21.05.13/61/69/22% 11.09.13/75/110/31% 17.09.13/85/153/30%	15.05.13/57/59/17% 21.05.13/61/69/22% 11.09.13/75/110/31% 17.09.13/85/153/30%	13.06.13/73/101/31% 18.06.13/114/34% 11.09.13/69/48/20% 11.09.13/69/43/20%	22.07.13/BBCH 99 Korn: 88 dt/ha, 86% Stroh: 47 dt/ha, 86% Korn: 86 dt/ha, 86% Stroh: 48 dt/ha, 86% Korn : Stroh = 1 : 0,56	13.06.13/73/103/32% 18.06.13/114/34% 21.08.13/61/22/16% 29.08.13/65/26/20%	11.09.13/83/169/28% 17.09.13/85/178/31%	11.09.13/83/162/28% 17.09.13/85/157/28%	08.10.13/71/51/31% 17.09.13/85/157/28%	25.07.13/BBCH 99 Korn: 93 dt/ha, 86% Stroh: 66 dt/ha, 86% Korn: 90 dt/ha, 86% Stroh: 66 dt/ha, 86% Korn : Stroh = 1 : 0,74

Sorghum¹ - Sorghum bicolor * Sorghum sudanense - Sudangras; Sorghum² - Sorghum bicolor * Sorghum bicolor - Futterhirse
 Bodenbearbeitung: einheitlich gepflügt mit Packer über gesamten Versuch am 20.08.2012
 Vorbehandlung mit Roundup Turbo (2,65 kg/ha) am 14.08.2012, Feld 25 zusätzlich am 15.04.2013, TM m. H. = Tankmischung mit Herbizid
 CaO-Düngung: Kalkmehl einheitlich über ganzen Versuch 1000 kg/ha am 13.08.2012
 * Usa: Aussaat: Humus plus Vorsaat Rotschwengel 10 kg/ha (1.-3. Spur) 17.05.2013, Humus plus früh (Libronco, Sponsor) 50 % Dt. Weidelgras spät (Futtergenetik) 5 kg/ha (4.-7. Spur) 31.05.2013
 Strohrtrag ist das erntbare Stroh (abgesetztes Verfahren aus dem Schwad aufgenommen)

Schraffur ist der Standardtermin

Anhang 5: Tabelle A-5.2.1: Bewirtschaftungsdaten 2013/14 – Anlage 5

"Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" TP 1: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolge regime

EVA 3: 04/2013 – 11/2015 (FNR: 2206012)

Standort: Güterfelde (BlVn/2)

Anlage 5 Jahr 2 - 2014	Feld 1/4/7/11 FF 1	Feld 2 FF 2	Feld 3 FF 3	Feld 5 FF 4	Feld 6 FF 5	Feld 8 FF 6	Feld 9 FF 11 (7)	Feld 10 FF 8	Feld 12 FF 9
Aussaat	Mais HF LG 3216 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2014	Grünschnittroggen Vitallo 300 Kö./m ² 25.09.2013 ----- Mais ZF Salgado 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 14.05.2014	Grünschnittroggen Vitallo 300 Kö./m ² 25.09.2013 ----- Sorghum ¹ ZF Lusst 60 Kö./m ² 21.05.2014	Luzernegras (Blanksaat) ³⁾ 33 kg/ha 27.08.2012	Mais HF LG 3216 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2014	Mais Korn K220 Ricardilio 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 05.05.2014	Mais S280 HF Aiferas 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 05.05.2014	W. Roggen (Korn) Brasero 220 Kö./m ² 30.09.2013	W. Roggen (GP) SU Starkkato 220 Kö./m ² 25.09.2013
N-Düngung	Alzon 46: 120 kg N/ha 23.04.2014	KAS 60 kg N/ha 05.03.2014 ----- Alzon 46: 100 kg N/ha 14.05.2014	KAS 60 kg N/ha 05.03.2014 ----- Alzon 46: 100 kg N/ha 14.05.2014	-	Alzon 46: 100 kg N/ha 23.04.2014 ⁴⁾	Alzon 46: 120 kg N/ha 23.04.2014	Alzon 46: 120 kg N/ha 23.04.2014	1. KAS 60 kg N/ha 05.03.2014 ----- 2. KAS 40 kg N/ha 10.04.2014	1. KAS 60 kg N/ha 05.03.2014 ----- 2. KAS 40 kg N/ha 10.04.2014
P-Düngung	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014
K-Düngung	40-Kornkali 190 kg K/ha 03.03.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 03.03.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 03.03.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 03.03.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 03.03.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 04.03.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 04.03.2014	40-Kornkali 150 kg K/ha 28.02.2014	40-Kornkali 150 kg K/ha 28.02.2014
Herbizid	Gardo Gold 4,0 l/ha 23.05.2014 (TM mit I.)	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 02.06.2014 (TM mit I.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 10.06.2014 (TM mit I.)	-	Gardo Gold 4,0 l/ha 23.05.2014 (TM mit I.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 23.05.2014 (TM mit I.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 23.05.2014 (TM mit I.)	Herold SC 0,4 l/ha 21.10.2014	Herold SC 0,4 l/ha 21.10.2014
Insektizid	Karate Zeon 0,075 l/ha 23.05.2014 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 02.06.2014 (TM mit H.)	-	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 23.05.2014 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 23.05.2014 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 23.05.2014 (TM mit H.)	-	-
Wachstums- regulator	-	-	-	-	-	-	-	Composan 0,5 l/ha 24.04.2014 (TM mit F.)	-
Fungizid	-	-	-	-	-	-	-	Fandango 1,0 l/ha 24.04.2014 (TM mit W.)	-
Ernte (Datum/BBCH/ TM-Ertrag dt/ha/ TS%)	25.8.14/83/185/30% 03.9.14/85/200/34%	28.04.14/55/39/18% 06.05.14/59/54/22% 06.05.14/59/53/22% 25.8.14/83/143/30% 03.9.14/85/154/35%	06.05.14/59/54/22% 13.05.14/61/63/26% 25.8.14/71/132/33% 03.9.14/75/130/37%	1.A.: 19.05.14/ 54/18% 2.A.: 3.07.14/16/30% 3.A.: 11.8.14/22/29% 4.A.: 29.9.14/7/34%	25.8.14/83/161/29% 03.9.14/85/182/31%	20.10.14/ BBCH 99 Korn: 107 dt/ha; 86% Stroh: 107 dt/ha; 86% Korn: 110 dt/ha; 86% Stroh: 106dt/ha;86%	08.09.14/83/211/33% 15.09.14/85/203/35%	23.07.14/ BBCH 99 Korn: 80 dt/ha; 86% Stroh: 56 dt/ha; 86% Korn: 74 dt/ha; 86% Stroh: 51 dt/ha;86% Korn : Stroh = 1 : 0,69	26.05.14/69/89/32% 03.06.14/75/95/31%

Sorghum¹ - Sorghum bicolor * Sorghum sudanense - Sudangras; Sorghum² - Sorghum bicolor * Sorghum bicolor - Futterhirse
 3) Luzernegras (Blanksaat); Luzerne: Planet = 22,5 kg/ha; Wiesenschweidel: Foflan 10,5 kg/ha 27.08.2012; Ratron - Giftköder gegen Mäuse im Winter;
 4) Feld 6 Vorfrucht E. Weidelgras, daher nur 100 kg N/ha mit Alzon
 Bodenbearbeitung: Jahr 2 einheitlich pfluglos (Flügelcharnubber; Saatbettbereitung)
 Vorbehandlung mit Roundup Ultra Max (4 l/ha) am 07.04.14 vor Mais Felder 1/4/7/6/8/9; Tankmischungen - TM m. I. = mit Insektizid, TM m. H. = mit Herbizid, TM m. F. = mit Fungizid, TM m. W. = mit Wachstumsregulator
 letzte CaO-Düngung: Kalkmergel einheitlich über ganzen Versuch 1000 kg CaO/ha am 13.08.2012
 Strohetrag ist das erntbare Stroh (abgesetztes Verfahren aus dem Schwad aufgenommen)

Anhang 5: Tabelle A-5.2.2: Bewirtschaftungsdaten 2013/14 – Anlage 6

"Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" TP 1: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolge regime

EVA 3: 04/2013 – 11/2015 (FNR: 22006012)

Standort: Güterfelde (BIVn/1)

Anlage 6 Jahr 1 - 2014	Feld 13/16/19/23 FF 1	Feld 14 FF 2	Feld 15 FF 3	Feld 17 FF 4	Feld 18 FF 5	Feld 20 FF 6	Feld 21 FF 11 (7)	Feld 22 FF 8	Feld 24 FF 9
Aussaat	W. Gerste (GP) KWS Tenor 320 Kg./m ² 17.09.2013 Sorghum ¹ SZF (GP) Lussl 60 Kg./m ² 04.06.2014	Sorghum ¹ HF Lussl 50 Kg./m ² 21.05.2014	Mais HF LG32/16 7,4 Kg./m ² (1,48 Einheiten/ha) 05.05.2014	Luzerngras (Blanksaat) ³⁾ 33 kg/ha 20.08.2013	Wickroggen Plus (GP) ⁴⁾ 120 kg/ha 25.09.2013	W. Roggen (GP) SU Stakkato 220 Kg./m ² 25.09.2013 Serr (GD) Lifanber 22 kg/ha 01.08.2014	Mais S280 HF Aliferas 7,4 Kg./m ² (1,48 Einheiten/ha) 05.05.2014	Sorghum bicolor ² KWS Tarzan 25 Kg./m ² 21.05.2014	Mais HF LG 32/16 7,4 Kg./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2014
N-Düngung	1. KAS 60 kg N/ha 04.03.2014 2. KAS 40 kg N/ha 10.04.2014 100 kg N/ha 04.06.2014	Alizon 46 120 kg N/ha 14.05.2014	Alizon 46 120 kg N/ha 23.04.2014	-	1. KAS 45 kg N/ha 05.03.2014 2. KAS 30 kg N/ha 10.04.2014 KAS 40 kg N/ha 05.08.2014	1. KAS 60 kg N/ha 04.03.2014 2. KAS 40 kg N/ha 10.04.2014	Alizon 46 120 kg N/ha 23.04.2014	Alizon 46 120 kg N/ha 14.05.2014	Alizon 46 120 kg N/ha 23.04.2014
P-Düngung	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 20 kg P/ha 27.02.2014
K-Düngung	40-Kornkali 150 kg K/ha 28.02.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 28.02.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 28.02.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 28.02.2014	40-Kornkali 150 kg K/ha 28.02.2014	40-Kornkali 150 kg K/ha 28.02.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 28.02.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 28.02.2014	40-Kornkali 190 kg K/ha 28.02.2014
Herbizid	Herold SC 0,4 l/ha 09.10.2013 Gardo Gold 4,0 l/ha 16.06.2014 (TM m. l.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 10.06.2014 (TM mit l.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 23.05.2014 (TM mit l.)	-	-	Herold SC 0,4 l/ha 21.10.2013	Gardo Gold 4,0 l/ha 23.05.2014 (TM mit l.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 10.06.2014 (TM mit l.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 23.05.2014 (TM mit l.)
Insektizid	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 10.06.2014 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 23.05.2014 (TM mit H.)	-	-	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 23.05.2014 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 10.06.2014 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 23.05.2014 (TM mit H.)
Ernte (Datum/BBCH/ TM-Ertrag dt/ha/ TS%)	22.05.14/75/83/30% 26.05.14/83/88/37% 06.9.14/71/136/33% 15.9.14/71/133/33%	25.8.14/71/144/34% 04.9.14/81/154/37%	25.8.14/83/170/28% 03.9.14/85/194/31%	1.A.: 19.05.14/38/21% 1.A.: 12.06.14/49/33% 2.A.: 3.7.14/23/28% 2.A.: 31.7.14/37/23% 3.A.: 11.8.14/31/26% 3.A.: 29.9.14/6/35% 4.A.: 29.9.14/4/31%	03.06.14/75/76/29% 12.06.14/83/97/37% 29.9.14/30/6.4/31% 29.9.14/30/7/30%	26.05.14/69/102/31% 03.06.14/75/109/30% 09.10.14/71/44/22% (1m ² Schnitt extra- pollert)	08.9.14/83/202/32% 15.9.14/85/182/31%	08.9.14/55/169/28% 15.9.14/59/183/28%	25.8.14/83/181/29% 03.9.14/85/196/33%

Sorghum¹ - Sorghum bicolor * Sorghum sudanense - Sudangras; Sorghum² - Sorghum bicolor * Sorghum bicolor - Futterhirse
 3) Luzerngras (Blanksaat): Luzerne: Planet = 22,5 kg/ha; Wiesenschweide: Perun 10,5 kg/ha 20.08.2013; Ratron - Giftköder gegen Mäuse im Winter; 4) Wickroggen Plus (GP) WR: Conduct 75%, Wi,Wicke (pannonische)
 Detewicka 10%, Wiesenschwingel Lifara 15% 120 kg/ha 25.09.2013; Wiesenschwingel zögernde Entwicklung nach Wickroggenerte
 CaO-Düngung: Kalkmangel einheitlich über ganzen Versuch 1400 kg CaO/ha am 07.08.2013
 Bodenbearbeitung: einheitlich gepflügt mit Packer über gesamten Versuch am 19.08.2013
 Vorbehandlung mit Roundup Ultra Max (4 l/ha) am 07.04.14 vor Mais bzw. Sorghum Felder 14/15/21/22/24; TM m. l.= Tankmischung mit Insektizid, TM m. H. = Tankmischung mit Herbizid
 5) Wickroggen Plus: WR Conduct 75 %, Wi, Wicke (pannonische) Detewicka 10 %, Wiesenschwingel Lifara 15 %

Schraffur ist der Standardtermin

Anhang 5: Tabelle A-5.2.3: Bewirtschaftungsdaten 2013/14 – Risikoanalyse FF 1-3, und themenorientierte Fruchtfolgen

"Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" TP 1: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolge regime

EVA 3: 04/2013 – 11/2015 (FNR: 22006012)

Standort: Güterfelde (Blln/2)

Block 3 Blln/2 2014	Feld 25 FF 1 - Jahr 3	Feld 26 FF 2 - Jahr 3	Feld 27 FF 3 - Jahr 3	Feld 28/29/30 FF 1/2/3 - Jahr 4	Feld 31 FF 12 - Jahr 2	Feld 32 FF 14 - Jahr 2	Feld 33 FF 13 - Jahr 2	Feld 34 FF 12 - Jahr 1	Feld 35 FF 14 - Jahr 1	Feld 36 FF 13 - Jahr 1
Aussaat	W. Triticale (GP) Balu PZO 300 Kö./m ² 25.09.2013 Phacelia Lisette 12 kg/ha 27.06.2014	W. Triticale (Korn) KWS Aiveo 300 Kö./m ² 25.09.2013	W. Triticale (GP) Balu PZO 300 Kö./m ² 25.09.2013 E. Weidelgras Lirasand 45 kg/ha 27.06.2014	W. Roggen (Korn) ³ Brasletto 220 Kö./m ² 25.09.2013	Grünschnittstroh -25 % N (WZF) Vitalio 300 Kö./m ² 25.09.2013 Sorghum ZF -25% N Lussi 60 Kö./m ² 21.05.2014	Mais in Usa* HF ⁴ LG32/16 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 14.05.2014	Steinklee Krajova 22,5 kg/ha 19.04.2013	Mais HF -25 % N S260 LG32/16 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 05.05.2014	Mais Usa* HF S260 LG32/16 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 05.05.2014	Steinklee Krajova 22,5 kg/ha 13.03.2014
N-Düngung	1. KAS 60 kg N/ha 04.03.2014 2. KAS 40 kg N/ha 10.04.2014	1. KAS 60 kg N/ha 04.03.2014 2. KAS 50 kg N/ha 10.04.2014	1. KAS 60 kg N/ha 04.03.2014 2. KAS 40 kg N/ha 10.04.2014 KAS 40 kg N/ha 27.06.2014	1. KAS 60 kg N/ha 04.03.2014 2. KAS 50 kg N/ha 10.04.2014	KAS 45 kg N/ha 05.03.2014 Alizon 46: 75 kg N/ha 14.05.2014	Alizon 46 90 kg N/ha 15.05.2014	-	Alizon 46 90 kg N/ha 23.04.2014	Alizon 46 120 kg N/ha 23.04.2014	-
P-Düngung	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 27.02.2014	Triple Superphosphat 28 kg P/ha 27.02.2014
K-Düngung	40-Komkali 150 kg K/ha 28.02.2014	40-Komkali 150 kg K/ha 28.02.2014	40-Komkali 150 kg K/ha 28.02.2014	40-Komkali 150 kg K/ha 28.02.2014	40-Komkali 230 kg K/ha 28.02.2014	40-Komkali 230 kg K/ha 28.02.2014	40-Komkali 230 kg K/ha 28.02.2014	40-Komkali 230 kg K/ha 28.02.2014	40-Komkali 230 kg K/ha 28.02.2014	40-Komkali 230 kg K/ha 28.02.2014
Herbizid	Herold SC 0,4 l/ha 21.10.2013	Herold SC 0,4 l/ha 21.10.2013	Herold SC 0,4 l/ha 21.10.2013	Herold SC 0,4 l/ha 21.10.2013	Gardo Gold 4,0 l/ha 10.06.2014 (TM mit I.)	-	-	Gardo Gold 4,0 l/ha 23.05.2014 (TM mit I.)	B 235 (Centrol B) 1,0 l/ha + Callisto 0,5 l/ha 02.06.2014 (TM mit I.)	-
Insektizid	-	-	-	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 10.06.2014 (TM mit H.)	-	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 23.05.2014 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 02.06.2014 (TM mit H.)	-
Wachstumsregulator	-	-	-	Camposan 0,5 l/ha 24.04.2014 (TM mit F.)	-	-	-	-	-	-
Fungizid	-	Fandango 1,0 l/ha 24.04.2014	-	Fandango 1,0 l/ha 24.04.2014 (TM mit W.)	-	-	-	-	-	-
Ernte (Datum/BBCH/ TM-Ertrag dt/ha/ TS%)	26.05.14/67/84/35% 03.06.14/73/83/32% 16.09.14/71/50/22% (1m ² Schnitt extra- pollent)	23.07.14/ BBCH 99 Korn: 76 dt/ha; 86% Stroh: 41 dt/ha; 86% Korn: 75 dt/ha; 86% Stroh: 43 dt/ha; 86% Korn : Stroh = 1 : 0,57	26.05.14/67/85/34% 3.06.14/73/84/32% 25.8.14/81/132/35% 04.9.14/81/132/35%	23.07.14/ BBCH 99 Korn: 85 dt/ha; 86% Stroh: 63 dt/ha; 86% Korn: 84 dt/ha; 86% Stroh: 62 dt/ha; 86% Korn : Stroh = 1 : 0,74	06.05.14/59/50/22% 13.05.14/63/61/24% 25.8.14/77/127/32% 04.9.14/81/132/35%	04.9.14/85/48/30% Wertung nicht möglich	16.06.14/71/63/69/27% 28.07.14/71/69/34%	25.8.14/83/191/28% 03.9.14/85/189/32%	25.8.14/83/186/28% 03.9.14/85/192/32%	01.10.14/61/52/35% 01.10.14/61/57/36%

Sorghum¹ - Sorghum bicolor * Sorghum sudanense - Sudangras; Sorghum² - Sorghum bicolor * Sorghum bicolor - Futterhirse
³ Nachfrüchte unterschiedlich Feld 28: Wintergerste (GP), Feld 29 und 30: Senf (GD), Aussaat am 01.08.2014 (22 kg/ha) - hier am 09.10.14 1m² Schritte extrapoliert ca. 30 dt TM/ha bei 23% TM-Gehalt (BBCH 71)
⁴ Mais in bestehende Untersaat, Alizon-Dünger in Reihe unter Saatgut "Unterfuß", Saatgutablage nach Strohverarbeitung (Fäse) - versuchsweise per Hand; aufgrund geplanter Ernte Grasnarbe kein Herbizid
 Bodenbearbeitung für Winterroggen Korn (Felder 28-30) mit Pflug und Packer am 20.09.2013; Felder 25-27; 31-32: 34-36 pflugges; Vorfrüchte 34 u. 35 Senf (GD) bzw. 36 Biomax (GD)
 Vorbehandlung mit Roundup Ultra Max (4 l/ha) am 07.04.14 vor Mais Fälder 34/35; Tankmischungen - TM m. H. = mit Insektizid, TM m. I. = mit Insektizid, TM m. F. = mit Fungizid, TM m. W. = mit Wachstumsregulator
 letzte CaO-Düngung: Kalkmergel einheitlich über ganzen Versuch 1000 kg CaO/ha am 13.08.2012
 * Usa: Aussaat: Humus plus Vorsaar Rolschwingel 10 kg/ha (1.-3. Spur) 09.05.2014; Feld 33: Ration - Giftköder gegen Mäuse im Winter
 Strohentrag ist das erntbare Stroh (abgesetztes Verfahren aus dem Schwad aufgenommen)

Anhang 5: Tabelle A-5.3.1: Bewirtschaftungsdaten 2014/15 – Anlage 5

"Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" TP 1: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolge regime

Standort: Güterfelde (BIVn/2)

Anlage 5 Jahr 3 – 2015	Feld 1 FF 1	Feld 2 FF 2	Feld 3 FF 3	Feld 4 FF 4	Feld 5 FF 5	Feld 6 FF 6	Feld 8 FF 8	Feld 9 FF 9	Feld 10 FF 10	Feld 12 FF 12
Aussaat	W. Triticale (GP) Balu PZO 300 Kg./m ² 24.09.2014 Placella Lisette 12 kg/ha 01.07.2015	W. Triticale (Kom) KWS Avo 300 Kg./m ² 24.09.2014	W. Triticale (GP) Balu PZO 300 Kg./m ² 24.09.2014 E. Weidegras Ramiro 45 kg/ha 01.07.2015	Mais LG 3216 7,4 Kg./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2015 ³⁾	Energieernte Gery KWS 13,5 Kg./m ² 23.04.2015 ⁴⁾	Sorghum bicolor ² KWS Tarzan 25 Kg./m ² 20.05.2015	Mais S280 HF Alteas 7,4 Kg./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2015	Grünschnittgras Vitalo 300 Kg./m ² 18.09.2014 Mais ZF Salgado 7,4 Kg./m ² (1,48 Einheiten/ha) 21.05.2015	Grünschnittgras Vitalo 300 Kg./m ² 18.09.2014 Mais ZF Salgado 7,4 Kg./m ² (1,48 Einheiten/ha) 21.05.2015	Sorghum ¹ ZF Luss 60 Kg./m ² 20.05.2015
N-Düngung	1. KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 2. KAS 40 kg N/ha 13.04.2015	1. KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 2. KAS 50 kg N/ha 13.04.2015	1. KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 2. KAS 40 kg N/ha 13.04.2015 KAS 40 kg N/ha 30.06.2015	Alizon 46 120 kg N/ha 20.04.2015	Alizon 46 120 kg N/ha 20.04.2015	Alizon 46 120 kg N/ha 18.05.2015	Alizon 46 120 kg N/ha 20.04.2015	Alizon 46 120 kg N/ha 20.04.2015	Alizon 46 120 kg N/ha 18.05.2015	1. KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 Alizon 46 100 kg N/ha 18.05.2015
P-Düngung	P40 26 kg P/ha 11.03.2015	P40 26 kg P/ha 11.03.2015	P40 26 kg P/ha 11.03.2015	P40 44 kg P/ha 11.03.2015	P40 44 kg P/ha 11.03.2015	P40 26 kg P/ha 11.03.2015	P40 44 kg P/ha 11.03.2015	P40 44 kg P/ha 11.03.2015	P40 44 kg P/ha 11.03.2015	P40 44 kg P/ha 11.03.2015
K-Düngung	40-Komkali 150 kg K/ha 12.03.2015	40-Komkali 150 kg K/ha 12.03.2015	40-Komkali 150 kg K/ha 12.03.2015	40-Komkali 230 kg K/ha 12.03.2015	40-Komkali 230 kg K/ha 12.03.2015	40-Komkali 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Komkali 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Komkali 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Komkali 230 kg K/ha 18.03.2015	40-Komkali 230 kg K/ha 18.03.2015
Round up	-	-	-	Round up Ultramax 4,0 l/ha 10.04.2015 ³⁾	-	-	-	-	Round up Ultramax 4,0 l/ha 05.09.2014	Round up Ultramax 4,0 l/ha 25.08.2014
Herbizid	Herold SC 0,4 l/ha 13.10.2014	Herold SC 0,4 l/ha 13.10.2014	Herold SC 0,4 l/ha 13.10.2014	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 19.05.2015 (TM mit I.)	Betanal Max Pro 1,0 l/ha + Gotlix Titan 1,3 l/ha 19.05.2015 Betanal Max Pro 1,0 l/ha + Gotlix Titan 1,3 l/ha 05.06.2015	Gardo Gold 4,0 l/ha 29.06.2015 (TM mit I.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 29.06.2015 (TM mit I.)	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 19.05.2015 (TM mit I.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 29.06.2015 (TM mit I.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 29.06.2015 (TM mit I.)
Insektizid	-	-	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 19.05.2015 (TM mit H.)	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 29.06.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 29.06.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 19.05.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 29.06.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 29.06.2015 (TM mit H.)
Fungizid	-	Fandango 1,0 l/ha 29.04.2015	-	-	-	-	-	-	-	-
Ernte (Datum/BBCH/ TM-Ertrag dt/ha/ TS%)	04.06.15/69/55/35% 09.06.15/73/64/40% 09.09.15/65/22/19%	29.07.15/ BBCH 99 Korn: 50 dt/ha; 86% Stroh: 23 dt/ha; 86% Korn: 51 dt/ha; 86% Stroh: 24 dt/ha; 86% Korn: Stroh = 1 : 0,46	04.06.15/69/55/35% 09.06.15/71/60/40% 14.09.15/55/17/21%	21.08.15/63/107/26% 31.08.15/85/116/30%	14.09.15/BBCH 49 dt TM/ha; TS% Rübe: 44/ 20% Blatt: 14/ 19%	07.09.15/59/61/23% 21.09.15/65/104/25%	07.09.15/59/56/23% 21.09.15/63/103/29%	13.05.15/59/68/22% 13.05.15/59/51/23% 07.09.15/67/52/19% 21.09.15/75/63/22%	13.05.15/59/68/22% 13.05.15/59/51/23% 07.09.15/67/52/19% 21.09.15/75/63/22%	13.05.15/59/68/22% 13.05.15/59/51/23% 07.09.15/67/52/19% 21.09.15/75/63/22%

Sorghum¹ - Sorghum bicolor * Sorghum sudanense - Sudangras; Sorghum² - Sorghum bicolor * Sorghum bicolor - Futterhirse
 3) Mais nach Luzernegras; Stoppelumbuch VF Luzernegras nach Roundup-Behandlung, schlechtes Saatbett
 4) Feld 6 Vorfrüchte Mais (2014); E. Weidegras als SZF (2013-2014); Wickrogras plus (2013) - Verunkrautungspotenzial 2015 deutlich, 2mal Herbizidbehandlung Alternative zu Betanal Max Pro 1,0 l/ha und Gotlix Titan 1,3 l/ha plus Hillisstoff Oleo FC 1,0 l/ha
 Bodenbearbeitung: Jahr 3 einheitlich pfluglos (Flügelischagraber; Saatbearbeitung)
 Tankmischungen - TM m. L = mit Insektizid, TM m. H = mit Herbizid
 letzte CaO-Düngung: Kalkmangel einheitlich über ganzen Versuch 1000 kg CaO/ha am 13.08.2012
 Strohertrag ist das erntbare Stroh (abgesetztes Verfahren aus dem Schwad aufgenommen)

Schriftart ist der Standardlein

Anhang 5: Tabelle A-5.3.2: Bewirtschaftungsdaten 2014/15 – Anlage 6

"Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" TP 1: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolge regime

Standort: Güterfelde (BIVnrl)

EVA 3. 04/2013 – 11/2015 (FNR: 22006012)

Anlage 6 Jahr 2 - 2015	Feld 13/16/19/23 FF 1	Feld 14 FF 2	Feld 15 FF 3	Feld 17 FF 4	Feld 18 FF 5	Feld 20 FF 6	Feld 21 FF 11 (7)	Feld 22 FF 8	Feld 24 FF 9
Aussaat	Mais HF LG 32/16 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2015	Grünschnittroggen Vialto 300 Kö./m ² 18.09.2014 --- Mais ZF Salgado 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 21.05.2015	Grünschnittroggen Vialto 300 Kö./m ² 18.09.2014 --- Sorghum ¹ ZF Lussi 60 Kö./m ² 20.05.2015	Luzernegras (Blanksaat) ³ 33 kg/ha 20.08.2013	Mais HF LG 32/16 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2015 Bedeckung mit Wiesenschwingel ⁴	Mais Korn K220 Rocadillo 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2015	Mais S280 HF Alteas 7,4 Kö./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2015	W. Roggen (Korn) Braseiro 220 Kö./m ² 24.09.2014	W. Roggen (GF) SU Sekkato 220 Kö./m ² 24.09.2014 --- Phacelia Liserle 12 kg/ha 01.07.2015
N-Düngung	Alizon 46: 120 kg N/ha 20.04.2015	KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 --- Alizon 46: 100 kg N/ha 18.05.2015	KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 --- Alizon 46: 100 kg N/ha 18.05.2015	-	Alizon 46: 100 kg N/ha 20.04.2015 ⁴	Alizon 46: 120 kg N/ha 20.04.2015	Alizon 46: 120 kg N/ha 20.04.2015	1. KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 --- 2. KAS 40 kg N/ha 13.04.2015	1. KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 --- 2. KAS 40 kg N/ha 13.04.2015
P-Düngung	Triple Superphosphat 35 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 35 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 35 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 18.03.2015	Triple Superphosphat 35 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 35 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 35 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 11.03.2015
K-Düngung	40-Kornkali 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Kornkali 230 kg K/ha 18.03.2015	40-Kornkali 230 kg K/ha 18.03.2015	40-Kornkali 230 kg K/ha 18.03.2015	40-Kornkali 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Kornkali 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Kornkali 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Kornkali 150 kg K/ha 12.03.2015	40-Kornkali 150 kg K/ha 12.03.2015
Herbizid	Gardo Gold 3.0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 19.05.2015 (TM mit L.)	Gardo Gold 4.0 l/ha + 29.06.2015 (TM mit L.)	Gardo Gold 4.0 l/ha + 29.06.2015 (TM mit L.)	-	Gardo Gold 3.0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 19.05.2015 (TM mit L.)	Gardo Gold 3.0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 19.05.2015 (TM mit L.)	Gardo Gold 3.0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 19.05.2015 (TM mit L.)	Herold SC 0,4 l/ha 13.10.2014	Herold SC 0,4 l/ha 13.10.2014
Insektizid	Karate Zeon 0,075 l/ha 19.05.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 29.06.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 29.06.2015 (TM mit H.)	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 19.05.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 19.05.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 19.05.2015 (TM mit H.)	-	-
Wachstums- regulator	-	-	-	-	-	-	-	Camposan 0,5 l/ha 29.04.2015 (TM mit F.)	-
Fungizid	-	-	-	-	-	-	-	Fandango 1,0 l/ha 29.04.2015 (TM mit W.)	-
Ernte (Datum/BBCH/ TM-Etrag dt/ha/ TS%)	21.08.15/83/86/26% 31.08.15/85/97/30%	13.05.15/59/54/23% 13.05.15/59/50/23% 07.09.15/67/48/19% 21.09.15/75/60/21%	13.05.15/59/50/23% 13.05.15/59/49/23% 07.09.15/61/61/24% 21.09.15/75/79/28%	1.A: 19.05.15/42/19% 1.A: 09.06.15/56/35% 2.A: 15.7.15/24/30% 3.A: 09.9.15/6/30% 3.A: 5.10.15/2/96%	21.08.15/83/71/28% 31.08.15/85/88/32% 1.A: 15.7.15/24/30% 2.A: 29.7.15/19/31% 3.A: 09.9.15/6/30% 3.A: 5.10.15/2/96%	06.10.15/ BBCH 99 Kom: 63 dt/ha; 86% Stroh: 62 dt/ha; 86% Kom: 56 dt/ha; 86% Stroh: 64 dt/ha; 86%	21.08.15/75/87/25% 07.09.15/83/109/30% Kom: 60 dt/ha; 86% Stroh: 32 dt/ha; 86% Kom: 55 dt/ha; 86% Stroh: 35 dt/ha; 86% Kom : Stroh = 1 : 0,63	04.06.15/71/65/94% 09.06.15/75/70/37% 09.09.15/65/30/19%	

Sorghum¹ - Sorghum bicolor * Sorghum sudanense - Sudangras; Sorghum² - Sorghum bicolor * Sorghum bicolor - Futterhirse
 3) Luzernegras (Blanksaat); Luzerne; Planet = 22,5 kg/ha; Wiesenschweidel; Perun 10,5 kg/ha 20.08.2013; Ratron - Giftköder gegen Mäuse im Winter, in der Praxis nur zwei Aufwüchse entweidrig
 4) in der Vorfrucht Wickroggen Plus (GF) war mit 15% Anteil Wiesenschwingel Liferla 15% vorhanden; zugebende Entwicklung nach Wickroggenante, später mit hohen Anteilen an Unkraut deckender Bestand; am 10.04.2015
 Vorbereitung Mais Altraibe behandelt mit Round up Ultramax 4,0 l/ha
 letzte CaO-Düngung: Kalkmehl einheitlich über ganzen Versuch 1400 kg CaO/ha am 07.08.2013
 Bodenbearbeitung: Jahr 2 einheitlich pfluglos (Flügelstreubreiter; Saatbettbereitung)
 Tankmischungen - TM m. L. = mit Insektizid, TM m. H. = mit Herbizid, TM m. F. = mit Fungizid, TM m. W. = mit Wachstumsregulator
 Schreifer ist der Standardtermin

Anhang 5: Tabelle A-5.3.3: Bewirtschaftungsdaten 2014/15 – Risikoanalyse FF 1-3, und themenorientierte Fruchtfolgen

"Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands": TP 1: Entwicklung und Optimierung von Standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolgeregime

EVA 3: 04/2013 – 11/2015 (FNR: 22006012)

Standort: Güterfelde (Blin/2)

Block 3 Blin/2 2015	Feld 25/26/27 FF 1/2/3 - Jahr 4	Feld 28 FF 1 - Jahr 1	Feld 29 FF 2 - Jahr 1	Feld 30 FF 3 - Jahr 1	Feld 31 FF 12 - Jahr 3	Feld 32 FF 14 - Jahr 3	Feld 33 FF 13 - Jahr 3	Feld 34 FF 12 - Jahr 2	Feld 35 FF 14 - Jahr 2	Feld 36 FF 13 - Jahr 2
Aussaat	W. Roggen (Kom) Brasero 220 Kg./m ² 24.09.2014	W. Gerste (GP) KWS Tenor 320 Kg./m ² 18.09.2014 Sorghum_ZF Lussi 60 Kg./m ² 10.06.2015	Sorghum HF Lussi 50 Kg./m ² 20.05.2015	Mais HF LG 3216 7,4 Kg./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2015	W. Triticale 25% N Balu FZO 300 Kg./m ² 24.09.2014 E. Weidelgras (DN) Ramiro 45 kg/ha 01.07.2015	Sonnenblumen GPS Violafa 8 Kg./m ² 23.04.2015 ³⁾	Sonnenblumen GPS Violafa 8 Kg./m ² 23.04.2015	Güternschnittroggen Vitalio 300 Kg./m ² 18.09.2014 Sorghum_ZF Lussi 60 Kg./m ² 20.05.2015	Mais HF LG 3216 7,4 Kg./m ² (1,48 Einheiten/ha) 29.04.2015	Steinklee Krepla 22,5 kg/ha 13.03.2014 Phacelia Liserte 12 kg/ha 16.07.2015 ⁴⁾
N-Düngung	1. KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 2. KAS 50 kg N/ha 13.04.2015	1. KAS 60 kg N/ha 11.03.2015 2. KAS 40 kg N/ha 13.04.2015 Alzon 46 100 kg N/ha 10.06.2015	Alzon 46 120 kg N/ha 18.05.2015	Alzon 46 120 kg N/ha 20.04.2015	1. KAS 45 kg N/ha 11.03.2015 2. KAS 30 kg N/ha 13.04.2015	Alzon 46 80 kg N/ha 20.04.2015	Alzon 46 80 kg N/ha 20.04.2015	KAS 45 kg N/ha 11.03.2015 Alzon 46 75 kg N/ha 18.05.2015	Alzon 46 100 kg N/ha 20.04.2015	-
P-Düngung	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 26 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 11.03.2015	Triple Superphosphat 44 kg P/ha 11.03.2015
K-Düngung	40-Kornkall 150 kg K/ha 12.03.2015	40-Kornkall 230 kg K/ha 18.03.2015	40-Kornkall 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Kornkall 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Kornkall 150 kg K/ha 12.03.2015	40-Kornkall 230 kg K/ha 18.03.2015	40-Kornkall 230 kg K/ha 18.03.2015	40-Kornkall 230 kg K/ha 18.03.2015	40-Kornkall 190 kg K/ha 19.03.2015	40-Kornkall 230 kg K/ha 18.03.2015
Herbizid	Herold SC 0,4 l/ha 13.10.2014	Herold SC 0,4 l/ha 02.10.2014 Gardo Gold 4,0 l/ha 07.07.2015 (TM mit L.)	Gardo Gold 4,0 l/ha 29.06.2015 (TM mit L.)	Gardo Gold 3,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha 19.05.2015 (TM mit L.)	Herold SC 0,4 l/ha 13.10.2014	Bandur 2,5 l/ha 24.04.2015	Bandur 2,5 l/ha 24.04.2015	Gardo Gold 4,0 l/ha 29.06.2015 (TM mit L.)	B 235 1,0 l/ha + Callisto 0,75 l/ha (TM mit L.) 28.05.2015	-
Insektizid	-	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 29.06.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 19.05.2015 (TM mit H.)	-	-	-	Karate Zeon 0,075 l/ha 29.06.2015 (TM mit H.)	Karate Zeon 0,075 l/ha 28.05.2015 (TM mit H.)	-
Wachstumsregulator	Camposan 0,5 l/ha 29.04.2015 (TM mit F.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fungizid	Fandango 1,0 l/ha 29.04.2015 (TM mit W.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ernte (Datum/BCH/ TM-Ertrag dt/ha/ TS%)	29.07.15/BBCH 99 Kom: 63 dt/ha; 86% Stroh: 35 dt/ha; 86% 05.10.15/71/67/28% Kom : Stroh = 1 : 0,64	27.05.15/73/55/33% 07.06.15/63/60/37% 21.09.15/65/66/23% 05.10.15/71/67/28%	07.09.15/75/80/26% 21.09.15/63/92/29%	21.08.15/83/93/27% 31.08.15/85/107/31% (TM mit L.)	04.06.15/69/53/35% 09.06.15/73/55/39% 14.09.15/55/14/24%	21.08.15/83/41/23% 31.08.15/85/56/28%	21.08.15/83/68/27% 31.08.15/85/73/32%	13.05.15/59/45/24% 13.05.15/59/45/24% 07.09.15/61/67/26% 21.09.15/75/81/29%	21.08.15/77/65/29% 31.08.15/85/67/32%	09.06.15/53/50/24% 15.07.15/65/81/31% 15.07.15/65/81/31% 4)

Sorghum¹ - Sorghum bicolor - Sudangras; Sorghum² - Sorghum bicolor - Sorghum bicolor - Futterhirse
 Feld 25: Nachfrucht W. Gerste (GP), Feld 26-27 Nachfrucht Senf (GD); Feld 29 und 30 Zeitraum Sommer 2014 bis Winter 2014/15; Senf (GD)
³⁾ nach Mais mit Untersaat, erhöhter Unkrautdruck; ⁴⁾ Steinklee - 2 Erntetermine, Spur 1-3: früher Erntetermin - Betrachtung Wiederaufwuchs, späte Ernte (Spur 4-7) nach Ernte Aussaat von Phacelia (GD), flächendeckender Phacelienbestand (ca. 40-50%) mit höheren Unkrautanteil (ca. 25%) - Ertragsfeststellung war für November 2015 geplant, nicht mehr durchgeführt durch Abbruch Versuche im Oktober
 Bodenbearbeitung für Winterroggen Kom (Felder 25-27) mit Pflug und Packen am 17.09.2014; Felder 28-35 pfluglos.
⁵⁾Feld 32 und 35 Untersaat Rotschwingel über Winter; Feld 36: Ratton - Gliktöder gegen Mäuse im Winter; ungünstige Entwicklung des Pflanzenbestandes mit Mindererträgen
 Vorbehandlung mit Roundup Ultra Max (4 l/ha) am 04.09.14; Felder 26-28/35; 10.04.15 Felder 32-33 und 35; Tankmischungen - TM m. l.= mit Insektizid, TM m. H. = mit Herbizid, TM m. F. = mit Fungizid, TM m. W. = mit Wachstumsregulator
 letzte Cao-Düngung: Kalkmügel einheitlich über ganzen Versuch 1000 kg Cao/ha am 13.08.2012
 Strohertrag ist das embare Stroh (abgesetztes Verfahren aus dem Schwad aufgenommen)

Schraffur ist der Standardtermin

Anhang 6: Tabelle A6: Direkter Ertragsvergleich Mais mit weiteren Arten für die Ganzpflanzennutzung in den jeweiligen Anbaujahren inklusive Standardabweichung und Variationskoeffizient – vgl. Abschnitt 3.1

Fruchtart	Nutzungsjahre	Anzahl PG	Anzahl Jahre	TM-Ertrag (Standardernte)		Standard dabh. dt/ha	CH4-Ertrag (Standardernte)		Standard dabh. m ³ CH4/ha	TM s%	CH4 s%
				dt/ha	relativ %		m ³ CH4/ha	relativ %			
Mais	2005-07/09-15	50	10	153	100	36	4322	100	1806	23	42
Sorghum (b.xs.)		11	10	127	83	21	2996	69	1170	17	39
Mais	2009/10/13-15	32	5	152	100	35	4022	100	1130	23	28
Wintergerste		17	5	79	52	12	1986	49	372	15	19
Mais	2007/09-11/13-15	41	7	159	100	33	4585	100	1066	21	23
Winterroggen		9	7	84	53	20	2025	44	578	23	29
Mais	2006-07/10-15	45	8	150	100	38	4181	100	1285	25	31
Wintertriticale		30	8	73	48	22	1747	42	641	30	37
Mais	2006-07/10-15	45	8	150	100	39	4181	100	1285	26	31
Grünschnittroggen		23	8	51	34	10	1261	30	366	19	29
Mais	2007/10-15	42	7	160	100	33	4631	100	1071	21	23
Luzernegras		10	7	87	54	17	2226	48	445	20	20
Mais	2006/07	9	2	139	100		3896	100			
Kleegras		2	2	64	46		1660	43			
Mais	2005/06/09-11/15	28	6	133	100	32	3983	100	1069	24	27
Sonnenblumen		6	6	78	59	21	2158	54	488	27	23
Mais	2005-07	10	3	145	100		4130	100			
Topinamburkraut		5	3	80	55		1978	48			
Mais	2005/06/09-11	19	5	139	100	32	3983	100	1067	23	27
Hafer		5	5	56	40	22	1459	37	623	39	43
Mais	2005/06/09-11	19	5	139	100	32	3983	100	1067	23	27
Artengemenge		5	5	54	39	24	1466	37	704	44	48
Mais	2005/06	6	2	122	100		3491	100			
Sommerroggen		12	2	52	43		1391	40			
Mais	2009 /10	8	2	142	100		4022	100			
Sommergerste		2	2	58	41		1465	36			
Mais	2009/10/13-15	32	5	152	100	35	4899	100	1130	23	23
Sorghum bicolor		5	5	137	91	30	3879	79	874	22	23
Mais	2013/14	15	2	185	100		5976	100			
Wickroggen		2	2	99	54		2792	47			
Mais	2013/14	15	2	185	100		5976	100			
Steinklee 1-j.		2	2	54	29		1235	21			
Mais	2014/15	19	2	148	100		4765	100			
Steinklee 2-j.		2	2	88	60		2009	42			

Anhang 7: Tabelle A7.1: TM- (dt/ha), Methanhektarertrag (m³/ha) und TM-Gehalt (%) der Fruchtfolgen 1-3, Güterfelde, 8 Rotationen im Versuchszeitraum 2005-15, vgl. Anmerkungen unter Tab. A7.3

Projekt: EVA
 Standort: Güterfelde, Standardernte
 Anlagen: 1-8 (Zeitraum 2005 bis 2015)

Art	CH ₄ m ³ /ha	GP dt/ha
TM dt/ha	TM %	

Zusammenfassung Einzelerträge und Fruchtfolgen

Trockenmasseertrag je Art (= Fruchtfolgeglied - FG) und Gesamtertrag Fruchtfolge (TM dt/ha)
 Ganzpflanzenertrag (GP dt/ha) Summe in der Fruchtfolge von entsprechenden Fruchtfolgegliedern (FG)
 Methanhektarertrag (CH₄ in m³/ha) bezogen auf die organische Trockenmasse (nach Richtwerte Biogasmatrix ATB, 2014)
 Trockenmassegehalt (TM %)
 WG GP Abbruch Versuch 2015 keine Werte vorhanden;
 Fruchtfolge besteht aus weniger Fruchtfolgegliedern, in dieser Fruchtfolge frei und kein Eintrag
 GD = Fruchtfolgeglieder zu Gründüngungszwecken (ohne Abfuhr);
 K = Fruchtfolgeglieder zur Körnernutzung; St = Stroh ohne Abfuhr Ertrag hier bei 100 % TM-Gehalt
 Risiko-Fruchtfolgen (R7/R8) ist die fett gedruckte Art im Jahr 2013 angebaut worden, danach ff.

Fruchtfolge	Anlage	FG 1	FG 2	FG 3	FG 4	FG 5	FG 6	Summe
1	1	SR GP 1766	OR GD	Mais GP 2845	WT GP 2029	SuG GP 2532	WR K 41,6	302 9172
	2005-08	63,4 38	22,0 8	88,2 25	65,4 28	85,3 20	WR St 31,8	398
	2	SR GP 1108	OR GD	Mais GP 6226	WT GP 2553	SuG GP 623	WR K 55,5	335 10510
	2006-09	39,9 49	20,0 17	191,9 32	81,1 46	22,0 15	WR St 32,1	443
	3	WG GP 2149	SuG GP 2936	Mais GP 3709	WT GP 1710	Phac.GD	WR K 59,4	343 10504
	2009-12	68,4 34	104,5 25	115,0 29	54,9 37	11,1 14	WR St 36,1	449
	4	WG GP 2751	SuG GP 1243	Mais GP 5402	WT GP 1774	Phac.GD	WR K 69,4	352 11170
	2010-13	88,9 38	41,9 20	164,0 35	56,9 35	34,5 21	WR St 43,2	499
	5	WG GP 2764	SuG GP 3076	Mais GP 6538	WT GP 2003	Phac.GD	WR K	460 14381
	2013-16	87,9 33	108,3 32	200,1 34	63,9 40	21,5 19	WR St	
6	WG GP 2764	SuG GP 3793	Mais GP 3129	WT GP	Phac.GD	WR K		
2014-17	87,6 37	133,2 33	97,3 30			WR St		
R7	WG GP 1889	SuG GP 1899	Mais GP	WT GP 3553	Phac.GD	WR K 71,8		
2013-16	59,7 37	67,0 28		113,6 33	42,6 20	WR St 51,0		
R8	WG GP	SuG GP	Mais GP 6098	WT GP 2603	Phac.GD	WR K 46,8		
2013-16			188,3 30	83,2 32	50,0 22	WR St 32,6		
2	1	SuG GP 4265	GSR GP 832	Mais GP 2593	WT K 49,3	WR K 44,5		255 7691
	2005-08	150,2 24	25,6 14	79,0 36	WT St 29,5	WR St 43,3		421
	2	SuG GP 2797	GSR GP 975	Mais GP 4890	WT K 36,3	WR K 50,2		277 8662
	2006-09	99,5 33	29,7 22	148,4 30	WT St 34,5	WR St 29,6		428
	3	SuG GP 3443	GSR GP 1364	Mais GP 2877	WT K 21,6	WR K 59,5		250 7683
	2009-12	122,2 26	41,4 19	86,1 31	WT St 22,1	WR St 36,9		390
	4	SuG GP 3201	GSR GP 1312	Mais GP 4066	WT K 37,4	WR K 70,2		275 8580
	2010-13	113,1 30	40,1 23	121,5 31	WT St 23,7	WR St 48,8		455
	5	SuG GP 3274	GSR GP 1740	Mais GP 5113	WT K 44,2	WR K		322 10128
	2013-16	114,7 36	52,9 22	154,1 35	WT St 20,5	WR St		
6	SuG GP 4417	GSR GP 1675	Mais GP 1874	WT K	WR K			
2014-17	154,1 37	50,5 23	60,4 21	WT St	WR St			
R7	SuG GP 2591	GSR GP	Mais GP	WT K 73,7	WR K 69,7			
2013-16	92,0 29			WT St 41,4	WR St 51,6			
R8	SuG GP	GSR GP 2256	Mais GP 5074	WT K 64,4	WR K 54,4			
2013-16		69,2 20	152,9 30	WT St 36,6	WR St 30,4			
3	1	Mais GP 5130	GSR GP 1048	SuG GP 1498	WT GP 1779	E.Wg GP 1035	WR K 37,2	338 10490
	2005-08	157,7 35	32,6 14	53,1 26	57,2 28	37,7 19	WR St 32,9	408
	2	Mais GP 2378	GSR GP 1637	SuG GP 3619	WT GP 2532	E.Wg GP 228	WR K 52,8	334 10394
	2006-09	73,7 23	50,8 17	120,4 21	80,3 45	8,5 20	WR St 31,8	418
	3	Mais GP 5040	GSR GP 1276	SuG GP 3041	WT GP 1278	E.Wg GP 410	WR K 54,1	356 11045
	2009-12	155,4 36	38,8 20	107,8 27	41,2 37	12,6 31	WR St 35,9	446
	4	Mais GP 3797	GSR GP 1549	SuG GP 3259	WT GP 1310	E.Wg GP 697	WR K 73,5	346 10613
	2010-13	116,6 29	52,4 25	113,7 33	41,9 35	21,8 25	WR St 48,2	468
	5	Mais GP 5342	GSR GP 1894	SuG GP 3732	WT GP 1879	E.Wg GP 569	WR K	434 13416
	2013-16	164,1 32	62,9 26	129,9 37	60,0 40	16,9 21	WR St	
6	Mais GP 6291	GSR GP 1638	SuG GP 2241	WT GP	E.Wg GP	WR K		
2014-17	194,4 31	49,3 23	78,9 28			WR St		
R7	Mais GP 3463	GSR GP	SuG GP	WT GP 3559	E.Wg GP 818	WR K 73,7		
2013-16	107,5 31			113,6 34	26,3 19	WR St 57,1		
R8	Mais GP	GSR GP 2262	SuG GP 3297	WT GP 2631	E.Wg GP 936	WR K 59,7		
2013-16		69,4 22	115,5 37	83,8 32	34,4 26	WR St 39,3		

Fortsetzung Anhang 7: Tabelle A7.3: TM- (dt/ha), Methanhektarertrag (m³/ha) und TM-Gehalt (%) der themenorientierten Fruchtfolgen 12-14, Güterfelde, im Versuchszeitraum 2013-15, vgl. Anmerkungen unter Tab. A7.3

Projekt: EVA
Standort: Güterfelde, Standardernte
Anlagen: 5-6 (Zeitraum 2005 bis 2015)

Art	CH ₄ m ³ /ha	GP dt/ha
TM dt/ha	TM %	

Zusammenfassung Einzelerträge und Fruchtfolgen

Trockenmasseertrag je Art (= Fruchtfolgeglied - FG) und Gesamtertrag Fruchtfolge (TM dt/ha)
 Ganzpflanzenertrag (GP dt/ha) Summe in der Fruchtfolge von entsprechenden Fruchtfolgegliedern (FG)
 Methanhektarertrag (CH₄ in m³/ha) bezogen auf die organische Trockenmasse (nach Richtwerte Biogasmatrix ATB, 2014)
 Trockenmassegehalt (TM %)
 WG GP Abbruch Versuch 2015 keine Werte vorhanden;
 Fruchtfolge besteht aus weniger Fruchtfolgegliedern, in dieser Fruchtfolge frei und kein Eintrag
 GD = Fruchtfolgeglieder zur Gründüngungszwecken (ohne Abfuhr);
 K = Fruchtfolgeglieder zur Körnernutzung; St = Stroh ohne Abfuhr Ertrag hier bei 100 % TM-Gehalt
 Risiko-Fruchtfolgen (R7/R8) ist die fett gedruckte Art im Jahr 2013 angebaut worden, danach ff.

Fruchtfolge	Anlage	FG 1	FG 2	FG 3	FG 4	FG 5	FG 6	Summe
12 "-25%N"	5 2013-(16)	Mais GP 5763 178,1 31	GSR GP 1830 61,3 24	SuG GP 3793 132,2 35	WT GP 1747 55,4 39	E.Wg GP 478 13,9 24	WR K WR St k.A.m.	441 k.A.m.
	6 2014-(17)	Mais GP 6167 189,4 32	GSR GP 1486 44,8 24	SuG GP 2298 81,2 29	WT GP k.A.m.	E.Wg GP k.A.m.	WR K WR St k.A.m.	k.A.m.
	5 2013-(16)	Biomax GD 8,4 11	Steinklee 1158 51,1 31	Steinklee 2187 95,9 34	Phacelia GD 19,7 9	Sobl. GP 1636 73,1 32	WR K WR St k.A.m.	220 k.A.m.
13 "Biodivers"	6 2014-(17)	Biomax GD 17,2 16	Steinklee 1313 57,0 36	Steinklee 1831 80,9 31	Phacelia GD Abbruch Versuche	Sobl. GP k.A.m.	WR K WR St k.A.m.	k.A.m.
	5 2013-(16)	Mais GP 5084 156,7 28	Usa nicht erntewürdig	Mais GP 1550 47,6 30	Usa nicht erntewürdig	Sobl. GP 1264 55,6 28	WR K WR St k.A.m.	260 k.A.m.
14 "Untersaat" nicht wertbar	6 2014-(17)	Mais GP 6254 192,3 32	Usa nicht erntewürdig	Mais GP 2146 67,0 32	Usa Abbruch Versuche	Sobl. GP k.A.m.	WR K WR St k.A.m.	k.A.m.

Abkürzungen Fruchtarten

- AM Artenmischung aus Hafer, Erbsen und Leindotter
- GSR Grünschnittroggen
- E.Rübe Rüben
- E.Wg Einjähriges Weidelgras
- FuH Futterhirse (Sorghum bicolor)
- Lup. Lupine
- Luz.gras Luzerngras
- ÖR Örtretich
- Phac. Phacelia
- So.bl. Sonnenblumen
- SG Sommergerste
- S.Gtr. Sommergetreide
- SR Sommerroggen
- SuG Sudangras-Hybriden (Sorghum bicolor * sudanense)
- Topi.kraut/kn Topinamburkraut mehrjährig, Topinamburknolle beides für Ganzpflanzennutzung
- WG Wintergerste
- WickR. Wickroggen
- WRaps Winterraps
- WR Winterroggen
- W.Schw. Wiesenschwingel (Untersaat im Wickroggen)
- WT Wintertriticale

Bedingungen

allgemein: aufgrund der Einstellung der Finanzierung und somit des Abbruchs der Versuche sind für die Fruchtfolge(Rotationen 5 und 6 die Ergebnisse der Fruchtfolgeglieder der Jahre 2016 bzw. 2016/17 nicht existent, Regionalfruchtfolgen 6-9 wurden aufgrund des eingeschränkten Erfolgs der getesteten Varianten EVA1: 2005-09 (Biodiversität) ab 2009 verändert - vgl. Enderberichte EVA 1 und 2 (Regional-FF6, 8 und 9 wurden mit Eigenmitteln von 2013 bis 2015 am Standort Güterfelde weitergeführt);

FF1-3: 8 Rotationen, dabei 7. und 8. als "Risikoanalyse" mit weiteren Fruchtfolgegliedern der FF im gleichen Zeitraum (jedes Fruchtfolgeglied steht in jedem Jahr) - ;
FF4/FF5: Zusammenfassung im Mittel Leguminosengrasfruchtfolge - 4 Rotationen, d.h. Mittelwertbildung FF4 aus der 1./2. Rotation mit den FG aus FF5 (3./4. Rotation) - Vermeidung Luxus-FF und deren ökonomisch/ökologischen Nachteile - daher Wechsel mit FF 5 - Vgl. Bericht EVA2, erstes FG als Sommergetreide-GP zusammengefasst aufgrund gleichen Ertragsniveaus Hafer und Sommergerste als mögliche Variante eingeschätzt, Veränderungen in FF 4 und 5 ab 2013 bedingt durch Forderung des Auftragsgebers andere Fruchtarten zu testen und Anpassung der Leguminosengras-FF - Erhöhung der Effizienz - Rotation 5 und 6 keine Ausweisung der Summe aufgrund Einstellung Finanzierung/Abbruch der Versuche möglich;

FF7/11: Regionalfruchtfolgen bis 2013 (FF7 s.o. - allgemein); ab 2013 Forderung an jedem Standort Prüfung Mais(folge)monoanbau 3 Jahre mit abschließendem FG Winterkörnergetreide zu prüfen, daher schlechteste bewertete Regional-FF umgestellt (einheitlich im Projekt mit FF11 geführt);

FF8: Veränderung von EVA2 (Rotation 3+4) und EVA3 (Rotation5+6) mit Einschub von Grünschnittroggen als Zwischenfrucht aufgrund Bedeckung Winter (ökologische Notwendigkeit, Schutz Erosion, Minderung Auswaschung etc.)

FF12-14: die themenorientierten FF können aufgrund der unvollständigen Rotation nur sehr eingeschränkt bewertet werden, die Fruchtfolge mit der N-Reduktion (FF12) weist nach 3 bzw. 2 Jahren kaum bzw. nur ein geringes Ertragsniveau im 2. bzw. 3. Jahr auf - hier sind offenbar Wirkungen eher längerfristig zu erwarten, d.h. Notwendigkeit mehrjähriger Untersuchung!!!, FF14 "Gewässerschutz" wirtschaftend entsprechend lt. Plan ab dem 2. Jahr Mais in eine bestehende Untersaat mit dem Strip till-Verfahren zu etablieren war nicht optimal umzusetzen (vgl. Erfolgskontrollbericht) - Ergebnismaterial - schwierig für Praxis zu werten;

für EVA3 (Anlage 5; 6; 7 und 8 - FF 2; 3; 8; 9; 12; 14) hier kein TM-Ertrag für Senf-Gründüngung (FG "0") ausgewiesen im Gegensatz zu Abb. 4)

Anhang 8: Tabelle A8.1: Ganzpflanzen- (dt TM/ha), Methangasertrag (m³/ha), TM-Gehalt und organische Trockensubstanz (%) – Beispiel EVA Fruchtfolgeversuche 2015 der Fruchtfolgeglieder Jahr 2, Standarderntetermin Güterfelde (Anlage 6) – Vorjahre vgl. Zwischenberichte bzw. Anhang 7

EVA 3 Güterfelde Standardernte 2015 - Fruchtfolgeglieder Jahr 2						%	dt/ha	%	m ³ /ha
Fruchtfolge (FF)	FF-Nr.	FF-Stellung	Fruchtart	Ernte Datum	BBCH	TM-Gehalt	TM-Ertrag	oTS	CH ₄ -Ertrag
Standard-Fruchtfolgen Anlage 6									
C4-Pfl./Getreide (GP) WG/SuG/Mais/WT/Phac. (GD)/WR-K	1	Hauptfrucht	Mais	31.08.15	85	30	97	95	3129
C4-Pfl./Getreide (K) SuG/GSR/Mais/WT-K/WR-K	2	WZF	Winterroggen	13.05.15	59	23	50,5	94,4	1675,3
		Zweitfrucht	Mais	21.09.15	75	21	60,4	94,7	1874,4
		Summe					111		3550
C4-Pfl./Getreide (GP) Mais/GSR/SuG/WT/E.WG/WR-K	3	WZF	Winterroggen	13.05.15	59	23	49	94	1638
		Zweitfrucht	Sudangras	21.09.15	75	28	79	96	2241
		Summe					128		3879
Ackerfutter 2 1/2 Jahre Luzernegras/Mais/WR-K	4	Ackerfutter	Luzernegras ¹		61	35/31	75	91	2039
Wickroggen/Gras/Mais/ Rübe/WR-K	5	Hauptfrucht	Mais	31.08.15	85	32	88	96	2828
Regionalfruchtfolgen Anlage 6									
C4-Pfl./W.Roggen (GP+K) WR/Senf GD/Mais-K/FuH/WR-K	6	Hauptfrucht	Mais			TM % original	Ertrag bei86%	Ertrag bei100%	K:S
			Mais-Korn	06.10.15	99	71	56	48	1,13
			Mais-Stroh	06.10.15	99	35	64	55	
			Summe				120	103	
Typisch Roggen 2 FuH/WR-K/GSR/Mais/WR-K	8	Hauptfrucht	Winterroggen			TM % original	Ertrag bei86%	Ertrag bei100%	K:S
			WR-Korn	29.07.15	99	84	55	48	0,63
			WR-Stroh	29.07.15	99	89	35	30	
			Summe				90	78	
Typisch Roggen 3 Mais/WR/GSR/SuG/WR-K	9	Hauptfrucht	Winterroggen	09.06.15	75	37	70	96	2059
themenorientierte Fruchtfolgen Anlage 6									
N-Reduktion der FF 3 Mais/GSR/SuG/WT/E.WG/WR-K	12	WZF	Winterroggen	13.05.15	59	24	45	94	1486
		Zweitfrucht	Sudangras	21.09.15	75	29	81	95	2298
		Summe					126		3784
Wasserschutz Senf (GD)/Mais+Us/ Us/Mais in Us/Us/Sobl in Us/WR-K	14	Hauptfrucht	Mais+Usa ³	31.08.15	85	32	67	95	2146
Biodiversität Biomax (GD)/2-j.Steinklee/Phacelia (GD)/Sobl./WR-K	13	Ackerfutter	Steinklee ²	15.07.15	65	31	81	93	1831
		Stoppelsaat	Phacelia ⁴		65		11		
		Summe					92		1831
Referenz Mais/Mais/Mais/WR-K	11	Hauptfrucht	Mais (S280)	07.09.15	83	30	109	95	3501

1) Luzernegras 2. Standjahr Angaben für zwei Schnitte (TM% 1./2. Aufwuchs) - 3. Aufwuchs mit ca. 2 dt TM/ha in der Praxis nicht erntet

2) Steinklee 2. Standjahr

3) Wertung nur eingeschränkt möglich

4) Bestand war existent, um ca. 2 Wochen spätere Aussaat als in FF 1 (Anlage 5; 16.07. statt 01.07.); keine Ertragsbestimmung vor

Abbruch Versuch 10/2015; aufgrund Bestandesentwicklung und Vergleich mit FF 1; Annahme Aufwuchs für Gründung ca. 50% von FF 1

Fortsetzung Anhang 8: Tabelle A8.2: Ganzpflanzen- (dt TM/ha), Methangasertrag (m³/ha), TM-Gehalt und organische Trockensubstanz (%) – Beispiel: EVA Fruchtfolgeversuche 2015 der Fruchtfolgeglieder Jahr 3, Standarderntetermin Güterfelde (Anlage 5) - Vorjahre vgl. Zwischenberichte bzw. Anhang 7

EVA 3 Güterfelde Standardernte 2015 - Fruchtfolgeglieder Jahr 3						%	dt/ha	%	m ³ /ha
Fruchtfolge (FF)	FF-Nr.	FF-Stellung	Fruchtart	Ernte Datum	BBCH	TM-Gehalt	TM-Ertrag	oTS	CH ₄ -Ertrag
Standard-Fruchtfolgen Anlage 5									
C4-Pfl./Getreide (GP) WG/SuG/Mais/WT/Phac.(GD)/WR-K	1	Hauptfrucht	Wintertriticale	09.06.15	73	40	64	96	2003
		Stoppelsaat	Phacelia	09.09.15	65	19	22		
		Summe					85		2003
C4-Pfl./Getreide (K) SuG/GSR/Mais/WT-K/WR-K	2	Hauptfrucht	Wintertriticale			TM% original	Ertrag bei 86%	Ertrag bei 100%	K:S
			WT-Korn	29.07.15	99	84	51	44	0,46
			WT-Stroh	29.07.15	99	90	24	21	
			Summe				75	65	
C4-Pfl./Getreide (GP) Mais/GSR/SuG/WT/E.WG/WR-K	3	Hauptfrucht	Wintertriticale	09.06.15	71	40	60	96	1879
		Stoppelsaat	E. Weidelgras	14.09.15	55	21	17	89	569
		Summe					77		2448
Ackerfutter 2 1/2 Jahre Luzernegrass/Mais/WR-K	4	Hauptfrucht	Mais	31.08.15	85	30	116	95	3737
Wickroggen/Gras/Mais/ Rübe/WR-K	5	Körper	Rüben ¹	14.09.15	49	20	44	95	1497
		Blatt GD		14.09.15	49	19	14		
		Summe					58		1497
Regionalfruchtfolgen Anlage 5									
C4-Pfl./W.Roggen (GP+K) WR/Senf GD/Mais-K/FuH/WR-K	6	Hauptfrucht	Sorghum bicolor	21.09.15	65	25	104	94	2974
Typisch Roggen 2 FuH/WR-K/GSR/Mais/WR-K	8	WZF	Winterroggen	13.05.15	59	23	52	94	1705
		Zweitfrucht	Mais	21.09.15	75	22	63	94	1927
		Summe					114		3633
Typisch Roggen 3 Mais/WR/GSR/SuG/WR-K	9	WZF	Winterroggen	13.05.15	59	22	63	94	2082
		Zweitfrucht	Sudangras	21.09.15	75	28	79	95	2226
		Summe					142		4308
themenorientierte Fruchtfolgen Anlage 5									
N-Reduktion der FF 3 Mais/GSR/SuG/WT/E.WG/WR-K	12	Hauptfrucht	Wintertriticale	09.06.15	73	39	55	96	1747
		Stoppelsaat	E. Weidelgras	14.09.15	55	24	14	91	478
		Summe					69		2225
Wasserschutz Senf (GD)/Mais+Us/ Us/Mais in Us/Us/Sobl in Us/WR-K	14	Hauptfrucht	Sonnenblume	31.08.15	85	28	56	89	1264
Biodiversität: Biomax (GD)/2-j.Stein- klee/Phacelia (GD)/Sobl/WR-K	13	Hauptfrucht	Sonnenblume	31.08.15	85	32	73	87	1636
Referenz Mais/Mais/Mais/WR-K	11	Hauptfrucht	Mais (S280)	07.09.15	83	29	103	95	3307

1) Energierübe vgl. bar andere Standorte; Güterfelde kein Rübenanbauggebiet, trockener und kühler Mai bewirkte ungleichmäßigen Auflauf = Verzögerung Pflanzenschutz, Förderung insbesondere Hühnerhirse; Trockenstress Sommer, d.h. sehr geringe Erträge

Fortsetzung Anhang 8: Tabelle A8.3: Ganzpflanzen- (dt TM/ha), Methangasertrag (m^3/ha)³², TM-Gehalt und organische Trockensubstanz (%) – Beispiel EVA Fruchtfolgen 1 bis 3, Risikoanalyse 2015 - Fruchtfolgeglieder Jahr 4 und 1, Standarderntetermin Güterfelde - Vorjahre vgl. Zwischenberichte bzw. Anhang 7

EVA 3 Güterfelde Standardernte 2015 - Risikoanalyse						%	dt/ha	%	m ³ /ha
Fruchtfolge (FF)	FF-Nr.	FF-Stellung	Fruchtart	Ernte Datum	BBCH	TM-Gehalt	TM-Ertrag	oTS	CH ₄ -Ertrag
Standard-Fruchtfolgen - Fruchtfolgeglieder Jahr 4									
C4-Pfl./Getreide (GP) WG/SuG/Mais/WT/Phac. (GD)/WR-K	1	Hauptfrucht	Winterroggen			TM % original	Ertrag bei86%	Ertrag bei100%	K:S
			WR-Korn	29.07.15	99	84	54	47	0,61
			WR-Stroh	29.07.15	99	88	33	33	
			Summe				88	79	
C4-Pfl./Getreide (K) SuG/GSR/Mais/WT-K/WR-K	2	Hauptfrucht	Winterroggen			TM % original	Ertrag bei86%	Ertrag bei100%	K:S
			WR-Korn	29.07.15	99	83	63	54	0,56
			WR-Stroh	29.07.15	99	89	35	30	
		Summe				99	85		
Stoppelsaat	Senf (GD)	12.10.15	65	20	TM-Ertrag: 11 dt/ha				
C4-Pfl./Getreide (GP) Mais/GSR/SuG/WT/E.WG/WR-K	3	Hauptfrucht	Winterroggen			TM % original	Ertrag bei86%	Ertrag bei100%	K:S
			WR-Korn	29.07.15	99	84	69	60	0,66
			WR-Stroh	29.07.15	99	88	46	39	
		Summe				115	99		
Stoppelsaat	Senf (GD)	12.10.15	65	19	TM-Ertrag: 9 dt/ha				
Standard-Fruchtfolgen - Fruchtfolgeglieder Jahr 1									
C4-Pfl./Getreide (GP) WG/SuG/Mais/WT/Phac. (GD)/WR-K	1	Hauptfrucht	Wintergerste	04.06.15	83	37	60	96	1889
		Stoppelsaat	Sudangras	05.10.15	71	28	67	95	1899
		Summe					127		3789
C4-Pfl./Getreide (K) SuG/GSR/Mais/WT-K/WR-K	2	Hauptfrucht	Sudangras	21.09.15	83	29	92	95	2591
C4-Pfl./Getreide (GP) Mais/GSR/SuG/WT/E.WG/WR-K	3	Hauptfrucht	Mais	31.08.15	85	31	107	95	3463

³² Biogasmatrix: Grundlage Richtwerte der Biogas-/Methangasausbeute ermittelt aus den Batchtests im EVA-Teilprojekt 4 durch das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (Basis Batchtests der Jahre 2005 bis 2013); Quelle: PLOGSTIES, HERRMANN, IDLER & HEIERMANN 2015

Anhang 9: Tabelle A9: Ertragsvergleich (absolut in dt TM/ha und relativ = rel) der Hauptfrüchte (HF) Mais und Sudangrashybride mit dem späten Zweitfruchtanbau (ZF) Wintergerste und folgender Sudangrashybride als Stoppelsaat, Güterfelde, EVA-Fruchtfolgeversuche, Vergleich geprüfte Einzeljahre und dem Jahresmittel

Jahr	Art	Hauptfrucht		Wintergerste		Stoppelsaat Sorghum b. x s.				ZF - Summe		
		dt TM/ha	rel zum Mittel	dt TM/ha	rel zum Mittel	dt TM/ha	rel zum Mittel	rel. ZF zu HF	TM %	dt TM/ha	rel zum Mittel	rel. ZF Summe zu HF
2009	Mais	167	111	68	87	104	115	62	25	173	102	103
	Sorghum b.x.s.	122	81					86				142
2010	Mais	117	78	89	113	42	46	36	20	131	77	112
	Sorghum b.x.s.	113	75					37				116
2013	Mais	177	117	88	112	108	119	61	32	196	116	111
	Sorghum b.x.s.	115	76					94				171
2014	Mais	192	128	88	112	133	146	69	33	221	130	115
	Sorghum b.x.s.	154	102					86				143
2015	Mais	103	69	60	76	67	74	65	28	127	75	122
	Sorghum b.x.s.	92	61					73				138
Mittel	Mais	152	100	78,5	100	91,0	100	60	28	169,5	100	112
	Sorghum b.x.s.	119	79					76				142

Referat 11: Allgemeiner Pflanzenbau, Nachwachsende Rohstoffe

Klaus Mastel

Kutschenweg 20

76287 Rheinstetten



Baden-Württemberg



Sachgebiet Nachwachsende Rohstoffe

Projekt EVA III

Dr. E. Walter

Endbericht EVA III 2013 bis 2015

**Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen
für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen
unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands**

**Teilvorhaben 1: Entwicklung und Optimierung von standortan-
gepassten Anbausystemen im Fruchtfolgeregime**



Zuwendungsempfänger: LTZ Augustenberg, Außenstelle Rheinstetten-Forchheim

Förderkennzeichen: 22006012

Vorhabenbezeichnung: FNR Fruchtfolgeversuch (3. Projektphase (EVA III))

Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2013 bis 30.11.2015

Berichtszeitraum: 2013 bis 2015

Berichterstattung: Dr. Ernst Walter

Stand 24.11.2015/ Korrektur 27.11.2015

INHALTSVERZEICHNIS

TABELLENVERZEICHNIS	3
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	6
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1 EINLEITUNG	8
2 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG AM STANDORT ETTLINGEN.....	9
2.1 Standort-Charakterisierung	9
2.2 Versuchsbeschreibung.....	9
2.2.1 Versuchsanlagen	9
2.2.2 Fruchtfolgen	11
2.3 Witterungsverläufe	13
2.4 Methoden Düngung.....	15
2.5 Material und Methoden der Datenerhebung und Datenbewertung.....	15
2.5.1 Biomasseerträge und TM-Gehalte	15
2.5.2 Ermittlung des Methanertrags	15
2.6 Material und Methode Ökonomische Bewertung.....	16
2.7 Material und Methoden Umweltindikatoren zur ökologische Bewertung	18
2.7.1 Methoden Humusbilanzierung.....	18
2.7.2 Methoden Wasser- und Stickstoffhaushalt.....	21
2.7.3 Methoden Energie- und Treibhausgasbilanz.....	21
2.7.4 Methoden Brutvogel- und Futterhabitatindex	22
3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION	24
3.1 Jährliche TM- und CH ₄ -Ergebnisse der Biogasfruchtfolgen und Diskussion	24
3.1.1 Die TM-Erträge im Grundversuch EVA III	24
3.1.2 Die TM-Gehalte im Grundversuch EVA III.....	29
3.1.3 Die TM-Erträge im Versuch Risikoabschätzung EVA III.....	30
3.1.4 Die TM-Gehalte im Versuch Risikoabschätzung EVA III	32
3.1.5 CH ₄ -Erträge im Versuch Grundversuch EVA III	33
3.1.6 CH ₄ -Erträge im Versuch Risikoabschätzung EVA III.....	36
3.1.7 Diskussion der TM- und CH ₄ -Ergebnisse.....	38
3.2 Ergebnisse Ökonomische Auswertung Methode EVA III und Diskussion	40
3.2.1 Vergleich der DAKfL-Berechnung nach EVA-III-Methode mit EVA-II- Methode (Ergebnisse aus EVA I u. II)	41
3.2.2 DAKfL-Ergebnisse in EVA III.....	44
3.2.3 Diskussion DAKfL-Ergebnisse	48

3.3	Ergebnisse Umweltindikatoren und Diskussion.....	54
3.3.1	Ergebnisse Humusbilanzierung und Diskussion	54
3.3.2	Ergebnisse Wasser- und Stickstoffhaushalt und Diskussion.....	57
3.3.3	Ergebnisse Treibhausgas- und Energiebilanz und Diskussion.....	59
3.3.4	Ergebnisse Brutvogel- und Futterhabitatindex und Diskussion	61
3.3.5	Übersicht Ergebnisse Umweltindikatoren.....	63
4	SCHLUSSBEMERKUNG	64
5	LITERATUR	65
6	ANHANG I.....	68
6.1	Anhang Anbaudaten.....	69
6.2	Anhang Wetterdaten	97
6.3	Anhang Ökonomie.....	98
7	ANHANG II VERÖFFENTLICHUNGEN/VERANSTALTUNGEN/ VORTRÄGE BIS AKTUELL MÄRZ 2015	116

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 2-1:	Beispiel: Fruchtfolgeglieder bei Ergänzung des Grundversuchs durch Versuch „Risikoabschätzung“ für FF 1	11
Tab. 2-2:	Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 5. Anlage (ab 2013) und Wiederholungsanlage (ab 2014) (EVAIII)	12
Tab. 2-3:	Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 3 des Versuchs Risikoabschätzung, 3. und 4. Anlage (ab 2013) (EVA III); manchmal auch als 7. u. 8. Anlage bezeichnet.....	12
Tab. 2-4:	Kurzcharakterisierung der Witterung am Versuchsstandort Ettlingen	14
Tab. 2-5:	Berechnung des Indifferenzpreises für Silomais auf Basis des Winterweizenpreises.	17
Tab. 2-6:	Humusreproduktionsleistung VDLUFA-2014 [Häq/ha] und VDLUFA-2004 [Humus-C kg/ha].....	20
Tab. 3-1:	Erträge [TM dt/ha] der 9 Fruchtfolgen EVA III, 5. Anlage; 2013, 2014 und 2015	25
Tab. 3-2:	Erträge [TM dt/ha] 2014 der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, 6. Anlage; 2014 und 2015.....	27
Tab. 3-3:	Erträge [TM dt/ha] 2014 der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, Mittel aus 5. und 6. Anlage	28
Tab. 3-4:	Trockenmassegehalte [%] in 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, 5. und 6. Anlage; 2013, 2014 und 2015	30
Tab. 3-5:	Erträge [TM dt/ha] 2013, 2014 und 2015 im Versuch „Risikoabschätzung“ EVA III	32
Tab. 3-6:	Trockenmassegehalte [%] 2013, 2014 und 2015 im Versuch „Risikoabschätzung“ EVA III	33
Tab. 3-7:	CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] im Grundversuch EVA III, 5. Anlage 2013, 2014 und 2015	34
Tab. 3-8:	CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] im Grundversuch EVA III, 6. Anlage; 2014 und 2015	35
Tab. 3-9:	CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] 2013, 2014 und 2015 im Versuch Risikoabschätzung EVA III (3. und 4. Anlage)	37
Tab. 3-10:	DAKfL-Methode-EVA-III Mittelwerte aus EVA I und EVA II für Kulturarten und Kulturartkombinationen (mit Standardabw).	42
Tab. 3-11:	DAKfL-Methode-EVA-II Mittelwerte aus EVA I und EVA II für Kulturarten und Kulturartkombinationen (mit Standardabw) (<i>LTZ-Augustenberg-2014</i>)	43
Tab. 3-12:	DAKfL der FF-Glieder FF 01 bis 09, 5. u. 6. Anlage EVA III (Werte gerundet)	46
Tab. 3-13:	DAKfL der FF-Glieder FF 01 bis 09, Mittelwert 5. u. 6. Anlage EVA III (Werte gerundet)	47
Tab. 3-14:	DAKfL der FF-Glieder FF 01 bis 03, Versuch Risikoabschätzung 3. u. 4. Anlage	48
Tab. 3-15:	Humusbilanzen der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)	54
Tab. 3-16:	Zahlenwerte ackerbaulicher, abiotischer und biotischer Indikatoren;FF 1 bis 9;EVA I (1. u.2. Anl.) und EVA II (3. u.4. Anl.)	63
Tab. 6-1:	Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 1. Anlage (ab 2005) und 2. Anlage (ab 2006) (EVA I).....	68
Tab. 6-2:	Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 3. Anlage (ab 2009) und 4. Anlage (ab 2010) (EVA II).....	68
Tab. 6-3:	Anbaudaten 2012/13 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 5. Anlage Grundversuch (EVA III)	69

Tab. 6-4:	Anbaudaten 2013/14 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 5. Anlage Grundversuch (EVA III)	72
Tab. 6-5:	Anbaudaten 2014/15 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 5. Anlage Grundversuch (EVA III)	75
Tab. 6-6:	Anbaudaten 2013/14 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 6. Anlage Grundversuch (EVA III)	80
Tab. 6-7:	Anbaudaten 2014/15 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 6. Anlage Grundversuch (EVA III)	84
Tab. 6-8:	Anbaudaten 2012/13 der Fruchtfolgen 1 bis 3 und 9 (11) in der 3. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)	88
Tab. 6-9:	Anbaudaten 2013/14 der Fruchtfolgen 1 bis 3 und 9 (11) in der 3. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)	89
Tab. 6-10:	Anbaudaten 2014/15 der Fruchtfolgen 1 bis 3 und 9 (11) in der 3. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)	90
Tab. 6-11:	Anbaudaten 2012/13 der Fruchtfolgen 1 bis 3 in der 4. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)	93
Tab. 6-12:	Anbaudaten 2013/14 der Fruchtfolgen 1 bis 3 in der 4. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)	94
Tab. 6-13:	Anbaudaten 2014/15 der Fruchtfolgen 1 bis 3 in der 4. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)	95
Tab. 6-14:	Übersicht der Monats- und Jahres-Niederschlagssummen (mm); Ettlingen; 2012 bis 2015 und langjähriges Mittel DWD Karlsruhe 1961-1990	97
Tab. 6-15:	Übersicht der mittleren Monats- und Jahrestemperaturen (°C in 2 m Höhe); Ettlingen; 2012 bis 2015 und langjähriges Mittel DWD Karlsruhe 1961-1990	97
Tab. 6-16:	Annahmen und Grundwerte der ökonomischen Auswertung	98
Tab. 6-17:	Nährstoffpreise für elementaren Reinnährstoff zur Bewertung von Düngemitteln und Gärresten	98
Tab. 6-18:	Grundpreise Druschfrüchte und Preise der Lohntrocknung	99
Tab. 6-19:	DAKfL €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)	103
Tab. 6-20:	Erlös €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)	104
Tab. 6-21:	Gärrestleistung €/ha (Ausbringungskosten abgezogen) in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)	105
Tab. 6-22:	Saatgutkosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)	106
Tab. 6-23:	PSM-Kosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)	107
Tab. 6-24:	Gesplittete Düngerkosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)	108
Tab. 6-25:	AEK mit Ernte €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)	109
Tab. 6-26:	Erntekosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)	110
Tab. 6-27:	Trocknungskosten/Reinigungskosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)	111
Tab. 6-28:	DAKfL €/ha in 7. und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)	111

Tab. 6-29: Erlös €/ha in 7. und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III).....	112
Tab. 6-30: Gärrestleistung mit Ausbringung €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)	112
Tab. 6-31: Saatgutkosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)	113
Tab. 6-32: PSM- Kosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III).....	113
Tab. 6-33: Gesplittete Düngerkosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)	114
Tab. 6-34: AEK mit Ernte €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)	114
Tab. 6-35: Erntekosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III).....	115
Tab. 6-36: Trocknungskosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)	115

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2-1:	EVA III Grundversuch Fruchtfolge-Anlage ab Ernte 2013 (5. Anlage) und Wiederholungsanlage ab Ernte 2014 (6. Anlage) (1. Ziffer=Fruchtfolgenr. 1-9, 2. Ziffer=Wiederholungsnr. 1-4)	10
Abb. 2-2:	Versuchsanlage Risikoabschätzung 3. und 4. Anlage mit 4 bzw. 3 Fruchtfolgen (1. Ziffer=Fruchtfolgenr. 1-4, 2. Ziffer=Wiederholungsnr. 1-4).....	10
Abb. 2-3:	Monatsniederschläge [mm] und monatliche Temperaturmittel [°C] (Station LTZ KA-Ettlingen 2012, 2013, 2014 und 2015) im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-90 (Station Karlsruhe des DWD).....	13
Abb. 2-4:	Vereinfachtes Schema der Berechnung des Methanertrags m ³ /ha ATB-Verfahren mittels Biogasmatrix.....	16
Abb. 3-1:	Erträge [TM dt/ha] der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, 5. Anlage; 2013, 2014 und 2015.....	25
Abb. 3-2:	Erträge [TM dt/ha] 2014 der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, 6. Anlage; 2014 und 2015.....	27
Abb. 3-3:	Erträge [TM dt/ha] 2014 der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, Mittel aus 5. und 6. Anlage	28
Abb. 3-4:	Erträge [TM dt/ha] 2013, 2014 und 2015 der Fruchtfolgen Risikoabschätzung EVA III, nur Biogasjahre (FF 2 auch TM dt/h Korn + Stroh).....	31
Abb. 3-5:	CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] im Grundversuch EVA III, 5. Anlage; 2013, 2014 und 2015	33
Abb. 3-6:	CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] im Grundversuch EVA III, 6. Anlage; 2014 und 2015	35
Abb. 3-7:	CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] 2013, 2014 und 2015 im Versuch Risikoabschätzung EVA III (3. und 4. Anlage).	37
Abb. 3-8:	DAKfL-Methode-EVA-III Mittelwerte aus EVA I und EVA II für Kulturarten und Kulturartkombinationen (mit Standardabw).	42
Abb. 3-9:	DAKfL-Methode-EVA-II Mittelwerte aus EVA I und EVA II für Kulturarten und Kulturartkombinationen (mit Standardabw) (<i>LTZ Augustenberg-2014</i>).....	43
Abb. 3-10:	Leistungen, Kosten und DAKfL (€/ha) von Mais, Zuckerhirse und Sudangras (Hauptfrucht Hf, Ganzpflanze (Gp) - Vergleich der Berechnungen EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II).	52
Abb. 3-11:	Leistungen, Kosten und DAKfL (€/ha) von Wintertriticale-GPS, Luzernegras (ohne Ansaatjahr mit negativer DAKfL von Ø (-)436 €/ha)) und Winterweizen (Korn) - Vergleich der Berechnungen nach EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II).	53
Abb. 3-12:	Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	55
Abb. 6-1:	Leistungen, Kosten und DAKfL (€/ha) von Zuckerhirse (Zf), Sudangras (Zf) und Sonnenblume (Gp) - Vergleich der Berechnungen EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II).....	100
Abb. 6-2:	Leistungen, Kosten und DAKfL(€/ha) von W.Gerste vor Sudangras, W.Roggen Zwischenfrucht und Wintertriticale Zwischenfrucht - Vergleich der Berechnungen EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II).....	101
Abb. 6-3:	Leistungen, Kosten und DAKfL (€/ha) von Mais (Zf), Körnermais und Zuckerrübe - Vergleich der Berechnungen EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II)	102

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
AEK	Arbeits erledigungskosten
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V.
Blühm	Blühmischung
BNI	Biologische Nitrifikationsinhibitoren
Buchw.Pha	Buchweizen- Phacelia Mischung
DAKfL	Direktkosten- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung
DWD	Deutscher Wetterdienst
EinWeiGr	Einjähriges Weidelgras
FA	Fruchtart
FM	Frischmasse
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Gülzow
Gärrestleistg.m.Ausbr.	Gärrestleistung, die Ausbringungskosten sind abgezogen
Gd	Gründüngung
GJ	Gigajoule
GP	Ganzpflanze
GPS	Ganzpflanzensilage
Häq	Humusäquivalent
Hf	Hauptfrucht
Kö	Kornertrag
LuzKIGr	Luzerne-Klee gras
Mais, Blühm	Mais mit Blühmischungunter Saat
MW	Mittelwert
NI	Normliter
oTM	Organische Trockenmasse
Phac	Phacelia
PSM	Pflanzenschutzmittel
RP	Rohprotein
RüKö	Rübenkörper
S.Gerste	Sommergerste
SB	Sommerblanksaat
Sblu	Sonnenblumen
STABW	Standardabweichung
Stell.	Fruchtfolgestellung
Sts	Stoppelsaat
SuGr	Sudan gras
TM	Trockenmasse
W.Gerste	Wintergerste
W.Triticale	Wintertriticale
W.Weizen	Winterweizen
WelschW	Welsches Weidelgras
WRog	Winterroggen
WTri.Erbs	Wintertriticale- Erbsen Gemenge
WTri.Wick	Wintertriticale- Wicken Gemenge
WZwF	Winterzwischenfrucht
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. Müncheberg
Zf	Zweitfrucht
ZF	Zwischenfrucht
ZHirse	Zuckerhirse
ZR	Zuckerrüben

1 EINLEITUNG

In Voraussicht eines Biogasbooms begann die bundesweite EVA-Fruchtfolgeforschung bereits im Jahr 2005. Diese hatte zum Ziel, einer zu erwartenden Dominanz von einseitigen Biogasfruchtfolgen und deren Negativfolgen zu begegnen. Die zentralen Fruchtfolgeversuche – bundesweit einheitlich wie regional vielfältig – koordinierte die Thüringer Landesanstalt (TLL). Folgende Forschungsschwerpunkte begleiteten die zentralen Fruchtfolgeversuche: Die Bearbeitung eines breiten Spektrums an ökologischen Fragestellungen, Modellierungen und Bewertungen durch das Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg (ZALF), umfassende und detaillierten ökonomische Auswertungen durch die Justus-Liebig-Universität Gießen und umfangreiche Prüfungen von Substratqualitäten, deren Verbesserung und Berechnung durch die Agrartechnik Bornim (ATB). Im Verlauf des Gesamtprojekts beteiligten sich nach und nach fast alle Flächenbundesländer an den EVA-Versuchen. Mit dem November 2015 endet das dritte und letzte bundesweite EVA-Projekt.

In mehr als einem Jahrzehnt sammelten die Projektteilnehmer über ganz Deutschland hinweg einen gigantischen Datenpool. Dokumentationen, Erhebungen, Probenahmen und Analysen zu sämtlichen Anbaumaßnahmen verschiedenster Anbausysteme, zu einer Fülle von Pflanzenmerkmalen zahlreicher Kulturpflanzen, zu Boden- und Witterungsparametern in hoher zeitlicher Auflösung trugen dazu bei. Die Datenfülle ist jetzt schon bestens strukturiert und vernetzt für alle erdenklichen Auswertungen zu Ökonomie und Ökologie. Zudem haben die Projektpartner den langen Versuchszeitraum genutzt, um Berechnungs-, Modellierungs- und Bewertungsverfahren zu entwickeln und zu optimieren.

In einem umfassenden ökonomischen und ökologischen Ansatz ist es gelungen, alternative Anbausysteme und deren Komponenten in Zahlen gefasst zu bewerten und damit vergleichbar zu machen. Diese Leistungen sind beispielhaft und allgemein nutzbar weit über den Biogaspflanzenanbau hinaus. So entstehen fundierte Grundlagen für Landwirtschaft und politische Entscheidungsträger, um Umweltziele mittels einer effizienten Förderung und auf breiter Basis akzeptierbar zu verwirklichen, die zugleich auch ökonomischen Erfordernissen bestmöglich Rechnung tragen.

Der vorliegende Bericht hat das EVA-III-Projekt zum Schwerpunkt, stellt aber auch Bezüge zu den Projektphasen I und II her. Ausführlich behandeln die EVA-Projektphasen EVA I und II die Berichte *LTZ Augustenberg-2010* und *LTZ Augustenberg-2014*.

2 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG AM STANDORT ETTLINGEN

2.1 Standort-Charakterisierung

Der seit 2005 laufende Grundversuch befindet sich wie in der EVA-I- und EVA-II-Phase so auch in der EVA-III-Phase am Standort Ettlingen nahe Karlsruhe auf der bisherigen Versuchsfläche im Boden-Klima-Raum „Rheinebene und Nebentäler“ (Roßberg et al-2007). – Die Höhe über NN beträgt 150 m. Laut Bodenkarte von Baden-Württemberg (LGRB-2009) handelt es sich um eine tiefe Pseudogley-Parabraunerde aus sandig-lehmigem Schluff bis lehmigem Schluff in den oberen 0 - 70 cm und schluffigem Lehm bis schluffig-tonigem Lehm im Unterboden. Die Feldkapazität beträgt gemäß „Geowissenschaftlicher Übersichtskarte“ des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB-2009) 317 mm, die nutzbare Feldkapazität 195 mm. Im Wurzelraum wurden direkt auf dem Versuchsstandort nutzbare Feldkapazitäten von 168 - 253 mm gemessen (Hufnagel-2007). Der effektive Wurzelraum reicht an diesen Probenahmestellen bis in 110 cm Tiefe. Als Besonderheit des guten Lößstandortes werden die terrassierte Hanglage mit deutlichen Erosionsspuren und der naheliegende nördliche Schwarzwald angegeben. (LTZ Augustenberg-2010).– In dieser Vorbergzone können kurze Regenperioden und Gewitter im Sommer häufiger auftreten als in anderen Gebieten dieses Boden-Klimaraums. Die Körnermaisregion (Thünen-2014) in diesem Boden-Klimaraum, in der sich die Versuchsflächen befinden, ist charakterisiert durch langjährige Jahresmittel-Temperaturen über 9° C, eine stark negative klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit und vergleichsweise häufig auftretenden Hitzeperioden (Mastel & Kruse-2009). Höhe und Verlauf der Temperaturen, verbunden mit begrenzter Wasserversorgung in der Region, führten zur starken Anbauausdehnung der wassereffizienten C4-Pflanze. –

Der Standort für den neuen Versuch „Risikoabschätzung“ in der Projektphase EVA III befindet sich in Luftlinie 1 km nordwestlich des o. g. Grundversuchs. Als bodenkundliche Einheit gibt der Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg „Kolluvium aus Lößbodenmaterial“ (WaBoA-2007) an. Die amtliche Bodenschätzung charakterisiert die Bodenart als sandigen Lehm und weist die Bodenzahl 72 und eine Ackerzahl von 84 aus.

2.2 Versuchsbeschreibung

2.2.1 Versuchsanlagen

Versuchsanlage „Fruchtfolge-Grundversuch“

Wie in den Projektphasen EVA I und II bilden auch in der 3. Projektphase (EVA III) 9 Fruchtfolgen (FF) den Kern der Forschungsarbeit (Teilprojekt 1). Die Anlage des Versuchs Abb. 2-1, unten und seine Ortslage entsprechen den vorausgegangenen Projektphasen. Sieben der neun Fruchtfolgen stimmen in allen teilnehmenden Bundesländern überein; die C4-Pflanzen-reichen FF 1-3 sind schon seit 2005 in der Prüfung. Die Luzernegras-FF 4 findet in EVA III mit Änderungen ihre Fortsetzung. FF 5 mit Leguminosen-Getreide-Gemenge ist neu; FF 6 (12) wiederholt FF 3 jedoch mit reduzierter N-Düngung. Die Fruchtfolgen 7 (13) und 8 (15) sind am Standort Ettlingen dem Aspekt Biodiversität gewidmet. FF 9 (11) bildet eine einseitige Mais-Fruchtfolge. (Zu den FF siehe auch Kap. 2.2.2.1, S. 11).

In Abb. 2-1 unten bezeichnet die erste Ziffer je Parzelle die FF, die zweite Ziffer die Wiederholung. – Es handelt sich um eine Blockanlage mit vier Wiederholungen je Prüfglied (LTZ Augustenberg-2014).– Die erste Ernte der 5. Anlage (1. Anlage EVA III) fand 2013 statt, die erste Ernte der Wiederholungsanlage (6. Anlage) im Jahr 2014. Somit wiederholen sich im Grundversuch alle Fruchtfolgen um ein Jahr versetzt.

Doppelanlage FF-Grundversuch EVA III ab Ernte 2014					FF-Grundversuch EVA III ab Ernte 2013												
großer Weg	54	kleiner Weg	43	großer Weg	92	kleiner Weg	71	großer Weg	44	kleiner Weg	33	großer Weg	62	kleiner Weg	91	großer Weg	Eingang
	24		13		52		81		54		23		42		81		
	44		33		22		61		34		13		52		71		
	14		73		42		91		24		93		32		61		
	34		83		12		51		14		83		22		41		
	74		63		32		21		94		73		12		51		
	84		93		72		41		84		63		92		31		
	64		53		82		11		74		43		82		21		
	94		23		62		31		64		53		72		11		

Abb. 2-1: EVA III Grundversuch Fruchtfolge-Anlage ab Ernte 2013 (5. Anlage) und Wiederholungsanlage ab Ernte 2014 (6. Anlage) (1. Ziffer=Fruchtfolgenr. 1-9, 2. Ziffer=Wiederholungsnr. 1-4)

Versuchsanlage „Risikoabschätzung

Risikoabschätzung 3.Anlage					Risikoabschätzung 4. Anlage										
Weg	14	Weg (12 m)	23	Weg (12 m)	42	Weg (12 m)	31	Weg		Weg (12 m)		Weg (12 m)		Weg	
	24		33		12		41		14		23		32		21
	34		43		22		11		24		33		12		11
	44		13		32		21		34		13		22		31

Abb. 2-2: Versuchsanlage Risikoabschätzung 3. und 4. Anlage mit 4 bzw. 3 Fruchtfolgen (1. Ziffer=Fruchtfolgenr. 1-4, 2. Ziffer=Wiederholungsnr. 1-4)

Der Versuch Risikoabschätzung hat zum Ziel, bei den bewährtesten und in allen Bundesländern einheitlich durchgeführten Fruchtfolgen 1 bis 3 in jedem Jahr alle Fruchtfolgeglic-

der Ernten zu können. Dazu sind zwei weitere Anlagen erforderlich (zeitversetzte Wiederholungen der Fruchtfolgen). Das bisherige Problem, Jahreswitterungs- und Fruchtfolge-Effekte nicht sicher trennen zu können, sollte damit behoben werden.

Tab. 2-1: Beispiel: Fruchtfolgeglieder bei Ergänzung des Grundversuchs durch Versuch „Risikoabschätzung“ für FF 1

Ernte	2013		2014		2015		2016		
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	
5.	W. Gerste	Sudangras	Mais		W. Triticale	Phacelia	W. Weizen		Grund- versuch
6.	W. Weizen		W. Gerste	Sudangras	Mais		W. Triticale	Phacelia	
3.	W. Triticale	Phacelia	W. Weizen		W. Gerste	Sudangras	Mais		Risiko- abschätzg
4.	Mais		W. Triticale	Phacelia	W. Weizen		W. Gerste	Sudangras	

2.2.2 Fruchtfolgen

Hauptfrucht bezeichnet in den Tab. 2-2, S. 12 und Tab. 2-3, S. 12 eine Kultur, auf die in derselben Vegetationsperiode keine weitere Kultur folgt. Unter Erstfrucht sind in dieser Tabelle Kulturen zu verstehen, denen nach der Ernte noch im selben Jahr eine weitere Kultur folgt. Dies kann eine zweite Fruchtart mit hoher Ertragsleistung (Hauptfruchtstellung) sein oder eine Sommerzwischenfrucht mit vergleichsweise kurzer Anbaudauer und geringer Ertragsleistung, wenn die Erstfruchternte spät erfolgt.

2.2.2.1 Fruchtfolgen Grundversuch

Tab. 2-2, S. 12:

Die Fruchtfolgen 1 bis 5 kombinieren C3- und C4-Pflanzen. Dabei weisen FF 1, 2 und 3 gleich hohe Anteile an C4-Pflanzen auf: in einem Jahr der 4 Fruchtfolgejahre steht eine C4-Pflanze als alleinige Hauptfrucht, in einem Jahr als Zweitfrucht in Hauptfruchtstellung. Bei allen drei FF kommt vor dem abschließenden Winterweizen die Wintertriticale zum Anbau; in FF 2 zur Kornnutzung, sodass hier der Marktfruchtanteil 50 % beträgt. Die FF 4 ist geprägt durch zweijährigen Luzerne-Kleegrass-Anbau in der vierjährigen Fruchtfolge. Gegenüber EVA I und II ist bei FF 4 in EVA III Sommergerste gegen Mais ausgetauscht und die Sommerung nicht mehr vor den Luzernegrassanbau gestellt, sondern danach. Fruchtfolge 5 beinhaltet in der vierjährigen Rotation nur einmal Mais, enthält aber die Zuckerrübe, die wie Mais ein hohes TM- und Methan-Ertragsniveau erwarten lässt. Die Zuckerrübe (Energierübe) ist in jüngerer Zeit verstärkt ins Blickfeld der Biogaserzeuger gerückt. FF 6, in EVA III mit der FF-Nr. 12 versehen, wiederholt die FF 3 bei reduzierter N-Düngung (minus 25 %).

Die Biodiversitäts-FF 7 und 8 (in EVA III mit (13) und (15) gekennzeichnet) kombinieren auf unterschiedliche Weise vier Fruchtfolgebausteine: 1. Blümmischung, 2. Zweikulturnutzung mit blühendem Leguminosenanteil in der Getreide-Erstfrucht gefolgt von Zweitfrucht Sudangras, 3. Sonnenblume und 4. Mais mit blühender Untersaat. Mais in Hauptfruchtstellung und Sudangras in Zweitfruchtstellung sollen eine gute Biogasleistung dieser Biodiversitätsfruchtfolgen erzielen.

Die Anbaudaten hinsichtlich Bodenbearbeitung, Aussaat, Pflege und Ernte der Bestände in der 5. Anlage (= 1. Anlage EVA III) und 6. Anlage (=2. Anlage EVA III) befinden sich im Anhang.

Tab. 2-2: Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 5. Anlage (ab 2013) und Wiederholungsanlage (ab 2014) (EVAIII)

Ernte- jahre	5. Anlage 2013		2014		2015		2016	
	6. Anlage 2014		2015		2016		2017	
FF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF		
1	W.Gerste	Sudangras	Mais		W.Triticale	Phacelia	W.Weizen	Grundversuch
2	Zuckerhirse		W.Roggen	Mais	W.Triticale		W.Weizen	
3	Mais		W.Roggen	Sudangras	W.Triticale	Einj. Wdlgr.	W.Weizen	
4	Luzernegras		Luzernegras		Mais		W.Weizen	
5	W.Tri., Erbse	Einj. Wdlgr.	Einj. Wdlgr.	Mais	Zuckerrüben		W.Weizen	
6 (12)	Mais		W.Roggen	Sudangras	W.Triticale	Einj. Wdlgr.	W.Weizen	FF 3 N reduz.
7 (13)	Blümmischg.		Mais mit US		Wicktriticale	Sudangras	W.Weizen	Biodiversität
8 (15)	Wicktriticale	Sudangras	Sonnenbl.	Buchw/Phac	Mais mit US		W.Weizen	Biodiversität
9 (11)	Mais		Mais		Mais		W.Weizen	Monomais

kursiv Kornnutzung: FF2 im 3. FF-Jahr u. + alle FF im 4. FF-Jahr

2.2.2.2 Fruchtfolgen Versuch „Risikoabschätzung“

Die Fruchtfolgen 1 bis 3 des Grundversuchs wiederholen sich im Versuch „Risikoabschätzung“ zeitlich versetzt in einer sog. 3. und 4. Anlage. Mit welchen Fruchtfolgegliedern die Neuanlage des Versuchs „Risikoabschätzung“ im Jahr 2013 begann, zeigt Tab. 2-3, unten.

Tab. 2-3: Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 3 des Versuchs Risikoabschätzung, 3. und 4. Anlage (ab 2013) (EVA III); manchmal auch als 7. u. 8. Anlage bezeichnet

Ernte- jahre	2013		2014		2015		2016	
	Haupt- od. Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2.Frucht od. SoZF
FF	Risikoabschätzung, 3. Anlage							
1	W.Triticale	Phacelia	W.Weizen		W.Gerste	Sudangras	Mais	
2	W.Triticale		W.Weizen		Zuckerhirse		W.Roggen	Mais
3	W.Triticale	Einj. Wdlgr.	W.Weizen		Mais		W.Roggen	Sudangras
4 (11)	Mais		Mais		W.Weizen		Mais	
FF	Risikoabschätzung, 4. Anlage							
1	Mais		W.Triticale	Phacelia	W.Weizen		W.Gerste	Sudangras
2	W.Roggen	Mais	W.Triticale		W.Weizen		Zuckerhirse	
3	W.Roggen	Sudangras	W.Triticale	Einj. Wdlgr.	W.Weizen		Mais	

kursiv: Kornnutzung

2.3 Witterungsverläufe

Die Teilabbildungen in Abb. 2-3, S. 13 zeigen die monatlichen Temperaturmittel und die monatlichen Niederschlagssummen für 2012, 2013, 2014 und 2015 (bis Okt.15) sowie die 30jährigen Mittelwerte (1961 bis 1990) der nahe gelegenen Wetterstation Karlsruhe des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Die Ordinaten sind so skaliert (1:2), dass die Temperatur- und Niederschlagsverläufe einen Hinweis auf die Feuchteverhältnisse in den einzelnen Monaten liefern:

Aus Naturbeobachtungen abgeleitet sind Monate, deren Niederschlag den doppelten Zahlenwert des Temperaturmittels in diesem Monat überschreitet, als humid einzustufen. Liegt der Niederschlag unter dem doppelten Zahlenwert der Temperatur, gilt dieser Monat als arid. Somit ist die Ariditätsgrenze eines Monats $AG [in mm] = 2 * T$ (Temperatur [in °C]). (Walter & Lieth-1960). Übersteigt die Niederschlagskurve die Temperaturkurve, so gelten die Verhältnisse als humid. Unterschreitet die Niederschlagskurve die Temperaturkurve, so kennzeichnet dies aride Verhältnisse.

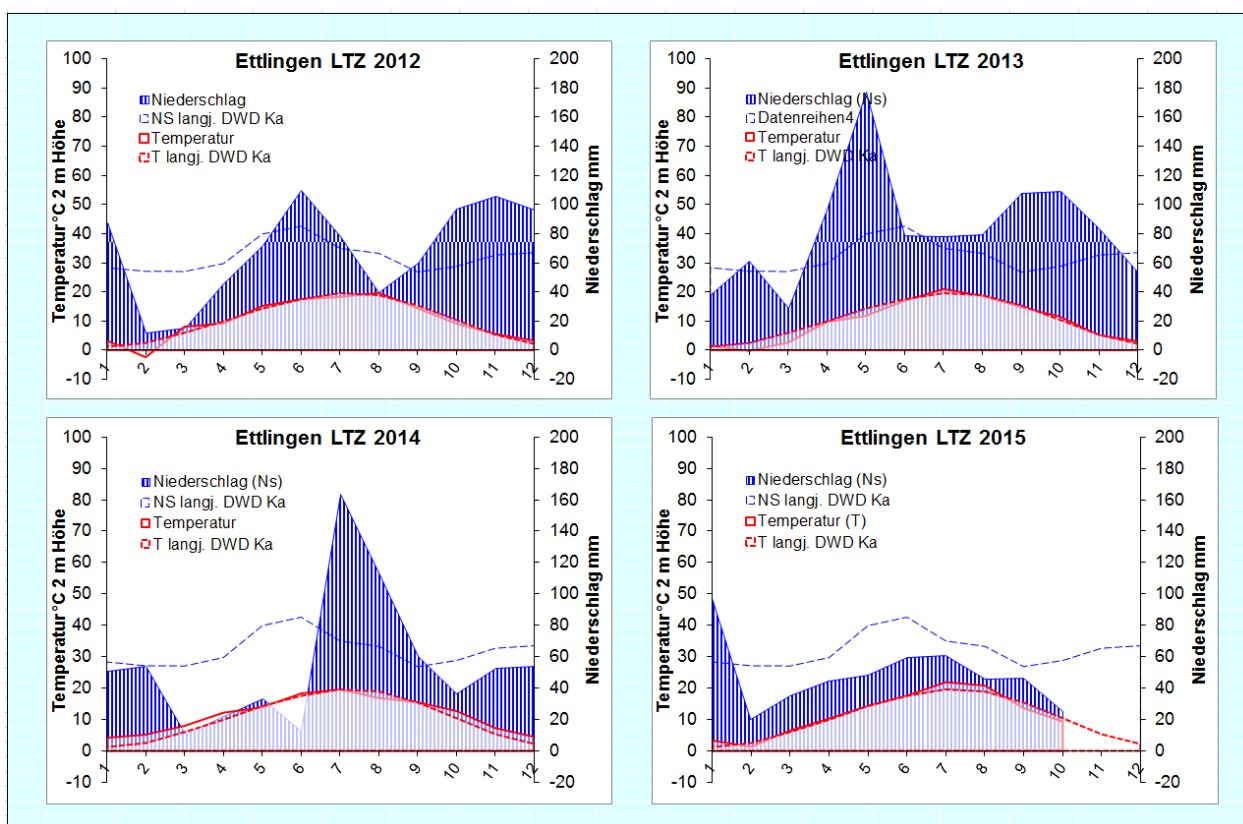


Abb. 2-3: Monatsniederschläge [mm] und monatliche Temperaturmittel [°C] (Station LTZ KA-Ettlingen 2012, 2013, 2014 und 2015) im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-90 (Station Karlsruhe des DWD).

Im Anhang Tab. 6-14, S. 97 und Tab. 6-15, S. 97 befinden sich die monatlichen Zahlenwerte zu Abb. 2-3 oben.

Tab. 2-4: Kurzcharakterisierung der Witterung am Versuchsstandort Ettlingen

2012
Sehr geringe Niederschläge und Temperaturen im Februar mit Kahlfröstdperiode; März trocken warm, April bis Juli gleichmäßige Niederschlagsverteilung, im letzten Quartal sehr gute Wasserversorgung.
2013
Februar u. März kühl, März zusätzlich trocken; Mai sehr kühl u. sehr niederschlagsreich, ca. 14 Tage trockenheiß im Juli, sehr gute Wasserversorgung September bis Oktober.
2014
Januar bis März sehr mild ohne Frost, März bis Juni trocken, überdurchschnittliche Niederschläge im Juli und August, Oktober bis Dezember wärmer als im Mittel.
2015
Von März bis Oktober mit Ausnahme Sept überdurchschnittlich warm; besonders hohe Durchschnittstemperatur im Juli und August einhergehend mit erheblichen Niederschlagsdefiziten in diesen Monaten. Auch in den Monaten Februar bis Juni erheblich unterdurchschnittliche Niederschläge nahe der Trockengrenze. Gleichmäßige Niederschlagsverteilung in der Vegetationsperiode.

2.4 Methoden Düngung

Die Düngung der Makronährstoffe P, K und Mg in den Fruchtfolgeversuchen richtet sich nach den Entzügen und den Bodengehalten an diesen Nährstoffen und gegebenenfalls nach der Nachlieferung von Vorfrüchten. Die Berechnung der N-Düngermenge erfolgte nach Ertragserwartung, mit Berücksichtigung von N_{\min} -Gehalten im Frühjahr und zu erwartender N-Nachlieferung von Boden, Ernteresten und Zwischenfrüchten. (*Düngebedarf-2012*).

2.5 Material und Methoden der Datenerhebung und Datenbewertung

2.5.1 Biomasseerträge und TM-Gehalte

Die Beerntung für FF-Glieder mit Biogasnutzung erfolgte mittels Grüngutvollernter Hege 212 oder Häcksler Baural SF 2000. Für den Drusch bei Kornnutzung kam ein Hege-Mähdrescher 140 zum Einsatz.

Beim Grundversuch beträgt die Bruttogröße der Parzellen 6 m x 8 m, beim Versuch „Risikoabschätzung“ 6 m x 12 m. Die Beerntung für die Ertragsermittlungen umfasst eine Fläche von 1,5 m x 6 m (Grundversuch) oder 1,5 m x 10 m (Risikoabschätzung).

Die Trockenmasse-Erträge sind berechnet aus den Frischmasse-Erträgen und den anhand von Teilproben bestimmten TM-Gehalten. Die TM-%-Bestimmung erfolgte nach Einwaage der Frischmasse im Trockenschrank bei 105 °C und Trocknung bis zur Gewichtskonstanz.

2.5.2 Ermittlung des Methanertrags

Grundlage für die Berechnung von Biogaserträgen und deren Methangehalte sind die Arbeiten des ATB Potsdam und die daraus entwickelte sog. Biogasmatrix (*Herrmann et al.-2013*) (neueste Zitierung *Heiermann et al.-2015*). Diese Berechnung berücksichtigt beispielsweise Fruchtfolgestellung (z. B. Erst-/Zweitfrucht), Nutzung (z. B. GPS, Rübenkörper), TM %, das Entwicklungsstadium zur Zeit der Ernte, den Rohaschegehalt, und den TM-Ertrag/ha. Laborparameter sind lediglich TM % und der Rohaschegehalt. (Siehe Abb. 2-4, S. 16).

Aus diesen Angaben leiten sich für das betreffende Substrat ein TM-Schlüssel und ein BBCH-Schlüssel ab, die zusammen mit einigen der schon genannten Parameter in einen Biogasschlüssel münden. Dieser gibt an, wie viel Methan relativ zu Mais je Einheit organischer Trockenmasse (oTM) das betreffende Substrat liefert (Biogasmatrix).

TM %, Fruchtart, Rohasche % und TM-Ertrag dienen dazu, den Silierverlust zu bestimmen. Aus der Menge an verbleibender organischer Trockenmasse und der Methanausbeute relativ zur Mais-oTM errechnet sich der Methanertrag in m^3/ha . (Siehe dazu vereinfachtes Schema Abb. 2-4, S. 16.) Für Mais liegt der KTBL-Wert von 338 Nl/kg oTM zugrunde.

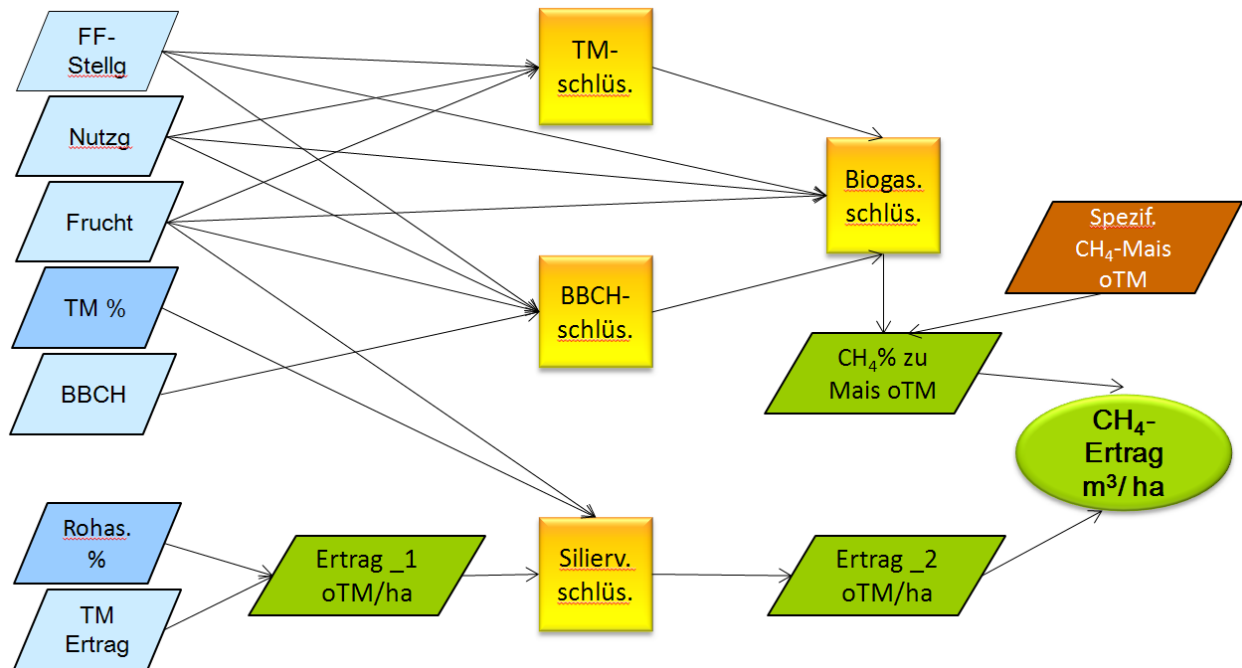


Abb. 2-4: Vereinfachtes Schema der Berechnung des Methanertrags m³/ha ATB-Verfahren mittels Biogasmatrix

Die Methanerträge in Kap. 3.1.5, S. 33 und Kap. 3.1.6, S. 36 sind der Ökonomieauswertung der Universität Gießen entnommen, die auf der ATB-Berechnung basieren (Heiermann et al.-2015)

2.6 Material und Methode Ökonomische Bewertung

Zum ökonomischen Vergleich der Kulturarten dient die Direktkosten- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAKfL) berechnet für die einzelnen, zu den Kulturarten zugehörigen Anbauverfahren (Schroers & Sauer-2011). Die Direktkosten (K_D) beinhalten beispielsweise die Kosten für Saatgut, Handelsdünger, Pflanzenschutzmittel und Zinsansatz. Die Arbeitserledigungskosten (K_{AEL}) setzen sich z. B. bei Getreide aus Maschinen-, Lohn-, Trocknungskosten und Zinsansatz zusammen. Aus dem Ertrag und dem zugehörigen Marktpreis nach Trocknung auf Ziel-TM% (86 %) errechnet sich die Leistung (L) der Marktfrüchte. (Aurbacher & Kornatz et al.-2015).

$$DAKfL = L - (K_D + K_{AEL})$$

DAKfL: Direktkosten- und Arbeitserledigungskosten-freie Leistung in €/ha

L : Leistung in €/ha

K_D : Direktkosten in €/ha

K_{AEL} : Arbeitserledigungskosten in €/ha

Für Silomais basiert die Preisberechnung auf dem Deckungsbeitrag (DB) von Winterweizen. Bei diesem Silomaispreis besteht kein Unterschied zwischen dem DB des Winterweizens und dem DB des Silomaises (Indifferenzpreis oder Gleichgewichtspreis). (Tab. 2-5 unten).

Der Preisberechnung für Silomais liegt ein durchschnittlicher Winterweizenertrag von 7,27 t/ha und ein durchschnittlicher Silomaisertrag von 42,7 Frischmasse (FM) t/ha zugrunde. Bei dem zugrunde gelegten Weizenpreis von 192,5 €/t und den dort angesetzten Kosten für die Winterweizen- und Silomaisproduktion ergibt sich ein Indifferenzpreis (Gleichgewichtspreis) für Silomais von 33,5 €/t (angeliefert und verdichtet bei der Biogasanlage, zum Erntezeitpunkt, freie Gärrestrücknahme). Dieser Preis wird für die Auswertungen unterstellt. Rechnet man mit einem Gasbildungspotenzial von 100 m³ CH₄/t Silomais-Frischmasse, dann ergibt sich ein Methanpreis von 33 ct/m³, bei dem der DB für Silomais dem W.Weizen-DB entspricht. (Aurbacher & Kornatz et al.-2014 und Kap. 2.5.2, S. 15).

Tab. 2-5: Berechnung des Indifferenzpreises für Silomais auf Basis des Winterweizenpreises

		W.Weizen	Silomais
Ertrag	FM t/ha	7,27	42,7
nachLagerverlusten	FM t/ha	7,0	
Preis	€/t FM	192,5	33,5
Leistung	€/ha	1348	1431
Saatgut	€/ha	70	132
Pflanzenschutz	€/ha	100	71
Dünger	€/ha	263	132
Erntekosten	€/ha	114	335
Lagerkosten	€/ha	135	
Gärrestausbringungskosten	€/ha	-	134
Sonstige AEK	€/ha	277	238
SummeKosten	€/ha	959	1042
Deckungsbeitrag	€/ha	389	389

(Aurbacher & Kornatz et al.-2014)

Die Methanerträge zur DAKfL-Berechnung der Biogaskulturen sind mithilfe der Biogasmatrix des ATB ermittelt (Herrmann et al.-2013; neueste Zitierung Heiermann et al.-2015).

Aus den Erträgen der Marktfrüchte und ihren spezifischen Marktpreisen errechnen sich die Marktfruchtleistungen. Für die W.Weizenerträge in EVA III ist ein Marktpreis von 175 €/t marktfähiger Ware angesetzt (<= 14 % Wassergehalt). In den ersten beiden Projektphasen EVA I und II kamen für die Berechnung der Düngerkosten die Entzugswerte und Reinnährstoffpreise zum Ansatz (Toews & Kuhlmann-2009). In EVA III dagegen dienen die konkreten, standortangepassten Einsatzmengen und tatsächlichen Preise dazu, die Düngerkosten zu berechnen. Um den Gärrestwert herzuleiten oder wenn bei mineralischer Düngung keine konkreten Preise vorhanden sind, finden Reinnährstoffpreise Verwendung. Grundnährstoffdüngungen werden gegebenenfalls auf diejenigen Kulturen in der Fruchtfolge aufgeteilt, für die sie gedacht sind (gesplittete Düngerkosten).

Der Gärrestanfall, sein Düngewert und seine Ausbringungskosten fließen in die EVA-III-DAKfL-Berechnungen ein. Zur Ermittlung der anfallenden Gärrestmenge dient eine Massen-

verlustrechnung, die mit dem Ertrag und dem zugehörigen Methanhektarertrag arbeitet. Die weiteren Berechnungen unterstellen einheitlich einen standardisierten Nährstoffgehalt, ein Mineräldüngeräquivalent von 70 % und einen Wert der Gärrest-Nährstoffe in Höhe der Reinnährstoffpreise (Tab. 6-17, S. 98). Der so ermittelte Gärrestwert ist zu vermindern um die Kosten seiner Ausbringung, um die Leistung des Gärrestes zu erhalten. (Aurbacher & Kornatz et al.-2014).

$$DAKfL = (L_y + L_{GR}) - (K_D + K_{AELOGRA})$$

DAKfL: **Direktkosten und Arbeitserledigungskosten freie Leistung in €/ha**

L_y : *Leistung aus Ernteprodukt in €/ha*

L_{GR} : *Leistung aus anfallendem Gärrest in €/ha (Ausbringungskosten sind abgezogen)*

K_D : *Direktkosten in €/ha (inklusive Nährstoffkosten eines evtl. zugekauften Gärrestes)*

$K_{AELOGRA}$: *Arbeitserledigungskosten in €/ha ohne Berücksichtigung der Ausbringungskosten Gärrest (sind schon bei L_{GR} abgezogen)*

Anders als bisher wird bei Druschfrüchten nicht eine eigene Trocknung mit deren variablen Kosten, sondern Lohn-trocknung unterstellt. (Kostenansatz nach *KTBL-2014*). (Aurbacher & Kornatz et al.-2014).

Der ökonomischen Auswertung liegen die Annahmen, Grundwerte, Nährstoffpreise, Marktpreise und Trocknungspreise Tab. 6-16, S. 98 bis Tab. 6-18, S. 99 im Anhang zugrunde.

Die ökonomischen Daten zu Fruchtfolgen und Fruchtfolgegliedern im Ergebnisteil und im Anhang lieferte die Justus-Liebig-Universität Gießen (*Daten aus dem EVA-Projekt TP3-2015*).

2.7 Material und Methoden Umweltindikatoren zur ökologische Bewertung

Die Angaben zu den hier sogenannten Umweltindikatoren (Tab. 3-16, S. 63) sind Auswertungen im Rahmen des EVA-Teilprojekts 2 (*Daten aus dem EVA-Projekt TP2-2014*).

2.7.1 Methoden Humusbilanzierung

Ein gängiger Ansatz für Humusbilanzen war die VDLUFA-Methode (*VDLUFA-2004*). Seit 2014 gibt es für die Humusbilanzierung einen neuen VDLUFA-Standpunkt. Wesentliche Teile darin entsprechen der Standpunkt-Version 2004 (*VDLUFA-2014*). Als Grundlage für Humusbilanzen dienen Veränderungen der Humus-C-Mengen [Humus-C kg/ha] im Boden beim Anbau einzelner Kulturarten (*VDLUFA-2004*). Im neuen VDLUFA-Standpunkt erfolgt die Angabe dimensionslos als „Humusäquivalente“ [Häq/ha*a]. Die Kennwerte können lediglich dazu dienen, die optimale Versorgung mit organischer Substanz zu bemessen. Sie sind nicht geeignet, Veränderung der Bodenhumusvorräte zu berechnen (*VDLUFA-2014*). Zusammen mit Stickstoffsalden für Betriebe oder Schläge ergeben die Humusbilanzen Anhaltspunkte für die Gefahr von N-Verlusten. (*VDLUFA-2004*).

Die Angaben in Tab. 2-6, S. 20 gelten ohne C-Rücklieferung durch Gründüngung, Stroh oder Rübenblatt. Sie basieren auf langjährigen Versuchen unter bestimmten Bewirtschaftungsbedingun-

gen. Für die im VDLUFA-Standpunkt (2014) aufgeführten Hauptfrüchte sind jeweils untere, mittlere und obere Werte des Humusreproduktionsbedarfs angegeben [Häq/ha*a]. Für humusmehrende Früchte sind teils zwei Werte in Abhängigkeit vom Ertragsniveau, teils ist nur *ein* Wert für die Humusreproduktionsleistung aufgeführt. Keine Werte sind vorhanden für Sorghumarten und Getreide-GPS bei unterschiedlichen Schnitzeitpunkten. Die Angaben hierfür stammen vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. Müncheberg (ZALF) und sind aus den VDLUFA-Werten abgeleitet: So erhält Sorghum als unteren Wert das Mittel zwischen Getreide ((-)-280) und Mais ((-)-560) (= (-)-420). Der Wert für Grünroggen ((-)-80) und früh geschnittene W.Triticale errechnet sich als Mittelwert aus Winterzwischenfrucht ((+)-120) und Getreidewert ((-)-280). Triticale-GPS zur Teigreife geerntet erhält den Getreidewert (-)280 (*Willms et al.-2014*). Der untere Wert für Triticale-GPS als Erstfrucht kann demnach je nach Erntezeitpunkt (-)80 oder (-)280 betragen.

Dem theoretischen TM-Gehalt eines Gärrestes einer bestimmten Kulturart liegen TM-Gehalt des Ernteguts sowie dessen Rohaschegehalt und die Biogasausbeute zugrunde. Der TM-Gehalt des Gärrestes entscheidet darüber, welche Humus-Reproduktionsleistung diesem Gärrest zukommt. Die so ermittelte Humus-Reproduktionsleistung des Gärrestes einer bestimmten Kulturart wird für die Humusbilanzierung rechnerisch dem Humusbedarf dieser Fruchtart gegenübergestellt (ausführlicher bei *Willms et al.-2014*.) Die Berechnungen berücksichtigen einen Verlust von 15 % des TM-Feldertrags. Zusammen mit den sonstigen N-Verlusten von der Ernte bis zur Ausbringung beträgt die N-Rücklieferung bei vollständiger Gärrestrückführung ca. 70 %. (*Willms et al.-2009*).

Die Bewertung der Humusbilanzen oder Humussalden erfolgt gemäß *VDLUFA-2014* in fünf Stufen (A – E). Dabei beträgt die tolerierbare Untergrenze (-)200 Humus-C kg/ha*a, die tolerierbare Obergrenze (+)300 Humus-C kg/ha*a. Dieser Bereich umfasst die Bewertungsstufen B niedrig, C optimal und D hoch. Die optimale Stufe C erstreckt sich von (-)75 bis (+)100 Humus-C kg/ha*a. Stufe D hoch ist tolerierbar auf humusverarmten Böden, Stufe B niedrig auf humusangereicherten Böden. Eine in Teilen andere Bewertung der Humusbilanzen gilt für ökologisch wirtschaftende Betriebe.

Eine Übersicht der Humusbilanzen mit den „unteren Werten“ (*VDLUFA-2004*) für die vollständig durchlaufenen Fruchtfolgen EVA I und II enthält Tab. 3-16, S. 63.

Tab. 3-15, S. und Abb. 3-12, S. 55 zeigen, wie sich diese Fruchtfolgebilanzen aus einzelnen Fruchtfolgegliedern zusammensetzen. Die Rückführung von Humus-C über Gründüngung, Stroh und Rübenblatt ist bei diesen Humusbilanzen berücksichtigt. Weitere Humusbilanzen mit voller Gärrestrückführung enthält *LTZ Augustenberg-2014*.

Tab. 2-6: Humusreproduktionsleistung VDLUFA-2014 [Häq/ha] und VDLUFA-2004 [Humus-C kg/ha]

Kultur/ org. Material	VDLUFA 2014			VDLUFA 2004	
	Unterer Wert	Mittlerer Wert	Oberer Wert	Unterer Wert	Oberer Wert
Luz./Kleegr.	600	700*	800	600	800
Gerste	-280	-400	-520	-280	-400
Hafer	-280	-400	-520	-280	-400
Roggen	-280	-400	-520	-280	-400
Triticale	-280	-400	-520	-280	-400
Weizen	-280	-400	-520	-280	-400
W.Raps	-280	-400	-520	-280	-400
Sonnenbl.	-280	-400	-520	-280	-400
Sudangras*	-420	-600	-780	-420	-600
Zuckerhirse*	-420	-600	-780	-420	-600
Mais	-560	-800	-1040	-560	-800
Zuckerrübe	-760	-1300	-1840	-760	-1300
Körnerleg.	-	160	-	160	240
Grünrogg, - Grüntritic.* (berechnet EVA)	-	-130**	-	-80	-120
Winterzwi.fr.	-	140	-	120	160
Stoppelfr.	-	100	-	80	120
Stroh 1 t FM (86 % TM)		100		80	110
Grüngut 1 t TM		80		80	

1. Spalte „Kultur/org. Material“ Bezeichnungen und Gewichtsbezüge z. T. geändert.

*berechnet, **bei analoger Berechnung wie in EVA II (siehe Text) mit mittleren Werten;

Gelbe Felder: VDLUFA-2014 und VDLUFA-2004 haben die gleichen Zahlenwerte.

Grüne Felder: Neue Zahlen VDLUFA-2014 (teils berechnet).

2.7.2 Methoden Wasser- und Stickstoffhaushalt

Dieses Kapitel basiert auf dem „Endbericht zu Teilprojekt II“ der EVA-II-Projektphase (*Willms et al.-2014*).

Das verwendete Modell MONICA erlaubt die Betrachtung der Einflüsse von Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Ernte auf Wasser- und N-Haushalt. Die Modellierung der biochemischen Umsetzung von Kohlenstoff, Stickstoff und Wasser erfolgt in Tagesschritten. Pflanzenphysiologische Parameter stammen größtenteils aus dem EVA-Datenfundus. Nur wenn für eine Fruchtart (z. B. Sonnenblume) zu wenige Versuchsglieder vorlagen, erfolgte für diese keine Kalibrierung und Ableitung fruchtartspezifischer Parameter. Deshalb weist Tab. 3-16, S. 63 für FF 7 an entsprechender Stelle keine Werte auf. Die Modellierung des Bodenwasserhaushalts erfolgt schichtweise. Mineralisation und Immobilisation, Nitrifikation und Denitrifikation sowie Stressfaktoren finden bei der Modellierung Berücksichtigung. Das Modellprogramm hat direkte Anbindung an die EVA-Datenbank erhalten und für zahlreiche Fruchtarten des EVA-Projekts eine Weiterentwicklung erfahren. (Informationen zum Modell MONICA siehe

<http://monica.agrosystem-models.com/de/bodenprozesse/16-evaporation> und <http://monica.agrosystem-models.com/de/pflanzenprozesse/27-transpiration> [23.11.2015].)

Die Wassernutzungseffizienz (WNE) gibt an, wie viel Biomasse eine Pflanze mit einer bestimmten Menge Wasser erzeugt. Als Einheit ist die Trockenmasse (TM) in Kilogramm je Hektar und Millimeter Wasser gewählt (TM kg/ha*mm). Dem Wasserverbrauch liegt die aktuelle Evapotranspiration zwischen Saat und Ernte zugrunde. Tab. 3-16, S. 63 enthält die WNE für die abgefahrene TM/ha*a.

Niederschlagsmenge minus Wasserverdunstung ergibt die Sickerwassermenge. Die Sickerwassermenge unterhalb einer Tiefe von 1,2 m entspricht im Projekt vereinfachend der Grundwasserneubildung. Zugrunde liegt für jede Kulturart oder Kulturartkombination der Zeitraum von 1. November bis 30. Juni.

Modellierte Sickerwasser- und ausgetragene N-Menge bestimmen die Höhe der Nitratkonzentration im Sickerwasser. Auch für den N-Austrag liegt wie bei der Bestimmung der Sickerwassermenge der Zeitraum vom 1. November bis 30. Juni zugrunde.

Als Maß für die Auswaschungsgefährdung dient die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers durch infiltrierte Niederschlagswasser.

2.7.3 Methoden Energie- und Treibhausgasbilanz

Dieses Kapitel basiert auf dem „Endbericht zu Teilprojekt II“ der EVA-II-Projektphase (*Willms et al.-2014*).

Im Projekt EVA erfolgt eine Bewertung von Fruchtfolgen nach ISO 14040 (2009), der gegenwärtig anerkanntesten Methode zur Ökobilanzierung. Ökonomische und soziale Aspekte finden dabei keine Berücksichtigung.

Feststellung von Ziel und Untersuchungsrahmen, eine Sachbilanz, die Wirkungsabschätzung und Auswertung führen zur Ökobilanz.

Im vorliegenden Fall zielt die **Ökobilanzierung** auf die Quantifizierung der Treibhausgas(THG)-Emissionen und des kumulierten Energieaufwands (KEA). Der **Untersuchungsrahmen** umfasst alle direkten und indirekten Energieaufwendungen und Emissionen des Ernteprodukts von der Saat bis zur Ernte. Berechnungen und Bewertungen erfolgen mithilfe eines eigens entwickelten Modells (MiLA, Model for integrated Life Cycle Assessment in Agriculture).

Die Quantifizierung der Umweltwirkungen erfolgt flächenbezogen (je ha) und produktbezogen (je GJ CH₄).

Die **Sachbilanz** listet alle Inputs und Outputs des Produktionssystems in Form von Stoffen und Energie auf. Stoffe sind beispielsweise Ausgangsmaterialien, Zwischenprodukte, Emissionen und Abfälle. Die Bearbeitbarkeit des Bodens ist ein bedeutender Standortfaktor, der Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch nimmt.

Direkte Aufwendungen entstehen bei den Arbeitsverfahren des Anbaus. Sie haben direkte Emissionen zur Folge, die bei der Kraftstoffverbrennung und den Düngergaben entstehen.

Gleiche Betriebsmittel und gleiche Feld-Hof-Entfernungen für die Berechnungen an allen Standorten sichern die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Die Berechnungen der THG-Emissionen beinhalten N₂O, NO, NH₃ und CO₂.

Organische Düngung geht je nach Ausbringungs- oder Einarbeitungstechniken mit hohen oder geringen NH₃- und CO₂-Ausgasungen einher. Kohlensäureverwitterung setzt nach Düngung von gebrochenem Kalkstein CO₂ frei.

Die Berechnungen der kumulierten Energie für indirekte Aufwendungen, die vorlaufend außerhalb des eigentlichen Produktionsprozesses anfallen, stützen sich auf entsprechende Datensammlungen.

Den Outputberechnungen liegen überwiegend die spezifischen Methanausbeuten der Fruchtarten zugrunde, die das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) ermittelte. Diese Berechnungsgrundlage ist ausführlich erläutert bei *Herrmann et al.-2013*.

Wirkungsabschätzung: Ein nächster Schritt hin zur ökologischen Bewertung des Anbausystems ordnet die Ergebnisse der Bilanzaufnahme (Sachbilanz) verschiedenen Wirkungskategorien zu. Diese können sein: Energieaufwand, Treibhausgaspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Humantoxizität u.a.m.. Die einzelnen Bilanzbeiträge werden für die Kategorisierung in eine Größe, den Charakterisierungsfaktor einer Wirkungskategorie, überführt. Für die Wirkungskategorie „Energieaufwand“ ist der Charakterisierungsfaktor die Energiemenge ausgedrückt in MJ oder GJ. Mit Hilfe des kumulierten Energieaufwands lässt sich die Frage beantworten, ob zur Produktion und Aufbereitung der nachwachsenden Rohstoffe mehr oder weniger Energie erforderlich ist, als der Rohstoff selbst liefert. Wenn Outputenergie/Inputenergie > 1, dann liefert der nachwachsende Rohstoff mehr Energie, als seine Produktion benötigt. Dieser Faktor Output/Input hinsichtlich Energie trägt auch die Bezeichnung EROI (Energy Return On Investment).

Für die Wirkungskategorie „Treibhauseffekt“ ist der Charakterisierungsfaktor beispielsweise das CO₂-Äquivalent. So ergab die Multiplikation einer freigesetzten CH₄-Menge mit 24 und einer freigesetzten N₂O-Menge mit 298 den äquivalenten CO₂-Wert. Diese Berechnungen liegen den Angaben in Tab. 3-16, S. 63 zugrunde.

Die abschließende **Auswertung** betrachtet alle Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung zusammen. Davon leiten sich Umweltwirkungen und Empfehlungen ab.

2.7.4 Methoden Brutvogel- und Futterhabitatindex

Die folgenden Ausführungen basieren auf dem „Endbericht zu Teilprojekt II“ der EVA-II-Projektphase (*Glemnitz & Platen-2014*).

Das ZALF-Habitatmodell berechnet einen Biodiversitätswert von Fruchtfolgegliedern und Fruchtfolgen für Agrarvögel. Dabei liegt die Annahme zugrunde, dass den Wert des Ackerlebensraums für diese Vögel maßgeblich die Fruchtart, ihre Vegetationsstruktur und die dort durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen bestimmen. Das Habitatmodell gleicht Ansprüche der zu betrachtenden Organismen (hier: Agrarvögel) mit dem Angebot ab, das die Fruchtarten ab-

hängig von ihrer Bewirtschaftung liefern. Auf dieser Grundlage berechnet das Programm, ob und in welchem Umfang die einzelnen Fruchtarten eine erfolgreiche Brut zulassen. Als Ergebnis liegen ein Brutvogel- und ein Futterhabitatindex vor, je nachdem wie die Agrarvögel den Acker nutzen.

Der **Brutvogelindex** für eine Fruchtfolge errechnet sich aus der Lebensraumbewertung einzelner Fruchtfolgeglieder für vier ausgewählte typische Brutvögel des Ackerlandes. Es sind dies Feldlerche, Grauammer, Kiebitz und Braunkehlchen. Die Lebensraumbewertung bezieht sich explizit auf die Brutzeiträume der einzelnen Arten. Auch die Nahrungsverfügbarkeit samt evtl. auftretenden Störungen während der Vegetation der Fruchtfolgeglieder fließt in die Bewertung ein. Sind die Bedingungen nicht optimal, dann nimmt das Modell Abschlüge vor, die von der relativen Störungstoleranz der Arten abhängen. Störungen können beispielsweise organische Düngung, Herbizid- und Insektizideinsatz sein. Der Brutvogelindex ist ein dimensionsloser Relativwert. Dieser ergibt sich aus der Summe der Lebensraumeignung für jede einzelne Art dividiert durch die Anzahl der betrachteten Vogelarten. Ein Brutvogelindex beispielsweise von 1,5 für eine Fruchtfolge bedeutet, dass der Mittelwert für die genannten vier Ackerbrutvögel hier 1,5 Bruten beträgt. Insgesamt wären daher rechnerisch 6 Bruten möglich. Für welche Vogelarten die Brutbedingungen geeignet sind, ist damit nicht gesagt.

Der **Futterhabitatindex** gibt Aufschluss, inwieweit eine Fruchtfolge zur Brutzeit drei Vogelarten Nahrung liefern kann, die in der Regel außerhalb von Ackerflächen brüten. Ausgewählt sind im vorliegenden Fall Neuntöter, Goldammer und Heidelerche, die zur Brutzeit ihre Nahrung auf Ackerflächen suchen. Auch der Futterhabitatindex stellt ein Mittelwert dar; diesmal für die drei zuletzt genannten Vogelarten. Beim Futterhabitatindex bedeutet ein Wert von 1,5 für eine Fruchtfolge, dass dort jede der drei Vogelarten im Mittel für 1,5 Brutperioden ihre Nahrung findet. Diese Fruchtfolge bietet somit eine Nahrungsquelle rechnerisch für insgesamt 4,5 Bruten der drei Vogelarten. Die Zahlenangaben sind bei beiden Indizes nicht flächenbezogen, sondern in der Zeitspanne begründet, die Fruchtfolgen für Brut und Nahrungssuche bieten.

Für das EVA-Projekt deckt die Berechnung der Indizes je Fruchtfolge einen Zeitraum von vier Jahren ab (alle Fruchtfolgen vierjährig). Die biotischen Indizes in Tab. 3-16, S. 63 erlauben einen Vergleich der EVA-I- und EVA-II-Fruchtfolgen hinsichtlich ihrer ökologischen Vorzüglichkeit für o. g. Ackerbrutvögel.

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

3.1 Jährliche TM- und CH₄-Ergebnisse der Biogasfruchtfolgen und Diskussion

3.1.1 Die TM-Erträge im Grundversuch EVA III

TM-Erträge Grundversuch 5. Anlage 2013 (Abb. 3-1 S. 25 und Tab. 3-1, S. 25):

Im Jahr 2013 liefern die Zweikulturnutzungen mit Wintergetreide und Sudangras die höchsten TM-Erträge mit 244 dt/ha (Erstfrucht W.Gerste) und 231 dt/ha (Erstfrucht Wicktriticale). Es folgen die TM-Erträge von Mais (174 dt/ha, Mittel von 3 Ernten, FF 3, 12, 11) und Zuckerhirse (163 dt/ha, FF 1) und angebaut als alleinige Hauptfrüchte. Der Maisertrag liegt damit deutlich unter dem EVA-Durchschnitt von ca. 210 TM dt/ha (*LTZ-Augustenberg-2014*). Luzernegras (FF 4) im 1. Hauptnutzungsjahr erzielt 139 dt/ha, Erbsen-/Triticalegemenge kommt zusammen mit der Zweitkultur Weidelgras (27 dt/ha) auf 136 dt/ha (FF 5) und die Biogas-Blümmischung liegt bei 106 dt/ha (FF 15). Der Unterschied zwischen der Zweikulturnutzung 2013 mit dem höchsten Ertrag und der Blümmischung mit dem geringsten Ertrag beträgt 138 dt/ha.

TM-Erträge Grundversuch 5. Anlage 2014 (Abb. 3-1 S. 25 und Tab. 3-1, S. 25):

Die drei Zweikulturnutzungen von 1x Grünroggen mit Mais und 2x Grünroggen mit Sudangras im Jahr 2014 liegen im Ertrag gleichauf (FF 2/ 3/ 12, jährlicher Gesamtertrag 163/ 159/ 151 TM dt/ha). Etwas unterschiedlich sind die Ertragsrelationen: Bei der Kombination Grünroggen/Sudangras steuert der Grünroggen mehr zum Gesamtertrag bei als in der Kombination Grünroggen/Mais.

Auffällig sind der geringe Luzernegrasertrag im 2. Hauptnutzungsjahr (FF 4, 86 dt/ha) im Vergleich mit dem 1. Hauptnutzungsjahr der 6. Anlage; außerdem der geringe Maisertrag (FF 13, 141 dt/ha) bei Anwendung von Untersaat und der geringe Sonnenblumenertrag (FF 15, 88 dt/ha).

TM-Erträge Grundversuch 5. Anlage 2015 (Abb. 3-1 S. 25 und Tab. 3-1, S. 25):

Im Jahr 2015 kommen in vier der 9 FF Triticale-GP- oder Wicktriticale-GP-Erträge vor. Es sind dies die FF 1, 3, 12 und 15. Die Ertragsleistung bewegt sich zwischen 88 dt TM/ha bei Wicktriticale nach Mais mit Untersaat und 101 TM dt/ha bei Triticale nach Mais. Dazwischen liegen die Erträge bei FF 3 und FF 12 mit 96 TM dt/ha und 93 TM dt/ha Triticale-GP nach Vorfrucht Sudangras. Die N-Düngung von FF 12 ist gegenüber FF 6 um 25 % reduziert. Der Kornertrag von W.Triticale in FF 2 beträgt 62 TM dt/ha – entsprechend 72 dt/ha marktfähiger Ware.

Mais als alleinige Hauptfrucht erzielt 188 TM dt/ha (FF 9), Mais mit Untersaat 102 TM dt/ha (FF 12) und Mais nach Luzerne-Kleegrass 138 TM dt/ha (FF 4). Eine letzte Nutzung des 2-jährigen Luzerne-Kleegrasses nach dem 2. Hauptnutzungsjahr im Ansaatjahr des Mais erbrachte 38 TM dt/ha. Die Zwischenfrüchte Phacelia in FF 1 und Einjähriges Weidelgras in FF 3 und FF 12 erzielten 15 bzw. 11 und 13 TM dt/ha.

Der TM-Ertrag von Zuckerrüben in FF 5 erreicht 172 TM dt/ha und Sudangras nach Wicktriticale in FF 13 69 TM dt/ha.

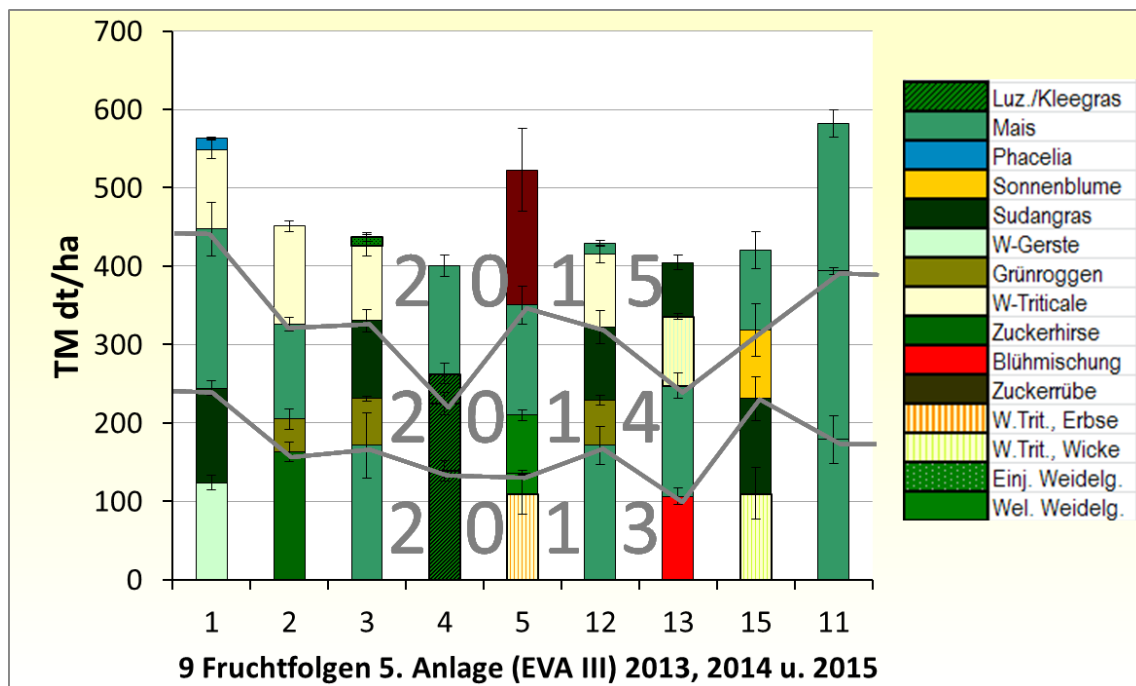


Abb. 3-1: Erträge [TM dt/ha] der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, 5. Anlage; 2013, 2014 und 2015.

Die Fehlerindikatoren geben die Standardabweichungen der 4 Wiederholungen an, die den Ertragsangaben zugrunde liegen.

Tab. 3-1: Erträge [TM dt/ha] der 9 Fruchtfolgen EVA III, 5. Anlage; 2013, 2014 und 2015

FF	5. Anlage 2013		2014		2015		*TM dt/ha*a
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	
1	W-Gerste 124	Sudangras 120	Mais 203		W-Triticale 101	Phacelia 15	188
2	Zuckerhirse 163		Grünrog. 42	Mais 121	W-Triticale 62	Stroh 63	163
3	Mais 172		Grünrog. 60	Sudangras 99	W-Triticale 96	Einj. Weidelg. 11	146
4	Luz./Kleegr. 139		Luz./Kleegr. 86		Luz./Kleegr. 38	Mais 138	134
5	W.Trit., Erbse 109	Weidelgras 27	Weidelgras 73	Mais 141	Zuckerrüben 172		174
12	Mais 171		Grünrog. 58	Sudangras 93	W-Triticale 93	Einj. Weidelg. 13	143
13	Blümmischg. 106		Mais mit US 141		Wicktritica 88	Sudangras 69	135
15	Wicktritica 110	Sudangras 121	Sonnenbl. 88		Mais mit US 102		140
11	Mais 179		Mais 215		Mais 188		194

* je komplettem Biogasjahr

SoZF = Sommerzwischenfrucht

TM-Erträge Grundversuch 6. Anlage 2014 (Abb. 3-2 unten und Tab. 3-2, S. 27)

Die Ertragstendenzen zwischen den FF-Gliedern der 6. Anlage 2014 und den gleichen FF-Gliedern der 5. Anlage 2013 sind ähnlich, in ihrer Ausprägung jedoch deutlich verschieden. Die Zweikulturnutzung mit Sudangras übertrifft in diesem Jahr nicht mehr den Mais, sondern liegt mit diesem gleichauf. Wegen der höheren Maiserträge (FF 3, 12 und 11) und den etwas geringeren Erträgen von Luzernegras (FF 4), von Erbsen-/Triticalegemenge mit Weidelgras (FF 5) und bei der Blütmischung (FF 13) hat sich der Abstand zwischen Mais und den drei letztgenannten C3-Pflanzenernten deutlich vergrößert.

Die Erstfrüchte W.Gerste und „Wicktriticale“ (=Nachsaat Wickhafer) vor Sudangras unterscheiden sich im Jahr 2014 deutlich mit 108 dt/ha (W.Gerste) und 68 dt/ha (Wickhafer) zum Vorjahr (W.Gerste 124 TM dt/ha und Wicktriticale 110 TM dt/ha) in der 5. Anlage. In drei der vier Wiederholungen von „Wicktriticale“ 2014 war eine Nachsaat mit Wickhafer erforderlich (siehe auch Anbaudaten Tab. 6-6, S. 80). Die Ertragsangabe von 68 dt/ha ist der Mittelwert der drei nachgesäten Wiederholungen. (Der Ertrag der verbliebenen Wicktriticale-Wiederholung lag ca. 30 % über dem Ertrag der 3 Wickhafer-Wiederholungen und damit bei ca. 90 TM dt/ha.)

Die Verminderung der ordnungsgemäßen N-Düngung in FF 3 um 25 % in FF 12 reduziert den Ertrag wie 2013 so auch 2014 nicht. Der mittlere TM-Ertrag liegt in der reduziert gedüngten FF 12 etwas höher (197 zu 187 TM dt/ha).

TM-Erträge Grundversuch 6. Anlage 2015 (Abb. 3-2 unten und Tab. 3-2, S. 27)

In der 6. Anlage des Jahres 2015 steht Mais in fünf FF. In Hauptfruchtstellung bei alleinigem Anbau erzielt Mais in FF 1 188 TM dt/ha, in FF 11 187 TM dt/ha. Im Zweifruktanbau nach Grünroggen oder Weidelgras sind es 137 TM dt/ha bzw. 151 TM dt/ha. Mais mit Untersaat liefert 124 TM dt/ha.

Die Ertragsleistung von Sudangras nach Grünroggen in FF 3 und FF 12 ((-)25% N-Düngung) liegt mit 103 TM dt/ha bzw. 100 TM dt/ha auf gleichem Niveau.

Luzerne-Klee gras produziert in drei Schnitten 129 TM dt/ha, im Vorjahr in gleicher FF-Stellung in der 5. Anlage 86 TM dt/ha (FF 4). Sonnenblume erbrachte 133 TM dt/ha mit erheblicher Differenz zum Jahr 2014 in derselben FF-Stellung in der 5. Anlage (FF 15).

Deutliche Unterschiede waren ebenfalls zu verzeichnen bei Weidelgras vor Mais in FF 5 mit 44 TM dt/ha zu 77 TM dt/ha 2014 in der 5. Anlage.

Mais als alleinige Hauptfrucht (FF 1, FF 11) produzierte 2015 in der 6. Anlage ca. 8 – 13% weniger Ertrag als in der 5. Anlage 2014. Bei Mais im Zweifruktanbau nach Grünroggen oder Weidelgras waren es umgekehrt 2015 in der 6. Anlage 8 – 15 % mehr Ertrag als in der 5. Anlage 2014.

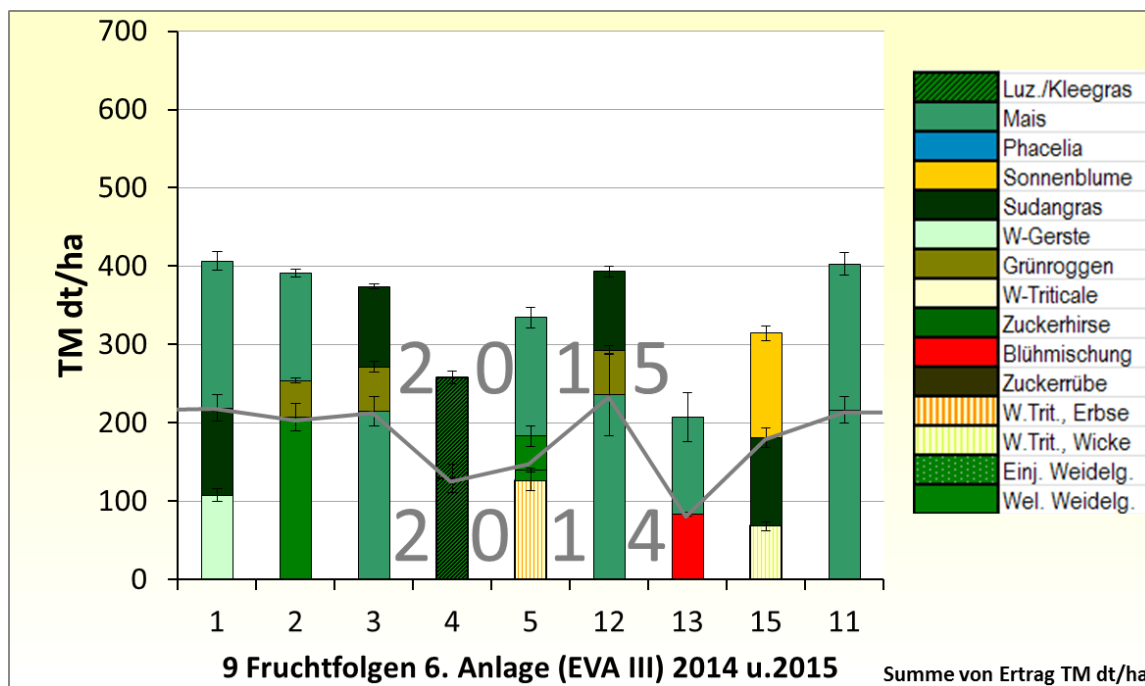


Abb. 3-2: Erträge [TM dt/ha] 2014 der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, 6. Anlage; 2014 und 2015

Die Fehlerindikatoren geben die Standardabweichungen der 4 Wiederholungen an, die den Ertragsangaben zugrunde liegen.

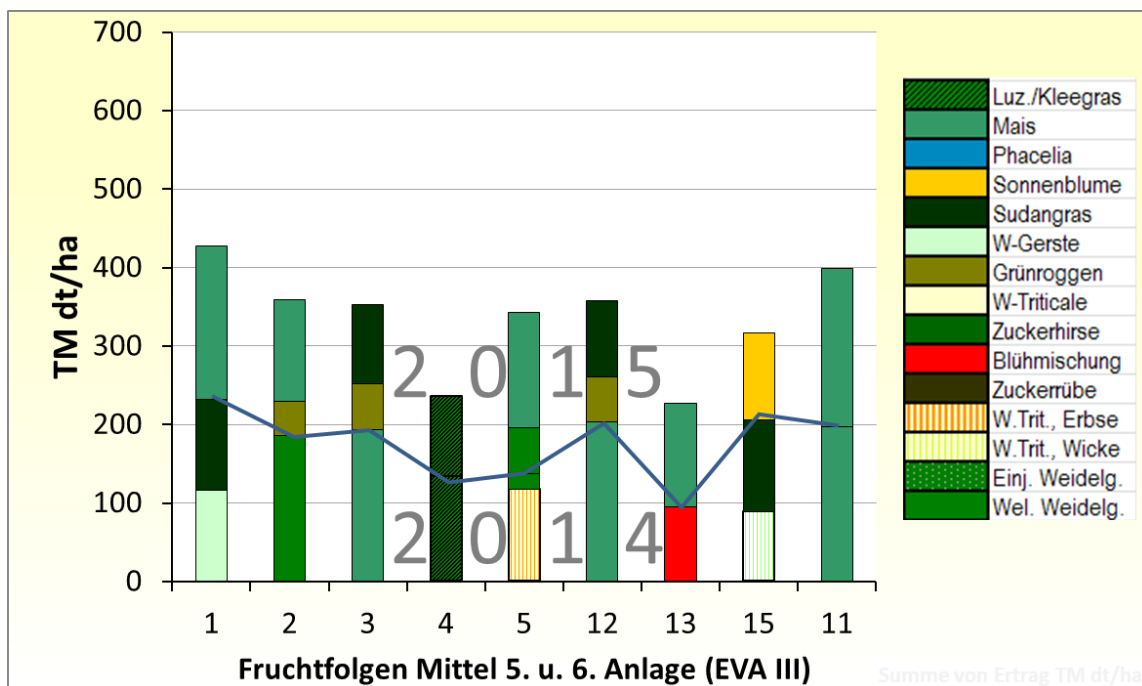
Tab. 3-2: Erträge [TM dt/ha] 2014 der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, 6. Anlage; 2014 und 2015

FF	6. Anlage 2014		2015		2016		*TM dt/ha*a
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	
1	W-Gerste 108	Sudangras 112	Mais 188		-	-	203
2	Zuckerhirse 207		Grünrog. 47	Mais 137	-	-	196
3	Mais 215		Grünrog. 56	Sudangras 103	-	-	187
4	Luz./Kleegr. 129		Luz./Kleegr. 129		-	-	129
5	W.Trit., Erbsen 126	Weidelgras 13	Weidelgras 44	Mais 151	-	-	167
12	Mais 236		Grünrog. 57	Sudangras 100	-	-	197
13	Blütmischg. 83		Mais mit US 124		-	-	104
15	"Wicktritica." 68	Sudangras 113	Sonnenbl. 133		-	-	157
11	Mais 216		Mais 187		-	-	202

6. Anlage FF 15 2014 Wickhafer
* je komplettem Biogasjahr

SoZF = Sommerzwischenfrucht

Abb. 3-3: Erträge [TM dt/ha] 2014 der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, Mittel aus 5. und 6. Anlage



Tab. 3-3: Erträge [TM dt/ha] 2014 der 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, Mittel aus 5. und 6. Anlage

FF	5. Anlage 2013		2014		2015		*TM dt/ha*a
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	
1	W-Gerste 116	Sudangras 116	Mais 195		- #WERT!	- #WERT!	214
2	Zuckerhirse 185		Grünrogg. 44	Mais 129	- #WERT!		179
3	Mais 193		Grünrogg. 58	Sudangras 101	- #WERT!	- #WERT!	176
4	Luz./Kleegr. 134		Luz./Kleegr. 108		- #WERT!	- #WERT!	121
5	W.Trit., Erbse 118	Weidelgras 20	Weidelgras 59	Mais 146	- #WERT!		171
12	Mais 204		Grünrogg. 57	Sudangras 97	- #WERT!	- #WERT!	179
13	Blümmischg. 95		Mais mit US 132		- #WERT!	- #WERT!	114
15	Wicktritic. 89	Sudangras 117	Sonnenbl. 110		- #WERT!		158
11	Mais 198		Mais 201		- #WERT!		199

6. Anlage FF 15 2014 Wickhafer
* je komplettem Biogasjahr

SoZF = Sommerzwischenfrucht

Fruchtfolgeergebnisse der 5. und 6. Anlage zusammengenommen (Abb. 3-3, S. 28 und Tab. 3-3, S. 28):

Nachdem beide Anlagen zwei der drei geplanten Biogasjahre durchlaufen haben, liegt FF 1 mit W.Gerste/Sudangras + Mais bei der TM-Leistung an erster Stelle (214 TM dt/ha je Jahr). Daran schließt sich FF 11 mit Mais + Mais (199 TM dt/ha je Jahr). Vier weitere FF folgen mit ca. 20 – 30 TM dt/ha Abstand: FF 2 mit Zuckerhirse + Grünroggen/Mais, FF 3 und 12 ((-)25% N) mit Mais + Grünroggen/Sudangras und die in EVA III neue FF 5 mit Erbsen-Triticale/Weidelgras + Weidelgras/Mais. Der FF 4 (Luzerne-Klee gras) und der Biodiversitäts-FF 13 mit 121 TM dt/ha bzw. 114 TM dt/ha fehlen noch ihre ertragsstärksten FF-Glieder mit C4-Pflanzen.

3.1.2 Die TM-Gehalte im Grundversuch EVA III

Tab. 3-4, unten enthält die TM-%-Gehalte der Fruchtfolgeglieder des Grundversuchs EVA III der Jahre 2013, 2014 und 2015.

Von den C3-Pflanzen in Zweikulturnutzung erreicht nur W.Gerste mit 30 % und 35 % die als optimal genannte Spanne von 30 – 40 % für Getreide-GPS (*Herrmann et al.-2013*). Für Grünroggen (FF 2, FF 3, FF 12) in Zweikulturnutzung sind TM-Gehalte von 18 bis 23 % ermittelt. Weitere Früchte bei Zweikulturnutzung mit ebenfalls geringeren TM-%-Gehalten sind Weidelgras (Zweit- und Erstfrucht, FF 5, 10 – 21 %) und Wicktriticale bzw. Wickhafer in FF 15 mit 20 bzw. 17 % sowie Wicktriticale in FF 13 mit 22 %. Für Erbsen-/Triticalegemenge (FF 5) ergibt sich im ersten Anbaujahr ebenfalls ein geringer TM-Gehalt von 21 %, im zweiten Anbaujahr erreicht dieses Leguminosen-Getreide-Gemenge mit 33 TM % den Optimalbereich von 28 – 35 %. Dieser gilt für alle Kulturen außer Getreide (*Herrmann et al.-2013*).

Blümmischung als Hauptfrucht weist im Versuch in den beiden Anbaujahren 2013 und 2014 einen TM-Gehalt von ca. 20 % auf.

Der Luzerne-TM-Gehalt bewegt sich zwischen 18 – 22 %.

Außergewöhnlich hoch ist der TM-Gehalt bei Sonnenblume mit 40 % im Jahr 2014, nicht jedoch im Jahr 2015 mit 19 %.

W.Triticale-GP als Hauptfrucht (Jahr 2015) liegt mit 35 – 36 TM % im Optimum für Getreide-GPS. Sudangras verfehlt den Optimalbereich von 28 – 35 % in 2 von 9 Ernten (FF 1 und 15 im Jahr 2014 mit 26 TM % bzw. 25 TM %). Zuckerhirse (FF 2) erzielt 2013 24 TM % und 2014 30 TM %. Zuckerrübe in FF 5 erreicht 22 TM %.

Mais liegt bei 18 Ernten mit zwei Ausnahmen (FF 12 Jahr 2013) bei 28 TM % oder darüber, in 7 Fällen über 35 % mit maximal 40 % (FF 2 Jahr 2014 und FF 4 2015).

Tab. 3-4: Trockenmassegehalte [%] in 9 Fruchtfolgen Grundversuch EVA III, 5. und 6. Anlage; 2013, 2014 und 2015

FF	5. Anlage 2013		2014		2015	
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF
1	W-Gerste	Sudangras	Mais		W-Triticale	Phacelia
	30 / 35	28 / 26	31 / 33		35 / 0	24 / 0
2	Zuckerhirse		Grünrog.	Mais	W-Triticale	
	24 / 30		18 / 18	40 / 37	91 / 0	
3	Mais		Grünrog.	Sudangras	W-Triticale	Einj.Weidelg.
	28 / 31		23 / 18	28 / 33	35 / 0	24 / 0
4	Luz./Kleegr.		Luz./Kleegr.		Luz./Kleegr.	Mais
	19 / 20		22 / 21		18 / 0	40 / 0
5	W.Trit., Erbsen	Weidelgras	Weidelgras	Mais	Zuckerrüben	
	21 / 33	10 / 20	21 / 18	39 / 38	22 / 0	
12	Mais		Grünrog.	Sudangras	W-Triticale	Einj.Weidelg.
	27 / 34		23 / 18	29 / 32	36 / 0	22 / 0
13	Blümmischg.		Mais mit US		Wicktriticale	Sudangras
	20 / 21		38 / 31		22 / 0	31 / 0
15	Wicktriticale	Sudangras	Sonnenbl.		Mais mit US	
	20 / 17	29 / 25	41 / 19		28 / 0	
11	Mais		Mais		Mais	
	29 / 32		34 / 33		36 / 0	

6. Anlage FF 15 2014 Wickhafer

SoZF = Sommerzwischenfrucht

3.1.3 Die TM-Erträge im Versuch Risikoabschätzung EVA III

Abb. 3-4, S. 31 (nur Biogasjahre) und Tab. 3-5, S. 32 enthalten die Erträge im Versuch Risikoabschätzung für die Jahre 2013 bis 2015.

TM-Erträge Versuch Risikoabschätzung Jahr 2013

3. Anlage

Die oberirdische Biomasse liegt 2013 bei allen 3 Fruchtfolgen FF 1 bis FF3 der 3. Anlage mit W.Triticale auf gleichem Niveau (Tab. 3-5, S. 32: W.Triticale-GP FF 1 144 TM dt/ha, FF 2 Korn + Stroh 155 TM dt/ha, FF 3 W.Triticale-GP 148 TM dt/ha; Abb. 3-4, unten enthält nur die Biogasjahre). Die Zwischenfruchterträge von Phacelia und Weidelgras nach W.Triticale-GP fallen in beiden Jahren mit 5 bzw. 8 TM dt/ha sehr gering aus.

Ebenfalls in der 3. Anlage erzielt Mais wie auch im Grundversuch (siehe oben) einen unterdurchschnittlichen Ertrag von 161 TM dt/ha.

4. Anlage

In der 4. Anlage erreicht Mais 192 TM dt/ha in FF 1.

Knapp darüber liegt aufgrund eines vergleichsweise hohen Grünroggenertrags (72 TM dt/ha) die Zweikulturnutzung Grünroggen/Mais mit 195 TM dt/ha (FF 2). Eine im Vergleich mit Mais geringere TM-Leistung des Sudangrases führt zu einem geringeren TM-Ertrag der Zweikulturnutzung Grünroggen/Sudangras (172 TM dt/ha).

TM-Erträge Versuch Risikoabschätzung Jahr 2014

3. Anlage

Gemessen an der Bodengüte liegen die W.Weizenerträge 2014 auf mittlerem bis geringem Niveau (3. Anlage). Die TM-Kornerträge der FF 1 bis 3 entsprechen Kornerträgen von 76, 53 und 66 dt/ha bei 14 % Wassergehalt.

Mit 172 TM dt/ha liegt der Maisertrag 2014 von FF 11 in der 3. Anlage deutlich unter dem Maisertrags des Grundversuchs im Jahr 2014 (Ø 217 TM dt/ha aus 5 Ernten 2014, Tab. 3-1, S. 25 und Tab. 3-2, S. 27).

In der 4. Anlage, in deren drei Fruchtfolgen 1 bis 3 im Jahr 2014 W.Triticale steht, fällt ein geringerer GP-Ertrag in FF 3 auf (101 TM dt/ha). W.Triticale in FF 1 erzielt 143 TM dt/ha. (Im Jahr 2013 besteht ein solcher Unterschied zwischen FF1 und 3 nicht (3. Anlage).) W.Triticale der FF 2 zur Kornnutzung erzielt eine oberirdische Gesamtbiomasse von 125 TM dt/ha Korn + Stroh (74 + 51 TM dt/ha). Die 74 TM dt/ha entsprechen einem Kornertrag von 86 TM dt/ha bei 14 % Feuchte.

Die Zwischenfruchterträge von Phacelia und Weidelgras nach W.Triticale-GP fallen auch in diesem Jahr mit 16 bzw. 14 TM dt/ha gering aus.

TM-Erträge Versuch Risikoabschätzung Jahr 2015

Im Jahr 2015 stehen im Versuch Risikoabschätzung nur in drei Fruchtfolgen Biogaspflanzen. In der Zweikulturnutzung W.Gerste/Sudangras der FF 1 in der 3. Anlage liegt der W.Gerste TM-Ertrag bei 102 TM dt/ha, der Ertrag des Sudangrases bei 97 TM dt/ha. Die Zuckerhirse in FF 2 erreicht 183 TM dt/ha. Mais erzielt in FF 3 einen weit überdurchschnittlichen Ertrag von 265 TM dt/ha. In FF 11 steht im Jahr 2015 W.Weizen zur Kornnutzung mit einer Ertragsleistung von 82 TM dt/ha. Dies entspricht einem Marktfruchtertrag von 95 dt/ha.

Ein ähnliches Ertragsniveau erreicht W.Weizen auch in der 4. Anlage in den FF 1, 2, und 3 mit 75, 83 und 73 TM dt/ha – entsprechend einem Marktfruchtertrag von 87, 97 und 85 dt/ha.

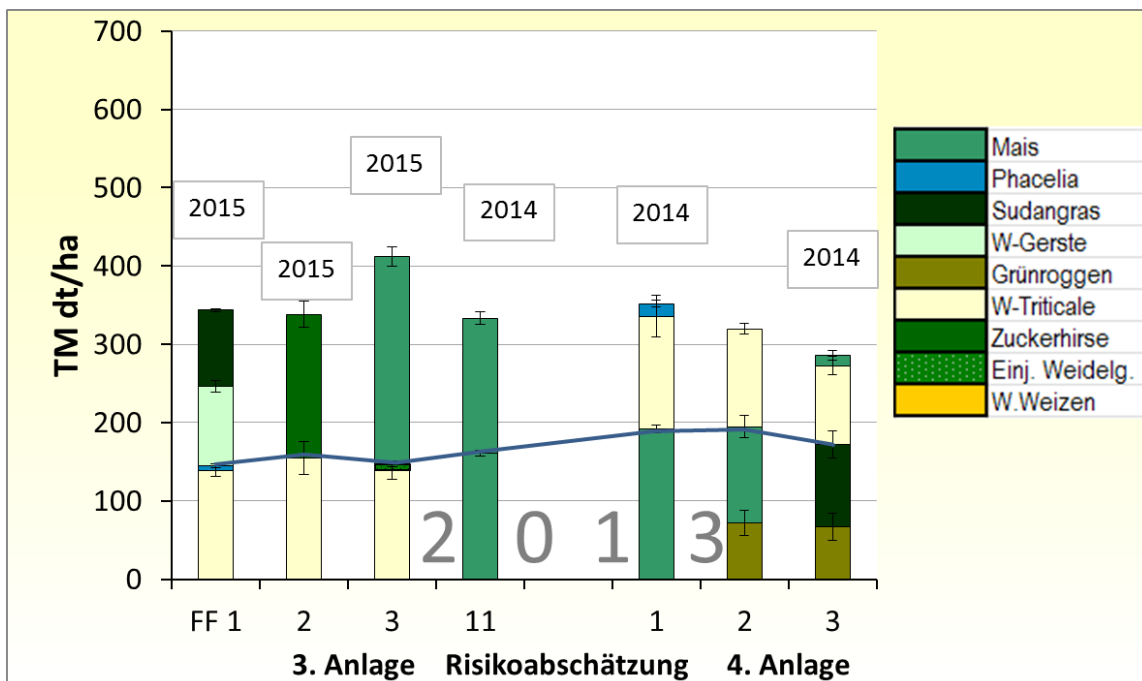


Abb. 3-4: Erträge [TM dt/ha] 2013, 2014 und 2015 der Fruchtfolgen Risikoabschätzung EVA III, nur Biogasjahre (FF 2 auch TM dt/h Korn + Stroh).

Die Fehlerindikatoren geben die Standardabweichungen der 4 Wiederholungen an, die den Ertragsangaben zugrunde liegen.

Tab. 3-5: Erträge [TM dt/ha] 2013, 2014 und 2015 im Versuch „Risikoabschätzung“ EVA III

	2013		2014		2015		2016	
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF
FF	Risikoabschätzung, 3. Anlage							
1	W-Triticale 139	Phacelia 5	W. Weizen 65*	Stroh 33	W. Gerste 102	Sudangras 97	-	-
2	W-Triticale 79*	Stroh 76	W. Weizen 46*	Stroh 26	Zuckerhirse 183		-	-
3	W-Triticale 140	Einj. Weidelg. 8	W. Weizen 57*	Stroh 32	Mais 265		-	-
11	Mais 161		Mais 172		W. Weizen 82*	Stroh 62	-	-
FF	Risikoabschätzung, 4. Anlage							
1	Mais 192		W-Triticale 143	Phacelia 16	W. Weizen 75*	Stroh 62	-	-
2	Grünrog. 72	Mais 123	W-Triticale 74*	Stroh 51	W. Weizen 83*	Stroh 66	-	-
3	Grünrog. 67	Sudangras 105	W-Triticale 101	Einj. Weidelg. 14	W. Weizen 73*	Stroh 61	-	-

* Kornnutzung (kursiv)

3.1.4 Die TM-Gehalte im Versuch Risikoabschätzung EVA III

Die TM-%-Gehalte aller C4-Pflanzen (Mais, Zuckerhirse, Sudangras) liegen mit 29 bis 34 % im gewünschten Bereich. Alle C3-Pflanzen zur GPS-Nutzung (W. Gerste und W. Triticale) erzielen über 30 TM %. In der 4. Anlage überschreiten die TM-Gehalte von W. Triticale die 40 %-Obergrenze mit 44 und 46 TM %.

Tab. 3-6: Trockenmassegehalte [%] 2013, 2014 und 2015 im Versuch „Risikoabschätzung“ EVA III

	2013		2014		2015		2016	
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF
FF	Risikoabschätzung, 3. Anlage							
1	W-Triticale 33	Phacelia 12	W. Weizen 88	Stroh 93	W. Gerste 35	Sudangras 31	-	-
2	W-Triticale 86	Stroh 95	W. Weizen 88	Stroh 93	Zuckerhirse 30		-	-
3	W-Triticale 34	Einj. Weidelg. 22	W. Weizen 88	Stroh 90	Mais 31		-	-
11	Mais 29		Mais 32		W. Weizen 91		-	-
FF	Risikoabschätzung, 4. Anlage							
1	Mais 30		W-Triticale 46	Phacelia 23	W. Weizen 90		-	-
2	Grünrogg. 22	Mais 34	W-Triticale 88	Stroh 90	W. Weizen 90		-	-
3	Grünrogg. 21	Sudangras 30	W-Triticale 44	Einj. Weidelg. 19	W. Weizen 90			

3.1.5 CH₄-Erträge im Versuch Grundversuch EVA III

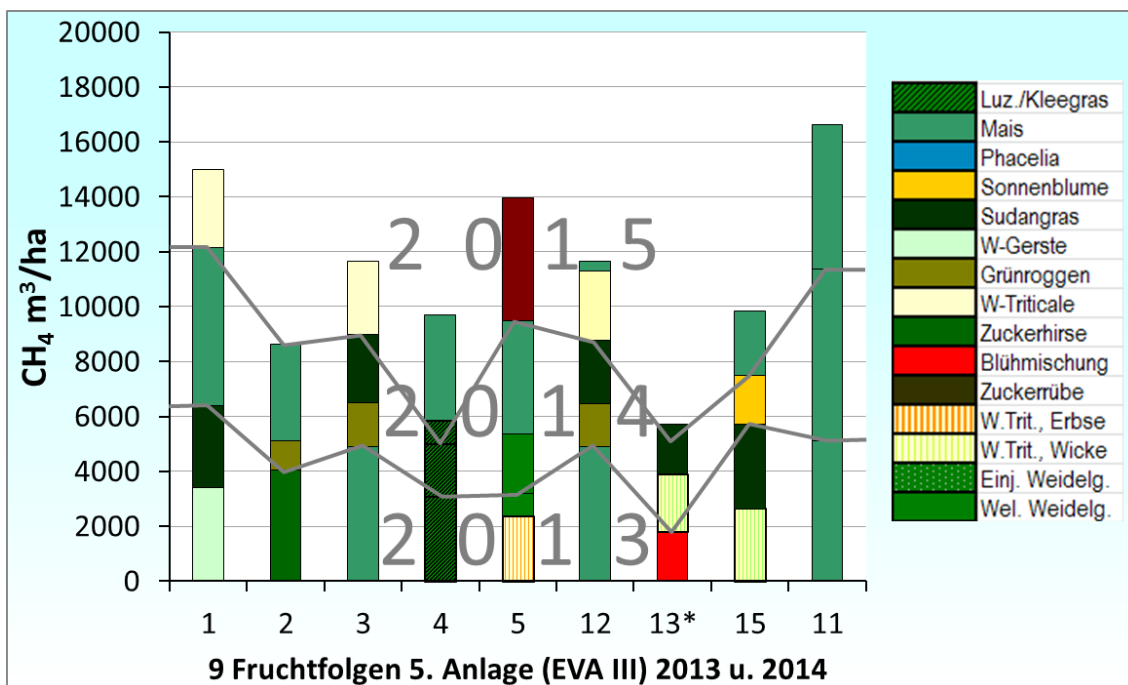


Abb. 3-5: CH₄-Erträge [m³/ha] im Grundversuch EVA III, 5. Anlage; 2013, 2014 und 2015
 Grauen Linien quer zu den Säulen = Grenzen der Jahreserträge

Tab. 3-7: CH₄-Erträge [m³/ha] im Grundversuch EVA III, 5. Anlage 2013, 2014 und 2015

FF	5. Anlage 2013		2014		2015		m ³ CH ₄ / Biogas- jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	
1	W-Gerste 3392	Sudangras 2996	Mais 5775		W-Triticale 2814	Phacelia -	4993
2	Zuckerhirse 4038		Grünrog. 1070	Mais 3528	W-Triticale 0		4318
3	Mais 4887		Grünrog. 1621	Sudangras 2466	W-Triticale 2665	Einj.Weidelg. 0	3880
4	Luz./Kleegr. 3067		Luz./Kleegr. 1931		Luz./Kleegr. 854	Mais 3852	3234
5	W.Trit. Erbsen 2366	Weidelgras 830	Weidelgras 2172	Mais 4099	Zuckerrüben 4478		4649
12	Mais 4882		Grünrog. 1569	Sudangras 2320	W-Triticale 2530	Einj.Weidelg. 336	3879
13	Blümmischg. 1787		Mais mit US 3310		Wicktriticale 2117	Sudangras 1796	3004
15	Wicktriticale 2632	Sudangras 3071	Sonnenbl. 1779		Mais mit US 2356		3279
11	Mais 5099		Mais 6251		Mais 5276		5542

kursiv: Kornnutzung

SoZF = Sommerzwischenfrucht

CH₄-Erträge 5. Anlage 2013 (Abb. 3-5, S. 33 und Tab. 3-7 oben):

Die höchsten Methanerträge liefern die Zweikulturnutzungen W.Gerste/Sudangras und Wicktriticale/Sudangras mit 6388 bzw. 5703 CH₄ m³/ha. Die Methanerträge 2013 von FF 3 und FF 12 und FF 11 mit alleiniger Hauptfrucht Mais erreichen ca. 5000 CH₄ m³/ha (4887 bis 5099). FF 4 Luzernegras und Erbsen-/Triticalegemenge + Zweitfrucht Weidelgras liegen bei 3067 bzw. 3196 CH₄ m³/ha. Zuckerhirse als Hauptfrucht kommt auf 4128 CH₄ m³/ha (FF 2). Den geringsten Methanertrag verzeichnet die Blümmischung (1787 CH₄ m³/ha, FF 15).

CH₄-Erträge 5. Anlage 2014 (Abb. 3-5, S. 33 und Tab. 3-7 oben):

Maximale Methanerträge erzielen im Jahr 2014 die FF 1 und 11 mit Mais als alleiniger Hauptfrucht (5775 bzw. 6251 CH₄ m³/ha). Ein gleiches Ertragsniveau ergibt die Zweikulturnutzung von Weidlichem Weidelgras mit Mais als Zweitkultur (6271 CH₄ m³/ha, FF 5).

Die CH₄-Erträge der anderen Zweikulturnutzungen – alle mit Grünroggen als Winterzwischenfrucht – teils mit Mais als Zweitfrucht (FF 2) teils mit Sudangras (FF 3, FF 12) sind mit 4598, 4087 bzw. 3889 CH₄ m³/ha berechnet. Mais mit Untersaat erreicht mit 3310 CH₄ m³/ha ein Ertragsniveau wie der langjährige Durchschnitt des Luzernegrases. Luzernegras erzielt aufgrund eines ungewöhnlich geringen Ertrags im Jahr 2014 nur 1931 CH₄ m³/ha. Für Sonnenblume weist Tab. 3-7 oben den geringsten Methanertrag mit 1779 CH₄ m³/ha aus.

CH₄-Erträge 5. Anlage 2015 (Abb. 3-5, S. 33 und Tab. 3-7 oben):

W.Triticale erzielt eine Methanhektarleistung von 2500 bis 2800 CH₄ m³/ha, Hauptfrucht-Mais liegt bei 5300 CH₄ m³/ha. Mais als Zweitfrucht nach einem Frühjahrschnitt von Luzernegras (850 CH₄ m³/ha) ist mit 3852 CH₄ m³/ha aufgeführt, und Mais mit Untersaat mit 2400 CH₄ m³/ha. Für Wicktriticale ist eine Leistung von 2100 CH₄ m³/ha angegeben und für das nachfolgende Sudangras 1800 CH₄ m³/ha. Die Zuckerrübe erzielt 4500 CH₄ m³/ha.

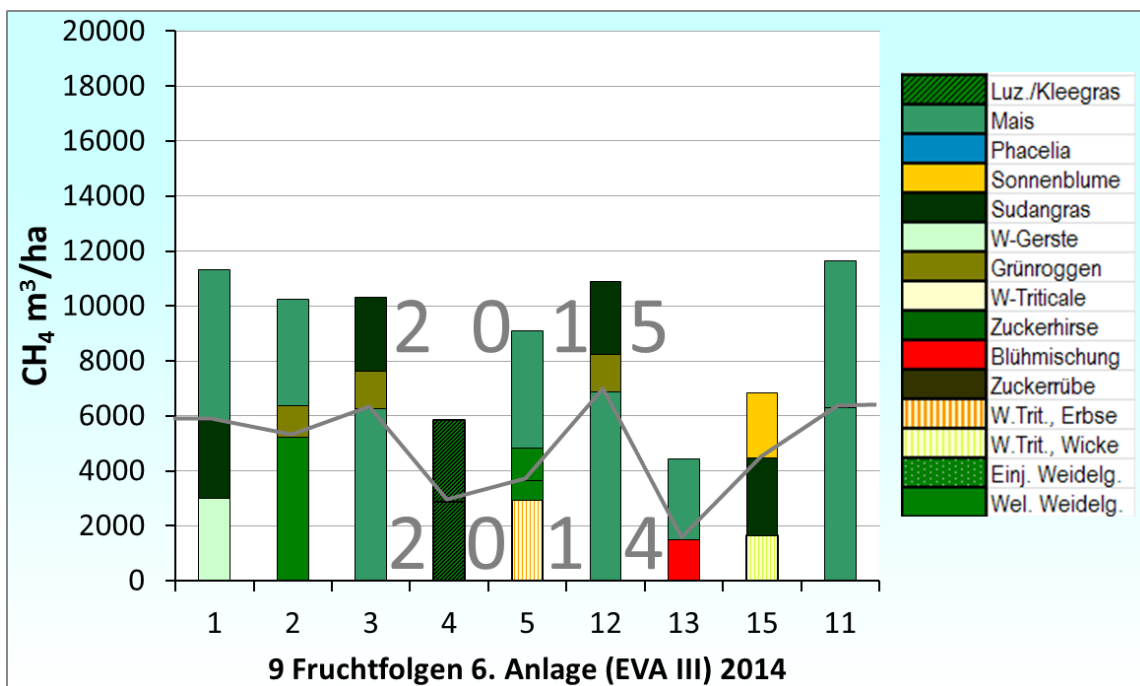


Abb. 3-6: CH₄-Erträge [m³/ha] im Grundversuch EVA III, 6. Anlage; 2014 und 2015

Tab. 3-8: CH₄-Erträge [m³/ha] im Grundversuch EVA III, 6. Anlage; 2014 und 2015

FF	6. Anlage 2014		2015		2016		m ³ CH ₄ /Biogas-jahr
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	
1	W-Gerste 3010	Sudangras 2835	Mais 5473		-	-	5659
2	Zuckerhirse 5237		Grünrog. 1132	Mais 3877	-	-	5123
3	Mais 6262		Grünrog. 1357	Sudangras 2691	-	-	5155
4	Luz./Kleegr. 2869		Luz./Kleegr. 2964		-	-	5833
5	W.Trit., Erbs. 2927	Weidelgras 718	Weidelgras 1183	Mais 4283	-	-	4556
12	Mais 6864		Grünrog. 1379	Sudangras 2629	-	-	5436
13	Blümmischg. 1483		Mais mit US 2934		-	-	2209
15	"Wicktrit." 1631	Sudangras 2825	Sonnenbl. 2382		-	-	3419
11	Mais 6291		Mais 5336		-	-	5814

6. Anlage FF 15 2014 Wickhafer kursiv: Kornnutzung

SoZF = Sommerzwischenfrucht

CH₄-Erträge 6. Anlage 2014 (Abb. 3-6, S. 35 und Tab. 3-8, S. 35):

(gleiche FF-Glieder wie 5. Anlage 2013)

Säulenverlauf und Säulenhöhe der 6. Anlage 2014 und der 5. Anlage 2013 sind sehr ähnlich. Die Methanerträge des Maises fallen 2014 höher aus als 2013, die der C3-Pflanzen W.Gerste (FF 1), Luzerne (FF 4) und Blümmischung (FF 13) geringer. Auch die FF mit Wicktriticale (FF 15) verzeichnet 2014 einen geringeren Methanertrag, der jedoch z. T. auf eine Nachsaat mit Wickhafer zurückzuführen ist (siehe Kap. 3.1.1 Die TM-Erträge im Grundversuch EVA III, S. 24). Eine Ausnahme bei den C3-Pflanzen macht das Erbsen-/Triticalegemenge (FF 5), das 2014 mit 2927 m³/ha einen um ca. 500 m³/ha höheren Methanertrag erzielt als 2013.

CH₄-Erträge 6. Anlage 2015 (Abb. 3-6, S. 35 und Tab. 3-8, S. 35):

(gleiche FF-Glieder wie 5. Anlage 2014)

Gravierend sind die Unterschiede im Vergleich der Methanerträge 2014 zu 2015 bei Luzerne-Klee gras, Weidelgras und Sonnenblume mit (+)42%, (-)46% und (+)34% - entsprechend den großen TM-Ertragsunterschieden zwischen den Jahren. Während bei Luzerne-Klee gras und Weidelgras die Unterschiede im Methanertrag in etwa den Unterschieden beim TM-Ertrag entsprechen (+)37 % und (-)40 %, bringen (+)52 % TM-Ertrag bei Sonnenblume nur (+)34% mehr Methanertrag.

Alle C4-Pflanzen in Zweitfruchtstellung bringen im Jahr 2015 verglichen mit 2014 einen 5 bis 13 % höheren Methanertrag.

3.1.6 CH₄-Erträge im Versuch Risikoabschätzung EVA III**CH₄-Erträge 3. und 4. Anlage 2013 Versuch Risikoabschätzung (Abb. 3-7 unten und Tab. 3-9, S. 37):**

Abb. 3-7 oben des Versuchs Risikoabschätzung enthält im Jahr 2013 in FF 2 für die 3. Anlage keinen Methanertrag, weil hier Triticale-Kor nnutzung vorliegt. Die Methanerträge von W.Triticale in FF 1 und 3 liegen mit knapp 4000 CH₄ m³/ha gleich auf.

Mais der FF 11 in der 3. Anlage des Versuchs Risikoabschätzung erzielt im Jahr 2013 einen ca. 17 % geringeren Ertrag als Mais in der 4. Anlage in FF 1 im selben Jahr (4600 zu 5500 CH₄ m³/ha).

Die Zweikulturnutzung von Grünroggen mit Mais (FF 2) liegt mit 5600 CH₄ m³/ha um ca. 1200 CH₄ m³/ha über der Zweikulturnutzung Grünroggen/Sudangras (FF 3).

CH₄-Erträge 3. und 4. Anlage 2014 Versuch Risikoabschätzung (Abb. 3-7 unten und Tab. 3-9, S. 37):

In der 3. Anlage steht 2014 als Biogaskultur nur Mais in FF 11 mit einem Biogasertrag von 5000 CH₄ m³/ha, der den Biogasertrag des Vorjahres in derselben FF um ca. 10 % übertrifft. In den FF 1 bis 3 ist 2014 W.Weizen zur Kor nnutzung an der Reihe.

Auch in der 4. Anlage kommt Kor nnutzung vor (FF 2 W.Triticale). In FF 1 und 3 liefern W.Triticale Methanerträge von 3900 bzw. 2700 CH₄ m³/ha. In FF 3 kommen 330 CH₄ m³/ha durch Weidelgras hinzu.

CH₄-Erträge 3. und 4. Anlage 2015 Versuch Risikoabschätzung (Abb. 3-7 unten und Tab. 3-9, S. 37):

Im Jahr 2015 fällt ein sehr hoher Methanertrag von Mais (7600 CH₄ m³/ha) in der 3. Anlage des Versuchs Risikoabschätzung auf. W.Gerste und Sudangras erzielen dort zusammen ca. 5400 CH₄ m³/ha. Die Zuckerhirse kommt auf ca. 4600 CH₄ m³/ha. In FF 11 steht W.Weizen zur Kor nnutzung. W.Weizen zur Kor nnutzung steht 2015 ebenfalls in allen drei FF 1 bis 3 der 4. Anlage.

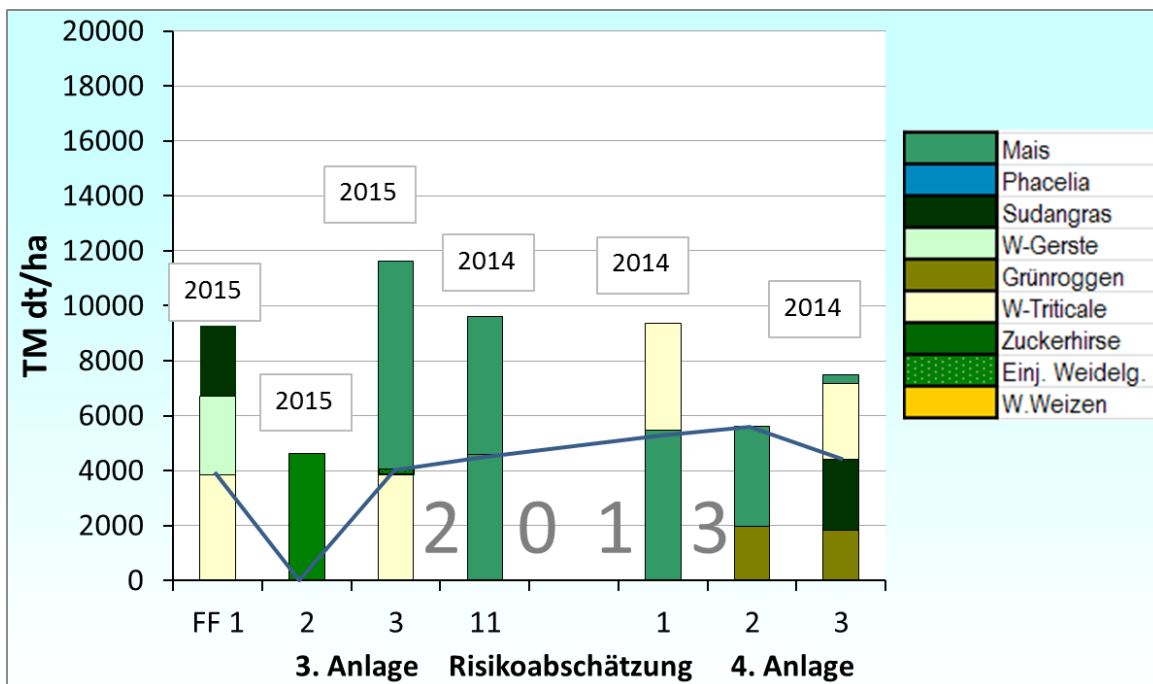


Abb. 3-7: CH₄-Erträge [m³/ha] 2013, 2014 und 2015 im Versuch Risikoabschätzung EVA III (3. und 4. Anlage).

Tab. 3-9: CH₄-Erträge [m³/ha] 2013, 2014 und 2015 im Versuch Risikoabschätzung EVA III (3. und 4. Anlage)

	2013		2014		2015		2016	
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF
FF	Risikoabschätzung, 3. Anlage							
1	W-Triticale 3862	Phacelia 0	W.Weizen 0		W.Gerste 2860	Sudangras 2552	-	-
2	W-Triticale 0	Stroh 0	W.Weizen 0		Zuckerhirse 4627		-	-
3	W-Triticale 3872	Einj. Weidelg. 191	W.Weizen 0		Mais 7560		-	-
11	Mais 4584		Mais 5016		W.Weizen 0		-	-
FF	Risikoabschätzung, 4. Anlage							
1	Mais 5462		W-Triticale 3901	Phacelia 0	W.Weizen 0		-	-
2	Grünrogg. 1959	Mais 3649	W-Triticale 0		W.Weizen 0		-	-
3	Grünrogg. 1821	Sudangras 2607	W-Triticale 2737	Einj. Weidelg. 339	W.Weizen 0		-	-

3.1.7 Diskussion der TM- und CH₄-Ergebnisse

Die CH₄-Erträge stehen in sehr engem Zusammenhang mit den TM-Erträgen. Die Zusammenhänge, Jahresunterschiede und Begründungen für die TM-Erträge und die CH₄-Erträge entsprechen einander deshalb weitestgehend. Nur in Ausnahmefällen, so bei Sonnenblume im Vergleich des Jahres 2014 mit 2015, weicht der Unterschied in der Ertragsleistung (TM dt/ha) sehr stark vom Unterschied in der Methanertragsleistung ab: Für den ca. 50 % höheren TM-Ertrag des Jahres 2015 im Vergleich mit 2014 errechnet sich mit der ATB-Biogasmatrix nur ein ca. 30 % höherer Methanertrag. Dies hängt mit der großen Differenz der TM%-Gehalte zwischen diesen beiden Jahren zusammen (2014 41 TM%, 2015 19 TM%).

Grundversuch

Im Jahr 2013 litt der Mais im Hauptfruchtanbau mit Saatzeit Ende April unter dem kühlen Mai. Die Zuckerhirsesaat für den Hauptfruchtanbau fand 2013 vier Wochen später statt als 2014. Dies erklärt die geringeren Erträge dieser beiden Kulturen 2013 (5. Anlage) im Vergleich mit dem Jahr 2014 (6. Anlage). Sudangras im Zweitfruchtanbau kam dagegen sowohl 2013 als auch 2014 ca. Mitte Juni zur Aussaat und die Erträge unterscheiden sich bei gleicher Fruchtfolgestellung zwischen den beiden Jahren kaum.

Im Jahr 2014 erzielten die Zweikulturnutzungen Grünroggen/Mais und Grünroggen/Sudangras in der 5. Anlage gleich hohe Erträge. Der Grünroggen-Ertrag vor Mais fällt geringer aus als der Grünroggen-Ertrag vor Sudangras. Die beiden Grünroggen-Fruchtfolgeglieder unterscheiden sich in ihren Vorfrüchten: Vor Grünroggen/Mais steht Zuckerhirse, vor Grünroggen/Zuckerhirse steht Mais. Möglicherweise deutet sich hier ein unterschiedlicher Vorfruchteffekt von Zuckerhirse (Sorghumarten) und Mais auf Grünroggen an. (Ergebnisse im Versuch Risikoabschätzung weisen ebenfalls in diese Richtung bei Vorfrucht Sudangras.) Unterschiedliche Saat- und/oder Erntezeitpunkte, die zu Ertragsunterschieden hätten führen können, liegen beim Grünroggen Ernte 2014 nicht vor. Zwar lieferte auch in EVA II der Grünroggen in der 3. und 4. Anlage nach Sorghumhirse-Vorfrucht (hier Sudangras) einen geringeren Ertrag als nach Vorfrucht Mais, doch fand in diesen Fällen die Grünroggenernte nach Sudangras 16 bzw. 8 Tage früher statt als nach Mais.

Für den vergleichsweise geringen Luzernegrasertrag deutlich unter 100 TM dt/ha in der 5. Anlage (2. Hauptnutzungsjahr) im Jahr 2014 liefern die Versuchsaufzeichnungen keine Erklärung. Das Luzernegras der benachbarten 6. Anlage (1. Hauptnutzungsjahr) erreicht im selben Jahr das bisherige Niveau von ca. 130 TM dt/ha. Dort, in der 6. Anlage, erzielt sowohl der 1. als auch der 2. Aufwuchs 60 % mehr Ertrag als in der 5. Anlage. Beim 3. und letzten Aufwuchs besteht kein Ertragsunterschied zwischen den beiden Anlagen mehr. In zwei der vier Wiederholungsparzellen in der 5. Anlage war kaum noch Luzerne vorhanden. Denkbar als Ursache des vergleichsweise geringen Luzernegrasertrags im 2. Hauptnutzungsjahr der 5. Anlage ist auch unzureichende Wasserversorgung. Dazu hätte einerseits das sehr trockene Frühjahr (bis Juni) beigetragen und zusätzlich die starke Ausschöpfung der Bodenwasservorräte durch den Luzernegrasanbau schon im vorausgegangenen Jahr 2013 (1. Hauptnutzungsjahr). Letzteres war beim Luzernegrasanbau der 6. Anlage nicht der Fall. Dort handelt es sich um das 1. Hauptnutzungsjahr. Dieses fand nach Winterweizen statt, der aufgrund geringerer Bodendurchwurzelung und Ernte schon am 01. August 2013 den Bodenwasservorrat erheblich weniger ausgeschöpft haben wird.

Im Fruchtfolgeglied „Mais mit Untersaat“ der Biodiversitäts-Fruchtfolge 13 (5. Anlage 2014) verhinderte die starke Trockenheit im Frühjahr 2014 einen raschen gleichmäßigen Aufgang der Mais-Untersaat. Schadhirschen konnten sich massiv ausbreiten. Evtl. hat die Sommerung (Blühmischung) des Vorjahres den Hirsedruck verstärkt. Von Wasserkonkurrenz mit der Folge verzögerter Maisentwicklung und geringerer Biomassebildung ist auszugehen.

Die Jahreswitterung 2014 benachteiligte ganz besonders Sommerungen mit früher Saat und kurzer Vegetationsperiode. Solche Pflanzenarten bekamen kaum Anschluss an die Winterfeuchte und hatten ihre Hauptbiomassebildung schon hinter sich, als im Juli reichlich Niederschlag einsetzte. Dies trifft auch für die Sonnenblume in der 5. Anlage in FF 15 zu. Nach Aussaat der Sonnenblu-

men am 14.04.2014 erfolgte die Ernte am 08.09.2014. Gemessen an der Pflanzenreife für die Biogasnutzung war dieser Termin jedoch sehr spät und durch die Witterung erzwungen. Entsprechend hoch fiel der TM-Gehalt mit 40 % aus. Die Sonnenblumenbestände waren von ihrer Saat bis Anfang Juli mangelhaft mit Wasser versorgt und ca. Mitte August erntereif.

Ende Juni 2014 zeigten die eingerollten Blätter der Maisbestände Trockenstress an. In der ertragsentscheidenden Phase Juli-August waren die Bestände jedoch reichlich mit Niederschlag versorgt; dazu lagen die Augusttemperaturen über dem Durchschnitt. Entsprechend hoch fielen auch die Trockenmasseerträge der Zuckerhirse aus, die mit dem Mais gleichzogen.

Die geringeren Erträge der Blütmischung 2014 und der „Wicktriticale“ 2014 im Vergleich mit 2013 sind nur z. T. der Trockenheit in den Monaten März, April, Mai und Juni geschuldet. Drei der Wicktriticale-Wiederholungen mussten im Frühjahr mit Wickhafer nachgesät werden, was Ertragseinbußen zur Folge hatte. Bei den Wicktriticale-FF-Gliedern dominierte die Wicke, auch als zum Ernte Jahr 2015 nur noch 8 kg/ha Winterwicke mit 110 kg/ha Triticale zur Aussaat kamen. Ein geringer Wickenanteil von ca. 1 – 3 kg/ha in Triticale-GPS könnte demnach ohne ökonomische Nachteile eine vergleichsweise deutliche Verbesserung der Biodiversität bringen.

Erbsen-/Triticalegemenge verzeichnet 2014 keinen Ertragsrückgang. Anders als für die Ernte 2013 war das Welsche Weidelgras für die Ernte 2014 schon als Untersaat in der Herbstsaat des Erbsen-/Triticalegemenges 2014 enthalten. Im Jahr 2013 musste sich das Weidelgras aus einer Stoppelsaat nach der Ernte des Erbsen-/Triticalegemenges entwickeln. Wegen des milden Winters 2013/2014 hatte sich das Welsche Weidelgras bis zur Ernte des Erbsen-/Triticalegemenges 2014 schon kräftig entwickelt und trug so unter Ausnutzung der Winterfeuchte maßgeblich zum Ertrag bei. Die Bonituren verzeichnen in allen 4 Wiederholungen Deckungsgrade des Welschen Weidelgrases von 50 % und darüber.

Abb. 2-3, S. 13 zeigt im Jahr 2015 für die Hauptvegetationsperiode des Getreides (Mai bis Juli) wie auch für die folgenden Monate eine gleichmäßige Wasserversorgung jedoch nahe der Trockengrenze. Die kann das etwas unterdurchschnittliche Ertragsniveau von W.Triticale Hauptfrucht in der 5. Anlage und von Mais in der 5. und 6. Anlage begründen. (W.Triticale Hauptfrucht EVA I + II TM 120 dt/ha, Mais Hauptfrucht 210 TM dt/ha EVA I + II, *LTZ Augustenberg-2014*). Luzerngras kommt trotz der trockenen Witterung auf ein durchschnittliches Ertragsniveau, weil am Lößstandort ein hoher Bodenwasservorrat erschließbar ist.

Mais mit Untersaat liefert einen geringeren Ertrag als im Vorjahr und wie dort einen erheblich geringeren Ertrag als Mais Hauptfrucht. Bedingt durch die Maissaattechnik mit Unterfußdüngung (zu flache Ablage) war der Mais zur Zeit der großen Trockenheit Mitte Juni offenbar noch nicht weit genug entwickelt, um sich die Wasservorräte tieferer Bodenschichten gut zu erschließen.

Die Untersaat als solche hat sich gut etabliert. Es herrschte jedoch starker Kamillendruck. Dieser scheint durch die Fruchtfolge bedingt zu sein. Besonders stark war der Kamillendruck in der 2. Anlage mit Vorfrucht Blütmischung. Die 1. Versuchsanlage mit Sonnenblumenvorfrucht zeigte geringen Kamillenbesatz.

Mit zunehmender Erfahrung hinsichtlich bester Stellung in der Fruchtfolge und weiteren Verbesserungen (Saatechnik, Maisdoppelreihen mit anderer Düngetechnik (Vorschlag A.Zürcher)) könnte diese Art Untersaat nach den bisherigen Erfahrungen einen guten Beitrag zur Erhöhung der Biodiversität in Maisfruchtfolgen leisten zugleich mit positivem Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit (Humusbilanz).

Im Vergleich zum Vorjahr 2014 fielen die Sonnenblumenenerträge trotz geringer Niederschläge 2015 hoch aus (88 zu 133 TM dt/ha). Die Trockentoleranz dieser C3-Pflanze ist demnach hoch. Mit extremer Trockenheit wie 2014 in den ersten Monaten der Vegetationsperiode kommt Mais jedoch deutlich besser zurecht. Bei Mais bleibt ein großes Ertragspotential auch bei Trockenheit lange erhalten und selbst im August fallende Niederschläge können noch ertragswirksam sein. Wegen der sehr trockenen Bedingungen über einen langen Zeitraum konnte die Zuckerrübe ihr Ertragspotential nicht ausschöpfen und blieb deutlich hinter der Maisleistung zurück.

Die hohen TM%-Gehalte des Maises bei früher Ernte Anfang September 2014 sprechen dafür, künftig etwas später reife Sorten zu verwenden, welche die Vegetationsperiode besser ausschöpfen könnten. Auch im Jahr 2014 erzielte Mais bei sehr früher Ernte Ende August TM%-Gehalte von 33 bis 36.

Diskussion Versuch Risikoabschätzung

Der Vergleich der Tritcaleerträge 2013 mit 2014 zwischen denselben Fruchtfolgegliedern zeigt einen deutlich geringeren Ertrag 2014 in FF 3. Der Ertrag fällt gleichermaßen auch geringer aus als der Tritcaleertrag von FF 1 im selben Jahr 2014. Von ca. Ende April bis Anfang Juni fiel jeweils eine Variante in den 4 Wiederholungsblöcken durch eine weniger kräftige Grünfärbung des Pflanzenbestandes auf. Es war die Variante mit Sudangras-Vorfrucht. In der Sommerzwischenfrucht (Weidelgras) nach dieser Tritcalevariante fanden sich teils dicht, teils schwächer Sudangraspflanzen. Der überaus milde Winter legt die Vermutung nahe, dass Sudangraswurzeln das Winterhalbjahr überlebten und in Folge auch während des Tritcaleaufwuchses aktiv waren. Wurzelkonkurrenz um Nährstoffe und Wasser können den geringeren Tritcaleertrag in FF 3 verursacht haben. Auch die Fähigkeit von Sorghumarten Wurzelexsudate gegen die Nitrifikation im Boden zu bilden (*Yiyong-2012*), sind als Mitursache denkbar. Solche Stoffe (BNI) könnten die Nitratbildung im Boden vermindert und damit das Massenwachstum der Tritcale gegenüber FF 1 reduziert haben.

2014 fällt in der 4. Anlage des Versuchs „Risikoabschätzung“ der unterdurchschnittliche Maisertrag im Vergleich mit dem Grundversuch auf. Einerseits war das Frühjahr 2014 bis einschließlich Juni sehr trocken, andererseits war aber von gut aufgefüllten Wasservorräten des tiefgründigen Bodens über das Winterhalbjahr auszugehen. Eine erste Prüfung der Bodendichte mittels einer handgeführten Bodensonde ergab Anfang September 2014 in der 3. Anlage eine lockere Struktur in 0 – 10 cm Tiefe, dichtere Lagerung in 10 – 20 cm Tiefe, dann wieder eine geringere Dichte und erneute eine starke Verdichtung in 35 – 40 cm Tiefe. Danach ließ sich die Bodensonde leicht bis zum Ende (90 cm Tiefe) einführen. Die Bodenstruktur in der 4. Anlage erscheint sehr ähnlich jedoch mit geringerem Verdichtungsgrad. Eine systematische Erkundung mit einem Penetrometer, die auch den Grundversuch einbezieht, könnte dazu beitragen, die Durchwurzelbarkeit des Bodens besser abzubilden und die gefundenen Ertragsunterschiede zuverlässiger zu begründen. Zu erwarten ist unter der Bodenverdichtung wie in der 3. Anlage (Versuch Risikoabschätzung) im trockenen Frühjahr 2014 eine nachteilig geringere Wasserversorgung der Pflanzen als im Grundversuch ohne diese starke Bodenverdichtung. Die starken Niederschläge im Juli und August konnten diesen Nachteil nicht mehr wettmachen. Möglicherweise war sogar eine geringere Sauerstoffversorgung des Wurzelraums durch Bodenverdichtung und starke Niederschläge nachteilig (Staunässe).

Erstaunt hat zunächst die sehr hohe Ertragsleistung des Maises 2015 (265 TM dt/ha) in der 3. Anlage mit starker Bodenverdichtung in 35 – 40 cm Tiefe. Wie Abb. 2-3, S. 13 zeigt, blieb 2015 eine sehr starke Trockenheit aus. Die Niederschläge waren, wenn auch gering, gleichmäßig über die Monate verteilt. Bei starken Niederschlägen ist am Standort durch die Verdichtung ein Wanneneffekt mit erheblicher Staunässe zu beobachten. Dieser Negativeffekt (Staunässe) konnte 2015 anders als im Jahr 2014 mit sehr hohen Niederschlägen im Juli und August nicht auftreten. Der vorher sog. Wanneneffekt hat in dieser besonderen Konstellation des Jahres 2015 evtl. das Niederschlagswasser im Hauptwurzelraum der Pflanzen gehalten und dessen sehr effiziente Nutzung durch die Pflanzen ermöglicht (30 mm in 2 Tagen Mitte Juli 2015). Ungehinderte Versickerung hätte das Niederschlagswasser für die Wurzeln schwerer erreichbar und wegen des höheren Anteils an Totwasser schlechter verfügbar gemacht.

3.2 Ergebnisse Ökonomische Auswertung Methode EVA III und Diskussion

Die DAKfL-Berechnung in EVA III ist gegenüber der Berechnung in EVA II in Teilen verändert: Statt der Entzugswerte und den zugehörigen Reinnährstoffpreisen in EVA II kommen in EVA III die konkreten, standortangepassten Düngermengen und tatsächlichen Düngemittelpreise zum Ansatz.

Anders als in EVA II fließen in EVA III der Gärrestanfall, dessen Düngewert und seine Ausbringungskosten in die DAKfL-Berechnungen ein.

An die Stelle der variablen Kosten eigener Trocknung bei Druschfrüchten in EVA II treten in EVA III die Kosten einer Lohntrocknung.

Die DAKfL-Ergebnisse in diesem Endbericht EVA III sind daher keine Fortsetzung der EVA-II-Ergebnisse, wie ein Vergleich von Abb. 3-9, unten mit Abb. 3-8, S. 42 veranschaulicht. Mittelwertbildungen und Mittelwertvergleiche aus DAKfL-Ergebnissen nach Methode EVA III und DAKfL-Ergebnissen nach Methode EVA II sind daher nicht sinnvoll möglich.

Die neue Berechnungsweise in EVA III bildet die tatsächlichen Kosten-/Leistungsverhältnisse besser den jeweiligen Standorten und ihren Versuchsanlagen entsprechend ab.

3.2.1 Vergleich der DAKfL-Berechnung nach EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse aus EVA I u. II)

Bei Kulturarten mit positiver DAKfL fällt diese unter der EVA-III-Methode mit Ausnahme von Triticale deutlich höher aus (Vergleich Abb. 3-8, unten mit Abb. 3-9, S. 43). Dies betrifft die Kulturen Mais, Zuckerhirse, Sudangras sowohl als Haupt- als auch als Zweitfrucht. So beträgt die DAKfL gemittelt zwischen Mais Hauptfrucht und Mais Zweitfrucht nach EVA-III-Methode 919 €/ha, nach EVA-II-Methode knapp 610 €/ha. Zuckerhirse als Zweitfrucht hat nach EVA-III-Methode eine DAKfL von 336, nach EVA-II-Methode 144 €/ha (immer Mittel zwischen Zuckerhirse nach W.Roggen und Zuckerhirse nach W. Triticale). Sudangras nach Wintergerste unterscheidet sich mit 279 €/ha zu 62 €/ha zwischen DAKfL nach EVA-III-Methode bzw. EVA-II-Methode.

Der Unterschied bei den Wintergetreidearten als Winterzwischenfrucht (W.Gerste, W.Roggen, W.Triticale) mit negativen DAKfL ist nicht stark ausgeprägt und nicht einheitlich gerichtet.

S.Gerste und Hafer bringen bei der EVA-III-Methode eine um 150 bis 200 €/ha geringere DAKfL. Die EVA-III-DAKfL fällt bei Sonnenblume weniger negativ aus (-361 €/ha zu -510 €/ha nach EVA-II-Methode).

Die extremsten Unterschiede bei den DAKfL bestehen bei Weidelgras als Sommerzwischenfrucht und bei Luzernegras. Von Weidelgras als Sommerzwischenfrucht beträgt die DAKfL (-)830 €/ha, von Luzernegras im Mittel bei einjährigem und zweijährigem Anbau knapp (-)800 €/ha. Mit EVA-II-Methode sind es (-)441 €/ha (Weidelgras) bzw. (-)109 €/ha (Luzernegras).

Auffällig ist außerdem die weitaus größere Streuung der DAKfL-Werte bei Berechnungen nach der EVA-III-Methode. Die Standardabweichungen zu den Leistungs- und Kostenpositionen haben gezeigt, dass diese größere DAKfL-Streuung hauptsächlich auf die größere Streuung der Düngerkosten nach EVA-III-Methode zurückgeht, bei Luzernegras und Weidelgras auch auf eine höhere Streuung bei den Erntekosten.

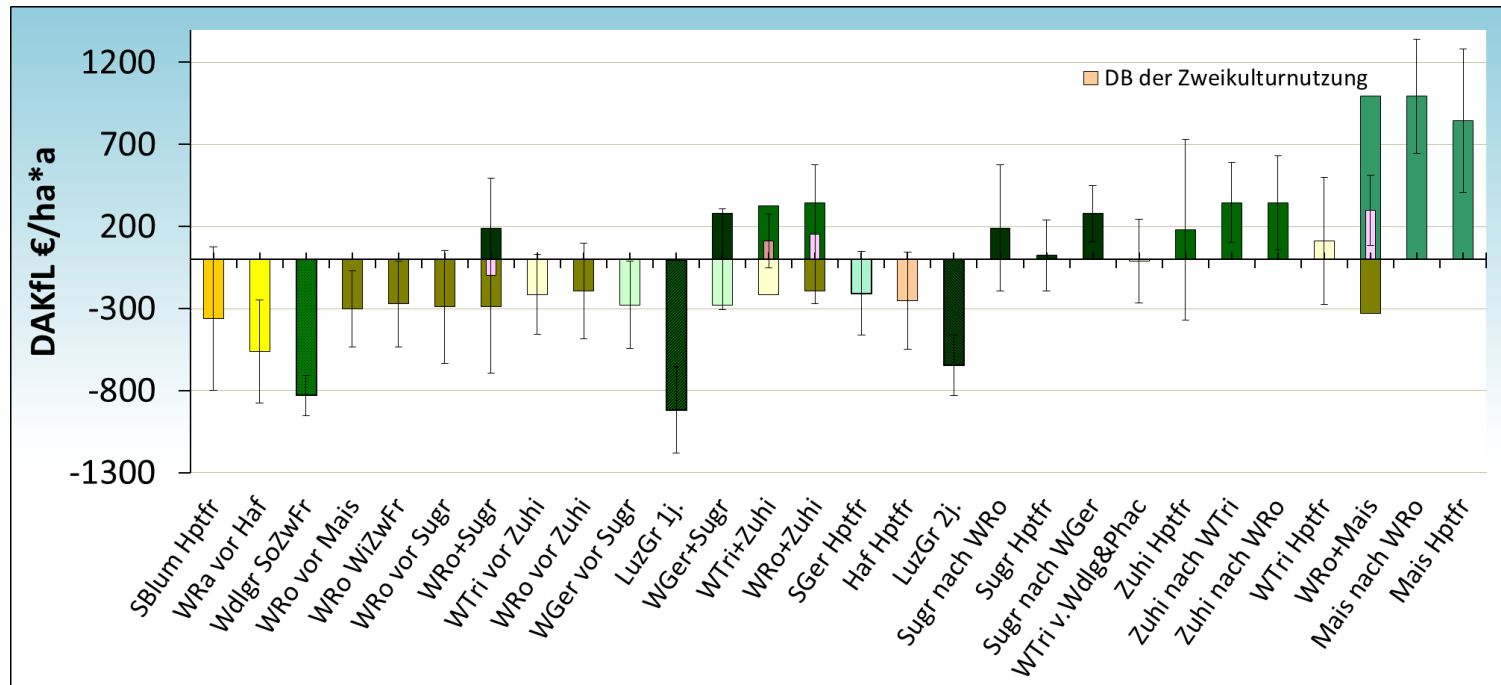


Abb. 3-8: DAKfL-Methode-EVA-III Mittelwerte aus EVA I und EVA II für Kulturarten und Kulturartkombinationen (mit Standardabw).

Tab. 3-10: DAKfL-Methode-EVA-III Mittelwerte aus EVA I und EVA II für Kulturarten und Kulturartkombinationen (mit Standardabw).

	SBlum Hptfr	WRa vor Haf	Wdlgr SoZwFr	WRo vor Mais	WRo WiZwFr	WRo vor Sugr	WRo+Sugr	WTri vor Zuhi	WRo vor Zuhi	WGer vor Sugr	LuzGr 1j.	WGer+Sugr	WTri+Zuhi	WRo+Zuhi	SGer Hptfr	Haf Hptfr	LuzGr 2j.	Sugr nach WRO	Sugr Hptfr	Sugr nach WGe	WTri v. Wdlg&Phac	Zuhi Hptfr	Zuhi nach WTri	Zuhi nach WRO	WTri Hptfr	WRo+Mais	Mais nach WRO	Mais Hptfr
DAKfL €/ha*Jahr	-361	-561	-830	-303	-272	-291	-99	-214	-193	-278	-916	1	112	152	-208	-253	-646	192	24	279	-12	180	326	346	113	664	994	844
STABW	437	314	125	232	261	344	594	242	293	266	264	307	162	423	255	297	186	385	215	171	255	552	245	287	386	214	348	437
Jahresernten	4	4	4	8	16	4	4	5	4	6	4	6	5	4	8	4	4	4	4	6	5	4	5	4	4	4	4	23

grau hinterlegt = Hauptfrüchte
 Eingerahmt: C4-Pflanzen in Zweitfruchtstellung mit Hauptfruchtcharakter

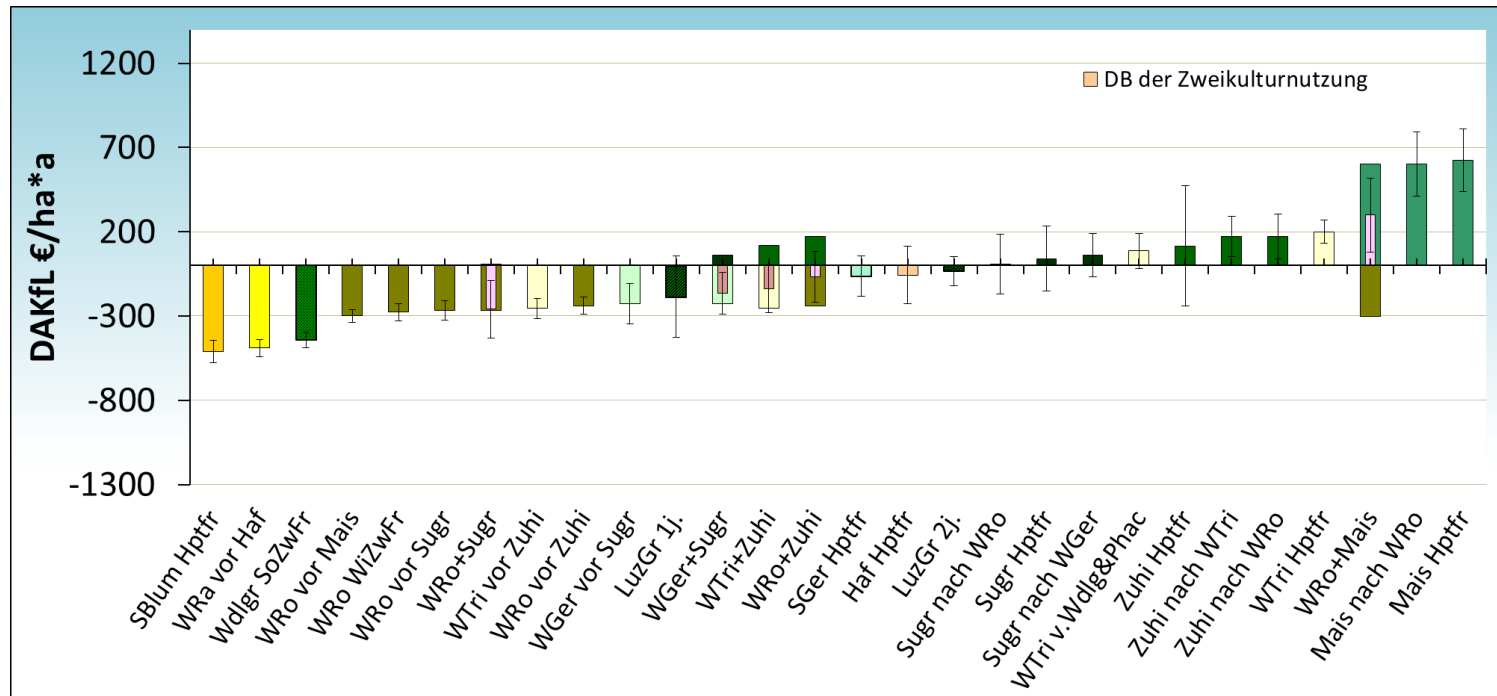


Abb. 3-9: DAKfL-Methode-EVA-II Mittelwerte aus EVA I und EVA II für Kulturarten und Kulturartkombinationen (mit Standardabw) (LTZ Augustenberg-2014).

Tab. 3-11: DAKfL-Methode-EVA-II Mittelwerte aus EVA I und EVA II für Kulturarten und Kulturartkombinationen (mit Standardabw) (LTZ-Augustenberg-2014)

	SBlum Hptfr	WRa vor Haf	Wdlgr SoZwFt	WRo vor Mais	WRo WiZwFt	WRo vor Sugr	WRo+Sugr	WTri vor Zuhi	WRo vor Zuhi	WGer vor Sugr	LuzGr 1j.	WGer+Sugr	WTri+Zuhi	WRo+Zuhi	SGer Hptfr	Haf Hptfr	LuzGr 2j.	Sugr nach WRo	Sugr Hptfr	Sugr nach WGe	WTri v. Wdlg&Phac	Zuhi Hptfr	Zuhi nach WTri	Zuhi nach WRo	WTri Hptfr	WRo+Mais	Mais nach WRo	Mais Hptfr
DB €/ha*Jahr	-510	-490	-441	-300	-276	-268	-259	-256	-239	-227	-186	-165	-139	-68	-63	-57	-32	9	41	62	87	116	117	171	199	299	602	625
STABW	68	52	47	38	51	58	170	58	52	118	241	122	142	151	120	172	86	177	194	129	105	358	119	134	69	220	190	185
Jahresernten	4	4	4	8	16	4	4	5	4	6	4	6	5	4	8	4	4	4	4	6	5	4	5	4	4	4	4	23

grau hinterlegt = Hauptfrüchte
 Eingeraht: C4-Pflanzen in Zweitfruchtstellung mit Hauptfruchtcharakter

3.2.2 DAKfL-Ergebnisse in EVA III

Tab. 3-12, S. 46 gibt die DAKfL der FF-Glieder in EVA III wieder, getrennt nach 5. und 6. Anlage.

5. Anlage In Tab. 3-12, S. 46 die Teiltabelle oben

Die ersten Plätze bei der DAKfL nimmt in der 5. Anlage Mais in alleiniger Hauptfruchtstellung mit 640 bis 830 €/ha ein. Dicht darauf folgt Zuckerhirse als alleinige Hauptfrucht mit 560 €/ha. Es schließt sich an Sudangras in Zweitfruchtstellung, das maximal 250 bis 360 €/ha erzielt (FF 1 und FF 15). In dieser Größenordnung liegt auch W.Gerste als Erstfrucht vor Sudangras mit 320 €/ha. In FF 3, 6 und 13 verzeichnet Sudangras in Zweitfruchtstellung ein Minus von (-)50, (-)130 €/ha bzw. (-)360 €/ha. W.Triticale/Erbse kommt in FF 5 auf 270 €/ha. W.Triticale-GPS als Hauptfrucht erreicht 80 bis 190 €/ha. Die nachfolgenden Zwischenfrüchte Phacelia und 2mal Weidelgras schlagen mit (-)430 bis (-)600 €/ha zu Buche (FF 1, 3, 12). Bei W.Triticale-Kornnutzung ergibt sich eine DAKfL von 80 €/ha (FF 2). Die Blümmischung in einer der Biodiversitätsfruchtfolgen (FF 13) kommt auf 70 €/ha. W.Roggen als Winterzwischenfrucht ergibt negative DAKfL zwischen (-)220 €/ha und (-)270 €/ha (FF 2, 3, 12). Negativ auch die DAKfL von W.Triticale/Wicke mit (-)120 €/ha in FF 13, positiv dagegen in FF 15 (340 €/ha).

Luzerne-Klee gras (FF 4) weist im 1. Hauptnutzungsjahr eine DAKfL von 44 €/ha auf, im vorausgehenden Ansaatjahr sind es (-)170 €/ha und im 2. Hauptnutzungsjahr (-)311 €/ha. Die letzte Nutzung im Folgejahr vor der Zweitfrucht Mais ist mit (-)290 €/ha angegeben, der folgende Zweitfrucht-Mais mit 270 €/ha. Auf gleichem Niveau liegt der Zweitfrucht-Mais nach Welschem Weidelgras in FF 5 mit 310 €/ha, und das vorausgehende Welschem Weidelgras brachte 200 €/ha im Jahr der Maisansaat; im Herbst davor (-)330 €/ha. Die Zuckerrübe in dieser FF 5 kommt auf 360 €/ha.

Mais als Zweitfrucht nach Grünroggen erzielt 140 €/ha (FF 2). Für den zweimal vorkommenden Mais mit Untersaat (Untersaat Blümmischung) ist eine DAKfL von (-)290 €/ha und (-)230 €/ha angegeben (FF 13 bzw FF 15).

Sonnenblume weist eine negative DAKfL von (-)740 €/ha auf und die nachfolgende, nicht für eine Nutzung vorgesehene Zwischenfrucht Buchweizen/Phacelia kostete 390 €/ha. So in etwa auch die Buchweizen/Phacelia-Zwischenfrucht zu Beginn der FF 13 ((-)330 €/ha. Für die mehreren Fruchtfolgen vorausgehende Senf-Zwischenfrucht sind (-)150 €/ha angegeben.

Die DAKfL-Mittelwerte je Jahr in Tab. 3-12, S. 46 in der letzten Spalte sind ohne die Zwischenfruchtwerte in der Spalte 0 berechnet. Die Farbgebung weist für die reine Mais-FF die höchste DAKfL aus (730 €/ha, dunkelgrün), gefolgt von FF 1 W.Gerste/Sudangras // Mais // W.Triticale/Phacelia (350 €/ha). Im positiven Leistungsbereich liegen außerdem FF 5 W.Tri.Erbse/Welsches Weidelgras // Welsches Weidelgras/Mais // Zuckerrübe mit 270 €/ha und FF 2 Zuckerhirse // W.Roggen/Mais // W.Triticale Korn mit 140 €/ha.

Eine schwach negative DAKfL ergibt sich für FF 3 Mais // W.Roggen/Sudangras // W.Triticale-GP/Einj.Weidelgras mit (-)40 €/ha und für FF 12 mit denselben FF-Gliedern jedoch bei um 25% reduzierter N-Düngung ((-)60 €/ha). Tiefer in den roten Zahlen stehen die FF 4 Luzernegras // Luzernegras // Luzernegras/Mais mit (-)150 €/ha, die Biodiversitäts-FF 13 Blümmischung // Mais mit Untersaat Blümmischung // W.Tri.Wicke/Sudangras mit ((-)210 €/ha) und die Biodiversität-FF 15 W.Tri.Wicke // Sonnenblume // Mais mit Untersaat Blümmischung mit ((-)220 €/ha).

6. Anlage Tab. 3-12, S. 46 Tabelle unten

Die 6. Anlage hat erst zwei der drei Biogasjahre durchlaufen.

Für den Hauptfruchtmais ohne Vorfrucht errechnen sich in der 6. Anlage sehr hohe DAKfL zwischen 1450 bis 1690 €/ha im ersten Biogasjahr der Fruchtfolgen (2014) (FF 3, 6 und 11). Auch

Zuckerhirse in FF 2 erzielt in diesem Jahr deutlich über 1000 €/ha (1260 €/ha). In allen genannten Fällen übertreffen diese DAKfL die Werte der 5. Anlage bei gleicher FF-Stellung (Jahr 2013) um mehr als das Doppelte. Im zweiten Biogasjahr kommt Maishauptfrucht (FF 1 und FF 11) in der 6. Anlage auf 800 und 1000 €/ha. Mit großem Abstand folgt Mais in Zweitfruchtstellung (320 €/ha, FF 2 und 510 €/ha, FF 5), der damit deutlich über den Vorjahreswerte in der 5. Anlage liegt (170 bzw. 310 €/ha, Jahr 2014). Sudangras-Zweitfrucht nach Hafer/Wickengemenge in FF 15 erreicht 280 €/ha und das W.Triticale/Erbsengemenge in FF 5 300 €/ha. Diese Werte unterscheiden sich vom Vorjahr in der 5. Anlage nicht sehr stark. Sudangras-Zweitfrucht nach W.Roggen in FF 3 und FF 12 weist jeweils eine DAKfL von 40 €/ha auf. FF 3 und FF 12 unterscheiden sich nur im N-Düngungsniveau (FF 12 (-)25 % N). Um 200 €/ha liegen die DAKfL von W.Gerste und Sudangras in der Zweikulturnutzung der FF 1 (180 und 220 €/ha), die beiden Hauptnutzungsjahre von Luzernnegras (230 und 180 €/ha, FF 4) und die Blümmischung in FF 13 (180 €/ha). Im Ansaatjahr liegen die Kosten für Luzernnegras wie in der 5. Anlage im Vorjahr bei ca. 200 €/ha (DAKfL (-)220 €/ha). An der Schwelle zu einer positiven DAKfL steht Mais mit Untersaat Blümmischung ((-)20 €/ha). Deutlich stärker negativ als im Vorjahr in der 5. Anlage fallen die DAKfL von W.Roggen als Erstfrucht in den FF 2, 3 und 12 aus ((-)440, (-)380 und (-)360 €/ha). Dies trifft auch für Welsches Weidelgras nach W.Triticale/Erbsengemenge in FF 5 zu ((-)510 €/ha, im Vorjahr (-)330 €/ha). Im Folgejahr erreicht das Welsche Weidelgras anders als im Vorjahr keine positive DAKfL ((-)130 €/ha).

Die Zwischenfrucht Buchweizen/Phacelia kostet etwa soviel wie im Vorjahr (DAKfL (-)380 FF 13 und (-)390 FF 15) in der 5. Anlage. Senf-Zwischenfrucht in der 6. Anlage ist mit einer DAKfL von ca. (-)250 €/ha ca. 100 €/ha teurer als im Vorjahr.

Bei der mittleren DAKfL aus zwei Biogasjahren setzt sich die reine Mais-FF 11 mit 1140 €/ha stark von allen anderen FF ab (letzte farbige Spalte in der Tabelle zur 6. Anlage Tab. 3-12, S. 46 unten). Auf einem Niveau von knapp 600 bis 700 €/ha bewegen sich die FF 1, 2, 3 und 6, die in den beiden bisher durchlaufenden Biogasjahren jeweils eine C4-Pflanze in Hauptfruchtstellung und eine C4-Pflanze in Zweitfruchtstellung beinhalten (700, 570, 560 bzw. 690 €/ha). Die FF 4 mit Luzernnegras // Luzernnegras, die FF 5 mit W.Triticale-Erbsengemenge/Welsches Weidelgras // Welsches Weidelgras/Mais und die Biodiversitäts-FF 13 mit Blümmischung // Mais mit Untersaat Blümmischung erzielen 100, 90 bzw. 80 €/ha. An der Schwelle zu einer positiven DAKfL steht die Bioversitäts-FF 15 mit (-)50 €/ha, die in den beiden betrachteten Jahren ihre Fruchtfolgeglieder Hafer-,Wickengemenge/Sudangras // Sonnenblume durchlaufen hat.

Tab. 3-14, S. 48 mit den Mittelwerten aus denjenigen zwei Biogasjahren, die für die 5. und 6. Anlage komplett vorliegen, zeigt eine ganz ähnliche Farbgebung (=DAKfL-Abstufung) wie die 6. Anlage alleine. Dies weist auf sehr ähnliche DAKfL-Relationen in der 5. wie in der 6. Anlage hin – trotz der sehr unterschiedlichen Witterung in den Versuchsjahren 2013 bis 2015.

Tab. 3-12: DAKfL der FF-Glieder FF 01 bis 09, 5. u. 6. Anlage EVA III (Werte gerundet)

DAKfL 05. Anlage (=01. Anlage EVA III)									
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6	DAKfL/a Ø 3 Jahre €/ha
Fruchtfolgen									
01	FA	-	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei	350
	Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	-	
	€/ha	-	320	250	730	190	-430	-	
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	-	140
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	-	-	
	€/ha	-150	560	-370	140	80	-	-	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	-40
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	
	€/ha	-150	650	-220	-50	80	-590	-	
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	-	-150
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	-	-	
	€/ha	-170	40	-310	-290	270	-	-	
05	FA	-	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei	270
	Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	-	
	€/ha	-	270	-330	200	310	360	-	
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	-60
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	
	€/ha	-150	640	-220	-130	120	-600	-	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	-	-230
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	-	
	€/ha	-330	70	-290	-120	-360	-	-	
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	-	-220
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	-	-	
	€/ha	340	360	-740	-390	-230	-	-	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	-	-	730
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	-	-	
	€/ha	-150	660	830	700	-	-	-	

DAKfL 06. Anlage (=02. Anlage EVA III)									
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6	DAKfL/a Ø 2 Jahre €/ha
Fruchtfolgen									
01	FA	-	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei	700
	Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	-	
	€/ha	-	180	220	1000	-	-	-	
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	-	570
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	-	-	
	€/ha	-250	1260	-440	320	-	-	-	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	560
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	
	€/ha	-240	1450	-380	40	-	-	-	
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	-	100
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	-	-	
	€/ha	-220	230	180	-	-	-	-	
05	FA	-	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei	90
	Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	-	
	€/ha	-	300	-510	-130	510	-	-	
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	690
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	
	€/ha	-240	1690	-360	40	-	-	-	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	-	80
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	-	
	€/ha	-380	180	-20	-	-	-	-	
08 (15)	FA	Haf.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	-	-50
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	-	-	
	€/ha	-110	280	130	-390	-	-	-	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	-	-	1140
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	-	-	-	
	€/ha	-260	1470	800	-	-	-	-	

Tab. 3-13: DAKfL der FF-Glieder FF 01 bis 09, Mittelwert 5. u. 6. Anlage EVA III (Werte gerundet)

DAKfL 05. Anlage (=01. Anlage EVA III)/ DAKfL 06. Anlage (=02. Anlage EVA III)									
Frucht- folgen	FF-Glieder	0	1	2	3	4	5	6	DAKfL/a Ø 2 Jahre €/ha
		01	FA	-	WGer	SuGr	Mais	WTrit		Phac	WWei	680
Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	-	
Ø €/ha			250	240	870	-	-	-	
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	-	370
Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	-	-	-	
Ø €/ha	-200	910	-410	230	-	-	-	-	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	370
Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	-	
Ø €/ha	-200	1050	-300	-10	-	-	-	-	
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	-	-70
Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	-	-	
Ø €/ha	-200	140	-70	-	-	-	-	-	
05	FA	-	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei	160
Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / RüKö	-	-	
Ø €/ha		290	-420	40	410	-	-	-	
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	420
Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	-	
Ø €/ha	-200	1170	-290	-50	-	-	-	-	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	-	-20
Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	-	
Ø €/ha	-360	130	-160	-	-	-	-	-	
08 (15)	FA	WTri.Wick*	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	-	-130
Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	-	-	
Ø €/ha	120	320	-310	-390	-	-	-	-	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	-	-	950
Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	-	-	-	
Ø €/ha	-210	1070	820	-	-	-	-	-	

* in der 5. Anlage Wtri.Wick, in der 6. Anlage Haf.Wick-Nachsaat

Versuch Risikoabschätzung 3. und 4. Anlage (manchmal auch 7. und 8. Anlage genannt)

3. Anlage

Mais erzielt in der 3. Anlage in FF 3 mit großem Abstand die höchste DAKfL (1590 €/ha). In der FF 11 ist die DAKfL des Maises nur wenig positiv (150 €/ha) oder sogar negativ ((-)100). Die Erklärung folgt in der Diskussion. Zuckerhirse in FF 2 erzielt 620 €/ha. In FF 1 und 3 erreicht W.Triticale-GPS 350 bzw. 300 €/ha. Für die Kornnutzungen von W.Weizen in den FF 1, 2 und 3 sind DAKfL von 130, (-)240 bzw. 50 €/ha ausgewiesen, für die Kornnutzung von W.Triticale 90 €/ha. In der Zweikulturnutzung der FF 1 kommt W.Gerste auf eine DAKfL von 30 €/ha, Sudangras auf 10 €/ha. Einjähriges Weidelgras als Zwischenfrucht, Phacelia-Zwischenfrucht und Senf-Zwischenfrucht verursachen Kosten von (-)950, (-)650 bzw. (-)100 €/ha.

4. Anlage

In der 4. Anlage rangiert W.Triticale in FF 1 mit einer DAKfL von 570 €/ha vor Mais (480 €/ha). Mais in FF 2 kommt auf lediglich 140 €/ha, Sudangras als Zweitkultur nach W.Roggen auf (-)80 €/ha. Die DAKfL von W.Weizen-Kornnutzung der FF 1, 2 und 3 fallen mit (-)250, 350 bzw. 180 €/ha sehr unterschiedlich aus. W.Triticale-Kornnutzung (FF 2) erzielt 260 €/ha, W.Triticale-GPS in FF 3 nur 180 €/ha und damit erheblich weniger als im selben Jahr in FF 1 (570 €/ha). Ca. gleichermaßen negativ sind die DAKfL von W.Roggen als Erstfrucht in den FF 2 und 3 mit (-)300 bzw. (-)340. Phacelia und Einjähriges Weidelgras als Zwischenfrucht gehen mit (-)420 bzw. (-)480 €/ha in die Tabelle ein.

Tab. 3-14: DAKfL der FF-Glieder FF 01 bis 03, Versuch Risikoabschätzung 3. u. 4. Anlage EVA III (Werte gerundet)

3. Anlage Risikoabschätzung DAKfL								
Fruchtfolgen		4	5	6	0	1	2	3
01	FA	WTrit	Phac	WWei		WGer	SuGr	Mais
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn		Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp
	€/ha	350	-650	130		30	10	-
02	FA	WTrit	WWei		Senf	ZHirse	WRog	Mais
	Stell.	Hf / Korn	Hf / Korn		StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp
	€/ha	90	-240		-100	620	-	-
03	FA	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais	WRog	SuGr
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp
	€/ha	300	-950	50	-100	1590	-	-
(09) 11	FA	Mais				WWei	Mais	Mais
	Stell.	Hf / Gp				Hf / Korn	Hf / Gp	Hf / Gp
	€/ha	150				140	-	-100

4. Anlage Risikoabschätzung DAKfL								
Fruchtfolgen		2	3	4	5	6	0	1
01	FA	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei		WGer
	Stell.	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn		Hf / Gp
	€/ha	-	480	570	-420	-260		-
02	FA	WRog	Mais	WTrit	WWei		Senf	ZHirse
	Stell.	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn		StS / Gd	Hf / Gp
	€/ha	-300	140	260	350		-	-
03	FA	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais
	Stell.	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	StS / Gd	Hf / Gp
	€/ha	-340	-80	180	-480	180	-	-

3.2.3 Diskussion DAKfL-Ergebnisse

Diskussion Kap. 3.2.2 DAKfL-Ergebnisse in EVA III, ab S. 44

Die einzelnen Leistungs- und Kostenpositionen zu jedem Fruchtfolgeglied in Tab. 3-14 oben enthalten die Tab. 6-20, S. 104 Tab. 6-36, S. 115 im Anhang.

Grundversuch

Mais nimmt in der 5. wie auch in der 6. Anlage bzgl. DAKfL eine Vorrangstellung ein. Die meist sehr viel höhere Mais-DAKfL in der 6. Anlage ist zum größten Teil eine Folge der höheren Erträge in dieser Anlage (2014, witterungsbedingt). Nicht unwesentlich haben dazu jedoch auch beträchtlich geringere Düngerkosten in der 6. Anlage beigetragen. Geringere Düngerkosten in der 6. Anlage sind ebenso der Hauptgrund, weshalb die Mais-DAKfL im zweiten Jahr der 5. und 6. Anlage in FF 1 (Spalte 2) gleich ausfallen trotz höherer Methanleistung in der 5. Anlage. In FF 1 lassen höhere Düngungs- und Erntekosten die DAKfL von Mais in der 5. Anlage trotz etwas höherer Methanleistung deutlich unter die Mais-DAKfL der 6. Anlage sinken.

FF 12 ist eine Wiederholung der FF 2 jedoch mit 25 % weniger N-Düngung. In der 6. Anlage fällt die Mais-DAKfL (Spalte 1) in der reduziert gedüngten Variante um 240 €/ha höher aus. Dieser Unterschied ist bedingt durch die höhere Methanleistung der reduziert gedüngten Variante (Maisertrag 21 TM dt/ha mehr). Im Jahr zuvor (5. Anlage) trat ein solch großer Unterschied nicht auf und auch nicht bei allen anderen FF-Gliedern.

Die höheren DAKfL des Zweitfrucht-Maises (FF 2 und 5) in der 6. Anlage gegenüber der 5. Anlage sind bedingt durch höhere Erträge und nicht durch Kostenunterschiede.

Mais mit Untersaat Blümmischung kommt in FF 13 vor (Spalte 2). In der 5. Anlage führen höhere Düngerkosten und höhere Erntekosten zu einer stärker negativen DAKfL als in der 6. Anlage, obwohl Metan- und Gärrestleistung in der 5. Anlage etwas höher sind.

Das erheblich schlechtere Abschneiden des Zweitfrucht-Maises in den FF 2, 4 und 5 im Vergleich mit Hauptfruchtmais haben nicht Kosten-, sondern Ertragsunterschiede verursacht.

Bei Zuckerhirse sind wie oben bei Mais für die höhere DAKfL in der 6. Anlage im Vergleich mit der 5. Anlage nicht nur der höhere Ertrag, sondern auch die geringeren Düngerkosten in der 6. Anlage ursächlich.

Bei Sudangras-Zweitfrucht verursachen die DAKfL-Unterschiede von der 5. zur 6. Anlage in FF 12 (= FF 3 um 25 % N rediziert) geringfügig gegenläufige Änderungen bei Methanleistung und Kosten.

Der Unterschied zwischen der 5. und 6. Anlage bei der vorausgehenden Wintergerste liegt im höheren TM-Ertrag begründet.

Etwas geringere Kosten und ein etwas höherer Ertrag verursachen die weniger negative DAKfL bei Erstfrucht W.Roggen vor Sudangras in FF 3 in der 5. Anlage (2015) im Vergleich mit der 6. Anlage (2016).

Dass Luzernegrass in der 5. Anlage (Spalte 1, 1. Hauptnutzungsjahr) 4x in der 6. Anlage aber nur 3x geerntet wurde, führt zu höheren Erntekosten und folglich zu einer geringeren DAKfL in der 5. Anlage. Ursache für die erheblich geringere DAKfL im zweiten Luzernegrassjahr der 5. Anlage im Vergleich mit der 6. Anlage ist der deutlich geringere TM-Ertrag.

Zusammenfassung der 5. und 6. Anlage

Nachdem beide Anlagen die ersten beiden der geplanten drei Biogasjahre durchlaufen haben, setzt sich die reine Mais-FF 11 mit einer mittleren jährlichen DAKfL von 950 €/ha stark von allen anderen Fruchtfolgen ab (Tab. 3-13, S. 47 (Mittelwert 5. u. 6. Anlage)). Eine mittlere jährliche DAKfL von 680 €/ha erzielt FF 1 in den ersten beiden Biogasjahren. FF 2, 3 und 12 folgen mit DAKfL um 400 €/ha. Alle diese Fruchtfolgen (außer FF 11, reine Maisfruchtfolge) beinhalten in den beiden bisher durchlaufenden Biogasjahren jeweils eine C4-Pflanze in Hauptfruchtstellung und eine C4-Pflanze in Zweitfruchtstellung. Positiv ist auch die DAKfL der FF 5 mit W.Triticale-Erbsengemenge / Welschem Weidelgras // Welschem Weidelgras / Mais mit 160 €/ha. In dieser FF 5 folgt im 3. Jahr Zuckerrübe, das die 6. Anlage aber noch nicht durchlaufen hat. An der Schwelle zu einer positiven DAKfL steht die Bioversitäts-FF 15 mit (-)20 €/ha.

Die FF 4 Luzernegrass // Luzernegrass, FF 5 W.Triticale-Erbsengemenge / Welsches Weidelgras // Welsches Weidelgras / Mais erzielt (-)70 €/ha und die Biodiversitäts-FF 13 Blümmischung // Mais mit Untersaat Blümmischung kommt auf (-)20 €/ha. Die DAKfL der Biodiversitäts-FF 15 mit Sonnenblume und Mais mit Untersaat Blümmischung ist mit (-)130 €/ha ausgewiesen.

Der Fruchtfolgevergleich mittels der letzten Mittelwertspalte (Tab. 3-13, S. 47 (Mittelwert 5. u. 6. Anlage)) hinkt insofern, als den Fruchtfolgen das letzte dritte Biogas-FF-Jahr fehlt. Dieses 3. Biogasjahr kann noch einen erheblichen Einfluss auf den FF-Mittelwert nehmen. Folgt beispielsweise im 3. Biogasjahr Zuckerrübe wie in FF 5, so ist von einer Erhöhung der mittleren DAKfL auszugehen, folgt Mais mit Untersaat Blümmischung wie in FF 15 von einer Verringerung. Auch W.Triticale als drittes FF-Glied verringert in den FF 1 bis 3 die mittlere DAKfL je Biogasjahr.

Für die Spalten 4 und 5 der 5. und 6. Anlage (Jahre 2015 und 2016) ist kein Anlagenvergleich möglich.

Versuch Risikoabschätzung

In der 3. Anlage des Versuchs Risikoabschätzung ist die hohe Mais-DAKfL in FF 3 durch einen sehr hohen Ertrag verursacht, die geringen teils sogar negativen Mais-DAKfL in FF 11 durch geringere TM-Erträge und sehr hohe Düngerkosten – im Falle der negativen Mais-DAKfL fast 1200 €/ha. Die vergleichsweise hohe DAKfL der Zuckerhirse von 620 €/ha liegt in der guten Ertragsleis-

tung begründet. Überdurchschnittliche DAKfL von W.Triticale-GPS in den FF 1 und 3 der 3. Anlage gehen einher mit überdurchschnittlichen Ertragsleistungen im Jahr 2013. Die Unterschiede bei W.Weizen-Kornnutzung mit teils positiven und negativen DAKfL haben ihre Ursache in den unterschiedlichen Kornertträgen. Obwohl W.Triticale bei den Kornnutzungen den höchsten Erlös aufweist (1390 €/ha) bleibt ihre DAKfL wegen höherer Düngerkosten hinter der besten W.Weizen-Kornvariante (Erlös 1280 €/ha) zurück (DAKfL W.Triticale Kornnutzung 90 €/ha, DAKfL W.Weizen-Kornnutzung in FF 1 (130 €/ha). Der geringeren DAKfL der Zweikulturnutzung W.Gerste/Sudangras in FF 1 im Vergleich mit dem Grundversuch liegt eine geringere Methan- und Gärrestleistung bei Sudangras zugrunde und bei W.Gerste im Vergleich mit der 5. Anlage des Grundversuchs ebenso und im Vergleich mit der 6. Anlage zusätzlich die höheren Düngerkosten. Während bei Senf-Zwischenfrucht nur Saatgut- und Arbeiterledigungskosten anfallen, bekommen Phacelia und Einjähriges Weidelgras auch gesplittete Düngerkosten zugeteilt. Bei Einjährigem Weidelgras schlagen außerdem noch Erntekosten zu Buche. Dies begründet die stark negativen DAKfL der beiden letztgenannten Zwischenfrüchte.

4. Anlage

Der DAKfL-Vorsprung von W.Triticale-GPS vor Mais (570 zu 480 €/ha) (FF 1) geht hauptsächlich auf die erheblich höher veranschlagten Düngerkosten bei Mais zurück (350 zu 930 €/ha).

Die Mais-DAKfL von lediglich 140 €/ha bei Zweitfrucht-Mais nach Erstfrucht W.Roggen (FF 2) ist auf den geringen TM-Ertrag von 123 TM dt/ha zurückzuführen. Aus diesem Grund erzielt auch Sudangras (105 TM dt/ha) bei einer ganz ähnlichen Kostenstruktur nur (-)80 €/ha. Der große DAKfL-Unterschied in der 4. Anlage bei Winterweizen Kornnutzung zwischen den FF 1, 2 und 3 ist nur zum kleinen Teil durch Ertragsunterschiede, zum größeren Teil durch die unterschiedlichen Grunddüngerkosten bedingt. Die Kostenstruktur von W.Triticale zur Kornnutzung in FF 2 entspricht in etwa der des W.Weizens zur Kornnutzung in derselben Fruchtfolge. Die etwas geringere DAKfL (260 €/ha zu 350 €/ha) verursacht der geringere Ertrag ((-)9 TM dt/ha). Die DAKfL-Überlegenheit von W.Triticale-GPS in FF 1 (570 €/ha) gegenüber W.Triticale-GPS in FF 3 (180 €/ha) liegt in einem höheren Ertrag begründet (+42 TM dt/ha).

Bei einer Methan- und Gärrestleistung von 880 und 840 €/ha für W.Roggen in den FF 2 und 3, sowie veranschlagten Kosten von ca. 550 €/ha für Dünger und ebensoviel für die Arbeiterledigung ergibt sich eine DAKfL von (-)300 bis (-)340 €/ha für diese Erstfrucht.

Wie schon in der 3. Anlage tragen zur negativen DAKfL von Phacelia und Einjährigem Weidelgras außer Saatgut- und Aussaatkosten die gesplitteten Düngerkosten und beim Weidelgras auch die Erntekosten bei.

Diskussion zu Kap. 3.2.1 Vergleich der DAKfL-Berechnung nach EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode ab S. 41 (Werte aus vollständigen FF EVA I und EVA II liegen zugrunde)

Abb. 3-10, S. 52 zeigen Leistungen, Kosten und DAKfL nach EVA-III- und EVA-II-Methode für Mais, Zuckerhirse und Sudangras im direkten Vergleich; Trotz deutlich höher veranschlagter Düngerkosten führt hauptsächlich die Gärrestleistung nach EVA-III-Methode zu einem etwas höheren DAKfL. Gleiches trifft zu auch bei Zuckerhirse. Bei Sudangras (Hauptfrucht) zehren die höher veranschlagten Düngerkosten die Gärrestleistung und andere kleinere Kostenvorteile vollständig auf. Der geringere DAKfL bei Wintertriticale-GPS (Hauptfrucht) trotz gegenüber EVA-II-Methode zusätzlich veranschlagter Gärrestleistung ist hauptsächlich auf die höheren Düngerkosten zurückzuführen Abb. 3-11, S. 53. Anders dagegen bei Luzernegras: Hier führen die nach EVA-III-Methode viel höher veranschlagten Erntekosten zu einer vergleichsweise stark negativen DAKfL. Geringere Erlöse aufgrund geringeren Marktpreises, höher veranschlagte Düngerkosten und höhere Kosten der Lohn Trocknung im Vergleich zu den variablen Kosten eigener Trocknung führen bei Winterweizen (Korn) zu einer erheblich geringeren DAKfL mit der EVA-III-Methode.

Im Anhang Abb. 6-1, S. 100 sind die Vergleiche für Zuckerhirse Zweitfrucht, Sudangras Zweitfrucht und Sonnenblume Ganzpflanze, in Abb. 6-2, S. 101 für W.Gerste vor Sudangras, Winterroggen Zwischenfrucht und W.Triticale Zwischenfrucht, und in Abb. 6-3, S. 102 für Mais Zweitfrucht, Körnermais und Zuckerrübe zu finden. Die Zuckerrübe hat inzwischen offenbar das Potential zu einer Maisalternative. Maßgeblich dazu beigetragen hat die Senkung der Reinigungskosten, die früher bei 10 €/t Frischmasse lagen und in EVA III mit 3 €/t Frischmasse veranschlagt werden konnten (eMail-Mitteilung Janine Müller, Justus Liebig-Universität Gießen vom 12.11.2015). Von besonderer Bedeutung ist bei einer Maisalternative Zuckerrübe der ganz andere Aspekt in der Landschaft. Nicht zuletzt weist die Zuckerrübe außerdem einen höheren Futterhabitindex und insbesondere einen höheren Brutvogelindex auf als Mais. Dies schlägt sich in FF 7 in EVA II gegenüber EVA I in einer Erhöhung des Futterhabitat- und Brutvogelindexes nieder, als Mais durch Zuckerrüben in dieser Fruchtfolge ersetzt wurde (Tab. 3-16, S. 63). Einer höheren Humuszehrung wäre mit Fruchtfolgemaßnahmen zu begegnen.

Die regionalisierte Berechnung beispielsweise mit den tatsächlichen Düngerkosten ist nützlich und wichtig für den Landwirt, der seine tatsächliche jährliche und mehrjährige DAKfL erfahren will. Eine regionalisierte Berechnung führt jedoch dazu, dass Fruchtfolgevergleiche vielfach nicht mehr sinnvoll möglich sind – nicht zwischen den Standorten und oft auch nicht mehr an ein und demselben Standort; wegen der Varianten-genauen Düngung manchmal auch nicht innerhalb derselben Versuchsanlage. Ein Beispiel hierfür liefern die DAKfL-Ergebnisse im Versuch Risikoabschätzung. Eine Hauptrolle spielen für die Nicht-Vergleichbarkeit der DAKfL die Grunddüngerkosten, die je nach Versuchsfläche schon am Standort erheblich verschieden sein können (z. B. 1. und 2. Anlage des Grundversuchs). Die Splittung der Grunddüngerkosten auf die gesamte Fruchtfolge bringt eine Verbesserung. Wenn jedoch die Grunddüngung gegen Ende der Fruchtfolge stattfindet, dann ist es nur noch möglich, die Kosten auf die verbleibenden FF-Glieder zu verteilen. Erhält die Fläche eine Grunddüngung zum letzten FF-Glied, dann bleiben die gesamten Grunddüngerkosten an diesem letzten FF-Glied hängen. Abhilfe könnte hier eine Splittung nicht auf die Fruchtfolge, sondern auf die vorgesehene Anzahl von Jahren bringen, für welche die Grunddüngung gedacht ist. Haben die DAKfL-Berechnungen Fruchtfolgevergleiche zum Ziel, dann wird die Düngerkostenberechnung auf Grundlage der Nährstoffentzüge (wie in EVA II) notwendig sein. Entsprechend liegen beispielsweise der Ökobilanz gleiche Betriebsmittel und Feld-Hof-Entfernungen zugrunde, um eine besser Vergleichbarkeit zwischen Fruchtfolgen und Standorten zu erzielen. Weiterführend ist die Anrechnung der Gärrestleistung bei der aktuellen Berechnungsweise in EVA III, weil die Zirkulation von Nährstoffen durch Gärrestrückführung gegenüber Marktfruchtanbau tatsächlich einen erheblichen Kostenvorteil bringt.

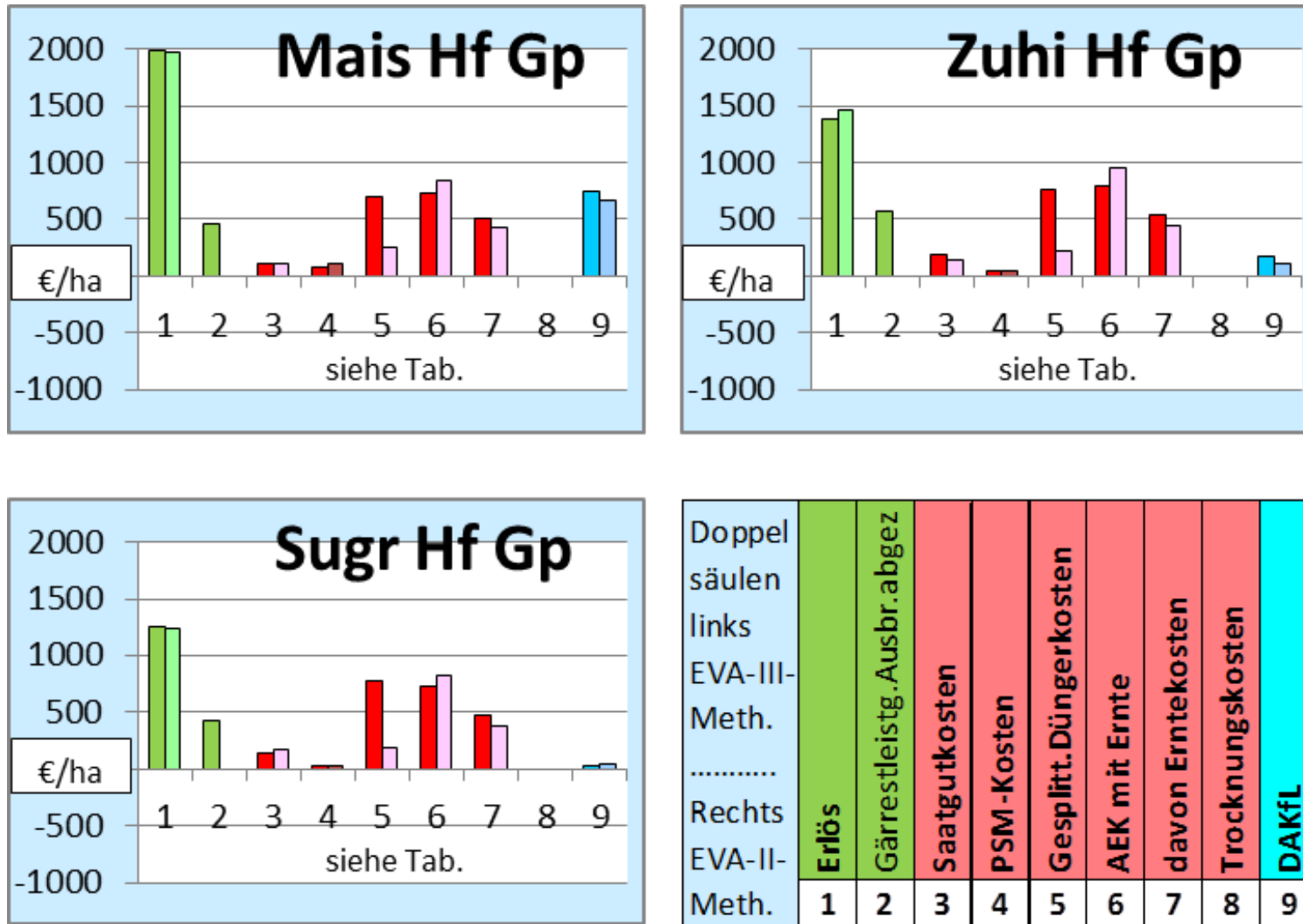


Abb. 3-10: Leistungen, Kosten und DAKfL (€/ha) von Mais, Zuckerhirse und Sudangras (Hauptfrucht Hf, Ganzpflanze (Gp) - Vergleich der Berechnungen EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II).

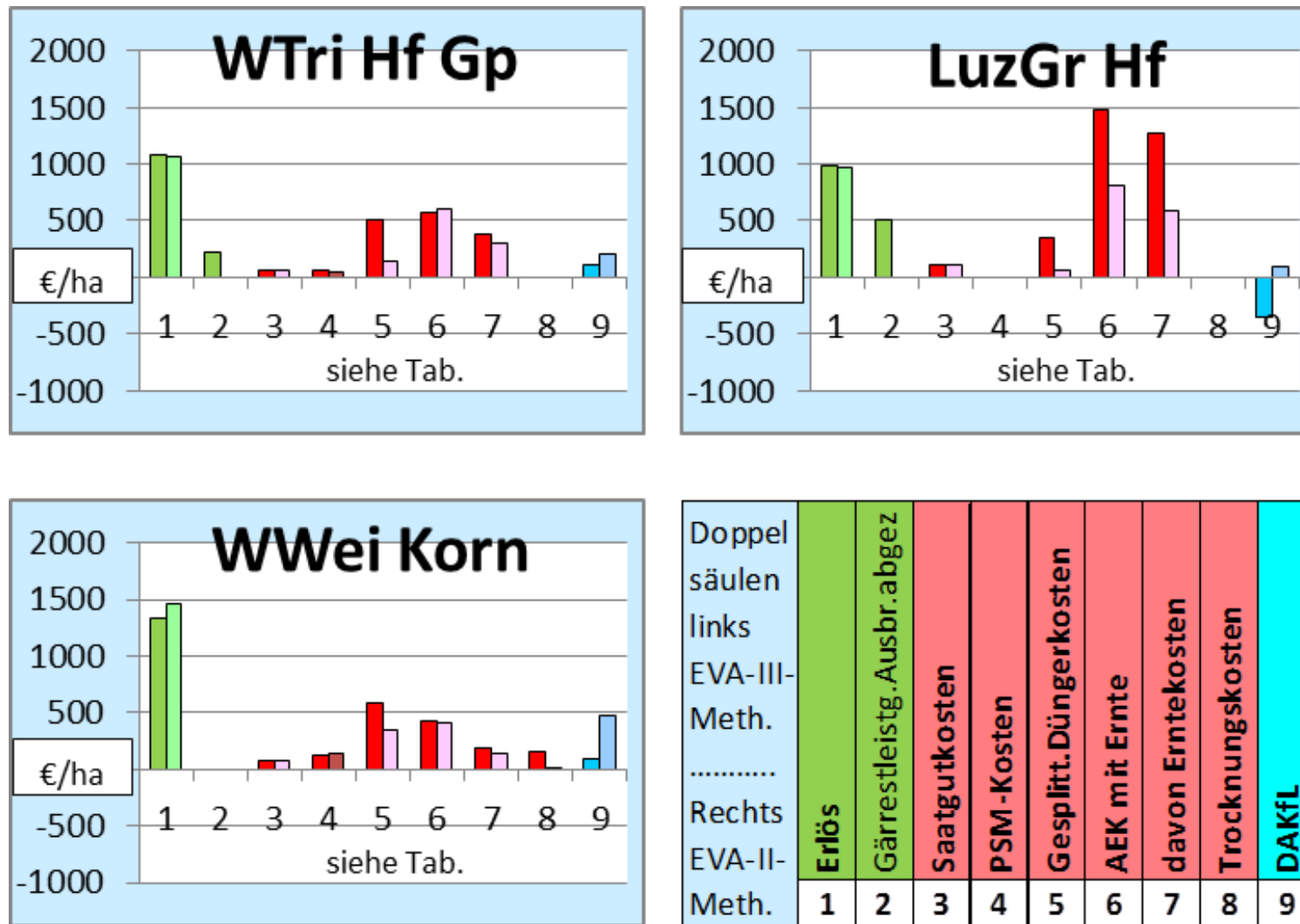


Abb. 3-11: Leistungen, Kosten und DAKfL (€/ha) von Wintertriticale-GPS, Luzerngras (ohne Ansaatjahr mit negativer DAKfL von Ø (-)436 €/ha) und Winterweizen (Korn) - Vergleich der Berechnungen nach EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II).

3.3 Ergebnisse Umweltindikatoren und Diskussionen

Für die noch nicht vollständig durchlaufenen Fruchtfolgen in EVA III können keine ökologischen Bewertungen vorliegen. Deshalb enthält der hier vorliegende Endbericht EVA III auf Wunsch der Projektkoordination die Ergebnisse aus den vollständig durchlaufenen Fruchtfolgen der EVA-Projektphasen I und II (Tab. 3-16, S. 63). Die hier sogenannten Umweltindikatoren behandelt ausführlicher der Endbericht zur EVA-II-Projektphase (*LTZ Augustenberg-2014*). (Die Fruchtfolgen der Projektphasen EVA I und II sind im Anhang dargestellt (Tab. 6-1, S. 68 und Tab. 6-2, ebenfalls S. 68).

Die hier sogenannten Umweltindikatoren (Humusbilanz, Wasserverbrauch, Wassernutzungseffizienz (WNE), N-Austrag, Nitratkonzentration im Sickerwasser, Treibhausgas (THG)-Emissionen (je erzeugte Energieeinheit oder Flächeneinheit), kumulierter Energieaufwand (KEA), Energy Return On Investment (EROI), Brutvogelindex und Futterhabitatindex) lieferte das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Münchenberg (*Daten aus dem EVA-Projekt TP2-2014*).

3.3.1 Ergebnisse Humusbilanzierung und Diskussion

Eine Übersicht der Humusbilanzen mit den „unteren Werten“ (*VDLUFA-2004 und VDLUFA-2014*) für die vollständig durchlaufenen Fruchtfolgen EVA I und II enthält Tab. 3-16, S. 63. Diese Humusbilanzen errechnen sich aus: *Humus-C Kultur (unterer Wert) + C aus Gründung, Stroh, Rübenblatt*. Eine etwaige Gärrestdüngung bleibt unberücksichtigt.

Tab. 3-15, unten und Abb. 3-12, S. 55 zeigen, wie sich die Bilanzen für neun Fruchtfolgen des Grundversuch EVA II zusammensetzen. Die Rückführung von Humus-C über Gründung, Stroh und Rübenblatt ist bei diesen Humusbilanzen berücksichtigt. Weitere Humusbilanzen mit voller Gärrestrückführung enthält *LTZ Augustenberg-2014*.

Tab. 3-15: Humusbilanzen der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2013	
1*	W-Gerste -180	Sudangras -420	Mais -560		W-Triticale -280	Phacelia 198	WW 140	-276
2	Sudangras -420		Grünrog. -80	Mais -560	W-Triticale 59	<i>Kornntzg.</i>	WW 118	-221
3	Mais -560		Grünrog. -80	Sudangras -420	W-Triticale -280	Einj.Weidelg. 100	WW 119	-280
5	S-Gerste -280	Luz./Kleegr. 200	Luz./Kleegr. 600		Luz./Kleegr. 600		WW 142	315
4	Hafer-SoMi -280		W-Triticale -280		W-Raps 91	<i>Kornntzg.</i>	WW 214	-64
6*	Zuckerhirse -420		W-Gerste -80	Sudangras -420	W-Raps -80	Mais -560	WW 83	-369
7*	Sonnenblume -280		W-Triticale -80	Zuckerhirse -420	Zuckerrüben -666		WW 79	-342
8	Mais (x)		Grünrog. -80	Mais (x) 374	Mais -560		WW 148	(x)
9*	Mais -560		Grünrog. -80	Zuckerhirse -420	Mais -560		WW 100	-380

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 Mais 2010 Wildschaden,

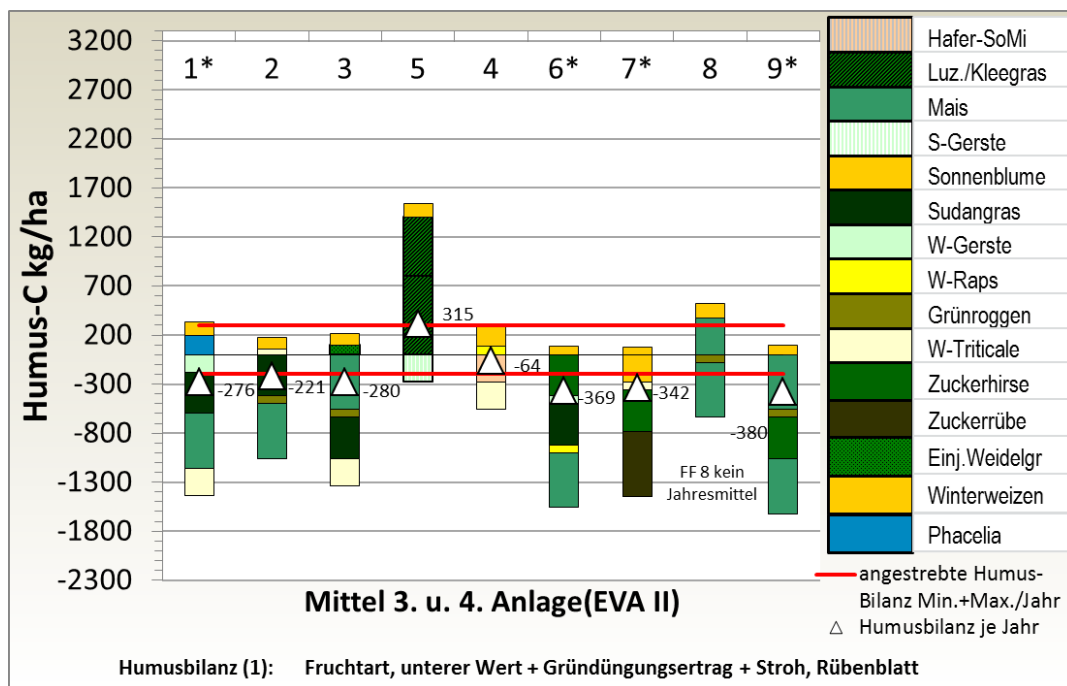


Abb. 3-12: Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)

Abb. 3-12, oben zeigt die Humusbilanzen der Fruchtfolgeglieder in EVA II als Mittel der 3. und 4. Anlage grafisch. Die jährliche Humusbilanz jeder Fruchtfolge, die sich daraus ergibt, ist dort mit einem weißen Dreieck markiert. Deutlich heben sich die FF 4 und 5 durch gering negative oder positive Humusbilanz von den übrigen sieben FF ab. Nur die FF 4 (-64 kg Humus C/ha*a) weist eine Humusbilanz innerhalb des tolerierbaren Bereichs von (-)200 bis (+)300 kg Humus C/ha*a auf (VDLUF A-2004). In FF 4 leisten W.Raps- und W.Weizenanbau durch Strohrückstände einen positiven Beitrag zur Humusbilanz. Die Bilanz der anderen beiden FF-Glieder Hafer und Triticale ist nicht stark negativ. Damit fällt die Gesamtbilanz von FF 4 nur schwach negativ aus (-64 kg Humus-C/ha*a). FF 5 erzielt eine hohe jährliche Humusbilanz von 315 kg Humus-C/ha hauptsächlich durch zweijährigen Luzernegrasanbau in der vierjährigen Fruchtfolge. Für FF 8 ist keine Humusbilanz-Mittel in EVA II ausgewiesen, weil das erste Fruchtfolgeglied in einer der beiden Anlagen durch Wild Schaden nahm. In EVA I (Tab. 3-16, S. 63) verfehlt FF 8 mit (-)206 knapp den o. g. Toleranzbereich. Außer W.Weizenstroh liefert in dieser Fruchtfolge auch Maisstroh einen positiven Beitrag zur Humusbilanz. Dieses Körnermaisstroh in FF 8 mindert deutlich die stark negative Humusbilanz durch dreimaligen Maisanbau. Die anderen Regionalfruchtfolgen 6, 7 und 9 liefern die negativsten jährlichen Humusbilanzen aller FF mit (-)369, (-)342 und (-)380 kg Humus-C/ha*a. In Fruchtfolge 9 schlagen zweimal Mais und einmal Zuckerhirse stark negativ zu Buche, in FF 6 sind es Zuckerrübe und Sudangras. Der positive Strohbeitrag zur Humusbilanz fällt – wie bei allen Fruchtfolgen – vergleichsweise gering aus. In den Fruchtfolgen 1 bis 3 liefern außer W.Weizenstroh die Phacelia-Gründung, das Triticalestroh und die Weidelgras-Gründung 198, 59 bzw. 100 kg Humus-C/ha*a für die jeweilige Fruchtfolge. Eine Berechnung der Humusbilanzen mit den mittleren Werten des aktuellen VDLUF A-Standpunkts (VDLUF A-2014), hätte dort, wo humuszehrende Pflanzen dominieren, noch erhebliche größere Humusbilanz-Defizite zur Folge

3.3.1.1 Diskussion Humusbilanz

Dort, wo der Gesetzgeber die VDLUF A-Methode als Maßstab für die Humuswirkung der Landwirtschaft heranzieht, kommen die dort sogenannten „unteren Werte“ zum Ansatz. Bei humuszehrenden Pflanzenarten geben diese Werte eine geringere Humuszehrung an als die sogenann-

ten „oberen Werte“. Welche der beiden Wertekategorien tatsächlich zutreffen, hängt von vielen Faktoren des Standorts und der Bewirtschaftung ab. Kap. 3.3.1, S. 54 stellt die Humusbilanz-Ergebnisse für EVA II mit den „unteren Werten“ als Humusbilanz (1) vor. Der Humuszehrung entgegen wirken bei dieser Bilanzierung nur die Erntereste wie Stroh und Rübenblatt oder Gründüngung. Wenn eine Fruchtfolge im Fruchtfolgeversuch aus hohen Anteilen sehr ertragsstarker Fruchtfolgeglieder besteht, sinkt die Humusbilanz dieser Fruchtfolge unter die Toleranzgrenze von (-)200 kg Humus-C/ha*a. Der Humusvorrat der Böden nähme demnach langfristig ab. Mit der sehr hohen Ertragsleistung von Kulturen oder Zweifruktkombinationen geht deren lang währende Vegetationsdauer einher. Zeitspannen für den Anbau humusmehrender Pflanzen noch im Erntejahr sind somit kaum vorhanden. Anders gestalten sich die Bilanzverhältnisse, wenn die Gärreste dieser Pflanzen auf die Flächen zurückkommen. Ertragsstarken Pflanzenarten können entsprechend ihrer hohen Biomasseproduktion erhebliche Humusmengen zurückliefern. Dasselbe gilt für ertragsschwächere Pflanzenarten mit geringerer Biogasausbeute (z. B. Sonnenblume).

Oft ist eine 100%-Rückführung von Gärresten nicht möglich. Ein hoher Versorgungsgrad der Böden mit Phosphor und Kalium schließt dies beispielsweise aus. Die Gärrestgaben dürfen nicht zu einer Überversorgung mit diesen Nährstoffen führen und sind entsprechend zu reduzieren. Mais, als stark humuszehrend eingestuft, erhält vielfach eine P-Unterfußdüngung. Dies schränkt oftmals gerade dort, wo ein hoher Gärrestbedarf unter dem Aspekt Humusbilanz besteht, die Gärrestdüngung ein. Auch hat eine bedarfsgerechte Gärrestdüngung den N-Bedarf der Pflanzen und N-Nachlieferungspotenziale des Bodens vorrangig zu berücksichtigen. Sie kann erst in zweiter Linie einer ausgeglichenen Humusbilanz dienen.

Außer Gärrestdüngung beeinflusst eine weite Biogasfruchtfolge mit höheren Anteilen an Druschfrüchten die Humusbilanz positiv, sofern die Erntereste auf dem Feld verbleiben.

Eine überaus positive Humusbilanz weisen die Jahre mit Luzernegras auf. In den EVA I und II Fruchtfolgen dauert der Luzernegrasanbau je Fruchtfolgezyklus zwei Jahre. Denkbar ist auch ein einjähriger Anbau in jedem 7. Jahr, eingeleitet mit Untersaat und beendet mit Frühjahrsumbruch im übernächsten Jahr. Dadurch lässt sich eine annähernd 2-jährige Bodenruhe erreichen, die sich über zwei Winterhalbjahre erstreckt. Liefert dieser Luzernegrasanbau 1400 kg Humus-C/ha*a inklusive Humus-C im Gärrest des Aufwuchses, dann stehen rechnerisch für jedes der 6 Jahre ohne Luzernegrasanbau ca. 230 kg Humus-C/ha zur Aufbesserung der Humusbilanz zur Verfügung. Ein entsprechender einjähriger Luzernegras- oder Grasanbau ließe sich mit der Bodenbedeckung über zwei Winterhalbjahre hinweg auch für den Grundwasser- und Erosionsschutz vorteilhaft gestalten. Handelte es sich um eine 7-jährige Fruchtfolge, entsprächen die beiden Winterhalbjahre vor und nach dem Luzerne-Hauptnutzungsjahr knapp 30 % der Winterhalbjahre dieser Fruchtfolge.

Für eine einzelbetriebliche oder schlagbezogene Humusbilanz muss eine Bilanzierung in der Regel entweder mit den oberen, mittleren oder unteren Werten nach *VDLUFA-2014* erfolgen. So können beispielsweise kulturartspezifische Bewirtschaftungsweisen oder wechselnde Bodenverhältnisse Anlass geben, je nach Kulturart oder Schlag untere und obere Werte innerhalb einer Fruchtfolgebilanzierung anzusetzen. Auch mittlere Werte sind denkbar. Umstellungen bei der Bodenbearbeitung können Anpassungen der Bewertungen erfordern. Bei extremen Verfahren wie beispielsweise Direktsaat sind die *VDLUFA*-Werte evtl. nicht anwendbar.

In vielen Fruchtfolgen kommen sowohl Kulturarten mit positiver als auch mit negativer Humusbilanz vor. Bei einer Humusbilanzierung mit den unteren Werten gehen humuszehrende Kulturen mit ihrer geringsten Humuszehrung in die Bilanz ein (= maximal positiv), humusmehrende Pflanzen mit ihrer geringsten Humusbildung (= maximal negativ). Wenn eine Fruchtfolge sowohl humuszehrende als auch humusmehrende Fruchtfolgeglieder enthält, lassen sich positivste und negativste Ver-

hältnisse nicht darstellen, wenn eine Rechnung entweder nur mit den unteren oder nur mit den oberen Werten nach *VDLUFA-2004* erfolgt. Sind Klima, Boden und Bewirtschaftung für eine maximale Humusbilanz geeignet, dann müssten für humuszehrende Kulturen bei einer Humusbilanzierung nach *VDLUFA-2004* die unteren Werte einfließen, für humusmehrende Pflanzen jedoch die oberen Werte. Ist die Situation für die Humusbildung durchaus negativ, sind für eine Bilanzierung bei den humuszehrenden Kulturen in der Fruchtfolge die oberen Werte anzusetzen, bei den humusmehrenden Pflanzenarten jedoch die unteren Werte.

Biomasse, die auf dem Feld verbleibt, bietet während des Abbaus bis zum Stadium des Dauerhumus Makro- und Mikroorganismen Nahrung. Die Nahrungsmenge (Nährhumus) beträgt ein Vielfaches des schließlich übrig bleibenden Dauerhumus. Dauerhumus, ebenfalls noch im Um- und Abbau begriffen, hat diese Nahrungsbedeutung nicht mehr. Die sog. Lebendverbauung von Bodensubstanz mit Bildung stabiler Krümelgefüge, die Makro- und Mikrodurchporung des Bodens hängen entscheidend von Menge, Qualität und Verteilung pflanzlicher Biomasse als Nahrungsquelle für Bodenorganismen ab – mit allen Folgen für Infiltration, Durchlüftung, Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit usw.. Diese Vorgeschichte der bilanzierten Humusmengen kann eine reine Humusbilanzierung nicht berücksichtigen, begründet aber einen wesentlichen Wertunterschied zwischen der Pflanzenmasse, die im Boden verrottet und einer Pflanzenmasse, die ihren Zersetzungsprozess andernorts durchlaufen hat.

3.3.2 Ergebnisse Wasser- und Stickstoffhaushalt und Diskussion

Der Wasserverbrauch der Fruchtfolgen, berechnet aus den Wasserverbräuchen der FF-Glieder jeweils von der Saat bis zur Ernte, beträgt im Mittel von EVA I und EVA II 430 mm/a. Die Mais/Körnermais-FF 8/EVA I mit dem höchsten Wasserverbrauch liegt 50 mm darüber. FF 2/EVA II mit zweimal Getreide-Kornnutzung weist den geringsten Wasserverbrauch auf, der 40 mm unter dem Mittelwert von 430 mm/a liegt (Tab. 3-16, S. 63). Damit beläuft sich der mittlere modellierte Wasserverbrauch grob auf $430 \text{ mm/a} \pm 10 \%$ für die berechneten FF in EVA I und II. Für Modellierungen der FF 7 mit Sonnenblume waren die Programmparameter noch nicht verfügbar. Der Unterschied im Wasserverbrauch während der Vegetationszeit zwischen EVA I und EVA II ist gering (436 bzw. 424 mm/a).

Wesentlich stärker als der Wasserverbrauch schwankt die Wassernutzungseffizienz (WNE) in $\text{TM kg/ha}^*\text{mm}$; sowohl zwischen EVA I und EVA II, als auch insbesondere zwischen den Fruchtfolgen. Der Gesamt-Mittelwert beträgt $30 \text{ kg TM/ha}^*\text{mm}$, der Mittelwert für EVA I $28 \text{ kg TM/ha}^*\text{mm}$ und für EVA II $32 \text{ kg TM/ha}^*\text{a}$. Die WNE liegt mit Ausnahme der Mais/Körnermais-FF 8 bei allen berechneten FF in EVA II höher, bei FF 9 deutlicher als bei den FF 1 bis 5 und besonders deutlich bei FF 6. Die WNE dieser FF 6 erreicht in EVA II das höchste Niveau aller FF mit $43 \text{ kg TM/ha}^*\text{a}$. Eine deutlich geringere WNE als bei den übrigen FF liegt bei der Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II) und bei der Getreide-Rapskorn-FF 5 (4 in EVA II) vor. Am Ende bzgl. WNE steht die Getreide-Rapskorn-FF/EVA I mit $17 \text{ kg TM/ha}^*\text{a}$. Damit beträgt die Schwankungsbreite der WNE bei einem Mittelwert von ca. $30 \text{ kg TM/ha}^*\text{a} \pm 40 \%$.

Im Mittel der acht berechneten FF in EVA I und II fallen 225 mm Sickerwasser an. Maximal sind es 266 mm in FF 1/EVA II; die geringste Sickerwassermenge ergeben die Berechnungen bei der Mais/Körnermais-FF 8/EVA II mit 169 mm. Grob gerundet schwanken die Sickerwassermengen somit $\pm 20 \%$ um den Mittelwert. Vergleichsweise hohe Sickerwassermengen verzeichnet die Getreide-Rapskorn-FF 5/EVA I, die in EVA II die FF-Nr. 4 erhalten hat (258 bzw. 255 mm) und die FF 1 in EVA I und II. Geringe Sickerwassermengen liefern außer der bereits erwähnten FF 8/EVA

II auch die FF 8/EVA I und FF 9/EVA II. Für Modellierungen der FF 7 mit Sonnenblume waren die Programmparameter noch nicht verfügbar. Der Unterschied bez. Sickerwassermenge zwischen EVA I und II ist besonders groß bei den FF 6 und 9, deren FF wegen teils anderer FF-Glieder nicht mehr identisch sind (siehe Tab. 6-1 und Tab. 6-2, S. 68).

Die Einzelwerte der modellierten N-Auswaschungsverluste (Tab. 3-16, S. 63) ergeben im Mittel von EVA I und II 41 N kg/ha. In EVA II liegt der mittlere N-Austrag 2 N kg/ha über dem Austrag in EVA I. Höhere oder geringere Sickerwassermengen mildern oder verschärfen das N-Auswaschungsproblem. Die Nitratkonzentration im Sickerwasser erreicht in EVA I im Mittel 76 NO₃ mg/l und in EVA II wegen des etwas höheren N-Austrags und einer geringeren Sickerwassermenge 88 NO₃ mg/l. Die geringste Nitratkonzentration im Sickerwasser weist die Luzernegras-FF in EVA I auf (55 NO₃ mg/l). In EVA II liegen Luzernegras-FF 5 und FF 1 mit 62 NO₃ mg/l gleich auf, obwohl der N-Austrag in FF 1 um 5 N kg/ha über dem Austrag der FF 5 liegt (37 bzw. 32 N kg/ha). In FF 5 bewirkt eine 17 % höhere Sickerwassermenge eine geringere Nitratkonzentration. Vergleichsweise geringe Nitratkonzentrationen ergeben sich auch im Sickerwasser der FF 3 und 6 in der Projektphase EVA I (63 NO₃ mg/l bzw. 67 NO₃ mg/l). In FF 6 steht als 5. FF-Glied noch Hafer, an dessen Stelle in EVA II Mais tritt. FF 3 ist in EVA I und II identisch. Mit dem höchsten N-Austrag geht in der Mais/Körnermais FF 8 die geringste Sickerwassermenge einher (169 mm). Dies führt zu einer Nitratkonzentration im Sickerwasser von 109 und 134 NO₃ mg/l in EVA I bzw. EVA II. Auch die berechnete Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der FF 9, die in den Biogasjahren nur C4-Pflanzen enthält, übersteigt 100 NO₃ mg/l (118 NO₃ mg/l).

3.3.2.1 Diskussion Wasser- und Stickstoffhaushalt

Die Wasserverbräuche für Fruchtfolgen ergeben sich aus den Wasserverbräuchen der einzelnen Fruchtfolgeglieder während ihrer Anbauzeit. Phasen ohne Bewuchs aber mit Wasserverbrauch, z. B. nach der Getreideernte im Sommer, gehen nicht in diese Verbrauchsberechnungen ein. Die Wasserverbräuche plus Sickerwassermengen je Jahr ergeben somit nicht die Niederschlagsmenge eines Jahres. Die solchermaßen ermittelten Wasserverbräuche der verschiedenen Fruchtfolgen unterscheiden sich nicht sehr.

Der Quotient aus oberirdischer Trockenmasse und dem Wasserverbrauch einer Kultur von deren Saat bis zur Ernte ergibt die Wassernutzungseffizienz (WNE) in Tab. 3-16, S. 63. Die WNE bezieht sich somit ebenfalls auf die Anbauzeit einer Kultur. Denkbar ist auch, bei der Bewertung des Wasserverbrauchs von Fruchtfolgegliedern, die ebenfalls wasserverbrauchenden aber unproduktiven Zeiträume mit zu berücksichtigen, die mit dem Anbau und der Fruchtfolgestellung einer Kulturart verbunden sind. Dazu müsste der Wasserverbrauch nicht von der Saat bis zur Ernte, sondern von der Saat bis zum Vegetationsende oder bis zur Saat der nächsten Kultur in die Effizienzberechnung eingehen. Eine Wassernutzungseffizienz, die auf diesem Wasserverbrauch aufbaut, ist dann spezifisch für die Kultur inklusive der Brachezeiten und Bewirtschaftungsmaßnahmen, die in einem Anbausystem zu dieser Kultur gehören.

Die Vorzüglichkeit von C4-Pflanzen hinsichtlich ihrer oberirdischen Biomasseleistung ist nicht nur eine Folge ihrer effizienten Wassernutzung, sondern auch eine Folge der wesentlich längeren Anbauzeit mit Ausnutzung hoch produktiver Phasen im Sommer bis in den Herbst hinein (Mai bis Oktober). Die C3-Pflanze Zuckerrübe mit ähnlich langer Vegetationszeit vermag ähnlich hohe Biomasseleistungen zu erbringen wie Mais. Ihre Trockentoleranz bleibt allerdings geringer. Die meisten unserer ackerbaulich genutzten C3-Pflanzen (Getreide, W.Raps) haben eine kürzere Hauptvegetationszeit lediglich von Mai bis Juli. In Abbildung 14, S. 60 im Endbericht für Teilprojekt 2 (*Willms et al.-2014*) besitzen Futterhirse und Luzerne(klee)gras eine WNE von ca. 20 bis 30 kg TM/ha*mm, Sudangras und Mais um 40 bis 50 kg TM/ha*mm, W.Triticale und W.Gerste grob um 60 kg TM/ha*mm. Damit liegt die Wassernutzungseffizienz der letztgenannten beiden Winterge-

treidearten bei den ihnen gemäßen Anbaubedingungen höher als bei den C4-Pflanzen Mais und Sudangras. Eine systembedingte Wassernutzungseffizienz, die den Kulturarten auch den unproduktiven Wasserverbrauch bis Vegetationsende oder bis zur Saat einer Folgekultur anlastet, könnte die tatsächlichen Effizienzverhältnisse besser abbilden (erweiterte Wassernutzungseffizienz). Um der tatsächlichen Wassernutzungseffizienz von Kultur noch besser gerecht zu werden, wäre die gesamte Biomasseleistung, also auch die Wurzelbiomasse für die Berechnung der Wassernutzungseffizienz heranzuziehen.

Als Maß für die Auswaschungsgefahr gilt die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers an einem Standort. Diese Austauschhäufigkeit errechnet sich als Quotient aus Sickerwassermenge und nutzbarer Feldkapazität (nFK). Für den Standort Ettlingen gibt der Endbericht des Teilprojektes 2 für die erste Projektphase (EVA I) eine Austauschhäufigkeit um 1 an (*Willms et al.-2014*). Die durchschnittliche Sickerwassermenge aus Tab. 3-16, S. 63 von 225 mm für den gesamten Projektzeitraum und die mittlere nFK im effektiven Wurzelraum in der Versuchsanlage mit 227 mm ergeben ebenfalls den Wert 1. Damit liegt die Auswaschungsgefahr am Versuchsstandort an der Klassengrenze „gering“ (0,7 – 1,0) und „mittel“ (1,0 – 1,5). Die modellierten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser liegen sämtlich über dem Grenzwert der *TrinkwV-2001* von 50 NO₃ mg/l. Die Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II) erreicht mit 55 NO₃ mg/l (EVA I) und 62 NO₃ mg/l (EVA II) die geringsten Nitratkonzentrationen. Aufgrund des Luzernegras-Anbaus entfällt einerseits die mineralische N-Düngung in zwei der vier Fruchtfolgejahre, andererseits geht mit dem Luzernegras-Aufwuchs eine große N-Menge vom Acker. So ergibt sich rechnerisch eine stark negative N-Bilanz in den Luzernegras-Jahren. In zwei von vier Winterhalbjahren je Fruchtfolgezyklus bedeckt und durchwurzelt ein leistungsfähiger Pflanzenbestand den Boden, der Nitrat aus der Bodenlösung aufzunehmen vermag. FF 1 in EVA II weist wie die Luzernegras-FF in EVA II nur 62 NO₃ mg/l Sickerwasser auf, trotz eines um 5 kg N/ha höheren N-Austrags. Hier bewirkt die höhere Sickerwassermenge eine geringere Nitratkonzentration. Mit Ausnahme von FF 1 gehen die höheren Nitratkonzentrationen in EVA II gegenüber EVA I mit höheren N-Bilanzen einher.

Die deutlich höhere Nitratkonzentration bei FF 9/EVA II im Vergleich mit EVA I erklärt sich durch die höhere N-Überschuss und die geringere Sickerwassermenge. Die geringere Sickerwassermenge wird auf den Austausch der wenig ertragreichen S.Gerste mit kurzer Vegetationszeit durch Mais mit hohem Ertrag und langer Vegetationszeit beim Übergang von EVA I nach EVA II zurückzuführen sein.

Die N-Bilanzen aller FF mit Ausnahme von FF 8 in EVA II liegen unter dem maximal zulässigen betrieblichen N-Überschuss der Düngeverordnung von (+)60 N kg/ha*a (DüV-2007). Trotz Einhaltung des N-Überschuss-Grenzwertes bewegen sich die modellierten NO₃-Gehalte im Sickerwasser zwischen 55 und 118 mg/l, d. h. sie liegen über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (*TrinkwV-2001*). Die N-Bilanz von FF 8/EVA II übersteigt wegen Ernteausfalls (Mais 2010) den o. g. 60 kg-Grenzwert mit der Folge der höchsten berechneten NO₃-Konzentration von 134 mg/l Sickerwasser. (N-Bilanzen der Fruchtfolgen siehe *LTZ Augustenberg-2014*).

Die fruchtfolgeabhängige Sickerwassermenge ist nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Nitratkonzentration von Interesse. Auch für die Erneuerung der Grundwasservorräte insbesondere an Standorten von Trinkwassergewinnungsanlagen mit geringer durchschnittlicher Grundwasserneubildungsrate besitzt sie eine hohe Bedeutung.

3.3.3 Ergebnisse Treibhausgas- und Energiebilanz und Diskussion

Um die THG-Emission (CO₂-Äq) je erzeugter Energieeinheit zu ermitteln, wird die THG-Emission einer Fruchtfolge durch die erzeugte Biogasenergie dieser Fruchtfolge (GJ CH₄) dividiert.

Hinsichtlich der THG-Emissionen– gemessen am CH₄-Ertrag – ragt die Getreide-Rapskorn-FF 5 (4 in EVA II) in beiden Projektzeiträumen stark hervor, ebenso FF 8 in EVA II. Diese besonders hohen Werte liegen ca. 70 % über dem Mittelwert (Ø 7,3 t CO₂-Äq/GJ*a). Einen deutlichen Unterschied zwischen EVA I (8,9) und EVA II (5,8) zeigt auch FF 6. Dort ersetzte in EVA II der Mais die S.Gerste in EVA I. Die jährliche CO₂-Emission von FF 2 je GJ erzeugter Biogasenergieerreich im Durchschnitt von EVA I und II 7,5 t. Diese FF enthält zweimal Kornnutzung in der vierjährigen Fruchtfolge und hat dadurch eine geringere mittlere Methanleistung. Die FF 1, 3, 4, 7, 9 erreichen Werte um 6 t CO₂-Äq/GJ CH₄*a.

Sind die THG-Emissionen statt auf die Energieeinheit auf die Produktionsfläche in Hektar bezogen, ergibt sich tendenziell ein gegenläufiges Bild; d. h. FF mit geringerem THG-Wert je produzierter Energieeinheit (CH₄ GJ) weisen höhere THG-Werte je Flächeneinheit auf und umgekehrt. Dies trifft nicht zu für die Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II), die einen durchschnittlichen THG-Wert je erzeugter Energieeinheit aufweist, aber den geringsten THG-Wert je Flächeneinheit. Die THG-Emissionen fallen bei allen FF in EVA II entweder gleich hoch oder etwas höher aus als in EVA I.

Im Mittel aller Fruchtfolgen der Projektzeiträume EVA I und II beträgt der kumulierte Energieaufwand KEA 29 GJ/ha*a. Der Maximalwert von 33 kommt in den FF 1, 3, 6 und 9 entweder in EVA I oder in EVA II vor. Über den gesamten Projektzeitraum gemittelt weisen diese vier FF den höchsten kumulierten Energieaufwand auf. Die FF 1, 3 und 6 besitzen je Fruchtfolge 6 FF-Glieder, alle anderen FF dagegen 5 FF-Glieder. Die FF 2, eine Fruchtfolge mit zwei Biogas- und zwei Kornnutzungsjahren, sowie die FF 7 mit Sonnenblume und Zuckerrübe in EVA II (Zuckerrübe statt Mais in EVA I) liegen mit 29 bzw. 28 GJ/ha*a (Ø EVA I u. II) im Bereich des Mittelwerts. Einen Energieaufwand deutlich unter dem Mittelwert von 29 GJ/ha*a ergeben die Berechnungen nur bei der Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II) und der Getreide-Raps-FF 5 (4 in EVA II) (Mittelwert 22 bzw. 23 GJ/ha*a).

Während Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II) und Getreide-Raps-FF 5 (4 in EVA II) beim kumulierten Energieaufwand KEA nahe beieinanderliegen, unterscheiden sie sich bzgl. ihres Nettoenergieertrags erheblich. Um den EROI-Wert zu ermitteln, wird die im Biogasertrag enthaltene Energiemenge der Fruchtfolge durch den Energieaufwand aller vier FF-Jahre dividiert. Über EVA I und EVA II gemittelt ergibt sich für die Luzernegras-FF ein EROI von 3,7 für die Getreide-Raps-FF ein EROI von 2,5. Den maximalen EROI-Wert erzielt die C4-Pflanzen-FF 9 in EVA II mit 5,3 gefolgt von der ebenfalls C4-Pflanzen-betonten FF 6 und der FF 7 mit Zuckerhirse und Zuckerrüben (jeweils EROI 4,8). FF 6 und FF 8 unterscheiden sich die EROI-Werte zwischen EVA I und EVA II sehr stark. In diesen beiden Fruchtfolgen fand ein Austausch des wenig ertragreichen FF-Glieds Hafer bzw. S.Gerste durch Mais statt. Die EROI-Werte der anderen FF 1 bis 3 und der FF 8 bewegen sich auf ungefähr gleichem Niveau; mit leichtem Vorsprung der FF 1 sowohl in EVA I als auch in EVA II (Durchschnitt EVA I u. II EROI 3,4 bis 4,2). Anders als bei allen anderen Fruchtfolgen fällt der EROI-Wert bei FF 8 in EVA II geringer aus als in EVA I.

3.3.3.1 Diskussion Treibhausgas- und Energiebilanz

In der Regel geht ein höherer kumulierter Energieaufwand (KEA) mit einem geringeren EROI-Wert (Energy Return On Investment) einher. Dies zeigt Tab. 3-16, S. 63 bei einem Vergleich der FF untereinander und beim Vergleich von EVA I mit EVA II. FF 6/EVA II macht hiervon eine Ausnahme. Für diese FF errechnet sich bei vergleichsweise hohem Energieaufwand der zweithöchste EROI-Wert. Den höchsten EROI-Wert liefert FF 9 ebenfalls trotz hohem kumuliertem Energieaufwand. Wegen des hohen Netto-Energiegewinns nimmt die Vorzüglichkeit dieser FF unter dem Energieaspekt weiter zu. Schon bei Betrachtung der Leistungen im Trockenmasse- und Methanertrag nahmen diese FF die vordersten Plätze ein. Die geringeren EROI-Werte der FF 2 und 5 (4 in

EVA II) sind nur z. T. Folge einer geringeren Ertragsleistung der Biogaspflanzen in diesen Fruchtfolgen. Mindernd auf den EROI-Wert wirkt sich ein zweites FF-Glied mit Kornnutzung aus, das zusätzliche zum Abschluss-FF-Glied W.Weizen in den vierjährigen FF 2 und 5 steht. Um den EROI-Wert zu ermitteln, wird die im Biogasertrag enthaltene Energiemenge der Fruchtfolge durch den Energieaufwand aller vier FF-Jahre dividiert. Befindet sich außer W.Weizen ein weiteres FF-Glied mit Kornnutzung in der Fruchtfolge, dann stehen für die Bildung des Gesamt-Biogasertrags dieser FF nur zwei Jahre statt wie bei den anderen FF drei Jahre zur Verfügung. Bei FF 8 in EVA II mindert außer der Mais-Kornnutzung in einem der vier FF-Jahre zusätzlich auch der Ertragsausfall des Biogasmaises im Jahr 2010 in der 4. Anlage den EROI-Wert.

Die höhere Energieeffizienz bei den FF 6 und 9 in EVA II im Vergleich mit EVA I ist Folge der hohen Energieeffizienz des Maises. Dieser ersetzt in FF 6 das Hafer-FF-Glied und in FF 9 die FF-Glieder S.Gerste/Ölrettich.

Die Treibhausgasbilanzen in t CO₂-Äquivalent sind auf die Fläche und auf den Methanertrag der FF bezogen. CO₂-Emissionen hängen sehr eng zusammen mit dem Energieaufwand für die Produktion (Input-Energie). Damit stellt das Verhältnis von t CO₂-Äquivalent zu Energie in Form des Methanertrags zu einem hohen Grad das Verhältnis Input- zu Output-Energie dar. Entsprechen sind die Verhältnisse dort meist gerade gegenläufig zum EROI-Wert. Der EROI zeigt das Verhältnis Output- zu Inputenergie. Die Gründe für die Unterschiede in der CO₂-Menge/GJ CH₄*a zwischen den FF entsprechen damit im Wesentlichen den Ausführungen zum EROI-Wert im vorausgehenden Absatz.

Ähnlich verhält es sich mit den THG-Emissionen in t CO₂-Äquivalent/ha*a und dem kumulierten Energieaufwand/ha*a (KEA). In diesem Fall sind die Verhältnisse nicht gegenläufig, sondern gleichsinnig. Stärkere Abweichungen bzw. die Aufhebung der Gegenläufigkeit bei CO₂-Äquivalent/Output-Energie und Output-/Inputenergie (EROI) sind dann zu erwarten, wenn CH₄-Emissionen und insbesondere N₂O-Emissionen die CO₂-Äquivalentmenge erheblich beeinflussen. Gerade N₂O-Emissionen fallen mit dem Multiplikationsfaktor 298 sehr stark ins Gewicht, ohne dass eine Energieabhängigkeit wie bei CO₂ gegeben wäre. Für CH₄ betrug der Multiplikationsfaktor 24.

Um die Biogasanteile der verschiedenen FF miteinander zu vergleichen, ließen sich die Energie- und Treibhausgasbilanzen auch lediglich auf die Biogassjahre beziehen. Für einen Vergleich der Gesamtfruchtfolgen wäre ein Bezug der Energie- und Treibhausgasbilanzen auf die Biomasseproduktion der FF möglich. Dazu könnte die oberirdische einfach messbare Biomasse dienen. Korrekterweise müsste jedoch die gesamte Biomasseleistung der Kulturarten Berücksichtigung finden, um richtig bewerten zu können. Die Herausforderung besteht dann in der Quantifizierung der unterirdischen Biomasse. Im Wurzelraum kann die Menge an organischer Substanz je nach Kultur und Anbauverfahren selbst bei Abfuhr der oberirdischen Biomasse und ohne Gärrestrückführung bilanzmäßig positiv sein. D. h. die Mehrung der Biomasse überwiegt den Abbau, der immer auch vorhanden ist. Das Ergebnis ist eine positive Humusbilanz, die auf Produktion von Wurzelbiomasse zurückgeht. Bei negativer Humusbilanz einer Kultur muss das Humusdefizit der Biomassebildung einer anderen Kultur entstammen. Dafür waren Energie, Wasser usw. nötig. Dieser Bedarf an Energie oder anderen Produktionsfaktoren ist derjenigen Kultur anzulasten, welche die Humuszehrung verursacht. Dies könnte auch dadurch geschehen, dass die Trockenmasse-Leistung der betrachteten Kultur, die in die Effizienzberechnung (Wasser) oder Bilanzierung (THG, KEA) eingeht, um einen entsprechenden Betrag vermindert wird.

3.3.4 Ergebnisse Brutvogel- und Futterhabitatindex und Diskussion

Luzerngras-FF 4 (5 in EVA II) zeichnet sich durch den höchsten Brutvogelindex (Ø EVA I/II 2,1) und den höchsten Futterhabitatindex (Ø EVA I/II 4,1) aus – mit deutlichem Abstand zu allen andern FF. Der Mittelwert der Brutvogelindizes liegt bei 1,3, der Mittelwert der Futterhabitatindizes bei 2,0.

Auch der Brutvogelindex von FF 1 ($\bar{\emptyset}$ EVA I/II 1,5) liegt über dem Gesamtmittelwert von 1,3. Alle anderen FF weisen Brutvogelindizes unter dem Gesamtmittelwert auf. Während die Getreide-Rapskorn-FF 5 (4 in EVA II) beim Brutvogelindex noch im Mittelfeld zu liegen kommt, erzielt diese FF beim Futterhabitatindex die niedrigsten aller Werte. Bei den FF 3 und 9 ist der EVA-II-Brutvogelindex deutlich niedriger als in EVA I, ebenso der Futterhabitatindex.

Bei einigen FF ergeben sich große Unterschiede zwischen EVA I und EVA II. So erreicht der Brutvogelindex von FF 7 in EVA II den hohen Wert der Luzernegras-FF von 2,1. In dieser FF ersetzte Zuckerrübe als 3. Fruchtfolgeglied in EVA II den Mais in EVA I und auch der Futterhabitatindex ist bei dieser FF in EVA II höher als in EVA I. Gemäß DAKfL-Berechnung mit der Methode EVA III kann Zuckerrübe durch starke Senkung der Reinigungskosten eine Alternative zu Mais sein. Die Vorzüge beim Futterhabitat- und Brutvogelindex machen diese Kultur als Alternative zusätzlich interessant.

3.3.5 Übersicht Ergebnisse Umweltindikatoren

Tab. 3-16: Zahlenwerte ackerbaulicher, abiotischer und biotischer Indikatoren; FF 1 bis 9; EVA I (1. u.2. Anl.) und EVA II (3. u.4. Anl.)
grün = besser, weiß = mittel, rot = schlechter

	*FF 01 EVA I	FF 01 EVA II	FF 02 EVA I	FF 02 EVA II	FF 03 EVA I	FF 03 EVA II	FF 04 EVA I	FF 05 EVA II	FF 05 EVA I	FF 04 EVA II	*FF 06 EVA I	FF 06 EVA II	*FF 07 EVA I	FF 07 EVA II	FF 08 EVA I	FF 08 EVA II	*FF 09 EVA I	FF 09 EVA II
Ackerbauliche Indikatoren																		
TM-Ertrag [t /ha*a]	14,1	15,8	12,2	13,1	13,5	15,1	10,6	11,4	7,2	8,0	11,4	17,9	14,9	15,6	14,9	12,2	13,9	17,6
CH₄Ertrag [k Nm ³ /ha*a]	3,50	3,90	2,50	2,70	3,20	3,60	2,10	2,30	1,50	1,50	2,30	4,30	3,40	3,50	3,20	2,30	3,40	4,40
Abiotische Indikatoren																		
Humusbilanz-Saldo [kg Humus-C ha/ha*a]	-220	-276	-134	-221	-234	-280	294	315	-22	-64	-213	-369	-278	-325	-206	x	-257	-380
Wasserverbrauch [mm/a]	430	438	411	391	428	429	463	421	431	396	407	412	-	-	480	466	437	442
WNE [kg TM/ha*a]	33	36	30	34	32	35	23	27	17	20	28	43	-	-	31	26	32	40
Sickerwasser (SW) [mm/a]	249	266	230	225	233	203	217	227	258	255	244	208	-	-	186	169	243	188
N-Austrag als NO₃ [N kg/ha*a]	46	37	43	45	33	36	27	32	41	46	37	40	-	-	46	51	44	50
NO₃ im SW [NO ₃ mg/l]	82	62	83	89	63	79	55	62	70	80	67	85	-	-	109	134	80	118
THG-Emission [kg CO ₂ -Äq/GJ CH ₄ *a]	5,7	6,4	7,6	7,4	6,5	6,8	5,6	6,2	11,6	12,2	8,9	5,8	5,5	5,5	6,2	12,7	5,9	4,9
THG-Emission [t CO ₂ -Äq/ha*a]	2,9	3,6	2,8	2,9	3,0	3,5	1,7	2,0	2,5	2,5	2,9	3,6	2,7	2,7	2,8	3,1	2,8	3,1
KEA [GJ/ha*a]	33	32	30	27	33	31	23	21	25	20	32	33	30	26	31	28	33	30
EROI	3,9	4,4	3,1	3,7	3,5	4,2	3,4	3,9	2,2	2,7	2,7	4,8	4,1	4,8	3,8	3,0	3,7	5,3
Biotische Indikatoren																		
Brutvogelindex (4 Arten)	1,44	1,60	0,85	1,13	1,16	1,26	2,03	2,17	1,07	1,24	0,98	1,12	0,84	2,13	0,93	0,75	1,24	0,79
Futterhabitatindex (3 Arten)	2,38	2,18	1,75	1,35	2,78	1,93	3,53	4,66	1,33	1,01	1,97	1,84	1,22	2,44	1,57	1,14	1,98	1,26

*FF-Änderungen in EVA II;

x Wildschaden

Daten aus dem EVA-Projekt TP2-2014

4 SCHLUSSBEMERKUNG

Die 2005 initiierte länderübergreifende Erforschung von Biogasfruchtfolgen fand im Jahr 2013 ihre Fortsetzung im EVA-III-Projekt. Bewährte Fruchtfolgen des Grundversuchs blieben erhalten, neue Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsänderungen trugen neuem Forschungsbedarf Rechnung. Bestmögliche Alternativen zu Mais, Schutz von Klima und Grundwasser, Lebensvielfalt auf dem Acker sowie optimale Biomasseverwertung und Gärrestdüngung waren Anliegen des Projekts.

Die EVA-III-Jahre lieferten erneut wertvolles Datenmaterial für die ökonomische Bewertung und für Modellierungen von Ertragsbildung und Umweltwirkungen. Jedes neue Versuchsjahr hat auch in dieser Projektphase bestätigt, wie unentbehrlich langjährige Versuche für gesicherte Ergebnisse sind.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den sehr vielfältigen Fruchtfolgen sind keinesfalls nur für Biogasproduktion von Bedeutung, sondern betreffen umfangreich auch Marktfrüchte und Futterpflanzen. Daher kann und sollte der Wirkungskreis der EVA-Forschung weit über den Biogaspflanzenanbau hinausreichen. Der EVA-Datenfundus birgt über die bereits erzielten Ergebnisse hinaus wertvollen Stoff, die Quantifizierung und Modellierung von Umweltleistungen und Umweltgefährdungen der Landbewirtschaftung weiterzuentwickeln. Jetzt schon sind mit den fundierten und zahlenbasierten ökologischen Bewertungen die Grundlagen geschaffen, dass Umweltleistungen in umfassenden ökonomischen Bewertungen Berücksichtigung finden können. Die Prämisse Nachhaltigkeit macht Kalkulationen erforderlich, welche die üblichen enggefassten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen weit übersteigen. Auch die Agrarpolitik ist auf entsprechendes Rüstzeug angewiesen, wenn sie effizient in Richtung umweltrelevanter Ziele steuern will und ihre Förderungen langfristig vertretbar sein sollen. Im langjährigen EVA-Projekt leistete die Forschungsförderung von nachwachsenden Rohstoffen dazu einen grundlegenden und zukunftsweisenden Beitrag.

5 LITERATUR

AURBACHER, J.; KORNATZ, P. & MÜLLER, J. (2014); Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase II (EVA II), Teilvorhaben 3: Ökonomische Bewertung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen (Ökonomische Begleitforschung) Abschlussbericht; Justus-Liebig-Universität Gießen.

http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Teilprojekte/Oekonomie/EVA_II_TP3_Abschlussbericht_V_End_4_PKuJM.pdf

AURBACHER, J.; KORNATZ, P.; MÜLLER, J. & NEUMANN, S. (2015); Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase III (EVA III), Teilvorhaben 3: Ökonomische Begleitforschung Zwischenbericht 2014; Justus-Liebig-Universität Gießen; unveröffentlicht.

Daten aus dem EVA-Projekt TP2 (2014); GLEMNITZ, M.; HUFNAGEL, J.; PETER, C.; PLATEN, R.; PRESCHER, A.-K.; SPECKA, X.; BUTTLAR V., C.; WILLMS M. (2014); Berechnung der Ökologischen Indikatoren aus der pflanzenbaulichen Primärdatenerfassung, Teilprojekt 2 "Ökologische Begleitforschung" des Verbundvorhabens EVA "Entwicklung und Vergleich von landwirtschaftlichen Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands", FKZ 22002405, FKZ 22013108, FKZ 22006112, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund des Beschlusses des deutschen Bundestages

Daten aus dem EVA-Projekt TP3 (2015); AURBACHER, J.; KORNATZ, P.; KUHLMANN, F.; MÜLLER, J.; REUS, D.; TOEWS, T. (2015); Berechnung der Ökonomischen Kennwerte aus der ökonomischen Primärdatenerfassung Teilvorhaben 3 "Ökonomische Begleitforschung" des Verbundvorhabens EVA: Entwicklung und Vergleich von landwirtschaftlichen Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, FKZ22002505. FKZ 22013208, FKZ 22006212, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des deutschen Bundestages;
Datensatz LfNr.: 5 vom: 10.11.2015 11:45:37 herausgegeben am 10.11.2015; Revisionsnummer: 0; herausgegeben als Excel-Tabelle von der Juniorprofessur für landwirtschaftliche Produktionsökonomik, Justus-Liebig-Universität Gießen; abgerufen unter http://134.176.160.140:60080/Auswertung_Ökonomie/.

Daten aus dem EVA-Projekt TP4 (2015) HEIERMANN, M.; HERRMANN, C.; IDLER, C.; PLOGSTIES, V.; SCHOLZ, V. (2015); „Ermittlung des Einflusses der Substratqualität und des Silagemanagements auf die Biogasausbeute“ des Verbundvorhabens EVA: „Entwicklung und Vergleich von landwirtschaftlichen Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“, FKZ 22002605, FKZ 22013308, FKZ 22006312, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des deutschen Bundestages.

DÜNGEBEDARF; (2012); <http://www.landwirtschaft-bw.de> Menüpunkte Landwirtschaft/EDV-Fachprogramme/Pflanzenbau/Düngung, Nährstoffbilanzierung Düngbedarf 2012 Version 7.4 [05.12.2014].

GLEMNITZ, M. & PLATEN, R.; (2014); Endbericht zu Teilprojekt II „Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus“ (Projekt der FNR: „Entwicklung und Vergleich von optimierten An-

bausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II); Teil III: Biotische Folgewirkungen; Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.

<http://www.eva-ver->

[bund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Teilprojekte/Oekologie/EVA_II_TP2_ZALF_endgueltiger_Endbericht_1_.pdf](http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Teilprojekte/Oekologie/EVA_II_TP2_ZALF_endgueltiger_Endbericht_1_.pdf)

HEIERMANN, M.; HERRMANN, C.; IDLER, C.; PLOGSTIES, V.; SCHOLZ, V. (2015); „Ermittlung des Einflusses der Substratqualität und des Silagemanagements auf die Biogasausbeute“ des Verbundvorhabens EVA: „Entwicklung und Vergleich von landwirtschaftlichen Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“, FKZ 22002605, FKZ 22013308, FKZ 22006312, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des deutschen Bundestages.

HERRMANN, CH., HEIERMANN, M., IDLER, CH. & PLOGSTIES, V. (2013); Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis; Abschlussbericht im Rahmen des Verbundvorhabens „Standortangepasste Anbausysteme für die Produktion von Energiepflanzen – EVA II“; Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim.

<http://www.eva->

[verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Internes/Endberichte/2012/2_Schlussbericht_EVA2_TP4.pdf](http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Internes/Endberichte/2012/2_Schlussbericht_EVA2_TP4.pdf)

HUFNAGEL, J.; DEUMLICH, D., WILLMS, M., WENKEL, K.-O, GLEMNITZ, M., PLATEN, R. (2007); Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus, Zwischenbericht 2007, FKZ: 22002405., 175 S., ZALF, Müncheberg; Standortdaten im Rahmen des Verbundprojektes EVA. Analyse von sechs Bodenprofilen genommen mittels Rammkernsonden auf dem Versuchsstandort Ettligen Gewann Johanniswegle.

KORNATZ, P.; AURBACHER, J.; DUNKEL, J. (2013); Was kostet Mais?

http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Teilprojekte/Oekonomie/%C3%96konomie_was.kostet.maissilage_09.09.13.pdf

KTBL (2013); Faustzahlen Biogas Darmstadt, 2013.

KTBL (2014); Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/15; Darmstadt, 2014.

LGRB (2009); Geowissenschaftliche Übersichtskarten Baden-Württemberg. Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg.

LTZ AUGUSTENBERG (2010); Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime in vom Klima begünstigte Lagen; Endbericht 2010 zu EVA I 2009; Kruse, S., Mastel, K.; LTZ Augustenberg, Rheinstetten-Forchheim.

<http://www.eva->

[verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Standortberichte/Baden-Wuerttemberg/BadenW_Endbericht_EVAI.pdf](http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Standortberichte/Baden-Wuerttemberg/BadenW_Endbericht_EVAI.pdf)

[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\BadenW_Endbericht_EVAI.pdf](http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Standortberichte/Baden-Wuerttemberg/BadenW_Endbericht_EVAI.pdf)

LTZ AUGUSTENBERG (2014); Endbericht EVA II 2009 bis 2013 „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime klimabegünstigter Lagen; Walter, E., Zürcher, A.; <http://www.ltz-bw.de/pb/Lde/1922295>; <http://www.eva-verbund.de/home.html> [05.03.2015]

- MASTEL, K. & KRUSE, S. (2009); In: Anbausysteme für Energiepflanzen – optimierte Fruchtfolgen + effiziente Lösungen; Hrsg.: Vetter, A; Heiermann, M.; Toews, T; DLG-Verlag.
- ROßBERG, D., VOLKER, M., GRAF, R. & NEUKAMPF, R. (2007); Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland; Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 59 (7), S. 155–161; Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
http://www.journal-kulturpflanzen.de/artikel.dll/nb2007-07-155-161_MzUxODY5.PDF
- TrinkwV (2001); Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch; Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 (BGBl. I S. 2977), die durch Artikel 4 Absatz 22 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.
- SCHROERS, J.O., SAUER, N. (2011); Die Leistung-Kostenrechnung in der landwirtschaftlichen Betriebsplanung, KTBL-Schrift 486; Darmstadt.
- SUBBARAO, G., YOSHIHASHI, T., WORTHINGTON, M, NAKAHARA, K., ANDO, Y., SAHRAWAT, K., RAO, I., LATA, J-C., KISHII, M. & BRAUN, H-J. (2015); Suppression of soil nitrification by plants; Plant Science 233 (2015) 155-164.
- TOEWS, T. & KUHLMANN, F. (2009); Ökonomische Bewertung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen; Endbericht des Teilprojekt 3 des EVA-Verbundprojektes gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FKZ: 22002505); Giessen, 2009.
- THÜNEN ATLAS (2014); Landwirtschaftliche Nutzung Version 2014;
<https://gdi.ti.bund.de/lr/agraratlas/>
- VDLUFA (2004); VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung; Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland: Körschens, M. (Hrsg.), Rogasik, J. (Mitarb.), Schulz, E. (Mitarb.), 12 S., Bonn;
<http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf>.
- VDLUFA (2014); VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung; Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland; VDLUFA (Hrsg.); 20 S.; Bonn.
- WABOA (2007); <http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/waboa/> [30.03.2015]
- WALTER, H. & LIETH, H. (1960-1967); Klimadiagramm-Weltatlas, 253 S.; Jena: G. Fischer VEB.
- WILLMS, M., SPECKA, X., PRESCHER, A.-K. & PETER, CH. (2014); Endbericht zu Teilprojekt II „Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus“ (Projekt der FNR: „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II); Teil I: Abiotische Folgewirkungen; Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.;
http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Teilprojekte/Oekologie/EVA_II_TP2_ZALF_endgueltiger_Endbericht_1_.pdf

6 ANHANG I

Tab. 6-1: Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 1. Anlage (ab 2005) und 2. Anlage (ab 2006) (EVA I)

Ernte	1. Anlage 2005		2006		2007		2008	
	2. Anlage 2006		2007		2008		2009	
FF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- frucht	
bundesweit	1*	<u>S.Gerste</u>	<u>Ölrettich</u>	Mais		W.Triticale	Zuckerhirse	WW
	2	Sudangras		Grünrog.	Mais	W.Triticale		WW
	3	Mais		Grünrog.	Sudangras	W.Triticale	Einj.Weidelg.	WW
	4	S-Gerste	Luz./Kleegr.	Luz./Kleegr.		Luz./Kleegr.		WW
	5	Hafer-SoMi		W-Triticale		W.Raps		WW
regional	6*	Zuckerhirse		W-Gerste	Sudangras	W.Raps	Hafer	WW
	7*	Sonnenblume		W-Triticale	Zuckerhirse	Mais		WW
	8	Mais		Grünrog.	Mais	Mais		WW
	9*	<u>S.Gerste</u>	<u>Erbse</u>	Grünrog.	Zuckerhirse	Mais		WW

* FF-Änderung von EVA I zu EVA II, Unterstrichen: Andere Kultur in EVA II.

Kursiv: Kornnutzung.

Nummern der FF 4 u. 5 im EVA-II-Zeitraum getauscht.

SoZF = Sommer-
zwischenfrucht

Tab. 6-2: Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 3. Anlage (ab 2009) und 4. Anlage (ab 2010) (EVA II)

Ernte	3. Anlage 2009		2010		2011		2012	
	4. Anlage 2010		2011		2012		2013	
FF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- frucht	
bundesweit	1*	<u>W.Gerste</u>	<u>Sudangras</u>	Mais		W.Triticale	Phacelia	WW
	2	Sudangras		Grünrog.	Mais	W.Triticale		WW
	3	Mais		Grünrog.	Sudangras	W.Triticale	Einj.Weidelg.	WW
	5	S-Gerste	Luz./Kleegr.	Luz./Kleegr.		Luz./Kleegr.		WW
	4	Hafer-SoMi		W-Triticale		W.Raps		WW
regional	6*	Zuckerhirse		W-Gerste	Sudangras	W.Raps	Mais	WW
	7*	Sonnenblume		W-Triticale	Zuckerhirse	Zuckerrüben		WW
	8	Mais		Grünrog.	Mais	Mais		WW
	9*	<u>Mais</u>	<u>keine</u>	Grünrog.	Zuckerhirse	Mais		WW

* FF-Änderung von EVA I zu EVA II, Unterstrichen: Andere Kultur in EVA I.

Kursiv: Kornnutzung.

Nummern der FF 4 u. 5 im EVA-II-Zeitraum getauscht.

SoZF = Sommer-
zwischenfrucht

6.1 Anhang Anbaudaten

Tab. 6-3: Anbaudaten 2012/13 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 5. Anlage Grundversuch (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Vorfrucht		Senf	Senf			Senf	Phac./ Buchw.		Senf
Bodenbearbeitung	Grubber		30.08.2012	30.08.12			30.08.2012	30.08.2012		30.08.2012
	Kreiselegge		31.08.2012	31.08.12			31.08.2012	31.08.2012		31.08.2012
Aussaat	Sorte		-	-			-	Balo + Lileja		-
	Aussaatstärke		20 kg/ha	20 kg/ha			20 kg/ha	25 kg + 8 kg/ha		20 kg/ha
	Reihenabstand (cm)		15	15			15	15		15
	Anzahl Reihen		40	40			40	40		40
	Aussaatdatum		31.08.2012	31.08.2012			31.08.2012	31.08.2012		31.08.2012
	Fruchtart	W.Gerste	Zuckerhirse	Mais	Luzerne-Klee-Gras	W.Erbse/ W.Triticale	Mais	Blühmischung	W.Wicke/ W.Triticale	Mais
Bodenbearbeitung	Mulcher		19.02.2013	19.02.2013			19.02.2013	19.02.2013		19.02.2013
	Grubber	01.10.2012	21.02.2013/ 12.06.2013	21.02.2013	30.08.2012	01.10.2012	21.02.2013	21.02.2013	01.10.2012	21.02.2013
	Kreiselegge	02.10.2012	13.06.2013	24.04.2013	31.08.2012	02.10.2012	24.04.2013		02.10.2012	24.04.2013
Aussaat	Sorte	Sandra	Herkules	Cannavaro	AFMT	W.Erbse + Agostino	Cannavaro	„Biogas einjährig“	Winterwicke + Agostino	Cannavaro
	Beizmittel	-	Maxim XL	Mesurool	-	-	Mesurool	-	-	Mesurool
	Aussaatstärke	200 kg/ha	25 Körner/m ²	10 Körner/m ²	30 kg/ha	50 kg/ha + 100 kg/ha	10 Körner/m ²	10 kg/ha	30 kg/ ha + 80 kg/ha	10 Körner/m ²
	Reihenabstand (cm)	15	50	75	15	15	75	15	15	75
	Anzahl Reihen	40	12	8	40	40	8	40	40	8
	Aussaatdatum	02.10.2012	13.06.2013	25.04.2013	31.08.2012	02.10.2012	25.04.2013	16.04.2013	02.10.2012	25.04.2013
	Grunddüngung									
	Datum	27.03.2013	18.04.2013	18.04.2013	27.03.2013	27.03.2013	18.04.2013	18.04.2013	27.03.2013	18.04.2013
	P ₂ O ₅ kg/ha	84	55,2	48	16	22,4	48		22,4	48
	K ₂ O kg/ha	307,5	163,5	282	162	102	330	300	102	240
	MgO kg/ha	63	41,4	36	12	16,8	36		16,8	36
Düngung	8-15-6-X (Thomas-kali) dt/ha	10,5	6,9	6,0	2,0	2,8	6,0		2,8	6,0

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	60er- Korn- Kali 60% dt/ha	2,5	1,0	3,2	2,2	1,0	4,0	5,0	1,0	3,2
	1. N- Düngergabe									
	Datum	15.03.2013	24.04.2013	24.04.2013		15.03.2013	24.04.2013	11.06.2013	15.03.2013	24.04.2013
	N kg/ha	60	33	156		60	117	60	60	156
	KAS dt/ha	2,2				2,2		2,2	2,2	
	Alzon dt/ha		0,7	3,4			2,5			3,4
	2. N- Düngergabe									
	Datum	18.04.2013	09.07.2013			18.04.2013			18.04.2013	
	N dt/ha	80	60			82			88	
	KAS dt/ha	3	2,2			3			3,3	
Kalkung										
Datum	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013
Kalk CaO kg/ha	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Optiflor dt/ha	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Pflanzen- schutz	Herbizid	15.04.2013 Platform S 1kg/ha 18.05.2013	18.05.2013 26.06.2013 Spectrum 1,25l/ha + Stomp Aqua 2,5l/ha	18.05.2013 Cliostar 1l/ha Spectrum 1l/ha	18.05.2013	18.05.2013	18.05.2013 Cliostar 1l/ha Spectrum 1l/ha	18.05.2013	18.05.2013	18.05.2013
	sonstiges	13.06.- 24.06.13 Vlies	13.06.- 24.06.13 Vlies 09.07.2013 Hacken	05.07.2013 Trichogramma 19.07.2013 Trichogramma			05.07.2013 Trichogramme 19.07.2013 Trichogramme		27.06.- 08.07.13 Vlies	05.07.2013 Trichogramma 19.07.2013 Trichogramma
	Datum	12.06.2013	18.10.2013	09.09.2013	21.05.2013	26.06.2013	09.09.2013	09.09.2013	26.06.2013	09.09.2013
	Bemerkung	GP	GP	GP	1. Schnitt	GP	GP	GP	GP	GP

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)	
Ernte	dt TM/ha	123,93	163,3	171,67	53,19	109,19	171,50	106,34	109,99	179,11	
	dt FM/ha	416,11	694,26	666,30	318,06	516,74	658,52	553,33	535,90	631,11	
	% TS	29,88	23,56	27,80	16,95	21,48	26,79	20,10	20,37	29,32	
	Datum				02.07.2013						
	Bemerkung				2. Schnitt						
	dt TM/ha				37,55						
	dt FM/ha				254,36						
	% TS				14,88						
	Datum				21.08.2013						
	Bemerkung				3. Schnitt						
	dt TM/ha				38,84						
	dt FM/ha				163,19						
	% TS				23,94						
	Datum				22.10.2013						
	Bemerkung				4. Schnitt						
dt TM/ha				9,47							
dt FM/ha				49,63							
% TS				19,50							
	Zweitfrucht	Sudangras				Einj. Weidelgras			Sudangras		
Bodenbearbeitung	Grubber	12.06.2013				26.06.2013			26.06.2013		
	Fräse					05.07.2013			26.06.2013		
	Kreiselegge	13.06.2013							26.06.2013		
Aussaat	Sorte					je 1/3 Alamo, Fabio, Melworld			Lussi		
	Beizmittel	Freya				-			TMTD		
	Aussaatstärke	Thiram				40 kg/ha			50 Körner/ m ²		
	Reihenabstand (cm)	35 Körner/ m ²				15			25		
	Anzahl Reihen	25				40			20		
	Aussaatdatum	20				08.07.2013			26.06.2013		
	Neusaat	13.06.2013									
						12.08.2013					

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
Düngung	1. N- Düngergabe									
	Datum	28.06.2013				26.09.2013			09.07.2013	
	N kg/ha	60				40			60	
	KAS dt/ha	2,2				1,5			2,2	
Tabelle fortgesetzt		26.06.2013							18.07.2013	
Pflanzenschutz	Herbizid	Spectrum 1,25l/ha + Stomp Aqua 2,5l/ha							Mais Banvel 0,5kg/ha	
Ernte	Datum	23.09.2013				22.10.2013			23.09.2013	
	Bemerkung	GP				1. Schnitt			GP	
	dt TM/ha	120,48				27,14			120,95	
	dt FM/ha	430,37				262,96			404,44	
	% TS	28,27				10,25			29,45	

Tab. 6-4: Anbaudaten 2013/14 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 5. Anlage Grundversuch (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Fruchtart	Mais	Grünroggen	Grünroggen	Luzerne-Klee-Gras	Weidelgras	Grünroggen	Mais mit Untersaat	Sonnenblume	Mais
Bodenbearbeitung	Grubber	12.03.2014	25.10.2013	25.10.2013	30.08.2012	26.06.2013	25.10.2013	12.03.2014	12.03.2014	12.03.2014
	Fräse					05.07.2013				
	Kreislege	11.04.2014	26.10.2013	26.10.2013	31.08.2012		26.10.2013	11.04.2014	03.04.2014	11.04.2014
Aussaat	Sorte	Cannavaro	Dukato	Dukato		je 1/3 Alamo, Fabio, Mel- world	Dukato	Untersaaten- mischung / Cannavaro	Metaroc	Cannavaro
	Beizmittel	Mesurol	Arena C	Arena C	--		Arena C	Mesurol	?	Mesurol
	Aussaatstärke	10 Pfl./m ²	127kg/ha – 280 Kö/m ²	127kg/ha – 280 Kö/m ²	?	40 kg/ha	127kg/ha – 280 Kö/m ²	10 kg/ha / 10 Pfl/m ²	18 Pfl/ m ²	10 Pfl./m ²
	Reihenabstand (cm)	75	15	15	15	15	15	15 / 75	75	75
	Anzahl Reihen	8	40	40	40	40	40	40	8	8

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Aussaatdatum vereinzelt	11.04.2014	26.10.2013	26.10.2013	31.08.2012	12.08.2013	26.10.2013	11.04.2014 / 24.04.2014	03.04.2014 12.05.2014	11.04.2014
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	30.01.2014 (Phosphatkali) 05.02.2014 (60er-Kali)	30.01.2014	30.01.2014	30.01.2014 (Phosphatkali) 05.02.2014 (60er-Kali)	30.01.2014 (Phosphatkali) 05.02.2014 (60er-Kali)	30.01.2014	30.01.2014 (Phosphatkali) 05.02.2014 (60er-Kali)	05.02.2014	30.01.2014 (Phosphatkali) 05.02.2014 (60er-Kali)
	P ₂ O ₅ kg/ha	146,3	198	198	66	146,3	198	146,3	108	146,3
	K ₂ O kg/ha	412,6	396	396	252	412,6	396	412,6	350	412,6
	MgO kg/ha	53,2	72	72	24	53,2	72	53,2	-	53,2
	S kg/ha	79,8	108	108	36	79,8	108	79,8	126	79,8
	CaO kg/ha	226,1	306	306	102	226,1	306	226,1	-	226,1
	11-22-4-6S-17CaO Phosphatkali dt/ha	13,3	18,0	18,0	6,0	13,3	18,0	13,3		13,3
	60er- Korn- Kali 60% dt/ha	2,0			2,0	2,0		2,0		2,0
	Kaliumsulfat 50% dt/ha								7,0	
	Superphosphat 18% dt/ha								6,0	
	Unterfußdüngung									
	Datum							24.04.2014		
	N kg/ha							18,0		
	P kg/ha							46,0		
	DAP dt/ha							1,0		
	1. N- Düngergabe									
	Datum	10.04.2014	06.03.2014	06.03.2014		06.03.2014	06.03.2014	14.04.2014	15.05.2014	10.04.2014
	N kg/ha	175	60	60		60	60	80	60	175
	KAS dt/ha		2,2	2,2		2,2	2,2	3	2,2	
Alzon dt/ha	3,8								3,8	
2. N- Düngergabe										
Datum		14.04.2014	14.04.2014			14.04.2014	10.06.2014			
N kg/ha		27	37			13,5	70			
KAS dt/ha		1,0	1,4			0,5	2,6			

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
Pflanzenschutz	Herbizid	06.05.2014 1 l/ha ClioStar + 1 l/ha Spectrum							04.04.2014 3 l/ha Bandur	06.05.2014 1 l/ha ClioStar + 1 l/ha Spectrum
	sonstiges							22.05.2014 Bandspritzung: 1 l/ha ClioStar + 1 l/ha Spectrum		
Ernte	Datum	08.09.2014	08.05.2014	08.05.2014	08.05.2014	08.05.2014	08.05.2014	01.10.2014	08.09.2014	08.09.2014
	Bemerkung	GP	GP	GP	1. Schnitt	1. Schnitt	GP	GP	GP	GP
	dt TM/ha	202,87	41,71	59,56	40,10	73,40	57,67	141,12	87,72	214,84
	dt FM/ha	694,44	228,53	262,72	222,19	353,42	254,25	373,61	254,81	617,04
	% TS	31,16	17,99	22,68	18,04	20,86	22,82	37,79	40,82	34,14
	Datum				28.07.2014					
	Bemerkung				2. Schnitt					
	dt TM/ha				25,74					
	dt FM/ha				102,72					
	% TS				24,83					
	Datum				21.10.2014					
	Bemerkung				3. Schnitt					
	dt TM/ha				20,35					
	dt FM/ha				84,22					
% TS				24,15						
	Zweitfrucht		Mais	Sudangras		Mais	Sudangras			
Bodenbearbeitung	Mulcher		14.05.2014	14.05.2014		14.05.2014	14.05.2014			
	Grubber		14.05.2014	14.05.2014		14.05.2014	14.05.2014			
	Fräse		14.05.2014	14.05.2014		14.05.2014	14.05.2014			
	Kreiselegge		15.05.2014	15.05.2014		15.05.2014	15.05.2014			
Aussaat	Sorte		NK Silotop	Freya		NK Silotop	Freya			
	Beizmittel		Mesurool	TMTD		Mesurool	TMTD			
	Aussaatstärke		10 Kö/m ²	35 Kö/m ²		10 Kö/m ²	35 Kö/m ²			
	Reihenabstand (cm)		75	25		75	25			
	Anzahl Reihen		8	20		8	20			

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Aussaatdatum Vlies		15.05.2014	15.05.2014 20.05.2014		15.05.2014	15.05.2014 20.05.2014			
Düngung	1. N- Düngergabe									
	Datum N kg/ha KAS dt/ha		10.06.2014 90 3,33	10.06.2014 70 2,6		10.06.2014 90 3,33	10.06.2014 43 1,6			
Pflanzen- schutz	Herbizid		06.06.2014 1l/ha ClioStar + 1 l/ha Spec- trum	06.06.2014 1,5 l/ha Stomp Aqua + 0,5 kg/ha Mais Banvell		06.06.2014 1l/ha ClioStar + 1 l/ha Spec- trum	06.06.2014 1,5 l/ha Stomp Aqua + 0,5 kg/ha Mais Banvell			
	sonstiges			18.06.2014 Maschinen- hacke			18.06.2014 Maschinen- hacke			
Ernte	Datum		01.10.2014	01.10.2014		01.10.2014	01.10.2014			
	Bemerkung		GP	GP		GP	GP			
	dt TM/ha		121,09	99,163		140,69	93,29			
	dt FM/ha		303,89	354,17		360	324,17			
	% TS		39,91	28,27		38,89	28,79			

Tab. 6-5: Anbaudaten 2014/15 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 5. Anlage Grundversuch (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Vorfrucht								Phacelia/ Buchweizen	
Bodenbe- arbeitung	Grubber								09.09.2014	
	Kreiselegge								10.09.2014	
Aussaat	Sorte								Phaci/ Lileja	
	Beizmittel Aussaatstärke								15/20 kg/ha	

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Haupt.- Erstfrucht	Wtriticale	Wtriticale	Wtriticale	Lu- zerneKlee gras	Zuckerrübe	Wtriticale	WickTriticale	Mais mit Unter- saat	Mais
	Vorfrucht								Phacelia/ Buchweizen	
Bodenbe- arbeitung	Grubber Kreiselegge								09.09.2014 10.09.2014	
Aussaats	Sorte Beizmittel								Phaci/ Lileja	
	Aussaatsstärke								15/20 kg/ha	
	Reihenabstand (cm)								15	
	Anzahl Reihen								40	
	Aussaatsdatum								11.09.2014	
	Mulcher Grubber Kreiselegge	06.10.2014 06.10.2014 06.10.2014	06.10.2014 06.10.2014 06.10.2014	06.10.2014 06.10.2014 06.10.2014	30.08.2012 31.08.2012	06.10.2014 06.10.2014 23.03.2015	06.10.2014 06.10.2014 06.10.2014	06.10.2014 06.10.2014 06.10.2014	 23.03.2015	06.10.2014 06.10.2014 21.04.2015
Aussaats	Sorte	Agostino	Agostino	Agostino		Charleena	Agostino	Welta/ Agostino	Untersaatenmi- schung / Cannava- varo	Cannavaro
	Beizmittel				--				Mesurool	Mesurool
	Aussaatsstärke	300 Kö/m ² - 136 kg/ha	300 Kö/m ² - 136 kg/ha	300 Kö/m ² - 136 kg/ha	?	10 Kö/m ²	300 Kö/m ² - 136 kg/ha	8 kg/ha - 110 kg/ha	15 kg/ha / 10 Kö/m ²	10 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)	15	15	15	15	50	15	15	75	75
	Anzahl Reihen	40	40	40	40	12	40	40	8	8
	Aussaatsdatum	06.10.2014	06.10.2014	06.10.2014	31.08.2012	24.03.2015	06.10.2014	06.10.2014	23.03.2015 / 23.04.2015	21.04.2015
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015
	P2O5 kg/ha	44	66	44	66	66	44	121	66	66
	K2O kg/ha	148	192	148	372	372	148	422	372	372
	MgO kg/ha	16	24	16	24	24	16	44	24	24
	S kg/ha	24	36	24	36	36	24	66	36	36
CaO kg/ha	68	102	68	102	102	102	68	187	102	

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	11-22-4-6S-17CaO Phosphatkali dt/ha	4,0	6,0	4,0	6,0	6,0	4,0	11,0	6,0	6,0
	60er- Korn- Kali 60% dt/ha	1,0	1,0	1,0	4,0	4,0	1,0	3,0	4,0	4,0
	Kalkung									
	Datum	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015
	CaO kg/ha	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
	Optiflor 80/10 dt/ha	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	Unterfußdüngung									
	Datum								23.04.2015	
	N kg/ha									46,0
	Alzon dt/ha									1,0
1. N- Düngergabe										
Datum	10.03.2015	10.03.2015	10.03.2015	10.03.2015	20.05.2015	10.03.2015	10.03.2015	29.06.2015	20.04.2015	
N kg/ha	60	60	60	40	90	60	60	130	156	
KAS dt/ha	2,2	2,2	2,2	1,5	3,3	2,2	2,2	4,9		
Alzon dt/ha									3,4	
2. N- Düngergabe										
Datum	16.04.2015	16.04.2015	16.04.2015			16.04.2015	16.04.2015			
N kg/ha	30	54	30			13,5	48,6			
KAS dt/ha	1,1	2	1,1			0,5	1,8			
Alzon dt/ha										
Pflanzenschutz	Herbizid	27.10.2014	27.10.2014	27.10.2014		18.03.2015	27.10.2014		18.03.2015	19.05.2015
		0,8 l/ha Baccara Forte	0,8 l/ha Baccara Forte	0,8 l/ha Baccara Forte		3,75 l/ha Roundup Powerflex	0,8 l/ha Baccara Forte		3,75 l/ha Roundup Powerflex	1,25 l/ha Elumis + 1,25 l/ha Dual Gold + 20 gr/ha Peak
						22.04.2015		12.05.2015		
						0,6 l/ha Agil-S + 2 l/ha Goltix Gold + 1,25 l/ha Betanal maxx pro			Bandspritzung: 1 l/ha ClioStar + 1 l/ha Spectrum	
						08.05.2015				

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
						0,6 l/ha Agil-S + 1,5 l/ha Goltix Gold + 1,5 l/ha Betanal maxx pro				
	Fungizid		14.04.2015 1 l/ha Input Classic							
			11.05.2015 0,9 l/ha Champion + 0,9 l/ha Diamant							
	Wachstumsregler		14.04.2015 0,6 l/ha Moddus							
	sonstiges								02.06.2015 Schröpschnitt 19.06.2015 Trichogramma 07.07.2015 Trichogramma	19.06.2015 Tricho- gramma 07.07.2015 Tricho- gramma
	Datum	09.06.2015	167-15	09.06.2015	07.05.2015	15.10.2015	09.06.2015	09.06.2015	26.08.2015	26.08.2015
	Bemerkung	GP	Korn	GP	1.Schnitt	Körper	GP	GP	GP	GP
	dt TM/ha	101,41	61,56	96,043	221,11	152,28	93,04	88,461	101,64	188,49
	dt FM/ha	295,56	67,97	277,78	37,94	713,03	255,28	417,25	356,11	528,06
	% TS	34,52	90,57	34,67	18,05	21,23	36,40	21,55	28,31	35,72
	Datum		16.07.2015			15.10.2015				
	Bemerkung		Stroh			Kraut				
	dt TM/ha		63,01			19,88				
	dt FM/ha		71,61			89,6				
	% TS		88,65			22,19				

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Zweitfrucht	Phacelia		Einj. Weidelgras	Mais		Einj. Weidelgras	Sudangras		
Bodenbearbeitung	Mulcher	10.06.2015		10.06.2015	12.05.2015		10.06.2015	10.06.2015		
	Grubber				12.05.2015					
	Fräse	10.06.2015		10.06.2015	13.05.2015		10.06.2015	10.06.2015		
	Kreiselegge	10.06.2015		10.06.2015	13.05.2015		10.06.2015	10.06.2015		
Aussaat	Sorte	Balo		Lemnos	NK Silotop		Lemnos	Lussi		
	Beizmittel				Mesurool			Thiram		
	Aussaatstärke	12 kg/ha		40 kg/ha	10 Kö/m ²		40 kg/ha	50 Kö/m ²		
	Reihenabstand (cm)	15		15	75		15	25		
	Anzahl Reihen	40		40	8		40	20		
	Aussaatdatum	10.06.2015		10.06.2015	13.05.2015		10.06.2015	10.06.2015		
Düngung	1. N- Düngergabe									
	Datum				29.06.2015			29-6-15		
	N kg/ha				100			70		
	KAS dt/ha				3,7			2,6		
Pflanzenschutz	Herbizid				09.06.2015			25.06.2015		
					1,25 l/ha Elumis + 20 gr/ha Peak + 1,25 l/ha Dual Gold			1,25 l/ha Spectrum + 2,5 l/ha Stomp Aqua		
Ernte	Datum	14.10.2015		14.10.2015	18.09.2015		14.10.2015	12.10.2015		
	Bemerkung	GPS		GPS	GPS		GPS	GPS		
	dt TM/ha	14,54		10,85	137,6		13,29	68,55		
	dt FM/ha	60,83		44,37	344,17		61,06	220,44		
	% TS	24,31		23,84	40,02		22,03	31,08		

Tab. 6-6: Anbaudaten 2013/14 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 6. Anlage Grundversuch (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Vorfrucht		Senf	Senf			Senf	Phac./ Buchw.		Senf
Bodenbe- arbeitung	Grubber Kreiselegge		09.08.2013 03.09.2013	09.08.13 03.09.13			09.08.2013 03.09.2013	09.08.2013 03.09.2013		09.08.2013 03.09.2013
Aussaat	Sorte Beizmittel Aussaatstärke Reihenabstand (cm) Anzahl Reihen Aussaatdatum		Hohenheimer - 20 kg/ ha 15 40 04.09.2013	Hohenheimer - 20 kg/ ha 15 40 04.09.2013			Hohenheimer - 20 kg/ha 15 40 04.09.2013	Balo + Lileja - 10kg + 30 kg/ ha (15kg*65% + 85kg*35%) 15 40 04.09.2013		Hohenheimer - 20 kg/ha 15 40 04.09.2013
	Hauptfrucht	W.Gerste	Zuckerhirse	Mais	Luzerne-Klee- Gras	W.Erbse/ W.Triticale/ Weidelgras	Mais	Blümmischung	W.Wicke/ W.Triticale	Mais
Bodenbe- arbeitung	Mulcher Grubber Kreiselegge	09.08.2013	12.03.2014 12.03.2014 27.03.2014 11.04.2014 15.05.2014	12.03.2014 12.03.2014 27.03.2014 11.04.2014	09.08.13 03.09.13	09.08.2013	12.03.2014 12.03.2014 27.03.2014 11.04.2014	12.03.2014 12.03.2014 27.03.2014 11.04.2014	09.08.2013	12.03.2014 12.03.2014 27.03.2014 11.04.2014
Aussaat	Sorte Beizmittel Aussaatstärke Reihenabstand (cm) Anzahl Reihen Aussaatdatum	Sandra Landor CT 234 kg/ha - 400Kö/m ² 15 40 26.10.2013	Herkules Maxim XL 25 Kö/m ² 50 12 15.05.2014	Cannavaro Mesurol 10 Pfl./m ² 75 8 11.04.2014	AFMT 30 kg/ha 15 40 04.09.2013	James/ Agostino/ Tetraflorum keines / Landor CT/ keines 25kg +126kg +20 kg/ha 15 40 26.10.2013	Cannavaro Mesurol 10 Pfl./m ² 75 8 11.04.2014	Biogas einjäh- rig 10 kg/ha 15 40 11.04.2014	Welta/ Agosti- no keines/ Landor CT 15kg + 100kg 40 26.10.2013	Cannavaro Mesurol 10 Pfl./m ² 75 8 11.04.2014

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Neusaat								27.3.14 Neu- saat von Wdh 1,3,4 mit 130kg/ha Haferwicke- gemenge (80/20)	
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	30.01.2014 (Phosphatkali) 05.02.2014 (Superphos- phat)	30.01.2014	30.01.2014	30.01.2014	30.01.2014 (Phosphatkali) 05.02.2014 (60er-Kali)	30.01.2014	05.02.2014	30.01.2014 (Phosphatkali) 05.02.2014 (Superphos- phat)	30.01.2014
	P ₂ O ₅ kg/ha	221,3	113,3	113,3	66	113,3	113,3	54	221,3	113,3
	K ₂ O kg/ha	226,6	226,6	226,6	132	346,6	226,6	350	226,6	226,6
	MgO kg/ha	41,2	41,2	41,2	24	41,2	41,2	-	41,2	41,2
	S kg/ha	61,8	61,8	61,8	36	61,8	61,8	126	61,8	61,8
	CaO kg/ha	175,1	175,1	175,1	102	175,1	175,1	-	175,1	175,1
	11-22-4-6S-17CaO Phosphatkali dt/ha	10,3	10,3	10,3	6,0	10,3	10,3		10,3	10,3
	60er- Korn- Kali 60% dt/ha					2,0				
	Kaliumsulfat 50% dt/ha							7,0		
	Superphosphat 18% dt/ha	6,0						3,0	6,0	
	1. N- Düngergabe									
	Datum	06.03.2014	15.05.2014	10.04.2014	06.03.2014	06.03.2014	10.04.2014	15.05.2014	06.03.2014	10.04.2014
	N kg/ha	60	122	175	40	60	138	60	60	175
	KAS dt/ha	2,2			1,5	2,2		2,2	2,2	
Alzon dt/ha		2,65	3,8			3			3,8	
2. N- Düngergabe										
Datum	14.04.2014				14.04.2014			14.04.2014		
N kg/ha	49				49			49		
KAS dt/ha	1,8				1,8			1,8		
Pflanzenschutz	Herbizid	22.10.2013	06.06.2014	06.05.2014		22.10.2013	06.05.2014		22.10.2013	06.05.2014

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)	
		Glyfos 3l/ha 07.03.2014 Herbaflex 2l/ha	1,5 l/ha Stomp Aqua + 0,5 kh/ha Mais Banvell	1 l/ha ClioStar + 1 l/ha Spec- trum		Glyfos (3l/ha)	1 l/ha ClioStar + 1 l/ha Spec- trum		Glyfos (3l/ha)	1 l/ha ClioStar + 1 l/ha Spec- trum	
	sonstiges		18.06.2014 Maschinen- hacke					14.04.2014 Walzen			
Ernte	Datum	02.06.2014	01.10.2014	08.09.2014	08.05.2014	11.06.2014	08.09.2014	01.10.2014	11.06.2014	08.09.2014	
	Bemerkung	GP	GP	GP	1. Schnitt	GP	GP	GP	GP	GP	
	dt TM/ha	107,58	207,44	215,23	64,47	126,41	235,93	83,18	68,17	216,23	
	dt FM/ha	305,93	689,44	696,67	368,58	381,48	667,41	405,03	328,17	671,11	
	% TS	35,20	30,06	30,68	17,52	33,01	33,73	20,55	23,20	31,60	
	Datum				28.07.2014						
	Bemerkung				2. Schnitt						
	dt TM/ha				42,0						
	dt FM/ha				177,56						
	% TS				23,63						
Datum				21.10.2014							
Bemerkung				3. Schnitt							
dt TM/ha				22,37							
dt FM/ha				116,53							
% TS				19,45							
	Zweitfrucht	Sudangras				Weidelgras			Sudangras		
Bodenbe- arbeitung	Mulcher	02.06.2014									
	Grubber	02.06.2014					als Untersaat ausgesät				
	Fräse	03.06.2014							12.06.2014		
	Kreiselegge	03.06.2014							12.06.2014		
Aussaat	Sorte	Freya				Tetraflorum			Lussi		
	Beizmittel	TMTD							Influx		
	Aussaatstärke	35 Kö/m ²							50 Kö/m ²		
	Reihenabstand (cm)	30				15			30		

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Anzahl Reihen	20				40			20	
	Aussaatdatum	03.06.2014				26.10.2014			12.06.2014	
Düngung	1. N- Düngergabe									
	Datum	28.07.2014				28.07.2014			28.07.2014	
	N kg/ha	90				45			90	
	KAS dt/ha	3,33				1,6			3,33	
Düngung	2. N- Düngergabe									
	Datum					04.09.2014				
	N kg/ha					45				
Pflanzenschutz	Herbizid								18.07.2014 1,5 l/ha B235	
	sonstiges	24.07.2014 Handhacke								
Ernte	Datum	21.10.2014				28.07.2014			21.10.2014	
	Bemerkung	GP				1. Schnitt			GP	
	dt TM/ha	111,65				11,4			113,03	
	dt FM/ha	426,42				49,22			443,71	
	% TS	26,11				23,20			25,45	
	Datum					21.10.2014				
	Bemerkung					2. Schnitt				
	dt TM/ha					14,47				
dt FM/ha					81,5					
% TS					17,76					

Tab. 6-7: Anbaudaten 2014/15 der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 6. Anlage Grundversuch (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Haupt.- Erstfrucht	Mais	Grünroggen	Grünroggen	Lu- zerneklee gras	Weidelgras	Grünroggen	Mais mit Untersaat	Sonnenblume	Mais
Bodenbe- arbeitung	Mulcher		06.10.2014	06.10.2014			06.10.2014			
	Grubber	04.11.2014	06.10.2014	06.10.2014	09.08.13		06.10.2014	04.11.2014	04.11.2014	
	Kreiselegge	21.04.2015	06.10.2014	06.10.2014	03.09.13		06.10.2014	23.03.2015	21.04.2015	21.04.2015
Aussaat	Sorte	Cannavaro	Dukato	Dukato	AFMT		Dukato	Untersaa- tenmischung / Cannavaro	Metharoc	Cannavaro
	Beizmittel	Mesurool	Landor CT	Landor CT			Landor CT	Mesurool		Mesurool
	Aussaatstärke	10 Kö/m ²	250 Kö/m ² - 100 kg/ha	250 Kö/m ² - 100 kg/ha	30 kg/ha		250 Kö/m ² - 100 kg/ha	15 kg/ha / 10 Kö/m ²	18 Kö/m ²	10 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)	75	15	15	15		15	75	75	75
	Anzahl Reihen	8	40	40	40		40	8	8	8
	Aussaatdatum vereinzelt	21.04.2015	06.10.2014	06.10.2014	04.09.2013		06.10.2014	23.03.2015 / 23.04.2015	24.04.2015 02.06.2015	21.04.2015
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015
	P2O5 kg/ha	121	132	282	121	121	282	132	150	121
	K2O kg/ha	242	264	264	242	242	264	264	175	242
	MgO kg/ha	44	48	48	44	44	48	48	0	44
	S kg/ha	66	72	72	66	66	72	72	0	66
	CaO kg/ha	187	204	204	187	187	204	204	0	187
	11-22-4-6S-17CaO Phosphatkali dt/ha	11,0	12,0	12,0	11,0	11,0	12,0	12,0		11,0
	Kalisulfat 50% dt/ha								3,5	
	Superphosphat 18% dt/ha			3,0			3,0		3,0	
Kalkung										
Datum	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015
CaO kg/ha	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Optiflor 80/10 dt/ha	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	Unterfußdüngung							23.04.2015		
	Datum							46		
	N kg/ha							1		
	Alzon dt/ha									
	1. N- Düngergabe									
	Datum	20.04.2015	10.03.2015	10.03.2015		10.03.2015	10.03.2015	29.06.2015	20.05.2015	20.04.2015
	N kg/ha	156	60	60		60	60	130	60	156
	KAS dt/ha		2,2	2,2		2,2	2,2	4,9	2,2	
	Alzon dt/ha	3,4								3,4
	2. N- Düngergabe									
Datum		16.04.2015	16.04.2015			16.05.2015				
N kg/ha		30	30			13,5				
KAS dt/ha		1,1	1,1			0,5				
Pflanzenschutz	Herbizid	19.05.2015 1,25 l/ha Elumis + 1,25 l/ha Dual Gold + 20 gr/ha Peak	27.10.2014 0,8 l/ha Baccara Forte	27.10.2014 0,8 l/ha Baccara Forte			27.10.2014 0,8 l/ha Baccara Forte	18.03.2015 3,75 l/ha Roundup Powerflex	23.04.2015 4 l/ha Bandur + 1,5 l/ha Dual Gold	19.05.2015 1,25 l/ha Elumis + 1,25 l/ha Dual Gold + 20 gr/ha Peak
							12.05.2015 Bandsprit- zung: 1 l/ha ClioStar + 1 l/ha Spectrum			
	Sonstiges	19.06.2015 Tricho- gramma						02.06.2015 Schröpf- schnitt		19.06.2015 Tricho- gramma
		07.07.2015 Tricho- gramma						19.06.2015 Tricho- gramma		07.07.2015 Tricho- gramma
Ernte	Datum	26.08.2015	07.05.2015	07.05.2015	09.06.2015	07.05.2015	07.05.2015	26.08.2015	17.08.2015	26.08.2015
	Bemerkung dt TM/ha	GPS 191,57	GPS 46,77	GPS 56,08	1.Schnitt 70,19	GPS 43,74	GPS 56,97	GPS 123,87	GPS 133,20	GPS 186,80

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
	dt FM/ha	590,68	255,56	319,17	298,69	241,94	313,89	399,44	706,94	559,44
	% TS	32,51	18,40	17,57	23,74	18,29	18,21	31,11	18,85	33,45
	Datum				17.08.2015					
	Bemerkung				2.Schnitt					
	dt TM/ha				48,96					
	dt FM/ha				233,89					
	% TS				21,25					
	Datum				14.10.2015					
	Bemerkung				3.Schnitt					
	dt TM/ha				9,96					
	dt FM/ha				55,83					
	% TS				18,10					
	Zweitfrucht		Mais	Sudangras		Mais	Sudangras		ZF	
Bodenbe- arbeitung	Mulcher		12.05.2015	12.05.2015		12.05.2015	12.05.2015		25.08.2015	
	Grubber									
	Fräse		13.05.2015	13.05.2015		13.05.2015	13.05.2015			
	Kreiselegge		13.05.2015	13.05.2015		13.05.2015	13.05.2015		03.09.2015	
Aussaat	Sorte		NK Silotop	Freya		NK Silotop	Freya		Phaci/ Lileja	
	Beizmittel		Mesuroi	Thiram		Mesuroi	Thiram			
	Aussaatstärke		10 Kö/m ²	35 Kö/m ²		10 Kö/m ²	35 Kö/m ²		15/20 kg/ha	
	Reihenabstand (cm)		75	25		75	25		15	
	Anzahl Reihen		8	20		8	20		40	
	Aussaatdatum		13.05.2015	13.05.2015		13.05.2015	13.05.2015		03.09.2015	
	Vlies									
Düngung	1. N- Düngergabe									
	Datum		29.06.2015	29.06.2015		29.06.2015	29.06.2015			
	N kg/ha		100	70		100	51			
	KAS dt/ha		3,7	2,6		3,7	1,9			
Pflanzenschutz	Herbizid		09.06.2015	03.06.2015		09.06.2015	03.06.2015			

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6 (12)	FF 7 (13)	FF 8 (15)	FF 9 (11)
			1,25 l/ha Elumis + 20 gr/ha Peak + 1,25 l/ha Dual Gold	1,25 l/ha Spectrum + 2,5 l/ha Stomp Aqua		1,25 l/ha Elumis + 20 gr/ha Peak + 1,25 l/ha Dual Gold	1,25 l/ha Spectrum + 2,5 l/ha Stomp Aqua			
	sonstiges		19.06.2015 Tricho- gramma 07.07.2015 Tricho- gramma			19.06.2015 Trichogramma 07.07.2015 Trichogramma				
Ernte	Datum Bemerkung dt TM/ha dt FM/ha % TS		18.09.2015 GPS 136,99 368,89 37,16	18.09.2015 GPS 102,71 312,22 32,90		18.09.2015 GPS 151,33 403,06 37,55	18.09.2015 GPS 100,33 311,11 32,29			

Tab. 6-8: Anbaudaten 2012/13 der Fruchtfolgen 1 bis 3 und 9 (11) in der 3. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3	FF 9 (11)
	Fruchtart	W.Triticale	W.Triticale	W.Triticale	Mais
Bodenbearbeitung	Pflug	19.11.2012	19.11.2012	19.11.2012	
	Grubber				04.04.2013
	Kreiselegge	19.11.2012	19.11.2012	19.11.2012	24.04.2013
Aussaat	Sorte	Agostino	Agostino	Agostino	Cannavaro
	Beizmittel	Rubin TT	Rubin TT	Rubin TT	Mesurool
	Aussaatstärke	400 Kö/m ² 180 kg/ha	400 Kö/m ² 180 kg/ha	400 Kö/m ² 180 kg/ha	10 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)	15	15	15	75
	Anzahl Reihen/Parzelle	40	40	40	8
	Aussaatdatum	19.11.2012	19.11.2012	19.11.2012	25.04.2013
Düngung	Grunddüngung				
	Datum	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013
	P ₂ O ₅ kg/ha	64,8	84,6	97,8	134
	K ₂ O kg/ha	216	219	366	417
	MgO kg/ha	21,6	32,4	28,8	49,2
	8-15-6-4 (Thomaskali) dt/ha	3,6	5,4	4,8	8,2
	Kali 60er gran dt/ha	2,7	2,3	4,9	4,9
	Superphosphat (18%) dt/ha	2,0	2,3	3,3	3,8
	1. N- Düngergabe				
	Datum	15.03.2013	15.03.2013	15.03.2013	24.04.2013
	N kg/ha	50	50	50	178
	KAS dt/ha	1,9	1,9	1,9	
	Alzon dt/ha				3,9
	2. N- Düngergabe				
	Datum	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	
	N kg/ha	70	78	70	
	KAS dt/ha	2,6	2,9	2,6	
Kalkung					
Datum	19.04.2013	19.04.2013	19.04.2013	19.04.2013	
Kalk CaO kg/ha	1500	1500	1500	1500	
Optiflor dt/ha	30	30	30	30	
Pflanzenschutz	Herbizid	16.04.2013 Platform S(1kg/ha)	16.04.2013 Platform S(1kg/ha)	16.04.2013 Platform S(1kg/ha)	18.05.2013 Cliostar 1l/ha Spectrum 1l/ha
	Fungizid		19.06.2013 Prosaro 1l/h		
	Insektizid		19.06.2013 Biscaya 0,3l/ha		
	sonstiges				05.07.2013 Trichogramma 19.07.2013 Trichogramma
Ernte	Datum	02.07.2013	01.08.2013	02.07.2013	09.09.2013
	Bemerkung	GP	Korn	GP	GP
	dt TM/ha	139,17	79,25	139,53	161,01

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 9 (11)
	dt FM/ha	417,35	89,32	414,37	553,11
	% TS	33,35	85,82	33,67	29,34
	Bemerkung		Stroh		
	dt TM/ha		76,24		
	dt FM/ha		80,53		
	% TS		94,73		
Zweitfrucht		Phacelia		Weidelgras	
Bodenbearbeitung	Grubber	02.07.2013		02.07.2013	
	Fräse	05.07.2013		05.07.2013	
	Schröpfschnitt			22.08.2013	
Aussaat	Sorte	Phaci		Melworld	
	Aussaatstärke	12 kg/ ha		40 kg/ ha	
	Reihenabstand (cm)	15		15	
	Anzahl Reihen/Parzelle	40		40	
	Aussaatdatum	08.07.2013		08.07.2013	
	Walzen	09.07.2013		09.07.2013	
	Nachsaat	22.08.2013			
Ernte	Datum	05.11.2013		05.11.2013	
	Bemerkung	GP		GP	
	dt TM/ha	5,43		7,53	
	dt FM/ha	33,03		33,95	
	% TS	16,34		22,29	

Tab. 6-9: Anbaudaten 2013/14 der Fruchtfolgen 1 bis 3 und 9 (11) in der 3. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3	FF 9 (11)
	Fruchtart	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	Mais
Bodenbearbeitung	Pflug	12.11.2013	12.11.2013	12.11.2013	12.11.2013
	Kreiselegge	12.11.2013	12.11.2013	12.11.2013	11.04.2014
Aussaat	Sorte	Cubus	Cubus	Cubus	Cannavaro
	Beizmittel	Landor CT	Landor CT	Landor CT	Mesurool
	Aussaatstärke	193kg 400 Kö/m ²	193kg 400 Kö/m ²	193kg 400 Kö/m ²	10 Pfl./m ²
	Reihenabstand (cm)	15	15	15	75
	Anzahl Reihen/Parzelle	40	40	40	8
	Aussaatdatum	12.11.2013	12.11.2013	12.11.2013	11.04.2014
Düngung	Grunddüngung				
	Datum	05.02.2014	05.02.2014	05.02.2014	30.01.2014 (Phosphatkali) 05.02.2014 (60er-Kali)
	P ₂ O ₅ kg/ha	75,9	75,9	75,9	126,5
	K ₂ O kg/ha	151,8	151,8	151,8	373
	MgO kg/ha	27,6	27,6	27,6	46
	S kg/ha	41,4	41,4	41,4	69
	CaO kg/ha	117,3	117,3	117,3	195,5

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 9 (11)
	Fruchtart	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	Mais
	11-22-4-6S-17CaO Phosphatkali dt/ha	6,9	6,9	6,9	11,5
	60er- Korn- Kali 60% dt/ha				2,0
	1. N- Düngergabe				
	Datum	06.03.2014	06.03.2014	06.03.2014	10.04.2014
	N kg/ha	80	80	80	175
	KAS dt/ha	3	3	3	
	Alzon dt/ha				3,8
	2. N- Düngergabe				
	Datum	14.04.2014	14.04.2014	14.04.2014	
	N kg/ha	51	51	41	
	KAS dt/ha	1,9	1,9	1,5	
	3. N- Düngergabe				
	Datum	15.05.2014	15.05.2014	15.05.2014	
	N kg/ha	40	40	40	
	KAS dt/ha	1,5	1,5	1,5	
Pflanzenschutz	Herbizid	07.03.2014 2 l/ha Herbaflex	07.03.2014 2 l/ha Herbaflex	07.03.2014 2 l/ha Herbaflex	06.05.2014 1 l/ha ClioStar + 1 l/ha Spectrum
	Fungizid	28.05.2014 1 l/ha Prosaro	28.05.2014 1 l/ha Prosaro	28.05.2014 1 l/ha Prosaro	
	Insektizid	28.05.2014 0,3 l/ha Biscaya	28.05.2014 0,3 l/ha Biscaya	28.05.2014 0,3 l/ha Biscaya	
Ernte	Datum	17.07.2014	17.07.2014	17.07.2014	08.09.2014
	Bemerkung	Korn	Korn	Korn	GPS
	dt TM/ha	64,7	45,86	57	172,39
	dt FM/ha	73,35	51,92	64,73	538
	% TS	88,19	88,30	88,08	31,95
	Bemerkung	Stroh	Stroh	Stroh	
	dt TM/ha	33,11	25,54	32,43	
dt FM/ha	35,65	28,04	35,68		
% TS	92,7	91,29	90,71		

Tab. 6-10: Anbaudaten 2014/15 der Fruchtfolgen 1 bis 3 und 9 (11) in der 3. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3	FF 9 (11)
	Vorfrucht		Senf	Senf	
Boden bearbeitung	Grubber		13.08.2014	13.08.14	
	Kreiselegge		13.08.2014	13.08.14	
Aussaat	Sorte		Hohenheimer	Hohenheimer	
	Beizmittel				
	Aussaatstärke		20 kg/ha	20 kg/ha	
	Reihenabstand (cm)		15	15	

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 9 (11)
	Anzahl Reihen		40	40	
	Aussaatdatum		13.08.2014	13.08.2014	
	Haupt - Erstfrucht	Wgerste	Zuckerhirse	Mais	Wweizen
Boden-bearbeitung	Mulcher		13.04.2014	13.04.2014	
	Grubber	04.08./ 30.09.2014	13.04.2014	13.04.2014	27.10.2014
	Kreiselegge	30.09.2014	21.05.2015	21.04.2015	27.10.2014
Aussaat	Sorte	Sandra	Herkules	Cannavaro	Cubus
	Beizmittel	Baytan	Maxim XL	Mesurool	Landor CT
	Aussaatstärke	340 Kö/m ² - 212 kg/ha	25 Kö/m ²	10 Kö/m ²	340 Kö/m ² - 169 kg/ha
	Reihenabstand (cm)	15	50	75	15
	Anzahl Reihen	40	12	8	40
	Aussaatdatum	30.09.2014	21.05.2015	21.04.2015	27.10.2014
Düngung	Grunddüngung				
	Datum	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015
	P2O5 kg/ha	143	143	143	77
	K2O kg/ha	286	286	286	154
	MgO kg/ha	52	52	52	28
	S kg/ha	78	78	78	42
	CaO kg/ha	221	221	221	119
	11-22-4-6S-17CaO Phos- phatkali dt/ha	13,0	13,0	13,0	7,0
	Kalkung				
	Datum	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015
	CaO kg/ha	3000	3000	3000	3000
	Optiflor 80/10 dt/ha	37,5	37,5	37,5	37,5
	1. N- Düngergabe				
	Datum	10.03.2015	20.05.2015	20.04.2015	10.03.2015
	N kg/ha	60	150	170	80
	KAS dt/ha	2,2			3
	Alzon dt/ha		3,3	3,7	
	2. N- Düngergabe				
	Datum	16.04.2015			16.04.2015
	N kg/ha	40,5			48,6
KAS dt/ha	1,5			1,8	
3. N- Düngergabe					
Datum				20.05.2015	
N kg/ha				40	
KAS dt/ha				1,5	
Pflanzenschutz	Herbizid	27.10.2014	18.03.2015	18.03.2015	18.03.2015
		0,8 l/ha Bacca- ra Forte	3,75 l/ha Roundup Powerflex	3,75 l/ha Roundup Pow- erflex	300 gr/ha Atlantis + 1 kg/ha Platform S + 60 gr/ha Refine Extra SX
			09.06.2015	19.05.2015	

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 9 (11)
			1,25 l/ha Spectrum + 2,5 l/ha Stomp Aqua	1,25 l/ha Elumis + 1,25 l/ha Dual Gold + 20 gr/ha Peak	
	Fungizid				11.05.2015 0,9 l/ha Cham- pion + 0,9 l/ha Diamant 03.06.2015 1,25 l/ha Input Classic
	sonstiges			19.06.2015 Trichogramma 07.07.2015 Trichogramma	
Ernte	Datum	28.05.2015	12.10.2015	26.08.2015	16.07.2015
	Bemerkung	GPS	GPS	GPS	Korn
	dt TM/ha	101,95	183,10	264,63	61,52
	dt FM/ha	292,67	616,20	856,05	69,62
	% TS	34,83	29,73	30,93	88,56
	Bemerkung				Stroh
	dt TM/ha				82,08
	dt FM/ha				90,23
	% TS				90,95
	Zweitfrucht	Sudangras			
Bodenbe- arbeitung	Mulcher	28.05.2015			
	Grubber				
	Fräse	28.05.2015			
	Kreiselegge	28.05.2015			
Aussaat	Sorte	Freya			
	Beizmittel	Thiram			
	Aussaatstärke	35 Kö/m ²			
	Reihenabstand (cm)	25			
	Anzahl Reihen	20			
	Aussaatdatum	28.05.2015			
Düngung	1. N- Düngergabe				
	Datum	29.06.2015			
	N kg/ha	70			
	KAS dt/ha	2,6			
Pflanzenschutz	Herbizid	17.06.2015 1,5 l/ha Spec- trum + 2,5 l/ha Stomp Aqua			
Ernte	Datum	12.10.2015			
	Bemerkung	GPS			
	dt TM/ha	97,37			
	dt FM/ha	309,41			
	% TS	31,44			

Tab. 6-11: Anbaudaten 2012/13 der Fruchtfolgen 1 bis 3 in der 4. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3
Fruchtart		Mais	Grünroggen	Grünroggen
Bodenbearbeitung	Pflug		17.10.2012	17.10.2012
	Grubber	04.04.2013		
	Kreiselegge	24.04.2013		
Aussaat	Sorte	Cannavaro	Dukato	Dukato
	Beizmittel	Mesurool	Arena C	Arena C
	Aussaatstärke	10 Kö/m ²	300 Kö/m ² 140 kg/ha	300 Kö/m ² 140 kg/ha
	Reihenabstand (cm)	75	15	15
	Anzahl Reihen/Parzelle	8	40	40
	Aussaatdatum	25.04.2013	22.10.2012	22.10.2012
Düngung	Grunddüngung			
	Datum	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013
	P ₂ O ₅ kg/ha	134	159,8	180,6
	K ₂ O kg/ha	423	513	436,5
	MgO kg/ha	49,2	56,4	66,6
	8-15-6-4 (Thomaskali) dt/ha	8,2	9,4	11,1
	Kali 60er gran dt/ha	5,0	6,2	4,5
	Superphosphat (18%) dt/ha	3,8	4,7	5,1
	1. N- Düngergabe			
	Datum	24.04.2013	15.03.2013	15.03.2013
	N kg/ha	178	50	50
	Alzon dt/ha	3,9		
	KAS dt/ha		1,9	1,9
	2. N- Düngergabe			
	Datum		18.04.2013	18.04.2013
N kg/ha		13	25	
KAS dt/ha		0,5	0,9	
Kalkung				
Datum	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	
Kalk CaO kg/ha	1500	1500	1500	
Optiflor dt/ha	30	30	30	
Pflanzenschutz	Herbizid	18.05.2013 Cliostar 1l/ha Spectrum 1l/ha	16.04.2013 Platform S 1kg/ha	16.04.2013 Platform S 1kg/ha
	sonstiges	05.07.2013 Trichogramma 19.07.2013 Trichogramma		
Ernte	Datum	09.09.2013	21.05.2013	21.05.2013
	Bemerkung	GP	GP	GP
	dt TM/ha	191,85	72,01	66,921
	dt FM/ha	643,78	321,33	323,78
	% TS	30,38	22,26	20,56
Zweitfrucht			Mais	Sudangras
Bodenbearbeitung	Grubber		21.05.2013	21.05.2013

Tabelle fortgeführt			FF 1	FF 2	FF 3
	Kreiselegge			21.05.2013	21.05.2013
Aussaat	Sorte Beizmittel Aussaatstärke Reihenabstand (cm) Anzahl Reihen/Parzelle Aussaatdatum			Silotop Mesurool 10 Kö/m ² 75 8 21.05.2013	Freya Thiram 35 Kö/m ² 25 20 21.05.2013
Düngung	1. N- Düngergabe Datum N kg/ha KAS dt/ha			28.06.2013 80 3,0	28.06.2013 60 2,2
Pflanzenschutz	Herbizid			19.06.2013	26.06.2013
				Cliostar 1l/ha Spectrum 1l/ha	Spectrum 1,25l/ha + Stomp Aqua 2,5l/ha
	sonstiges			09.07.2013 Hacken 05.07.2013 Trichogramma 19.07.2013 Trichogramma	24.05.-13.06.13 Vlies 18.06.2013 Hacken
Ernte	Datum Bemerkung dt TM/ha dt FM/ha % TS			23.09.2013 GP 122,69 364,00 34,04	23.09.2013 GP 104,83 358,00 29,91

Tab. 6-12: Anbaudaten 2013/14 der Fruchtfolgen 1 bis 3 in der 4. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3
Fruchtart		W.Triticale	W.Triticale	W.Triticale
Bodenbearbeitung	Grubber	30.10.2013	30.10.2013	30.10.2013
	Kreiselegge	31.10.2013	31.10.2013	31.10.2013
Aussaat	Sorte	Agostino	Agostino	Agostino
	Beizmittel	Landor CT	Landor CT	Landor CT
	Aussaatstärke	176kg - 360 Kö/m ²	176kg - 360 Kö/m ²	176kg - 360 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)	15	15	15
	Anzahl Reihen/Parzelle	40	40	40
	Aussaatdatum	31.10.2013	31.10.2013	31.10.2013
Düngung	Grunddüngung			
	Datum	05.02.2014	30.01.2014	05.02.2014
	P ₂ O ₅ kg/ha	75,9	126,5	75,9
	K ₂ O kg/ha	151,8	253	151,8
	MgO kg/ha	27,6	46	27,6
	S kg/ha	41,4	69	41,4
	CaO kg/ha	117,3	195,5	117,3

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3
	-4-6S-17CaO Phosphatkali dt/ha	6,9	11,5	6,9
	1. N- Düngergabe			
	Datum	06.03.2014	06.03.2014	06.03.2014
	N kg/ha	60	60	60
	KAS dt/ha	2,2	2,2	2,2
	2. N- Düngergabe			
	Datum	14.04.2014	14.04.2014	14.04.2014
	N kg/ha	70	70	51
	KAS dt/ha	2,6	2,6	1,9
Pflanzenschutz	Herbizid	07.03.2014	07.03.2014	07.03.2014
		2 l/ha Herbaflex	2 l/ha Herbaflex	2 l/ha Herbaflex
	Fungizid		19.05.2014	
			0,9 l/ha Diamant + 0,9 l/ha Champion	
Ernte	Datum	17.06.2014	17.07.2014	17.06.2014
	Bemerkung	GP	Korn	GP
	dt TM/ha	143,47	74,1	100,67
	dt FM/ha	320,89	84,05	233,78
	%TS	45,88	88,13	43,64
	Bemerkung		Stroh	
	dt TM/ha		51,38	
	dt FM/ha		57,05	
	%TS		90,08	
Zweitfrucht		Phacelia		Weidelgras
Bodenbearbeitung	Grubber	30.06.2014		30.06.2014
	Kreiselegge	01.07.2014		01.07.2014
Aussaat	Sorte	Balo		Lemnos
	Aussaatstärke	12 kg/ha		40 kg/ha
	Reihenabstand (cm)	15		15
	Anzahl Reihen/Parzelle	40		40
	Aussaatdatum	01.07.2014		01.07.2014
Ernte	Datum	21.10.2014		21.10.2014
	Bemerkung	Gd		GPS
	dt TM/ha	16,1		13,68
	dt FM/ha	70,82		70,23
	% TS	23,25		19,31

Tab. 6-13 Anbaudaten 2014/15 der Fruchtfolgen 1 bis 3 in der 4. Anlage Versuch Risikoabschätzung (EVA III)

		FF 1	FF 2	FF 3
Haupt.- Erstfrucht		Wweizen	Wweizen	Wweizen
Bodenbearbeitung	Grubber	27.10.2014	27.10.2014	27.10.2014
	Kreiselegge	27.10.2014	27.10.2014	27.10.2014
Aussaat	Sorte	Cubus	Cubus	Cubus
	Beizmittel	Landor CT	Landor CT	Landor CT

Tabelle fortgeführt		Aussaatstärke	340 Kö/m ² - 169 kg/ha	340 Kö/m ² - 169 kg/ha	340 Kö/m ² - 169 kg/ha
		Reihenabstand (cm)	15	15	15
		Anzahl Reihen/Parzelle	40	40	40
		Aussaatdatum	27.10.2014	27.10.2014	27.10.2014
Düngung	Grunddüngung	Datum	03.02.2015	03.02.2015	03.02.2015
		P2O5 kg/ha	77	44	77
		K2O kg/ha	154	88	154
		MgO kg/ha	28	16	28
		S kg/ha	42	24	42
		CaO kg/ha	119	68	119
		11-22-4-6S-17CaO Phosphatkali dt/ha	7	4	7
		Kalkung			
		Datum	04.02.2015	04.02.2015	04.02.2015
		CaO kg/ha	2700	2700	2700
		Optiflor 80/10 dt/ha	34	34	34
		1. N- Düngergabe			
		Datum	10.03.2015	10.03.2015	10.03.2015
		N kg/ha	80	80	80
		KAS dt/ha	3	3	3
	2. N- Düngergabe				
	Datum	16.04.2015	16.04.2015	16.04.2015	
	N kg/ha	48,6	48,6	48,6	
	KAS dt/ha	1,8	1,8	1,8	
	3. N- Düngergabe				
	Datum	20.05.2015	20.05.2015	20.05.2015	
	N kg/ha	40	40	40	
	KAS dt/ha	1,5	1,5	1,5	
Pflanzenschutz	Herbizid		18.03.2015 300 gr/ha Atlantis + 1 kg/ha Platform S + 60 gr/ha Refine Extra SX	18.03.2015 300 gr/ha Atlantis + 1 kg/ha Platform S + 60 gr/ha Refine Extra SX	18.03.2015 300 gr/ha Atlantis + 1 kg/ha Platform S + 60 gr/ha Refine Extra SX
	Fungizid		11.05.2015 0,9 l/ha Champion + 0,9 l/ha Diamant	11.05.2015 0,9 l/ha Champion + 0,9 l/ha Diamant	11.05.2015 0,9 l/ha Champion + 0,9 l/ha Diamant
			03.06.2015 1,25 l/ha Input Classic	03.06.2015 1,25 l/ha Input Classic	03.06.2015 1,25 l/ha Input Classic
Ernte	Datum	16.07.2015	16.07.2015	16.07.2015	
	Bemerkung	Korn	Korn	Korn	
	dt TM/ha	75,03	82,59	72,9	
	dt FM/ha	83,03	91,62	80,62	
	%TS	90,34	90,15	90,43	
	Bemerkung	Stroh	Stroh	Stroh	
	dt TM/ha	61,93	65,68	61,26	
dt FM/ha	71,53	75,62	70,33		
	%TS	86,44	87,02	87,11	

6.2 Anhang Wetterdaten

Tab. 6-14: Übersicht der Monats- und Jahres-Niederschlagssummen (mm); Ettlingen; 2012 bis 2015 und langjähriges Mittel DWD Karlsruhe 1961-1990

Jahr	Monat												Jahressumme
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2012 ¹⁾	88	12	15	45	72	110	78	40	59	97	105	96	817
2013 ¹⁾	38	61	29	97	178	79	78	79	108	109	84	53	993
2014 ¹⁾	51	54	11	22	33	13	163	114	61	36	53	54	665
2015 ¹⁾	97	20	35	45	49	60	61	46	47	25	-	-	665
Monatsmittel 2012-2014	59	42	18	55	94	67	106	78	76	81	81	68	Jahresmittel 2012-2014 825
Langjähriges Mittel 1961-1990 ²⁾	57	54	54	60	80	85	70	67	54	58	65	67	Jahresmittel 1961-1990 771

¹⁾ Wetterstation LTZ Ettlingen, ²⁾ DWD Wetterstation Karlsruhe

Tab. 6-15: Übersicht der mittleren Monats- und Jahrestemperaturen (°C in 2 m Höhe); Ettlingen; 2012 bis 2015 und langjähriges Mittel DWD Karlsruhe 1961-1990

Jahr	Monat												Jahresmittel
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2012 ¹⁾	3,3	-2,4	8,1	9,2	15,2	17,5	18,3	19,7	14,4	9,1	5,6	3,3	10,1
2013 ¹⁾	1,5	-0,2	2,6	9,7	11,8	17,0	21,0	18,6	14,8	11,5	5,1	3,2	9,7
2014 ¹⁾	4,1	5,2	8,0	12,2	13,8	18,3	19,5	16,8	15,5	12,7	7,2	4,5	11,5
2015 ¹⁾	3,3	1,3	6,5	10,3	14,3	17,6	21,9	20,8	13,6	9,3	-	-	11,5
Monatsmittel 2012-2014	3,0	0,9	6,2	10,4	13,6	17,6	19,6	18,4	14,9	11,1	6,0	3,7	Jahresmittel 2012-2014 10,4
Langjähriges Mittel 1961-1990 ²⁾	1,2	2,5	6,0	9,9	14,3	17,5	19,6	18,9	15,4	10,4	5,3	2,2	Jahresmittel 1961-1990 10,3

¹⁾ Wetterstation LTZ Ettlingen, ²⁾ DWD Wetterstation Karlsruhe

6.3 Anhang Ökonomie

Tab. 6-16: Annahmen und Grundwerte der ökonomischen Auswertung

Betriebsstoff oder Faktoreinsatz	Wert	Einheit
Dieselpreis	1,2	[€/L]
Ölpreis	2	[€/L]
Stundenlohn	15	[€/h]
Strohpreis	74	[€/t]
Wassermenge_PSM	300	[L]
Betriebsstoffanteil	1	[%] von Dieselmenge
Zinssatz	5	[%]
KTBL_Mais_Referenzmethanertrag	338	[m ³ /ha]
Methanvergütung	0,33	[€/m ³]
Idifferentpreis_Weizen	192,5	[€/t]
Maissilage_Preis	33,5	[€/t]
Verkaufs_TM_Getreide_Marktfrucht	86	[%]
Verkaufs_TM_Raps_Marktfrucht	91	[%]
Verkaufs_TM_Sonnenblume_Marktfrucht	90	[%]
Molare_Masse_CH ₄	16	[g/mol]
Molare_Masse_CO ₂	44	[g/mol]
Molvolumen	22,4	[L/mol]
Gärrest_MDAE	70	[%]
Standard_Gärrest_TM	7	[%]
Standard_Gärrest_O_TM	72,1	[% in TM]
Standard_Gärrest_C	45,6	[% in TM]
Standard_Gärrest_N	7,43	[% in TM]
Standard_Gärrest_P	1,22	[% in TM]
Standard_Gärrest_K	6,25	[% in TM]
Standard_Gärrest_Schüttdichte	0,988	[t/m ³]

Quelle: KTBL-2014 u. 2013; Annahmen von Aurbacher & Kornatz et al.-2015.

Tab. 6-17: Nährstoffpreise für elementaren Reinnährstoff zur Bewertung von Düngemitteln und Gärresten

Nährstoff	Einheit	Preis
N	[€/kg]	1,25
P	[€/kg]	3,1
K	[€/kg]	1,2
Ca	[€/kg]	0,12
N_Gärrest	[€/kg]	1,09

Quelle: KTBL (2010)

Tab. 6-18: Grundpreise Druschfrüchte und Preise der Lohn­trocknung

Kultur	Grundpreis [€]	Trocknungskosten [€ je dt je 1% Wasserentzug]	Ziel-TM-Gehalt
Getreide	17,3	2,7	0,86
Körnermais	15	0,81	0,86
Raps	11,4	2,16	0,91
Sonnenblumen	6,5	5,4	0,9

Quelle: *KTBL-2014*

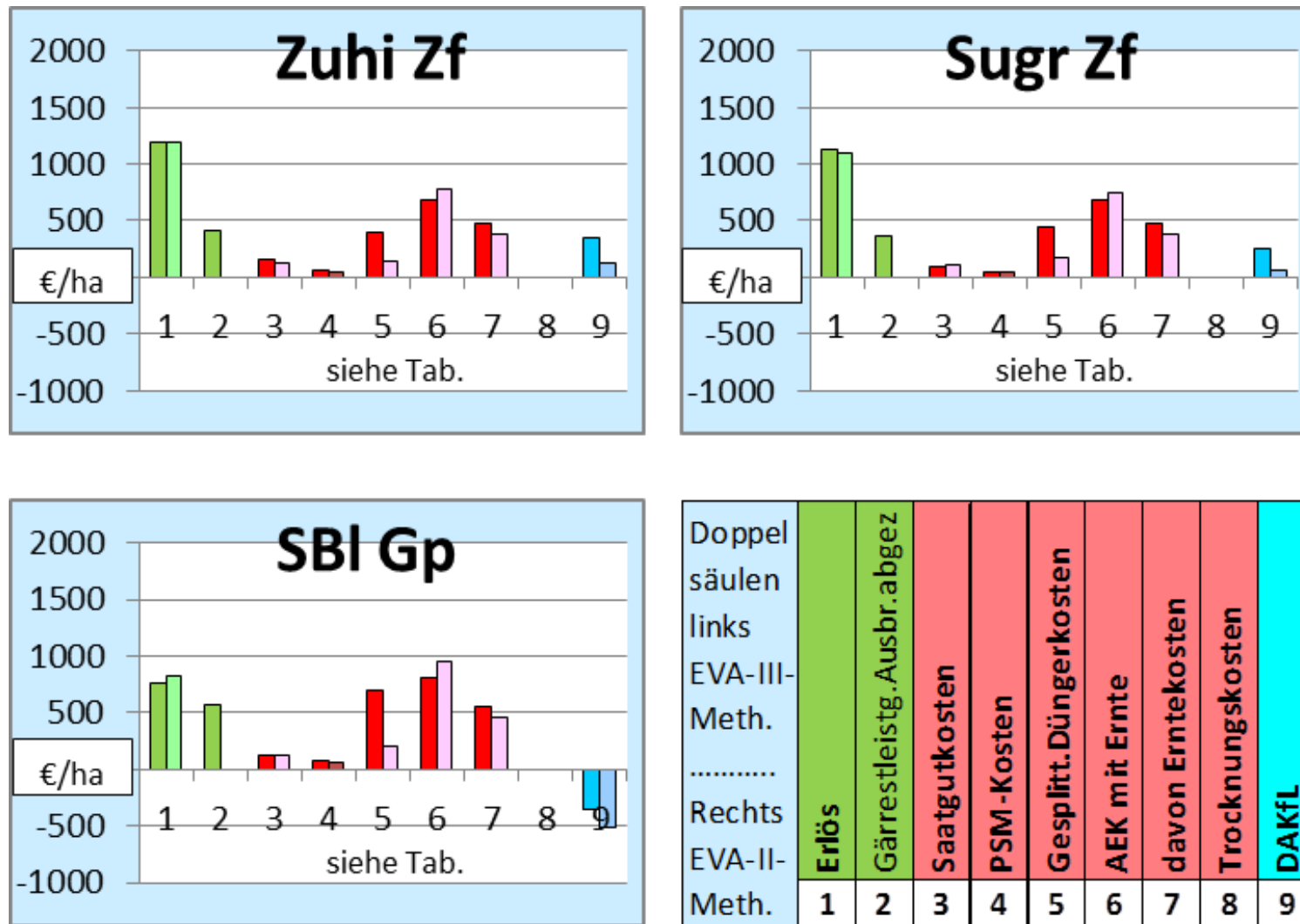


Abb. 6-1: Leistungen, Kosten und DAKfL (€/ha) von Zuckerhirse (Zf), Sudangras (Zf) und Sonnenblume (Gp) - Vergleich der Berechnungen EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II)

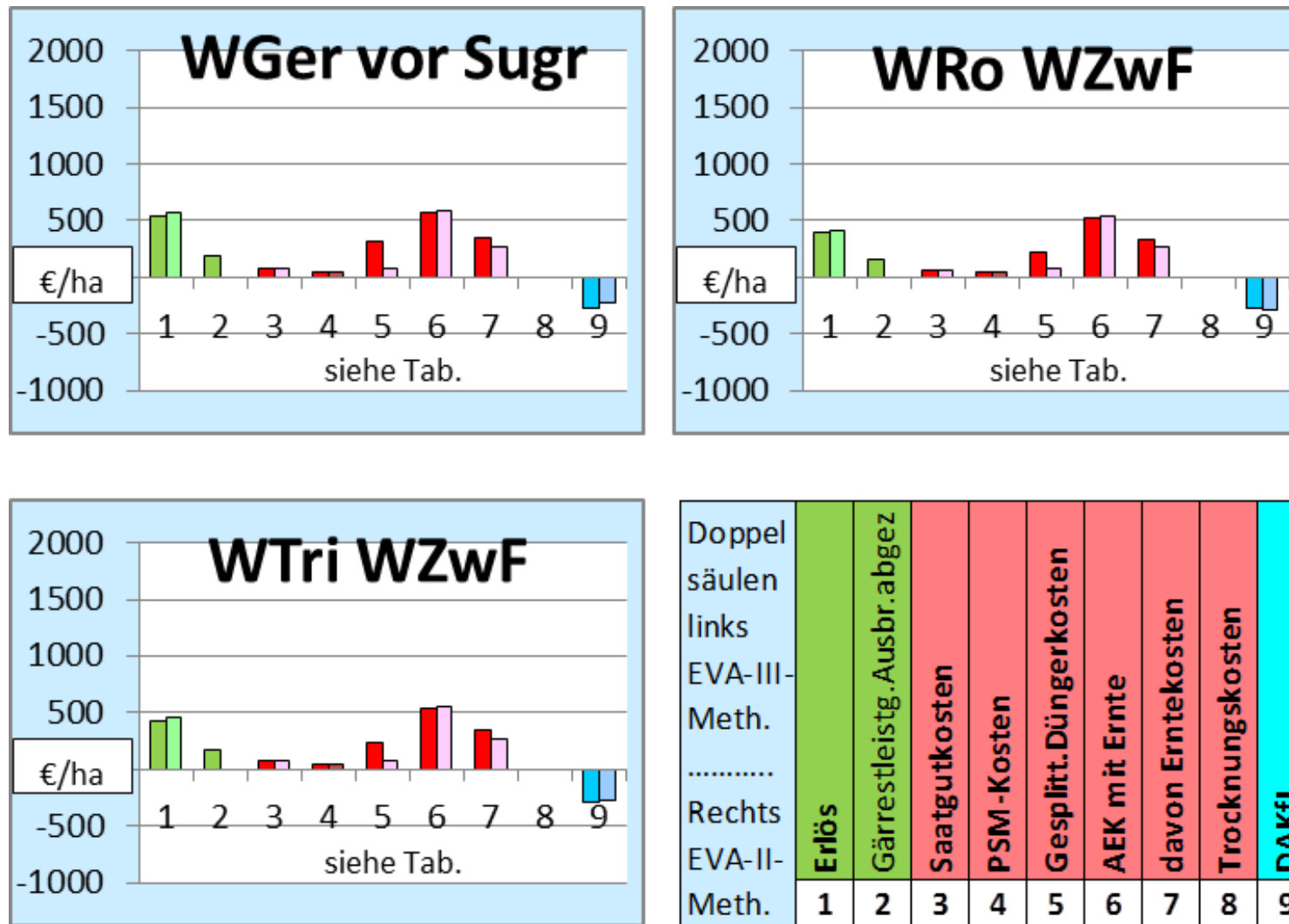


Abb. 6-2: Leistungen, Kosten und DAKfL(€/ha) von W.Gerste vor Sudangras, W.Roggen Zwischenfrucht und Wintertriticale Zwischenfrucht - Vergleich der Berechnungen EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II)

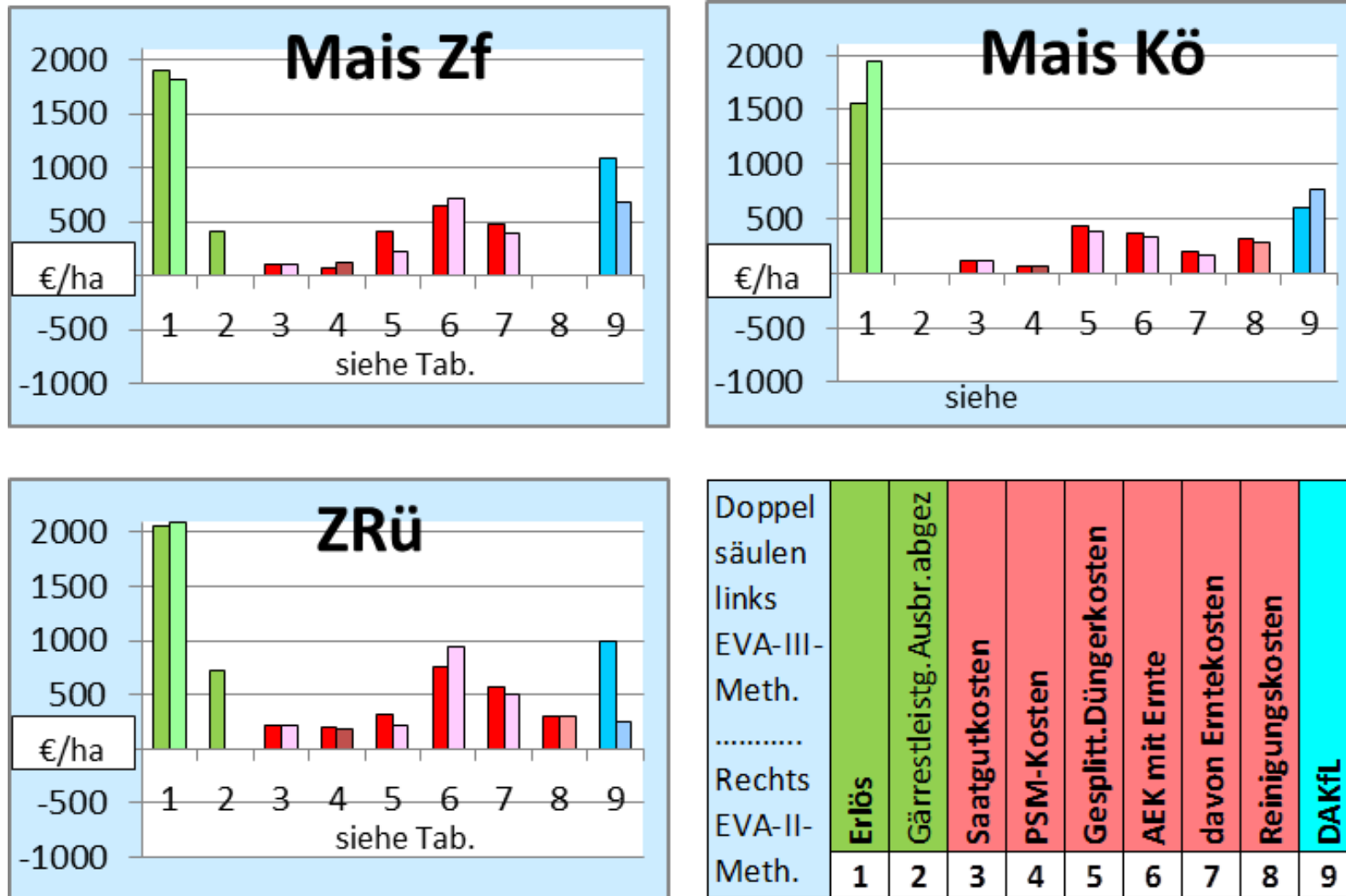


Abb. 6-3: Leistungen, Kosten und DAKfL (€/ha) von Mais (Zf), Körnermais und Zuckerrübe - Vergleich der Berechnungen EVA-III-Methode mit EVA-II-Methode (Ergebnisse EVA I und II)

Dünger- u. Reinigungskosten bei ZRü wie in EVA III angesetzt, z. Zt. der EVA-II-Auswertung waren die Reinigungskosten noch wesentl. höher.

Tab. 6-19: DAKfL €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)

DAKfL 05. Anlage (=01. Anlage EVA III)								
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen								
01	FA	-	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	-
	€/ha	-	320	250	730	190	-430	-
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	-
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	-	-
	€/ha	-150	560	-370	140	80	-	-
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-
	€/ha	-150	650	-220	-50	80	-590	-
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	-
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	-	-
	€/ha	-170	40	-310	-290	270	-	-
05	FA	-	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rückö	-
	€/ha	-	270	-330	200	310	360	-
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-
	€/ha	-150	640	-220	-130	120	-600	-
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	-
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	-
	€/ha	-330	70	-290	-120	-360	-	-
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	-
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	-	-
	€/ha	340	360	-740	-390	-230	-	-
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	-	-
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	-	-
	€/ha	-150	660	830	700	-	-	-

DAKfL 06. Anlage (=02. Anlage EVA III)								
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen								
01	FA	-	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	-
	€/ha	-	180	216	1000	-	-	-
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	-
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	-	-
	€/ha	-250	1260	-440	320	-	-	-
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-
	€/ha	-240	1450	-380	40	-	-	-
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	-
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	-	-
	€/ha	-220	230	180	-	-	-	-
05	FA	-	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	-	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rückö	-
	€/ha	-	300	-510	-130	510	-	-
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-
	€/ha	-240	1690	-360	40	-	-	-
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	-
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	-	-
	€/ha	-380	180	-20	-	-	-	-
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	-
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	-	-
	€/ha	-110	280	130	-390	-	-	-
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	-	-
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	-	-	-
	€/ha	-260	1470	800	-	-	-	-

Tab. 6-20: Erlös €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)

05. Anlage Erlös								
Fruchtfolgen	FF-Glieder	0	1	2	3	4	5	6
	01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
Stell.		#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
€/ha		0	1119	989	1906	929	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	
	€/ha	0	1333	353	1164	1058	0	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	1613	535	814	879	91	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	1012	637	282	1271	0	
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	Hf / Korn
	€/ha	0	781	274	717	1353		
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	1611	518	766	835	111	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	590	1092	699	593	0	
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	869	1013	587	0	777	0	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	0	1683	2063	1741	0	0	0

06. Anlage Erlös								
Fruchtfolgen	FF-Glieder	0	1	2	3	4	5	6
	01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
Stell.		#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
€/ha		0	993	936	1806	0	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	0
	€/ha	0	1728	374	1280	0	0	0
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	2066	448	888	0	0	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	0
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	0	947	978	0	0	0	0
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	Hf / Korn
	€/ha	0	966	237	390	1414	0	0
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	2265	455	868	0	0	0
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	0	490	968	0	0	0	0
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	538	932	786	0	0	0	0
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	0	2076	1761	0	0	0	0

Tab. 6-21: Gärrestleistung €/ha (Ausbringungskosten abgezogen) in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)

05. Anlage Inkludierte_Gärrestleistung								
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen								
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	299	324	504	206	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	
	€/ha	0	520	160	189	0	0	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	500	190	265	193	26	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	608	302	171	219	0	
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / RüKö	Hf / Korn
	€/ha	0	405	212	263	227		
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	492	183	240	170	40	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	417	320	320	161	0	
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	415	301	190	0	267	0	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	0	461	431	357	0	0	0

06. Anlage Inkludierte_Gärrestleistung								
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen								
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	211	327	423	0	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	0
	€/ha	0	517	182	241	0	0	0
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	508	230	228	0	0	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	0
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	0	509	446	0	0	0	0
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / RüKö	Hf / Korn
	€/ha	0	292	87	181	263	0	0
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	464	225	228	0	0	0
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	0	319	302	0	0	0	0
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	251	324	531	0	0	0	0
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	0	482	396	0	0	0	0

Tab. 6-22: Saatgutkosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)

05. Anlage Saatgutkosten								
Fruchtfolgen		0	1	2	3	4	5	6
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	82	92	160	54	102	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	
	€/ha	43	60	50	160	54	0	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	43	160	50	92	54	130	0
04	FA	LuzKIGr	LuzKIGr	LuzKIGr	LuzKIGr	Mais	WWei	
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	114	0	0	0	160	0	
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / RüKö	Hf / Korn
	€/ha	0	68	84	0	160		
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	43	160	50	92	54	130	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	225	0	160	56	110	0	
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	80	66	108	159	160	0	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	43	160	160	160	0	0	0

06. Anlage Saatgutkosten								
Fruchtfolgen		0	1	2	3	4	5	6
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	96	92	160	0	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	0
	€/ha	43	60	39	160	0	0	0
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	43	160	39	77	0	0	0
04	FA	LuzKIGr	LuzKIGr	LuzKIGr	LuzKIGr	Mais	WWei	0
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	114	0	0	0	0	0	0
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / RüKö	Hf / Korn
	€/ha	0	106	0	0	160	0	0
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	160	39	77	0	0	0
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	133	0	160	0	0	0	0
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	64	66	150	159	0	0	0
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	43	160	160	0	0	0	0

Tab. 6-23: PSM-Kosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)

05. Anlage PSM Kosten								
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen								
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	27	39	72	41	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	
	€/ha	0	39	0	72	192	0	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	72	0	50	41	0	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	0	0	0	63	0	
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	Hf / Korn
	€/ha	0	0	0	0	72		
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	72	0	50	41	0	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	0	72	0	19	0	
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	0	27	68	0	62	0	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	0	72	72	63	0	0	0

06. Anlage PSM Kosten								
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen								
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	47	0	63	0	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	0
	€/ha	0	50	41	63	0	0	0
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	72	41	39	0	0	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	0
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	0	0	0	0	0	0	0
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	Hf / Korn
	€/ha	0	14	0	0	63	0	0
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	72	41	39	0	0	0
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	0	0	62	0	0	0	0
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	14	30	125	0	0	0	0
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	0	72	63	0	0	0	0

Tab. 6-24: Gesplittete Düngerkosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)

05. Anlage Gesplittete Düngerkosten								
Fruchtfolgen		0	1	2	3	4	5	6
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	472	383	690	335	238	159
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	
	€/ha	0	456	416	420	389	265	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	565	417	388	389	225	128
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	251	336	389	454	139	
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rückö	Hf / Korn
	€/ha	0	303	193	371	404		
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	566	390	358	294	214	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	382	749	532	490	139	
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	312	215	758	77	551	366	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	0	591	705	519	381	0	0

06. Anlage Gesplittete Düngerkosten								
Fruchtfolgen		0	1	2	3	4	5	6
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	363	343	403	264	62	62
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	0
	€/ha	47	155	415	426	96	96	0
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	40	195	452	431	81	81	81
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	0
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	0	207	252	252	49	49	0
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rückö	Hf / Korn
	€/ha	0	307	282	329	373	62	62
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	162	434	410	81	81	81
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	85	151	541	355	135	135	0
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	310	343	269	203	49	49	0
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	56	211	459	320	118	0	0

Tab. 6-25: AEK mit Ernte €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)

05. Anlage AEK mit Ernte								
Fruchtfolgen		0	1	2	3	4	5	6
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	521	550	761	510	87	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	
	€/ha	109	737	419	558	347	0	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	109	670	481	599	507	351	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	60	1324	914	359	542	0	
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	Hf / Korn
	€/ha	0	545	542	407	629		
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	109	667	477	635	492	407	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	109	556	658	553	492	0	
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	553	647	580	151	506	0	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	109	656	730	658	0	0	0

06. Anlage AEK mit Ernte								
Fruchtfolgen		0	1	2	3	4	5	6
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	517	611	603	0	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	0
	€/ha	160	717	498	552	0	0	0
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	160	700	525	529	0	0	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	0
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	103	1016	997	0	0	0	0
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	Hf / Korn
	€/ha	0	534	553	368	566	0	0
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	645	523	528	0	0	0
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	159	474	525	0	0	0	0
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	511	540	647	28	0	0	0
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	160	647	671	0	0	0	0

Tab. 6-26: Erntekosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)

05. Anlage Inkludierte Erntekosten								
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	414	419	525	365	0	0
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	414	419	525	365	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	
	€/ha	0	525	338	369	178	0	
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	514	352	389	358	265	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	1302	904	335	385	0	
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	Hf / Korn
	€/ha	0	454	352	389	391		
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	511	349	377	349	271	
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	
	€/ha	0	469	397	414	335	0	
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	462	409	349	0	390	0	
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	0	500	494	459	0	0	0

06. Anlage Inkludierte Erntekosten								
FF-Glieder		0	1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	370	418	484	0	0	0
01	FA	#NV	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn
	€/ha	0	370	418	484	0	0	0
02	FA	Senf	ZHirse	WRog	Mais	WTrit	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn	0
	€/ha	0	523	349	395	0	0	0
03	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	526	375	372	0	0	0
04	FA	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	LuzKlGr	Mais	WWei	0
	Stell.	SB / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	WZwF / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	0	1006	976	0	0	0	0
05	FA	#NV	WTri.Erbs	WelschW	WelschW	Mais	ZR	WWei
	Stell.	#NV	Hf / Gp	StS / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Rükö	Hf / Korn
	€/ha	0	400	546	344	409	0	0
06 (12)	FA	Senf	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn
	€/ha	0	515	373	372	0	0	0
07 (13)	FA	Buchw.Pha	Blühm	Mais,Blühm	WTri.Wick	SuGr	WWei	0
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	0
	€/ha	0	409	407	0	0	0	0
08 (15)	FA	WTri.Wick	SuGr	Sblu	Buchw.Pha	Mais,Blühm	WWei	#NV
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV
	€/ha	378	425	530	0	0	0	0
09 (11)	FA	Senf	Mais	Mais	Mais	WWei	#NV	#NV
	Stell.	StS / Gd	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	Hf / Korn	#NV	#NV
	€/ha	0	516	471	0	0	0	0

Tab. 6-27: Trocknungskosten/Reinigungskosten €/ha in 5. und 6. Anlage EVA III (Grundversuch, Methode EVA III)

Keine Trocknungskosten angefallen.

Reinigungskosten für Zuckerrübe 213,91 €/ha (3 €/t Frischmasse).

Tab. 6-28: DAKfL €/ha in 7. und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)

3. Anlage Risikoabschätzung DAKfL								
FF-Glieder		4	5	6	0	1	2	3
Fruchtfolgen								
01	FA	WTrit	Phac	WWei		WGer	SuGr	Mais
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn		Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Gp
	€/ha	350	-650	130		32	15	-
02	FA	WTrit	WWei		Senf	ZHirse	WRog	Mais
	Stell.	Hf / Korn	Hf / Korn		StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp
	€/ha	90	-240		-100	620	-	-
03	FA	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais	WRog	SuGr
	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp
	€/ha	300	-950	50	-100	1590	-	-
(09) 11	FA	Mais				WWei	Mais	Mais
	Stell.	Hf / Gp				Hf / Korn	Hf / Gp	Hf / Gp
	€/ha	150				140	-	-100
4. Anlage Risikoabschätzung DAKfL								
FF-Glieder		2	3	4	5	6	0	1
Fruchtfolgen								
01	FA	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei		WGer
	Stell.	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn		Hf / Gp
	€/ha	-	480	570	-420	-260		-
02	FA	WRog	Mais	WTrit	WWei		Senf	ZHirse
	Stell.	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn		StS / Gd	Hf / Gp
	€/ha	-300	140	260	350		-	-
03	FA	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais
	Stell.	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	StS / Gd	Hf / Gp
	€/ha	-340	-80	180	-480	180	-	-

Tab. 6-29: Erlös €/ha in 7. und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)

3. Anlage Risikoabschätzung Erlös								
FF-Glieder		4	5	6	0	1	2	3
Fruchtfolgen	FA	WTrit	Phac	WWei		WGer	SuGr	Mais
	01	Stell.	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn		Hf / Gp	StS / Gp
€/ha		1274	0	1284		944	0	-
FA		WTrit	WWei		Senf	ZHirse	WRog	Mais
02	Stell.	Hf / Korn	Hf / Korn		StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp
	€/ha	1391	909		0	0	-	-
	FA	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais	WRog	SuGr
03	Stell.	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	StS / Gd	Hf / Gp	WZwF / Gp	Zf / Gp
	€/ha	1278	63	1133	0	2495	-	-
	FA	Mais				WWei	Mais	Mais
(09) 11	Stell.	Hf / Gp				Hf / Korn	Hf / Gp	Hf / Gp
	€/ha	1655				1218	-	1513

4. Anlage Risikoabschätzung Erlös								
FF-Glieder		2	3	4	5	6	0	1
Fruchtfolgen	FA	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei		WGer
	01	Stell.	StS / Gp	Hf / Gp	Hf / Gp	StS / Gd	Hf / Korn		Hf / Gp
€/ha		-	1802	1287	0	1453		-
FA		WRog	Mais	WTrit	WWei		Senf	ZHirse
02	Stell.	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Korn	Hf / Korn		StS / Gd	Hf / Gp
	€/ha	647	1204	1309	1603		-	-
	FA	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais
03	Stell.	WZwF / Gp	Zf / Gp	Hf / Gp	StS / Gp	Hf / Korn	StS / Gd	Hf / Gp
	€/ha	601	860	903	112	1411	-	-

Tab. 6-30: Gärrestleistung mit Ausbringung €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)

3. Anlage Risikoabschätzung Inkludierte_Gärrestleistung								
FF-Glieder		4	5	6	0	1	2	3
Fruchtfolgen	FA	WTrit	Phac	WWei		WGer	SuGr	Mais
	01	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf	StS / Hf
€/ha		298	0	0		202	0	-
FA		WTrit	WWei		Senf	ZHirse	WRog	Mais
02	Stell.	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	0	0		0	0	-	-
	FA	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais	WRog	SuGr
03	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	295	18	0	0	627	-	-
	FA	Mais				WWei	Mais	Mais
(09) 11	Stell.	Hf / Hf				Hf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf
	€/ha	386				0	-	400

4. Anlage Risikoabschätzung Inkludierte_Gärrestleistung								
FF-Glieder		2	3	4	5	6	0	1
Fruchtfolgen	FA	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei		WGer
	01	Stell.	StS / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	
€/ha		-	463	197	0	0		-
FA		WRog	Mais	WTrit	WWei		Senf	ZHirse
02	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	234	250	0	0		-	-
	FA	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais
03	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	240	265	144	47	0	-	-

Tab. 6-31: Saatgutkosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)

3. Anlage Risikoabschätzung Saatgutkosten								
FF-Glieder		4	5	6	0	1	2	3
Fruchtfolgen								
01	FA	WTrit	Phac	WWei		WGer	SuGr	Mais
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	71	102	80		87	77	-
02	FA	WTrit	WWei		Senf	ZHirse	WRog	Mais
	Stell.	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	71	80		43	115	-	-
03	FA	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais	WRog	SuGr
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	71	130	80	43	160	-	-
(09) 11	FA	Mais				WWei	Mais	Mais
	Stell.	Hf / Hf				Hf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf
	€/ha	160				70	-	160

4. Anlage Risikoabschätzung Saatgutkosten								
FF-Glieder		2	3	4	5	6	0	1
Fruchtfolgen								
01	FA	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei		WGer
	Stell.	StS / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf
	€/ha	-	160	70	102	140		-
02	FA	WRog	Mais	WTrit	WWei		Senf	ZHirse
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	55	160	70	70		-	-
03	FA	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	55	92	70	130	70	-	-

Tab. 6-32: PSM- Kosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)

3. Anlage Risikoabschätzung PSM_Kosten								
FF-Glieder		4	5	6	0	1	2	3
Fruchtfolgen								
01	FA	WTrit	Phac	WWei		WGer	SuGr	Mais
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	27	0	103		41	39	-
02	FA	WTrit	WWei		Senf	ZHirse	WRog	Mais
	Stell.	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	96	103		0	64	-	-
03	FA	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais	WRog	SuGr
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	27	0	103	0	89	-	-
(09) 11	FA	Mais				WWei	Mais	Mais
	Stell.	Hf / Hf				Hf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf
	€/ha	72				188	-	36

4. Anlage Risikoabschätzung PSM_Kosten								
FF-Glieder		2	3	4	5	6	0	1
Fruchtfolgen								
01	FA	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei		WGer
	Stell.	StS / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf
	€/ha	-	36	34	0	188		-
02	FA	WRog	Mais	WTrit	WWei		Senf	ZHirse
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	27	36	96	188		-	-
03	FA	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	27	39	34	0	188	-	-

Tab. 6-33: Gesplittete Düngerkosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)

3. Anlage Risikoabschätzung Gesplittete_Düngerkosten								
FF-Glieder		4	5	6	0	1	2	3
Fruchtfolgen								
01	FA	WTrit	Phac	WWei		WGer	SuGr	Mais
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	545	412	627		445	412	-
02	FA	WTrit	WWei		Senf	ZHirse	WRog	Mais
	Stell.	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	768	627		0	470	-	-
03	FA	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais	WRog	SuGr
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	588	456	563	0	472	-	-
(09) 11	FA	Mais				WWei	Mais	Mais
	Stell.	Hf / Hf				Hf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf
	€/ha	939				459	-	1184

4. Anlage Risikoabschätzung Gesplittete_Düngerkosten								
FF-Glieder		2	3	4	5	6	0	1
Fruchtfolgen								
01	FA	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei		WGer
	Stell.	StS / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf
	€/ha	-	929	351	209	954		-
02	FA	WRog	Mais	WTrit	WWei		Senf	ZHirse
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	556	573	547	614		-	-
03	FA	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	548	530	292	171	653	-	-

Tab. 6-34: AEK mit Ernte €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)

3. Anlage Risikoabschätzung AEK_mit_Ernte								
FF-Glieder		4	5	6	0	1	2	3
Fruchtfolgen								
01	FA	WTrit	Phac	WWei		WGer	SuGr	Mais
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	581	137	344		541	157	-
02	FA	WTrit	WWei		Senf	ZHirse	WRog	Mais
	Stell.	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	366	335		60	224	-	-
03	FA	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais	WRog	SuGr
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	582	446	341	60	815	-	-
(09) 11	FA	Mais				WWei	Mais	Mais
	Stell.	Hf / Hf				Hf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf
	€/ha	718				364	-	629

4. Anlage Risikoabschätzung AEK_mit_Ernte								
FF-Glieder		2	3	4	5	6	0	1
Fruchtfolgen								
01	FA	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei		WGer
	Stell.	StS / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf
	€/ha	-	666	462	109	428		-
02	FA	WRog	Mais	WTrit	WWei		Senf	ZHirse
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	548	545	334	385		-	-
03	FA	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	549	542	475	335	318	-	-

Tab. 6-35: Erntekosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)

3. Anlage Risikoabschätzung Inkludierte Erntekosten								
FF-Glieder		4	5	6	0	1	2	3
Fruchtfolgen								
01	FA	WTrit	Phac	WWei		WGer	SuGr	Mais
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	414	0	180		364	0	-
02	FA	WTrit	WWei		Senf	ZHirse	WRog	Mais
	Stell.	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	187	171		0	0	-	-
03	FA	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais	WRog	SuGr
	Stell.	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	WZwF / Hf	Zf / Hf
	€/ha	413	260	177	0	590	-	-
(09) 11	FA	Mais				WWei	Mais	Mais
	Stell.	Hf / Hf				Hf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf
	€/ha	463				179	-	469

4. Anlage Risikoabschätzung Inkludierte Erntekosten								
FF-Glieder		2	3	4	5	6	0	1
Fruchtfolgen								
01	FA	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei		WGer
	Stell.	StS / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf		Hf / Hf
	€/ha	-	505	376	0	185		-
02	FA	WRog	Mais	WTrit	WWei		Senf	ZHirse
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	Hf / Hf		StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	376	393	185	188		-	-
03	FA	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	Senf	Mais
	Stell.	WZwF / Hf	Zf / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf	StS / Hf	Hf / Hf
	€/ha	377	390	341	275	183	-	-

Tab. 6-36: Trocknungskosten €/ha in 7. Und 8. Anlage EVA III (Versuch Risikoabschätzung (teils auch 3./4. Anlage genannt), Methode EVA III)

Keine Trocknungskosten angefallen

7 ANHANG II VERÖFFENTLICHUNGEN/VERANSTALTUNGEN/ VORTRÄGE BIS AKTUELL MÄRZ 2015

BUTZ, A.; HEIERMANN, M; HERRMANN, C; IDLER, C.; KORNAZ, P.; KRUSE, S.; MASTEL, K; NERLICH, K.; OTT, J.; WURTH, W.; STOLZENBURG, K.; VOLLRATH, B.; WALTER, E.; WILLMS, M.; ZÜRCHER, A. (2013):Energiepflanzen für Biogasanlagen – Baden-Württemberg. Hrsg.: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 76 S..

http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Praktikerempfehlung/brosch_baden-wuerttemberg_web.pdf[20.05.2014].

AURBACHER, J.; KORNAZ, P. & DUNKEL, J. (2014); Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase II (EVA II), Teilvorhaben 3: Ökonomische Begleitforschung, Abschlussbericht; Justus-Liebig-Universität Gießen.

http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Teilprojekte/Oekonomie/EVA_II_TP3_Abschlussbericht_V_End_4_PKuJM.pdf[08.10.2015].

KORNAZ, P.; AURBACHER, J. & DUNKEL, J. (2013):

<http://www.eva-verbund.de/untersuchungsberichte/teilprojekte/teilprojekt-3-oekonomie.html>

KRUSE, S. (2009): Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Biomasse- und Energieertrag von Energiepflanzen. In: Tagungsband „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel - Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“, vTI, Braunschweig (Hrsg.), S. 182.

http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/zi044100.pdf[20.05.2014].

KRUSE, S. (2009): Leistungspotenzial und Nährstoffbedarf von Energiepflanzenfruchtfolgen in klimatisch begünstigten Regionen Deutschlands. In: VDLUFA-Schriftenreihe (65), Teil 2, S. 230-237.

<http://www.vdlufa.de/kongress2009/KB2009Teil2.pdf>[20.05.2014].

KRUSE, S. (2011): Alternative Fruchtfolgen für die Biogasanlage. BWagrar/Schwäbischer Bauer/Landwirtschaftliches Wochenblatt 23: 13-15.

KRUSE, S. (2011): Biogas-Fruchtfolgen unter der Lupe. Badische Bauern Zeitung 28: 25-27.

KRUSE, S. (2011): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen zur Biogaserzeugung - Wassereffizienz und Beregnungswürdigkeit. In: Tagungsband „123. VDLUFA Kongress Spezialisierte Landwirtschaft - Risiko oder Chance?“, VDLUFA, Speyer (Hrsg.), S. 104.

<http://www.vdlufa.de/kongress2011/KB2011.pdf>[20.05.2014].

LTZ AUGUSTENBERG (2007): Tagungsband zum 2. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung – Bereitstellung und Anforderungen“, 27.09.2007, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.

LTZ AUGUSTENBERG (2008): Tagungsband zum 3. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung“, 01.10.2008, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.

LTZ AUGUSTENBERG (2009): Tagungsband zum 4. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung“, 06.10.2009, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.

LTZ AUGUSTENBERG (2011): Tagungsband zum 5. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung –Mais und seine Alternativen auf dem Acker“, 06.10.2011, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.

- LTZ AUGUSTENBERG (2012): Tagungsband zum 6. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung - Biodiversität und Wirtschaftlichkeit - ein Widerspruch?“, 16.10.2012, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- LTZ AUGUSTENBERG (2013): Energiepflanzentag in Rheinstetten-Forchheim 12.09.2013.
- LTZ AUGUSTENBERG (2014): Besichtigung „Kleiner Gärrestversuch“ und „Großer Gärrestversuch“ durch Wasserschutzgebiets-Berater Regierungsbezirk Karlsruhe.
- LTZ AUGUSTENBERG (2014): Biogas-Workshop; 16.10.2014; Rheinstetten-Forchheim; Anpassung von Biogasfruchtfolgen an Greening und FAKT - Versuchsergebnisse des Projektes EVA; <http://www.ltz-bw.de/pb/Lde/Startseite/Service/Nachlese>[30.03.2015]; Nachlese des Jahres 2014.
- LTZ AUGUSTENBERG (2015): Maistagung; 26.02.2015; Hochburg; Neun Jahre Fruchtfolgeversuch mit Biogaspflanzen im Rheintal – Leistungen der verschiedenen Arten; <http://www.ltz-bw.de/pb/Lde/Startseite/Service/Nachlese>[30.03.2015]; Nachlese des Jahres 2015.
- MASTEL, K. (2012): Es muss nicht immer Mais sein – Alternativen in der Biogaserzeugung. - In: Agrojournal (4), S. 8.
http://www.ltz-bw.de/pb/Lde/Startseite/Merkblaetter+_Infoschriften/AGROjournal[20.05.2014].
- MASTEL, K., KRUSE, S. (2008): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. In: Erste Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“, Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow.
- MASTEL, K., KRUSE, S. (2009): Körnermaisregion Südwestdeutschland. In: Anbausysteme für Energiepflanzen, optimierte Fruchtfolgen + effiziente Lösungen (Hrsg.), S. 148-156, Vetter, A., Heiermann, M. und Toews, T., DLG Verlag, Frankfurt.
- MASTEL, K., KRUSE, S. (2010) u. a.: In: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“, Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, 116 S..
http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_335-eva_2010.pdf[20.05.2014].
- SCHITTENHELM, S., HUFNAGEL, J., ARMAN, B., KRUSE, S., TOEWS, T. (2008): Wasser für Energiepflanzen. DLZ Agrarmagazin 04: 50-55.
- SCHITTENHELM, S., KRUSE, S. (2010): Wassernutzungseffizienz von Energiepflanzen. In: Gülzower Fachgespräche. Proceedings zum 2. Symposium Energiepflanzen 2009 vom 17./18. November 2009 in Berlin. Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, S 108-118.
http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_413-pdf_413gfg_nr_band_34_energiepflanzen.pdf[20.05.2014].
- SCHITTENHELM, S., KRUSE, S., HUFNAGEL, J. UND NEUMANN, T (2008): Faktoroptimierung durch Bewässerung. In: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, S. 38-43.
- SCHITTENHELM, S., REUS, D., KRUSE, S., HUFNAGEL, J. (2011): Assessment of productivity and profitability of sole and double-cropping for agricultural biomass production / Bewertung der Produk-

tivität und Wirtschaftlichkeit von Hauptfruchtanbau und Zweitfruchtnutzung für die landwirtschaftliche Biomasseproduktion. Journal für Kulturpflanzen 63 (11): 387-395.

http://www.journal-kulturpflanzen.de/artikel.dll/schittenhelm-et-al_MjY5MjQ5OQ.PDF?UID=938CBF329B11CC14A02566FF996DF8A812A4A53A7C41694E7B [20.05.2014].

TLL Jena (2012), FNR u.a.; Tagung 04./05. Juli 2012: Anbausysteme für Biogassubstrate und Ergänzungen zum Mais – Ergebnisse aus 6 Jahren Forschung im EVA-Verbund; Vorträge:

<http://www.eva-verbund.de/forum-top/forum.html> [20.05.2014].

ZÜRCHER, A. (2013): Vielfalt auf dem Acker – Mit Energiepflanzen Biodiversität steigern. In: AGROjournal (5), S. 8. <http://www.ltz-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Service/AGROjournal>



**Entwicklung und Optimierung
von standortangepassten
Anbausystemen für Energiepflanzen im
Fruchtfolgeregime**

**- Teilvorhaben Bayern -
(Kern- und Themenfruchtfolgen,
Fakturoptimierung)**

Endbericht 2015

30.11.2015

Michael Grieb
Dr. Maendy Fritz

Laufzeit des Projekts:
01.04.2013

bis

30.11.2015

Vorwort

2015 geht der dritte und letzte Teil des Verbundprojektes EVA zu Ende. Eine angemessene Auswertung der in den Feldversuchen bisher erhobenen Daten ist in diesem Bericht nicht möglich. Auch das Beenden der bestehenden pflanzenbaulichen Versuchsanlagen und Fruchtfolgen ist nicht möglich.

Für die großartige Durchführung aller Feldarbeiten in Ascha danken wir Heidelinde Lummer und Stefan Wiesent. Für die Planung der Feldversuche in Ascha gilt unser Dank Franz Heimler. Für die hilfreichen Diskussionen danken wir Daniela Schumann und Jonas Haag. Darüber hinaus danken wir dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) für die Finanzierung.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	6
1 Einleitung	8
2 Versuchsdurchführung am Standort Ascha	9
2.1 Charakterisierung des Standortes.....	9
2.2 Versuchsaufbau, Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen	11
2.3 Witterungsverlauf	16
2.4 Versuchsdurchführung.....	21
3 Ergebnisse	24
3.1 Kumulierte Trockenmasseerträge des Fruchtfolgeversuchs in EVA III.....	24
3.2 Trockenmasseerträge im Satellitenversuch „Fakturoptimierung N-Düngung“	30
3.3 Weiterführende Nachhaltigkeitsbewertungen	34
4 Diskussion und Schlussfolgerungen	35
5 Stand der Arbeiten	37
6 Veröffentlichungen, Informationsangebote und Öffentlichkeitsarbeit.....	38
7 Literatur.....	40
8 Tabellen	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standorteigenschaften des Versuchsstandortes Ascha	10
Tabelle 2: Die fünf Kernfruchtfolgen des Verbundprojekts im Überblick, fett gedruckte Kulturen werden zur Biogasnutzung verwendet, die übrigen als Marktfrucht oder Gründüngung; Jahreszahlen gelten für Anlage V	12
Tabelle 3: Die drei Themenfruchtfolgen in Bayern; fett gedruckte Kulturen werden zur Biogasnutzung verwendet, die übrigen als Marktfrucht oder Gründüngung; Jahreszahlen gelten für Anlage V	14
Tabelle 4: Düngevarianten im Satellitenversuch Faktoroptimierung N-Düngung für die Fruchtfolgen 3, 11 und 14	15
Tabelle 5: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtarten in den Kern- und Themenfruchtfolgen im Grundversuch in den Anlagen V und VI am Standort Ascha, Versuchsjahre 2014 - 2015.....	28
Tabelle 6: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtarten und Düngungsvarianten im Satellitenversuch „Faktoroptimierung N-Düngung“ in Anlagen V am Standort Ascha, Versuchsjahre 2013 - 2015; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, * keine statistische Auswertung möglich	31
Tabelle 7: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtarten und Düngungsvarianten im Satellitenversuch „Faktoroptimierung N-Düngung“ in Anlage VI am Standort Ascha, Versuchsjahr 2014 und 2015; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, * keine statistische Auswertung möglich	32
Tabelle 11: Übersicht über Sortenwahl, Saatstärke und N-Düngemenge im Grundversuch in Anlage V in der Vegetationsperiode 2012/2013, 2013/2014 und 2014/2015.....	42
Tabelle 12: Übersicht über Sortenwahl, Saatstärke und N-Düngung im Faktoroptimierungsversuch in Anlage V in der Vegetationsperiode 2012/2013, 2013/2014 und 2014/2015.....	43

Tabelle 13: Übersicht über Sortenwahl, Saatstärke und N-Düngung im Grundversuch in Anlage VI in der Vegetationsperiode 2014/2015	44
Tabelle 14: Übersicht über Sortenwahl, Saatstärke und N-Düngung im Faktoroptimierungsversuch in Anlage VI in der Vegetationsperiode 2013/2014.....	45

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Monatliche Vegetationstage im Mittel der Versuchsjahre 2014 und 2015 am Standort Ascha, Daten ab Oktober 2015 fehlen.....	16
Abbildung 2: Monatliche Niederschlagssummen im Mittel der Versuchsjahre 2014 und 2015 im Vergleich zur langjährigen monatlichen Niederschlagssumme am Standort Ascha, Daten ab Oktober 2015 fehlen	17
Abbildung 3: Monatliche Lufttemperaturen im Mittel der Versuchsjahre 2014 und 2015 im Vergleich zur langjährigen monatlichen Lufttemperatur am Standort Ascha, Daten ab Oktober 2015 fehlen.....	18
Abbildung 4: Trocken- und Hitzestress im Juli mit eingerollten Maisblättern (links) und ausgedörrten Ackerfutterbeständen (rechts) (Quelle: Grieb, 2015).....	20
Abbildung 5: Monatliche Sonnenscheindauer der Versuchsjahre 2014 und 2015 im Vergleich zum langjährigen Mittel am Standort Ascha, Daten ab Oktober 2015 fehlen	20
Abbildung 6: Monatliche Wasserbilanzsummen der Versuchsjahre 2014 und 2015 (bis einschließlich September) am Standort Ascha.....	21
Abbildung 7: Versuchsplan zum Grundversuch inklusive Faktoroptimierung am Standort Ascha; der Versuchsplan ist für Anlagen V und VI identisch.....	22
Abbildung 8: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtarten in den Kern- und Themenfruchtfolgen im Grundversuch in den Anlagen V und VI am Standort Ascha, Versuchsjahre 2013 - 2015.....	25
Abbildung 9: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtfolgen und Düngungsvarianten im Satellitenversuch „Faktoroptimierung N-Düngung“ in Anlage V am Standort Ascha, Versuchsjahre 2013 – 2015; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Kulturarten, beim ersten Fruchtfolgeglied Mais war keine statistische Auswertung möglich.....	30

- Abbildung 10: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtfolgen und Düngungsvarianten im Satellitenversuch „Fakturoptimierung N-Düngung“ in Anlage VI am Standort Ascha, Versuchsjahre 2014 - 2015; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede.....33
- Abbildung 11: Fruchtfolgepuzzle als Beratungsinstrument; Grundlage bilden die Erkenntnisse aus dem EVA-Projekt39

1 Einleitung

Bei der Erzeugung von Biogas gehen unterschiedliche Rohstoffe in den Biogasfermenter ein. Silomais ist noch immer die am häufigsten angebaute Nutzpflanze innerhalb des gesamten unter den mitteleuropäischen Bedingungen zur Verfügung stehenden Pflanzenspektrums. Als Ursachen für seine führende Rolle sind die hohen Methanhektarerträge, seine gute Silier- und Vergärbarkeit sowie ein hoher Mechanisierungsgrad zu sehen. Zudem bietet der Markt nach über 50 Jahren Züchtung ein sehr breites Sortenspektrum, das es erlaubt, diese Kultur in fast allen Ackerregionen Deutschlands anzubauen. Eine anhaltend hohe Nachfrage nach Biogassubstrat wirkt ebenfalls begünstigend auf seine dominante Rolle als nachwachsender Rohstoff für die Biogasproduktion. Diesen Tatsachen geschuldet kommt es in unmittelbarer Umgebung von Biogasanlagen zu einem vermehrten Maisanbau, welcher agrarökologisch kritisch zu bewerten ist. Der Anbau von Maisreinbeständen über einen längeren Zeitraum hat unvermeidliche Folgen. Besonders die Gefahr von Erosion, Verringerung des Humusgehalts, Ausbreitung von Schädlingen, aber auch die Artenarmut in der Landwirtschaft kann längerfristig zu Problemen führen. Zudem schwindet mit zunehmendem Maisanbau auch die Akzeptanz in der Bevölkerung für die Bioenergie.

Um derartigen Gefahren im Energiepflanzenanbau vorzubeugen, ist es erforderlich, vielfältige Anbausysteme zu entwickeln. Damit einem nachhaltigen und gesellschaftlich akzeptierten Energiepflanzenanbau in der Praxis Folge geleistet wird, müssen den Landwirten konkrete Anbauempfehlungen zur Verfügung gestellt werden, die standortbezogen sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll sind.

Im Jahr 2013 startete das vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) geförderte und von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) betreute Verbundvorhaben „EVA“ (Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands) in seine dritte Projektphase (EVA III). Wie in der ersten und zweiten Projektphase werden Kulturarten in verschiedenen Fruchtfolgen auf Ertragsfähigkeit, Eignung für die Biogasproduktion, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit geprüft. Als Querschnittsaufgabe wurden in dieser Projektphase die Themen Zwischenfruchtanbau, Gewässerschutz und Biodiversität in die Ausrichtung der regionalen Themenfruchtfolgen integriert.

Zielstellung der Energiefruchtfolgenforschung liegt darin, standortspezifische Anbauempfehlungen für Ackerkulturen und Fruchtfolgen für die Biogasproduktion zu entwickeln. Zur Zielerreichung wurden an verschiedenen Standorten Deutschlands Versuche zu unterschiedlichen Fragestellungen des Energiepflanzenanbaus durchgeführt. Die Ergebnisse des Anbaujahrs

2015 bis Ende September im Untersuchungsgebiet „Verwitterungsböden der Höhenlagen Süd-Ost (Bayern)“ sind Bestandteil dieses Endberichtes.

2 Versuchsdurchführung am Standort Ascha

Die Kernaufgabe innerhalb des EVA-Verbundvorhabens ist die Durchführung von Feldversuchen zu verschiedenen Fragestellungen des Energiepflanzenanbaus. Das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) ist eine von elf Institutionen, die sich daran beteiligen. Die Feldversuche des TFZ werden am Versuchsstandort Ascha durchgeführt.

2.1 Charakterisierung des Standortes

Innerhalb des Verbundprojektes „EVA III“ repräsentiert Bayern mit seinem Versuchsstandort Ascha den Boden-Klima-Raum „Verwitterungsböden in den östlichen Höhenlagen (östliches Bayern)“ (BKR 112). Das Untersuchungsgebiet liegt in der kontinental geprägten Klimazone der warm-gemäßigten Breiten. Im Vergleich zu anderen Anbauregionen prägen hier relativ kühle und niederschlagsreiche Witterungsbedingungen das Klima. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt etwa 7,5 °C bei einem Jahresniederschlag von 800 mm bis 1000 mm. Aufgrund der kalten Winter mit teilweise langer Schneebedeckung ist die Vegetationszeit in der Region auf 190 bis 210 Tage begrenzt. Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung sind Granite und Gneise mit nur geringen Löss- bzw. Lösslehmbeimengungen. Die ackerbaulich genutzten Böden dieser Region sind relativ flachgründig. Zudem sind die Böden in hängigen Lagen oft erosionsgefährdet. In der Region herrschen kleinbetriebliche Strukturen vor. Der Schwerpunkt liegt auf Futterbau mit Milchviehhaltung. Die häufigsten Ackerkulturen sind dementsprechend Silomais und Ackerfutter. Daneben befinden sich auch Winter- bzw. Sommergerste, Wintertriticale, Winterweizen und Hafer im Anbau. Der Energiepflanzenanbau für die Biogasproduktion nahm in den letzten Jahren durch das EEG 2009 stark zu, da viele landwirtschaftliche Betriebe mit dem Bau einer Biogasanlage eine wirtschaftlich tragfähige Alternative oder Ergänzung zur Milchproduktion suchten.

Die Versuchsfläche befinden sich nordöstlich der Gemeinde Ascha, ca. 20 km nördlich von Straubing im Vorderen Bayerischen Wald auf 430 m über NN (Tabelle 1). Das langjährige Mittel des Jahresniederschlags beträgt 807 mm bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 7,5 °C. Der Boden mit einer Ackerzahl von 47 wechselt zwischen Braunerde und Pseudogley, wobei lehmige Sande die Bodenart bestimmen. Die Versuchsfläche befindet sich an einem leichten Hang mit nord-nordöstlicher Exposition.

Tabelle 1: Standorteigenschaften des Versuchsstandortes Ascha

Merkmal	Ascha
Höhenlage	430 m über NN
Mittlere Jahrestemperatur	8,3 °C
Jahresniederschlag	807 mm
Bodentyp	Braunerde bis Pseudogley
Bodenart des Oberbodens	Lehmiger Sand
Verbreitetes Ausgangsmaterial	Granite und Gneise mit geringen Lössbeimengungen
Ackerzahl	47
Humusgehalt	2,2 %

Zu Beginn der ersten Projektphase (EVA I) wurden am 20. Juni 2006 die Böden der Versuchsflächen kartiert. Für ein repräsentatives Ergebnis wurden in unmittelbarer Umgebung zur Versuchsfläche Bodenproben entnommen, um Bodentypen, Bodenarten sowie bodenchemische und bodenphysikalische Kennwerte zu ermitteln. Gemäß der durchgeführten Standortaufnahme und den Klimadaten lassen sich für die Versuchsfläche folgende Aussagen treffen:

Allgemeines:

Der Boden wechselt zwischen Braunerde und Pseudogley, zwei Bodentypen, die sich unter den heutigen Klimabedingungen auf den „sauren“ Gneisen und Graniten des Bayerischen Waldes entwickelten [4]. Die Braunerden sind in weiten Teilen Bayerns großflächig verbreitet [1]. Der Pseudogley ist im Vergleich zur Braunerde weniger stark verbreitet [3], er ist auch für den angegebenen BKR eher selten anzutreffen.

Besonderheiten:

Ertragsbegrenzend ist das Klima, da hier kurze Vegetationszeiten vorherrschen, die eine späte Bestellung und späte Abreife zur Folge haben. Demnach ist der Standort für Kulturen mit kurzem Vegetationszeitraum geeignet. Der effektive Wurzelraum beträgt nur 80 cm. Der hohe Lehmanteil kann zu einem erhöhten wasser- oder windbedingten Bodenabtrag führen, da er durch seine geringe Korngröße leichter erodiert. Die Hangneigung im Zusammenhang mit den hohen Niederschlagsmengen kann das Risiko eines Oberflächenabflusses weiterhin fördern.

Bewirtschaftung:

Die Etablierung der Winterkulturen sollte temperaturbedingt nicht zu spät erfolgen. Hohe Niederschläge in den Herbstmonaten und der bindige Boden können jedoch zu schlechten Feldaufgängen führen. Eine frühe Etablierung der Sommerungen ist schwierig. Wegen der hohen Niederschlagsmengen und der hohen Wasserspeicherfähigkeit des Bodens sind die Böden im Frühjahr lange nicht befahrbar. So sollte eine erste Stickstoff-Düngung nicht zu früh erfolgen, da das Befahren zu nasser Flächen zu Strukturschäden führt.

2.2 Versuchsaufbau, Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen

Die fünf einheitlich vorgegebenen Kernfruchtfolgen (Tabelle 2) und die drei Themenfruchtfolgen (Tabelle 3) bilden zusammen den **Grundversuch**. Die Fruchtfolgen der dritten Fruchtfolgerotation werden auf den Parzellen der V. und VI. Versuchsanlage der ehemaligen Anlagen III und IV aus EVA II fortgeführt.

Da die **Fruchtfolgen 1 bis 3** in den vergangenen Jahren hohe Flächenerträge erzielten, werden sie in der aktuellen Projektphase weiter geführt. Ziel ist es, weiterführende Aussagen über die Gegenüberstellung unterschiedlicher Anbauvarianten (z.B. Winter-zwischenfrucht plus Mais gegenüber Winterzwischenfrucht plus Sorghum bzw. Mais ohne Wintervorfrucht) zu vertiefen und längerfristige Aussagen über Fruchtfolgewirkungen zu treffen. So sollen Erkenntnisse beispielsweise über den Vergleich einer Fruchtfolge mit intensivem Zwischenfruchtanbau (FF 1 und FF 3) und hohem Energiepflanzenanteil (75 %) mit einer Fruchtfolge mit 50 % Getreideanteil und 50 % Energiepflanzenanteil gewonnen werden.

Auch die klee grasdominierte **Fruchtfolge 4** wird in EVA III weitergeführt. Ziel ist es, langfristige Aussagen zu einer mehrjährigen Kultur im Kontext des Energiepflanzenbaus zu erhalten. Mit dem Anbau von Mais zwischen dem Ackerfutter und dem W.Weizen soll die Integrierbarkeit anderer Kulturen in die Klee grasfruchtfolge geprüft werden. Das Klee gras wird dabei im Frühjahr umgebrochen. Die Maisaussaat erfolgt im Anschluss.

In **Fruchtfolge 5** soll die intensiv diskutierte „Energierübe“ (Zuckerrübe) aufgenommen werden, da sich diese in der Praxis schon etabliert. Die beiden Fruchtfolgen 4 und 5 stellen somit eine Anpassung an neue Gegebenheiten dar.

Tabelle 2: Die fünf Kernfruchtfolgen des Verbundprojekts im Überblick, fett gedruckte Kulturen werden zur Biogasnutzung verwendet, die übrigen als Marktfrucht oder Gründüngung; Jahreszahlen gelten für Anlage V

Jahr	FF 1	FF 2	F 3	FF 4	FF 5
2013	W.Gerste Sorghum	Sorghum	Mais	Kleegras	Wickroggen/ Weidelgras Untersaat
2014	Mais	Grünschnitt- roggen Mais	Grünschnitt- roggen Sorghum	Kleegras	Weidelgras Mais
2015	W.Triticale Phacelia	W.Triticale	W.Triticale Einj. Weidelgras	Kleegras Mais	Zuckerrübe
2016	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen

Fruchtfolge 11 ist eine betriebsökonomisch optimierte Fruchtfolge. Hierbei stellt die Maximierung des Deckungsbeitrages die entscheidende Größe in der Gestaltung des pflanzenbaulichen Produktionssystems dar. Mit diesem Kriterium wird die Fruchtfolge durch die nach bisherigen standortbezogenen Ergebnissen aus EVA I und II deckungsbeitragsmaximale Fruchtart – Mais – dominiert.

Fruchtfolge 13 greift das Thema Biodiversität auf. In der Fruchtfolgegestaltung wurden folgende Kriterien berücksichtigt: Blümmischungen, Mischkulturen, Fruchtarten mit längerer Vegetationsperiode, vielgestaltige Fruchtfolgezusammensetzung und Wirtschaftlichkeit. Die Fruchtfolge startet mit einer Wintergetreide-Leguminosen-Mischung, die als blühende Ackerkultur Nahrungshabitat für frühjahrsaktive Bienen und Hummeln sein soll. Das Weidelgras stellt eine Offenlandschaft für Vögel dar und verbleibt über Winter als bodenschützende Pflanzendecke. Dieses überjährige Ackergras ist Lebensraum für Bodenruhe beanspruchende, feuchteliebende und Beschattung bevorzugende Arten der Agrarfauna. Die nach der Sommergetreidemischung stehende Blümmischung offeriert sommer- und spätsommeraktiven Insekten ein Lebens- und Nahrungshabitat. Die Blümmischung verbleibt als abfrierende Gründüngung auf der Fläche und dient so wiederum dem Bodenschutz sowie dem Humusaufbau. In der Fruchtfolge ist der Silomais die wirtschaftlich tragende Säule, da er für diesen Standort die deckungsbeitragsstärkste Kultur abbildet. Durch den direkt nachfolgenden Winterweizen ist eine Bodenbedeckung über den Winter gewährleistet. Im Allgemeinen handelt es sich um eine vielgestaltige Fruchtfolge mit differenzierten Zeiten für Aussaat, Ern-

te, Bodenbearbeitung und nahezu durchgängiger Bodenbedeckung, die eine Erhöhung der Artenzahl zur Folge haben sollte.

Fruchtfolge 14 ist als Gewässerschutzfruchtfolge definiert. Folgende Grundsätze wurden bei der Aufstellung dieser Fruchtfolge beachtet: geringes Nitratauswaschungsrisiko, geringes Erosionsrisiko, standortbezogene Kulturartenauswahl und ökonomische Tragfähigkeit. Der regionale Anbauswerpunkt im Vorderen Bayerischen Wald liegt im Futterbau für die Milchviehhaltung, dementsprechend sind Silomais und Ackerfuttermischungen die häufigsten Ackerkulturen. Um dem Standortbezug gerecht zu werden, dominieren diese beiden Kulturen den Aufbau der Wasserschutzfruchtfolge. Der Mais übernimmt hier die Funktion des Hauptertragsbildners und bestimmt damit den wirtschaftlichen Erfolg der Fruchtfolge. Durch die weite Reihe, sein langsames Jugendwachstum und den damit verbundenen späten Reihenschluss besteht beim Mais ein erhöhtes Erosionsrisiko. Dieses Risiko soll durch eine Untersaat in Form einer Weidelgrasmischung kompensiert werden. Untersaaten sind in besonderer Weise für den Gewässerschutz geeignet, da sie nach der Ernte der Deckfrucht eine lückenlose Bodenbedeckung gewährleisten. Damit wird der Boden sehr effektiv vor Erosion, die zu Eutrophierung von Oberflächengewässern führen kann, geschützt. Gleichzeitig werden gelöste Stickstoffverbindungen, die nach der Ernte der Deckfrucht im Boden zurückbleiben, durch die Untersaat aufgenommen und damit einer Verlagerung in tiefere Bodenschichten und einem Eintrag ins Grundwasser entgegengewirkt. Die Untersaat besitzt in dieser Fruchtfolge jedoch nicht nur die Wasserschutzfunktion, sondern trägt auch zur Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolge bei, da sie zu den deckungsbeitragsstärksten Kulturen dieser Region zählen. Der gewählte Aufbau der Wasserschutzfruchtfolge steht auch im Kontext der EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG), in der verstärkt Anbausysteme gefragt sind, die einen Nährstoffaustrag aus Agrarökosystemen minimieren. Nach dem Umbruch des Weidelgrases ist als Folgefrucht eine Kultur mit hohem Ertragspotenzial und demnach hohem Nährstoffaufnahmevermögen wichtig, um den aus der Mineralisation frei werdenden Stickstoff zu binden. Diese Funktion erfüllt Sorghum als letztes Fruchtfolgeglied vor dem W.Weizen. Im Sinne des Erosionsschutzes ist es notwendig, dass die Kultur in einer engen Reihe (37,5 cm) steht.

Tabelle 3: Die drei Themenfruchtfolgen in Bayern; fett gedruckte Kulturen werden zur Biogasnutzung verwendet, die übrigen als Marktfrucht oder Gründüngung; Jahreszahlen gelten für Anlage V

Jahr	Themenfruchtfolgen		
	FF 11	FF 13	FF 14
2013	Silomais	W.Roggen/W.Erbse/ Weidelgras Untersaat	Mais/ Weidelgras Untersaat
2014	Silomais	S.Triticale/Hafer Buchweizen/Phacelia	Weidelgras
2015	Silomais	Mais	Weidelgras Sorghum
2016	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen

Die Fruchtfolgen 3, 11 und 14 fließen zusätzlich in den kleinen Satellitenversuch „**Faktoroptimierung N-Düngung**“ mit ein. In diesem Feldversuch steht die Optimierung der Stickstoff-Düngung im Energiepflanzenanbau im Fokus. Ausschlaggebend für die Durchführung eines Düngeversuches im Rahmen von EVA III ist das Spannungsfeld in dem sich die landwirtschaftliche Stickstoffdüngung befindet. Dieses Spannungsfeld liegt zwischen dem Wunsch nach Ertragsmaximierung, Ertragssicherung und Umweltwirkung [7]. Soweit keine anderen limitierenden Wachstumsfaktoren vorherrschen, ist die N-Düngemenge ausschlaggebend für die Ertragshöhe und -sicherung, aber auch für potenzielle umweltschädliche N-Verluste (Boden, Grundwasser, Oberflächenwasser). Laut Düngeverordnung (§ 3 DüV) müssen Düngemengen unter Berücksichtigung der verfügbaren Nährstoffvorräte im Boden an den Bedarf der Pflanzen und auch an die Witterung angepasst werden. Trotz Einhaltung aller Rahmenbedingungen lassen sich Düngeverluste nicht vermeiden. Gesucht wird ein N-Düngesystem mit hohem Ausnutzungsgrad des Stickstoffs durch die Pflanze. Der Stickstoff sollte dabei wenig mobil und dennoch für die Pflanze gut verfügbar sein. Eine Möglichkeit dies zu erreichen, bietet die Verwendung von Nitrifikationshemmstoffen. Nitrifikationshemmer sind chemische Zusatzstoffe für mineralische und organische Dünger, die in Abhängigkeit von Aufwandmenge und Bodeneigenschaften (Temperatur und Feuchtigkeit) eine Umwandlung des Ammoniumanteils in leicht auswaschbares Nitrat hemmen. Die Verzögerung bei der Nitratbildung soll die Gefahr der Nitratverlagerung vermindern, da Ammonium auf Grund seiner Adsorption an die Bodenmatrix nur wenig verlagert wird. Die Wirkungsweise der Nitrifikationshemmer geschieht nach folgendem Prinzip: Nitrat ist sehr mobil im Boden und kann daher schnell in untere Bodenschichten und damit ins Grundwasser verlagert werden.

Ammonium ist weniger beweglich, da es an Ton- und Humus gebunden ist. Demnach sind Nitratverluste höher als die Verluste an Ammonium und Lachgas [9]. Stabilisierte Dünger sind aus stabilisiertem Ammonium und einem Anteil von Nitrat zur schnellen Startwirkung zusammengesetzt. Die Umwandlung von Ammonium zu Nitrat wird verzögert und der entsprechende Umwandlungsprozess, also die N-Freisetzung, wird dem aktuellen Pflanzenbedarf angepasst. Dieser Prozess wird durch Temperatur und Wasser gesteuert. Die Vorteile liegen zum einen in einem verminderten Risiko der Nitratverlagerung (Gewässerschutz) und einem reduzierten Lachgasverlust (Klimaschutz) als auch in dem Zusammenlegen von N-Gaben zu einer Ausbringung, was wiederum Arbeitsgänge einspart (Bodenschutz, Ökonomie). Um ein neues Düngesystem im Energiepflanzenanbau einführen zu können, sollten der Effekt stabilisierter Dünger vergleichend zur konventionellen N-Düngung mit KAS und einer reduzierten KAS-Düngung auf Ertrag, Qualität, N-Entzug, N-Bilanz, Treibhausgasemissionen, N_{\min} -Gehalt im Boden und Wirtschaftlichkeit für die Fruchtfolgen 3, 11 und 14 geprüft werden (Tabelle 4). Dieses wird auf den bisherigen Parzellen des Versuchs zur „Faktoroptimierung von N-Düngung und Pflanzenschutz“ fortgeführt.

Tabelle 4: Düngevarianten im Satellitenversuch Faktoroptimierung N-Düngung für die Fruchtfolgen 3, 11 und 14

Variante (Bezeichnung)	Düngungsstufe 0 (3.0, 11.0, 14.0)	Düngungsstufe 1 (3.1, 11.1, 14.1)	Düngungsstufe 2 (3.2, 11.2, 14.2)
Intensität	ortsüblich/optimale N-Düngung	-25 % N-Düngung	ortsüblich/optimale N-Düngung mit Nitrifikationshemmer

Es sei noch erwähnt, dass die Variante 3.1 (FF 3 und -25 % N-Düngung) an den anderen EVA-Standorten unter dem Titel Klimaschutz-Fruchtfolge läuft. In Ascha ist sie Bestandteil des Faktoroptimierungsversuchs und wird auch in diesem Zwischenbericht unter dieser Thematik abgehandelt.

2.3 Witterungsverlauf

Aufgrund der Tatsache, dass die Projektlaufzeit vor Abschluss der Fruchtfolgen endet, ist eine gesamtheitliche Analyse der Witterung in 2015 nicht möglich. Die Daten sind zum Zeitpunkt der Auswertung bis einschließlich September verfügbar.

Bei insgesamt milder, trüber und leicht feuchter Witterung sorgte der Dezember 2014 erst nach Weihnachten für geschlossene Schneedecken, die – abgesehen von höheren Lagen – meist nur von kurzer Dauer waren. Ähnlich ging es im Januar 2015 weiter – teilweise wurden bei den Winterkulturen Wachstumsregungen beobachtet, die durch die kälteren Temperaturen zum Monatsende aber wieder unterbunden wurden. Während sich im Januar noch große Niederschlagsmengen ereigneten, bedingten die im Februar fehlenden Niederschläge, dass der Boden nur knapp wassergesättigt in den Frühling startete. Zum Monatsende war die Vegetation meist auf normalem Entwicklungsstand oder allenfalls leicht verfrüht. Gerade beim Winterroggen war aufgrund des milden Winters ein dichter Bestand vorzufinden.

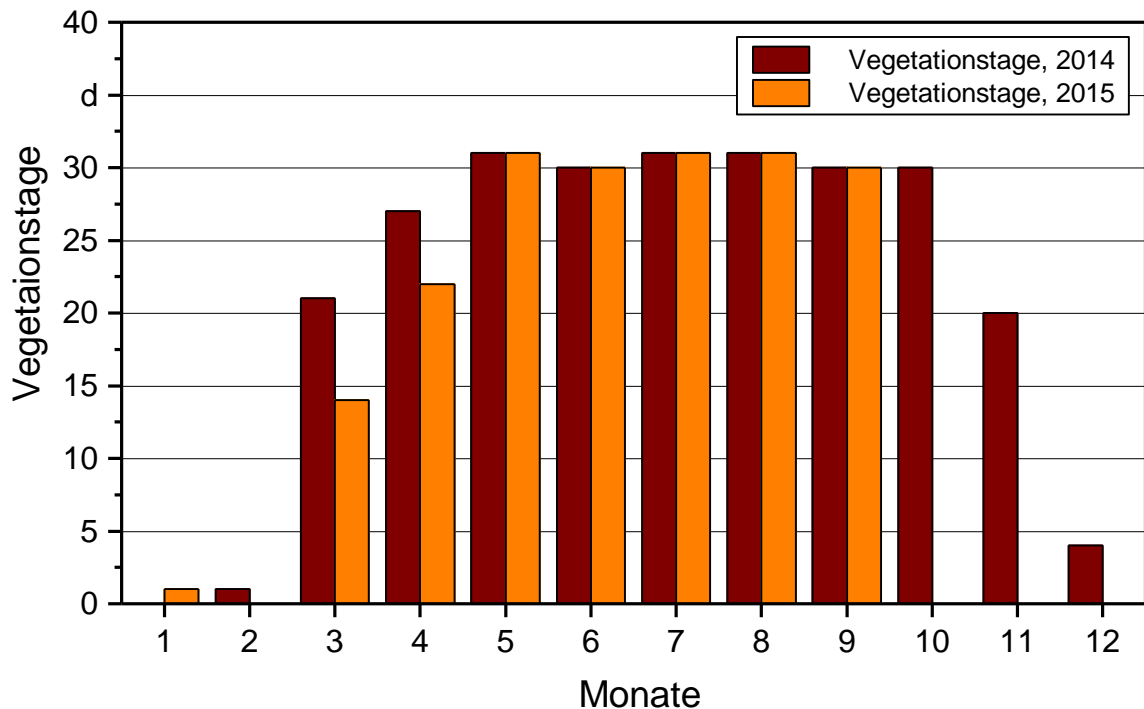


Abbildung 1: Monatliche Vegetationstage im Mittel der Versuchsjahre 2014 und 2015 am Standort Ascha, Daten ab Oktober 2015 fehlen

Passend zum Frühlingsbeginn zeigte sich der März überdurchschnittlich warm und sonnig, wengleich die Anzahl der Vegetationstage deutlich geringer im Vergleich zum Vorjahr war (Abbildung 1). Die Wasserbilanz (Abbildung 6) war insgesamt nahezu ausgeglichen, wobei die meisten Niederschläge erst zum Monatsende März fielen. Trotz der überwiegend milden Temperaturabschnitte gab es noch viele Tage mit Bodenfrost. Dennoch konnte die Düngung

des Wintergetreides problemlos starten. Am 31.03. fegte über Deutschland Orkan Niklas hinweg. Dieser brachte neben heftigen Stürmen auch Schneefall.

Der April fiel insgesamt warm, trocken (Abbildung 2) und sonnig (Abbildung 5) aus. Im Monatsverlauf trockneten die Böden fortwährend ab, so dass anstehende Feldarbeiten meist problemlos durchgeführt werden konnten. Zuckerrüben und Mais konnten bestellt werden und fingen an aufzulaufen. Das Wintergetreide ging zur Monatsmitte in die phänologische Phase des Schossens über. Trotz der ansteigenden Temperaturen traten allerdings noch immer einige Nächte mit Bodenfrost auf. Der Vorteil der trockenen Witterung war, dass sich die Gefahr von Pilzkrankheiten in Grenzen hielt.

Der Mai war zu Beginn etwas zu kühl, trüb und zu nass. In den Nächten trat vereinzelt noch Bodenfrost auf. Dies war mitunter ein Grund dafür, dass die phänologische Entwicklung der Kulturen leicht im Rückstand war. Dieses Bild änderte sich aber aufgrund der steigenden Temperaturen rasch. Der Auflauf des Maises war sehr gleichmäßig. Die Wintertriticale ging Mitte des Monats in die Phase des Ährenschiebens über.

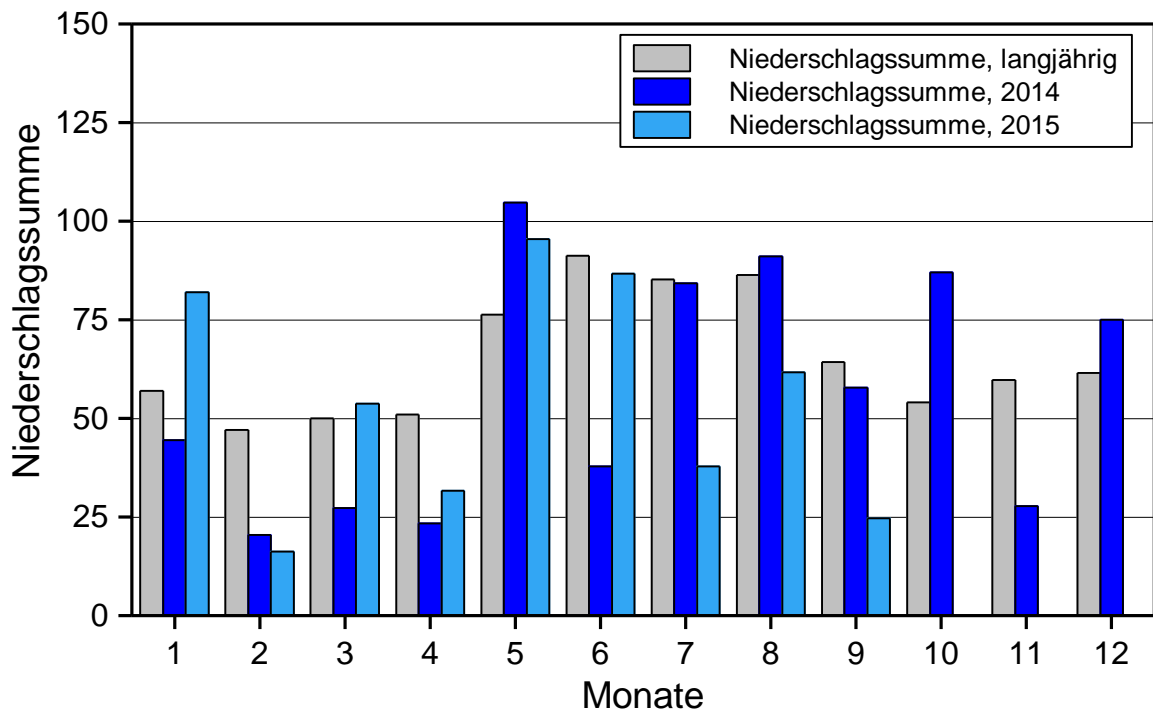


Abbildung 2: Monatliche Niederschlagssummen im Mittel der Versuchsjahre 2014 und 2015 im Vergleich zur langjährigen monatlichen Niederschlagssumme am Standort Ascha, Daten ab Oktober 2015 fehlen

Der Juni brachte typisches Frühsommerwetter mit einem Wechsel von hochsommerlichen Abschnitten und regelmäßigen Niederschlägen. Zu Monatsbeginn konnte die Sorghumsaat durchgeführt werden. In der Monatsmitte herrschten niedrige Nachttemperaturen von unter 10 °C mit stürmischem und regnerischem Wetter. Insgesamt ergab sich ein etwas zu warmer

und zum Ende hin zu trockener Juni bei ausgeglichener Sonnenscheinbilanz. Am 30.06. erfolgte die Ernte der Wintertriticale und des Winterroggens als Ganzpflanzensilage.

Im Juli herrschte extreme Hitze mit Rekordwerten. Gleichzeitig beschränkten sich die Niederschläge auf ca. die Hälfte des langjährigen Mittels (siehe Abbildung 2). Dadurch verschärfte sich die Trockenheitssituation zunehmend. Die Abreife des Getreides verlief sehr schnell, aber teils ohne ausreichende Kornbildung. Besonders problematisch war der Wassermangel für den Mais: Trockenschäden wie eingerollte, teils auch verbrannte Blätter und allgemein nur schwach ausgebildete Pflanzen traten auf. Die Winterweizenernte erfolgte aufgrund der Hitze bereits Mitte Juli.

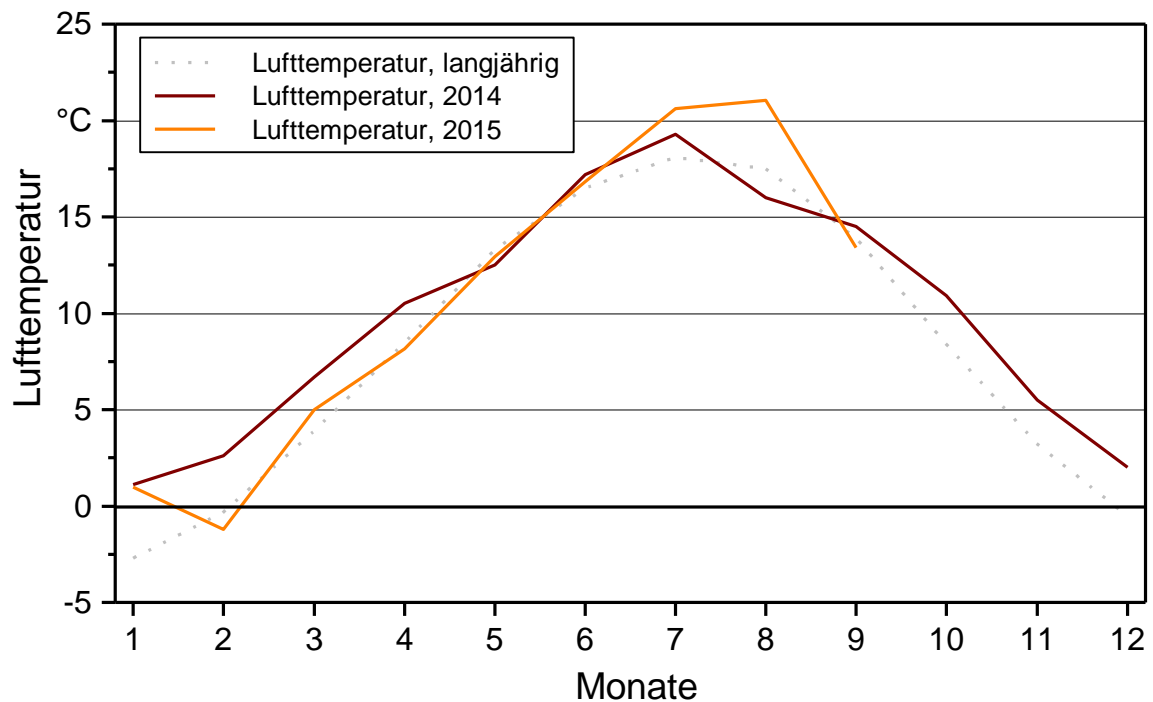


Abbildung 3: Monatliche Lufttemperaturen im Mittel der Versuchsjahre 2014 und 2015 im Vergleich zur langjährigen monatlichen Lufttemperatur am Standort Ascha, Daten ab Oktober 2015 fehlen

Wie Abbildung 3 zeigt, führte der August die extreme Hitze des Julis fort. Es war deutschlandweit der zweitwärmste August seit Beginn der Wetteraufzeichnungen mit Höchsttemperaturen von über 36 °C. Die Tagesdurchschnittstemperatur von 21 °C im August lag 3,5 K über dem langjährigen Mittel, während zugleich nur 19 mm statt der durchschnittlichen 91 mm Niederschlag fielen. Infolgedessen stieg auch aufgrund der hohen Menge an Sonnenscheinstunden (Abbildung 5) die potentielle Verdunstung stark an und die Bodenfeuchte nahm bis Mitte des Monats vor allem in den oberen Bodenschichten stark ab. Die Kulturen zeichneten deutlich und stellten das Wachstum teilweise komplett ein. Verbreitet wurde ein erhöhtes Aufkommen an Feldmäusen beobachtet. Die Silomaisenernte erfolgte bereits am

01.09., nachdem die Trockensubstanzgehalte innerhalb weniger Wochen stark anstiegen und die Maispflanzen den Trockenstress (Abbildung 4) deutlich zeigten.



Abbildung 4: Trocken- und Hitzestress im Juli mit eingerollten Maisblättern (links) und ausgedörrten Ackerfutterbeständen (rechts) (Quelle: Grieb, 2015)

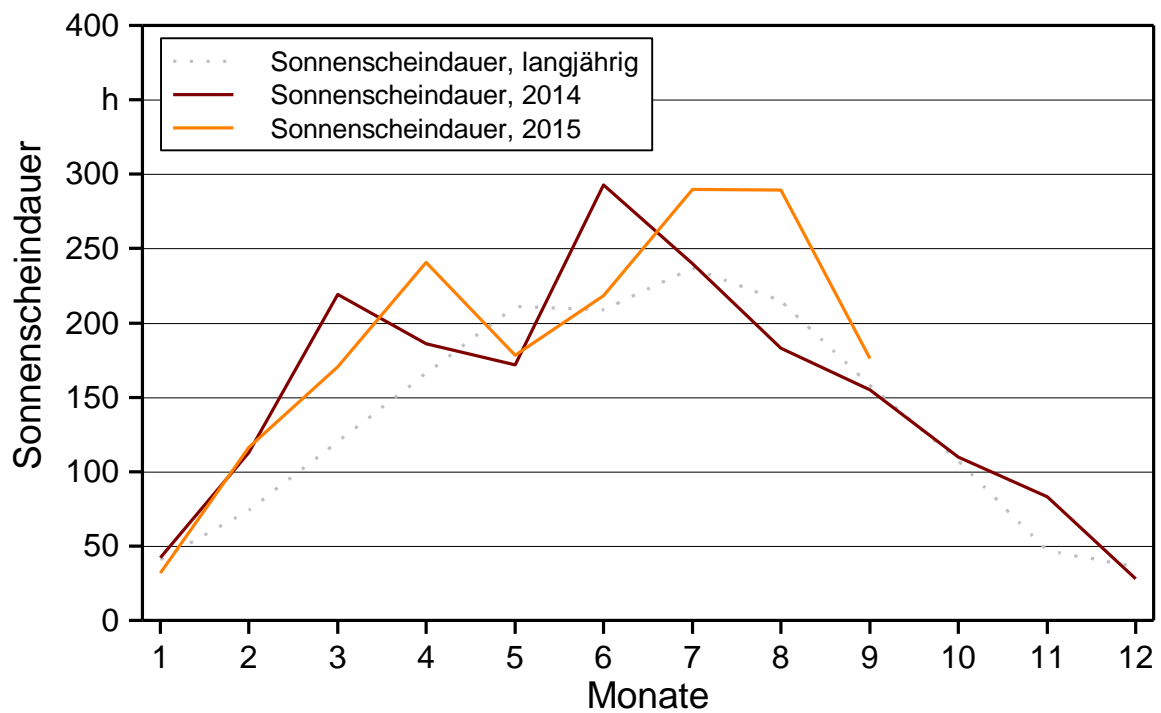


Abbildung 5: Monatliche Sonnenscheindauer der Versuchsjahre 2014 und 2015 im Vergleich zum langjährigen Mittel am Standort Ascha, Daten ab Oktober 2015 fehlen

Trockenheit und sommerliche Temperaturen standen auch im September an der Tagesordnung. Die aufgrund der negativen Wasserbilanz (siehe Abbildung 6) mittlerweile völlig redu-

zierten Grasbestände wurden mit der Hoffnung auf baldige Niederschläge mittels eines Schröpfschnittes zur Bestockung angeregt. Die Sorghumernte konnte bei trockenen Arbeitsbedingungen durchgeführt werden. Mitte Oktober wurde abschließend die manuelle Zuckerrübenenernte erledigt. Da eine Verlängerung der Projektlaufzeit nicht genehmigt werden konnte, konnten keine Maßnahmen zur Bodenbearbeitung für die eigentlich anstehende Saat der Winterungen ergriffen werden, da die angepachtete Versuchsfläche zurückgegeben werden musste.

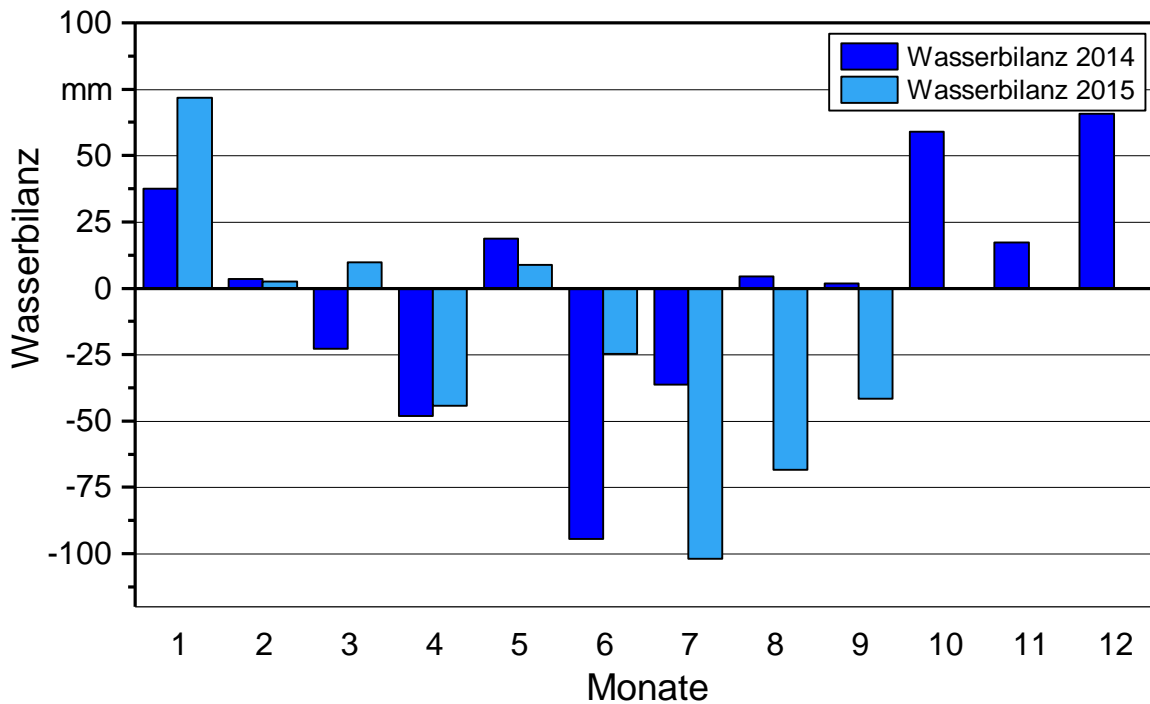


Abbildung 6: Monatliche Wasserbilanzsummen der Versuchsjahre 2014 und 2015 (bis einschließlich September) am Standort Ascha

2.4 Versuchsdurchführung

Die Versuchsanlage für die Kern- und Themenfruchtfolgen (Grundversuch) ist ein Blockdesign mit randomisierten vollständigen Blöcken (Abbildung 7). Jede Ernteparzelle hat 1,50 m breite Stirnränder und ist beidseitig von einer Trenn- oder Randparzelle flankiert, um verfälschende Randeffekte zu vermeiden. Die Kernparzellenfläche beträgt 12 m². Der Versuch ist parallel im Herbst 2012 (Anlage V) und im Herbst 2013 (Anlage VI) angelegt, sodass der witterungsbedingte Jahreseffekt in der Auswertung berücksichtigt werden kann. Der Satellitenversuch „Faktoroptimierung N-Düngung in Fruchtfolgen“ wurde in die Versuchsanlage des Grundversuchs in Form einer Spaltanlage integriert. Die Fruchtfolgen 3, 11 und 14 werden

mit dreifacher Parzellenanzahl angebaut und entsprechend den Düngevarianten in Tabelle 4 gepflegt.

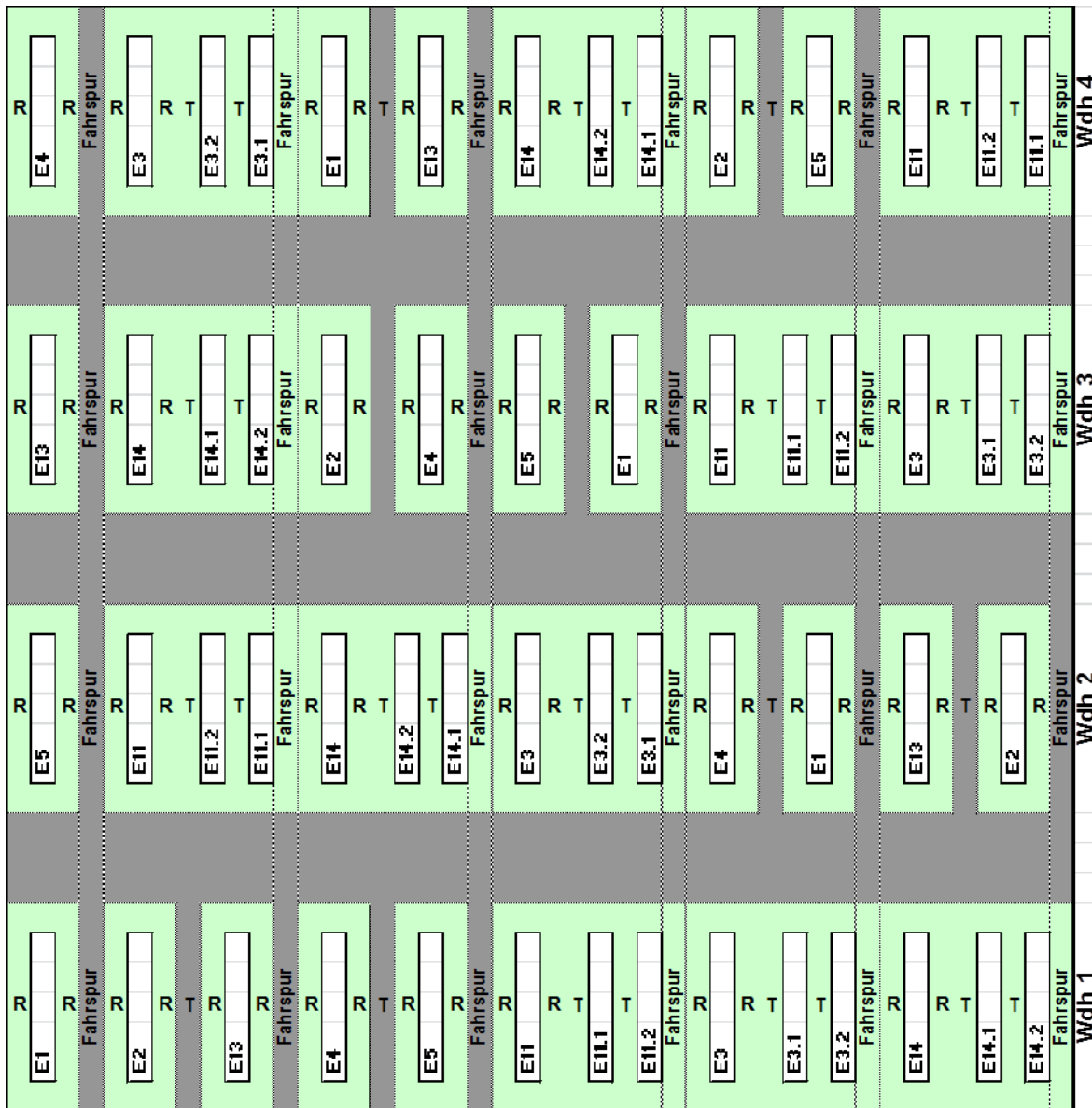


Abbildung 7: Versuchsplan zum Grundversuch inklusive Faktoroptimierung am Standort Ascha; der Versuchsplan ist für Anlagen V und VI identisch

Die einzelnen Ackerkulturen und Sorten in den Versuchsanlagen V und VI wurden entsprechend den regionalen Empfehlungen, die von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) sowie vom TFZ (z.B. für Sorghum) herausgegeben werden, angebaut (Tabelle 8, Tabelle 9, Tabelle 10, Tabelle 11). Die Ermittlung der Höhe der N-Düngung erfolgte gemäß dem Düngesystem Stickstoff (DSN), das vom Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz der LfL entwickelt wurde. Die Pflanzenschutzmaßnahmen bestanden ausschließlich aus einem dem Unkrautspektrum angepassten Herbizideinsatz. In den Kultu-

ren Klee gras, Wickroggen, Roggen-Erbsen-Gemenge und Mais mit Weidelgras-untersaat war eine Unkrautbekämpfung nicht nötig bzw. nicht zugelassen.

Die Datenerfassung erfolgt im Verbundprojekt nach einheitlichen Kriterien, die in allen Versuchen wurden zu festgelegten Entwicklungsstadien erhoben wurden: Daten zur Bodenbedeckung der Kulturen sowie des Unkrautbesatzes, zur Bestandeshöhe und –dichte sowie zum Krankheits- und Schädlingsbefall.

Zur Ernte wurde der Frischmasseertrag der Ernteparzelle mittels Grünguternter, Parzellenhäcksler oder Parzellendrescher gewogen. Die Zuckerrüben wurden per Hand geköpft und dann ebenfalls per Hand gerodet. Von allen Kulturen wurden aus dem kontinuierlichen Erntematerialstrom Pflanzenproben zur Trockensubstanzbestimmung und zur Analyse der Inhaltsstoffe entnommen.

Zu Vegetationsbeginn wurden Bodenproben gezogen und auf mineralische Stickstoffgehalte (Nitrat, Ammonium) sowie auf Phosphat-, Kalium-, Magnesiumgehalte und pH-Wert untersucht. Diese Werte bildeten die Basis der Düngeplanung. Ebenso wurden nach jeder Ernte und zu Vegetationsende die N_{\min} -Gehalte im Boden ermittelt.

Zur Bestimmung der Methanausbeute im Batchversuch wurden nach den Vorgaben des Leibniz-Instituts für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB-Potsdam) Silage- und Gefrierproben von dem gehäckselten Erntegut ausgewählter Fruchtarten hergestellt.

Für die ökonomische Bewertung der verschiedenen Fruchtfolgen wurden alle Arbeitsschritte und Produktionsmittel detailliert in einer Ökonomie-Datenbank aufgelistet. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden auf Grundlage dieser Daten an der Universität Gießen durchgeführt.

Die ökologischen Bewertungen der geprüften Fruchtfolgen realisierte das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. In diese Bewertungen fließen die Boniturdaten, Boden- und Pflanzenanalysen, Arbeitsschritte und Produktionsmittelaufwand, die in einer Pflanzenbau-Datenbank erfasst wurden, ein.

Die statistische Auswertung der Ernteergebnisse wurde am TFZ mit der Statistik-Software SAS 9.3 durchgeführt. Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ wurden Mittelwerte als signifikant verschieden eingestuft. Die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgt mit Origin-Pro 2015.

3 Ergebnisse

Im diesem Kapitel wird Stellung zu den erzielten bzw. berechneten Trockenmasseerträgen (TM-Ertrag), Methanhektarerträgen (CH₄-Ertrag) und Deckungsbeiträgen bezogen. Eine Nachhaltigkeitsbewertung der angebauten Fruchtfolgen bzw. Fruchtarten in Hinblick auf Nitratauswaschungspotenzial (NO₃), Treibhausgase (THG) und Energiebilanzen schließt dieses Kapitel ab.

3.1 Kumulierte Trockenmasseerträge des Fruchtfolgeversuchs in EVA III

Abbildung 8 zeigt die kumulierten Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtarten in den Kern- und Themenfruchtfolgen in Anlage V und Anlage VI am Standort Ascha. Zu Beginn sei nochmals darauf hingewiesen, dass die vorangegangenen Anbaujahre 2013 und 2014 sich in ihren Witterungsverläufen äußerst gegensätzlich verhielten, was sich in der Biomasseleistung der einzelnen Fruchtarten widerspiegelt. Da diese teils enormen Ertragsdifferenzen aus einer Abbildung mit kumulierten Ertragsergebnissen nicht immer eindeutig abzulesen sind, bietet Tabelle 5 am Ende dieses Abschnittes eine vergleichende Übersicht zu den erzielten Erträgen bzw. Ertragsunterschieden je Fruchtart und Anlage bzw. Anbaujahr.

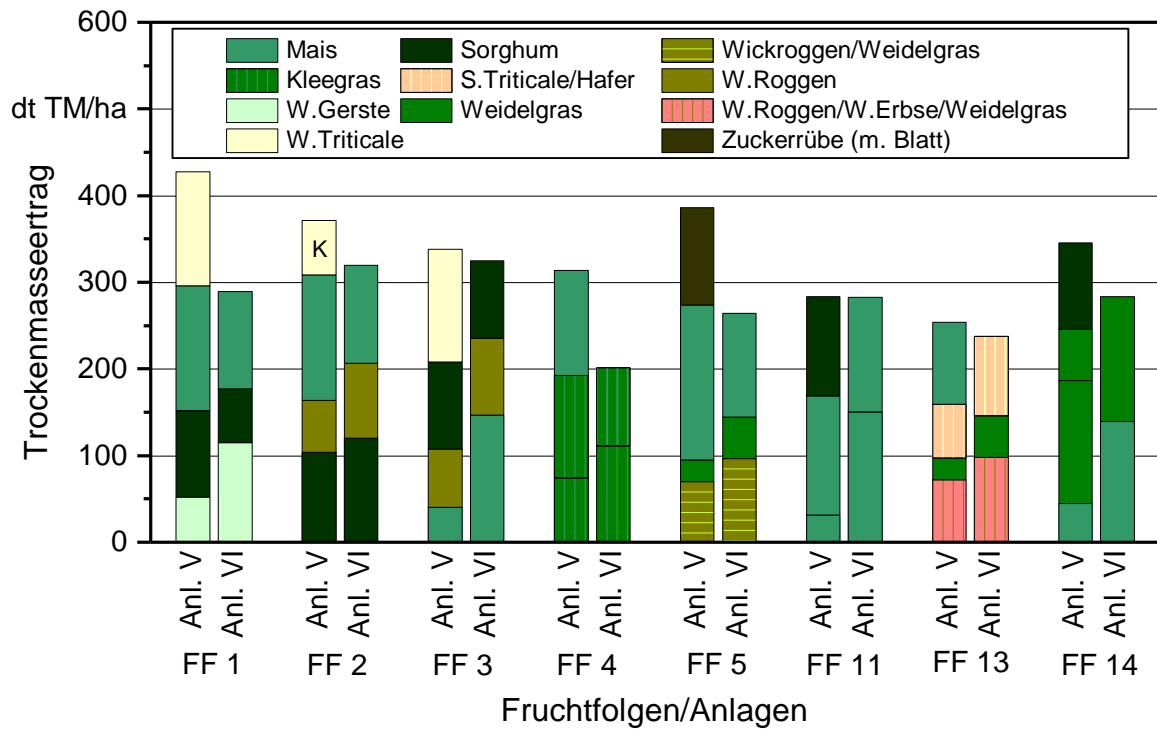


Abbildung 8: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtarten in den Kern- und Themenfruchtfolgen im Grundversuch in den Anlagen V und VI am Standort Ascha, Versuchsjahre 2013 - 2015

Die Ernte des Jahres 2015 ist aufgrund der besonderen Witterung in zwei Gruppen zu unterteilen. Gute Trockenmasseerträge bei den Winterungen und den ersten beiden Schnitten der Ackerfuttersvarianten auf der einen Seite, durch Hitze- und Trockenheitsstress verminderte Erträge der Sommerungen Silomais und Sorghum und Totalausfälle des Gräseraufwuchses nach dem zweiten Schnitt auf der anderen.

Wintertriticale als Ganzpflanzengetreide erzielte in FF 1 und FF 3 (Anlage V) mit 131 und 130 dt/ha (Tabelle 5) durchaus hohe TM-Erträge, während auch der Grünroggen in FF 2 und FF 3 (Anlage VI) mit 87 und 89 dt/ha deutlich über dem Ertrag des Vorjahres lag (46 % Mehrertrag in FF 3). Zurückzuführen ist das auf die fortgeschrittene Entwicklung zu Vegetationsbeginn, welche durch den milden Winter bedingt war. Im zeitigen Frühjahr waren beide Kulturen durch einen dichten, gesunden und unkrautfreien Pflanzenbestand aufgefallen. Lediglich der Kornertrag der Wintertriticale in FF 2 (Anlage V) war durch die heiße Temperatur im Sommer beeinträchtigt, da in diesem Zeitraum die Kornbildung nicht vollendet werden konnte und eine Notreife einsetzte.

Die ersten beiden Ernten der Ackerfutter- (FF 4) und Weidelgrasvarianten (FF 8) überzeugten in beiden Anlagen wie auch die Winterungen mit rascher Frühjahrsentwicklung, dichtem Wachstum und folglich hohen TM-Erträgen. Dieses Bild änderte sich ab Juli unter den Be-

dingungen des Rekordsommers, bei dem die Gräser aufgrund des Wassermangels so stark reduzierten, dass sich bis zum Herbst hin kein erntewürdiger Aufwuchs mehr etablieren konnte, weil das Wachstum der Kulturen komplett eingestellt war. Dennoch lag der Weidelgrasertrag mit 144 dt/ha sogar knapp über dem Vorjahresniveau. Die Weidelgrassaat in FF 3 kam über ein zaghaftes Spitzen einzelner Halme nicht hinaus.

Für die Nutzung als Ganzpflanzensilage wurde in FF 13 (Anlage VI) Ende April das Sommertriticale/Hafer-Gemenge gesät. Nach zögerlicher Jugendentwicklung entfaltete sich ein dichter, massiger Bestand ohne nennenswerten Unkrautdruck. Die Beerntung Ende Juli offenbarte einen um 48 % gesteigerten TM-Ertrag (92 dt/ha), als in Anlage V.

Mit Zuckerrüben für die Biogasnutzung stand in FF 5 (Anlage V) eine für den Standort Ascha unübliche Kultur. Einerseits ist die Vegetationszeit aufgrund der höheren Lage und niedrigeren Temperaturen verkürzt, andererseits sind die Böden um ein vielfaches weniger tiefgründig als zum Beispiel im nahegelegenen Gäuboden. Nichtsdestotrotz wurde nach einer etwas verhaltenen Jugendentwicklung (niedrige Temperaturen im Mai) mit gut platzierten Herbizidmaßnahmen Anfang Juli der Reihenschluss erreicht. Wegen der Trockenheit und des daraus resultierenden niedrigen Infektionsdruck wurde lediglich eine Cercosporaspritzung durchgeführt. Die Trockenheit machte den Rüben sehr zu schaffen und veranlasste eine wiederholte Neubildung der welken Blätter. Die Ernte konnte bei trockenen Bedingungen mit der Hand durchgeführt werden. Es wurde ein unbefriedigender Trockenmasseertrag von 88,2 dt/ha erzielt.

Deutlich hinter den Ertragserwartungen von ca. 170 dt/ha blieb dieses Jahr der Silomais zurück. Das hat mehrere Ursachen. Zum einen waren die Temperaturen nach der Saat im Mai für die Jahreszeit deutlich zu niedrig, wodurch sich der Auflauf der Pflanzen verzögerte. Auch die Herbizidbehandlung wurde dadurch erschwert, konnte aber letztendlich erfolgreich durchgeführt werden. Zum anderen rief die zunehmende Trockenheit nach dem für die C4-Pflanzen wohltuenden Temperaturanstieg bezeichnende Stresssymptome hervor. Neben einem stockenden Wachstum der Gesamtpflanze und des Kolbens zeigte der Mais stark eingedrehte Blätter mit nekrotischen Spitzen. Bereits am 01.09. wurde folglich die Ernte mit dem Häcksler durchgeführt. Das Ertragsniveau lag bei etwa 120 dt TM/ha. Am besten schnitt FF 11 (Anlage VI) mit 132 dt TM/ha ab, der niedrigste Maisertrag fand sich mit 94 dt TM/ha in FF 13. Dieses Ergebnis ist entgegen der Erwartungen, da in FF 13 die Sommergetreidemischung und die abfrierende Zwischenfrucht aus dem Anbaujahr 2014 eine gute Vorfrucht darstellen sollten.

Der Bestand der Jungpflanzen bei Sorghum war ungleichmäßig und lückig. Durch die Bestockung konnten die entstandenen Lücken aber gut geschlossen werden. Aufgrund des hohen Wärmeanspruchs waren die hohen Temperaturen dem Wachstum überaus dienlich. In den

heißen und trockenen Augustwochen stoppte die Kultur in ihrer Entwicklung und es war vereinzelt Trockenstress in Form von eingerollten Blättern zu sehen. Sorghum lieferte als Zweitfrucht nach Grünroggen in FF 3 89 dt TM/ha und nach Weidelgras in FF 14 100 dt FM/ha. Als Hauptfrucht in FF 11 mit 115 dt TM/ha liegt Sorghum in diesem Jahr damit sogar auf Ertragsniveau von Silomais. Dadurch zeichnet sich ab, dass Sorghum auf niedrigerem Ertragsniveau eine höhere Ertragssicherheit bei Wetterextremen mit Hitze und Trockenheit vorhanden ist als bei Silomais. Das weitreichende Wurzelsystem ermöglicht auch bei Niederschlagsdefiziten eine gute Wasseraufnahme.

Tabelle 5: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtarten in den Kern- und Themenfruchtfolgen im Grundversuch in den Anlagen V und VI am Standort Ascha, Versuchsjahre 2014 - 2015

FF	FFG	Fruchtart	Sorte/ Mischung	FFSt	TM-Ertrag Anl. V in dt/ha	TM-Ertrag Anl. VI in dt/ha	TM- Ertrag Δ in dt/ha
1	1	Wintergerste	Meridian	HF	53 ^b	115 ^a	+62
	2	Sorghum	KWS Sole	ZF	100 ^a	62 ^b	-38
	3	Silomais	ES Archimedes	HF	144 ^a	113 ^b	-31
	4	Wintertriticale	Agostino	HF	131		
	5	Phacelia	Boratus	ZF	21		
2	1	Sorghum	KWS Sole	HF	104 ^a	121 ^a	+17
	2	Winterroggen	Brasetto	ZWF	60 ^b	87 ^a	+27
	3	Silomais	Laurinio	ZF	145 ^a	113 ^b	-32
	4	Wintertriticale	Agostino	HF	63		
3	1	Silomais	ES Archimedes	HF	41 ^b	147 ^a	+106
	2	Winterroggen	Brasetto	ZWF	68 ^b	89 ^a	+31
	3	Sorghum	KWS Sole	ZF	100 ^a	89 ^a	-11
	4	Wintertriticale	Agostino	HF	130		
	5	Weidelgras	Bree/Gemini	HF	-		
4	1	Ackerfutter	FM4K, 1 HNJ	HF	75 ^{b*}	112 ^{a**}	+37
	2	Ackerfutter	FM4K, 2 HNJ	HF	118 ^{**a}	91 ^{**b}	-27
	3	Silomais	ES Archimedes	HF	121		
5	1	Winterroggen +		HF	71 ^b	97 ^a	+26
		Zottelwicke +					
	Weidelgras	ZWF		25 ^{b*}	48 ^{a*}	+23	
	2	Weidelgras		HF	179 ^a	120 ^b	-59
3	Silomais	ES Archimedes	HF	88			
4	Zuckerrübe	Premiere	HF				

11	1	Silomais	ES Archimedes	HF	32	151	+119
	2	Silomais	ES Archimedes	HF	137 ^a	132 ^a	-5
	3	Sorghum	KWS Sole	HF	115		
13	1	Winterroggen + Wintererbse + Weidelgras		HF	72 ^b	99 ^a	+27
	2	Weidelgras		ZWF	25 ^{b*}	48 ^{a*}	+23
	3	S.Triticale + Hafer	Somtri + Symphony	HF	62 ^b	92 ^a	+30
	4	Silomais	ES Archimedes	HF	94,5		
14	1	Silomais	ES Archimedes	HF	45	140	+95
	2	Weidelgras	Bree/Gemini	HF	142 ^{***a}	144 ^{***a}	+2
	3	Weidelgras	Bree/Gemini	HF	59		
	4	Sorghum	KWS Sole	HF	100		

*) zweischnittig; **) dreischnittig; ***) vierschnittig; TM-Ertrag Δ: Vergleich der Anlagen

3.2 Trockenmasseerträge im Satellitenversuch „Fakturoptimierung N-Düngung“

Der Rotationsbeginn für den Versuch „Fakturoptimierung N-Düngung“ startete wie der Grundversuch 2012/2013 mit Anlage V.

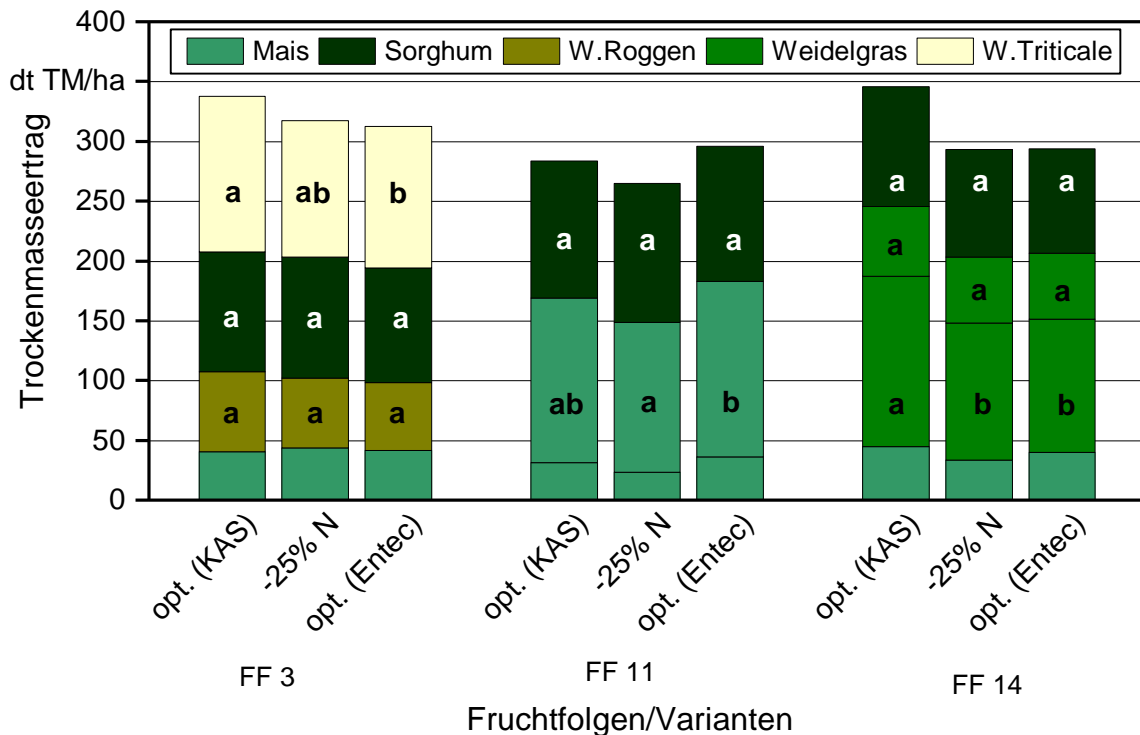


Abbildung 9: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtfolgen und Düngungsvarianten im Satellitenversuch „Fakturoptimierung N-Düngung“ in Anlage V am Standort Ascha, Versuchsjahre 2013–2015; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Kulturarten, beim ersten Fruchtfolgeglied Mais war keine statistische Auswertung möglich

Die Wintertriticale zur Nutzung als Ganzpflanzensilage in 2015 in FF 3 sprach deutlich auf die Stickstoffgabe zu Vegetationsbeginn an, wodurch bereits im April ein deutlich dichter Bestand zu erkennen war. Dieses Bild zog sich bis zur Ernte durch und spiegelte sich auch in den Trockenmasseerträgen (Abbildung 9 und Tabelle 6) wider.

Hier gingen die Erträge von der optimalen Düngung mit KAS über die reduzierte bis hin zur Entec-Variante leicht zurück. Diese Ertragsveränderungen ließen sich auch statistisch ausweisen. Der Schwankungsbereich der Trockenmasseerträge belief sich auf 16 dt TM/ha.

Bei den Sorghumvarianten in den Fruchtfolgen 11 und 14 hingegen lassen sich die deutlich geringeren Ertragsunterschiede nicht statistisch belegen. In der reduzierten Variante der FF 11 war der TM-Ertrag mit 116 dt/ha gleichauf mit der optimal gedüngten Variante. Die Entec-Variante liegt mit 113 dt/ha nur geringfügig darunter. Deutlicher ist der Einfluss der Stickstoffdüngung in FF 14 zu erkennen. Dort beträgt bei einem insgesamt niedrigeren Er-

tragsniveau des Sorghums (100 dt TM/ha bei der optimalen N-Versorgung) der Minderertrag der reduzierten Variante 10 dt TM/ha, was sich jedoch statistisch nicht als signifikant unterschiedlich ausweisen lässt. Bei der Düngung mit Entec war der TM-Ertrag mit 87 dt/ha am niedrigsten. Das liegt möglicherweise daran, dass das schneller verfügbare Nitrat in den anderen Varianten noch vor Einsetzen der großen Hitze- und Trockenheitsphase von der Pflanze aufgenommen wurde, bevor das Wachstum durch den Wassermangel eingebremst wurde.

Der kumulative Trockenmasseertrag ist bei FF 3 und FF 14 jeweils in der optimal gedüngten Variante am höchsten, während in FF 11 mit geringem Plus die mit Entec gedüngten Kulturen anführen.

*Tabelle 6: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtarten und Düngungsvarianten im Satellitenversuch „Fakturoptimierung N-Düngung“ in Anlagen V am Standort Ascha, Versuchsjahre 2013 - 2015; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, * keine statistische Auswertung möglich*

FF	FFG	Fruchtart	Sorte/ Mischung	FFSt	KAS (optimal) in dt/ha	-25% N in dt/ha	Entec (optimal) in dt/ha
3	1	Silomais	ES Archimedes	HF	40,6 *	43,7 *	41,7 *
	2	Winterroggen	Brasetto	ZWF	67,6 ^a	58,8 ^a	56,9 ^a
	3	Sorghum	KWS Sole	ZF	99,9 ^a	101,0 ^a	96,0 ^a
	4	Wintertriticale	Agostino	HF	130 ^a	118 ^{ab}	114 ^b
	5	Weidelgras	Bree/Gemini	ZWF	-	-	-
11	1	Silomais	ES Archimedes	HF	31,9 *	37,1 *	36,5 *
	2	Silomais	ES Archimedes	HF	137,2 ^{ab}	125,4 ^b	146,4 ^a
	3	Sorghum	KWS Sole	HF	115 ^a	116 ^a	113 ^a
14	1	Silomais	ES Archimedes	HF	44,9 *	37,0 *	40,2 *
	2	Weidelgras	Bree/Gemini	HF	142,4 ^a	114,7 ^b	111,3 ^b
	3	Weidelgras	Bree/Gemini	HF	59 ^a	55 ^a	55 ^a
	4	Sorghum	KWS Sole	ZWF	100 ^a	90 ^a	87 ^a

Anlage VI startete im Anbaujahr 2014 mit Mais in allen Fruchtfolgen (Abbildung 10, Tabelle 7) mit relativ gleichmäßigen Trockenmasseerträgen. Darauf folgte in FF 3 Winterroggen, welcher auf die unterschiedlichen Düngestrategien nur mit sehr leichten Ertragschwankungen, die sich im Bereich von 3 bis 7 dt TM/ha bewegten, reagierte. Bei derart geringen Ertragsunterschieden lässt sich auch keine Aussage zu einer Tendenz formulieren. Ein ähnliches Bild zeigen die Erträge der im Anschluss daran gesäten Sorghumhirse. Dort bewegten sich die TM-Erträge sogar nur zwischen 84 und 89 dt/ha, wobei sich bei einer Betrachtung der kumulierten Trockenmasseerträge ein tendenzieller Minderertrag bei der reduzierten Variante abzeichnet.

In der „Monokulturfruchtfolge“ 11 spiegeln sich beim Mais die gleichförmigen Erträge aus dem Vorjahr wider. Zwar liegt das Ertragsniveau mit ca. 130 dt TM/ha etwa 20 dt TM/ha unterhalb der Vorjahresleistung, jedoch sind die Ertragsunterschiede durch die verschiedenen Düngevarianten wiederum statistisch nicht nachweisbar.

Anders verhält sich das Weidelgras in FF 14 bei der Biomassebildung. Hier ist ein statistisch nachweisbarer Effekt der N-Düngung zu erkennen. Zwar unterscheiden sich die stickstoffreduziert gedüngte und die Entec-Variante mit 127 und 126 dt TM/ha kaum, die optimal gedüngte Variante erzielte hingegen einen TM-Ertrag von 144 dt/ha. Darin spiegelt sich das hohe Stickstoffaufnahmevermögen des Weidelgrases wider und zeigt, dass bei einer frühen und ausreichenden Verfügbarkeit von Stickstoff ein höheres Ertragspotential möglich ist.

*Tabelle 7: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtarten und Düngevarianten im Satellitenversuch „Fakturoptimierung N-Düngung“ in Anlage VI am Standort Ascha, Versuchsjahr 2014 und 2015; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, * keine statistische Auswertung möglich*

FF	FFG	Fruchtart	Sorte/ Mischung	FFSt	KAS (optimal) in dt/ha	-25% N in dt/ha	Entec (optimal) in dt/ha
3	1	Silomais	ES Archimedes	HF	146,8 ^a	136,5 ^a	155,9 ^a
	2	Winterroggen	Brasetto	ZWF	89 ^a	85 ^a	82 ^a
	3	Sorghum	KWS Sole	ZF	89 ^a	84 ^a	85 ^a
11	1	Silomais	ES Archimedes	HF	150,6 ^a	152,3 ^a	152,0 ^a
	2	Silomais	ES Archimedes	HF	132 ^a	127 ^a	125 ^a
14	1	Silomais	ES Archimedes	HF	140,0 [*]	140,0 [*]	144,3 [*]
	2	Weidelgras	Bree/Gemini	HF	144 ^a	127 ^b	126 ^b

Da die Fruchtfolgen im Versuch „N-Düngung Faktoroptimierung“ zum Zeitpunkt der Zwischenberichterstattung noch nicht abgeschlossen waren, wurde auf eine statistische Verrechnung der kumulierten Erträge der einzelnen Fruchtfolgen verzichtet.

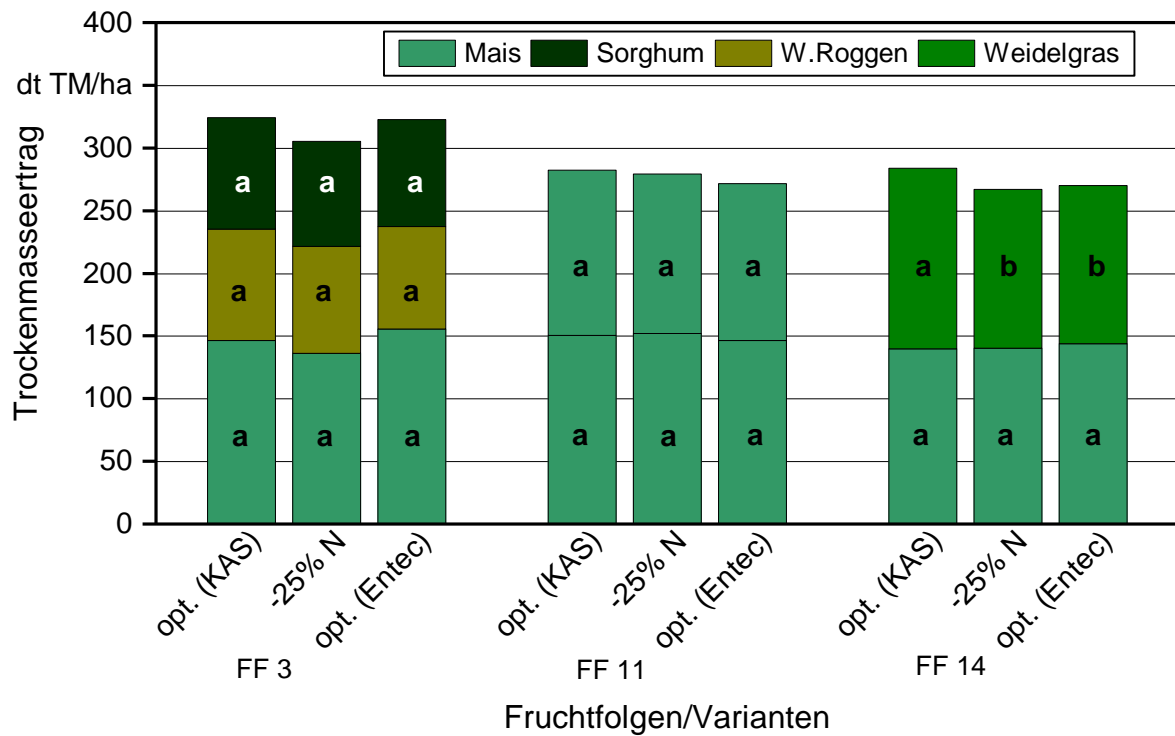


Abbildung 10: Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtfolgen und Düngungsvarianten im Satellitenversuch „Faktoroptimierung N-Düngung“ in Anlage VI am Standort Ascha, Versuchsjahre 2014 - 2015; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

3.3 Weiterführende Nachhaltigkeitsbewertungen

Neben einer pflanzenbaulichen und ökonomischen Betrachtung des Energiepflanzenanbaus wird im Rahmen von EVA III eine ganzheitliche Bilanzierung angestrebt. Diese Nachhaltigkeitsbewertung soll ein Instrument zur Entscheidungsunterstützung für den standortbezogenen Energiepflanzenanbau für folgende Bereiche sein:

- Erfüllung gesetzlicher Auflagen
- Steigerung von Energie- und Ressourceneffizienz
- Vermeidung von Problemverlagerung in andere Bereiche
- Verbesserung von ökologischer und ökonomischer Leistung
- Schwachstellenanalyse
- Vergleich und Optimierung verschiedener Produktionssysteme

Da die Projektlaufzeit am 30.11.15 endet, ist eine derartige Betrachtung in diesem Bericht nicht durchführbar. Einerseits sind die erforderlichen Daten zum Zeitpunkt der Berichtverfassung nicht vorhanden (wie zum Beispiel die Pflanzeninhaltsstoffanalysen aller Ernteprodukte und Bodenuntersuchungen zum Erntetermin und zu Vegetationsende), andererseits hätte eine umfassende Nachhaltigkeitsbewertung erst nach Abschluss der Fruchtfolgerotation in 2016 und 2017 erfolgen können. Die bisherigen Ergebnisse sind im Zwischenbericht 2014 aufgeführt.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

In dem Verbundvorhaben EVA III wurden seit Projektbeginn 2013 am Standort Ascha im Grundversuch fünf Kernfruchtfolgen sowie drei Themenfruchtfolgen mit Energiepflanzen angebaut. Ziel des Verbundvorhabens ist es, eine Vielfalt von Fruchtarten im Fruchtfolgekontext zu prüfen und aus pflanzenbaulicher, ökonomischer und ökologischer Perspektive für den Energiepflanzenanbau zu bewerten. Dies wurde unter der grundsätzlichen Annahme verfolgt, dass eine Vielfalt im Anbau möglich ist und der Energiepflanzenanbau auch das Potenzial hat, die pflanzenbauliche Produktion von Biogasrohstoffen zu diversifizieren. Für die Aufstellung der zu prüfenden Energiepflanzenfruchtfolgen wurden zum Teil etablierte Kulturpflanzen wie Mais, Zuckerrüben, Wintergetreide und Kleegrasmischungen als auch neue Pflanzenarten wie Sorghum ausgewählt. Zudem fanden Ackerkulturen Berücksichtigung, die durch einen rückläufigen Anbautrend gekennzeichnet sind. Hierbei entschied man sich für eine Sommergetreideartenmischung aus Sommertriticale und Hafer zur Ganzpflanzennutzung.

Zum Zeitpunkt der Berichtslegung war die Fruchtfolgerotation noch nicht abgeschlossen. Daher können keine konkreten Aussagen zu den Fruchtfolgen, sondern nur zu den bis September 2015 angebauten Fruchtfolgegliedern getroffen werden.

Die Ergebnisse des Grundversuches verdeutlichen, dass Mais nur unter guten bis optimalen Witterungsbedingungen zur Vegetationszeit die Ertragserwartungen erfüllen kann. Herrschen suboptimale oder extreme Witterungsbedingungen, kann er gerade auf den weniger vorzüglichen Standorten wie flachgründige Höhenlagen sein Biomassebildungspotenzial nicht ausschöpfen und verliert seine Vormachtstellung. Auch andere Ackerkulturen reagieren auf außergewöhnliche Witterungsumstände, jedoch zeigen die Ertragsvergleiche weniger stark ausgeprägte Ertragsdifferenzen zwischen den Anbaujahren. Das wiederum unterstreicht die Notwendigkeit eines vielfältigen Energiepflanzenanbaus zur Risikoabsicherung.

In dem Satellitenversuch „*Fakturoptimierung N-Düngung*“ wurde geprüft, inwiefern differenzierte Düngermengen und Düngerarten die Biomasseleistung der Energiepflanzen beeinflussen. Die Ergebnisse verdeutlichten, dass die Kulturen sehr unterschiedlich reagieren. Sowohl der Verzicht von 25 % N-Düngemenge als auch eine Änderung der Düngerart wurden von Winterroggen und Sorghum toleriert. Mais und Weidelgras reagierten – die Maiserträge aus dem Ausnahmejahr 2013 ausgeschlossen – sowohl auf die Düngermenge als auch auf die Düngerart. Die Zahlen zeigen für diese beiden Kulturen einen Ertragszuwachs bei der Applikation von stabilisiertem Dünger und einen Ertragsrückgang bei der reduzierten Düngung. Weidelgras zeichnete hierbei wesentlich deutlicher. Der signifikant höchste Ertrag wurde für Mais und Weidelgras bei konventioneller Düngung mit KAS nachgewiesen.

Das Sommergetreidegemenge aus S.Triticale und Hafer konnte im ersten Versuchsjahr 2014 mit 62 dt TM/ha nicht überzeugen. Im Folgejahr jedoch konnte ein TM-Ertrag von 92 dt/ha erzielt werden. Ein Grund dafür kann die gute Wasserversorgung und die warmen Temperaturen im Mai sein.

Sehr problematisch war im Anbaujahr 2015 die Ackerfuttermittellvariante (FF 4) in Anlage VI. Waren der erste und zweite Schnitt noch auf durchschnittlichem Ertragsniveau, brachen die Bestände aufgrund der Hitze und der Trockenheit von Juli bis September komplett zusammen. Das führte dazu, dass kein weiterer Aufwuchs geerntet werden konnte. Auch bei der Weidelgrasvariante (FF 14) konnten nur zwei ordentliche Schnitte geerntet werden. Der dritte Schnitt brachte nur knapp 10 dt TM/ha. Katastrophal hingegen verlief die Bestandesentwicklung des Weidelgrases (FF 3) in Anlage V, welches nach der Saat keinen nennenswerten Niederschlag erhielt und deshalb keinen Bestand etablierte.

Sorghum zeigte sich im Gegenzug bei dieser extremen Witterung deutlich ertragsstabiler.

Ein weiterer Schwerpunkt im EVA-Verbundvorhaben ist die Berechnung der Treibhausgasemissionen und Energiebilanzen. Durch die Erweiterung der Bilanzierungsgrenzen kann nun der gesamte Lebensweg der Stromherstellung aus Energiepflanzen vom Anbau der Biomasse bis hin zur Stromerzeugung abgebildet werden. Aufgrund des verfrühten Abgabetermins des Berichtes, sind keine aktuellen Berechnungen des ZALF für Treibhausgasemissionen und Energiebilanzen verfügbar.

5 Stand der Arbeiten

Die Bodenprobenentnahmen zu Vegetationsende 2015 sind für November geplant. Die Winterungen der Vegetationsperiode 2015/2016 konnten nicht mehr bestellt werden, da die Versuchsfläche vor Flächenrückgabe an den Verpächter noch abgespritzt und die Wegeflächen aufgegrubbert werden mussten, um Folgezahlungen der Flächenpacht in 2016 zu vermeiden. Die Erntearbeiten endeten folglich Mitte Oktober mit der Zuckerrübenernte.

Die Ertrags- und Bewirtschaftungsdaten des Erntejahres 2015 werden bis zum Projektende in die von den Projektpartnern der Justus-Liebig-Universität Gießen bereitgestellte Datenbank eingetragen. Die Pflanzen- und Bodenproben wurden zur Untersuchung an entsprechende Labore geliefert. Die Ergebnisse der Analysen der Bodenproben zur Ernte der Feldfrüchte und zu Vegetationsende 2015 liegen derzeit nicht vollständig vor und werden nach Lieferung kontinuierlich in die dafür vorgesehene Datenbank eingelesen. Die Analysergebnisse der Pflanzenproben stehen zum Großteil noch aus.

6 Veröffentlichungen, Informationsangebote und Öffentlichkeitsarbeit

Veröffentlichungen:

Zander (TFZ): Cultivation of winter rye undersown by forage crop mixtures for energy crop production: Poster in Rahmen der IEA Bioenergy Conference in Berlin, 10/2015

Zander (TFZ), Riedel (LFL): Extrafutter oder Verluste im Mais? Erste bayerische Versuche mit Untersaaten im Mais. Beitrag in Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, 05/2015

Zander (TFZ), Riedel (LFL): Untersaaten erfolgreich in Wintergetreide etablieren. Beitrag im BLW, 04/2015

Schumann (TFZ): Erfolge mit Mais-Untersaaten auch unter extremen Witterungseinflüssen. Poster im Rahmen der KTBL-Tagung Potsdam, 09/2015

Öffentlichkeitsarbeit:

Beratung von diversen Besuchergruppen am TFZ sowie am Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe sowie von Landwirten und Interessierten auf verschiedenen öffentlichen Veranstaltungen:

- FNR Fachtagung: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen im März 2015 in Berlin
- Feldtag im Mai 2015 in Ascha
- 9. Rostocker Bioenergieforum im Juni 2015 in Rostock
- Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft im September in München
- Erlebnismarkt – Schranne im September 2015 in Straubing
- Agrarwissenschaftliches Symposium (TUM, Hans-Eisenmann-Gesellschaft) im September in Freising



Abbildung 11: Fruchtfolgepuzzle als Beratungsinstrument; Grundlage bilden die Erkenntnisse aus dem EVA-Projekt

7 Literatur

- [1] ANONYM (2007): Die Braunerde, die Vielseitige. unter: [http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:203253,AARTxNR:lfu_bod_00027,USERxBODYURL:artdtl.htm\)=X](http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:203253,AARTxNR:lfu_bod_00027,USERxBODYURL:artdtl.htm)=X) (Zugriffsdatum: 01.07.2013)
- [2] ANONYM (2007): Die Parabraunerde, vom Winde verweht. unter: [http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:203253,AARTxNR:lfu_bod_00027,USERxBODYURL:artdtl.htm\)=X](http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:203253,AARTxNR:lfu_bod_00027,USERxBODYURL:artdtl.htm)=X) (Zugriffsdatum: 01.07.2013)
- [3] ANONYM (2007): Der Pseudogley, im Stau. unter: [http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:203253,AARTxNR:lfu_bod_00027,USERxBODYURL:artdtl.htm\)=X](http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:203253,AARTxNR:lfu_bod_00027,USERxBODYURL:artdtl.htm)=X) (Zugriffsdatum: 01.07.2013)
- [4] ANONYM (2007): Geologie und Böden in Niederbayern. unter: [http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:203253,AARTxNR:lfu_bod_00027,USERxBODYURL:artdtl.htm\)=X](http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:203253,AARTxNR:lfu_bod_00027,USERxBODYURL:artdtl.htm)=X) (Zugriffsdatum: 01.07.2013)
- [5] AURBACHER, J., KORNTZ, P., DUNKEL, J. (2013): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den Verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase II (EVA II). Teilvorhaben 3: Ökonomische Begleitforschung. Abschlussbericht
- [6] BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL): Agrarmeteorologisches Messnetzwerk Bayern, Wetterstation Nr. 42 Steinach. URL: <http://www.lfl.bayern.de/agm/daten.php?statnr=42> (Datum des Zugriffs: 29.01.2015)
- [7] FUCHS M., C. SCHUSTER, T. KREUTER: (2011): N-Verlustwege und N-Verlustpotentiale unterschiedlicher N-Düngerformen und Möglichkeiten der Beeinflussung. Verbesserung der N-Effizienz und Verringerung von Umweltbeeinflussungen organischer Dünger durch die gezielte Anwendung von Nitrifikationsinhibitoren. in Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Band 23. Stickstoff in Pflanze, Boden und Umwelt.
- [8] GLEMNITZ, M., WILLMS, M., PLATEN, R., PETER, C., PRESCHER A. K. (2014): Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus. Zwischenbericht 2013
- [9] HEINITZ, F., ALBERT, E., REINICKE, F., WAGNER, B. (2010): Optimierung N-Management. Analysen des Stickstoff-Managements von Praxisbetrieben in Sachsen auf Grundlage von Nährstoffbilanzierungen. Schriftenreihe des LfULG. Heft 25/2010
- [10] MUNZER, M., FRAHM, J (2006): Pflanzliche Erzeugung

- [11] SCHUMANN, M., (2005): Untersuchungen zur Erfassung der Nitratverlagerung und Stickstoffkonservierung während des Winters in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, Bodenbedeckung und N-Düngung. Dissertationsschrift. Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin

8 Tabellen

Tabelle 8: Übersicht über Sortenwahl, Saatstärke und N-Düngemenge im Grundversuch in Anlage V in der Vegetationsperiode 2012/2013, 2013/2014 und 2014/2015

Fruchtfolge	Fruchtart	Sorte	Saatstärke in kf Kö/m ²	N-Düngung in kg/ha	Herbizid
1	W.Gerste	<i>Meridian</i>	250	80	ja
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	120	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
	Wintertriticale	<i>Agostino</i>	330	140	ja
2	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	120	ja
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250	60	nein
	Silomais	<i>Laurinio</i>	10	150	ja
	Wintertriticale	<i>Agostino</i>	330	130	ja
3	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250	60	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	120	ja
	Wintertriticale	<i>Agostino</i>	330	125	ja
4	Kleegras	<i>FM4K</i>	27 kg/ha	100*	nein
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
5	Wickroggen	<i>DSV</i>	140 kg/ha	90	nein
	Weidelgras	<i>DSV</i>		120**	nein
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
	Zuckerrüben	<i>Premiere</i>	10	110	ja
11	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	120	ja
13	W.Roggen/ W.Erbse	<i>DSV</i>	140 kg/ha	90	nein
	Weidelgras	<i>DSV</i>		120**	nein
	S.Triticale/Hafer	<i>Somtri/ Symphony</i>	170/ 170	120	ja

	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
14	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	130	nein
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha	240**	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	120	ja

(* = 50 kg/ha je Schnitt; ** = 60 kg N/ha je Schnitt)

Tabelle 9: Übersicht über Sortenwahl, Saatstärke und N-Düngung im Faktoroptimierungsversuch in Anlage V in der Vegetationsperiode 2012/2013, 2013/2014 und 2014/2015

Fruchtfolge	Fruchtart	Sorte	Saatstärke	N-Düngung		Herbizid
			in kf Kö/m ²	Variante	in kg/ha	
3.0	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		150	ja
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250		60	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40		120	ja
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha	KAS (optimal)	240**	nein
3.1	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		120	ja
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250		45	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40		90	ja
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha	KAS (-25% N)	180**	nein
3.2	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		150	ja
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250		60	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40		120	ja
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha	Entec (optimal)	240**	nein
11.0	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		150	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		150	ja
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	KAS (optimal)	120	ja

11.1	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	KAS (-25% N)	120	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		120	ja
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40		90	ja
11.2	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	Entec (optimal)	150	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		150	ja
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40		120	ja
14.0	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	KAS (optimal)	130	nein
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha		240	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40		120	ja
14.1	Silomais		10	KAS (-25% N)	100	nein
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha		180*	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40		90	ja
14.2	Silomais		10	Entec (optimal)	130	nein
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha		240	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40		120	ja

(* = 45 kg N/ha je Schnitt)

Tabelle 10: Übersicht über Sortenwahl, Saatstärke und N-Düngung im Grundversuch in Anlage VI in der Vegetationsperiode 2014/2015

Fruchtfolge	Fruchtart	Sorte	Saatstärke in kf Kö/m ²	N-Düngung in kg/ha	Herbizid
1	W.Gerste	<i>Meridian</i>	250	80	ja
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	120	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
2	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	120	ja
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250	60	nein
	Silomais	<i>Laurinio</i>	10	150	ja

3	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250	60	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	120	ja
4	Kleegrass	<i>FM4K</i>	27 kg/ha	100*	nein
5	Wickroggen	<i>DSV</i>	140 kg/ha	90	nein
	Weidelgras	<i>DSV</i>		120**	nein
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>		10	150	ja
11	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja
13	W.Roggen/ W.Erbse	<i>DSV</i>	140 kg/ha	90	nein
	Weidelgras	<i>DSV</i>		120**	nein
	S.Triticale/Hafer	<i>Somtri/ Symphony</i>		170/ 170	120	ja
14	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	130	nein
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha	240**	nein

(* = 50 kg/ha je Schnitt; ** = 60 kg N/ha je Schnitt)

Tabelle 11: Übersicht über Sortenwahl, Saatstärke und N-Düngung im Faktoroptimierungsversuch in Anlage VI in der Vegetationsperiode 2013/2014

Frucht- folge	Fruchtart	Sorte	Saatstärke	N-Düngung	Herbizid	
			in kf Kö/m ²	Variante in kg/ha		
3.0	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	150	ja	
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250	KAS (optimal)	60	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40		120	ja
3.1	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		KAS (-25% N)	120	ja
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250	45		nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	90		ja

3.2	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		150	ja
	Winterroggen	<i>Brasetto</i>	250		60	nein
	Sorghum	<i>KWS Sole</i>	40	Entec (optimal)	120	ja
11.0	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		150	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	KAS (optimal)	150	ja
11.1	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		120	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	KAS (-25% N)	120	ja
11.2	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		150	ja
	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10	Entec (optimal)	150	ja
14.0	Silomais	<i>ES Archimedes</i>	10		130	nein
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha	KAS (optimal)	240	nein
14.1	Silomais		10		100	nein
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha	KAS (-25% N)	180*	nein
14.2	Silomais		10		130	nein
	Dt. Weidelgras/ Wel. Weidelgras	<i>Bree/ Gemini</i>	30kg/ha	Entec (optimal)	240	nein

Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands („EVA“) – Phase III – Grundversuch (Teilprojekt 1)

Forschungs-Nr.: 3.04

Laufzeit: 04/2013 – 11/2015

verantw.

Themenbearbeiter: Ina Fleischer

Beteiligte Einrichtungen: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

20.10.2015

Themenbearbeiter

Institutsleiter

GLIEDERUNG

	Seite
1 Standortcharakteristik	1
2 Witterungsverlauf	1
3.1 Versuchsdurchführung	3
3.2 Datenerhebung	3
4.1 Erträge des Grundversuches	4
4.2 Erträge des kleinen Gärrestversuchs	8
5 Stand der Arbeiten	11

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: EVA-Fruchtfolgen der Projektphase III sowie angelegte Kulturen auf den Versuchsanlagen des Grundversuchs (GV) und kleinen Gärrestversuchs (kIGR, nur FF03) im Jahr 2015	2
Tabelle 2: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte des Erntejahres 2015 im EVA-Grundversuch	5

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Monatliche Niederschlagsmengen in Gülzow im Zeitraum Herbst 2014 – Herbst 2015	1
Abbildung 2: Temperaturverlauf in Gülzow im Zeitraum Herbst 2014 – Herbst 2015	2
Abbildung 3: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Kulturen der Versuchsanlage 5 im Erntejahr 2015	4
Abbildung 4: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Kulturen der Versuchsanlage 6 im Jahr 2015	7
Abbildung 5: Überreste der Vorfrüchte Grünschnittroggen (Fruchtfolge 02, links) und Ackergras (Fruchtfolge 05, rechts) in Zweitfrucht-Mais am 10.06.2015	8
Abbildung 6: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Versuchsanlage 3 des kleinen Gärrestversuchs im Jahr 2015	8
Abbildung 7: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Versuchsanlage 4 des kleinen Gärrestversuchs im Jahr 2015	9
Abbildung 8: Trockenmasseerträge von Wintertriticale-GPS im kleinen Gärrestversuch	10
Abbildung 9: Trockenmasseerträge von Grünschnittroggen im kleinen Gärrestversuch	10

Abkürzungsverzeichnis

FF	Fruchtfolge
GD	Gründüngung
GrSchnR	Grünschnittroggen
HF	Hauptfrucht
ljM	langjähriger Mittelwert
SZF	Sommerzwischenfrucht
S	Standardausgleich
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanzgehalt
WZF	Winterzwischenfrucht
ZF	Zweitfrucht

1 Standortcharakteristik

Detaillierte Angaben zum Standort können früheren Zwischenberichten sowie den Endberichten der EVA-Phasen I und II entnommen werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Standortdaten des EVA-Standes Gülzow aufgelistet.

- 10 m über NN
- Bodenart: stark lehmiger Sand
- Bodentyp: Pseudogley-Parabraunerde
- Ackerzahl: 50
- maritim beeinflusstes Tieflandklima
- mittlerer Jahresniederschlag: ca. 569 mm
- häufig Frühjahrstrockenheit
- Jahresdurchschnittstemperatur: 8,6 °C

2 Witterungsverlauf

Der Herbst des Jahres 2014 wies, wie aus den Abbildung 1 und **Abbildung 2** ersichtlich, eine feuchte und überdurchschnittlich warme Witterung auf. Die Winterungen konnten sich hierdurch gut entwickeln. Ein Überwachsen der Bestände trat jedoch nicht ein, da die Wachstumsbedingungen im November durch Trockenheit schlechter wurden und das Wachstum zum Stillstand kam. Da der Winter durchgehend zu mild war kann jedoch nicht von einer Vegetationsruhe ausgegangen werden. Temperaturen über dem Nullpunkt und überdurchschnittliche Regenfälle während der Wintermonate führten dazu, dass keine Auswinterungsschäden durch Frost festzustellen waren. Es konnte ein starker Anstieg der Schäden durch Mäuse auf den Versuchsanlagen festgestellt werden. Besonders das Luzerne-Klee gras war in beiden Anlagen des Grundversuches hiervon betroffen.

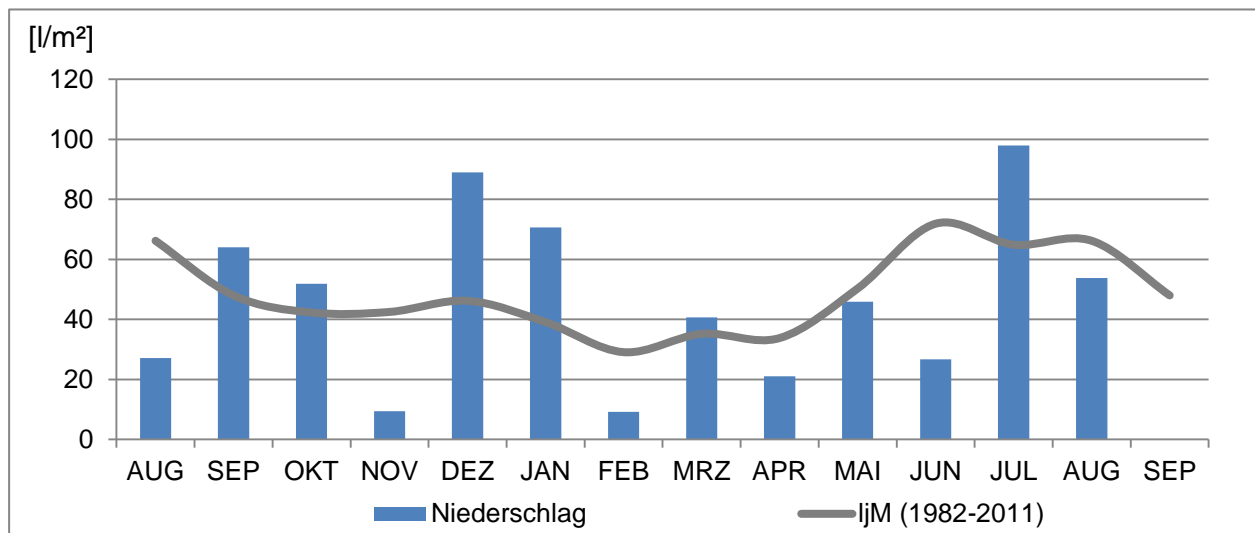


Abbildung 1: Monatliche Niederschlagsmengen in Gülzow im Zeitraum Herbst 2014 – Herbst 2015

Die milde Witterung setzte sich im Frühjahr zunächst fort. Im April und Mai kam es jedoch zu einer Periode kühlerer Witterung verbunden mit geringen Niederschlägen. Hierdurch stagnierte die Entwicklung der Bestände. So benötigte der Mais 2015 für die Entwicklung von BBCH Stadium 12 bis 31 41 Tage – etwa 3 Wochen länger als im Durchschnitt der Vorjahre (23 Tage). Bei den Sommerzwischenfrüchten nach Wintertriticale GPS (Weidelgras und Phacelia) wurden in diesem Jahr ebenfalls ein schlechterer Aufgang und eine langsamere Entwicklung verzeich-

net. Dies gilt auch für die Entwicklung der Sorghumhirse (SZF) nach Wintergerste-GPS (Fruchtfolge 01). Im Verlauf des Juni und Juli stiegen die Temperaturen wieder über den langjährigen Durchschnittswert und es kam zu einigen Starkregenereignissen, wodurch sich die Bedingungen für die Bildung von Biomasse wieder verbesserten. Der Entwicklungsrückstand der Sommerungen im Vergleich zu Vorjahren konnte jedoch nicht aufgeholt werden. Die Ernte der Mähdruschfrüchte konnte termingerecht und ohne witterungsbedingte Probleme vollzogen werden.

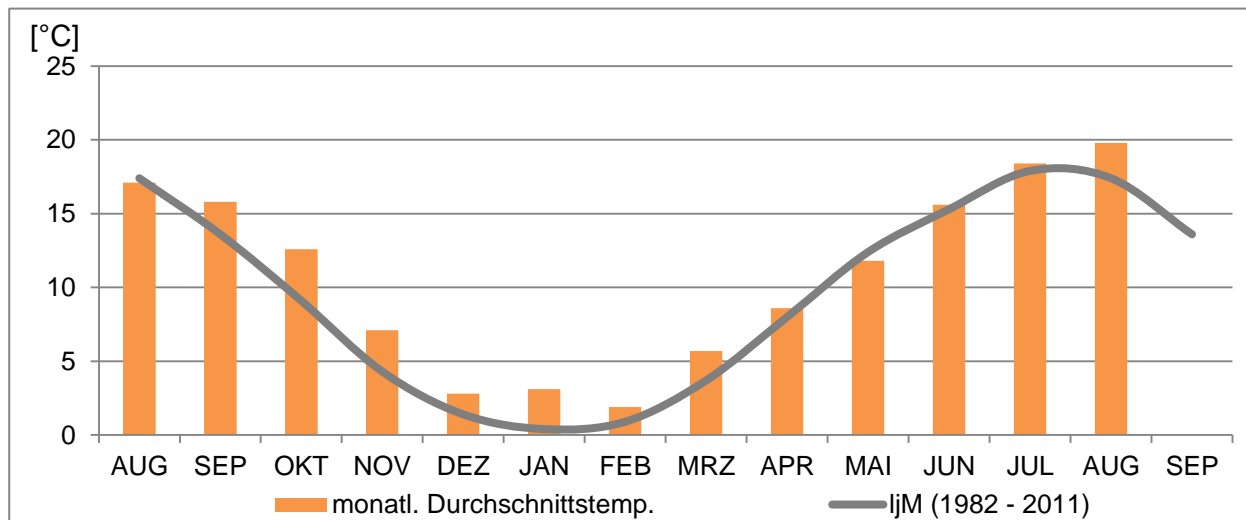


Abbildung 2: Temperaturverlauf in Gülzow im Zeitraum Herbst 2014 – Herbst 2015

3 Material und Methoden

Vom Herbst 2014 bis Herbst 2015 standen innerhalb der unterschiedlichen EVA-Fruchtfolgen viele verschiedenen Kulturen im Feld (Tabelle 1).

Tabelle 1: EVA-Fruchtfolgen der Projektphase III sowie angelegte Kulturen auf den Versuchsanlagen des Grundversuchs (GV) und kleinen Gärrestversuchs (klGR, nur FF03) im Jahr 2015

FF	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
		klGR, Anlage 4 (FF03)	klGR, Anlage 3 (FF03)	
		GV, Anlage 6	GV, Anlage 5	
01	WG-GPS/ Sorghumhirse (SZF)	Mais (HF)	WT-GPS/ Phacelia (SZF-GD)	WW
02	Senf (SZF)/ Sorghumhirse (HF)	GrSchnR. (WZF)/ Mais (ZF)	WT	WW
03	Senf (SZF)/ Mais (HF)	GrSchnR (WZF)/ Sorghumh. (ZF)	WT-GPS/ einj. Weidelgras (SZF)	WW
04	Luzerne-Kleegras	Luzerne-Kleegras	Luzerne-Kleegras/ Mais (ZF)	WW
05	Wickroggen/ Weidelgras	Weidelgras/ Mais (ZF)	Zuckerrübe	WW
11	Mais	Mais	Mais	WW
12	Mais (HF)	GrSchnR (WZF)/ Sorghumh. (ZF)	WT-GPS/ einj. Weidelgras (SZF)	WW
13	WR-GPS/ Steinklee-US	Steinklee	WRaps	WW

Fett=Nutzung als Biogassubstrat

Bei den Versuchsanlagen 5 und 6 handelt es sich um einfaktorielle Langparzellenanlagen mit Standardausgleich (in beiden Anlagen FF01) und je vierfacher Wiederholung. Die Versuchsanlage des kleinen Gärrestversuchs entspricht den Anlagen im Grundversuch, hat jedoch keinen Standardausgleich und unterteilt sich pro Anlage in die Düngevarianten „100 % Gärrestdüngung“ (GR) und „50 % Gärrestdüngung/50 % mineralische Düngung“ (50/50). Die Variante „100 % mineralische Düngung“ (MIN) entspricht den FF03 der Anlagen 5 und 6 im Grundversuch. Ein Lageplan der Versuchsanlage befindet sich im Anhang (Abb. A 1).

3.1 Versuchsdurchführung

Düngung und Einsatz von Pflanzenschutzmitteln orientieren sich grundsätzlich an der guten fachlichen Praxis. Pflanzenschutz erfolgt auf Grundlage von Schadschwellen und der Informationen des örtlichen Pflanzenschutzdienstes. Für die Bemessung der N-Düngemenge werden Ertragserwartung und Abzug des Frühjahrs-N_{min} zugrunde gelegt. Bei der Grunddüngung werden Zu- und Abschläge der Bodengehaltsklassen sowie die Entzüge durch die Kulturen berücksichtigt.

Fruchtfolge 12 entspricht Fruchtfolge 03, wird jedoch mit einer um 25 % reduzierten Stickstoffdüngung geführt.

Aufgrund der stark ausgeprägten Frühjahrstrockenheit im Jahr 2015 lief das Sudangras sowohl im kleinen Gärrestversuch als auch im Grundversuch nicht auf. Aus diesem Grund wurde eine Nachsaat durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt war die Gärrest-Düngung jedoch bereits erfolgt.

3.2 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgt nach den Vorgaben im EVA-Methodenhandbuch. Parzellenerträge werden durch integrierte Waagen von Mähdröschler und Häcksler sowie durch Feldwaagen ermittelt. Getreide-Trockensubstanzgehalte werden durch NIRS-Messung ebenfalls im Mähdröschler ermittelt. Die Trockensubstanzbestimmung der Grünmassen erfolgt nach Trockenschrankmethodik. Die Analytik erfolgt in einem akkreditierten Labor.

Die statistische Auswertung wurde unter der Annahme einer standortangepassten Bewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis durchgeführt. Die Anpassungen hinsichtlich Artenwahl, Sortenwahl und Bestandesführung entsprechen den Anforderungen durch Standort, Jahr und Stand des Wissens.

Zur Beschreibung der Erträge wurde das arithmetische Mittel \bar{x} der Parzellenerträge berechnet sowie die Standardabweichung s ermittelt. Für die Datenauswertung wurde Microsoft Excel verwendet.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

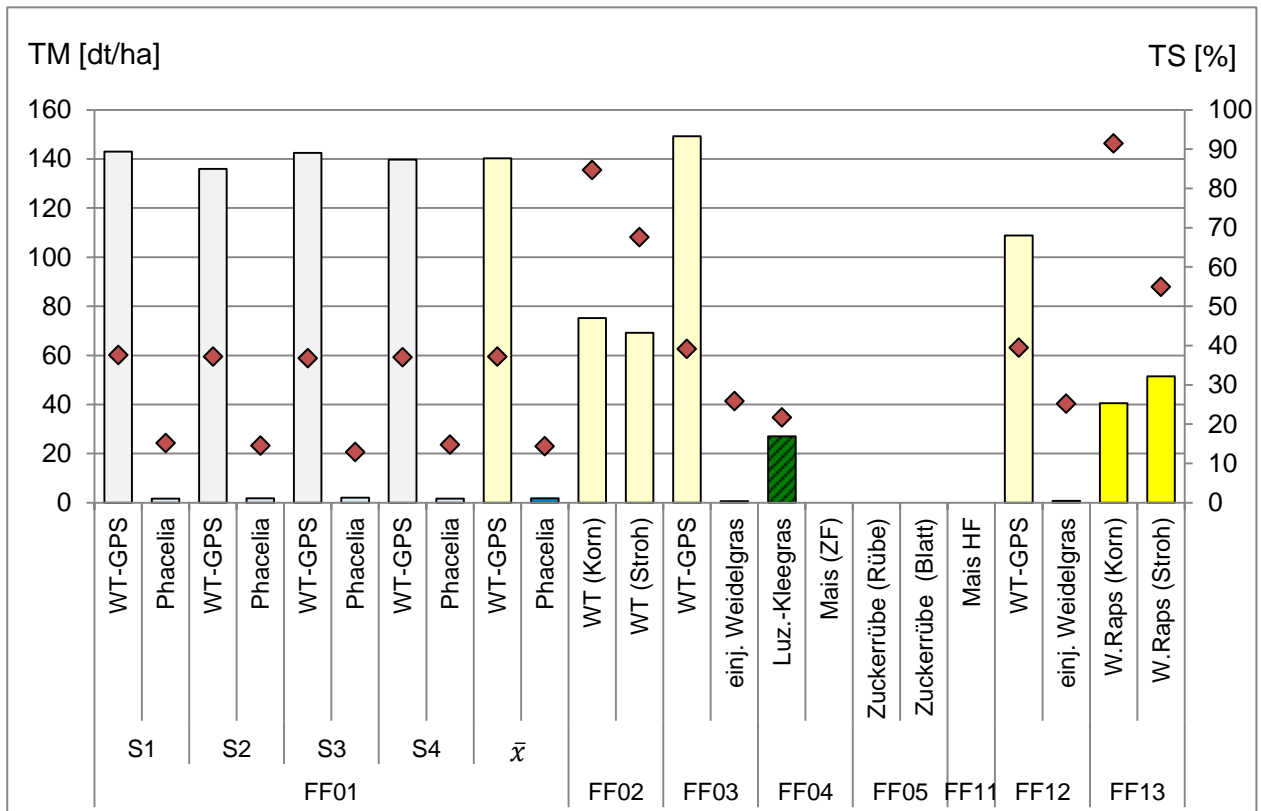
4 Ergebnisse

Aufgrund des engen zeitlichen Rahmens, der zum Erstellen des vorliegenden Berichts zur Verfügung stand, können im Rahmen dieses Abschlussberichts nur die Erträge des Erntejahres 2015 bis zur Ernte der Mähdruschfrüchte vorgestellt werden. Eine weiter gehende Auswertung war nicht möglich. Auch werden keine Ergebnisse der EVA-Teilprojekte 2-4 berücksichtigt. Für weiterführende Auswertungen wird daher auf die Berichte der Teilprojekte sowie der standortübergreifenden Auswertung verwiesen.

4.1 Erträge des Grundversuches

Die GPS Erträge der Wintertriticale in Fruchtfolge 01 wiesen in den 4 Standards nur sehr geringe Schwankungen auf. Wie **Abbildung 3** und Tabelle 2 zeigen, lagen die Trockensubstanzgehalte zudem fast identisch bei 37%. Im Mittel wurde ein Trockenmasseertrag von 140 dt TM/ha erfasst, was die am Standort ermittelten Durchschnittswerte vorangegangener Jahre überschreitet (FLEISCHER, 2015). Übertroffen wurde dieser Ertrag mit 149 dt TM/ha von der Wintertriticale-GPS in Fruchtfolge 03.

Wie auch schon im Vorjahr war in den Triticalebeständen 2015 ein starker Gelbrostbefall festzustellen. Eine Beeinflussung der Erträge durch Gelbrost kann hierbei nicht ausgeschlossen werden. Die Bonitur (Gelbrostbefall-Blatt) zur Ernte zeigte im Mittel eine BSA-Note von 4,9 für die Fruchtfolge 01, Note 3 für Fruchtfolge 03 und 4,5 für Fruchtfolge 12.



Die Ernte von Mais und Zuckerrübe war zur Berichtslegung noch nicht erfolgt

Abbildung 3: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Kulturen der Versuchsanlage 5 im Erntejahr 2015

Tabelle 2: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte des Erntejahres 2015 im EVA-Grundversuch

FF	S	Anlage 5					Anlage 6				
		Kultur	TS [%]		TM [dt/ha]		Kultur	TS [%]		TM [dt/ha]	
			\bar{x}	s	\bar{x}	s		\bar{x}	s	\bar{x}	s
FF01	S1	WT-GPS	37,6	1,0	143,1	5,2	Mais HF	---	---	---	---
		Phacelia	15,2	¹⁾	1,6	0,3		---	---	---	---
	S2	WT-GPS	37,2	0,7	136,0	5,3	Mais HF	---	---	---	---
		Phacelia	14,5	¹⁾	1,8	0,4		---	---	---	---
	S3	WT-GPS	36,8	0,8	142,4	9,8	Mais HF	---	---	---	---
Phacelia		12,9	¹⁾	2,0	0,1	---		---	---	---	
S4	WT-GPS	37,0	0,8	139,7	4,7	Mais HF	---	---	---	---	
	Phacelia	14,8	¹⁾	1,7	0,1		---	---	---	---	
\bar{x}	WT-GPS	37,1	1,2	140,3	6,6	Mais HF	---	---	---	---	
	Phacelia	14,3	6,7	1,8	0,7		---	---	---	---	
FF02	-	WT (Korn)	84,7	0,3	75,3	4,1	GrSchnR	16,5	0,3	51,8	0,5
		WT (Stroh)	67,6	2,3	69,2	6,0	Mais ZF	---	---	---	---
FF03	-	WT-GPS	39,2	0,4	149,3	3,9	GrSchnR	16,6	0,3	58,8	1,2
		Weidelgras	25,9	¹⁾	0,6	0,1	Sorghumhirse ZF	---	---	---	---
FF04	-	Ackerfutter	21,7	1,9	27,1	10,8	Ackerfutter	20,0	0,7	35,5	4,2
		Mais ZF	---	---	---	---	Ackerfutter	24,6	0,7	9,6	3,6
							Ackerfutter	---	---	---	---
FF05	-	ZR (Rübe)	---	---	---	---	Weidelgras				
		ZR (Blatt)	---	---	---	---	Mais ZF	---	---	---	---
FF11	-	Mais HF	---	---	---	---	Mais HF	---	---	---	---
FF12	-	WT-GPS					GrSchnR				
		Weidelgras	25,2	¹⁾	0,7	0,1	Sorghumhirse ZF	---	---	---	---
FF13	-	Raps (Korn)	91,5	0,2	40,6	1,7	Steinklee				
		Raps (Stroh)	54,9	4,7	51,5	7,9					

--- Ernte noch nicht erfolgt, ¹⁾ Mischprobe

Die Witterungsbedingungen zur Saat der Sommerzwischenfrüchte Phacelia und Einjähriges Weidelgras waren 2015 ungünstig. Die Trockenheit bedingte ein sehr verhaltenes Auflaufen der Phacelia. Beide Kulturen zeigten im weiteren Verlauf der Vegetationszeit eine vergleichsweise geringe Biomassebildung, wodurch die im Biomasseschnitt erfassten Erträge vor Umbruch entsprechend gering ausfielen. Phacelia befand sich zu diesem Zeitpunkt im BBCH Stadium 65, das Weidelgras in Stadium 29, was zu ebenfalls geringen Trockensubstanzgehalten führte.

Anders als die bisher in der Fruchtfolge 03, bzw. 12 angebauten Kulturen (Mais HF, Grünschnittroggen/Sorghumhirse ZF) war bei der Wintertriticale-GPS im Jahr 2015 eine eindeutige Ertragsdepression festzustellen. Die N-reduzierte Düngungsvariante (FF12) erbrachte im Vergleich zur voll N-gedüngten Variante (FF03) einen um 27% geringeren Trockenmasseertrag bei gleichem Trockensubstanzgehalt. Somit zeigte sich eine ertragliche Auswirkung der reduzierten Stickstoffdüngung erst im dritten Jahr der Fruchtfolge.

Die Ertragsunterschiede können jedoch nicht an der Fruchtart festgemacht werden. Die Fruchtfolgen der Anlage 5 befanden sich 2015 im dritten Anbaujahr – somit wurde seit drei Jahren auf den Parzellen der Fruchtfolge 12 eine reduzierte N-Düngung vorgenommen. Eine Zehrung der Bodenstickstoffvorräte besteht somit seit Beginn der Rotation im Herbst 2013. Der Ertragsunterschied, der sich nun bei Wintertriticale-GPS gezeigt hat, ist somit ein Hinweis auf die Verarmung des Bodens und nicht unbedingt ein Beweis für Unterschiede hinsichtlich der Toleranz für N-Mangel bei den verschiedenen Kulturen.

Die Mähdruschfrucht Wintertriticale in Fruchtfolge 02 erbrachte einen Kornertrag von 87 dt TM/ha (86 %TS), was ebenfalls dem standorttypischen Mittelwert entspricht. Die Ernte konnte termingerecht erfolgen, wodurch ein Korn-Trockensubstanzgehalt von 84% erreicht wurde. Gleiches gilt für den Winterraps in Fruchtfolge 13, der bei einem optimalen Korn-TS-Gehalt von 91% geerntet werden konnte. Bei einem Düngungsniveau von 165 kg N/ha und der Vorfrucht Steinklee konnten 40 dt TM/ha Kornertrag erzielt werden. Da die Ernteparzellen regelmäßig von Vogelschwärmen angefliegen wurden und dadurch zahlreiche Schoten leergepickt wurden, ist davon auszugehen, dass eventuell ein höherer Ertrag im Feld stand, als bei der Ernte festgestellt werden konnte.

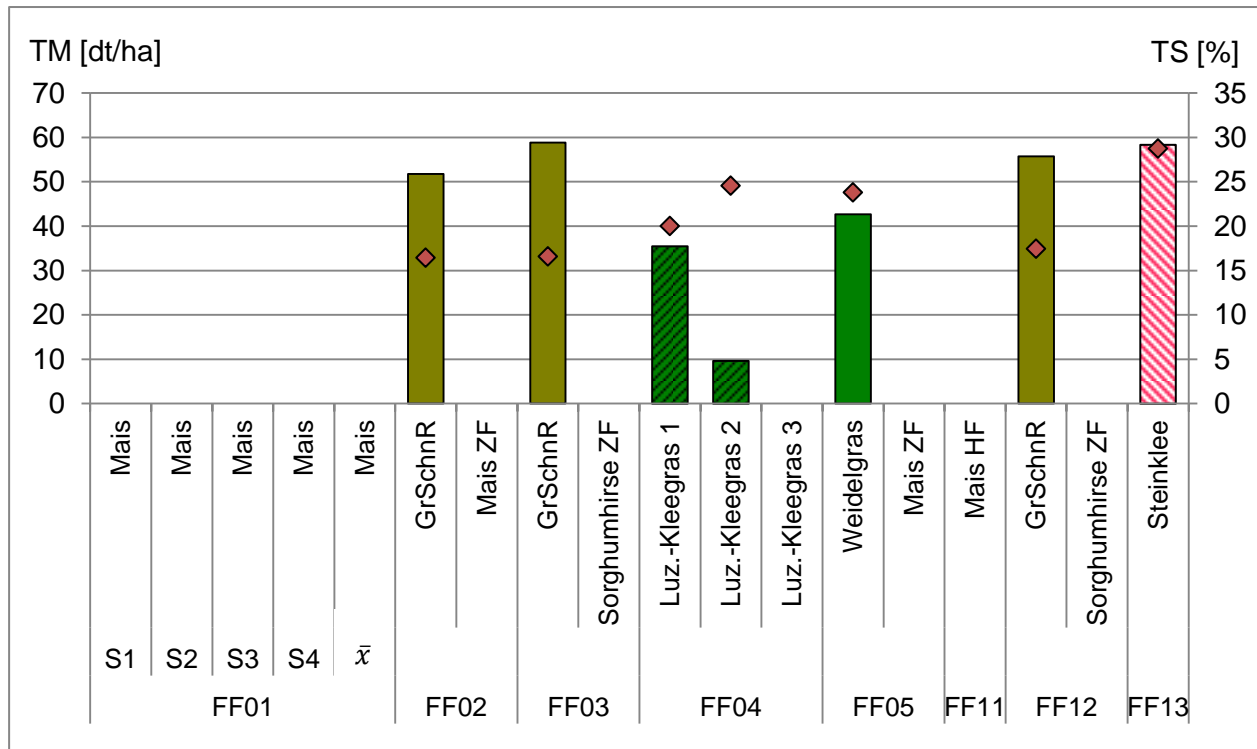
In Fruchtfolge 04 konnte im letzten Schnitt des mehrjährigen Luzerne-Kleegrases ein Trockenmasseertrag von 27 dt /ha erreicht werden. Um der Ertragsbildung für diesen Schnitt möglichst viel Zeit einzuräumen, ist die Saat des Zweitfrucht-Maises in dieser Fruchtfolge (23.06.2015) einen Monat später erfolgte als beim Zweitfrucht-Mais mit Vorfrucht Grünschnittroggen (Fruchtfolge 02) (21.05.2015), weshalb hier von einem Ertragsniveau auszugehen ist, das noch niedriger ausfällt, als es für Mais in dieser Fruchtfolgestellung bisher in Gülzow ermittelt wurde.

Da zum Zeitpunkt der Berichtslegung die Ernte von Mais und Sorghumhirsen noch nicht erfolgt war, kann diese Vermutung jedoch im Rahmen des vorliegenden Berichtes nicht bestätigt oder widerlegt werden.

Ergebnisse der Zuckerrübenenernte 2015 können aus gleichem Grund ebenfalls nicht vorgestellt werden. Da auf Versuchsanlage 6 des EVA-Grundversuches im Jahr 2015 überwiegend Varianten von Mais und Sorghumhirse standen, gilt gleiches für diese Kulturen.

Wie **Abbildung 4** zeigt, erbrachte der Grünschnittroggen der Fruchtfolgen 02 und 03 Erträge zwischen 50 und 60 dt TM/ha (vgl. Tabelle 2). Der relativ geringe Trockensubstanzgehalt von 16,5 % ist durch das kühle Frühjahr 2015 zu erklären, welches ein Stagnieren in der Entwicklung der Bestände bewirkte. Zum üblichen Erntetermin Ende April war der Grünschnittroggen daher nicht so weit entwickelt wie Bestände in vorangegangenen Jahren zum selben Zeitpunkt (2010, 2013 und 2014: 19 % TS). Die reduzierte Stickstoffdüngung in Fruchtfolge 12 führte nur zu einer sehr geringen Ertragsdifferenz im Vergleich zu Fruchtfolge 03. Diese liegt innerhalb der ortstypischen Schwankungen und kann daher nicht eindeutig auf die reduzierte Düngermenge zurückgeführt werden. Der leicht erhöhte Trockensubstanzgehalt ist jedoch ein Indiz für eine schnellere Abreife des Roggens in Fruchtfolge 12, was ein Effekt schlechterer Wachstumsbedingungen sein, und somit in Verbindung mit einem geringeren Stickstoffangebot im Boden stehen kann.

Der Steinklee in Fruchtfolge 13 bewegt sich auf demselben Ertragsniveau wie der Grünschnittroggen und liegt somit unter dem Niveau des Steinklees auf Anlage 5 im Jahr 2014 (88 dt TM/ha). Im Gegensatz zu diesem handelte es sich hierbei aber nicht um mehrjährigen Steinklee, sondern um eine Neuansaat aus dem Frühjahr 2015. Diese war nötig, da sich die Steinklee-Untersaat der Anlage 6 im Jahr 2014 als einjährig herausstellte und für das Jahr 2015 nicht mehr von einem Wiederaustrieb nach Winter ausgegangen werden konnte. Die Trockensubstanzwerte lagen bei 28 %. Der Steinklee 2015 konnte somit im selben Abreifestadium wie der zweijährige Steinklee der Anlage 5 geerntet werden (ebenfalls 28 %TS).



Die Ernte von Mais und Sorghumhirse war zur Berichtslegung noch nicht erfolgt

Abbildung 4: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Kulturen der Versuchsanlage 6 im Jahr 2015

Fruchtfolge 05 weist als Erstfrucht vor Mais in Zweitfruchtstellung Welsches Weidelgras auf. Verglichen mit der Erstfrucht Grünschnittroggen (Fruchtfolgen 02 und 03) erbrachte Weidelgras geringere Trockenmasseerträge bei höheren Trockensubstanzgehalten. Beide Kulturen ermöglichen die Saat der Zweitfrucht Mais zum selben Termin, die Saatbettbereitung gestaltete sich nach Weidelgras jedoch schwieriger als bei Grünschnittroggen. Da das Gras bereits Horste gebildet hatte, stellte sich das Saatbett hier deutlich grober dar. Wie **Abbildung 5** verdeutlicht, wies der Mais in Fruchtfolge 05 des Weiteren deutlich mehr Ungräser auf als die Fruchtfolgen mit Grünschnittroggen.



Abbildung 5: Überreste der Vorfrüchte Grünschnitttrogen (Fruchtfolge 02, links) und Ackergras (Fruchtfolge 05, rechts) in Zweitfrucht-Mais am 10.06.2015

4.2 Erträge des kleinen Gärrestversuchs

Bei den GPS-Trockenmasseerträgen von Wintertriticale waren in den drei N-Düngungsvarianten (100 % mineralisch (MIN), 50 % mineralisch/50 % Gärrest (50/50), 100 % Gärrest (GR)) Unterschiede festzustellen. Die GR-Variante zeigte den geringsten Ertrag, während die MIN-Variante diesen um 15 % übertraf (**Abbildung 6**). Allerdings fiel das MIN-Prüfglied mit 149 dt TM/ha auch im Vergleich der WT-GPS-Erträge im Grundversuch als relativ hoch auf (siehe Kapitel 4.1 Erträge des Grundversuches)

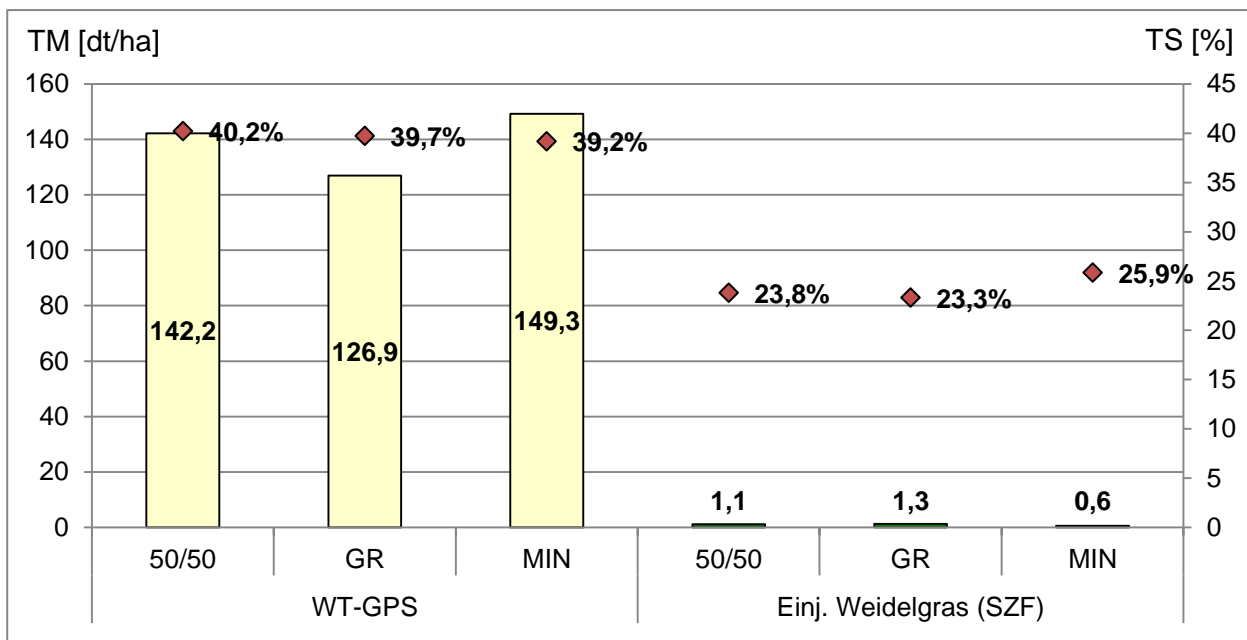
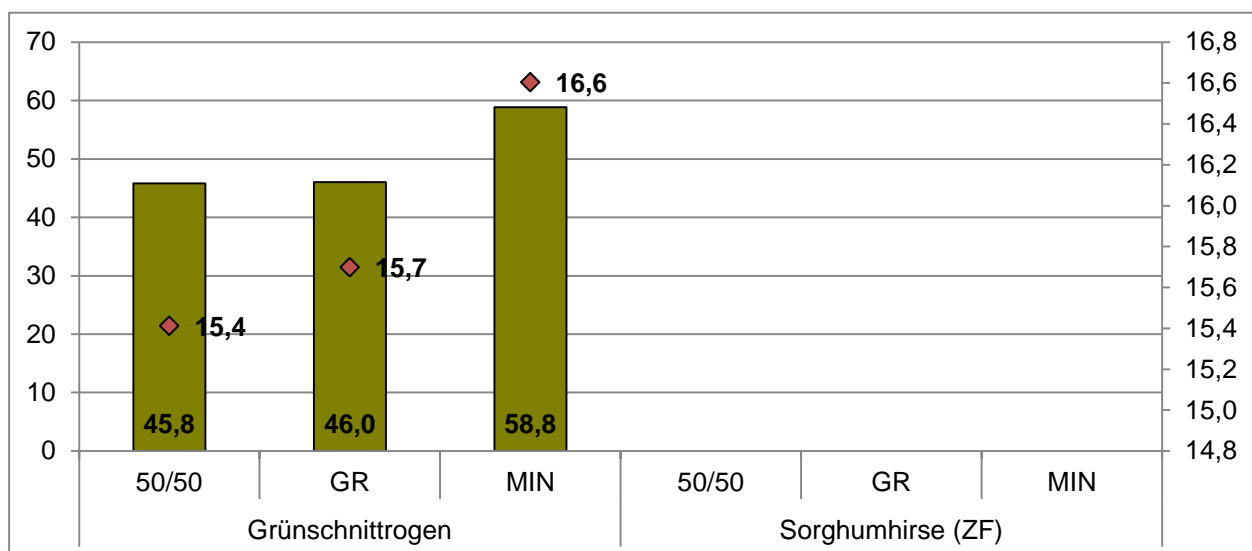


Abbildung 6: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Versuchsanlage 3 des kleinen Gärrestversuchs im Jahr 2015

Die GR-Variante liegt im Mittel der mehrjährigen am Standort erfassten WT-GPS-Erträge von 127 dt TM7ha (FLEISCHER, 2015). Aus diesem Grund kann hier nicht von einem Minderertrag gesprochen werden, sondern von einer wahrscheinlich witterungsbedingten jährlichen Schwankung. Die Trockensubstanzgehalte waren in allen drei Düngungsvarianten gleich hoch.

Beim Einjährigen Weidelgras kommt ein Effekt der Düngung mit Gärresten deutlicher zu Tage. Sowohl GR- als auch 50/50-Variante wiesen höhere Trockenmasseerträge auf als die MIN-Variante – alle drei jedoch auf einem insgesamt sehr niedrigen Niveau. Das Weidelgras steht in der Fruchtfolge als Zwischenfrucht, soll jedoch auch Biomasseerträge zur Belieferung von Biogasanlagen generieren. Mit deutlich unter 3 dt/ha Trockenmasseertrag konnte es im Jahr 2015 dieser Funktion jedoch nicht nachkommen und erfüllt eher die Funktion einer Gründüngung. Im Vergleich zur Gründüngungs-Kultur Phacelia, die zeitgleich auf dem Grundversuch angebaut wurde, kam der Weidelgrasertrag jedoch nicht einmal an die Phaceliaerträge heran (vgl. 4.1 Erträge des Grundversuches). Ein etwas höherer Trockensubstanzgehalt in der MIN-Variante (25,9 %) kann als Hinweis auf eine tendenziell schnellere Abreife in dieser Variante gedeutet werden, die auf die Ausbringung von Gärresten in der Vorfrucht Wintertriticale zurückzuführen ist. Die Abstufung der Erträge GR>50/50>MIN konnte schon im Jahr 2012 festgestellt werden, die sehr niedrigen Erträge waren jedoch erstmalig zu verzeichnen.

Die Grünschnittrogenerträge des kleinen Gärrestversuches, dargestellt in **Abbildung 7**, zeigen einen deutlichen Ertragsunterschied zwischen der MIN und den beiden Varianten mit Gärrestdüngung auf. Der Ertrag bei 100 % mineralischer Düngung liegt dabei 27 % über dem Ertragsniveau von 50/50- und GR-Variante.



Die Ernte der Sorghumhirse war zur Berichtslegung noch nicht erfolgt

Abbildung 7: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Versuchsanlage 4 des kleinen Gärrestversuchs im Jahr 2015

Wie beim Weidelgras der Anlage 3 zeigte sich auch beim Grünschnittroggen bei der MIN-Variante ein tendenziell höherer Trockensubstanzgehalt, dessen Ursache wahrscheinlich in schlechteren Standortbedingungen in diesen Varianten liegt. Inwieweit diese durch die Düngung hervorgerufen wurden bzw. mit dem Einsatz von Gärresten im Zusammenhang stehen, kann nicht abschließend geklärt werden.

Triticale und Grünschnittroggen wurden 2015 zum dritten, bzw. vierten Mal im kleinen Gärrestversuch angebaut. Bei Wintertriticale-GPS zeigte sich dabei in allen Anbaujahren dieselbe Tendenz: die MIN-Variante erzielte die höchsten, die GR-Variante die niedrigsten Erträge. Wie **Abbildung 8** zeigt, ist das Verhältnis der Erträge untereinander dabei in allen drei Jahren ähnlich ausgeprägt, so dass bei Stand der Datenlage zur Berichtslegung davon auszugehen ist, dass bei einem Vergleich mit einer ausschließlich mineralischen N-Düngung eine Düngungsstrategie, die sich zur Hälfte auf Mineraldünger bzw. Gärrest stützt, ertraglich zurücksteht. Die einfaktoriell-

le Varianzanalyse zeigte beim Vergleich MIN-50/50 jedoch keinen signifikanten Ertragsunterschied. Eine ausschließliche N-Versorgung von WT-GPS über Gärrest hat einen Ertrag zur Folge, der nur 80% des Ertrages bei mineralischer Düngung erreicht. Dieser Ertrag unterscheidet sich signifikant von den Varianten MIN und 50/50.

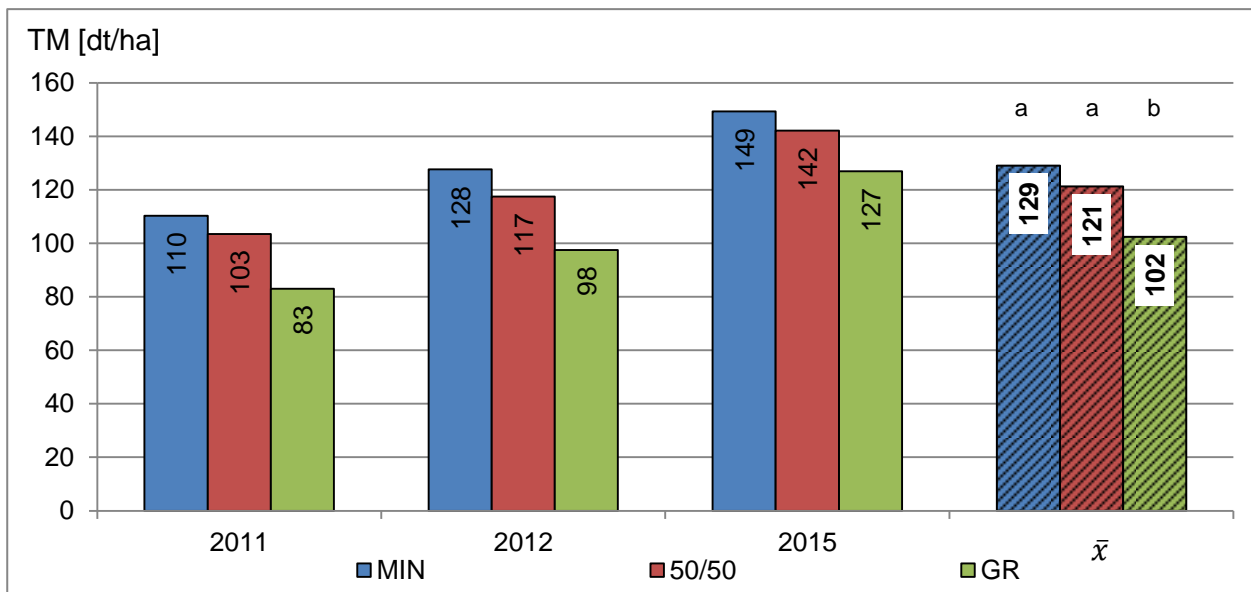


Abbildung 8: Trockenmasseerträge von Wintertriticale-GPS im kleinen Gärrestversuch

Bei Grünschnittroggen war in den vier Anbaujahren keine einheitliche Staffelung der Erträge festzustellen. Im Mittel stellt sich bei den Varianten GR und 50/50 ein ähnliches Ertragsniveau ein, was jedoch nur in zwei der vier Jahre auch tatsächlich in den Einzelerträgen nachgewiesen wurde (2014 und 2015, vgl. **Abbildung 9**). In den übrigen Jahren war bei jeweils einer der beiden Varianten ein höherer Ertrag festgestellt worden. Eine Überlegenheit der ausschließlich mineralischen Düngung gegenüber der 50/50- und GR-Varianten kann ebenfalls nicht festgestellt werden. Zwar stellen sich im Mittel der Jahre höhere Erträge als beim Einsatz von Gärrest ein, wie das Erntejahr 2014 jedoch zeigt, tritt dieser Effekt nicht immer ein. Ein signifikanter Unterschied der Erträge der MIN- und GR-Varianten konnte in der einfaktoriellen Varianzanalyse nicht nachgewiesen werden. Ein signifikanter Ertragsunterschied stellt sich jedoch beim Vergleich MIN- mit 50/50-Variante ein.

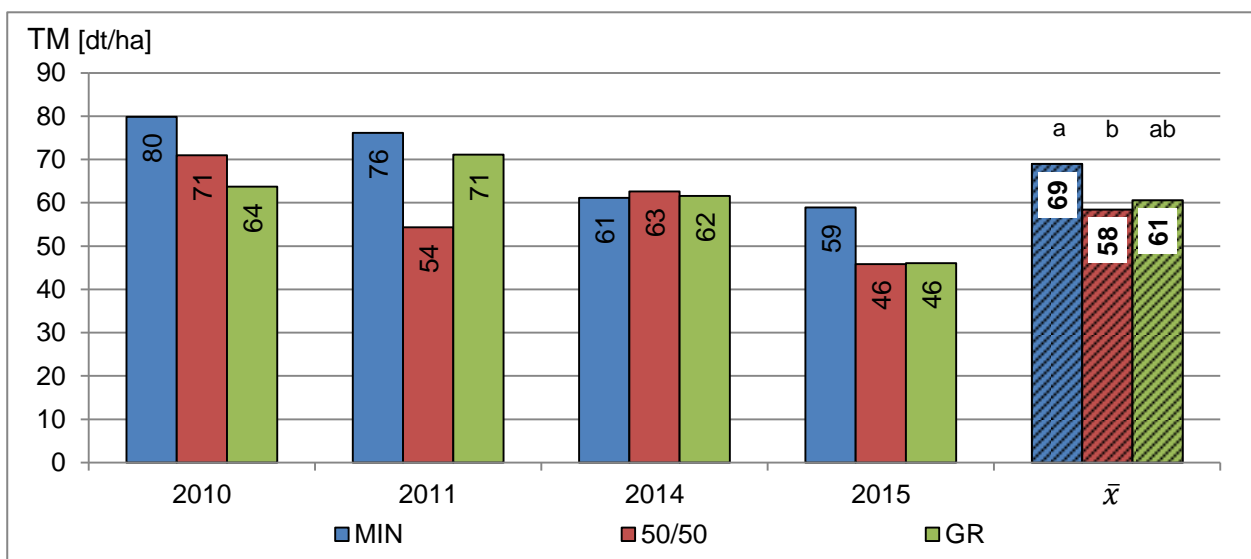


Abbildung 9: Trockenmasseerträge von Grünschnittroggen im kleinen Gärrestversuch

5 Stand der Arbeiten

Auf den Versuchsanlagen wurden alle Winterungen nach den Vorgaben der Fruchtfolgevarianten gedreht. Ausnahme hiervon ist Fruchtfolge 05, bei der auf Anlage 5 zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch Zuckerrüben stehen, auf die ebenfalls Winterweizen als Spätsaat folgen soll. Als Erntetermin für die Zuckerrüben ist die 41. Kalenderwoche festgelegt worden. Bis Mitte September haben sich die Rüben gut entwickelt und wurden kaum von Blattkrankheiten befallen. Auch bodenbürtige Schädlinge oder Krankheiten konnten nicht beobachtet werden.

Da die Fortführung der Feldversuche nach Ablauf der Projektphase am 30.11.2015 nicht gewährleistet werden kann, ist auch nicht gesichert, inwieweit Ertrags- oder Bestandesdaten des Abschlussweizens auf Anlage 5 erfasst werden können. Ohne diese ist eine abschließende Bewertung der Rotation auf Anlage 5 und eine Validierung der aus Ergebnissen der Anlagen 3 und 4 gewonnenen Erkenntnisse nicht möglich. Auf Anlage 6 werden die Fruchtfolgen nach zwei Anbaujahren abgebrochen, wodurch bis zu diesem Zeitpunkt gesammelte Daten ebenfalls nicht für eine abschließende Fruchtfolgebewertung genutzt werden können.

Aufgrund des engen Zeitrahmens bis zum Auslaufen des Projektes und der Menge an Feldarbeiten, die direkt vor dem Endpunkt der Projektlaufzeit liegen, wurden in die EVA-Datenbank die Bestandes-, Analyse- und Erntedaten bis zum Zeitpunkt der Getreideernte eingetragen. Daten von Kulturen, deren Biomasse später erfasst bzw. geerntet wurden, wurden nicht in die Datenbank eingegeben, werden jedoch bis zum Projektende 30.11.2015 am Standort Gülzow/der LFA MV nach den Vorgaben des EVA-Verbundes erfasst.

Literaturverzeichnis

Fleischer, I.: 2015: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands („EVA“) – Phase III – Querschnittsaufgabe Risikoabschätzung. Abschlussbericht. (nicht veröffentlicht)

Überleitung

Die Überleitung der im Rahmen dieses Forschungsthemas gewonnenen Ergebnisse erfolgte in Form nachfolgender Publikationen und Vorträge:

Veröffentlichungen

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Mais in Energiepflanzenfruchtfolgen. Bauernzeitung. 13/2015, S. 26-29. Deutscher Bauernverlag, Berlin.

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: EVA informiert. 03/15. Pflanzenschutz in Energiepflanzenfruchtfolgen. http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Internes/Eva_informiert_Dateien/EVA_03_2015.pdf, 10.04.2015

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Wintertriticale-GPS - eine sinnvolle Ergänzung in Energiepflanzenfruchtfolgen. 9. Rostocker Bioenergieforum am 18. und 19. Juni 2015 an der Universität Rostock. Tagungsband/Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Band 52, S.319-324

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Bioenergieforum in Rostock – EVA zeigt sich breit aufgestellt. EVA-Newsletter. 07/2015, http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Newsletter_07_15.pdf, 10.07.2015.

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Mais-Besser als sein Ruf. http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Bibliothek/BZ-Mais-Artikel_-_Internet.pdf, 09.09.2015

Vorträge

Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Studentengruppe Humboldt-Universität zu Berlin, Gülzow, 27.05.2015.

Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Mähdruschtag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, 16.06.2015.

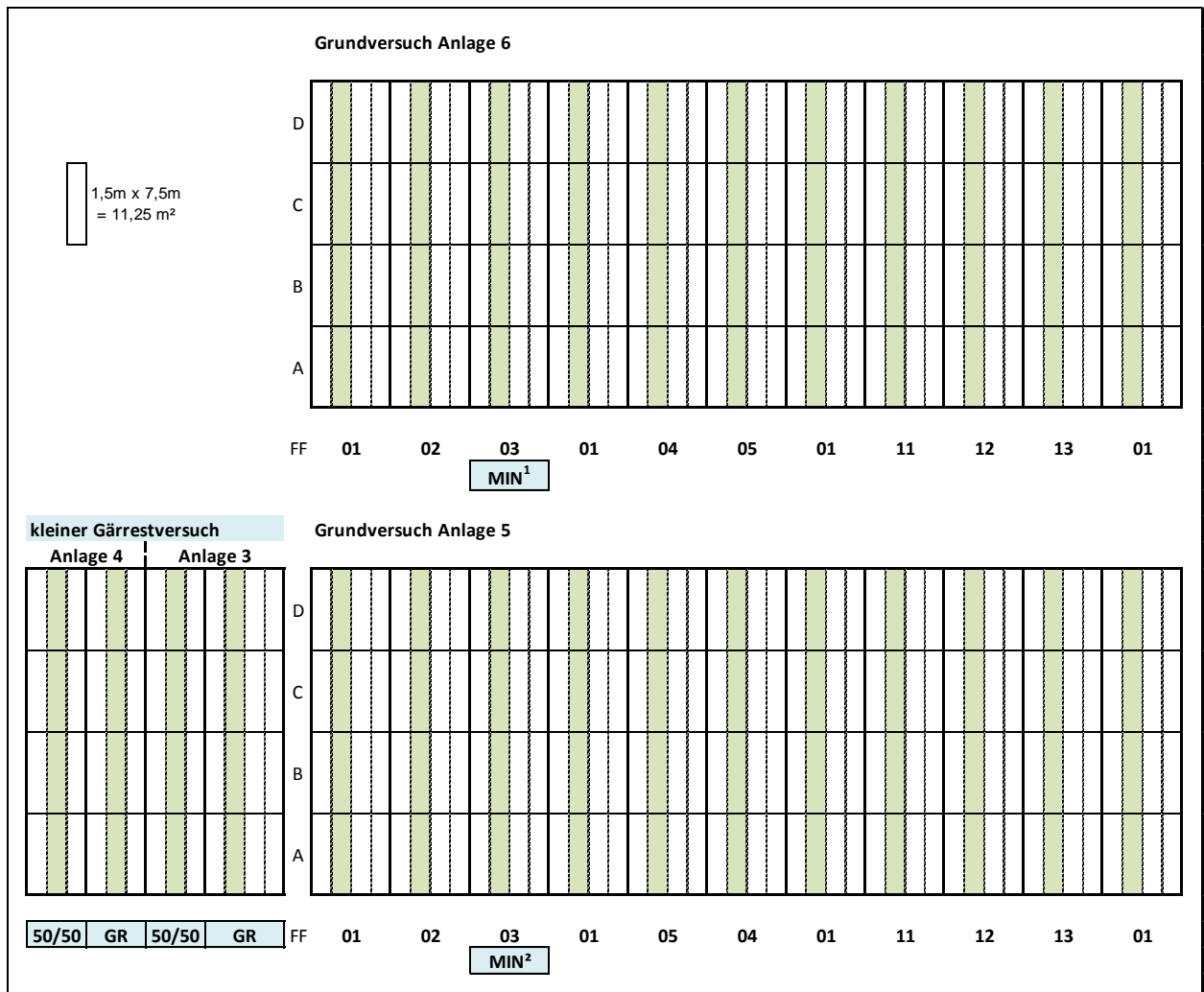
Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Besuchergruppe Amt Güstrow-Land, Gülzow, 01.07.2015.

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Wintertriticale-GPS - eine sinnvolle Ergänzung in Energiepflanzenfruchtfolgen. 9. Rostocker Bioenergieforum. Rostock, 19.06.2015

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Welche Effekte liefern Veränderungen von Fruchtfolgegliedern im Energiepflanzenanbau? Mais- und Energiepflanzentag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, 02.09.2015.

Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Mais- und Energiepflanzentag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, 02.09.2015.

Anhang



¹ MIN-Variante zu kleiner Gärrestversuch, Anlage 4, ² MIN-Variante zu kleiner Gärrestversuch, Anlage 3

Abb. A 1: Lageplan des EVA-Grundversuches und des kleinen Gärrestversuches (Ernteparzellen grün schraffiert)

Abschlussbericht zum Teilprojekt 1

Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen
im Fruchtfolgeregime

EVA III



 Landwirtschaftskammer
Niedersachsen

Dieses Verbundvorhaben wird vom BMEL über die FNR gefördert.
FKZ: 2200601

Langtitel: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA III)

Kurztitel: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Projekt: Teilprojekt 1

Projektleiter: Dr. Matthias Benke

Abteilung: Fachbereich 3.9 - Grünland und Futterbau

Abteilungsleiter: Dr. Matthias Benke

Laufzeit: 01.04.2013 – 30.11.2015

Stand: 31.10.2015

Auftraggeber: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

Bearbeiter: Carsten Rieckmann
Frerich Wilken

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Versuchsdurchführung am Standort Werlte	4
2.1	Charakterisierung des Standortes	4
2.2	Versuchsaufbau, Datenerhebung, Bewertungsgrundlagen	5
2.3	Witterungsverlauf	9
2.4	Versuchsdurchführung	14
3	Ergebnisse	15
3.1	Ergebnisdarstellung Fruchtfolgeversuch: Erträge	15
3.2	Ergebnisdarstellung Fruchtfolgeversuch: Erträge der Kulturen	18
3.3	Ergebnisdarstellung Fruchtfolgeversuch: Ökonomische Auswertungen	20
4	Diskussion und Schlussfolgerungen	20
5	Veröffentlichungen	21
6	Tabellen	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Standortangaben	5
Tabelle 2	Grundversuch inkl. Themenfruchtfolgen Niedersachsen	8
Tabelle 3	Tagesmitteltemperaturen im Projektzeitraum am Standort Werlte	13
Tabelle 4	Niederschläge im Projektzeitraum am Standort Werlte	14
Tabelle 5	Direktkostenfreie Leistung der Kulturen mit der größten Anbauhäufigkeit	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Lageplan der Grundversuche Anlage 5 und 6	6
Abbildung 2	Parzellenansicht	6
Abbildung 3	Anlage einer Parzelle	7
Abbildung 4	Wetterdaten 2013	11
Abbildung 5	Wetterdaten 2014	12
Abbildung 6	Wetterdaten 2015	12
Abbildung 7	Kumulierte Ertragsdaten Anlage 5 und 6	15
Abbildung 8	Farbcodes der Kulturen	15
Abbildung 9	Sorghumparzelle im Sommer 2015	17
Abbildung 10	Erträge der einzelnen Kulturen	19
Abbildung 11	Farbcodes der Kulturen	19

1 Einleitung

In Niedersachsen werden 2,6 Mio. ha landwirtschaftliche Fläche (LF) bewirtschaftet. Davon werden ca. 1,88 Mio. ha (72 %) als Ackerland und ca. 0,7 Mio. ha als Grünland genutzt.

Ende 2014 waren in Niedersachsen ca. 1.550 Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von knapp 900 MWel am Netz. Der Zubau an Biogasanlagen war in den Jahren 2004 bis 2011 am größten. Durch das EEG 2012 gab es einen deutlich geringeren und durch das EEG 2014 fast gar keinen Zubau an Biogasanlagen mehr. Somit wird das Interesse am Energiepflanzenanbau in erster Linie in der Optimierung bestehender Anbausysteme liegen und nicht wie bisher im Aufbau eines Anbausystems für Energiepflanzenanbau.

Für die Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen wurden in 2014 ca. 270.000 ha (10,5 % der LF) verwendet. Der Mais hatte mit ca. 220.000 ha den größten Anteil an der genutzten Fläche. Rund 20.000 ha Getreide-Ganzpflanzensilage (GPS), etwa 5.000 ha Zuckerrüben und ca. 5.000 ha weitere Kulturen wurden als Energiepflanzen angebaut. Ebenso wurden die Aufwüchse von ca. 20.000 ha Grünland in Biogasanlagen genutzt.

Durch die Novellierung des EEGs in 2014 ist der Zubau an Biogasanlagen in Niedersachsen praktisch zum Erliegen gekommen. Auf NaWaRo basierende Anlagen werden nicht mehr gebaut. Vereinzelt entstehen sogenannte Gülleanlagen die ausschließlich Wirtschaftsdünger einsetzen, der i. d. R. vom eigenen Betrieb stammt. Häufig handelt es sich um größere Milchviehbetriebe mit entsprechenden Rahmenbedingungen.

Die Düngeverordnung wird zurzeit novelliert. Demnach ist vorgesehen den Stickstoffanfall aus Gärrest beim betrieblichen Nährstoffvergleich zur Bestimmung der 170 kg N-Grenzen mit heranzuziehen. Insbesondere bei Betrieben in den intensiven Veredlungsregionen in Niedersachsen wirkt sich dieses deutlich aus. Die überschüssigen Nährstoffe müssen in Marktfruchtbetriebe verbracht und pflanzenbaulich verwertet werden.

Bestehende Biogasanlagen erzielen vergleichsweise feststehende Gesamterlöse. Diese sind festgelegt durch das Jahr der Inbetriebnahme und den damals jeweils geltenden Bonusregelungen. Auf der Kostenseite entsteht ein zunehmender Druck, in erster Linie durch steigende Flächenkosten sowie durch steigende Kosten der Bewirtschaftung. Immer mehr Betriebe versuchen hier gegenzusteuern, indem sie auf kostengünstigere Substrate zurückgreifen. Häufig wird Mais durch Mist bzw. separierter Rindergülle ersetzt. Dies führt insgesamt zu einem Rückgang der Anbaufläche für Energiepflanzen.

2 Versuchsdurchführung am Standort Werlte

2.1 Charakterisierung des Standortes

Der durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen betreute Fruchtfolgeversuch zum Teilprojekt I liegt am Versuchsstandort Werlte im Landkreis Emsland und repräsentiert die Futterbau-Veredlungsregionen. Die Region ist geprägt durch humose Sandböden mit i. d. R. guter Niederschlagsverteilung. Anbauschwerpunkte liegen im Mais- und Wintergetreideanbau. Schwerpunkte der landwirtschaftlichen Betriebe sind eindeutig die Veredelung, Futterbau und Energieerzeugung. Im Einzelnen sind hier die Geflügelmast, die Schweinemast, Bullenmast und Milchviehhaltung zu nennen. Die Biogasanlagendichte hat in den vergangenen Jahren sehr stark zugenommen. Das alles drückt sehr auf die ohnehin knappen Flächen in dieser Region. Getreide inkl. Körnermais und CCM nehmen einen Anteil von ca. 50 % der Ackerfläche ein. Silomais inkl. Energiemais ist mit ca. 28 % und der Kartoffelanbau mit ca. 17 % vertreten. Der überwiegende Teil der Marktfrüchte wird in der Schweine- und Geflügelhaltung verwertet.

Der sandige Boden lässt die Kulturen bei längeren Trockenphasen recht schnell unter Trockenstress leiden, sodass Witterungseinflüsse schnell das Ertragsverhalten einzelner Kulturarten bestimmen. Der Versuchsstandort Werlte liegt 32 m ü. NN. Die humosen Sandböden haben eine durchschnittliche Ackerzahl von 40. Die mittlere Niederschlagssumme beträgt 768 mm im Jahr und i. d. R. gut über die Monate verteilt. Die langjährige Jahresdurchschnittstemperatur liegt um 9,0 °C. Der Feldblock des Versuchs hat die Nummer 03 18760328 und liegt in der Gemarkung Wehm.

Tab.1: Standortangaben

Bodenart	humoser Sand
Ackerzahl	40
Feuchtigkeitslage	mittel
Höhe über NN	32 m
mittl. Jahresniederschlag	768 mm
mittl. Jahrestemperatur	9,0 °C

2.2 Versuchsaufbau, Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen

Der Versuch ist als randomisierte Blockanlage angelegt.

Wiederholungen: 4

Parzellengröße: 12 m x 6 m = 72 m² (brutto)
 7 m x 1,5 m = 10,5 m² (netto)

Die Anlagen 3 und 4 des Grundversuchs zu EVA II wurden 2009 in einer randomisierten Blockanlage angelegt. Fahrwege in einer Breite von 12 m zwischen den einzelnen Blöcken ermöglichen es, jede Parzelle unabhängig voneinander zu beernten und zu bestellen. Die in der dritten Projektlaufzeit angelegten Anlagen 5 und 6 sind standorttreu als zweite Rotation angelegt worden. Parallel zum Grundversuch befinden sich die Parzellen zum kleinen Gärrestversuch in gleicher Anlageform auf derselben Fläche. Zwischen den Parzellen wurde seitlich noch eine Fahrgasse von je 2,50 m frei gelassen. So kann der Gärrest mit Schlepper und seitlichem Auslegearm (3 m) ausgebracht werden, ohne in der eigentlichen Parzelle fahren zu müssen.

Aufgrund schlechter Erfahrungen mit der Mulchsaat durch mangelhaften Aufgang einzelner Kulturen ist man dazu übergegangen, einmal im Jahr zu pflügen, jedoch nicht zur Zweitfrucht. Der Lageplan zum Versuch ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Abbildung 2 zeigt die Parzelle in der Detailansicht.

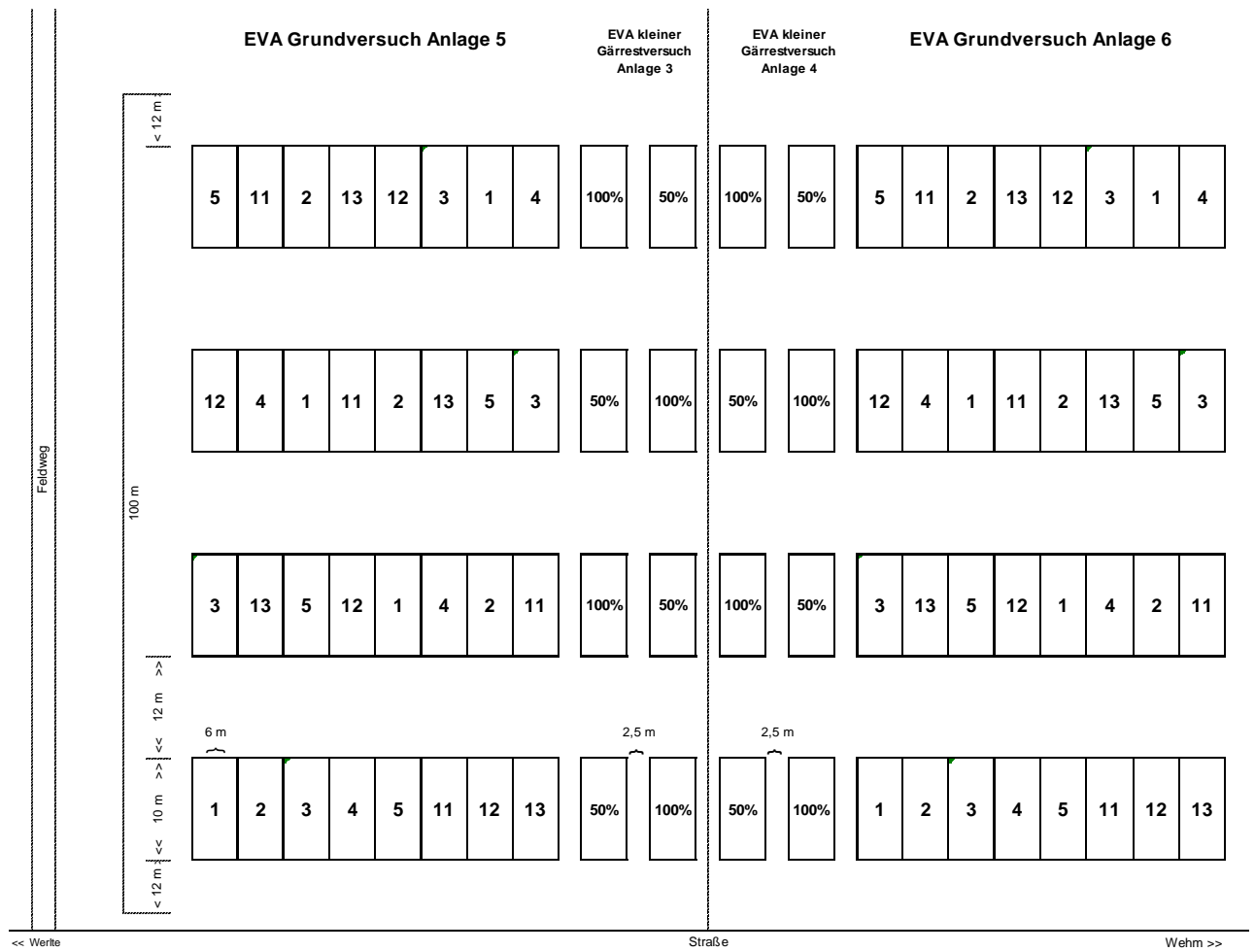


Abb. 1: Lageplan der Grundversuche Anlage 5 und 6

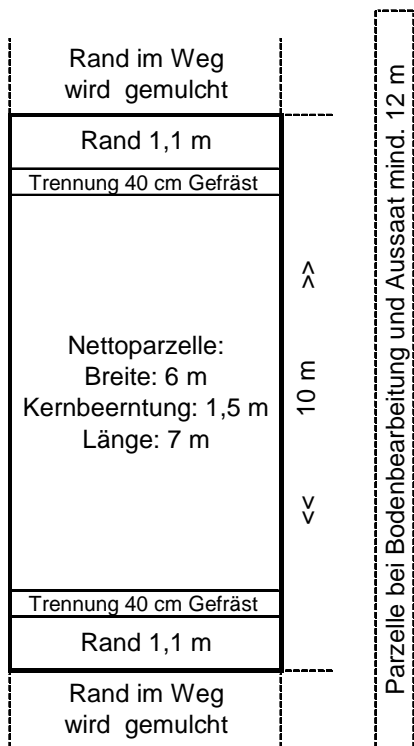


Abb. 2: Parzellenansicht



Abb. 3: Anlage der Parzellen

Die Fruchtfolgen 1 bis 5 sind auf allen Prüfstandorten des Verbundprojektes einheitlich gestaltet. Es handelt sich dabei um keine reinen Energie-Fruchtfolgen, sondern um eine Kombination aus Pflanzen für die energetische Verwertung und um Marktfrüchte. Diese Fruchtfolgen orientieren sich mit minimalen Änderungen an den Fruchtfolgen im EVA I und EVA II.

Die Fruchtfolgen 6, 7 und 8 wurden bislang als Regionalfruchtfolgen bei jedem Projektpartner individuell geführt. An dieser Stelle wurden im EVA III die sogenannten themenorientierten Fruchtfolgen angelegt. Damit es nicht zu Verwechslungen innerhalb der EVA-Fruchtfolgen kommt, wurden die drei letzten Fruchtfolgen jetzt mit 11, 12 und 13 benannt.

Die Fruchtfolge 11 verfolgt das Ziel der kurzfristigen Deckungsbeitragsmaximierung. Hier wird Mais in Selbstfolge angebaut. Diese Fruchtfolge dient gleichzeitig als Referenzsystem für den Praxisvergleich. Die Fruchtfolge 12 steht unter dem Thema „Klimagasoptimierung“. Die angebauten Früchte entsprechen der Fruchtfolge 3. Allerdings ist hier das Stickstoffdüngungsniveau um 25 % reduziert. Somit lässt sich Stickstoffdünger und damit Treibhausgas einsparen. Außerdem werden mit der Fruchtfolge 12 die Ziele des Wasserschutzes verfolgt. Die Fruchtfolge 13 steht unter dem Thema „Biodiversität“. Hier wurde der Steinklee in eine Energiefruchtfolge mit Winterroggen und Mais eingebunden.

Tab. 2: Grundversuch inklusive Themenfruchtfolgen Niedersachsen

FF	2013	2014	2015	2016
1	Wintergerste GPS Zuckerhirse ZF	Mais HF	Wintertriale (GPS) So-Zwifrucht Phacelia	Winterweizen
2	Sudangras	Winterroggen (grün) Mais ZF	Wintertriale (Korn)	Winterweizen
3	Mais HF frühe Maissorte	Winterroggen (grün) Sorghum ZF	Wintertriale (GPS) Weidelgras ZF	Winterweizen
4	Ackergras 3-4 Schnitte	Ackergras 3-4 Schnitte	Mais evtl. eine Vornutzung Ackergras	Winterweizen
5	Wickroggen Plus US	Weidelgras Mais ZF	Zuckerrübe	Winterweizen
11	Mais HF	Mais HF	Mais HF	Winterweizen
12	Mais HF	Winterroggen (grün) Sorghum ZF	Wintertriale (GPS) Weidelgras ZF	Winterweizen
13	Winterroggen GPS Steinklee	Steinklee	Mais HF	Winterweizen

Biogassubstrate,
 Marktfrucht, Futter,
 Gründüngung, GPS = Ganzpflanze, HF=Hauptfrucht, ZF = Zweitfrucht

Datenerhebung

Die Bonituren erfolgten zum einem nach den Standards des Bundessortenamtes und zum anderen nach den aktuellen Vorgaben des Projektes EVA. Sämtliche Bestandesführungsmaßnahmen werden separat erfasst, wobei unterschieden wird zwischen den tatsächlich im Versuch durchgeführten Maßnahmen und den Arbeitsschritten, die für die Praxis relevant sind. Diese Daten fließen dann in die Berechnungen zur Ökonomie ein. Bei der Beerntung der Versuchspartzen wurden grundsätzlich zwei homogene Proben gezogen. Während eine Probe bei 60 °C schonend getrocknet und anschließend ins Labor zur Untersuchung weitergeleitet wurde, diente die zweite Probe ausschließlich zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes mittels einer Trocknung bei 105 °C. Bei einigen Ernteverfahren, insbesondere beim Getreidedrusch, wird zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes die NIRS Methode angewendet. Diese Verfahren hat hier schon eine sehr hohe Genauigkeit erreicht. In der Datenerfassung wird die Methodik grundsätzlich angegeben.

2.3 Witterungsverläufe

Jahresverlauf 2013

Der Beginn des Jahres 2013 war geprägt durch langanhaltende Kälte. Es gab viele Frosttage und es fiel deutlich mehr Schnee als in den Vorjahren. Der Januar und der Februar lagen mit 1,3 bzw. 0,8 °C schon unter dem langjährigen Temperaturen für diese Monate mit 1,7 bzw. 1,9 °C. Im März allerdings wurden nur 0,6 °C erreicht. Das langjährige Mittel liegt hier bei 4,7 °C. Somit wurde auch die für die Grasbestände wichtige korr. 200 °C Temperatursumme erst Mitte April erreicht. In den Jahren zuvor wurde diese Summe bereits in der ersten Märzhälfte erreicht. Die Temperaturen lagen nicht nur im ersten Quartal unter dem Durchschnitt, auch die Monate April, Mai und Juni erreichten nur unterdurchschnittliche Temperaturen. Die zweite Jahreshälfte zeigte sich dann mit überdurchschnittlichen Temperaturen. So lag die Jahresdurchschnittstemperatur mit 9,3 °C wieder im Bereich des langjährigen Mittels (siehe Tabelle 3).

Mit 602 mm war es das Jahr mit der niedrigsten Niederschlagssumme seit Projektbeginn 2005. Obwohl 170 mm Niederschlag weniger fielen, kam es kaum zu trockenheitsbedingten Mindererträgen. Insbesondere der Mais zeigte sich in 2013 mit Ertragseinbußen von bis zu 20 %. Diese waren in erster Linie durch eine langanhaltende Kältezeit im Frühjahr bedingt. In 2013 zeigt sich sehr deutlich, dass die Niederschlagsverteilung insbesondere im Sommer wesentlich entscheidender ist als die absolute Niederschlagsmenge.

Jahresverlauf 2014

Der Januar zeigte sich sehr trocken und warm. Nur die letzte Dekade hatte Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. Diese waren verbunden mit leichtem Schneefall. Durch den Schnee waren die Winterkulturen gut geschützt, die Böden blieben vielerorts fast frostfrei.

Im Februar setzte sich das trockene und milde Wetter fort. Mit über 5 °C im Monatsmittel lag die Temperatur doppelt so hoch wie im langjährigen Mittel. Auch fiel vergleichsweise wenig Niederschlag. Somit fehlten in der Summe zum Ende Februar schon fast 50 mm Niederschlag. Die Getreidebestände und die Grasbestände haben sich schon ungewöhnlich früh entwickelt. Auch die korr. 200 °C -Temperatursumme wurde Ende Februar an vielen Orten schon erreicht.

Abgesehen von einigen Nachtfrösten war der März frostfrei und 3 °C wärmer als das langjährige Mittel. Die Niederschläge brachten mit 17,5 mm nicht mal ein Drittel der 60 mm im langjährigen Mittel für den März. Somit setzte sich die im Februar begonnene milde Witterung fort und die Vegetation war ihrer Zeit weit voraus.

Auch der April brachte keine tendenzielle Änderung mit sich. Auch hier waren es fast 3 °C mehr als im Mittel. Die 53 mm Niederschlag waren durchschnittlich und konnten das Defizit der ersten drei Monate nicht ausgleichen. Die Maisaussaat konnte Mitte April schon sehr früh erfolgen. Die Getreide- und Grasbestände waren sehr weit entwickelt.

Anfang Mai konnten schon die Gras- sowie die Grünroggenbestände geerntet werden. Bei anschließendem Anbau von Mais war die Aussaat noch sehr zeitig möglich. Mit 115 mm Niederschlag fielen mehr als das Doppelte des langjährigen Mittels mit 55 mm. Auf feuchten Standorten litt der junge Mais unter Staunässe. Dies führte vielerorts zu Fehlstellen.

Der Juni zeigte sich deutlich trockener; mit 35 mm fielen 46 mm weniger als im Mittel. Dies führte bei den warmen Temperaturen auf leichten Standorten schon zu Trockenheit und zu Mindererträgen beim zweiten Grasaufwuchs.

Mit 20 °C gehörte der Juli neben 2006 und 2010 zu den wärmsten der vergangenen Jahre. Das langjährige Mittel liegt bei 17,6 °C. Mit 93 mm fielen zwar 20 mm mehr Niederschlag als im Mittel des Monats Juli, allerdings erst zum Ende des Monats. Somit hatten insbesondere die Gras- bzw. Ackergrasbestände noch unter der Trockenheit des Junis zu leiden und der dritte Schnitt erfüllte nicht die Ertragserwartungen. Der Mais zeigte zu diesem Zeitpunkt kaum Trockenstress.

Der August hingegen war wenig auffällig. Der Niederschlag lag mit 93 mm über, und die Temperatur mit 17,3 °C im Bereich des langjährigen Mittels.

Der September zeigte sich 2 °C wärmer als das langjährige Mittel und setzte mit nur 17 mm Niederschlag die Tendenz zur Trockenheit fort. Im langjährigen Mittel fielen 71 mm. Diese Witterungsbedingungen sorgten für eine frühe Abreife der Maisbestände sowie eine problemlose Maisernte. Die Herbstsaaten stockten teilweise aufgrund fehlender Niederschläge und konnten sich zunächst nur zögerlich etablieren.

Deutlich zu warm und zu trocken präsentierte sich auch der Oktober. Die Monatsdurchschnittstemperatur lag mit 13 °C mehr als drei Grad über dem langjährigen Mittel. Die 51 mm Niederschlag fielen gut verteilt. So konnten sich, in Verbindung mit den milden Temperaturen, die Herbstsaaten noch sehr gut entwickeln. Auch die Grasbestände wuchsen immer weiter.

Im November war es ebenfalls zu warm und zu trocken. Die Wintergetreidebestände und Grasansaat zeigten eine zu weite Vorwinterentwicklung. Auf den Ackergrasflächen war noch ein später Räumungsschnitt erforderlich. Insgesamt fielen mit 37 mm rund 30 mm weniger Niederschlag als im langjährigen Mittel. Auch die Temperatur lag mit 7,3 °C um 2 °C über dem langjährigen Mittel. Der Dezember war einer der wenigen Monate mit überdurchschnittlichen Niederschlägen. Mit 96 mm fielen 24 mm mehr als im Monatsmittel. Die Temperatur lag mehr als 1 °C über dem langjährigen Mittel von 2,7 °C.

Jahresverlauf 2015

Mit 94 mm Niederschlag brachte der Januar 30 mm mehr als das langjährige Mittel. Der Dezember 2014 brachte ebenfalls schon überdurchschnittliche Regenmengen. Die Temperaturen lagen mit 3,3 °C deutlich über dem langjährigem Mittel von 1,7 °C.

Im Februar setzte sich das feuchte und warme Wetter fort, mit 2,7 °C im Monatsmittel lag die Temperatur fast 1 °C über dem langjährigen Mittel. Der Niederschlag lag mit 41 mm im Bereich des langjährigen Mittels. Im Januar und Februar gab es insgesamt nur 7 Tage, an denen das Thermometer unter 0 °C fiel; maximal bis -2 °C. Somit war der Boden nicht richtig gefroren.

Der März war frostfrei und fast 2 °C wärmer als die langjährige Mitteltemperatur. Die Niederschläge lagen mit 57 mm im Bereich des langjährigen Mittels für den März. Somit setzte sich die im Februar begonnene milde Witterung fort, und die 200°-Temperatursumme wurde Mitte März erreicht.

Der April zeigte sich mit 26 mm deutlich trockener als die Vormonate und auch als das langjährige Mittel. Somit konnte die Maisbestellung termingerecht erfolgen.

Der Mai brachte ebenso wie der Juni zu wenig Niederschlag. Die gleichzeitig unterdurchschnittlichen Temperaturen in diesen beiden Monaten sorgten für eine deutliche Verzögerung der Maisentwicklung. Durch das langsame Wachstum war der Wasserverbrauch des Maises gering und die fehlenden Niederschläge führten nicht zu Trockenschäden. Auch die Getreidebestände überstanden die Trockenphase gut, da bei den niedrigen Temperaturen die Verdunstung gering war.

Der Juli und der August konnten die fehlenden Niederschlagsmengen dann wieder ausgleichen. Es fielen mit 111 bzw. 84 mm deutlich mehr als im langjährigen Mittel, das bei 71 bzw. 65 mm liegt. Durch die feuchte Witterung in diesen beiden Monaten kam es immer wieder zu sehr kurzen Erntezeitfenstern beim Getreide, was die Ernte sehr verzögerte.

Der September zeigte sich mit 66 mm und 13,3 °C im Bereich des langjährigen Mittels. Die zögerliche Jugendentwicklung des Maises sorgte für ein sehr spätes Massenwachstum beim Mais. Dank der starken Niederschläge im Sommer konnten die Bestände den Rückstand gut kompensieren.

Die Entwicklung war allerdings deutlich später, sodass die Ernte vielerorts anstatt September erst Mitte Oktober beginnen konnte. Dieser zeigte sich mit 9,3 °C im normalen Bereich. Die Niederschläge waren mit 42 mm unterdurchschnittlich, fielen aber überwiegend in der zweiten Monatshälfte. Dadurch erschwerte sich mancherorts die Maisernte erheblich.

Zusammenfassung der Wetterverläufe

Schaut man sich die Jahre seit Projektbeginn in 2005 genauer an stellt man fest, dass es viele Jahre mit überdurchschnittlichen Temperaturen und häufig sehr ungünstige, Niederschlagsverteilungen gegeben hat. Gerade auf den leichten Sandböden in dieser Region kann dies schnell zu Problemen im Pflanzenbau führen. Bei Wassermangel können die gedüngten Nährstoffe nicht entsprechend aufgenommen werden. Auch ist häufig die Wirkung von Bodenherbiziden eingeschränkt.

Ein Anstieg der Temperatur gegenüber dem langjährigen Mittel ist insbesondere in den Sommermonaten zu verzeichnen. Der Trend der letzten Jahre zeigt eindeutig nach oben. Die Prognosen im Hinblick auf den Klimawandel bestätigen diesen Trend. Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend fortsetzen wird.

Die Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur wird sich mittelfristig auf den Pflanzenbau auswirken. Es werden andere Kulturen, aber auch mehr tierische Schädlinge (Insekten) erwartet. Pflanzenbauliche Auswirkungen während der Projektlaufzeit ließen sich anhand des Temperaturanstiegs noch nicht erkennen. Große Probleme hat in einzelnen Jahren jedoch der Niederschlag bereitet. Weniger die Summe als vielmehr die Verteilung (Abb. 3 bis 5) der Niederschläge machte immer wieder einigen Kulturen zu schaffen. Da gerade der Grundversuch aus sehr vielen verschiedenen Kulturen besteht, sind hier häufig große wetterbedingte Verzerrungen anzutreffen.

Das erste Jahr der 3. Projektlaufphase - 2013 war insgesamt zu trocken und lag in der Jahresmitteltemperatur leicht über dem langjährigen Mittel. Mit 602 mm war es das Jahr mit der niedrigsten Niederschlagssumme seit Projektbeginn 2005. Obwohl 170 mm Niederschlag weniger fielen, kam es kaum zu trockenheitsbedingten Mindererträgen. Insbesondere der Mais zeigte sich in 2013 mit Ertragseinbußen von bis zu 20 %. Diese waren in erster Linie durch eine langanhaltende Kältezeit im Frühjahr bedingt. In 2013 zeigt sich sehr deutlich, dass die Niederschlagsverteilung insbesondere im Sommer wesentlich entscheidender ist als die absolute Niederschlagsmenge. Im Jahr 2014 fehlten insgesamt 80 mm Niederschlag. Die Verteilung der Niederschläge war allerdings so dass es in jedem Monat ausreichend Niederschläge gab. Somit konnten alle Kulturen gute Erträge erzielen.

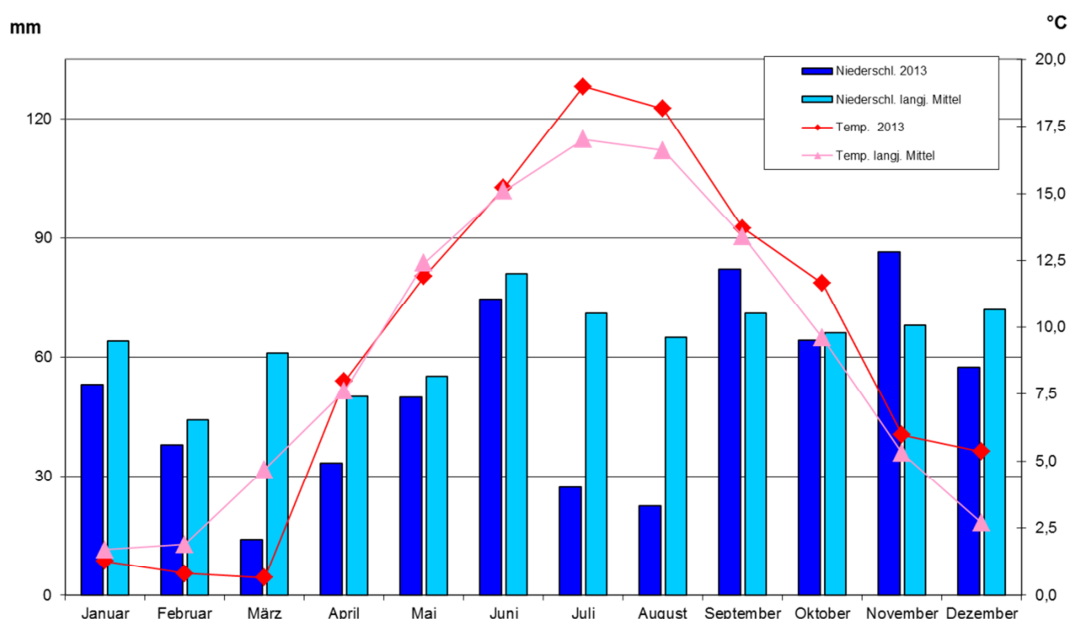


Abb. 4: Wetterdaten 2013

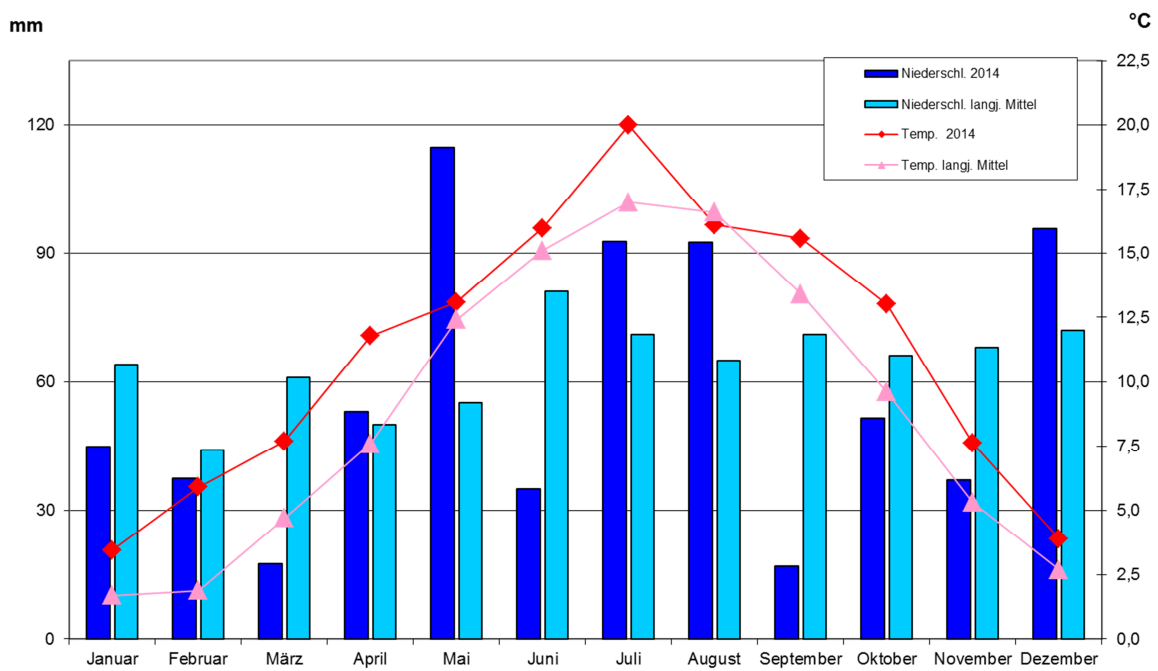


Abb. 5: Wetterdaten 2014

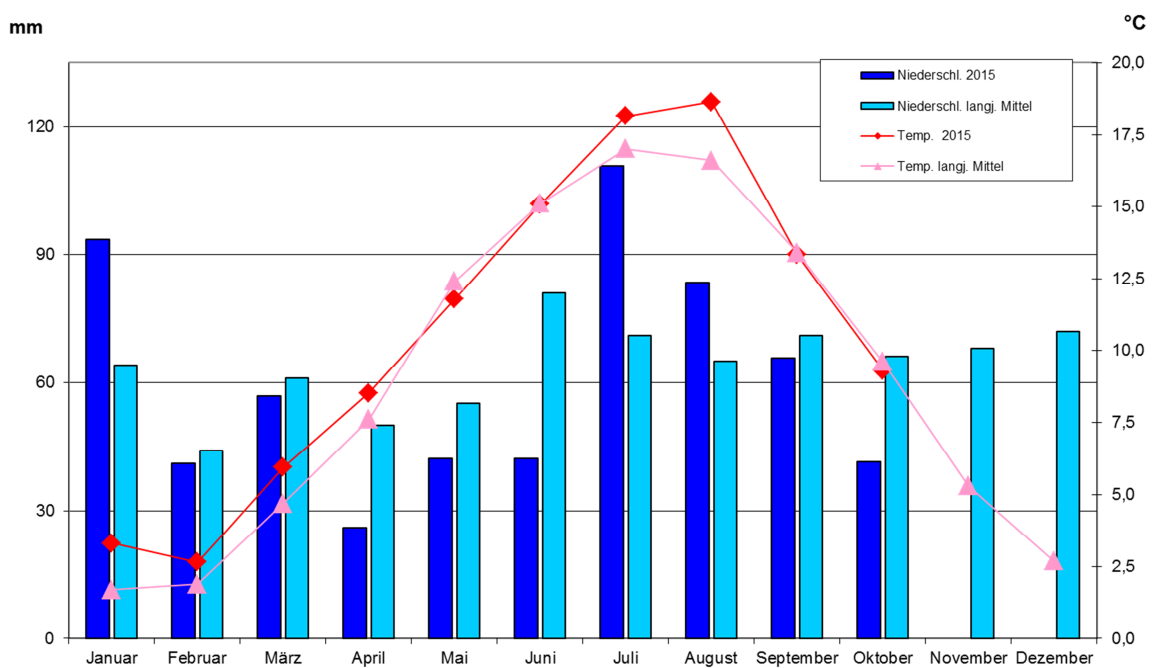


Abb. 6: Wetterdaten 2015

Tab. 3: Tagesmitteltemperatur im Projektzeitraum am Standort Werlte

Mon.	Tagesmitteltemperatur in °C											
	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	langj. Ø
Jan	4,1	-0,2	5,7	5,3	0,4	-2,4	2,4	3,5	1,3	3,5	3,3	1,7
Feb	0,9	1,2	4,5	4,4	2,5	-0,1	2,8	0,3	0,8	5,9	2,7	1,9
Mrz	4,1	2,3	7,2	4,9	5,5	5,5	5,1	7,8	0,6	7,7	6,0	4,7
Apr	9,9	8,2	12,3	8,1	12,6	9,4	12,6	8,1	8,0	11,8	8,5	7,6
Mai	12,2	13,8	13,7	15,2	13,3	10,2	14,1	14,3	11,9	13,1	11,8	12,4
Jun	15,4	16,5	17,7	16,7	14,6	16,1	16,4	14,7	15,2	16,0	15,1	15,1
Jul	17,4	21,8	16,7	18,1	17,8	20,5	16,0	17,0	19,0	20,0	18,2	17,0
Aug	15,8	16,0	16,8	17,2	18,4	16,9	17,0	18,4	18,2	16,1	18,7	16,6
Sept	13,5	17,9	13,1	13,4	14,6	12,9	15,1	13,5	13,7	15,6	13,3	13,4
Okt	12,3	13,3	8,7	9,8	9,1	9,6	10,5	9,6	11,6	13,0	9,3	9,6
Nov	5,7	8,2	5,6	6,2	9,0	5,1	5,7	6,2	6,0	7,6		5,3
Dez	3,1	6,1	3,2	1,8	1,5	-3,0	5,3	3,6	5,4	3,9		2,7
Ø/Sum.	9,5	10,4	10,4	10,1	10,5	8,4	10,2	9,7	9,3	11,2		9,0

Tab. 4: Niederschläge im Projektzeitraum am Standort Werlte

Mon.	Niederschlag in mm											
	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	langj. Ø
Jan	63	22	151	132	36	25	59	95	53	45	94	64
Feb	50	46	90	38	56	48	43	19	38	37	41	44
Mrz	70	62	65	101	85	76	16	14	14	18	57	61
Apr	42	62	1	38	12	23	13	50	33	53	26	50
Mai	101	97	99	21	55	43	42	70	50	115	42	55
Jun	52	25	66	44	85	27	117	64	75	35	42	81
Jul	106	11	167	98	103	71	59	121	27	93	111	71
Aug	74	151	52	94	23	118	122	53	22	93	84	65
Sept	58	13	87	38	32	84	53	42	82	17	66	71
Okt	64	70	35	83	67	62	45	79	64	51	42	66
Nov	79	94	92	71	98	92	0	43	87	37		68
Dez	63	101	98	18	54	33	121	103	57	96		72
Ø/Sum.	824	753	1004	776	707	702	690	752	602	689		768

2.4 Versuchsdurchführung

Anbaudaten

Die Fruchtfolgeglieder mit den entsprechenden Sorten, Aussatterminen, -stärken und Ernteterminen über den gesamten Projektzeitraum sind in den Tabellen des Anhangs dargestellt. Die Sortenwahl erfolgte in Abstimmung mit den Projektpartnern, bei den Regionalfruchtfolgen wurden die Sorten auf Basis der Empfehlungen aus den regionalen Landessortenversuchsergebnissen ausgewählt. In den Anlagen von EVA I und EVA II wurde darauf geachtet, dass die Sorten aus statistischen Gründen jeweils gleich gewählt wurden. Im EVA III wurden die Fruchtfolgen teilweise neu aufgestellt. Um dem Züchtungsfortschritt Rechnung zu tragen, wurden zu diesem Zeitpunkt auch die Sorten angepasst. In Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen werden die Aussattermine zum möglichst optimalen Zeitpunkt gewählt.

Düngung und Pflanzenschutz

Die Grunddüngung im Versuch erfolgte auf Grundlage der Bodenuntersuchungsergebnisse der jeweiligen Variante. Die Stickstoffgabe wurde auf Grundlage der in Niedersachsen festgelegten Sollwerte und der ermittelten Nmin-Ergebnisse berechnet. In der Regel wurde für die Düngung jeweils ein Mischdünger erstellt, welcher sich aus Tripelphosphat, 40er Kali, Kieserit und KAS bzw.

ASS zusammensetzte. Beim Mais wurde grundsätzlich ein Unterfußdünger eingesetzt, welcher sich aus DAP sowie ASS zusammensetzt, so dass 40 kg N/ha und 30 kg P₂O₅/ha gegeben wurden. Der Pflanzenschutz wurde bedarfsorientiert bzw. nach dem Schadschwellenprinzip durchgeführt. Die Angaben zur Düngung sowie zum Pflanzenschutz in den jeweiligen Varianten sind ebenfalls den Tabellen des Anhangs zu entnehmen.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisdarstellung Fruchtfolgeversuch: Erträge der Fruchtfolgen

In Abbildung 7 sind die kumulierten Trockenmasseerträge der Anlagen 5 und 6 dargestellt. Die Farben entsprechen der EVA-Farbskala, welche in Abbildung 8 zu finden ist. Die Werte zu den Erträgen sind in den Tabellen des Anhangs dargestellt.

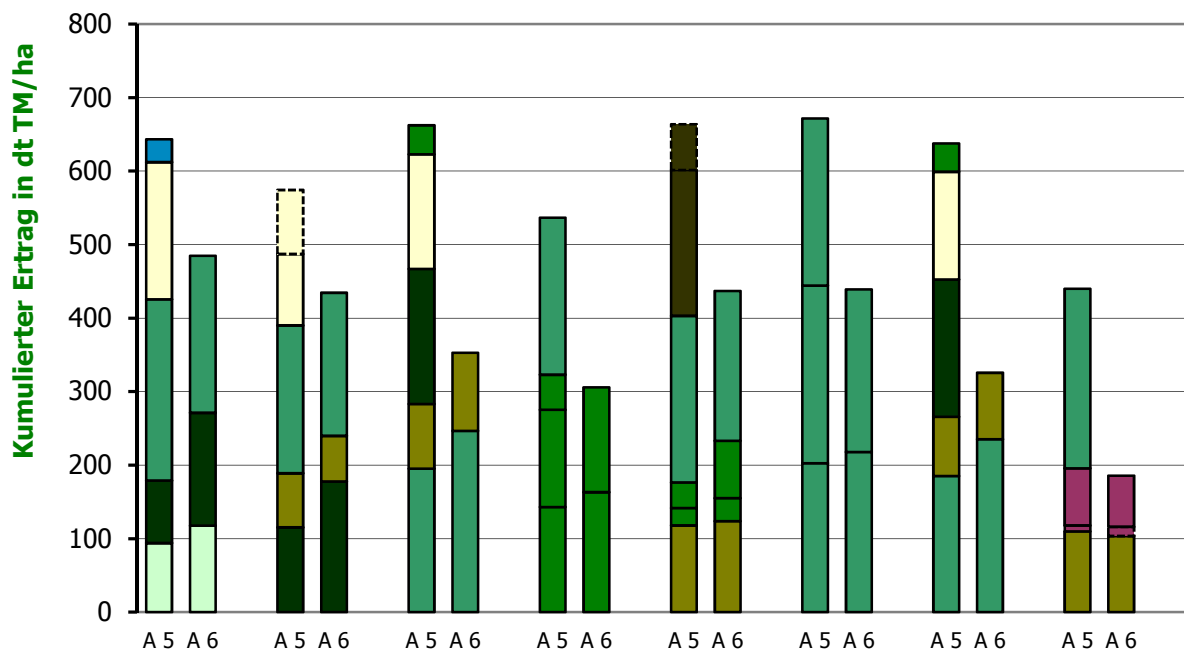


Abb.7: Kumulierte Ertragsdaten der Anlage 5 und 6

Phacelia	
Mais	
Steinklee	
Sorghum b. x s.	
Wintergerste	
Winterroggen	
Wintertriticale	
Zuckerrüben	
Einjähriges Weidelgras	
Gestrichelte Linien kennzeichnen jeweils den Strohertrag.	

Abb.8: Farbcodes der Kulturen

Die Ertragsdaten sind der Abbildung 7 bzw. den Tabellen des Anhangs zu entnehmen. In der Fruchtfolge 1 zeigte die Anlage 6 sowohl bei der Wintergerste als auch beim Sorghum deutlich höhere Erträge als die Anlage 5. Insgesamt beläuft sich die Differenz auf fast 100 dt TM/ha. Ursächlich hierfür ist bei der Wintergerste der fehlende Niederschlag im März und April. Sorghum hatte unter der Trockenheit im Juli und August zu leiden. In 2015 zeigt die Wintertriticale mit 187 dt TM/ha ihr Potential an diesem Standort. Der Mais in der Anlage 6 erzielte mit 214 dt TM/ha gute Erträge, erreichte aber nicht den Spitzenertrag der Anlage 5 in 2014 mit 247 dt TM/ha. Nach Wintertriticale GPS ließe sich die verbleibende Vegetationszeit optimaler Weise mit dem Anbau von Ackergras nutzen. Da hier aber der Winterweizen folgt, wurde Phacelia angebaut, die 31 dt TM/ha erzielte.

Auch beim Sorghum in der Fruchtfolge 2 sind in 2013 durch die geringen Niederschläge im Sommer niedrigere Erträge als in der Anlage 6 in 2014 erzielt worden. Der Mehrertrag in 2014 lag bei über 60 dt TM je ha. Die Wintertriticale der Anlage 5 brachte in 2015 fast 100 dt TM/ha Kornenertrag. Das ist an diesem Standort ein sehr guter Ertrag. Auch der Grünroggen und der nachfolgende Mais konnte mit 62 und 195 dt TM/ha überzeugen. So waren abgesehen vom Sorghum in der Anlage 5 alle Fruchtfolgeglieder auf einem hohen Ertragsniveau.

Im Gegensatz zum Sorghum zeigte sich der Mais in der Fruchtfolge 3 nicht ganz so anfällig für die trockene Phase in 2013. Er erzielte in 2013 zwar weniger Ertrag als der Mais in der gleichen Fruchtfolgestellung in der Anlage 6 in 2014, aber mit 195 dt TM/ha immer noch ein zufriedenstellendes Ergebnis. Im Durchschnitt der beiden Anlagen lag der Ertrag bei 221 dt TM/ha. Nach der Triticale GPS wurde in der Anlage Weidelgras angebaut dieses erreichte in 2015 knapp 40 dt TM/ha, anschließend folgt der Weizen. Der Weidelgrasanbau hat sein Potential in der überjährigen Nutzung. Nur als Zwischenfrucht in der Fruchtfolge erreicht das Weidelgras keinen positiven Deckungsbeitrag. In der Anlage 6 wurde in der Fruchtfolge 3 mit dem Winterroggen als Grünschnittroggen mit 106 dt TM/ha ein guter Ertrag erzielt. Der Nachfolge-Anbau von Sorghum ist in 2015 leider misslungen. Kältebedingt war die Jugendentwicklung aller Sorghumbestände im EVA sehr zögerlich. Unkräuter und Gräser konnten sich massiv entwickeln. Die Sorghumparzellen wurden am 16.06.2015 mit 2,0 l/ha Gardo Gold plus 0,15 l/ha Certrol B gespritzt. Die Bestände haben diese Spritzung leider nicht vertragen. Es kam zu einem Totalausfall. Danach haben wir uns für eine leichte Bodenbearbeitung entschieden. Die wiederholte Aussaat ist leider auch eingegangen, da die Herbizide aufgrund der Trockenheit mit dem beginnenden Regen beim Auflaufen der zweiten Aussaat wieder noch wirksam waren. Somit kommt es leider zum Totalausfall aller Sorghumvarianten im EVA in 2015.



Abb. 9: Sorghumparzelle im Sommer 2015

Das Ackergras in der Fruchtfolge 4 zeigte sich ertragsstabil. In der Anlage 6 wurden mit 163 dt TM/ha in 2014 20 dt TM/ha mehr Ertrag erzielt als in 2013. In 2015 lag der Ertrag der Anlage 6 bei 143 dt TM/ha. Im Mittel beider Anlagen und der Fruchtfolgejahre 1 und 2 wurden mit dem Ackergras 145,3 dt TM/ha in Hauptnutzung erreicht. Das ist für Ackergrasbestände an diesem Standort im Rahmen der Erwartungen. Das reicht aber nicht aus, um direkt mit Mais zu konkurrieren. Somit wird der Ackergrasanbau selten mehrjährig betrieben. Aus Fruchtfolgegründen kann es sinnvoll sein maisbetonte Fruchtfolgen mit einem Hauptnutzungsjahr Ackergras aufzulockern.

Der Wickroggen in der Fruchtfolge 5 lag in beiden Jahren auf gleichem Niveau von durchschnittlich 120 dt TM/ha. Die Winterroggen GPS aus EVA II in der Fruchtfolge 8 brachte im Vergleich hierzu 10 dt TM/ha mehr Ertrag. Diese Ertragsrelationen bestätigen auch andere Versuche der Landwirtschaftskammer. Da der Bestand durch die verzweigte Wicke sehr dicht, ist gibt es häufig Probleme bei der Ernte, insbesondere Wild kann nicht rechtzeitig fliehen und gerät in die Erntemaschinen. So ist in der Praxis ein Rückgang der Anbaufläche für Wickroggen zu beobachten. Die Vornutzung des Grases aus dem Wickroggen von 2014 brachte in der Anlage 6 in 2015 einen sehr guten Ertrag von 78 dt TM/ha. Wird der anschließende Maisanbau mitberücksichtigt wurde in der Anlage 6 in 2015 282 dt TM/ha erzielt. Die gleiche Fruchtfolgestellung lag in der Anlage 5 in 2014 bei 260 dt TM/ha. Erstmals wurden im Rahmen des Projektes EVA am Standort Werlte in der Anlage 5 FF 5 Zuckerrüben angebaut. Diese erzielten knapp 200 dt TM/ha. Im Rahmen etlicher Versuche der Landwirtschaftskammer Niedersachsen am Standort Werlte in den Jahren zuvor wurden ebenfalls schon gute, teilweise deutlich höhere Erträge erzielt. Durch die späte Ernte der Zuckerrüben war es nicht mehr möglich diese Zahlen in die übergeordneten Auswertungen einfließen zu lassen.

Im Schnitt der Anlagen 5 und 6 erzielte der Mais in der Fruchtfolge 11 mit 222 dt TM/ha einen sehr guten Ertrag. In der gleichen Fruchtfolge in EVA II wurde Mais mit Grünschnittroggen im Wechsel angebaut, der Mais erreichte 168 dt TM/ha und der Grünschnittroggen lag bei 58 dt TM/ha. In der Summe sind das gerade 4 dt TM/ha Mehrertrag gewesen als der reine Maisanbau im EVA II. Sicherlich müssten hier noch Jahreseffekte und Züchtungsfortschritt berücksichtigt werden. Diese würde sich aber nicht so signifikant auswirken, daß der Anbau von Mais und Grünroggen einen deutlichen Vorteil bieten würde. Hier bestätigt sich die relative Vorzüglichkeit des Maises an diesem Standort. Dieser Vorteil wird durch die Zahlen der Ökonomie eindeutig bestätigt. Hier weist der Mais im Hauptfruchtanbau den mit Abstand höchsten Deckungsbeitrag an diesem Standort aus.

Durch einen um 25 % reduzierten Stickstoffaufwand in der Fruchtfolge 12 gegenüber der ansonsten identischen Fruchtfolge 3 sollen die Klimagasemissionen reduziert werden. Diese Reduzierung ergibt sich rechnerisch durch den geringeren Energieaufwand bei der Produktion des mineralischen Stickstoffs. Der Minderertrag der bis jetzt angebauten Kulturen lag zwischen 0 und 15 Prozent. Im Schnitt waren es 6 % Minderertrag. Die höchsten Mindererträge waren beim Wintergetreide zu verzeichnen. Hier zeigt sich sehr deutlich die N-Nachlieferungsfähigkeit dieses Standortes. Dies ist sicherlich auch über einige Jahre hinweg möglich, allerdings auf Dauer nicht nachhaltig.

Die Fruchtfolge 13 ist die Themenfruchtfolge „Biodiversität“. Hier wird nach Winterroggen GPS Steinklee angebaut und im darauffolgenden Jahr genutzt. Im dritten Jahr steht Mais. Der Winterroggen im ersten Jahr erzielte im Schnitt der beiden Anlagen 106 dt TM/ha. Der anschließende Anbau von Steinklee gestaltete sich schwierig. Da kaum sichere Hinweise zum Pflanzenschutz vorhanden waren, wurde die Bereinigung mehrfach von Hand durchgeführt. Es ist trotz der anfänglichen Schwierigkeiten gelungen, den Bestand zu etablieren. Nach einem Schröpfschnitt im Oktober 2013 präsentierte sich im Frühjahr 2014 ein schöner Bestand, welcher am 16.06.2014 geerntet werden konnte und knapp 80 dt TM/ha Ertrag brachte. Der Schnitt wurde, wie allgemein empfohlen, sehr hoch angesetzt und zum Ende der Blüte durchgeführt. Leider erfolgte nach dem Schnitt kein Wiederaustrieb. Die Ursache ist wahrscheinlich im nicht mehrjährigen Saatgut zu sehen. Hier hat es auch an anderen Standorten in Deutschland ähnliche Probleme gegeben. Um den Fruchtfolgeeffekt aufrecht zu erhalten wurde die entstandene Lücke mit Senf besetzt. In der Anlage 6 hat sich der Steinklee gut etabliert. Im Frühjahr 2015 ist er dann allerdings recht verhalten wieder ausgetrieben. Die beiden Schnitte, die hier gemacht werden konnten, erzielten zusammen knapp 70 dt TM / ha. Auch dieser Steinklee konnte nicht überzeugen. Potential liegt hier sicherlich noch im Saatgut bzw. der Bestandesführung. Zurzeit ist die Nachfrage in Deutschland sehr gering, so dass es im Bereich Saatgutproduktion keinerlei Entwicklung gibt. Zum jetzigen Zeitpunkt kann der Steinkleeanbau für die Praxis nicht empfohlen werden. Mit einem Spitzenertrag von 244 dt TM/ha hat der Maisanbau nach Steinklee auf die gute Vorfruchtwirkung reagiert. Dies ist allerdings eine Aussage die auf einem einjährigen Ergebnis beruht; es fehlt die Doppelanlage.

3.2 Ergebnisdarstellung Fruchtfolgeversuch: Erträge der Kulturen

In Abb. 9 sind die Trockenmasseerträge der im Projekt EVA angebauten Kulturen dargestellt. Der direkte Vergleich ist hier nicht zulässig. Der Mais besticht durch den hohen Ertrag. Bei allen anderen Kulturen wie Sorghum oder das Wintergetreide ist die absolute Höhe des Ertrages alleine nicht aussagefähig. Diese Kulturen sind in Verbindung mit einer jeweiligen Vornutzung bzw. einer Zweit- oder Zwischenfrucht zu sehen. Angegeben im Diagramm ist jeweils auch die Schwankungsbreite der Erträge. Auch hier liegen die Kulturen mit einem insgesamt hohen Ertragsniveau im Vorteil. Selbst der untere Wert wäre noch ausreichend alle Direktkosten zu decken. Bei Getreideganzpflanzennutzung bzw. beim Grünschnittroggen kann das schon anders aussehen. Hier kann ein zu starkes Absinken der Erträge schnell zu negativen Deckungsbeiträgen führen. Eine für diese Region wichtige Kultur fehlt in dieser Darstellung, die Kartoffel. Sie war nicht Bestandteil der Fruchtfolgen im Rahmen der EVA Versuche, sollte aber der Vollständigkeit halber genannt werden. Die Kartoffel hat eine hohe Anbaubedeutung im Landkreis Emsland.

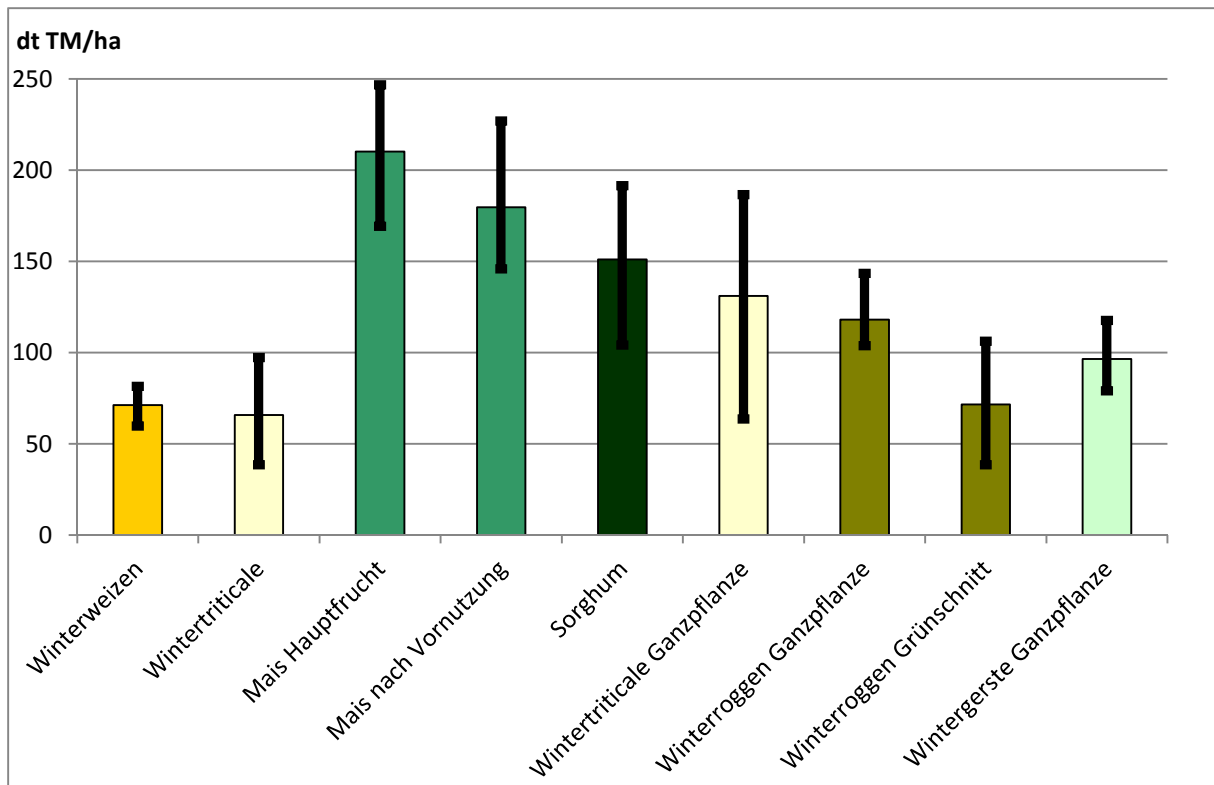


Abb. 10: Erträge der einzelnen Kulturen









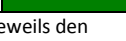
Phacelia	
Mais	
Steinklee	
Sorghum b. x s.	
Wintergerste	
Winterroggen	
Wintertriticale	
Zuckerrüben	
Einjähriges Weidelgras	
Gestrichelte Linien kennzeichnen jeweils den Strohertrag.	

Abb. 11: Farbcodes der Kulturen

3.3 Ergebnisdarstellung Fruchtfolgeversuch: Ökonomische Auswertungen

Die ökonomischen Daten wurden durch die Universität Gießen zur Verfügung gestellt. Die Auswertungen konnten zum Berichtszeitpunkt weitgehend zum Abschluss gebracht werden. Da die Fruchtfolgen im EVA III nicht vollständig angebaut werden konnten, muss auf eine Auswertung auf Ebene der Fruchtfolgen verzichtet werden. Somit beschränkt sich dieser Teil auf den Vergleich einzelner Kulturen in unterschiedlichen Fruchtfolgestellungen. Mit Abstand erwirtschaftet der Maisanbau die höchsten Deckungsbeiträge und stellt somit die ökonomisch vorzüglichste Kultur dar. Der Anbau von Wintergetreide als Marktfrucht liegt mit rund 530 Euro Deckungsbeitrag je ha zwar noch vor der Nutzung des Getreides als Ganzpflanze, lässt sich aber nur in Verbindung mit dem Zwischenfruchtanbau und somit der Erfüllung der Greeningauflagen sowie dem Ausgleich der Humusbilanzen in maisdominierten Fruchtfolgen rechnen.

Tab. 5: Direktkostenfreie Leistung der Kulturen mit der größten Anbauhäufigkeit

	Direktkostenfreie Leistung €/ha	Ertrag dt TM/ha	Anzahl
Winterweizen	527	71	16
Wintertriticale	247	66	5
Mais Hauptfrucht	1132	210	19
Mais nach Vornutzung	987	180	12
Sorghum	464	151	8
Wintertriticale Ganzpflanze	411	131	9
Winterroggen Ganzpflanze	329	118	4
Winterroggen Grünschnitt	-94	66	14
Wintergerste Ganzpflanze	124	97	6

Quelle: Uni Giessen, 2015

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Im Laufe des Projektes EVA wurde am Standort Werlte immer wieder erkennbar, dass es sehr schwer sein wird, tragbare alternative Anbaukonzepte zur Biogasproduktion auf Ackerflächen aufzuzeigen. Mais ist und bleibt nach wie vor die vorzüglichste Kultur. Der Mais ist auch für die Futternutzung sehr wichtig. Somit ist der Mais im gesamten Anbau in dieser Region, die durch den Versuchsstandort Werlte repräsentiert wird, mit teilweise über 50 % Ackerflächenanteil an seine Grenzen gestoßen. Diese Region ist geprägt von intensivem Futterbau und Energiepflanzenanbau. Eine Vielzahl an Betrieben hat teilweise sehr hohe Maisanteile in der Fruchtfolge. Vor dem Hintergrund der Vorgaben zur Anbaudiversifizierung im Rahmen der Greeningauflagen sind die Fragestellungen aus den EVA Fruchtfolgeversuchen für diese Betriebe aktueller denn je. Neben den pflanzenbaulichen Vorteilen, die sich durch eine breiter aufgestellte Fruchtfolge ergeben, besteht für diese Betriebe ein „Zwang“ die Fruchtfolge umzustellen. Die Möglichkeiten, die sich durch EVA I und II an diesem Standort zeigen, sind in erster Linie im Ackergrasanbau bzw. der Wintertriticale als GPS zu sehen. Zweikulturnutzungssysteme kommen aufgrund des begrenzten Wasserangebotes nicht in Frage. Marktfruchtanbau mit Wintergetreide stellt bei reiner Deckungsbeitragsbetrachtung unter der Voraussetzung guter Markterlöse eine gute Alternative zur Auflockerung enger Maisfruchtfolgen dar.

In der Praxis kommt diese Option aufgrund der dadurch entstehenden Futterlücke in den Betrieben kaum in Betracht.

Diese Region hat insgesamt durch die hohe Futterbau-, Veredlungs- und Biogasdichte einen deutlichen Nährstoffüberschuss. Vor dem Hintergrund der Novellierung der Düngeverordnung müssen die Betriebe auf die Gesamtstickstoffsalden im Betrieb achten. Um den Nährstoffexport vom Betrieb in Form teurer Wirtschaftsdüngertransporte möglichst gering zu halten, gilt es den Mineraldüngereinsatz auf ein Mindestmaß zu beschränken. Dies erhöht die relative Vorzüglichkeit des Anbaus von Kulturen, die organische Dünger effizient verwerten.

Die Verpflichtung zum Vorhalten ökologischer Vorrangfläche im Rahmen der Greening-Auflagen lässt sich zum Beispiel durch den Anbau von Leguminosen erfüllen. Dieser Gedanke war ausschlaggebend für die Wahl des Steinklees bei der Biodiversitätsfruchtfolge im Grundversuch. Somit hätte ein eventuell geringer ausfallender Ertrag des Steinklees durch den Zusatznutzen der Greeningerfüllung kompensiert werden können. Leider ist der Anbau von Steinklee aufgrund der produktionstechnischen Rahmenbedingungen, wie oben beschrieben, noch nicht für die Praxis zu empfehlen.

Erste Auswertungen der Anbaustatistiken aus 2015 haben gezeigt, dass die Landwirte in den intensiven Futterbauregionen kaum Leguminosen zur Erfüllung der ökologischen Vorrangfläche anbauen. Es wird i.d.R. auf den Anbau von Zwischenfruchtmischungen nach Getreide bzw. Grasunsaaten im Mais gesetzt.

Negative Deckungsbeiträge und Flächeneinsparung

Es stellt sich die Frage nach dem ökonomischen Nutzen des Grünroggens oder auch des Weidelgrases als Zwischenfrucht. Aufgrund des in der Regel negativen Deckungsbeitrages ist direkt kein Nutzen gegeben. Berücksichtigt man nun aber in einer flächenknappen Region auch noch die Kosten für die Fläche, so sieht es anders aus. Muss ein Biogasanlagenbetreiber eine bestimmte Menge an Biomasse für seine Anlage pro Jahr erzeugen, macht es durchaus Sinn auf Zwischenfrüchte zu setzen. Dem negativen Deckungsbeitrag müssen dann die eingesparten Pachtaufwendungen durch den verminderten Flächenbedarf insgesamt entgegengesetzt werden. Die Vorteile, die sich durch Fruchtfolgeeffekte bzw. durch verbesserte Humusbilanzen ergeben, sollten auch nicht unberücksichtigt bleiben.

5. Veröffentlichungen, Informationsangebote und Öffentlichkeitsarbeit

Als Ergänzung wird auf die FNR Regionalbroschüre „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ hingewiesen. Hier wird ein umfassender Überblick über den aktuellen Stand zu den Anbauversuchen und Praxisempfehlungen zum Energiepflanzenbau in Niedersachsen gegeben. Sie kann bei der Landwirtschaftskammer Niedersachsen – Fachbereich Grünland und Futterbau angefordert oder im Netz unter dem Link <http://www.lwk-niedersachsen.de> (>Pflanze >Energiepflanzen/NaWaRo) herunter geladen werden. Diese Broschüre wurde aus Mitteln der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe gefördert. Des Weiteren werden von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen regelmäßig aktuelle Artikel zum Energiepflanzenanbau veröffentlicht. Diese finden sich ebenfalls auch alle auf der genannten Homepage.

Diverse Artikel zum Thema Energiepflanzenanbau hier insbesondere zum Mais, Getreideganzpflanzen, Zuckerrübe und Ackerfutter/Grünland sind in der Land und Forst, Joule und Top Agrar erschienen.

6. Tabellen

Die Tabellen des Anhangs befinden sich in der angefügten Excel-Datei.

Erträge aller Fruchtfolgeglieder im Grundversuch EVA III

Erträge in A 5 von 2013 bis 2016 und in A 6 von 2014 bis 2017 in dt/ha TM

Jahre	FF 1			FF 2			FF 3			FF 4						
	A 5	A 6	Ø	A 5	A 6	Ø	A 5	A 6	Ø	A 5	A 6	Ø				
1	W.gerste GPS	94,0	117,6	105,8	Sorghum	115,3	177,8	146,6	Mais	195,3	246,6	221,0	Ackergras	143,1	163,2	153,2
	Sorghum ZF	85,0	153,7	119,4												
2	Mais HF	246,7	213,6	230,2	WR grün	73,7	62,1	67,9	WR grün	88,0	106,2	97,1	Ackergras	132,2	142,7	137,5
					Mais ZF	201,1	194,6	197,9	Sorghum ZF	183,7	-	183,7				
3	W.tricale GPS	186,5		186,5	W.tricale Korn	97,1		97,1	W.tricale GPS	155,9		155,9	Ackergras	47,8		47,8
	SZF Phacelia	31,1		31,1	W.tricale Stroh	87,2		87,2	Weidelgras ZF	39,5		39,5	Mais	213,5		
4	WW				WW				WW				WW			
	WW Stroh				WW Stroh				WW Stroh				WW Stroh			
Summe		643,3	484,9	564,1		574,4	434,5	504,5		662,4	352,8	507,6		536,6	305,9	421,3

Jahre	FF 5			FF 11			FF 12			FF 13						
	A 5	A 6	Ø	A 5	A 6	Ø	A 5	A 6	Ø	A 5	A 6	Ø				
1	Wickroggen	118,0	123,9	121,0	Mais	202,8	217,9	210,4	Mais HF	185,3	235,3	210,3	WR GPS	109,8	103,6	106,7
	Unterssat	23,7	31,2	27,5									Steinklee	8,1	12,6	10,4
2	Weidelgras	34,7	78,1	56,4	Mais	241,7	221,2	231,5	WR grün	80,5	90,4	85,5	Steinklee	77,9	69,6	73,8
	Mais ZF	226,8	203,9						Sorghum ZF	186,9	-	186,9				
3	Zuckerrübe	198,4		198,4	Mais	227,2		227,2	W.tricale GPS	146,5		146,5	Mais	244,2		244,2
	Rübenblatt	62,3		62,3					Weidelgras ZF	38,6						
4	WW				WW				WW				WW			
	WW Stroh				WW Stroh				WW Stroh				WW Stroh			
Summe		663,9	437,1	550,5		671,7	439,1	555,4		637,8	325,7	481,8		440,0	185,8	312,9

Nmin Werte Frühjahr und Herbst im Grundversuch EVA III

A 5

		2013		2014		2015		2016	
1	WG GPS		Sorghum	Mais	WT GPS	WT GPS	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		19	90	31	60	16			
2	Sorghum		WR grün	WR grün	Mais ZF	WT Korn	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		21	81	22	35	18			
3	Mais		WR grün	WR grün	Sorghum ZF	WT GPS	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		19	43	12	40	20			
4	Ackergras		Ackergras	Ackergras	Ackergras	Mais	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		12	12	12	23	17			
5	Wickroggen		Unterssat	Weidelgras	Mais ZF	Zuckerrübe	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		12	11	10	97	41			
11	Mais		Stoppel	Mais	Stoppel	Mais	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		19	47	25	64	19			
12	Mais		WR grün	WR grün	Sorghum ZF	WT GPS	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		25	36	11	46	20			
13	WR GPS		Steinklee	Steinklee	Steinklee	Mais	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		39	20	22	29	60			

A 6

		2014		2015		2016		2017	
1	WG GPS		Sorghum	Mais	WT GPS	WT GPS	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		14	108	24					
2	Sorghum		WR grün	WR grün	Mais ZF	WT Korn	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		19	68	20					
3	Mais		WR grün	WR grün	Sorghum ZF	WT GPS	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		18	81	17					
4	Ackergras		Ackergras	Ackergras	Ackergras	Mais	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		10	25	18					
5	Wickroggen		Unterssat	Weidelgras	Mais ZF	Zuckerrübe	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		20	21	16					
11	Mais		Stoppel	Mais	Stoppel	Mais	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		18	106	24					
12	Mais		WR grün	WR grün	Sorghum ZF	WT GPS	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		17	31	14					
13	WR GPS		Steinklee	Steinklee	Steinklee	Mais	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	
		11	39	30					



**Endbericht 2015 zum Teilprojekt 1:
Entwicklung und Optimierung von standortangepassten
Anbausystemen im Fruchtfolgeregime**

EVA 3



Standort:

Versuchs- und Bildungszentrum für Landwirtschaft Haus Düsse,
Zentrum für Nachwachsende Rohstoffe (ZNR)
der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

59505 Bad Sassendorf

Versuchs- und Bildungszentrum
Landwirtschaft Haus Düsse



Zentrum für nachwachsende Rohstoffe NRW

Langtitel: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase III

Kurztitel: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolgeregime - EVA 3

Auftraggeber: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV); gefördert über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR); Förderkennzeichen 22006012

Auftragnehmer: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Nevinghoff 40
48147 Münster

Ausführende Stelle: Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft
Haus Düsse – Zentrum Nachwachsende Rohstoffe (ZNR)
Ostinghausen
59505 Bad Sassendorf

Projekt: Teilprojekt 1

Laufzeit: 01.04.2013 – 30.11.2015

Projektleiter: Dr. Arne Dahlhoff
(Leiter VBZL Haus Düsse, Ackerbau und ZNR)

Bearbeiter: Michael Dickeduisberg
Andreas Horstmann

Bad Sassendorf, 20. November 2015

Inhalt:

1	Vorwort / Abgrenzung des Berichts	3
2	Einleitung	4
3	Versuchsdurchführung am Standort Haus Düsse	6
3.1	Charakterisierung des Standorts	6
3.2	Versuchsaufbau und Durchführung.....	7
3.3	Bonituren und Datenerhebung.....	10
3.4	Statistik und Auswertung	10
3.5	Witterungsverlauf	11
4	Ergebnisse	15
4.1	Biomasse- und Methanerträge	15
4.2	Energie und Treibhausgasbilanz.....	17
4.3	Ökonomische Bewertung der Fruchtfolgen.....	18
5	Diskussion und Schlussfolgerungen.....	21
5.1	Diskussion Erträge	21
5.2	Diskussion Energie- und Treibhausgasbilanz.....	22
5.3	Diskussion Ökonomie	22
5.4	Diskussion der Gesamtaussage.....	23
6	Vernetzung mit anderen Projekten	23
7	Ausblick.....	24
8	AI Abbildungen.....	25
9	AII Tabellen	25
10	AIII Veröffentlichungen, Informationsangebote und Öffentlichkeitsarbeit.....	26
11	Quellen:	31

1 Vorwort / Abgrenzung des Berichts

Aufgrund der unerwarteten und erst kurz vor Projektende übermittelten Ablehnung einer Verlängerung des Fruchtfolgeprojektes, musste der Endbericht ohne Beendigung der Feldversuche und Analyse von Ernteproben sowie Bodenproben kurzfristig erstellt werden. Vorrangiges Ziel bis zum Projektende war die möglichst vollständige Erhebung und Eingabe der Versuchsdaten in die EVA-Datenbank zwecks Archivierung und Grundlage für anschließende Auswertungen projektinterner oder –externer Institutionen.

Eine Vielzahl an Varianten wurde erst im Herbst geerntet und Proben erst nach der Ernte gezogen. Die Ernte der letzten Kultur Zuckerrübe erfolgte am 6. Oktober, so dass die vom Projektpartner ZALF benötigten Daten der Inhaltsstoffanalysen und Weender-Analysen zur Berechnung und Bewertung von Humusbilanz, THG-Emissionen etc. zur Berichtslegung Mitte November nur unvollständig vorlagen und somit keine ökologische Auswertung für diesen Standort erfolgen konnte.

Des Weiteren konnten die Fruchtfolgerotationen nicht vollständig beendet werden. Mit der Ernte im Herbst 2015 wurden in der 5. Anlage insgesamt drei Jahre und in der 6. Anlage zwei Jahre beerntet. Infolgedessen können sich über die beiden um ein Jahr versetzt angelegten Versuchsanlagen aggregierte Fruchtfolgeerträge auf nur zwei Vegetationsjahre beziehen.

Zudem war in der Kurzfristigkeit der Berichtslegung keine Möglichkeit zur umfangreichen Analyse sämtlicher Bonitur- und Messdaten gegeben.

Dieser Endbericht beruht auf dem detaillierten Zwischenbericht von März 2015 inklusive ökologischer und ökonomischer Teilergebnisse und ist hauptsächlich um weitere zwischenzeitlich am Standort erhobene Daten und von Projektpartnern gelieferte Auswertungen (Ökonomie, Ökologie) ergänzt worden, sofern Daten und Auswertungen zur Berichtslegung bereits vorlagen.

2 Einleitung

Entsprechend dem bundesweiten Trend im Ausbau erneuerbarer Energien und dem Zubau von Biogasanlagen auf inzwischen fast 8.000 Anlagen mit 3.750 MW Leistung (Fachverband Biogas, 2014) folgte auch das Bundesland Nordrhein-Westfalen dieser Entwicklung. In der landesweiten Verteilung der Anlagen gibt es große Unterschiede mit Schwerpunkten in Ostwestfalen und dem Münsterland (Dahlhoff et al., 2014). Deckungsgleich werden in diesen Regionen mehr als 75% aller Schweine sowie ein Großteil der Rinder in NRW gehalten

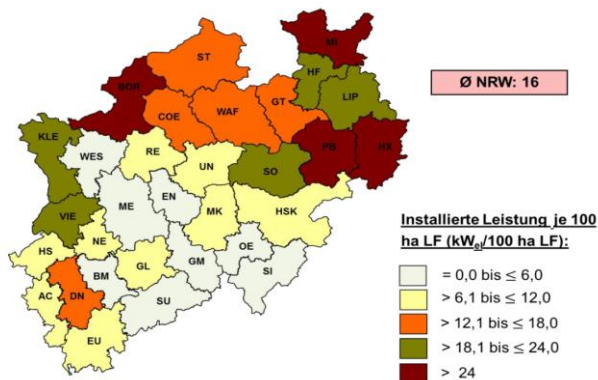


Abb. 1: Installierte elektrische Biogasanlagenleistung (kW) je 100 ha landwirtschaftliche Fläche in den Landkreisen in Nordrhein-Westfalen.
Dahlhoff et al., 2014.

(LWK NRW, 2012a). Da Mais mit einem Substratanteil von 49% (Dahlhoff et al., 2014) das wichtigste Substrat für Biogasanlagen in NRW und zugleich wertvoll für die tierische Ernährung ist, hat er in diesen Regionen Fruchtfolgeanteile von bis zu 50% (LWK NRW, 2012a). In der Folge können vermehrt phytosanitäre Probleme auftreten und sich das finanzielle Risiko der Anbauer durch die betriebliche Abhängigkeit vom Maisertrag erhöhen. Ein

weiteres bedeutendes Argument für die Anpassung des Maisanbaus ist die mediale und öffentliche Diskussion um zu hohe Maisanteile auf deutschen Ackerflächen, die bereits zu einem massiven Ansehensverlust der landwirtschaftlichen und insbesondere der Bioenergiebranche geführt haben (Herbes et al., 2014). Folglich besteht aus gesellschaftlicher, ackerbaulicher, betriebswirtschaftlicher und ökologischer Perspektive ein großes Interesse an standortangepassten Alternativen zur Optimierung möglichst aller vier Interessen und Schwerpunkte. Fruchtfolgen können sich auch für die Bioenergieproduktion als Lösung für Probleme und für Fortschritt in der landwirtschaftlichen Praxis erweisen. Durch den Anbau diverser Kulturen wird das Erscheinungsbild der Ackerfläche nachhaltig verändert (Hendriks et al., 2000) und folgt den gesellschaftlichen und ökologischen Erwartungen. Durch die Vielzahl an potentiellen Kulturen sind Effekte auf Nitrat-Austräge und somit den Gewässerschutz (Broussard et al., 2009) sowie Auswirkungen auf die Biodiversität (Robinson et al., 2002) zu erwarten. Die positiven und möglicherweise negativen externen Effekte müssen kommuniziert und unter Berücksichtigung der einzelbetrieblichen Risikodiversifizierung (Di Falco et al., 2005) bewertet werden. Bisher gibt es keine ausreichende Datenbasis zur Evaluierung von Fruchtfolgen und Modellierung der Effekte, die

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

einer fundierten landwirtschaftlichen Beratung und sachlichen öffentlichen Diskussion als Basis dienen. Dabei müssen standortbedingte regionale Unterschiede bei den Untersuchungen biologischer Parameter zwingend beachtet werden. Ergebnisse und Zwischenergebnisse werden unter Beachtung wissenschaftlichen Standards bewertet und sowohl in einschlägigen Fachmagazinen wie auch in Fachforen den Interessengruppen bzw. der interessierten Öffentlichkeit vorgestellt.

3 Versuchsdurchführung am Standort Haus Düsse

3.1 Charakterisierung des Standorts

Das Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse befindet sich nord-östlich der Kreisstadt Soest, am Rande der zur Gemeinde Bad Sassendorf gehörenden Ortschaft Ostinghausen. Es liegt in der Region Soester Börde zentral im heutigen Westfalen und wird umrahmt vom Sauerland im Süden und dem Münsterland im Norden. Die Höhenlage der Versuchsflächen beträgt im Mittel 70 m über dem Amsterdamer Meeresspiegel. Die Bodenentwicklung auf Haus Düsse ist sehr stark von der hohen Durchfeuchtung und von stark schwankendem Grundwasser beeinflusst worden. Vorherrschende Bodentypen des Versuchsgutes sind Gley-Parabraunerden und Parabraunerden-Gleye. In den Senken kommen auch Gleye, braune Aueböden und Auegleye vor. Die wasserhaltende Kraft der Böden ist gut. Die Humusgehalte liegen zwischen 2 % und 4 %, die Schluffgehalte betragen ca. 80 %. Vorherrschende Bodenarten sind fruchtbare Lehmböden aus Löß, mit z. T. mehr als 80 Bodenpunkten. Mit Niederschlägen im langjährigen Durchschnitt von ca. 800 mm/Jahr und einer Durchschnittstemperatur von ca. 9,8°C sind die Bedingungen für einen ertragreichen Ackerbau sehr gut, was in dem Anbauumfang der Hauptkulturen Winterweizen, Wintergerste, Winterraps, Mais und Zuckerrüben zum Ausdruck kommt. Die EVA-Versuchsfläche trägt die Bezeichnung Boven V und ist nachfolgend beschrieben.

Tab. 1: Beschreibung Versuchsfläche EVA3 Fruchtfolgeversuch Teilprojekt 1 – Haus Düsse, NRW.

Schlagbezeichnung:	Boven V
Feldblock (FLIK):	DENWLI0543152771
Geographische Lage:	8°11'16,24" : 51°38'35,43"
Boden-Klima-Raum: (nach Roßberg et al., 2007)	142 – oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland
Bodenart:	tonig schluffig
Bodensubtyp:	Pseudogley-Parabraunerde
Mächtigkeit der obersten Bodenschicht:	6 – 10 dm
Ackerzahl:	65
nFK im effektiven Wurzelraum:	> 350mm; sehr hoch
Kapillaraufstieg von Bodenwasser:	0 - 1 mm/d, geringer Aufstieg

3.2 Versuchsaufbau und Durchführung

Der Fruchtfolgeversuch wurde als einfaktorieller randomisierter Blockversuch mit vier Wiederholungen angelegt. Neun kulturspezifisch bearbeitete und behandelte Fruchtfolgen (Tab. 2) wurden in zwei aufeinander folgenden Jahren (Block 5. Anlage und Block 6. Anlage) identisch angebaut.

Die Fruchtfolgegestaltung erfolgte nach Vorgabe des EVA-Methodenbuchs (2013). Nicht standortübergreifend definierte Fruchtfolgeglieder wurden entsprechend der regionalen Beratungsempfehlung sowie gängigen Praxis gewählt. Für unterschiedliche parzellengenaue Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Ernte und Probenahme wurden Parzellen von brutto 6 m x 12 m angelegt. Ackergras war Vorfrucht der 1. Anlage (Aussaat Herbst 2012), Winterweizen stand der 2. Anlage (Aussaat Herbst 2013) vor. Die Sortenwahl (Tab. 2) erfolgte, sofern nicht durch die Projektkoordination vorgegeben, auf Grundlage der Ergebnisse der am Standort durchgeführten Landessortenversuche bzw. auf Basis der standortbezogenen Empfehlungen des Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz (Benker et al., 2012-2015) in der jeweils aktuellen Auflage. Zur Auswahl stehende Sorten mussten wenigstens dreijährig geprüft sein. Die Gewichtung der Entscheidungskriterien Ertrag:Gesundheit wurde mit 2:1 festgelegt.

Zur Erhaltung der Pflanzengesundheit wurde das Konzept des integrierten Pflanzenschutzes (BMJV, 2012b), insbesondere für Sortenwahl, Saattermine und Bodenbearbeitung verfolgt. Terminiert wurden die Applikationen (siehe: EVA-Datenbank, 2015) von Pflanzenschutzmitteln sowie chemischen Wachstumsregulatoren entsprechend regionaler Empfehlungen (Deisenroth et al., 2012-2015), in die aktuelle Befallsprognosen eingingen, sowie nach Ermittlung der pflanzlichen Entwicklungsstadien nach BBCH (Meier, 2001). Hauptkriterium zur Auswahl passender Wirkstoffe und Präparate waren Ergebnisse von hauseigenen Pflanzenschutzmittelversuchen (Klingenhagen, 2012-2015). Zur technischen Umsetzung wurde eine handgeführte und druckluftbetriebene Parzellenspritze (Eigenbau) mit 1,5 m Gestänge eingesetzt.

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

Tab. 2: EVA-Fruchtfolgen im Zentrum nachwachsende Rohstoffe (ZNR) Haus Düsse (NRW).

Fruchtfolgeglieder (Sorten) der Erntejahre. Nummerierung der Fruchtfolgen entsprechend EVA-Methodenbuch (2013). Fruchtfolge Nr. 9 ist eine individuelle zusätzliche Fruchtfolge ohne Vorgaben und Richtlinien gemäß EVA-Methodenbuch (2013). GPS = Ganzpflanzensilage; HF = Hauptfrucht; SZF = Sommerzwischenfrucht; SZF-GD = Sommerzwischenfrucht Gründüngung; WZF = Winterzwischenfrucht; ZF = Zwischenfrucht.

Fruchtfolge Nr.	1	2	3	4	5	11 Mais-Folge	12 N-Reduziert (Klimaschutz)	14 regionaler Schwerpunkt
<i>Anmerkungen</i>		Vorfrucht Senf (Bardena)	Vorfrucht Senf (Bardena)	standortoptimale AF-Mischung	Leguminosen-Getreide GPS	DB-Max, kurzfristig	N-reduzierte FF3, Vorfrucht Senf (Bardena)	Schwerpunkt Gewässerschutz
2013 / 2014	Wintergerste (Lomerits) / Sorghum (SZF) (Lussil)	Sorghum (Herkules)	Mais (LG 3216)	Welsches Weidelgras (A3)	Wickroggen Plus (Roggen; Conduct; Weidelgras; Ligrande; Wicke; Welke) - Weidelgras Untersaat (A1WZ)	Mais (Aletas)	Mais (LG 3216)	Wintertriticale- Winterroggen-GPS (Trazaan + Brassetto) mit Untersaat Weidelgras (A1WZ)
<i>Anmerkungen</i>				3-4 Schnitte	Frühe WZF-Mais		-25% N zu düngen nach allen Abzügen (Nmin, Nachlieferung.org, Düngung etc.) jggü. FF3	
2014 / 2015	Mais (HF) (Grosso)	Grünschnittroggen (WZF) (Protector) / Mais (ZF) (Grosso)	Grünschnittroggen (WZF) (Protector) / Sorghum (ZF) (Zerberus)	Welsches Weidelgras (A3)	Mais (Grosso)	Mais (Grosso)	Grünschnittroggen (WZF) (Protector) / Sorghum (ZF) (Zerberus)	Mais (Grosso) mit Untersaat Gras (A1WZ)
<i>Anmerkungen</i>				3-4 Schnitte; ideale Maisausaat vorrangig	ZB oder Futterrübe		Sorghum/Grüngerden: -25% N zu düngen nach allen Abzügen (Nmin, Nachlieferung.org, Düngung etc.) jggü. FF3	
2015 / 2016	Wintertriticale (GPS) (Securo) / Phacelia (SZF-GD) (Stala)	Wintertriticale (Korn) (Securo)	Wintertriticale (GPS) (Securo) / einj. Weidelgras (SZF) (DSV Futtererio)	Mais (Grosso)	Zuckerrüben (Muse)	Mais (Grosso)	Wintertriticale (GPS) (Securo) / einjähriges Weidelgras (SZF) (DSV Futtererio)	Mais (Grosso)
<i>Anmerkungen</i>							W. Triticale GPS: -25% N zu düngen nach allen Abzügen (Nmin, Nachlieferung.org, Düngung etc.) jggü. FF3, Weidelgras ohne N-Düngung	
2016 / 2017	Winterweizen (Smaragd)	Winterweizen (Smaragd)	Winterweizen (Smaragd)	Winterweizen (Smaragd)	Winterweizen (Smaragd)	Winterweizen (Smaragd)	Winterweizen (Smaragd)	Winterweizen (Smaragd)

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

Gedüngt wurde durchgehend mineralisch und auf erwarteten Entzug/Bedarf (BMJV, 2012a) der Fruchtfolge. Für Grundnährstoffe (P, K, Mg) wurde die Gehaltsklasse „C“ nach vorheriger Grundbodenanalyse bis 30 cm Tiefe mit einer Frühjahrsdüngung angestrebt. Praxisübliche Unterfußdüngung zur Hirse- und Maisaussaat hatte Vorrang vor der Flächendüngung. Stickstoff wurde zu praxisüblichen Entwicklungsstadien gedüngt. Die Düngermenge berechnete sich nach dem Sollwertkonzept (Benker et al., 2012) der Landwirtschaftskammern. Zur optimalen Ertragsbildung sollte einer Kultur in Abhängigkeit von Standortbedingungen eine bestimmte N-Menge zur Verfügung stehen (N-Sollwert). Aus langjähriger organischer Düngung sowie Mineralisation aus Ernteresten und Zwischenfrüchten wird der Kultur bereits Stickstoff zur Verfügung gestellt.

Tab. 3: Beispiel Berechnung der N-Düngermenge nach dem N-Sollwertkonzept (nach Benker et al., 2012).

	Zu- oder Abschläge	Beispiel
N-Sollwert Wintergerste:		180 kg N/ha
Standorteigenschaften:	kalte untätige Böden (utL, tL, T) + 20 kg N/ha flachgründige humusarme Sandböden + 20 kg N/ha	0 kg N/ha
Bewirtschaftungsverhältnisse:	ohne org. Düngung, regelmäßige Strohabfuhr oder hackfruchtbetonte Fruchtfolge + 30 kg N/ha langjährige org. Düngung – 10 kg N/ha je Großvieheinheit	- 20 kg N/ha
Vorfrucht:	Weizen nach Getreide oder Mais + 20 kg N/ha Gerste, Roggen, Triticale nach Blattfrucht – 20 kg N/ha	- 20 kg N/ha
korrigierter Sollwert:		140 kg N/ha
N _{min} :	N _{min} -Analyse 0 – 90 cm	- 22 kg N/ha
N-Düngermenge:		118 kg N/ha

Diese kalkulatorische Nachlieferung und bereits mineralisierter Stickstoff (N_{min}) werden vom N-Sollwert in Abzug gebracht und schätzen die zu düngende N-Menge (Tab. 3). Fruchtfolge 12 erhielt eine um 25% geringere N-Düngermenge als die Referenzfruchtfolge 3. Zur Festlegung der Düngermenge wurde analog zum Beispiel Tab. 3 verfahren und die „N-Düngermenge“ um 25% reduziert. Das Verhältnis der Teilgaben zur Düngerapplikation blieb dabei im Vergleich der Fruchtfolgen 3 und 12 unverändert.

Zur Bestimmung des Trockenmasseertrags lagerten parzellengenaue Ernteproben bis zur

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

Gewichtskonstanz, aber wenigstens 36 Stunden, bei 105°C. Bei 60°C wurden Mischproben für wenigstens 48 Stunden getrocknet und in luftdichter Verpackung zur Analyse ins Labor übersendet. Silageproben wurden direkt nach der Ernte als Mischproben der Wiederholungen nach Vorgaben von Herrmann (2013) angelegt. Frisches Erntegut wurde entsprechend bei -18°C eingefroren und in gefrorenem Zustand mit den Silageproben persönlich übergeben.

3.3 Bonituren und Datenerhebung

Bonituren wurden gemäß EVA-Methodenbuch (2013) durchgeführt. Für nicht beschriebene Erhebungen wurden die BSA-Richtlinien (BSA, 2000) befolgt. In Abweichung zu den BSA-Richtlinien wurden sämtliche Bonituren parzellengenau durchgeführt. Wuchshöhen wurden aus dem Messwert von 10 Pflanzen pro Parzelle gemittelt (Glemnitz, 2013). Für Bewertungen von Deckungsgraden der Kulturpflanzen und der Segetalflora dienten im Projekt vereinbarte Empfehlungen von Glemnitz (2013) als Anweisung.

Kernbeerntungen mit praxisüblichen Stoppelhöhen mussten bei deutlichem Lager um zusätzliche Handernten von technisch nicht erfassbarer Biomasse ergänzt werden, um Erhebungen zum tatsächlichen Biomasseaufwuchs sicherzustellen.

Biomasseschnitte in Senf und Hirse für das MONICA-Modell mussten in beiden Anlagen in deckungsgleichen Entwicklungsstadien sowie in denselben Fruchtfolgen und Fruchtfolgegliedern durchgeführt werden.

3.4 Statistik und Auswertung

Die Voraussetzungen zur Durchführung einer Varianzanalyse wurden mit dem Shapiro-Wilk-Test (Shapiro & Wilk, 1965), dem Levene-Test (Levene, 1960) und zum Abgleich mit gängigen grafischen Tests (normal QQ plot: Normalverteilung; residuals versus fitted values plot: Varianzhomogenität) überprüft. Potentielle Ausreißer wurden per 1,5-fachem Interquartilsabstand (Tukey, 1977) identifiziert.

Berechnungen und Ermittlungen von Parametern wurden zum Teil im Rahmen der Teilprojekte (TP) 2 (ökologische Bewertung), TP 3 (ökonomische Bewertung) und TP 4 (Substratqualität und Methanausbeuten) durchgeführt. Die Methodik ist in den jeweiligen Zwischenberichten beschrieben. Zwischenergebnisse des TP 4 wurden zur Kalkulation der Methanerträge in der aktuellen Fassung der Biogasmatrix vom November 2014 verwendet.

3.5 Witterungsverlauf

Abb. 2: Witterung im Verlauf des Versuchszeitraums am Standort Haus Düsse in NRW verglichen mit dem mehrjährigen Durchschnitt.

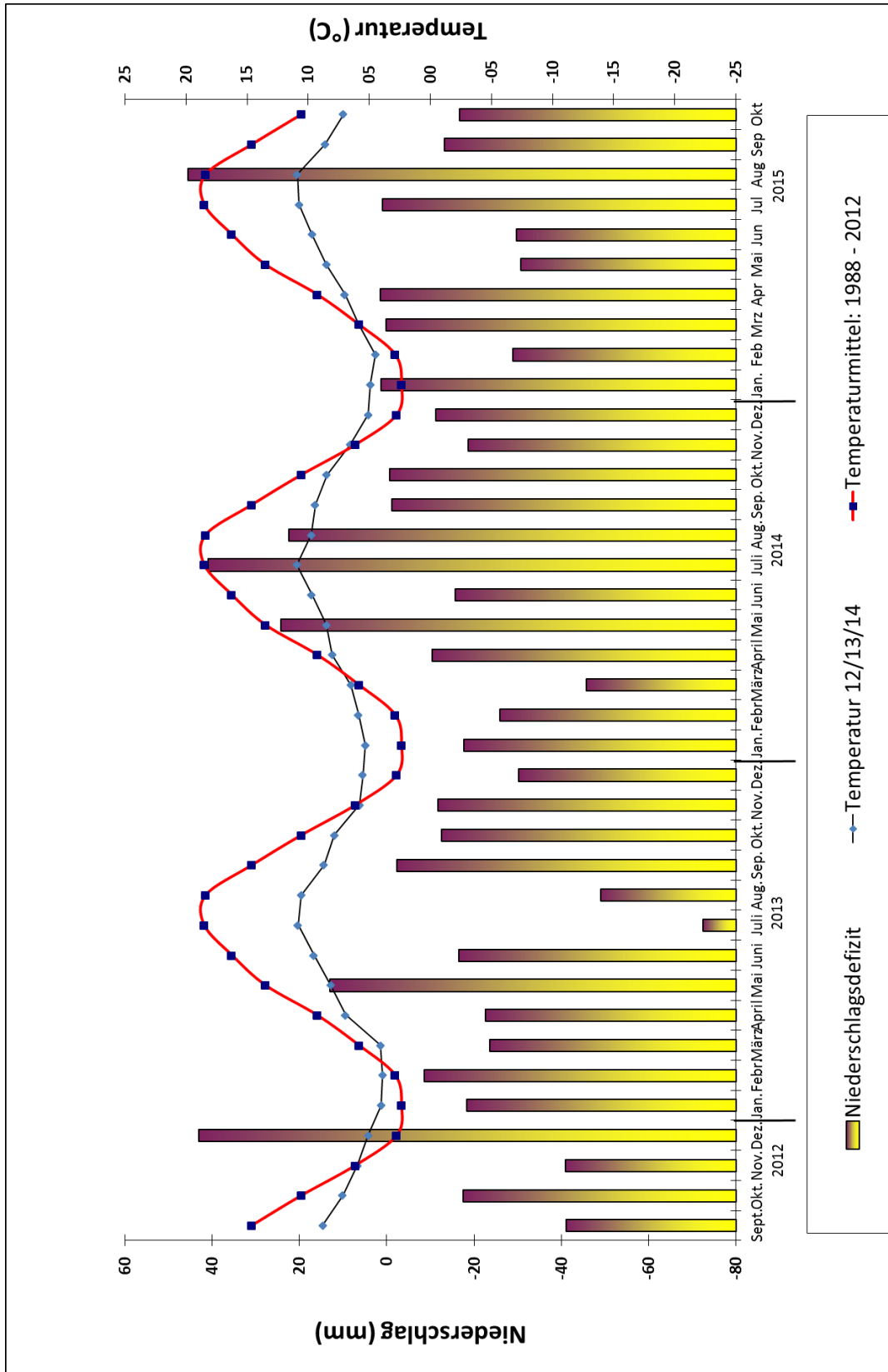
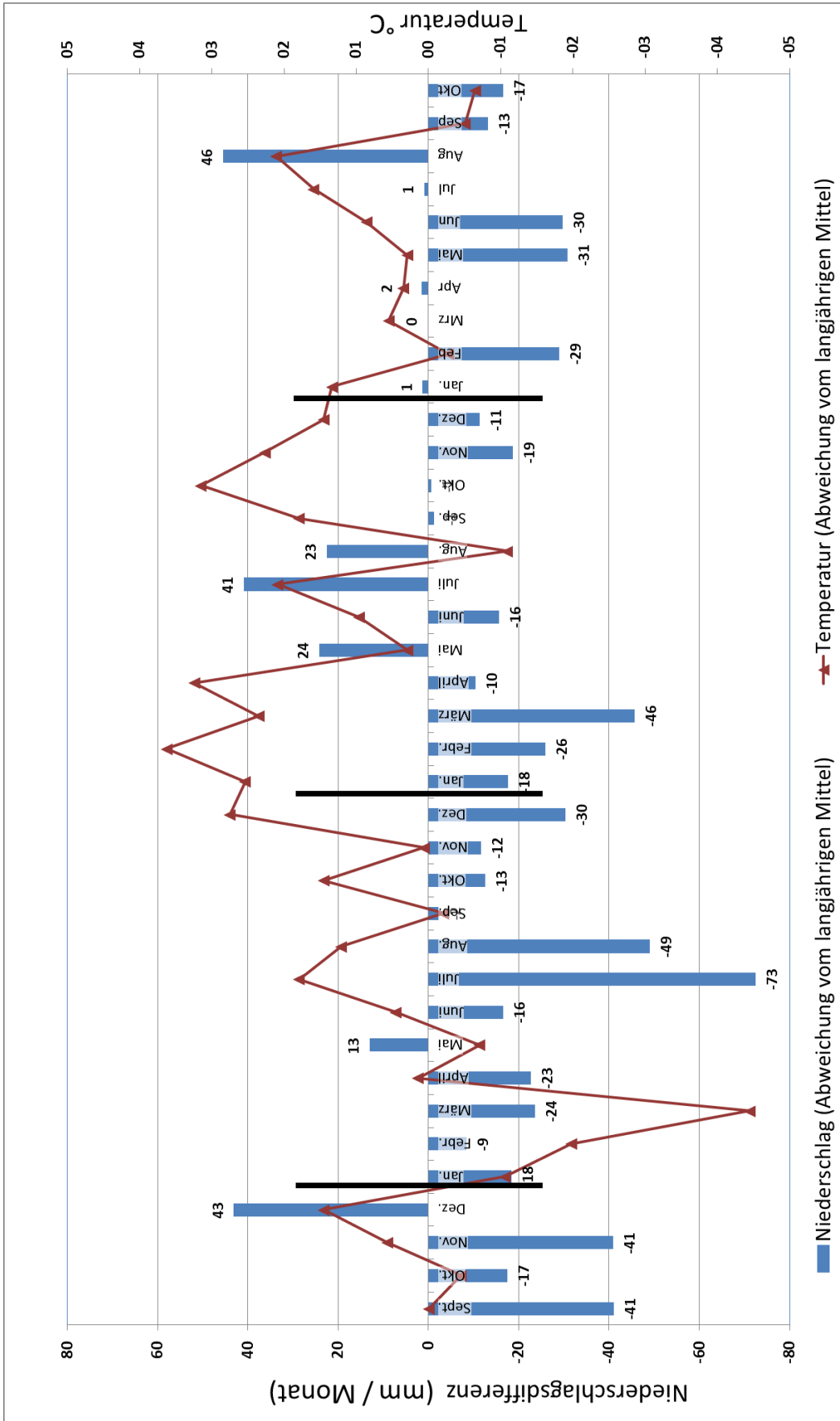


Abb. 3: Abweichung von Niederschlag und Temperatur vom langjährigen Mittel am Versuchsstandort Haus Düsse.



Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

Nach einem trockenen Spätsommer 2012 ergaben sich optimale Bedingungen für alle Herbstsaaten. Die Vorwinterentwicklung der Winterungen konnte als zufriedenstellend bezeichnet werden. Der Senf entwickelte, auf Grund der späten Aussaat, lediglich drei bis fünf Laubblätter.

Mit dem Frost im Januar ging Schnee einher, so dass die Kulturen Minusgrade von bis zu -16°C an der Bodenoberfläche unbeschadet überstanden. Dies galt auch für die zweite Frostperiode Mitte Februar. Der zu kalte Witterungsverlauf setzte sich auch im März fort, der mit einer Durchschnittstemperatur von $1,4^{\circ}\text{C}$ um $4,5^{\circ}\text{C}$ unter dem 25-jährigen Mittel lag. Die dünne Schneedecke taute erst Anfang April, weshalb die Vegetation bei Tagesdurchschnittstemperaturen von über 10°C ab dem 11. April begann. Die Niederschläge lagen in den Monaten Januar bis April z.T. deutlich unter dem langjährigen Mittel.

Dem kühlen und nassen Mai folgte der Juni mit leicht überdurchschnittlichen Temperaturen die den Vegetationsrückstand etwas ausglich.

Die Erntebedingungen im Juli 2013 waren für das Getreide GPS der Fruchtfolgen 5 und 8 optimal. Der Monat war sehr trocken und warm, so dass sich das Niederschlagsdefizit des Jahres weiter erhöhte. Da die oberen 30 cm des Bodens völlig ausgetrocknet waren und einen Trockenmassegehalt von über 91% aufwiesen, fehlte im Juli und im August Wasser für die Entwicklung der Gräser, die in den Fruchtfolgen 5 und 8 als Blanksaaten bestellt werden mussten. Dem Sudangras, welches in Fruchtfolge 1 nach der Gerste gedrillt wurde, fehlte ebenfalls Wasser zum Keimen. Mit einsetzenden Niederschlägen im September lief mit dem Sudangras auch die Ausfallgerste auf.

Die Bedingungen für die Aussaat und Ernte waren im September und Oktober 2013, bei leicht unterdurchschnittlichen Niederschlägen, optimal. Die Folgekulturen liefen zügig auf.

Ein klassisches Vegetationsende gab es im folgenden Winter nicht. Es war überdurchschnittlich warm und relativ trocken, so dass die Pflanzen, sehr gut entwickelt, bereits Anfang März gedüngt wurden.

Die sehr hohen Niederschläge der Monate Juli und August 2014 und die überdurchschnittlichen Temperaturen sorgten beim Feldgras für drei Schnitte im Herbst. Der Winterroggen wurde Anfang Oktober, wegen der feuchten Witterung, zwar etwas verspätet gesät, entwickelte sich auf Grund des milden Novembers allerdings ausreichend.

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

Dem milden Winter folgte ein kühles Frühjahr, welches vor allem den früh gelegten Mais negativ beeinflusste. Die Monate Mai und Juni waren zu trocken, in den anderen Monaten fielen die Niederschläge wie im langjährigen Mittel. Der August konnte mit 123 mm Niederschlag das Defizit aus dem Frühjahr ausgleichen. Die Monate September und Oktober brachten leicht unterdurchschnittliche Temperaturen, was beim spät gelegten Mais und der Hirse zu Reifeverzögerung führte und diese Kulturen bei der Ernte nicht immer den angestrebten Trockenmassegehalt von 30 % erreichten.

4 Ergebnisse

ANMERKUNG: Die folgenden Ergebnisse stellen Zwischenergebnisse gemäß der Versuchsanlage dar, die unter entsprechender Vorsicht auszuwerten und zu interpretieren sind. Die finalen Ergebnisse nach Beendigung des vollständigen Fruchtfolgeversuchs können hier getätigte Aussagen revidieren.

4.1 Biomasse- und Methanerträge

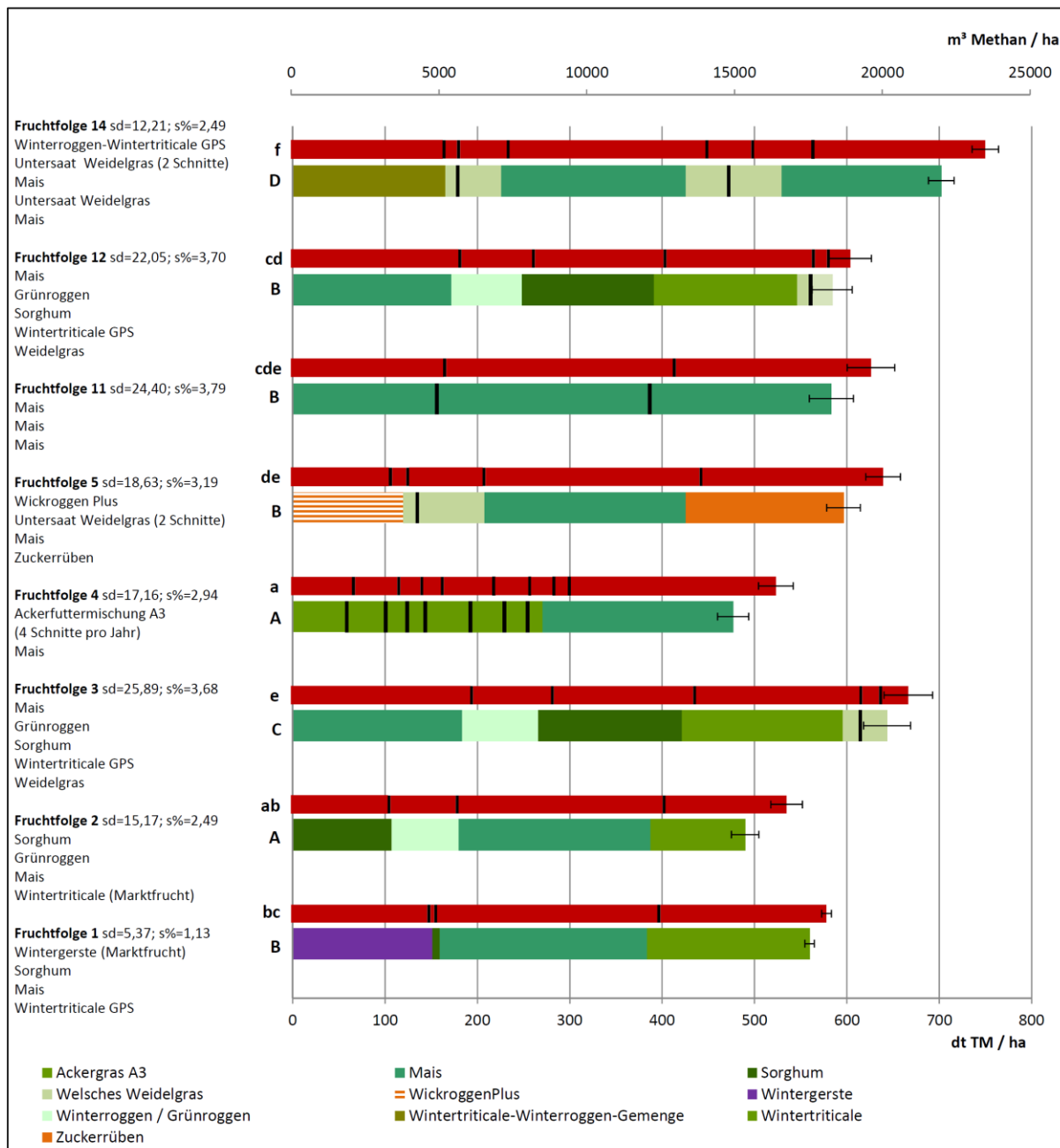


Abb. 4: Biomasse und Methanerträge der ersten beiden Ertragsjahre in EVA-Anlage 1 (Aussaat ab 2012). Große Buchstaben geben signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) der kumulierten Trockenmasseerträge (farbige Balken; $\pm 1,96$ Standardfehler) an. Werte für Standardabweichung (sd) und Variationskoeffizient (s%) der TM-Erträge sind entsprechend angegeben. Kleine Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Methanhektarerträgen der Erntemasse (rote Balken; $\pm 1,96$ Standardfehler).

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

Bisher wurden drei vollständige Erntejahre der ersten Anlage erhoben. Eine Abstufung der Fruchtfolgen nach Massen- bzw. Methanertrag führte zu einer identischen Rangordnung.

Kleine Unterschiede bestanden in variierenden spezifischen Methangehalten sowie im Gehalt der organischen Trockensubstanz, der zwischen ca. 96,7% oTM an der TM beim Mais und 87,2% in Grünroggen schwankte. Die Fruchtfolgen ohne Mais erzielten den geringsten Ertrag (Fruchtfolge 4). Maisanbau in Kombination mit Zwischenfrüchten und Untersaaten generierte in dieser Betrachtung (Anlage 1) die höchsten Erträge.

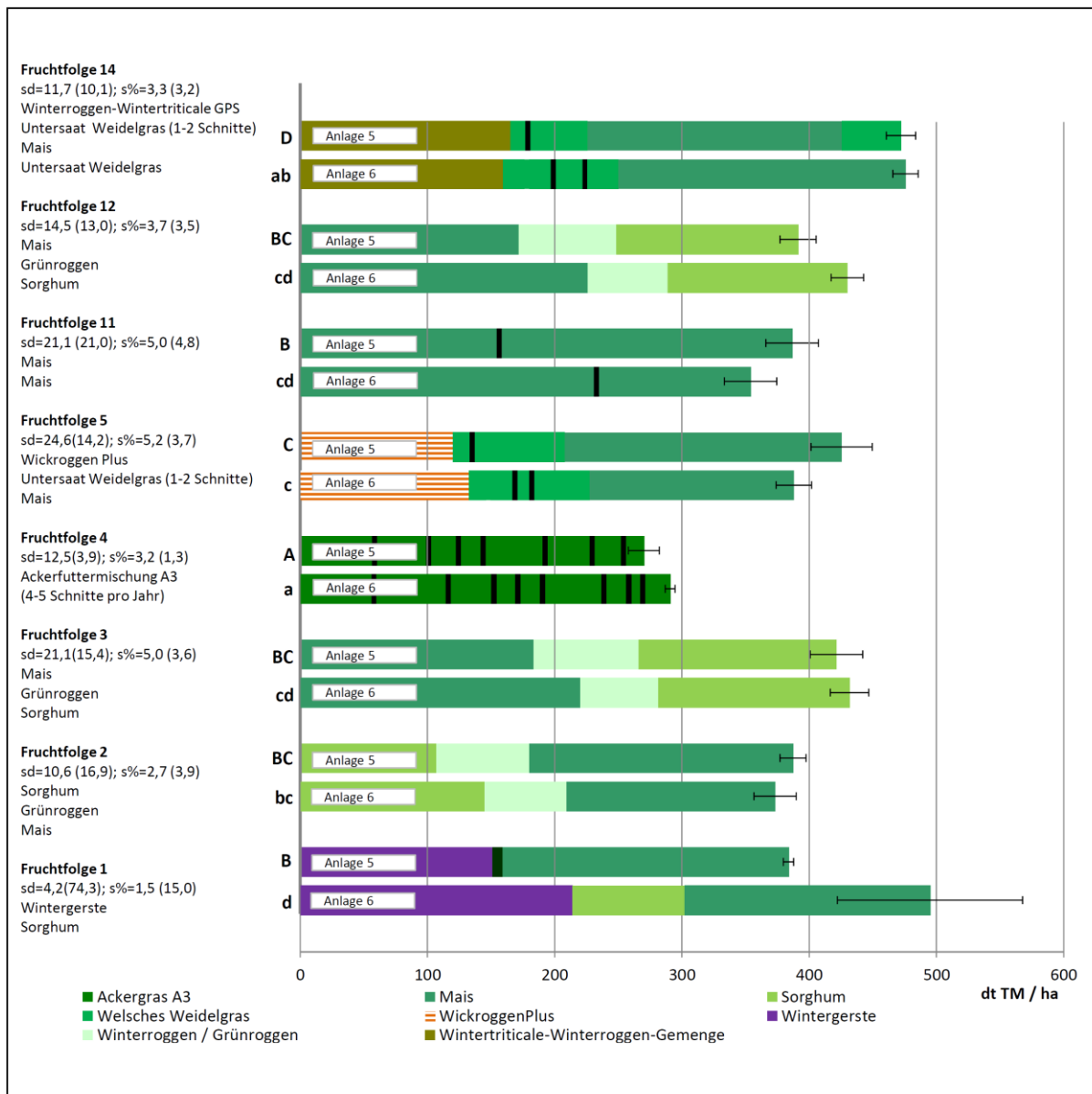


Abb. 5: Silierte Trockenmasse-Erträge der ersten beiden Erntejahre der Anlage 1 und Anlage 2. Große Buchstaben identifizieren signifikante ($\alpha = 0,05$) Unterschiede der kumulierten Erträge ($\pm 1,96$ Standardfehler). Angabe von Standardabweichung (sd) und relativer Variationskoeffizient (s%) getrennt für die Erntejahre 2013 (2014). TM Erträge um Silierverluste korrigiert.

Unter Betrachtung eines Erntejahres war der Jahreseffekt mit den Einflüssen Temperatur,

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

Niederschlag und Vegetationszeit entscheidender für den Ertrag als die Kulturwahl (im ersten Jahr gab es in der Regel noch keine geschlossenen Fruchtfolgen). Der mittlere Ertragsunterschied zwischen den Erntejahren betrug 69,4 dt TM ha⁻¹ (p < 0,0001). Durch Anlage von Fruchtfolgen (zwei Erntejahre) wurden jahresbedingte Ertragsunterschiede durch den Anbau unterschiedlicher Kulturen ausgeglichen und waren nicht mehr signifikant.

4.2 Energie und Treibhausgasbilanz

(Auszug mit Unterstützung des Teilprojekts 2 - ZALF-Müncheberg)

Zur Verbesserung der Einschätzung der Klimawirkung von Bioenergiefruchtfolgen sind neben dem Masse- bzw. Energieertrag die kumulierten Energieaufwendungen von zentraler Bedeutung. So hat die Fruchtfolge 14 die höchsten Energieerträge, weist aber durch die Ernten und häufige Bodenbearbeitung den höchsten Energieaufwand aus, dessen Verhältnis sich im Energie-Erntefaktor ausdrückt.

Tab. 4: Energie und Treibhausgasbilanz der 5. Anlage nach zwei Erntejahren. Berechnungen inklusive Konservierung im Silo.

	Fruchtfolge 1 Wintergerste Sorghum (SZF) Mais	Fruchtfolge 2 Sorghum Grünroggen (WZF) Mais	Fruchtfolge 3 Mais Grünroggen (WZF) Sorghum	Fruchtfolge 4 Ackerfutter A3	Fruchtfolge 5 Wickroggen Plus US Weidelgras Mais	Fruchtfolge 11 Mais	Fruchtfolge 12 N-reduzierte Fruchtfolge 3	Fruchtfolge 14 WT-WR-GPS US Weidelgras Mais US Weidelgras
Energie-Ertrag (Silo) MWh/ha	89.73	123.06	131.66	86.33	111.79	126.47	121.43	137.9
Energiegehalt MWh/t TM	2.51	2.78	2.7	2.74	2.83	2.95	2.7	2.88
Energieaufwand (Silo) MWh/ha	12.6	15.6	15.4	11.1	21.1	11.4	13.8	21.4
Energie Erntefaktor (Silo)	7.1	7.9	8.6	7.8	5.3	11.1	8.8	6.433903595
THG-Emissionen (Silo) kg CO ₂ -Äq/ha	4582.6	5561.0	5811.0	8265.8	7443.6	3640.3	4766.1	7445.5
THG-Emissionen (Silo) kg CO ₂ -Äq/MWh	51.1	45.2	44.1	95.7	66.6	28.8	39.2	54.0

Die Treibhausgasemissionen variieren zwischen dem Optimum Mais-Folge (Fruchtfolge 11) und dem schlechtesten Wert in der Ackerfutter-Folge (Fruchtfolge 4). Ursächlich für die mehr als 227% höheren THG-Emissionen im Grasanbau als im Mais sind neben den höheren Emissionen für Diesel (230 kg CO₂-Äq ha⁻¹ gegen 128 kg CO₂-Äq ha⁻¹) durch häufigere Überfahrten und Ernten auch höhere Feldemissionen und die Düngerherstellung. Die Produktion des hier eingesetzten Mineraldüngers ist zu 68% (5626 kg CO₂-Äq ha⁻¹) an den Gesamtemissionen beteiligt. Mit den hohen N-Gaben in Verbindung zu bringende Stickstoffemissionen tragen zu 23% (1888 kg CO₂-Äq ha⁻¹) zu den Emissionen bei. In der emissionsbezogen besten Variante (Mais-Fruchtfolge 11) stammen 46% der Gesamtemissionen (1671 kg CO₂-Äq ha⁻¹) aus der Düngemittelherstellung und 33% (1202 kg CO₂-Äq ha⁻¹) aus Feldemissionen. Beste Emissionswerte hat die Fruchtfolge 4 in der Saatgutherstellung (62 kg CO₂-Äq ha⁻¹) sowie in der Herstellung von Pflanzenschutzmitteln (0 kg CO₂-Äq ha⁻¹).

4.3 Ökonomische Bewertung der Fruchtfolgen

(Auszug mit Unterstützung des Teilprojekts 3 - Uni Gießen)

Der ökonomische Vergleich der 5. Anlage zeigt, dass mit einer reinen Mais-Fruchtfolge die höchste Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAKfL) erzielt werden kann. Ackersenf als abfrierende Winterzwischenfrucht hatte einen negativen Effekt, wodurch Fruchtfolgen mit Sorghum und Grünroggenanteilen (Fruchtfolge 2, 3 und 12) geringere DAKfL als die reine Mais-Folge (Fruchtfolge 11) erwirtschafteten. In der N-reduzierten Fruchtfolge 12 wurden gegenüber der ansonsten identischen Fruchtfolge 3 über 195 Euro an Düngung eingespart, deren negative Auswirkungen zu einem geringeren Ergebnis von 496 Euro führten.

Mais hatte die höchsten Leistungen zwischen 2069 und 3023 Euro ha⁻¹ sowie die höchsten Flächenkosten (851 – 1451 Euro ha⁻¹). Weidelgräser als Winterzwischenfrucht kosteten 521 – 1337 Euro ha⁻¹ und erzielten 326 – 1082 Euro ha⁻¹ Leistung. Die absolut höchsten Produktionskosten auf der Fläche hatte die vier-schnittige Ackerfuttermischung A3 der Fruchtfolge 4. In den Erntejahren 2013 und 2014 entstanden Kosten von 2155 bzw. 2055 Euro ha⁻¹, die vorwiegend aus Arbeitserledigungskosten (1813 bzw. 1752 Euro ha⁻¹) und dabei hauptsächlich aus den Erntekosten bestanden. Demgegenüber standen Leistungen aus Methanverwertung und Gärrestverkauf von 2153 und 2055 Euro ha⁻¹.

Die gemittelten Leistungen über beide Anlagen, und somit unterschiedliche Vegetationsjahre der Fruchtfolgeglieder, variieren teilweise deutlich von den alleinigen Auswertungsergebnissen der 5. Anlage. Insbesondere der erfolgreiche Anbau von Wickroggen mit Untersaat in Fruchtfolge 5 sowie im allgemeinen der positive Einfluss geglückter Untersaaten im ersten Vegetationsjahr der 6. Anlage gegenüber der in akuter Trockenzeit nicht etablierbaren Untersaaten im ersten Vegetationsjahr der 5. Anlage gleichen deutliche Unterschiede (Tab. 6) zum Teil aus (Tab. 7).

Tab. 5: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAKfL) der Fruchtfolgeglieder der 5. Anlage.

Mittelwerte der Varianten in € / ha.

	Fruchtfolgeglied ↓ →	0.	1.	2.	3.	4.	5.	Summe
Fruchtfolge 1	1. Wintergerste 2. Sorghum Sommerzwischenfrucht 3. Mais 4. Wintertriticale GPS 5. Phacelia Gründüngung		936	-172	1730	895	-451	2938
Fruchtfolge 2	0. Ackersenf (Winterzwischenfrucht) 1. Sorghum 2. Grünroggen 3. Mais 4. Wintertriticale Marktfrucht	-209	633	418	1525	743		3110
Fruchtfolge 3	0. Ackersenf (Winterzwischenfrucht) 1. Mais 2. Grünroggen 3. Sorghum 4. Wintertriticale GPS 5. US Weidelgrass	-209	1393	516	957	929	-628	2958
Fruchtfolge 4	0. Ackerfutter A3: 0 Ernten 2012 1. Ackerfutter A3: 4 Ernten 2013 2. Ackerfutter A3: 4 Ernten 2014 3. Ackerfutter A3: 1 Ernte 2015 4. Mais	-271	-2	-157	-155	1349		764
Fruchtfolge 5	1. Wickroggen 2. Weidelgrass: 1 Ernte 2013 3. Weidelgrass: 1 Ernte 2014 4. Mais 5. Zuckerrüben		NA	-280	243	1622	462	2047
Fruchtfolge 11	1. Mais 2. Mais 3. Mais		1017	1799	1030			3846
Fruchtfolge 12 (N-reduzierte Fruchtfolge 3)	0. Ackersenf (Winterzwischenfrucht) 1. Mais 2. Grünroggen 3. Sorghum 4. Wintertriticale GPS 5. US Weidelgrass	-209	1341	389	821	766	-646	2462

Fruchtfolge 14	1. Winterroggen-Wintertriticale GPS 2. Weidelgras: 1 Ernte 2013 + 1 Ernte 2014 3. Mais 4. Untersaat Weidelgras: 1 Ernte 2014 + 1 Ernte 2015 5. Mais	1059	-107	1442	-213	820	3001
----------------	---	------	------	------	------	-----	------

Tab. 6: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAKfL) der Fruchtfolgeglieder der 5. und 6.

Anlage. Mittelwerte der Varianten und Anlagen in € / ha.

	Fruchtfolgeglied ↓ →	0.	1.	2.	3.	4.	Summe
Fruchtfolge 1	1. Wintergerste 2. Sorghum Sommerzwischenfrucht 3. Mais		732	-218	1515		2029
Fruchtfolge 2	0. Ackersenf (Winterzwischenfrucht) 1. Sorghum 2. Grünroggen 3. Mais	-247	818	323	1280		2174
Fruchtfolge 3	0. Ackersenf (Winterzwischenfrucht) 1. Mais 2. Grünroggen 3. Sorghum	-247	1615	357	924		2649
Fruchtfolge 4	0. Ackerfutter A3 Etablierung 1. Ackerfutter A3 Jahr 1 2. Ackerfutter A3 Jahr 2	-271	-11	-240			-522
Fruchtfolge 5	1. Wickroggen 2. Weidelgras 3. Weidelgras 4. Mais		673	-365	157	1312	1777
Fruchtfolge 11	1. Mais 2. Mais		1373	1587			2960
Fruchtfolge 12 (N-reduzierte Fruchtfolge 3)	0. Ackersenf (Winterzwischenfrucht) 1. Mais 2. Grünroggen 3. Sorghum	-247	1572	334	824		2483
Fruchtfolge 14	1. Winterroggen-Wintertriticale GPS 2. Weidelgras 3. Mais		1033	-371	1294		1956

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

ACHTUNG: Aufgrund des aktuellen Stands der Untersuchungen können die ersten Zwischenergebnisse nur ansatzweise diskutiert bzw. erklärt werden. Zur grundlegenden Diskussion der Versuchsergebnisse müsste die Versuchsreihe mit beiden Anlagen abgeschlossen werden.

5.1 Diskussion Erträge

Die kumulierten Fruchtfolgeerträge ließen sich aufgrund des aktuellen Stands der Versuchsarbeiten nur unvollständig angeben, wodurch die Aussagekraft der Ergebnisse sehr stark eingeschränkt ist und noch keine grundlegenden Schlussfolgerungen erlaubt. Entgegen der Auswertung des Zwischenberichtes ließen sich zum Stand dieser Auswertung keine jahresbedingten Unterschiede der kumulierten Fruchtfolgebiomasseerträge identifizieren, hingegen waren die Ertragszuwächse einzelner Kulturen, bzw. Fruchtfolgeglieder, in unterschiedlichen Anbaujahren signifikant und deckten sich mit Ergebnissen aus Landessortenversuchen, wodurch die Notwendigkeit in den um ein Jahr versetzten Anlagen ersichtlich wird. Durch die Witterung konnten in der zweiten Anlage mehr Schnitte in Grünlandbeständen etabliert werden. Die Untersaaten gelangen deutlich besser als im Vorjahr und lieferten in drei statt einem Schnitt vor Vegetationsende mehr Biomasse als in Anlage 5. Auch innerhalb einer Fruchtfolge scheint dieser Jahreseffekt den Gesamtertrag der Fruchtfolge zu beeinflussen. So konnte der Maisertrag in Fruchtfolge 11 (Mais – Mais) um 47% von 173 dt TM ha⁻¹ im Erntejahr 2013 auf 255 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2014 ansteigen, wobei der mittlere Ertragsunterschied der Fruchtfolgen zwischen den Anlagen 40% betrug. Vor diesem Hintergrund muss bedacht werden, dass dem zweiten Anbaujahr mit den entsprechenden Fruchtfolgegliedern in der ersten Versuchsanlage ein ertragssteigernder Effekt nicht alleine aufgrund der Kulturwahl und der Fruchtfolgestellung, sondern maßgeblich auch durch das Anbaujahr zukommt. Entgegen dem allgemeinen Trend steigender Erträge sanken die Erträge des Getreide-GPS in Fruchtfolge 14 (WR-WT-GPS – Untersaat) um 6,8 dt TM ha⁻¹ ($p = 0,095$) zugunsten der Entwicklung der Untersaat, die in der ersten Anlage misslang, in der zweiten Anlage aber zunächst zu geringfügigen Ertragsdepressionen führte, die über eine schnelle Entwicklung des Grasbestandes nach der Deckfruchternte durch höhere Biomasseerträge der Fruchtfolge überkompensiert werden (Bischof, 2015, unveröffentlicht). In Fruchtfolge 5 (Wickroggen – Untersaat) stieg der Biomasseertrag der Deckfrucht um 14,2 dt TM ha⁻¹ ($p = 0,087$) trotz Etablierung der Untersaat an.

5.2 Diskussion Energie- und Treibhausgasbilanz

Durch höhere Erträge sinken die relativen THG-Emissionen pro Energieeinheit bei relativ konstant bleibenden absoluten Emissionswerten. Die absoluten Emissionen setzten sich in allen Fruchtfolgen zu in der Regel mehr als 50% aus Düngemittelproduktion und Feldemissionen zusammen. Mit Festlegung des Düngenniveaus und Ausbringung der ersten Gabe wird mit einem erwarteten Ertrag kalkuliert. Bei ungünstigen Vegetationsbedingungen, die limitierend auf das Wachstum wirken, kann die Düngung nur noch geringfügig angepasst werden. Ertragssteigerungen durch gute Vegetationsbedingungen (vgl. 2.5 und Abb. 4) wirken sich somit direkt auf die relativen THG-Emissionen aus. Des Weiteren wird die unterirdische Biomasse im mehrjährigen Grasanbau deutlich ausgebaut (Donaghy et al., 1997), die sowohl zur Humusbildung wie auch zur Nährstofflieferung in Folgekulturen zur Verfügung steht. Zudem wurde die Produktion von organischem Dünger als Gärrest, der zur aktiven Vermeidung von Emissionen zur Düngemittelproduktion beiträgt, in der Gesamtbetrachtung der Emissionen nicht saldiert.

5.3 Diskussion Ökonomie

Die Betrachtung von drei Vegetationsjahren unterliegt dem starken Einfluss der 5. Anlage, in der es aufgrund der Witterung Probleme mit der Etablierung von Untersaaten gab, die folglich als kostenintensive Blanksaaten im Nachgang zur Ernte der eigentlichen Deckfrucht etabliert werden mussten. Neben den zusätzlichen Kosten für Bodenbearbeitung und Ansaat entstanden Kosten der entgangenen Nutzung. In der 6. Anlage konnten Untersaaten deutlich besser etabliert werden, woraus sich eine höhere Schnitffrequenz (Abb. 4) ergab. Die resultierenden DAKfL müssen nach der Frühjahrsernte 2015 mit der Anlage 5 verglichen werden.

Die errechneten ökonomischen Werte stimmen zum Teil gut mit Praxiserfahrungen bzw. Kalkulationswerten der betriebswirtschaftlichen Beratung überein. So sind die Maisanbaukosten dieser Untersuchung deckungsgleich mit Standardwerten der Beratung (LWK NRW, 2012b), übersteigen aber die Flächenkosten von mehrschnittigem Ackergras (Fruchtfolge 4) um 100%. Dieser deutliche Unterschied dürfte zum einen in der unterschiedlichen Methodik der Bewertung liegen, die auf der einen Seite grobe Kalkulationen für das gesamte Bundesland und auf der anderen Seite tatsächlich messbare Kosten an diesem Standort bewertet. Zum anderen begründet sich der Unterschied in der dieser Kalkulation zu Grunde liegenden noch nicht abgeschlossenen Versuchsreihe, die zudem durch ungünstige Witterung zu Versuchsbeginn geprägt war (Kap. 2.5). Folglich

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

müsste die Untersuchungsreihe für präzise Werte und Aussagen abgeschlossen werden.

In der praktischen Landwirtschaft werden geringere, aber auch deutliche, Vorteile des Maisanbaus erwartet (Laurenz, 2014), die aufgrund unterschiedlicher Berechnungen relativ genau mit den Methanleistungen dieser Studie übereinstimmen.

Aus phytosanitären Gründen sollten Mais-Folgen, die nachweislich das Auftreten und die Verbreitung von *Diabrotica virgifera* fördern (Spencer et al., 2004), vermieden werden. Hinzu kommen die neuen Anforderungen des so genannten Grennings (BMJV, 2014), die ein Mindestmaß an Anbaudiversifizierung vorschreiben. Folglich müssen zwangsläufig Alternativen zum Mais angebaut werden, deren Auswahl und Anbaumentcheidung vor allem von der ökonomisch sinnvollsten Alternative beeinflusst werden wird.

Des Weiteren müssen bei der betriebsindividuellen Anbauplanung auch Aspekte wie Humusbilanz und Nährstoffbilanz berücksichtigt werden. Die Nichteinhaltung von Grenzwert kann finanzielle Sanktionen zur Folge haben, die sich direkt auf das Betriebsergebnis auswirken würden.

5.4 Diskussion der Gesamtaussage

Zur Gesamtbewertung der Ergebnisse müssen zunächst die Auswertungen des Teilprojekts Ökologie vorliegen. Unter momentan möglicher Betrachtung scheint der Mais sowohl unter ökonomischen, wie auch ökologischen Aspekten die anbauwürdigste Kultur zu sein. Erwartet werden negative Auswirkungen des Maisanbaus auf Nitrataustrag, Sickerwasserbildung und insbesondere Habitatfunktion. Diese Parameter können die Vorzüglichkeit bisher nicht im Vordergrund stehender Fruchtfolgen ergeben und somit entscheidend auf die Beratung und Anbauempfehlung einwirken. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts (November 2015) liegen noch keine weiteren ökologischen Daten als die hier dargestellten vor und können folglich nicht zur Diskussion beitragen.

6 Vernetzung mit anderen Projekten

Das EVA-Projekt ist eng vernetzt mit den GPS-Projekten („Optimierung des Anbauverfahrens Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogaserzeugung“, FKZ: 22012908; „Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion“, FKZ: 22016811), aus denen Erkenntnisse in die entsprechenden EVA-Fruchtfolgen eingingen und über Referenzen Vergleiche der GPS-Ergebnisse mit den Fruchtfolgen möglich machten. Des Weiteren besteht direkter Kontakt zu Untersuchungen mit der alternativen Kultur Riesenweizengras, das als FNR-Projekt „Untersuchung der Anbaueignung von

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

Energiegräsern zur Evaluierung von geeigneten Arten zur Absicherung des Biogasertrags auf ausgewählten Trockenstandorten“ (FKZ: 22002010) gefördert und von der Lehr- und Versuchsanstalt Triesdorf geleitet wird.

Mit weiteren Projekten sowie Untersuchungen von Fachhochschulen und Hochschulen werden die EVA-Ergebnisse und Methodik abgeglichen und diskutiert.

7 Ausblick

Zur abschließenden Gesamtbewertung der Fruchtfolgen und insbesondere der Zwischenfrüchte und Untersaaten müssten die Versuche fortgeführt und wie ursprünglich geplant beendet werden. Weitere Bewertungskriterien wie Brutvogelhabitatindex, Sickerwasser und Nitrataustrag müssten in die Bewertung der Fruchtfolgen eingehen.

Aufgrund der Ablehnung einer weiteren Förderung, die zu einem abrupten Ende des Projektes führt, wird der EVA-Fruchtfolgeversuch ohne Beendigung der Versuchsarbeiten und ohne Auswertung abgewickelt. Mögliche zeitnah bewilligte Folgeprojekte könnten Teilaspekte der bereits geleisteten Arbeiten verwenden und eine reguläre Beendigung der Versuche ermöglichen. Nur dann wäre auch eine weitergehende detaillierte pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Auswertung möglich. Andernfalls wird der Versuch ohne weitere Verwendung und Auswertung irreversibel beendet.

8 AI Abbildungen

Abb. 1:	Installierte elektrische Biogasanlagenleistung (kW) je 100 ha landwirtschaftliche Fläche in den Landkreisen in Nordrhein-Westfalen. Dahlhoff et al., 2014.	S. 4
Abb. 2:	Witterung im Verlauf des Versuchszeitraums am Standort Haus Düsse in NRW verglichen mit dem mehrjährigen Durchschnitt.	S. 11
Abb. 3:	Abweichung von Niederschlag und Temperatur vom langjährigen Mittel am Versuchsstandort Haus Düsse.	S. 12
Abb. 4:	Biomasse und Methanerträge der ersten beiden Ertragsjahre in EVA-Anlage 1 (Aussaat ab 2012).	S. 15
Abb. 5:	Silierte Trockenmasse-Erträge der ersten beiden Erntejahre der Anlage 1 und Anlage 2.	S. 16
Abb. 6:	Programm „Düsser Energiepflanzentag“ mit umfangreicher EVA-Beteiligung.	S. 29
Abb. 7:	Der NRW-Feldtag Haus Düsse.	S. 30

9 All Tabellen

Tab. 1:	Beschreibung Versuchsfläche EVA3 Fruchtfolgeversuch Teilprojekt 1 – Haus Düsse, NRW.	S. 6
Tab. 2:	EVA-Fruchtfolgen im Zentrum nachwachsende Rohstoffe (ZNR) Haus Düsse (NRW).	S. 8
Tab. 3:	Beispiel Berechnung der N-Düngemenge nach dem N-Sollwertkonzept (nach Benker et al., 2012).	S. 9
Tab. 4:	Energie und Treibhausgasbilanz der 5. Anlage nach zwei Erntejahren	S. 17
Tab. 5:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAKfL) der Fruchtfolgeglieder der 5. Anlage.	S. 19
Tab. 6:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAKfL) der Fruchtfolgeglieder der 5. und 6. Anlage.	S. 20
Tab. 7:	Externe Veröffentlichungen mit EVA (TP1)-Bezug.	S. 26
Tab. 8:	Externe Vorträge/Seminare mit EVA (TP1)-Inhalten.	S. 27
Tab. 9:	Veranstaltungen/Feldbegehungen mit EVA-Bezug.	S. 28

10 All Veröffentlichungen, Informationsangebote und Öffentlichkeitsarbeit

Tab. 7: Externe Veröffentlichungen mit EVA (TP1)-Bezug.

Abel, Dickeduisberg	EVA für Energiepflanzen	Landwirtschaftliches Wochenblatt 25/2013
Bischof, Barthelmes, Ebel, Gurgel, Dickeduisberg, Biertümpfel	Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion	Poster; Thüringer Bioenergieforum 26.02.2015, Jena
Bischof, Barthelmes, Ebel, Gurgel, Dickeduisberg, Vetter	Optimierung des Anbauverfahrens Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischung für die Biogasproduktion	Poster; Thüringer Bioenergieforum 26.02.2015, Jena
Dickeduisberg, Bischof, Biertümpfel, Gurgel, Ebel, Barthelmes	Ganzpflanzen geben Gas	dlz-agrarmagazin 04/2015, S. 48-51
Dickeduisberg	Unbeachtete Vorteile (alternativer) Energiepflanzen	Tagungsband: 1. Hammer Bioenergiesymposium
<p>Da der Standort NRW erstmalig am Grundversuch beteiligt war, konnten aufgrund noch nicht vorliegender Versuchsergebnisse bisher keine weiteren Artikel veröffentlicht werden. Mit den ersten Ergebnissen waren bereits Artikel in Planung, deren Fertigstellung und Veröffentlichung durch die Beendigung des Projektes stark gefährdet sind.</p>		

Tab. 8: Externe Vorträge/Seminare mit EVA (TP1)-Inhalten.

27.03.'13	Dickeduisberg	Intensivkurs für Neueinsteiger in die Landwirtschaft	Haus Düsse	
29.05.'13	Dr. Dahlhoff	Universität Florida	Haus Düsse	Biogas Production in Germany
04.06.'13	Dickeduisberg	Forum für Umwelt und gerechte Entwicklung - Logo e.V.	Hamm - Schloss Oberwerries	Erneuerbare Energien aus der Landwirtschaft
13.06.'13	Dr. Dahlhoff	Veranstaltung EnergieAgentur.NRW: Energie aus Wildpflanzen	Dorsten	Alternative Pflanzen für Biogasanlagen – Anbauerfahrungen im ZNR
25.09.'13	Dickeduisberg	Tagung Hagelversicherung	Haus Düsse	Entwicklung des Energiepflanzenanbaus in Deutschland
14.10.'13	Dickeduisberg	Tagung der Arbeitsgemeinschaft deutschsprachiger Fachimker	Haus Düsse	Alternative Energiepflanzen - eine Chance für Bienen?
25.10.'13	Dickeduisberg	Koreaner-Seminar	Haus Düsse	Alternativer Energiepflanzenanbau in Deutschland
11.03.'14	Dr. Dahlhoff	Biogastagung LWK Niedersachsen	Verden	Anlagenfütterung nach Augenmaß – Substrate gekonnt einsetzen
09.04.'14	Dr. Dahlhoff	Lions-Club Soest	Soest	Regenerative Energien in NRW und im Kreis Soest
15.04.'14	Dickeduisberg	Landwirtschaft für Neueinsteiger	Haus Düsse	
02.09.'14	Dr. Dahlhoff	TopAgrar Biogastagung	Kassel	Substratauswahl: Welche Alternativen gibt es zum Mais?
08.11.'14	Dickeduisberg	Energiewende in Deutschland	Haus Düsse	Uni Ulyanosk - Russland
24.11.'14	Dr. Dahlhoff	Lions-Club Beckum	Beckum	Regenerative Energien in Deutschland und NRW
18.03.'15	Dickeduisberg	Ökotage Fachschule Wolbeck	Wolbeck	Anbau nachwachsender Rohstoffe

22.07.'15	Dickeduisberg	1. Hammer Bioenergietage	Hamm	Unbeachtete Vorteile (alternativer) Energiepflanzen – Schwerpunkt Ökonomie
Das EVA Projekt sowie Teilergebnisse sind Bestandteil der überbetrieblichen Ausbildungslehrgänge, an denen jährlich in 17 Kursen über 500 landwirtschaftliche Auszubildende teilnehmen.				

Tab. 9:Veranstaltungen/Feldbegehungen mit EVA-Bezug.

			Anzahl Gäste
29.05.'13	Universität Florida – USA	Feldführung	20
19.06.'13	NRW Feldtag Haus Düsse	Bestandteil des Feldtags	ca. 2000
09.07.'13	Untere Wasserbehörde Kreis Soest	Feldführung	7
25.09.'13	Hagelversicherung	Feldführung	11
17.06.'14	Französische Landwirte	Feldführung	35
26.06.'14	4. Düsser Energiepflanzentag	Veranstaltung	100
07.11.'14	Universität Ulyanovsk - Russland	Feldführung	9

Zudem werden die EVA-Ergebnisse ebenso wie andere Versuchsergebnisse zur einzelbetrieblichen Beratung an die Berater der Landwirtschaftskammer NRW übermittelt.

www.landwirtschaftskammer.de

www.duesse.de

Anmeldung

- bitte tragen Sie zu einem guten Gelingen bei und melden sich bis zum **19. Juni 2014** an.
- per Fax: **0800 5263329**
- oder im Internet: www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/weiterbildung

Ich nehme am **Energiepflanzentag** im Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft **Haus Düsse** teil:

26. Juni 2014 **Seminarnummer: LZD-L73044**

Name, Vorname _____

Straße _____

PLZ _____ Ort _____

Telefon _____ E-Mail _____

Ort, Datum _____ Unterschrift _____

Teilnahmegebühr

Als Veranstaltungsbeitrag (inkl. Mittagessen) wird vor Ort ein Beitrag von **25 €** erhoben.

Weitere Informationen

Weitere Informationen sowie eventuell Programmänderungen erhalten Sie unter www.duesse.de

Michael Dickeduisberg
Telefon: 02945 989-144
Michael.Dickeduisberg@lwk.nrw.de
www.duesse.de/znr

So erreichen Sie Haus Düsse

Adresse www.duesse.de

Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse
Ostinghausen, 59505 Bad Sassendorf
Tel.: 02945 989-0, Fax: 02945 989-133
HausDuesse@lwk.nrw.de

Organisationsfragen

Barbara Herbers
Tel.: 02945 989-142
Barbara.Herbers@lwk.nrw.de

Veranstalter

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
EVA VERBUND
EnergieAgentur.NRW
Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse
ZAR
Zentrum für nachwachsende Rohstoffe NRW

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
FNR
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Energielehrauslandertag

4. Düsser Energiepflanzentag mit Tagung, Feldbegehung und Maschinenvorfürungen

26. Juni 2014
Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse

www.landwirtschaftskammer.de

4. Düsser Energiepflanzentag mit Tagung, Feldbegehung und Maschinenvorfürung

Die Energieproduktion auf dem Acker ist vielfältig hinsichtlich Nutzungsform, formulierter Ansprüche und Kulturarten. Biogasanlagenbetreiber müssen sich aufgrund bereits erfolgter und erwarteter politischer Restriktionen mit alternativen Substraten auseinandersetzen. Aber auch für die thermische Verwendung gibt es aus emissionsrechtlichen und anbautechnischen Gründen den Wunsch nach neuen Einsatzstoffen. Dabei ist nicht nur die jeweilige Anlagentechnik von großer Bedeutung. Ökonomische Vorzüglichkeit ist ein elementares Kriterium für großflächigen Anbau und Einsatz von Rohstoffen. In der öffentlichen Wahrnehmung haben klassische Energiepflanzen ein teilweise negatives Image. Diskussionen um Artenvielfalt und Erhalt der Kulturlandschaft wirken auf die Landwirtschaft ein und scheinen im direkten Gegensatz zu produktionstechnischen Anforderungen zu stehen. Der Düsser Energiepflanzentag wird Möglichkeiten einer Symbiose von ökologischer und ökonomischer Vorzüglichkeit aufzeigen, realistische Einschätzungen von Experten geben und zur Diskussion zwischen den Teilnehmern anregen. Das ZNR erweitert seit Jahren die Energiepflanzenmeile um weitere Kulturen und präsentiert eine Reihe mehrjähriger Energiepflanzen für Biogas oder thermische Verwendung. Zudem werden auch einjährige Kulturen auf ihre Eignung und hinsichtlich Optimierung im Anbau untersucht. Am Düsser Energiepflanzentag werden Experten und Praktiker zu den angebauten Kulturen informieren. Maschinenvorfürungen in der Fläche demonstrieren Anbau, Pflege und Ernte diverser Kulturen.

Während und nach der Veranstaltung besteht die Möglichkeit zur Besichtigung der Energielehrauslandertag

Donnerstag,
PROGRAMM 26. Juni 2014

9.30 Uhr Begrüßung und Eröffnung
Reinhard Lemke
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,
Leiter Geschäftsbereich Land- und Gartenbau

9.45 Uhr Nutzung und Vermarktung von Miscanthus Chinaschilf national und international
Anton Sieverdingbeck
Miscanthusvermehrung und -handel, Borken in Westfalen

10.05 Uhr Wirtschaftlichkeit im Energiepflanzenanbau - Wie gut ist Mais?
Prof. Dr. Joachim Aurbacher
Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen

10.35 Uhr Mais-Stangenbohnen-Gemege vereinen Leistung und Biodiversität im Energiepflanzenanbau
Dr. Walter Schmidt
ehem. Leiter Maiszüchtung KWS SAAT AG, Einbeck

10.55 Uhr Pause

11.15 Uhr Wildpflanzenmischungen für Biogas
PD Dr. Walter Bleeker
Saaten-Zeller GmbH & Co. KG, Eichenbühl-Riedern

11.35 Uhr Energiepflanzen als Greeningkomponente?
Beratungsteam
der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

11.45 Uhr ZNR-Energiepflanzenmeile - Ergebnisse Silphie, Wildpflanzen und Co.
Michael Dickeduisberg
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,
ZNR-Zentrum für nachwachsende Rohstoffe NRW, Haus Düsse

12.00 Uhr Diskussion

12.10 Uhr Mittagspause

ab 13.00 Uhr Maschinenvorfürung und Feldbegehung
(Flächen neben dem Öko-Schweinstall Haus Düsse)

- **Ernte Riesen-Staudenknöterich und Durchwachsene Silphie**
Gebr. Neitemeier GmbH, Liesborn
- **Ernte Riesenweizengras**
Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH, Spelle
- **Pflanzung Miscanthus**
Bernd Fiedler
Green Tec, Geske
- **Mechanische Beikrautregulierung in Sida hermaphrodita und Miscanthus Jungbeständen**
Mario Nink
Einböck GmbH & CoKG, Dorf an der Pram, Österreich

Feldbegehung
Vorträge und Erläuterungen in der Fläche:

- **Ganzpflanzengetreideversuche und Untersaaten**
Roland Bischof
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)
Andreas Horstmann
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,
Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse
- **EVA-Fruchtfolgeversuch**
Jens Eckner
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)
Michael Dickeduisberg
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,
ZNR-Zentrum für nachwachsende Rohstoffe NRW, Haus Düsse
- **Kurzumtriebsplantage (KUP)**
Dr. Martin Schmid
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

sowie

- **Mais-Stangenbohnen-Gemege, Riesen-Staudenknöterich, Durchwachsene Silphie**
- **Riesenweizengras, Miscanthus, Wickroggen Mischungsversuch**
- **Wildpflanzenmischungen für Biogas, Sida hermaphrodita*, Arundo donax - Pfahlrohr***
* Anbau in Planung

ca 16.00 Uhr Ende der Veranstaltung

Hinweis: Bei sehr ungünstigen Wetterverhältnissen, die eine Feldbegehung unmöglich machen, werden weitere Experten über die oben genannten Kulturen referieren.

Abb. 6: Programm „Düsser Energiepflanzentag“ mit umfangreicher EVA-Beteiligung.



Abb. 7: Der NRW-Feldtag Haus Düsse. Oberes Bild: Ausstellungsfläche mit Maschinenvorfürungen zur Mittagzeit. Unteres Bild: EVA-Versuchsfläche im Vordergrund und GPS-Versuchsfläche (GPS-Projekt) im Hintergrund am frühen Morgen.

11 Quellen:

- Benker, M.; Röhling, D. (2012-2015): Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz. Ausgaben 2012 – 2015. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bonn.
- BMJV (2012a): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV) – 24.02.2012. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV), Berlin.
- BMJV (2012b): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen – 06.02.2012. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV), Berlin.
- BMJV (2014): Verordnung zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (Direktzahlungen- Durchführungsverordnung - DirektZahlDurchfV) – 03.11.2014. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV), Berlin.
- Broussard, W.; Turner, R.E. (2009): A century of changing land-use and water-quality relationships in the continental US. *Front. Ecol. Environ.* doi:10.1890/080085.
- BSA (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Bundessortenamt (BSA). Landbuch-Verlag, Hannover.
- Dahlhoff, A.; Lohmann, L. (2014): Biogas in Nordrhein-Westfalen. Zentrum Nachwachsende Rohstoffe, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bad Sassendorf.
- Deisenroth, C.; Rüter, B. (2012-2015): Aktuelle Hinweise Pflanzenbau und Pflanzenschutz – Kreisstelle Soest. Ausgaben der Jahre 2012-2015. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bad Sassendorf.
- Di Falco, S.; Perrings, C. (2005) Crop biodiversity, risk management and the implications of agricultural assistance. *Ecol. Econ.* 55:459-466.

Projekt EVA3: 1. Zwischenbericht

Donaghy, D.J.; Fulkerson, J. (1997): The importance of water-soluble carbohydrate reserves on regrowth and root growth of *Lolium perenne* (L.). *Grass and Forage Science* 52:401-407.

EVA-Datenbank (2015): EVA-Datenbank – Stand 01.02.2015.

EVA-Methodenbuch (2013): Handbuch zur wissenschaftlichen Bearbeitung im EVA-Verbundprojekt. Version 2013. EVA-Verbundprojekt, Jena.

Fachverband Biogas (2014): Entwicklung der Anzahl Biogasanlagen und der gesamten installierten elektrischen Leistung. Fachverband Biogas e.V., Freising.

Glemnitz, M. (2013): Hinweise Bonituren für die ökologische Begleitforschung. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., Müncheberg.

Hendricks, K.; Stobbelaar, D.J.; van Mansvelt, J.D. (2000): The appearance of agriculture: An assessment of the quality of landscape of both organic and conventional horticultural farms in West Friesland. *Agric. Ecosyst. Environ.* 77, 157-175.

Herbes, C.; Jirka, E.; Braun, J.P.; Pukall, K. (2014): Warum haben Mais und Biogas keinen guten Ruf? *Mais-Fachmagazin* 1/2014, dlG-Verlag, Bonn, S. 36-39.

Herrmann, C. (2013): Silageanleitung. Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Potsdam.

Laurenz, L. (2014): Arbeitskreis Biogas Coesfeld, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, persönliche Mitteilung.

Levene, H. (1960): Robust tests for equality of variances. In: Ingram Olkin, Harold Hotelling et al (Hrsg.): *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*. Stanford University Press, S. 278-292.

LWK NRW (2012a): Zahlen zur Landwirtschaft in Nordrhein-Westfalen 2012. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW), Bonn.

LWK NRW(2012b): Wirtschaftliche Bewertung der Kulturen. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW), Münster.

Meier, U. (2001): Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. 2. Auflage. Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, Braunschweig.

Roßberg, D.; Michel, V.; Graf, R.; Neukampf, R. (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 59:155-161.

Shapiro, S.S.; Wilk, M.B. (1965): An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika* 52:591-611.

Spencer, J.L.; Levine, E.; Isard, S.A.; Mabry, T.R. (2004): Movement, Dispersal and Behaviour of Western Corn Rootworm Adults in Rotated Maize and Soybean Fields. In: Vidal, S.; Kuhlmann, U.; Edwards, C.; Lafayette, W.: Western Corn Rootworm – Ecology and Management. Cab Intl. p. 121-145.

Tukey, J. (1977): *Exploratory Data Analysis*. 1st edition. Addison-Wesley, pp. 43-44.



Endbericht Verbundprojekt

Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands – Phase III

- EVA III -

Teilprojekt 1:

Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Erstzuwendungsempfänger: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)

Projektpartner: Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Eifel (Rheinlandpfalz)

Projektbearbeiter: Bianca Haack

Förderkennzeichen: 22006012

Berichtszeitraum: 01.04.2013 bis 15.09.2015

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Struktur des Verbundprojektes EVA	2
3. Versuchsdurchführung am Standort Niederweiler/RLP	
3.1. Versuchsaufbau	4
3.2. Charakterisierung des Standortes	6
3.3. Versuchsdurchführung	7
4. Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen	8
5. Witterungsverlauf für den Anbau in 2015	9
6. Ergebnisse (Datenstand 15.09.2015)	
6.1. Statistische Auswertung	12
6.2. Erträge aus der 5. Anlage vom Grundversuch	13
6.3. Berechnung der Gasausbeuten	15
6.4. Ökonomische Betrachtung der Fruchtfolgen	16
7. Zusammenfassung	17
Abbildungsverzeichnis	18
Anhang	19

1. Einleitung

Im April 2005 startete das bundesweite Forschungsverbundprojekt „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ (kurz **EVA**). Hintergrund waren die noch immer anhaltenden Diskussionen über den stark zunehmenden Maisanbau, der sich nach Zahlen des Deutschen Maiskomitees (DMK, April 2013) von 2001 bis 2012 mit einem Zuwachs von 70% auf 2.564.200 Hektar in Deutschland steigerte. Dieser Anstieg korreliert mit dem erweiterten Biogasanlagenbau in den letzten Jahren, dabei lag die Anzahl 2001 bei ca. 1500 und nahm bis 2012 auf ca. 7500 Biogasanlagen in Deutschland zu (Quelle: Fachverband Biogas, Oktober 2013). Besonders konzentriert sich der Maisanbau in Viehveredelungsregionen auch vielfach als Monokultur.

Daher machte sich das Projekt zum Ziel ausgeweitete standortangepasste Fruchtfolgesysteme für den Energiepflanzenanbau zur Biogasproduktion zu konzipieren und in Feldversuchen zu untersuchen. Es werden verschiedene Kulturen wie Sudangras, Zucker- bzw. Futterrübe, Getreide als Ganzpflanzensilagen mit Silomais in unterschiedlichen Nutzungsvarianten als Haupt-, Zweit- oder Zwischenfrucht integriert. Die Auswertungen und ableitenden Beurteilung dieser Fruchtfolgesysteme erfolgen nach ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten. Die gewonnenen Ergebnisse sollen abschließend in Regionalbroschüren veröffentlicht werden, um so Empfehlungen in die Praxis transportieren zu können.

Seit April 2013 läuft nun die dritte Förderphase dieses Verbundprojektes, die bis zum 30.11.2015 geplant ist. Das Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinland-Pfalz mit der Dienststelle Eifel (DLR Eifel) am Dienstsitz Bitburg ist in diese aktuelle Förderphase als Projektpartner eingestiegen. Das DLR Eifel ist im Teilprojekt 1 „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime“ mit dem sogenannten Grundversuch beteiligt. Im Folgenden wird zunächst ein kurzer Überblick zum Verbund gegeben und dann der Versuch mit seinem Standort, die Durchführung und die weitere Vorgehensweise in diesem Projekt näher erläutert.

2. Struktur des Verbundprojekt EVA

Die untere Abbildung zeigt schematisch den mittlerweile sehr vielschichtigen und komplexen Umfangs des Gesamtverbundprojektes. Um diese Verbundstruktur zu verdeutlichen, wird an dieser Stelle kurz auf den Projektaufbau mit den dazugehörigen Teilprojekten eingegangen.

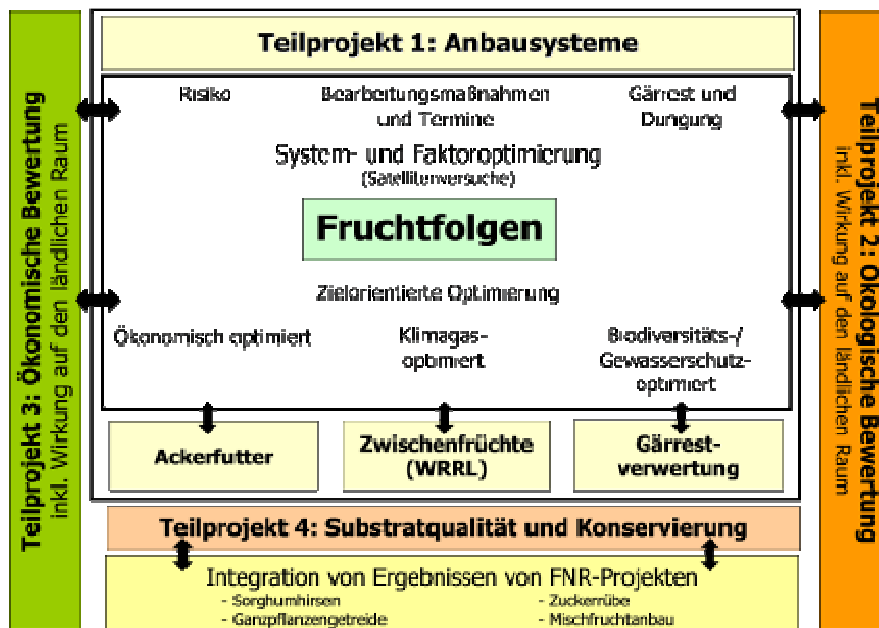


Abb. 1: Darstellung des Gesamtverbundprojektes EVA

Im Mittelpunkt des Gesamtforschungsprojektes steht das Teilprojekt 1 „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime“ als der pflanzenbauliche Kern. Basis hierbei bildet der Grundversuch, indem verschiedene Fruchtfolgen angebaut werden. Auf diesen wird später genauer eingegangen. Aus diesem Grundversuch haben sich verschiedene Anbauaspekte abgeleitet, die in weiterführenden Satellitenversuchen untersucht werden. Hierzu zählen mehrschnittiges Ackerfutter, Zwischenfrüchte und Mischfruchtanbau sowie auch seit 2009 Gärrestversuche.

Die Ergebnisse daraus ermöglichen weiterführende Begleitforschung für die Teilprojekte 2 bis 4. Das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V. in Müncheberg modelliert und bewertet im Teilprojekt 2 die ökologischen Auswirkungen der Energiepflanzenanbausysteme. Das Teilprojekt 3 an der Justus-Liebig-Universität Gießen am Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft befasst sich mit der ökonomischen Auswertung.

Das Leibniz-Institut für Agrartechnik e.V. in Potsdam - Bornim untersucht die Substrateigenschaften der unterschiedlichen Fruchtfolgen und Fruchtfolgeglieder und ihre Gasbildungspotentiale innerhalb des Teilprojekts 4.

Die unten angeführte Karte zeigt die geographische Verbreitung der Verbundpartner und der einzelnen Versuchsstandorte. Aktuell sind 15 Institutionen aus 11 Bundesländern am Forschungsprojekt EVA III beteiligt. Die organisatorische Leitung trägt die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) in Dornburg.

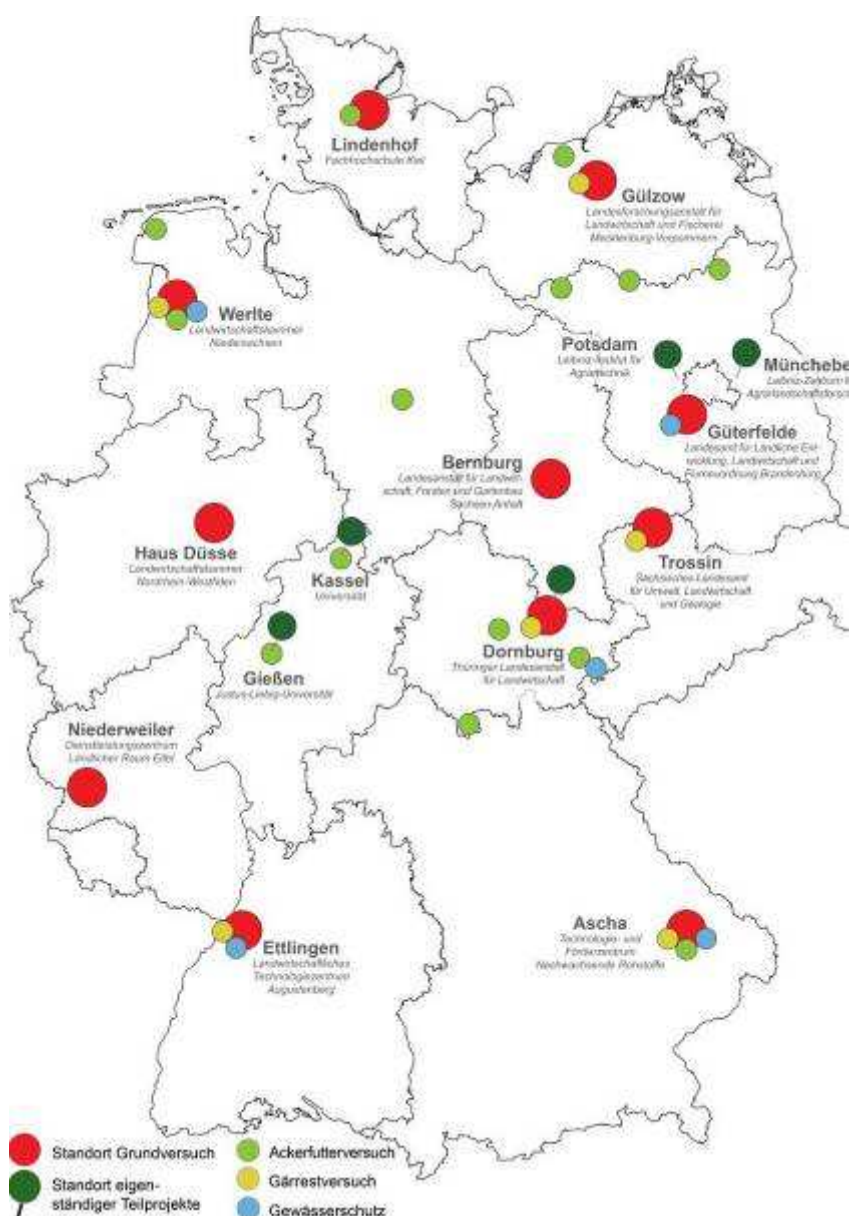


Abb. 2.: Übersichtskarte EVA III
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 07/2013

3. Versuchsdurchführung am Standort Niederweiler/RLP

3.1. Versuchsaufbau

Wie bereits erwähnt ist das DLR Eifel im Verbundprojekt EVA mit dem Grundversuch am Teilprojekt 1 im April 2013 am Versuchsstandort Niederweiler eingestiegen. In diesem Grundversuch werden in Parzellenversuchen vier Jahre lang unterschiedliche Fruchtfolgen nach dem unten aufgeführten Fruchtfolgeschema angebaut.

Versuchsplan EVA III am Standort Niederweiler

FFG	1	2	3	4	5	6	7	8
Anbaujahr	Standortübergreifende Fruchtfolgen					"Ökonomie"	"Reduzierte Düngung -25%N"	"Gewässerschutz"
2013/2014	Wintergerste (HF) Sudangras (SZF)	Grünroggen (WZF/GD) Sudangras (HF)	Grünroggen (WZF/GD) Mais (HF)	Kleegras (HF)	Triticale+W-Wicken US WelschesWeidelgras (Frühjahr)	Grünroggen (WZF/GD) Mais (HF)	Grünroggen (WZF/GD) Mais (HF)	Wintertriticale(HF) US WelschesWeidelgras (ZF bis Maisaussaat)
2014/2015	Mais (HF)	Grünroggen (WZF) Mais (HF)	Grünroggen (WZF) Sudangras (HF)	Kleegras (HF)	Grünroggen (WZF) Mais (HF)	Mais (HF)	Grünroggen (WZF) Sudangras (HF)	Mais (HF) US Kleegras
2015/2016	Wintertriticale (HF) Phacelia (SZF/GD)	Wintertriticale (HF)	Wintertriticale (HF) Einj. Weidelgras (SZF)	Mais (HF)	Futterrübe/Zuckerrübe (HF)	Mais (HF)	Wintertriticale (HF) Einj. Weidelgras (SZF)	Kleegras (HF)
2016/2017	Weizen (HF/Korn)	Weizen (HF/Korn)	Weizen (HF/Korn)	Weizen (HF/Korn)	Weizen (HF/Korn)	Weizen (HF/Korn)	Weizen (HF/Korn)	Weizen (HF/Korn)

Abb. 3. : Versuchsplan EVA III Niederweiler

Die ersten fünf Fruchtfolgen gelten für alle beteiligten Standorte und werden vor Ort jeweils praxisüblich bewirtschaftet (Düngung, Pflanzenschutz). Die letzten drei Fruchtfolgen sind themenbezogen und regionalspezifisch ausgelegt. Bei der 6. Variante „Ökonomie“ steht die rein wirtschaftliche Gewinnmaximierung in der Biomasseproduktion mit Mais im Vordergrund. Die beiden letzten Fruchtfolgen sind unter den Aspekten des Gewässer- und Erosionsschutzes konzipiert. Dies soll vor allem durch eine möglichst permanente Bodenbedeckung gewährleistet sein, dazu sind Zwischenfrüchte wie Grünroggen und Ackergräser in die Fruchtfolgen integriert. Um noch weitere Möglichkeiten zur Verminderung des Nährstoffaustrags durch Auswaschung oder Bodenabtrag zu testen, wird die 7. Variante mit einer um 25% reduzierten Stickstoffdüngung gefahren. Bei der letzten Variante werden Ackergräser als Untersaaten eingesetzt, so dass hier eine reduzierte Bodenbearbeitung vorliegt.

Nach dem aufgezeigten dreijährigen Anbauschema der unterschiedlichen Fruchtfolgen bildet der Winterweizen als Marktfrucht das Abschlussfruchtfolglied für alle Varianten. Dieses Abschlussfruchtfolglied wird über die Varianten hinweg gleich behandelt. Dies erfolgt zwar ortsüblich, aber in der Behandlungsintensität besonders des Pflanzenschutzes eingeschränkt, um so die Fruchtfolgeeffekte zwischen den Fruchtfolgevarianten genauer bewerten zu können.

Dieser Grundversuch wird nach dem gleichen Schema noch einmal zeitversetzt um ein Jahr auf demselben Schlag angebaut. Damit sollen die Witterungseinflüsse bei der Bewertung der Fruchtfolgen minimiert und so die Ergebnisse absichern werden.



Abb. 4: Luftbild Gemarkung Niederweiler „Versuch EVA III“ Andreas Hahn

3.2. Charakterisierung des Standortes

Der Versuchsstandort liegt im Landkreis Bitburg-Prüm in der Gemarkung Niederweiler 10 Kilometer nordwestlich von Bitburg in der Südwesteifel. Er liegt auf einer Höhe von etwa 450 m über NN. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,4°C mit einer jährlichen Niederschlagsmenge von 790 mm (langjähriges Mittel 1951-80). Die Bodenart ist lehmiger Sand mit einer Ackerzahl von 30. Dieser eher mäßige Ackerstandort ist für diese Region als typisch für den Energiepflanzenanbau anzusehen.



Abb. 5: Luftbild Gemarkung Niederweiler „Versuch EVA III“ Andreas Hahn; 07/2013

Das obige Luftbild ist am 21.07.2013 aufgenommen worden. Die Markierung zeigt die komplette Versuchsfläche für beide Anlagen des Grundversuches, wobei die zweite Versuchsanlage erst im Herbst 2013 angelegt wurde. Auf den umliegenden Schlägen stand zur Zeit der Aufnahme Mais.

3.3. Versuchsdurchführung

Der Fruchtfolgeversuch ist als randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt. Die einzelnen Parzellen haben eine Fläche von 60 m² (10 m x 6 m). Sämtliche Erhebungen wie Bonituren, Ertragsermittlung oder ähnliches erfolgen an der Kernparzelle, diese ist 7 m lang und 1,5 m breit. So können Randeffekte ausgeschlossen werden.

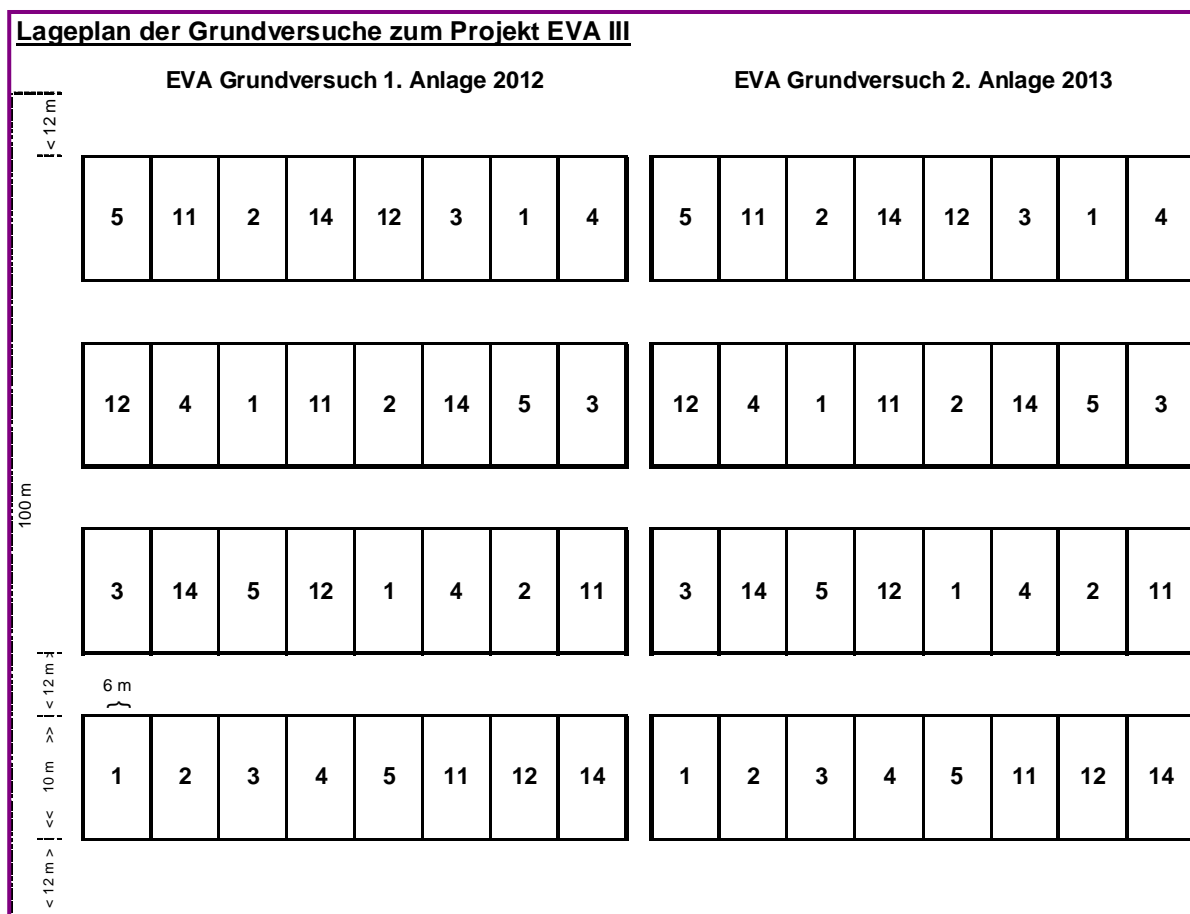


Abb.6: Lageplan EVA III Niederweiler

Die pflanzenbaulichen Maßnahmen im Versuch werden nach dem Grundsatz der guten fachlichen Praxis ortsüblich durchgeführt. Die Düngung erfolgt mit mineralischen Düngemitteln bedarfsgerecht nach Berechnung der Nährstoffentzüge und Bodenuntersuchungen. Dabei werden für die Grundnährstoffdüngung zum Vegetationsbeginn im Frühjahr und für die Stickstoffdüngung nochmals nach der jeweiligen Ernte Bodenproben untersucht. Der weitere Probestatus ist in der Parameterliste (siehe Anhang 1) vorgegeben.

4. Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen

Wie eingangs aufgezeigt wurde, ist dieses Forschungsprojekt seit dem Beginn 2005 kontinuierlich an Projektpartnern und weiteren Teilprojekten gewachsen. Bei mittlerweile 15 beteiligten Institutionen und der geographische Entfernung der einzelnen Versuchsstandorte ist eine Vereinheitlichung bzw. Standardisierung des Untersuchungsrahmens und des methodischen Vorgehens erforderlich. Aus den Erfahrungen der zwei vorangegangenen Projektphasen wurde von den Projektpartnern für EVA III eine einheitliche Parameterliste mit den dazugehörigen Methodenstandards erarbeitet (siehe Anhang 1 und 2). Damit ist eine homogene Bewertungsgrundlage der unterschiedlichen Versuchsstandorte gewährleistet, um die Fruchtfolgesysteme standortübergreifend auswerten zu können. Des Weiteren liegt ein Methodenhandbuch für das Projekt EVA vor, das als Leitfaden zur Durchführung, Datenerhebung sowie der Auswertung der Versuche dienen soll. Dieses Handbuch wird kontinuierlich aktualisiert und weiterbearbeitet, da es bei der Anzahl an Versuchen und beteiligten Projektpartnern immer wieder zu Abstimmungsbedarf kommt.

Die Datenaufarbeitung und Auswertung erfolgt in EVA III über eine MySQL basierte Datenbank, die von der Justus-Liebig-Universität Gießen speziell für das Verbundprojekt EVA erarbeitet wurde. Damit wurde der Datenaustausch verbessert und die standortübergreifenden Auswertungen können einheitlicher gestaltet werden.

Die Wetterdaten für den Versuchsstandort Niederweiler werden von zwei unterschiedlichen agrarmeteorologischen Messstationen des Landes Rheinland-Pfalz herangezogen. Grund dafür ist, dass die Höhenlage des Standortes 450 m NN beträgt und die geeignete Messstation Strickscheid (476 m NN) 20 Kilometer entfernt liegt. Diese Entfernung ist für den Parameter Niederschläge zu groß, da in den Mittelgebirgsregionen wie der Eifel die Niederschläge reliefbeeinflusst und dadurch meist lokal sehr unterschiedlich ausfallen. Daher werden für den Wetterparameter Niederschläge die Daten der näherliegenden Messstation Wiersdorf (325 m NN) verwendet. Für die Lufttemperaturen hingegen werden die Messwerte aus Strickscheid genommen, da die Höhenlage für diese Wetterparameter den entscheidenden Einfluss hat.

5. Witterungsverlauf für den Anbau in 2015

Die Aussaat der Wintergetreide erfolgte relativ spät Ende Oktober aufgrund der Unbefahrbarkeit der Fläche durch hohe Niederschläge. Für unseren Standort mit der Höhenlage setzte der Frost spät ein und zwar wurde der erste Frosttag am 30. November verzeichnet, so dass sich die Bestände noch gut entwickelt haben. Insgesamt fielen die Wintermonate 2014/15 sehr mild aus und die Temperaturen lagen im Vergleich zum langjährigen Mittel¹ durchschnittlich 2,7°C höher.

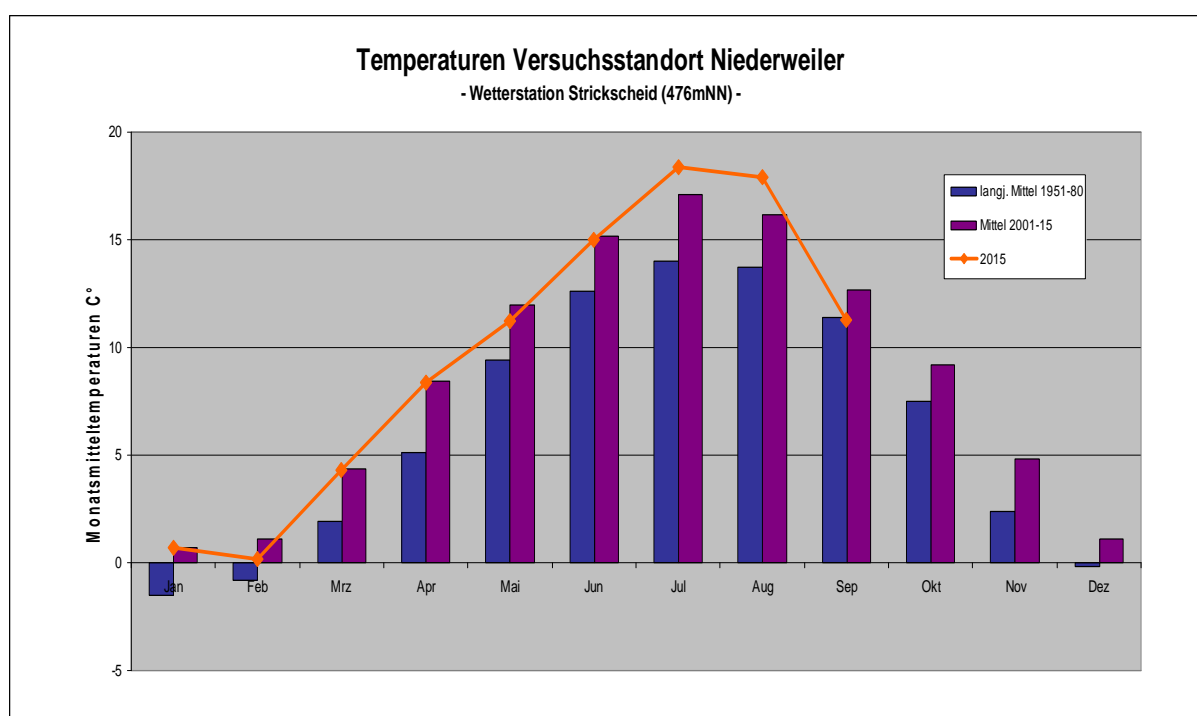


Abb. 8 : Monatsmittelwerte Temperaturen Wetterstation Strickscheid, Eigene 10/2015

Das Frühjahr blieb weiterhin um die 2,5°C wärmer als im langjährigen Mittel. Vergleicht man diese mit dem Mittel der letzten 15 Jahre so liegen hier die Durchschnittstemperaturen in etwa gleich. Der einsetzenden Vegetation fehlten dann jedoch die Niederschläge, die im Februar 12,5l/m² und im Mai 42l/m² weniger als im langjährigen Mittel betragen. Die Temperaturen blieben bis September überdurchschnittlich hoch. Im Juli und August lagen die Durchschnittstemperaturen 4,3 C° höher als zum langjährigen Mittel.

¹ Der Bezugszeitraum des langjährigen Mittels sind die Jahre 1951 – 1980.

Die fehlenden Niederschläge aus dem Frühjahr wurden in den Sommermonaten nicht ausgeglichen. Die Monate Juni und August brachten ein Niederschlagsdefizit von 9,2l/m² zum langjährigen Mittel und im Juli waren es 32l/m² weniger Niederschlag.

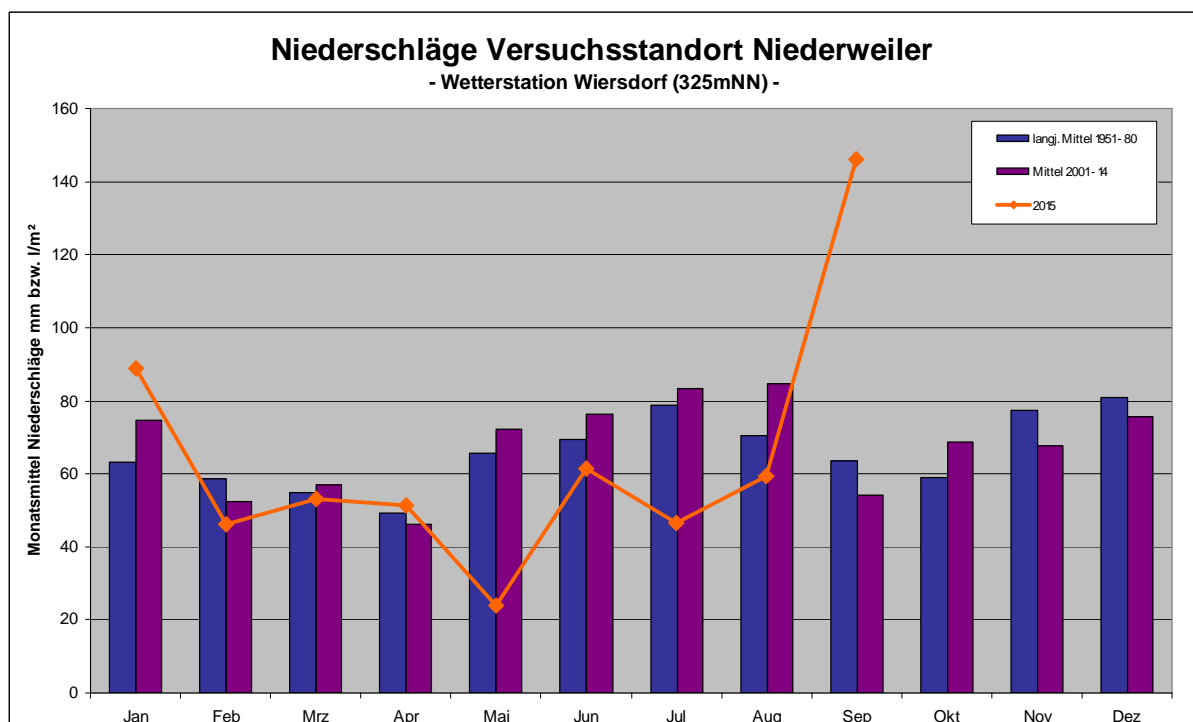


Abb. 7 : Monatsmittelwerte Niederschläge Wetterstation Wiersdorf, Eigene 10/2015

Die Auswirkungen der vorherrschenden Trockenheit mit den hohen Temperaturen in diesem Sommer zeigte sich an dem Standort Niederweiler nicht so deutlich wie in anderen Teilen von Rheinland – Pfalz. Die Niederschlagsverteilung war in diesem Jahr regional sehr unterschiedlich und für unseren Standort fielen die zwar geringen Mengen zum richtigen Zeitpunkt für die Bestände. Das Sudangras und auch der Zweitfruchtmais, die Anfang Juni ausgesät wurden, haben sich in diesem Jahr gut entwickelt. Wie landläufig verzeichnen die Grasbestände in diesem Jahr deutliche Mindererträge durch die ausgebliebenen Niederschlagsmengen.

Im September betrug die Niederschlagssumme 146,2l/m², diese liegt mit 82,8l/m² über dem langjährigen Mittel. Somit liegt die bisherige Jahressumme 2015 einschließlich September bei 576,6l/m² und somit gleich auf mit dem langjährigen Mittel von 573,4l/m².

6. Ergebnisse (Datenstand 15.09.2015)

Aufgrund der Terminierung der Berichtsetzung ist zur Ergebnisdarlegung hier folgendes anzumerken. Für den Standort Niederweiler wurde das Bodenprofil mit der Erhebung grundlegender Parameter für die Modellierungen durch das Leibniz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF e.V.) am 10.09.2015 vor Ort aufgenommen. Diese Verzögerung ist durch verwaltungs- bzw. haushaltstechnische Gründe entstanden. Die Ergebnisse der Bodenanalysen liegen noch nicht vor. Daher können zu ökologischen Bewertungsansätzen der Fruchtfolgen, die über das Teilprojekt 2 erfolgen, keine Aussagen getroffen werden. Des Weiteren liegen noch nicht alle Ertragsdaten vor, z.B. durch die noch ausstehenden Ernten von Mais, Rüben und Sudangras. Auch die ökonomische Auswertung, die von der Justus – Liebig Universität Gießen im Teilprojekt 3 durchgeführt werden, können aufgrund der unvollständigen Ertragsdaten nur oberflächlich gezeigt werden.

Dieses Kapitel der „Ergebnisse“ umfasst durch die erläuterten fehlenden Bewertungsaspekte nicht den vollständigen Untersuchungsrahmen dieses Forschungsprojektes. Die Darlegung von Ergebnissen ist somit zum jetzigen Zeitpunkt nicht aussagekräftig und die teils noch fehlenden bzw. unvollständigen Datensätze lassen eine Erhebung von möglichen Trends nicht zu. Um jedoch einen Einblick in die bisherige Projektarbeit zu geben, wurden im Folgenden auszugweise einige Daten zusammengestellt. Diese entsprechen dem Zwischenbericht 03/2015, da durch die noch ausstehenden Erträge derzeit keine realen Abbildungen der Fruchtfolgen nicht möglich ist.

6.1. Statistische Auswertungen

In der nachfolgende Aufbereitung und Darstellungsform der Zwischenergebnisse wird Zwecks der Übersichtlichkeit auf die übliche wissenschaftliche Form, wie die Ausweisung der Standardabweichung in den Grafiken, verzichtet. Daher wird die statistische Verrechnung der bislang erhobenen Ertragsdaten hier vorangestellt.

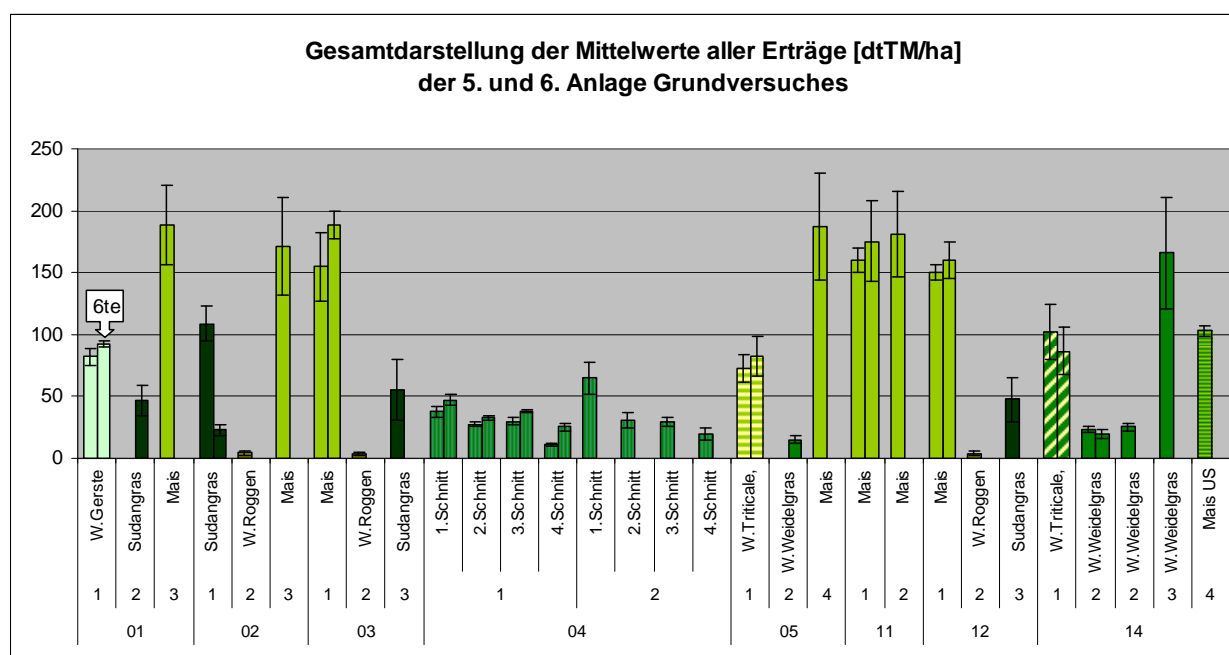


Abb. 9 : Gesamtdarstellung der Mittelwerte aller Erträge [dtTM/ha] der 5. und 6. Anlage, Eigene 03/2015

Als statistische Maßzahlen wurden für diese Auswertung das arithmetische Mittel (\bar{x}) der jeweils 4 Wiederholungen der Fruchtfolgeglieder und damit die einfache Standardabweichung (s bzw. σ). Mit dieser normalverteilten Grundgesamtheit der Messdaten ($\sigma \pm \bar{x}$) wurde der Ausreißertest nach Grubbs durchgeführt. Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ wurden somit die Daten von groben Ausreißer bereinigt. Eine weiterführende statistische Auswertung ist mit dem geringen Datenmaterial nicht durchführbar und für die jetzige Zwischenbilanzierung unseres Standortes nicht notwendig.

6.2. Erträge aus der 5. Anlage vom Grundversuch

Die Abbildung 10 zeigt die bislang ermittelten Erträge [dtTM/ha] der 5. Anlage des Grundversuches, die aufsummiert den verschiedenen Fruchtfolgen zugeordnet sind. Den gelb umrandeten Fruchtfolgegliedern fällt hier nur eine Platzhalterfunktion zu, um die jeweiligen Fruchtfolgen vollständig darzustellen. Die Bestände dieser beiden Fruchtfolgeglieder (FFG) waren nicht repräsentativ entwickelt und somit wurde keine Ertragsermittlung durchgeführt. Zum einen in FF 01 das Sudangras (FFG 02), das aufgrund von fehlenden Niederschlägen zur Aussaat sehr inhomogen aufließ, und zum anderen die Untersaat Weidelgras (FFG 02) im FF 05, die sich im dichten Bestand der Triticale mit Wicke nicht etabliert konnte. Beim Winterroggen, die in der Abbildung blau umrandet sind, musste eine frühzeitige Ernte erfolgen, da die Sätechnik für die Folgekultur Mais sonst nicht zur Verfügung stand. Daher sind diese Erträge nicht aussagekräftig bzw. praxisrelevant, es bleibt daher abzuwarten wie sich die Ergebnisse in der 6. Anlage zeigen.

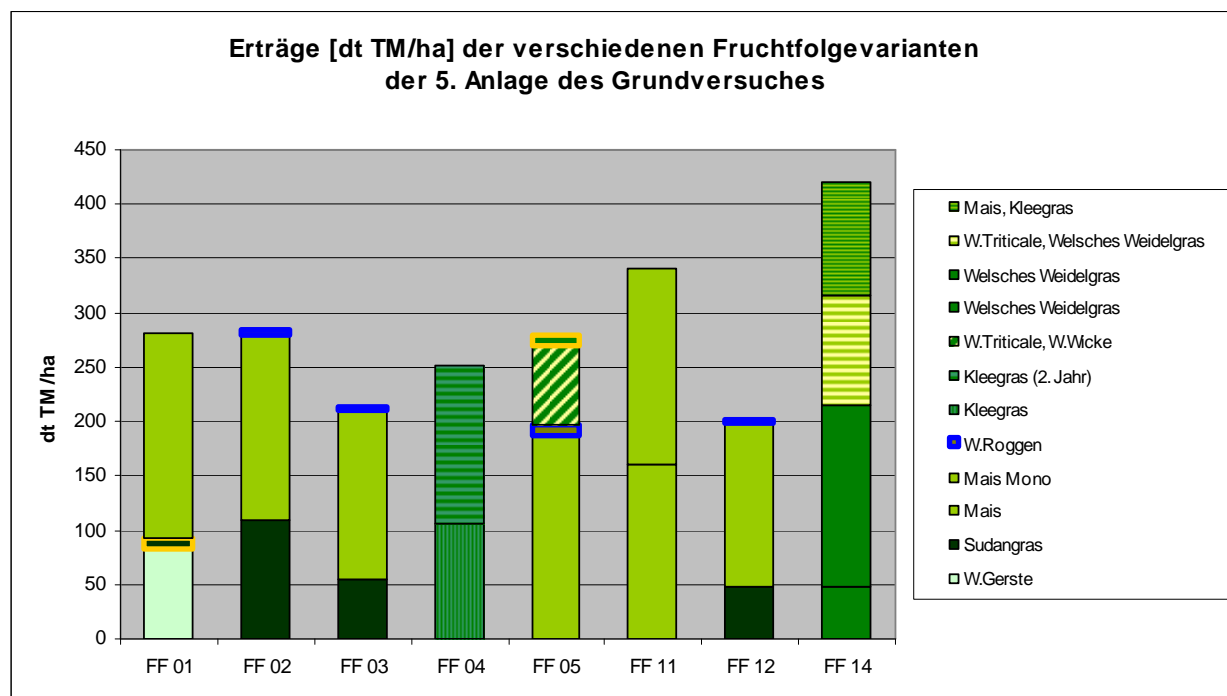


Abb. 10 : Erträge [dtTM/ha] der verschiedenen Fruchtfolgevarianten der 5. Anlage des GV, Eigene 03/2015

Die Abbildung 11 soll verdeutlichen, wie sich die Effekte der unterschiedlichen Jahreswitterungen auf das Ertragsniveau auswirken können. Um diesen Versuchsfehler zu minimieren, wird die gleiche Versuchsanordnung (6. Anlage) ein Jahr zeitversetzt angebaut. Dies ist unter Kapitel 3.1 „Versuchsaufbau“ näher erläutert.

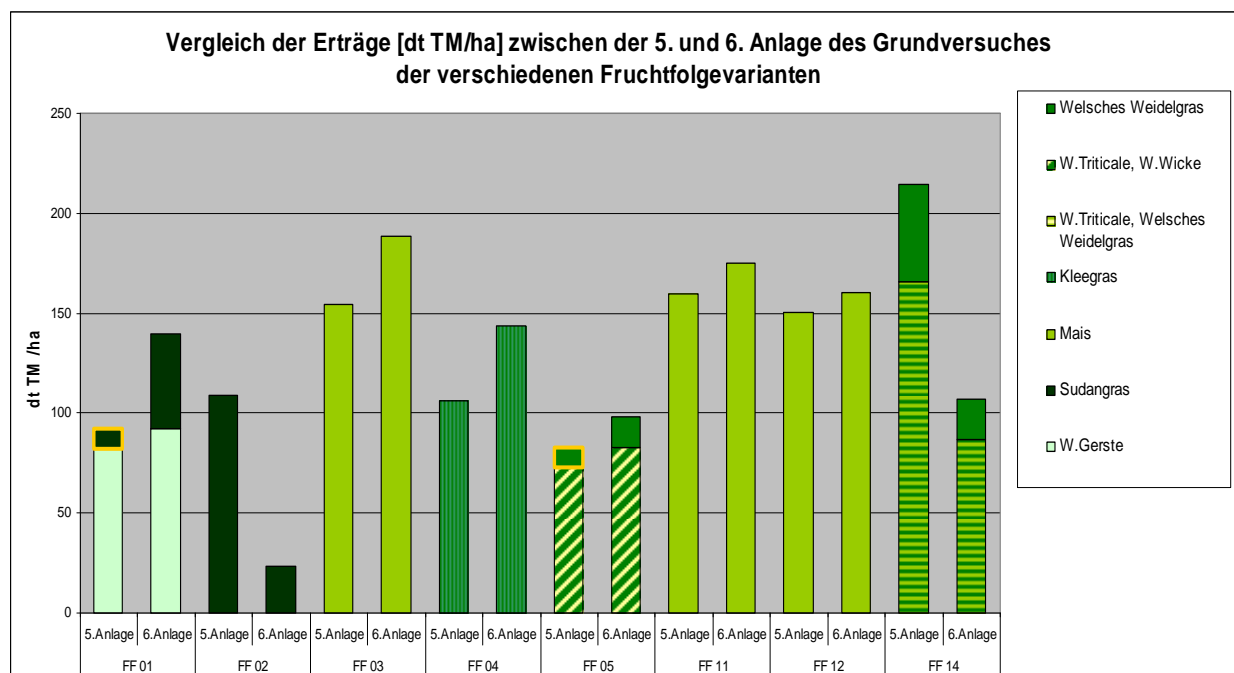


Abb.11 :Vergleich der Erträge [dtTM/ha] zwischen der 5. und 6.Anlage des Grundversuches, Eigene 03/2015

Die meist geringen Erträge der 5. Anlage, die im Erntejahr 2013 erfasst wurden, lassen sich durch die ungünstige Witterung im Frühjahr 2013 erklären. Der lang anhaltenden Winter mit durchgängigem Frost bis Ende März und der weitere kühle, nasse Frühsommer bis Juli prägte die Vegetationsperiode 2012/13. Somit wies besonders der Mais in diesem Erntejahr Mindererträge aus.

6.3. Berechnung der Gasausbeuten

Die Berechnungen der Methanausbeuten erfolgen im EVA Projekt auf der Grundlage der ATB – Matrix (Stand 15.12.2014), die das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam e.V. im Teilprojekt 4 erstellt hat. In der unteren Grafik sind die Methanerträge in I_N oTM/ha der verschiedenen Fruchtfolgen aus der 5. Versuchsanlage aufsummiert dargestellt.

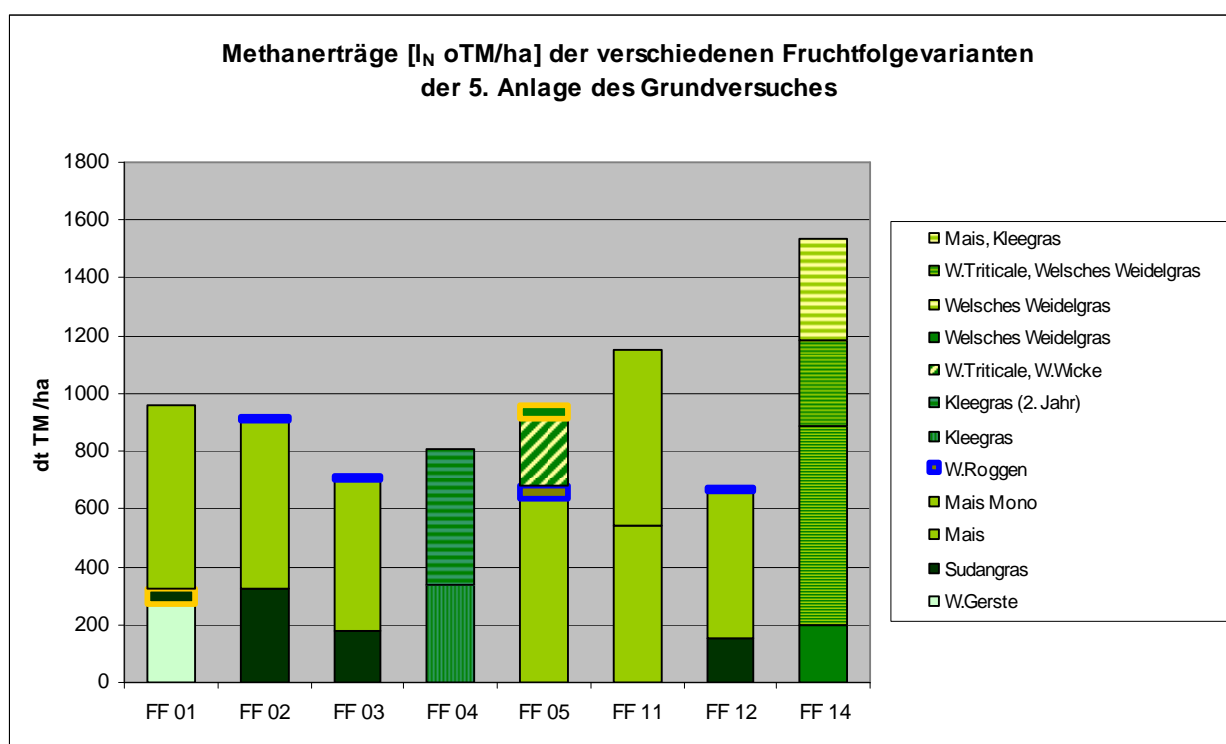


Abb. 12 : Methanerträge [I_N oTM/ha] der Fruchtfolgen der 5. Anlage des Grundversuches, Eigene 03/2015

Derzeit zeichnet sich hierbei ein positiver Trend für die Fruchtfolge 14 ab. Diese erbrachte in der Summe der Anbaujahren 2012/13 und 2013/14 den höchsten Methanertrag, der gut 350 I_N oTM/ha über der Maismonovariante der Fruchtfolge 11 lag. Wie aus der aufgeführten Übersicht „Versuchsplan“ (S. 4 Kap. 3.1.) abzulesen, ist diese Fruchtfolge mit dem Fokus auf den Gewässerschutz ausgelegt. Daher wird sowohl im GPS als auch Mais mit Untersaaten gearbeitet. Ziel ist dabei eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung, um Erosionsschutz zu gewährleisten und Nährstoffauswaschungen ins Grundwasser zu vermeiden. Diese Anbauvariante nutzt die längst mögliche Vegetationszeit im Jahr für die Produktion von Pflanzenmasse aus und kann somit diese hohen Erträge erzielen. Es bleibt abzuwarten, ob sich diese Zwischenergebnisse bestätigen.

6.4. Ökonomische Betrachtung der Fruchtfolgen

Wie einführend erläutert, ist eine genauere ökonomische Auswertung zu den Fruchtfolgen mit den bislang erhobenen Daten nicht möglich. Da unsere Maissätechnik für das Versuchswesen an mehreren Standorten in Rheinland Pfalz verteilt eingesetzt wird, stand diese für die Aussaat des Zweitfruchtmaises nicht zur Verfügung. Somit wurde der Grünroggen zu früh geerntet und ist somit, wie in Abbildung 13 blauumrandet dargestellt, nicht als repräsentativ einzustufen. Auch die gelb umrandeten Erträge, wie unter 6.2. erläutert, sind keine praxisrelevanten Datensätze. Diese fehlenden Erträge stellen daher ein verzerrtes Bild der Wirtschaftlichkeit der zu betrachtenden Fruchtfolgen bzw. der Einzelkulturen dar. Es können an dieser Stelle hierzu zu jetzigen Zeitpunkt keine tragbaren Aussagen über eine ökonomische Bewertung getroffen werden. Die untere Abbildung dient somit der Aufzeigung des Untersuchungsrahmens dieses Projektes.

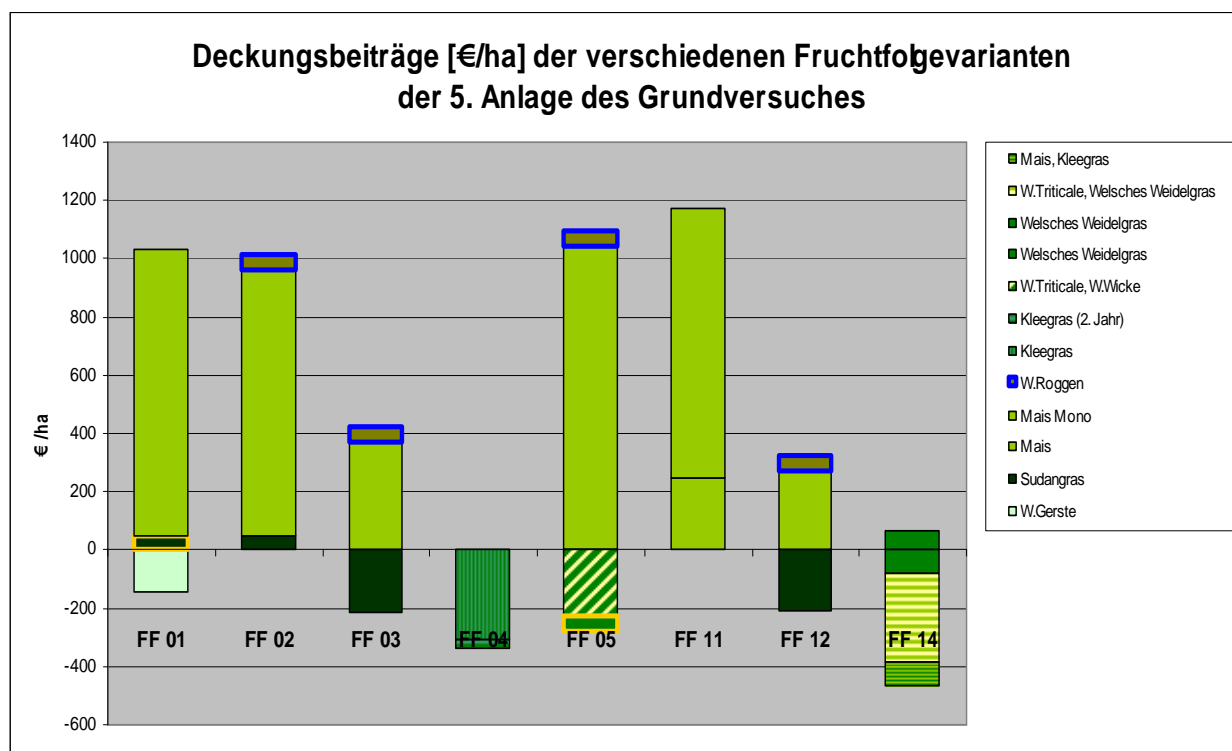


Abb.13 :Deckungsbeiträge [€/ha] der verschiedenen Fruchtfolgen der 5.Anlage des Grundversuches, Eigene 03/2015

7. Zusammenfassung

Wie bereits in der Einführung zu Kapitel 6 „Ergebnisse“ erläutert ist die Ergebnisdarlegung auf der Datenbasis Stand 15.09.2015 erstellt worden. Durch die frühe Berichtsterminierung 20.10.2015 fehlten zu diesem Zeitpunkt wesentliche Erträge von den Kulturen Mais, Sudangras sowie den Futterrüben. Bei den Bewertungsansätzen der verschiedenen Fruchtfolgevarianten ergab sich somit ein verzerrtes Bild, das keine realen Auswertungen bzw. abgeleiteten Aussagen zugelassen hat.

Wir bedauern die aktuelle Entscheidung über die Beendigung dieses Verbundprojektes der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe sehr. Für Rheinland - Pfalz als neuen Standort, der erst in 2013 zur dritten Förderphase in dieses Projekt mit dem Grundversuch des Teilprojektes 1 eingestiegen ist, bedeutet dies ein Abbruch der laufenden Fruchtfolgen ohne eine abgeschlossene Rotation mit dem wichtigen Abschlussfruchtfolgeglied. Der Grundansatz in diesem Projekt ist es, Anbausysteme mit jahresübergreifenden Fruchtfolgen zu betrachten. Für eine sinnvolle Auswertung bzw. der gesetzten Fragestellung zu Fruchtfolgebewertungen hätten daher alle Fruchtfolgeglieder einmal durchlaufen sein müssen. Eine Weiterführung bis zum Abschluss des Versuchsdurchlaufes mit der Weizenernte in 2017 wäre zwingend erforderlich gewesen, da zum jetzigen Zeitpunkt dieses Projekt für unseren Standort ohne zielgerichtete Ergebnisse abgebrochen wird.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Darstellung des Gesamtverbundprojektes EVA;
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 07/2013
- Abb. 2: Übersichtskarte EVA III;
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 07/2013
- Abb. 3: Versuchsplan EVA III Niederweiler
- Abb. 4: Luftbild Gemarkung Niederweiler „Versuch EVA III“;
Herr Andreas Hahn / Versuchsansteller; 07/2013
- Abb. 5: Luftbild Gemarkung Niederweiler „Versuch EVA III“;
Herr Andreas Hahn / Versuchsansteller; 07/2014
- Abb. 6: Lageplan EVA III Niederweiler
- Abb. 7 : Monatsmittelwerte Niederschläge Wetterstation Wiersdorf, Eigene 10/2015
- Abb. 8 : Monatsmittelwerte Temperaturen Wetterstation Strickscheid, Eigene 10/2015
- Abb. 9 : Gesamtdarstellung der Mittelwerte aller Erträge [dtTM/ha] der 5. und 6.Anlage
, Eigene 03/2015
- Abb.10 : Erträge [dtTM/ha] der verschiedenen Fruchtfolgevarianten der 5.Anlage
des Grundversuches, Eigene 03/2015
- Abb.11 :Vergleich der Erträge [dtTM/ha] zwischen der 5. und 6.Anlage
des Grundversuches, Eigene 03/2015
- Abb.12 : Methanerträge [I_N oTM/ha] der Fruchtfolgen der 5.Anlage
des Grundversuches, Eigene 03/2015
- Abb.13 : Deckungsbeiträge [€/ha] der verschiedenen Fruchtfolgen der 5.Anlage
des Grundversuches, Eigene 03/2015

Anhang 1: Gesamt Untersuchungsparameterliste EVA III

Parameter	FF 1-5 Grundversuch	FF 11 Mais-Folge	FF 12 N-Reduziert	FF 13 Biodiversität	FF 14 Gewässerchutz	Risikoabschätzung	Faktorvar. N in FF3, 6, 16 (BY)	Faktorvar. Bodenb in FF 3 (TH)	Var. Erntezeitpunkte (BB)	Gärreste klein in FF 3	Gärreste groß (GR-G)	Ackerfütter (AF)	Zwischenfruchtanbau	Grünland (GL)	zeitliche Auflösung	Einschränkungen auf Standorte	Genutzt für	Bemerkung	
Bodendaten																			
Corg (max. Ap -Horizonttiefe)	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PG ¹	PG ¹	PG ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	Übergang EVA II / EVA III	alle	Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
Corg (max. Ap -Horizonttiefe)	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PG ¹	PG ¹	PG ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	Ende EVA III	alle	Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG	Vorläufig: Probenahme nach Winter 2015	
pH, P, K, Mg	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PG ¹	PG ¹	PG ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	PZ ¹	Ende EVA III	alle	Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG	Vorläufig: Probenahme nach Winter 2015	
1 = Auf neuen Versuchsfeldern gilt: Fläche über alle Prüfglieder ; bestehende Standorte Termin ab Beginn EVA III: im wachsenden Winterweizen/-roggen (Anlage 4) nach Vegetationsbeginn (2012/2013 bzw. 2013/2014)																			
Bodenproben																			
pH, P, K, Mg Vegetationsbeginn (0-30)	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG ²	PG	PG	PG	Jährlich Veg. Beg.	nur Sandstandorte	Düngungsplanung, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
K (30-60)																			
Corg (max. Ap-Horizonttiefe)																			
Nmin Vegetationsbeginn (0-30, 30-60, 60-90, Bodenwasser) ⁴	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	s	PG	PG	Jährlich		H ₂ O- & N- Haushalt, Humus, THG		
Nmin Mais wachsender Bestand (0-30, 30-60, 60-90, Bodenwasser)																			
Nmin in WZF (0-30, 30-60, 60-90, Bodenwe)																			
Nmin zur Ernte (0-30, 30-60, 60-90, Bodenwa)	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	alle 4 Wochen 15.10. - 15.04, wenn frostfrei		Düngungsplanung, H ₂ O- & N- Haushalt, THG	siehe Projektskizze Zwischenfruchtanbau ATB/Ebel	
Nmin zu Vegetationsende (0-30, 30-60, 60-90, Bodenwasser)	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	Jährlich		H ₂ O- & N- Haushalt, Gärresteffizienz	1. der Hauptfrucht/Zweitfrucht, 2. der Zwischenfrucht	
Smin	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	Jährlich		Düngungsplanung, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
2= Bei Ernte nach 1.11. Nmin - Beprobung zur Ernte = Proben zu Vegetationsende, Ansonsten 2 mal zu beproben.																			
4=Nmin vor Aussaat zusätzlich bei späten Sommerungen (Mais, Sorghum usw.)																			
7= immer vor Saat W. Triticale und Mais																			
Wetterdaten																			
Temperatur Luft, 2 m Höhe, Mittel	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
Temperatur Luft, 2 m Höhe, Min.	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
Temperatur Luft, 2 m Höhe, Max.	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
Temperatur, Boden, alle verfügbaren Tiefen, Mittel	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
Niederschlag (1m Höhe), Tagessumme	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
Globalstrahlung (2m Höhe), Tagessumme	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
relative Luftfeuchte (2m Höhe), Mittel	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
Windgeschwindigkeit (m/s), Mittel	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
wenn verfügbar																			
Temperatur Boden (Verfügb. Tiefen), Mittel, Min, Max	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		
Verdunstung (mit Angabe Berechnungsmodell)	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	St	Tageswerte		Pflanzenbau, H ₂ O- & N- Haushalt, THG		

Übersicht Parameter EVA III													Genutzt für			
Parameter	FF 1-5 Grundversuch	FF 11 Mais-Folge	FF 12 N-Reduziert	FF 13 Biodiversität	FF 14 Gewässererschutz	Risikoabschätzung	Faktorvar. N in FF 3, 16 (BY)	Faktorvar. BodenB in FF 3 (TH)	Var. Erntezeitpunkte (BB)	Gärreste klein in FF 3	Gärreste groß (GR-G)	Ackerfütter (AF)		Zwischenfruchtanbau	Grünland (GL)	zeitliche Auflösung	Einschränkungen auf Standorte
Ertrag																
Frischmasse	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	zu jeder Ernte	
Trockensubstanz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	zu jeder Ernte	
Ertragsanteil je Mischungspartner	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	zu jeder Ernte	Planzenbau, Berechnung Biogasausbeute
wenn Probe an ATB zur Gasausbeutenbestimmung; dann Fraktionierung und Bestimmung FM & TM der Mischungspartner, sonst Schätzung																
9-Ertragsanteile zur Ernte nur im Untersaatenversuch möglich, dabei Trennung EA Fruchtart, Untersaat und Unkraut - Grund pflanzenbauliche Einschätzung																
Analysen Inhaltsstoffe Ernte																
C	o	o	o	o	o	o	Pg	o	o	Pg	s	o	s		zu jeder Ernte	Gärrest, Brennwert
N	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	zu jeder Ernte	Nährstoffe, Gärrest, Brennwert
P	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	zu jeder Ernte	Nährstoffe, Gärrest
K	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	zu jeder Ernte	Nährstoffe, Gärrest
Mg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	zu jeder Ernte	Entzug, Silierseignung
S	s	s	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	zu jeder Ernte	optional
Futtermittelanalyse: Nur die Prüfglieder mit Nutzungsziel "Biogas" (d.h. nicht: Marktfrüchte, Nicht Gründung)																
Rohasche, ADF, Lignin?	Pg	Pg	o	o	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	Pg	o	s	o	s		für Abschätzung Gasausbeuten/ Wenigkeit Sila
7 = Bei den Slagen, die auf Gasausbeute untersucht werden, werden unter Verantwortung des Labors vertieft untersucht (ATB/ oder HBT (TLL))																
Qualitätsparameter Marktfrüchte																
Weizen/ Roggen (Fallzahl, RP, 1000-Kornmasse, Hektolitergewicht)	Pg	Pg	o	o	Pg	x	x	x	x	o	o	o	o	o		Fruchfolgeeffekte
Raps (RP, K, Rohfett, Glucosinolate)	Pg	Pg	o	o	Pg	x	x	x	x	o	o	o	o	o		Fruchfolgeeffekte
Mykotoxine (nur Abschluss-FFG)	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	s	Pz	o	s	o	o	o	o		Fruchfolgeeffekte
Fußkrankheiten (nur Abschluss-FFG)	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	Pz	s	Pz	o	s	o	o	o	o		Fruchfolgeeffekte
Gärrest																
TS, pH, Corg, C ₂ ^h , NH ₄ , Nges, P, K	o	o	o	s	s	o	o	o	x	x	o	o	o	o	Vorabprobe und zu jeder Applikation	Nährstoffe, Humus
Rückstellprobe (mind. 2l) einfrieren Analytik in 2014 auf Hemicellulose, Rohcellulose, ADL, ADF, NDF (Menge und jeweils C- und N-Anteile)																
8=nur wenn beide Analysen (Corg+ct) in Kostenkalkulation berücksichtigt																

Anhang II: Methodenstandards Untersuchungsparameter EVA III

Parameter	Einheit	Methode
Bodendaten Projektbeginn/-ende EVA III		
Nt, Texturbestimmung		VDLUFA MB Bd.1, Kap.A 6.1.4
Corg		DIN ISO 10694, 8-1996
pH		VDLUFA MB. Bd.1, Kap. 5.1.1
P		VDLUFA MB. Bd.1, Kap. 6.2.1.1; 6.2.4.1
K		VDLUFA MB. Bd.1, Kap. 6.2.1.1; 6.2.4.1
Mg		VDLUFA MB. Bd.1, Kap. 6.2.1.1; 6.2.4.1
Bodendaten, während Projektlaufzeit		
Nmin	kg/ha	VDLUFA MB. Bd.1, Kap. 6.1.4.1; 6.3.1
Wassergehalt Boden		DIN ISO 11461, 07-1993
pH		VDLUFA MB. Bd.1, Kap. 5.1.1
P		VDLUFA MB. Bd.1, Kap. 6.2.1.1; 6.2.4.1
K		VDLUFA MB. Bd.1, Kap. 6.2.1.1; 6.2.4.1
Mq		VDLUFA MB. Bd.1, Kap. 6.2.1.1; 6.2.4.1
Corg		VDLUFA MB Bd.1, Kap A 4.1.3.1
Wetterdaten		
Temperatur Luft Mittel	°C	in 2,0 m Höhe, Tagesmittel
Min.	°C	in 2,0 m Höhe, Tagesminimum
Max.	°C	in 2,0 m Höhe, Tagesmaximum
Bodentemperatur	°C	alle verfügbaren Tiefen, Tagesmittel
Niederschlag	mm	in 1m Höhe Tagessumme
Globalstrahlung	W/m²	Tagessumme
relative Luftfeuchte	%	Tagesmittel
Windgeschwindigkeit	m/s	in 2 -10 m Höhe, Tagesmittel
Ertrag		
Reifestadium		DLG-Reifestadiumliste
Frischmasse FM		
Trockensubstanz TS	% FM	VDLUFA MB. Bd.3, Kap 3.1
Ertragsanteil je Mischungspartner	%	Mischungspartner
Elementaranalyse Pflanze : ALLE Prüfglieder		
C	% TM	DIN ISO 10694, 8-1996
N	% TM	VDLUFA MB Bd. 3, Kap. 4.1.2
P	% TM	VDLUFA MB Bd. 3, Kap. 2.2.2.6 oder 10.6.1
K	% TM	VDLUFA MB Bd. 3, Kap. 2.2.2.6 oder 10.2.1
Mq	% TM	VDLUFA MB Bd. 3, Kap. 2.2.2.6 oder 10.4.1
S	% TM	DIN ISO 15178, 02-2001
Ca	% TM	VDLUFA MB Bd. 3, Kap. 4.2.2.2.6
Biogasertrag		
H		Elementaranalyse nach Methodenvorschrift Gerät
O		Elementaranalyse nach Methodenvorschrift Gerät
Al	% TM	Gesamtaufschluß
Brennwert	MJ/kg	Berechnung
Heizwert	MJ/kg	Berechnung
Theoretischer Biogasertrag	NL/kg oTM	Berechnung mit Grundlage ATB-Biogasmatrix, Methodenhandbuch 2.7.5.2
Theoretische Methanausbeute	NL/kg oTM	Berechnung mit Grundlage ATB-Biogasmatrix, Methodenhandbuch 2.7.5.2
Mikronährstoffe		
Cl	% TM	VDLUFA MB Bd. 3, Kap. 2.2.2.6
Si	% TM	Gesamtaufschluß
Al	% TM	Gesamtaufschluß
Na	% TM	VDLUFA MB Bd. 3, Kap. 2.2.2.6
Fe	% TM	VDLUFA MB Bd. 3, Kap. 2.2.2.6

Parameter	Einheit	Methode
Futtermittelanalyse: Nur die Prüflieder mit Nutzungsziel "Bioogas" (d.h. nicht: Marktfrüchte, Nicht Gründüngung)		
Rohasche		VDLUFA MB Bd.3, Kap.8.1
Gesamtzucker		VDLUFA MB. Bd.3, Kap. 7.1.1
Stärke		VDLUFA MB. Bd.3, Kap. 7.2.1
NfE		Indirekte rechnerische Bestimmung
Rohfaser		VDLUFA MB. Bd.3, Kap. 6.1.2
Rohprotein		VDLUFA MB. Bd.3, Kap. 4.1.2 oder VDLUFA MB.Bd.3, Kap. 4.1.1
Rohfett		VDLUFA MB. Bd.3, Kap. 5.1.1
ADF		VDLUFA MB. Bd.3, Kap. 6.5.2
NDF		VDLUFA MB. Bd.3, Kap. 6.5.1
Lignin		VDLUFA MB. Bd.3, Kap. 6.5.3
Qualitätsparameter Marktfrüchte		
<i>für Weizen/ Roggen</i>		
Fallzahl	s	ICC-Standard 107
Tausendkonmasse	q	ISTA Vorschriften, Kap. 10
Hektolitergewicht	kg/hl	
Rohprotein	%TM	VDLUFA MB Bd.3 Kap. 4.1.2
Mykotoxine DON	mg/kg FM	Analysen durch TLL Jena
ZEA	µg/kg FM	Analysen durch TLL Jena
erntbare Strohmenge		Vorgabe Methodenhandbuch
<i>für Raps</i>		
Rohprotein	%TM	VDLUFA MB Bd.3 Kap. 4.1.2
Rohfett	%TM	VDLUFA MB Bd.3 Kap. 5.1.1
K		VDLUFA MB Bd. 3, Kap. 2.2.2.6 oder 10.2.1 oder gleichwertige Methode
Glucosinolate		
erntbare Strohmenge		Vorgabe Methodenhandbuch
Gärrest		
TS, pH, C, NH ₄ , Nges, P, K		
NDF (Menge und jeweils C- und N-Gehalt)		nach durch ZALF zu spezifizierendem Verfahren
Biomassesschnitte		
FM		
TS	%TM	VDLUFA MB. Bd.3, Kap 3.1
Ökonomisch relevante Daten zu den Versuchen (Maschinen-, PSM-, Düngereinsatz, Bearbeitungsstermine)		
Bestandesparameter		
Bestandeshöhe	cm	
Kulturdeckungsgrad	%	LONDO oder BRAUN-Blanquet/Wilmanns/Ujvarosi siehe Methodenhandbuch
Unkraut-Artenliste		
Unkrautdeckungsgrad	%	LONDO oder BRAUN-Blanquet/Wilmanns/Ujvarosi siehe Methodenhandbuch
BBCH		BBCH Skala (http://pub.jki.bund.de/index.php/BBCH/issue/view/160)
Lagerneigung	1 bis 9	BSA-Richtlinie
Mängelbonituren	1 bis 9	BSA-Richtlinie
Reifegrad	1 bis 9	BSA-Richtlinie
Krankheits- und Schädlingbonituren	1 bis 9	BSA-Richtlinie

Das Projekt EVA III

Versuchsstandort Trossin / Sachsen

Abschlussbericht





Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Versuchsjahre 2013 - 2015

„Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands – Projektphase III (EVA III)“

Teilprojekt 1:

„Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime auf D-Südstandorten“

Förderkennzeichen:

22006012

Projektkoordination:

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)

Versuchsstandort:

Trossin / Sachsen

Laufzeit des Vorhabens:

01.04.2013 – 30.11.2015

Projektleitung:

Dr. Kerstin Jäkel

Wissenschaftliche Bearbeitung:

Dipl.-Biol. Jana Grunewald

Versuchsdurchführung:

Robert Grubitzsch

BioChem agrar GmbH

Laboranalytik:

Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL)

Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. v. Gülzow gefördert.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	01.
2	Versuchsdurchführung	03.
2.1	Charakterisierung des Standorts	03.
2.2	Versuchsaufbau	04.
2.3	Witterungsverlauf	07.
2.4	Anbautechnik	12.
2.5	Datenerhebung	16.
2.6	Berechnungs- und Bewertungsgrundlagen	18.
2.6.1	Statistische Absicherung der Daten	18.
2.6.1.1	<i>Signifikanzprüfung</i>	18.
2.6.1.2	<i>Deskriptive Statistik</i>	19.
2.6.1.3	<i>Ausreißer-Test (nach MUDRA 1958)</i>	20.
2.6.1.4	<i>Zusammenhänge zwischen Parametern (Korrelationen/Regressionen)</i>	20.
2.6.2	Methanbildungspotenzial auf Grundlage der ATB-Biogasmatrix	21.
2.6.3	Deckungsbeitragsanalysen (Kosten-Ertrags-Relationen)	21.
2.6.4	Stickstoffverlagerungsrisiko	23.
3	Ergebnisse	24.
3.1	Ernteergebnisse	24.
3.1.1	Ertragsniveau der Fruchtfolgesysteme und Fruchtarten	24.
3.1.2	Abreifeverhalten (TS-Gehalte)	30.
3.1.3	Zweikulturnutzung	34.
3.1.4	Reduzierte Stickstoff-Düngung	35.
3.2	Gasbildungspotenzial	38.
3.3	Ökologische Nachhaltigkeitsbewertungen	41.
3.3.1	Nährstoffaustrag – N _{min} -Dynamik	41.
3.3.1.1	<i>Fruchtarten im Fruchtfolgeversuch</i>	41.
3.3.1.2	<i>Auswirkung einer -25 %igen Düngung (Vergleich Fruchtfolge 7 mit FF 3)</i>	45.
3.3.2	Bodenwasserhaushalt	47.
3.3.2.1	<i>Bodenfeuchten der Fruchtfolgen und Fruchtarten über den Versuchszeitraum</i>	47.
3.3.2.1	<i>Bodenfeuchten bei Zweikulturnutzung</i>	51.
3.4	Bonituren / Besonderheiten im Vegetationsverlauf	53.
3.5	Ökonomie	60.
3.5.1	Fruchtfolgeversuch	60.
3.5.2	Zweikulturnutzung	64.
4	Diskussion	66.
5	Ausblick	70.
6	Anbauempfehlung	71.
7	Zusammenfassung	73.
8	Literaturverzeichnis	75.
	Impressum	78.
A I	Anhangstabellen	I.
A II	Öffentlichkeitsarbeit	XLVI.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur und Teilprojekte des bundesweiten Verbundprojektes EVA III.....	02.
Abbildung 2: Lage des Versuchsstandortes Trossin	03.
Abbildung 3: EVA III-Blockparzellenanlage in Trossin (Foto).....	06.
Abbildung 4: EVA III-Versuchsfläche auf der Versuchsstation der Biochem agrar GmbH in Trossin.....	06.
Abbildung 5: Monatliche Mittel der Lufttemperatur	07.
Abbildung 6: Monatliche Niederschlagssummen.....	08.
Abbildung 7: Monatsmittel der Globalstrahlung.....	09.
Abbildung 8: Biologisch abbaubare Trichosafe®-Kugel (Biocare)	14.
Abbildung 9: Ganzpflanzenernte mit dem Parzellenhäcksler und Frontmäher.....	15.
Abbildung 10: Frischmasseerträge aufsummiert nach Fruchtfolgen.....	24.
Abbildung 11: Absolute Trockenmasseerträge aufsummiert nach Fruchtfolgen	25.
Abbildung 12: Mittelwerte des absoluten Trockenmasseertrages der Energiepflanzen	26.
Abbildung 13: Mittelwerte der absoluten Trockensubstanzgehalte der Energiepflanzen.....	31.
Abbildung 14: Erntedaten der Zweikulturnutzung.....	34.
Abbildung 15: Vergleich der Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Fruchtarten in FF 3 bei standortangepasster N-Düngung und FF 7 bei um 25 % reduzierter N-Aufwendung	36.
Abbildung 16: Methanhektarerträge aufsummiert nach Fruchtfolgen.....	39.
Abbildung 17: Streudiagramm der Regression mit sehr hoher linearer Abhängigkeit zwischen TM- und CH ₄ -Erträgen	40.
Abbildung 18: N _{min} -Bodengehalte der Feldfrüchte im Energiefruchtfolgeversuch	42.
Abbildung 19: Vergleich der N _{min} -Bodengehalte bei standortangepasster und reduzierter Düngung.....	45.
Abbildung 20: Absolute Bodenfeuchtegehalte im Vegetationsverlauf	48.
Abbildung 21: Bodenwasserhaushalt der Zweikultursysteme.....	51.
Abbildung 22: Wickroggenbestand im Lager, Kolbenverbiss bei Mais, Versuchsjahr 2013 (Foto)	56.
Abbildung 23: Luzernegras mit starkem Unkrautdurchwuchs, Versuchsjahr 2013 (Foto)	56.
Abbildung 24: Stark verdrehte Roggenpflänzchen mit Verdacht auf Nematodenbefall, Versuchsjahr 2014	56.
Abbildung 25: Getreidebestände in Trossin Anfang Mai 2014 (Foto).....	57.
Abbildung 26: Gras- und Ackerfutterbestände 2014 (Foto).....	57.
Abbildung 27: Maisbestände 2014 in Trossin (Foto)	57.
Abbildung 28: <i>Sorghum</i> -Bestände im Versuchsjahr 2014 in Trossin (Foto).....	57.
Abbildung 29: Getreidebestände in Trossin Mitte April 2015 (Foto)	58.
Abbildung 30: Wildpflanzen-Blümmischung mit starkem Weidelgras-Durchwuchs, Versuchsjahr 2015 (Foto).....	58.
Abbildung 31: Verunkrauteter bzw. teilweise vertrockneter Weidelgras- und Luzernegrasbestand, 2015 (Foto).....	58.
Abbildung 32: Folgen wochenlanger Trockenheit bei Mais und Futterhirse, Versuchsjahr 2015 (Foto).....	58.
Abbildung 33: Zweikulturnutzung im Versuchsjahr 2015 (Foto)	58.
Abbildung 34: Deckungsbeiträge der im Versuchsjahr 2014 erprobten Zweikultursysteme	65.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Acht Fruchtfolge-systeme von EVA III	05.
Tabelle 2: Bewertung der Witterung in den einzelnen Versuchsjahren	11.
Tabelle 3: Zu erhebende Daten im Energiefruchtfolgeversuch am Standort Trossin	16.
Tabelle 4: Deutung eines linearen Zusammenhangs zwischen zwei Parametern über den Korrelationskoeffizienten.....	20.
Tabelle 5: Faktor-, Nährstoff- und Produktpreise zur Berechnung der variablen Kosten bei Deckungsbeitragsanalysen ...	23.
Tabelle 6: Tolerierbare Herbst-N _{min} -Gehalte im Boden (nach HENNINGS & SCHEFFER 2000).....	23.
Tabelle 7: Durchschnittserträge der EVA-Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren	27.
Tabelle 8: Durchschnittliche TS-Gehalte der EVA-Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren	31.
Tabelle 9: Durchschnittliche Methanausbeuten und Methangehalte der EVA-Fruchtarten	38.
Tabelle 10: Stickstoffdüngung bei den erprobten Fruchtarten in FF 3 und FF 7.....	46.
Tabelle 11: Absolute Bodenfeuchtegehalte nach Aberntung der erprobten Kulturen in den einzelnen Versuchsjahren	50.
Tabelle 12: Bestandesaufnahmeprotokoll der angebauten Feldfrüchte in den Versuchsjahren.....	53.
Tabelle 13a: Deckungsbeitragsanalyse der Anlage 5	61.
Tabelle 13b: Deckungsbeitragsanalyse der Anlage 6	63.
Tabelle 14: Anbaueignung verschiedener Energiepflanzen als Biogassubstrat auf leichten Böden	72.
Tabelle A1a: Anbautechnik beim Energiefruchtfolgeversuch, Versuchsjahr 2013	II.
Tabelle A1b: Anbautechnik beim Energiefruchtfolgeversuch, Versuchsjahr 2014.....	VI.
Tabelle A1c: Anbautechnik beim Energiefruchtfolgeversuch, Versuchsjahr 2015.....	XII.
Tabelle A2a: Parzellenwerte der Frischmasseerträge, Versuchsjahr 2013	XVII.
Tabelle A2b: Parzellenwerte der Frischmasseerträge, Versuchsjahr 2014	XIX.
Tabelle A2c: Parzellenwerte der Frischmasseerträge, Versuchsjahr 2015	XXII.
Tabelle A3a: Parzellenwerte der Trockenmasseerträge, Versuchsjahr 2013.....	XXV.
Tabelle A3b: Parzellenwerte der Trockenmasseerträge, Versuchsjahr 2014.....	XXVII.
Tabelle A3c: Parzellenwerte der Trockenmasseerträge, Versuchsjahr 2015	XXX.
Tabelle A4a: Parzellenwerte der Trockensubstanzgehalte, Versuchsjahr 2013.....	XXXIII.
Tabelle A4b: Parzellenwerte der Trockensubstanzgehalte, Versuchsjahr 2014.....	XXXV.
Tabelle A4c: Parzellenwerte der Trockensubstanzgehalte, Versuchsjahr 2015.....	XXXVIII.
Tabelle A5a: Biogas-Matrix mit Richtwerten für Methanausbeuten und oTS-Gehalten.....	XLI.
Tabelle A5b: Methanausbeuten und oTS-Gehalte ermittelt vom ATB Potsdam über Batch-Versuche	XLIII.
Tabelle A6: Inhaltsstoffcharakteristik.....	XLIV.

Abkürzungsverzeichnis

A	Anhang
ADF	Acid-(Säure)Detergentien-Fasern = Lignocellulose-Komplex
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik, Potsdam-Bornim
ArEr	Arbeits erledigung
AZ	Ackerwertzahl
BBCH	Biologische <u>B</u> undesanstalt, <u>B</u> undessortenamt und <u>C</u> hemische Industrie, beschreibt das Entwicklungsstadium einer Pflanze
BfUL	Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt
Bt	mit Ton angereicherter mineralischer Unterbodenhorizont
C	Kohlenstoff
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
D	Diluvial
DAfL	Direkt- und Arbeitskosten freie Leistung
DAP	Diammonphosphat
DB	Deckungsbeitrag
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DWD	Deutscher Wetterdienst
EC	Eucarpia-(Europäische Gesellschaft für Züchtungsforschung)-Code für Pflanzen-Entwicklungsstadien, wird vorrangig noch bei Getreide verwendet
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
EVA	„ <u>E</u> ntwicklung und <u>V</u> ergleich von <u>A</u> nbausystemen für Energiepflanzen zur Biogasproduktion“
FF	Fruchtfolge
FM	Frischmasse
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
GD	Gründüngung
GPS	Ganzpflanzensilage
H	Höhe
HF	Hauptfrucht
HNJ	Hauptnutzungsjahr
IGLU	Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt, Göttingen
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LWK	Landwirtschaftskammer
K	Kalium
KAS	Kalkammonsalpeter
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
MF	Marktfrucht
Mg	Magnesium
MiLA	<u>M</u> odel for <u>i</u> ntegrated <u>L</u> ife Cycle <u>A</u> ssessment for Agriculture (N-Modell)
N	Stickstoff
NH ₄ ⁺	Ammoniumstickstoff
N _{min}	mineralischer Stickstoff (Nitrat und Ammonium)
NO ₃ ⁻	Nitratstickstoff
NS	Niederschlag

oTM	organische Trockenmasse
oTS	organische Trockensubstanz
P	Phosphor
PSM	Pflanzenschutzmaßnahmen
r	Korrelationskoeffizient
R	Regressionskoeffizient
S	Siloreifezahl beim Mais
<i>S. b.</i>	<i>Sorghum bicolor</i> (Futterhirse)
<i>S. b. x s.</i>	<i>Sorghum bicolor x sudanense</i> (Sudangrashybride)
SF	Standardfehler
Stabw	Standardabweichung
SZF	Sommerzwischenfrucht
T	Temperatur
TKG	Tausendkorngewicht
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanzgehalt
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vA	vor dem Aufgang
VDLUFA	<u>V</u> erband <u>D</u> eutscher <u>L</u> andwirtschaftlicher <u>U</u> ntersuchungs- und <u>F</u> orschungsanstalten
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WZF	Winterzwischenfrucht
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg
ZwF	Zwischenfrucht
ZF	Zweitfrucht

1 Einleitung

Die wichtigste Zielsetzung des Energiepflanzenanbaus ist es, durch vielfältige Anbausysteme zu einer Diversifizierung landwirtschaftlicher Produktionsmuster und zur Aufweitung von Fruchtfolgen beizutragen. Diesem Ziel dient das EVA-Projekt. Anbausysteme, die mit einer guten Ausnutzung der Vegetationszeit und hohen Bodenbedeckungsgraden verbunden sind, können nicht nur in ertraglicher Hinsicht interessant sein. Sie bieten auch Ansätze für den vorbeugenden Boden- und Gewässerschutz. Eine möglichst gute Faktoreffizienz ist daher neben den erzielbaren Energieerträgen je Flächeneinheit entscheidendes Kriterium für eine ökonomische und ökologische Bewertung von Fruchtfolgen zur Gewinnung energetisch nutzbarer Substrate. Zur Gestaltung von nachhaltigen und produktiven Anbausystemen wird neben der Nutzung von Hauptfrüchten auch auf den Anbau von Zwischenfrüchten, mehrjährigen Ackerfutmischungen und Zweikultursystemen, in welchen sowohl Sommer- als auch Winterkulturen vergleichbare Ertragsmengen zum Jahresertrag beisteuern sollen, Wert gelegt.

Vor diesem Hintergrund wurde im Jahr 2005 ein Fruchtfolgeversuch konzipiert, der durch Landesanstalten, Landesforschungsanstalten, Landwirtschaftskammern und Landesämter aus sieben Bundesländern in ackerbaulich sehr unterschiedlich geprägten Regionen umgesetzt und betreut wurde. Beteiligt waren Institutionen mit pflanzenbaulichen, ökonomischen, ökologischen und technischen Kompetenzen. Damit wurde eine ganzheitliche Bewertung der betrachteten Anbausysteme sichergestellt (FNR 2010), siehe Abbildung 1 (Projektstruktur).

Nach acht Jahren EVA-Forschung wurde dieses umfangreiche Verbundvorhaben mit weiteren Projektpartnern und Versuchsflächen in der dritten Phase fortgesetzt.

Folgende Punkte wurden als Hauptziele und Arbeitsschwerpunkte für EVA III formuliert:

- Vergrößerung der Datenbasis und vertiefte Kenntnisse zum Energiepflanzenanbau in Fruchtfolgen
- Integration „neuartiger“ Alternativen zum Mais-Anbau (siehe „Mais-Deckel“ im EEG 2012 [BMEL 2012]) bzw. Aufzeigen von Vorzügen bereits bekannter und kultivierter Feldfrüchte für den Sektor der Biogasproduktion, z. B. Sorghumhirsen, Blümmischungen, Rüben und Gemenge
- Erprobung von Fruchtarten für Standorte mit Einschränkungen (Stichworte: Ertragsstabilität und Anpassung an suboptimale Bedingungen)
- Optimierung des Energiepflanzenanbaus (Saat- und Erntezeitpunkte, Pflanzenschutz, Düngung, reduzierter Faktoreinsatz)
- Untersuchung der Anbauvarianten Zweikulturnutzung, Mischfrucht- und Zwischenfruchtanbau
- Gärrestverwertung in energetischen Anbausystemen
- Einhaltung und Verbesserung von Nachhaltigkeitskriterien im Energiepflanzenanbau
- Schutz der lebenswichtigen Güter Boden, Luft und Wasser
- Schaffung von Lebensräumen für verschiedene Artengruppen
- Ableitung von Praktiker-Empfehlungen für leistungsstarke, effiziente Energiepflanzen-Fruchtfolgen zur Biogasproduktion auf Grundlage hoher Trockenmasseerträge und Gasbildungspotenziale unter Beachtung der ökologischen Verantwortlichkeit

Das Referat Pflanzenbau des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) begleitet seit 2005 die Forschungen im Teilprojekt 1 des Verbundprojektes EVA (siehe Abbildung 1). Zu den Forschungsschwerpunkten gehört der Grundversuch mit der Erprobung von acht Energiefruchtfolgen in zwei zeitlich versetzten Anlagen, der Gärrestversuch zur Untersuchung verschiedener Stickstoff-Düngungsvarianten (100 % mineralische, 50 % mineralische / 50 % organische und 100 % Gärrestdüngung) und der in EVA III neu angelegte Ertragsicherungsversuch mit dem Ziel Daten zu den drei ertragreichsten Fruchtfolgen aus EVA II für jedes Versuchsjahr zu erhalten.

Der Versuchsstandort des LfULG ist ein in Bezug auf den Wasserhaushalt benachteiligter Standort in Trossin / Nordsachsen (warm-trocken, sandiger leichter Boden mit geringer Wasserhaltekapazität und stark ausgeprägter Frühjahrstrockenheit). Diese Bedingungen werden unter dem Aspekt des Klimawandels in naher Zukunft verstärkt Bedeutung finden. Deshalb ist es besonders wichtig Kenntnisse über an Trockenstress adaptierte Energiepflanzen mit hohem Biomassebildungspotenzial zu erlangen.

Nach 11 Jahren „EVA“-Forschung konnten bedeutende Erfahrungen über den Energiefruchtfolgeanbau gewonnen und Empfehlungen abgeleitet werden (u. a. FNR 2010, FNR 2012, LfULG 2009, GRUNEWALD & JÄKEL 2014, Homepage: www.eva-verbund.de). Langjährige Daten erhöhen deutlich die Akzeptanz bei den Praktikern. Viele gewonnene Fakten flossen in externe Veröffentlichungen, z. B. Energiepflanzen-Bücher, (u. a. VETTER ET AL. 2009) und Gesetze, z. B. EEG 2012 und 2014 (BMEL 2012, BMEL 2014), ein. Das Projekt EVA III und somit auch das LfULG leisteten damit einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Landbewirtschaftung im Energiepflanzenanbau sowie zur Praktiker- und Politikberatung.

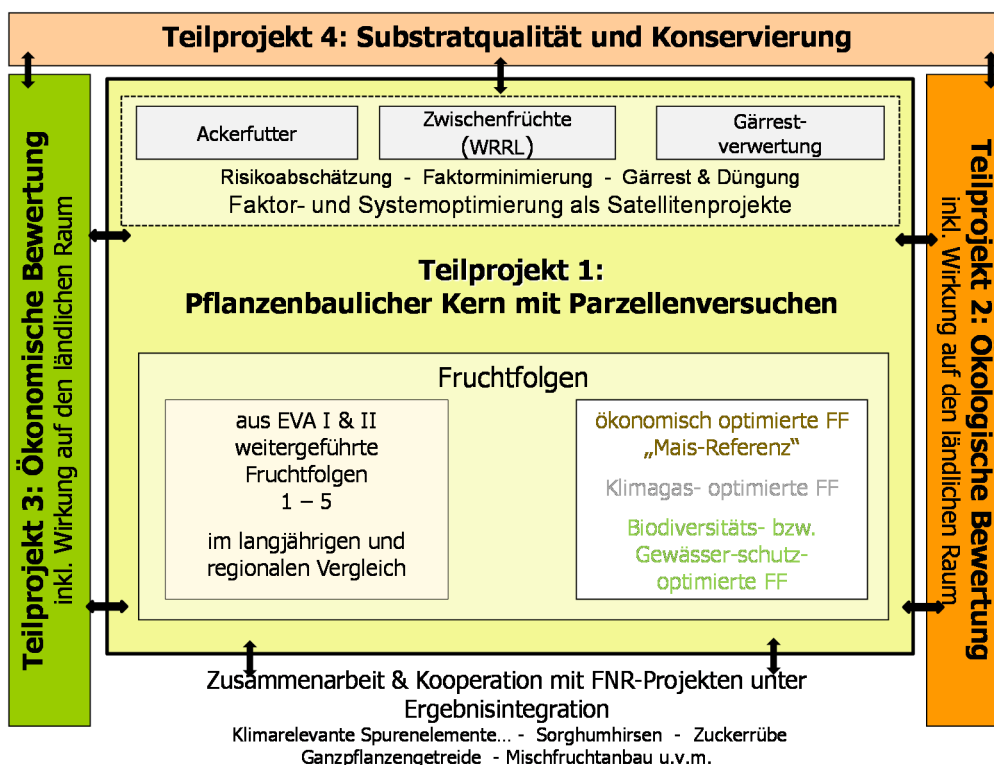


Abbildung 1: Struktur und Teilprojekte des bundesweiten Verbundprojektes EVA III (TLL 2013).

In diesem Abschlussbericht werden Ergebnisse aus dem Energiefruchtfolgeversuch (unter Einbeziehung von Ertragsdaten des Ertragsicherungsversuchs) des Versuchsstandortes Trossin der Vegetationsjahre 2013 - 2015 vorgestellt.

2 Versuchsdurchführung

2.1 Charakterisierung des Standorts

Der Fruchtfolgeversuch wurde auf einem mittelschluffigen Sandboden (Su3 - Ap-Horizont: 67 % Sand, 27 % Schluff, 6 % Ton) in Trossin / Dübener Heide – Landkreis Nordsachsen angelegt (Bänderparabraunerde mit der Ackerwertzahl 31). Der Standort liegt 120 m ü. NN und ist charakterisiert durch eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,9° C sowie einem 30-jährigen Niederschlagsmittel von 554 mm (DWD, 1961-1990). An der nächstgelegenen Wetterstation des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) in Spröda wurden mit 9,7 °C zunehmende Temperaturen und mit 487 mm deutlich geringere Niederschlagsmengen im Mittel der Jahre 1994 bis 2013 gemessen. Trossin ist nicht nur durch relativ geringe Niederschläge, sondern auch durch eine geringe Wasserspeicherkapazität des Bodens geprägt. Die Nährstoffversorgung der Grundnährstoffe P, K und Mg ist gut bis sehr gut, der pH-Wert liegt bei 6,0. Trossin gilt als repräsentativ für die südlichen Gebiete der Fahlerdebodengesellschaften der Moränengebiete im mitteldeutschen Trockengebiet. Die Produktionsschwerpunkte liegen im Anbau von Winterroggen, Kartoffeln und Mais sowie in der Tierproduktion und Forstwirtschaft (Winterroggen-Kartoffel-Region). Trossin wird dem Boden-Klima-Raum 104 - trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes – zugeordnet (Abbildung 2).

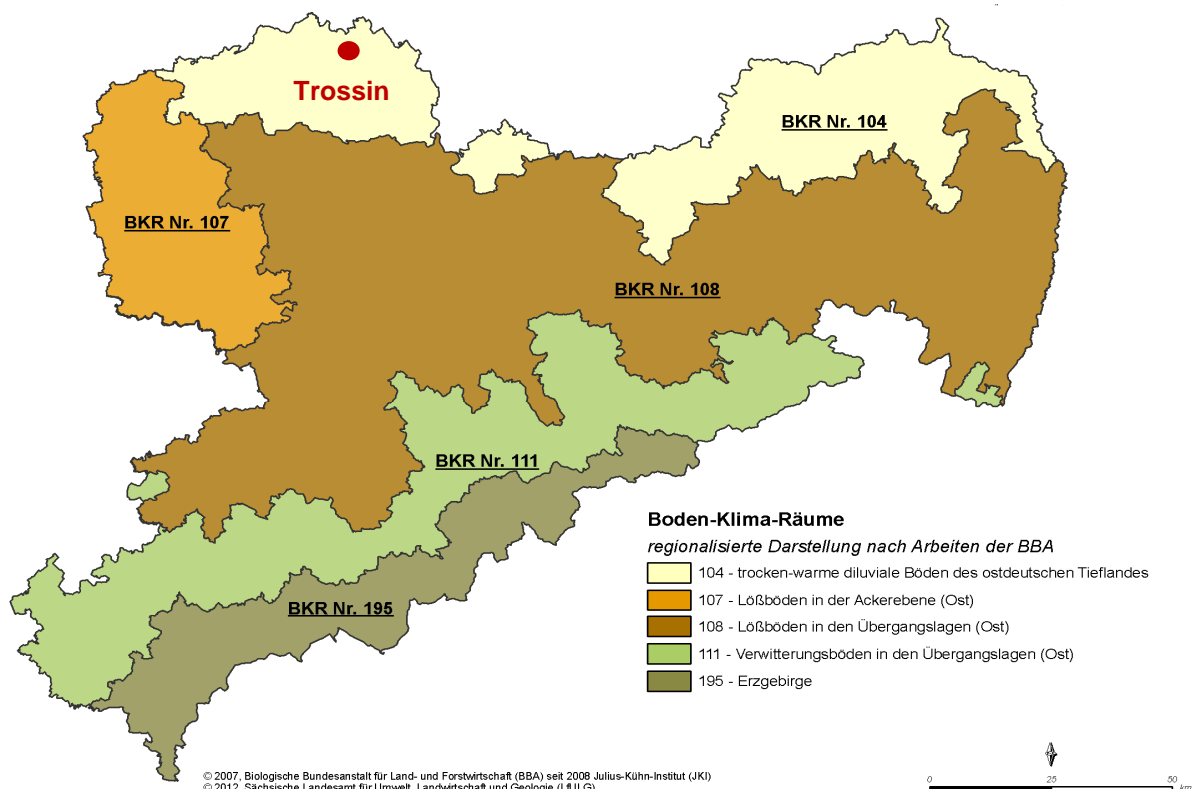


Abbildung 2: Lage des Versuchsstandortes Trossin in Sachsen und Zuordnung zum Boden-Klima-Raum 104 (hellgelb) (Kartenquelle: LfULG 2012).

2.2 Versuchsaufbau

Die Versuchsfläche befindet sich auf der Versuchsstation der Biochem agrar GmbH in Trossin. Es handelt sich um eine randomisierte Blockparzellenanlage (Länge: 160 m, Breite: 40 m), bestehend aus zwei Versuchsanlagen (Grundversuch mit 10 Prüfgliedern mal vier Wiederholungen = 40 Parzellen [für das Projekt EVA wurden nur 8 x 4 Prüfglieder = 32 Parzellen genutzt] und um ein Jahr zeitlich versetzt angelegte Spiegelvariante mit 8 Prüfgliedern / Fruchtfolgen mal vier Wiederholungen = 32 Parzellen). Die Durchführung des EVA III-Grundversuchs (Anlage 5) begann im Herbst 2012 / Frühjahr 2013, bei der Spiegelung (Anlage 6) erfolgte die erste Aussaat im Herbst 2013 bzw. Frühjahr 2014. Der Fruchtfolgeversuch des Projektes EVA III baut auf Vorversuche des Projektes EVA der Jahre 2005 bis 2009 (Anlagen 1 und 2) bzw. EVA II der Jahre 2009 bis 2013 (Anlagen 3 und 4) auf. Die Größe einer Anlageparzelle beträgt 36 m² (6 m x 6 m), geerntet wurden 18 m² (3 m x 6 m). Die Versuchsanlage zeigen die Abbildungen 3 und 4.

Beim Energiefruchtfolgeversuch wurden acht verschiedene Varianten untersucht (siehe Tabelle 1). Sie berücksichtigten sowohl traditionelle Kulturpflanzen (Mais, Getreidepflanzen) als auch neuere Arten, wie Zucker-/Futterhirsen und Sudangrashybriden (Sorghumhirsen). Weiterhin wurde die Kombination von Energiepflanzen und Marktfrüchten geprüft. Zur Erhöhung der Biodiversität sind mit Rüben, Gemenge (z. B. Wickroggen) und Blümmischungen weitere für die Energiepflanzenproduktion interessante Kulturen in die Fruchtfolgen aufgenommen worden. Zur optimalen Ausnutzung der gesamten Vegetationszeit kam den Zwischenfrüchten (Sommer- als auch Winterkulturen) und dem Zweikultur-Nutzungssystem eine große Bedeutung zu. Das Ziel der ganzjährigen Bodenbedeckung zur Vermeidung von Erosionen und Nährstoffverlagerungen im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie konnte auch durch Ackergras-(Leguminosen-)Mischungen erzielt werden.

Die ertragsstärksten Fruchtfolgen aus EVA II (FF 1-3), bestehend aus einer Kombination von C₃-Pflanzen (Getreideganzpflanzen) und C₄-Pflanzen (Mais, Sorghumhirsen) wurden zur Ertrags- und Datensicherung bei EVA III übernommen. Da Wintergetreide im Vergleich zu den Sommergetreidekulturen einen bedeutenden Mehrertrag von 20-25 % realisierte (LFULG 2009, GRUNEWALD & JÄKEL 2014), wurde auf Sommerarten in den Anbausystemen verzichtet. Versuche mit Sorghumhirsen zeigten ein höheres Ertragspotenzial der Futterhirsen (*Sorghum bicolor*), dagegen eine bessere und schnellere Abreife bei den Sudangrashybriden (*Sorghum bicolor x sudanense*, THEIß & JÄKEL 2012, 2014). Demzufolge wurden Futterhirsen als Hauptfrüchte und die Sudangrashybriden als Zweit- bzw. Sommerzwischenfrüchte in die Fruchtfolgen aufgenommen. Auch EVA III setzte auf mehrjährige Ackerfutter-Leguminosen-Mischungen (FF 4). Im Vergleich zu EVA II wurde Luzerne-Kleegras mit dem trockenoleranteren Luzernegras, einem Gemenge aus Luzerne, Knautgras und Glatthafer, ausgetauscht, da Rotklee in den meisten Versuchsjahren aufgrund von Wassermangel verdrängt wurde. Das Ziel der Gewinnung und Darstellung von Rüben als nachhaltiges Biogassubstrat und eines vermehrten Anbaus in der Praxis verfolgte Fruchtfolge 5. Neben diesen fünf aus EVA I und EVA II weiter geführten Fruchtfolgen zum langjährigen und regionalen Vergleich wurden für EVA III drei neue, themenspezifische Anbausysteme konzipiert:

- die ökonomisch optimierte Fruchtfolge 6 (Mais-Referenz-Fruchtfolge)
- die Klimagas-optimierte Fruchtfolge 7, die analog der Fruchtfolge 3 aufgebaut ist, allerdings mit 25 % weniger Stickstoff gedüngt wurde
- die Biodiversitäts-Fruchtfolge 8 als Anziehungspunkt für Brutvögel und Blütenbesucher

Praktiker bemängelten oft, dass die gerade für leichte, trockenere Böden relevante Getreideart Winterroggen in Trossin keinen Platz in den EVA II-Anbausystemen gefunden hat. Dies wurde bei der Versuchsplanung des Folgeprojektes berücksichtigt. Sowohl Roggen-Reinbestände als auch Gemenge, wie Wickroggen - ein winterhartes Gemenge aus Winterwicke und Winterroggen, zum Teil erhältlich mit Grasmischungspartnern, wie Wiesenschwingel oder Welschem Weidelgras - wurden bei EVA III erprobt (FF 5 und 8).

Die Fruchtfolgevarianten sollten einheitlich mit dem Anbau von Winterroggen zur Kornnutzung abschließen, um fruchtfolgeabhängige Einflüsse zu prüfen (Tabelle 1). Aufgrund des vorzeitigen Projektabbruchs konnten die Anbauversuche jedoch nicht mit der Abschlussfrucht enden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Acht Fruchtfolgesysteme (mit Angabe von Erntejahr, Nutzung und Fruchtfolgestellung der angebauten Kulturarten), die im Rahmen des Projektes EVA III (2013-2015) am Versuchsstandort Trossin (Sachsen) untersucht wurden*.

FF	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017
1	WiGerste (GPS, HF) S. b. x s. (GPS, SZF)	Mais (GPS, HF)	WiTriticale (GPS, HF) Phacelia (GD, SZF)	WiRoggen (Korn, HF)
2	Senf (GD, SZF) S. bicolor (GPS, HF)	Grünroggen (GPS, WZF) Mais (GPS, ZF)	WiTriticale (Korn, HF)	WiRoggen (Korn, HF)
3	Senf (GD, SZF) Mais (GPS, HF)	Grünroggen (GPS, WZF) S. b. x s. (GPS, ZF)	WiTriticale (GPS, HF) Einj. Weidelgras (GPS, SZF)	WiRoggen (Korn, HF)
4 Ackerfutter-FF	Luzernegras (GPS, HF)	Luzernegras (GPS, HF)	Mais (GPS, HF)	WiRoggen (Korn, HF)
5 Rüben-FF	Wickroggen (GPS, HF)	W. Weidelgras (GPS, WZF) Mais (GPS, ZF)	Zuckerrübe (GPS, HF)	WiRoggen (Korn, HF)
6 ökonom. FF	Mais (GPS, HF)	Mais (GPS, HF)	Mais (GPS, HF)	WiRoggen (Korn, HF)
7 Klimagas-FF -25 % N zu FF 3	Senf (GD, SZF) Mais (GPS, HF)	Grünroggen (GPS, WZF) S. b. x s. (GPS, ZF)	WiTriticale (GPS, HF) Einj. Weidelgras (GPS, SZF)	WiRoggen (Korn, HF)
8 Biodiversitäts- FF	Wickroggen (GPS, WZF) Mais (GPS, ZF)	Hybridroggen (GPS, HF)	Blühmischung (GPS, HF)	WiRoggen (Korn, HF)

* Erntejahr: Grundversuch (Anlage 5) / Spiegelung (Anlage 6); Nutzung: GPS = Ganzpflanzensilage, GD = Gründüngung; Fruchtfolgestellung: SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, HF = Hauptfrucht, ZF = Zweitfrucht.

Schattierung weiß = Ernte als Ganzpflanzensilage, Schattierung hellgrün = Ernte als Marktfrucht zur Kornnutzung



Abbildung 3: EVA III-Blockparzellenanlage in Trossin (Grundversuch). Links: Anlage 6 (Spiegelung, 5. Mai 2014), rechts: Anlage 5 (1. Juli 2013).

Grundversuch – Anlage 5 (ab 2013)

5 d	3 d	8 d	2 d	7 d	4 d	6 d	1 d
4 c	7 c	1 c	6 c	8 c	2 c	3 c	5 c
6 b	8 b	5 b	7 b	3 b	1 b	4 b	2 b
1 a	2 a	3 a	4 a	5 a	6 a	7 a	8 a

Spiegelvariante – Anlage 6 (ab 2014)

10 d	6 d	4 d	7 d	1 d	8 d	2 d	3 d	9 d	5 d
2 c	1 c	9 c	3 c	5 c	7 c	8 c	10 c	4 c	6 c
5 b	6 b	4 b	7 b	2 b	8 b	1 b	3 b	9 b	10 b
1 a	2 a	9 a	3 a	7 a	5 a	6 a	10 a	4 a	8 a

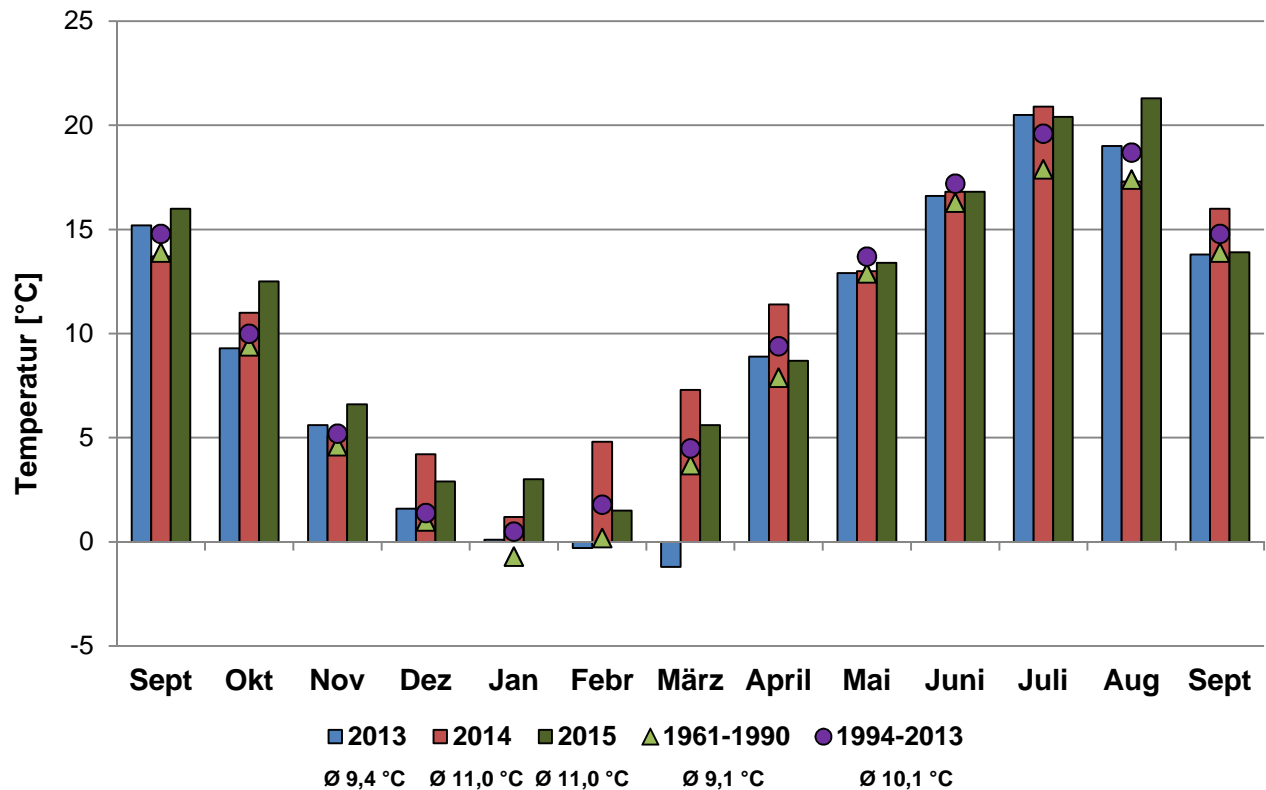


Abbildung 4: EVA III-Versuchsfläche – randomisierte Blockparzellenanlage – auf der Versuchsstation der Biochem agrar GmbH in Trossin, links: Spiegelvariante [Anlage 6] mit 8 Prüfgliedern x 4 Wiederholungen / 32 Parzellen – Beginn: 2014, rechts: Grundanlage mit 10 Prüfgliedern x 4 Wiederholungen / 40 Parzellen – Beginn: 2013 (Prüfglieder 9 und 10 wurden nicht für Versuche im Rahmen des EVA-Projektes genutzt).

● Standpunkt des „Fotografen“ der Fotos in Abbildung 3

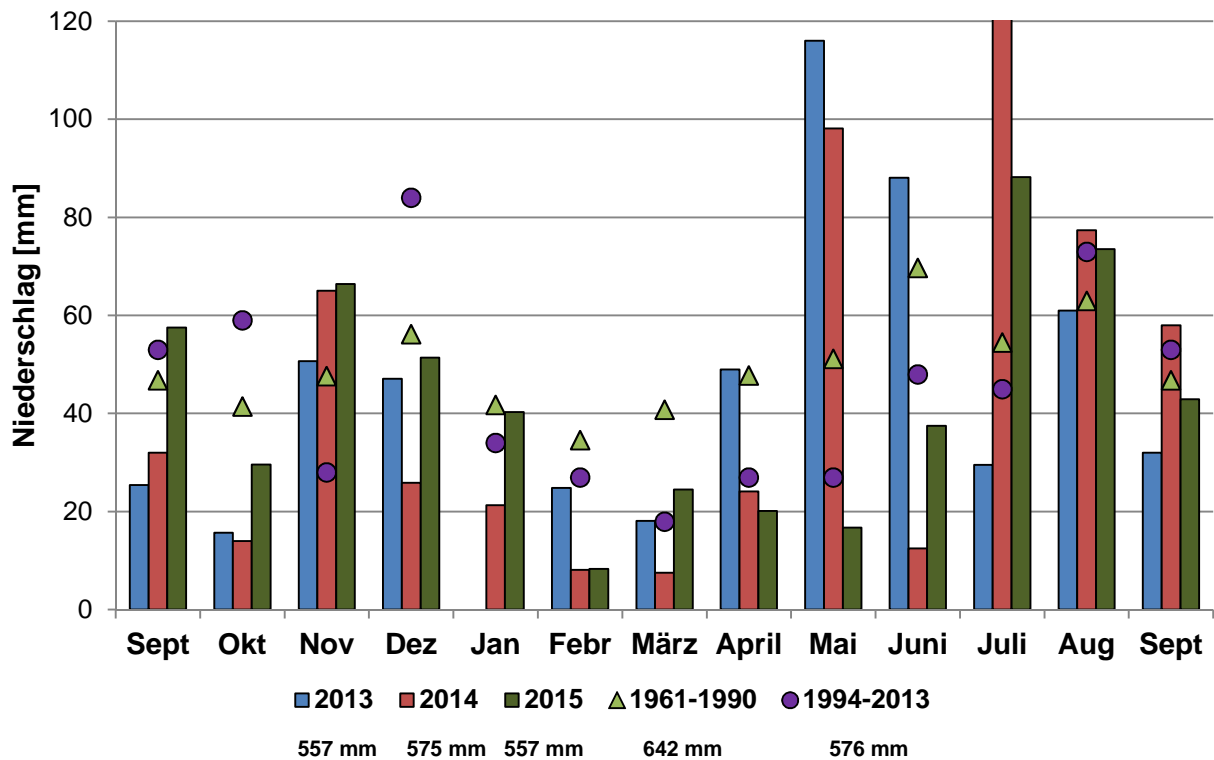
2.3 Witterungsverlauf

Die Witterungsparameter Lufttemperatur [° C], Niederschlagsmenge [mm] und Globalstrahlung [W/m²] für den Versuchsstandort Trossin (Datenquelle: Wetterstation Spröda des LfULG) der Vegetationsjahre 2013, 2014 und 2015 sind im Vergleich zum 30-jährigen (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, 1961-1990) und 20-jährigen Mittel (Wetterstation Spröda, 1994-2013) in den Abbildungen 5 bis 7 dargestellt. Die agrarmeteorologische Messstation Spröda befindet sich im gleichen klimatischen Raum wie Trossin (Boden-Klima-Raum 104: trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes).



° C	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Febr	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept
2012/ 2013	15,2	9,3	5,6	1,6	0,1	-0,3	-1,2	8,9	12,9	16,6	20,5	19,0	13,8
2013/ 2014	13,8	11,0	5,1	4,2	1,2	4,8	7,3	11,4	13,0	16,8	20,9	17,3	16,0
2014/ 2015	16,0	12,5	6,6	2,9	3,0	1,5	5,6	8,7	13,4	16,8	20,4	21,3	13,9
1961- 1990	13,9	9,4	4,6	1,0	-0,7	0,2	3,7	7,9	12,9	16,3	17,9	17,4	13,9
1994- 2013	14,8	10,0	5,2	1,4	0,5	1,8	4,5	9,4	13,7	17,2	19,6	18,7	14,8

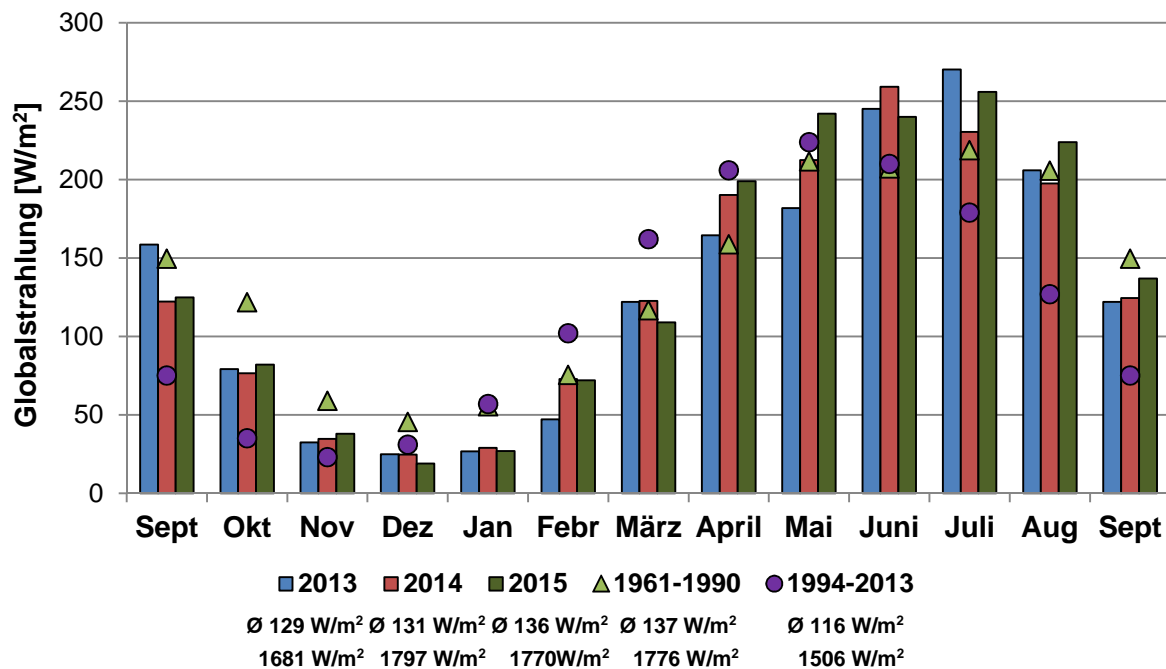
Abbildung 5: Monatliche Mittel der Lufttemperatur des Versuchszeitraums (2 m Höhe, in °C):
- Säule - blau: Versuchsjahr 2013 (Sept. '12 - Sept. '13), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule - rot: Versuchsjahr 2014 (Sept. '13 - Sept. '14), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule - grün: Versuchsjahr 2015 (Sept. '14 - Sept. '15), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Dreieck - grün: 30-jähriges Temperatur-Monatsmittel (1961-1990), Mittelwerte von Torgau und O-schatz (Deutscher Wetterdienst)
- Kreis - lila: Lufttemperatur-Monatsmittel des Zeitraums 1994-2013, Trossin (Wetterst. Spröda)



mm	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Febr	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept
2012/ 2013	25	16	51	47	0	25	18	49	116	88	30	61	32
2013/ 2014	32	14	65	26	21	8	8	24	98	13	131	77	58
2014/ 2015	58	30	66	51	40	8	25	20	17	38	88	74	43
1961- 1990	47	42	48	56	42	35	41	48	51	70	55	63	47
1994- 2013	53	59	28	84	34	27	18	27	27	48	45	73	53

Abbildung 6: Monatliche Niederschlagssummen des Versuchszeitraums (in mm):

- Säule - blau: Versuchsjahr 2013 (Sept. '12 - Sept. '13), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule - rot: Versuchsjahr 2014 (Sept. '13 - Sept. '14), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule - grün: Versuchsjahr 2015 (Sept. '14 - Sept. '15), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Dreieck - grün: monatliche Niederschlagssummen im Mittel der Jahre 1961-1990, Mittelwerte von Torgau und Oschatz (Deutscher Wetterdienst)
- Kreis - lila: monatliche Niederschlagssummen im Mittel der Jahre 1994-2013, Trossin (Wetterstation Spröda)



W/m ²	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Febr	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept
2012/ 2013	159	79	32	25	27	47	122	165	182	245	270	206	122
2013/ 2014	122	77	35	25	29	73	123	190	212	259	231	198	125
2014/ 2015	125	82	38	19	27	72	109	199	242	240	256	224	137
1961- 1990	150	122	59	46	56	76	117	159	212	207	219	206	150
1994- 2013	75	35	23	31	57	102	162	206	224	210	179	127	75

Abbildung 7: Monatsmittel der Globalstrahlung des Versuchszeitraums (in W/m²):

- Säule - blau: Versuchsjahr 2013 (Sept. '12 - Sept. '13), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule - rot: Versuchsjahr 2014 (Sept. '13 - Sept. '14), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule - grün: Versuchsjahr 2015 (Sept. '14 - Sept. '15), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Dreieck - grün: 30-jähriges Globalstrahlung-Monatsmittel (1961-1990), Mittelwerte von Torgau und Oschatz (Deutscher Wetterdienst)
- Kreis - lila: Globalstrahlung-Monatsmittel der Jahre 1994-2013, Trossin (Wetterstation Spröda)

Vegetationsjahr 2013

Im Herbst 2012 wechselten sich wärmere, trockenere, sonnenscheinreiche und kühlere, feuchtere Abschnitte ab. Mit Ausnahme von Ende November und Anfang-Mitte Dezember (kalt, Schneefall) begann der Winter sehr mild und regenreich. Der milde Winter setzte sich auch im Jahr 2013 fort, wurde jedoch von einigen Frostperioden, größtenteils ohne schützende Schneedecke, unterbrochen. Die von Mitte März bis Mitte April andauernde Kälte brachte einen Vegetationsrückstand der Winterkulturen von ca. 2 Wochen. Nach ein paar sonnenscheinreichen Sommertagen Ende April blieb das Frühjahr 2013 insgesamt im durchschnittlichen Tempe-

raturbereich. Extreme Dauerniederschläge bis hin zu Starkregenereignissen prägten den Vorsommer. Vom „Hochwasser Sachsens“ waren jedoch nur wenige Parzellen der Versuchsfläche betroffen. Auf die Nässe folgten Hitze und Trockenheit verbunden mit Blattschäden an den Feldfrüchten. Die wenigen Niederschläge im Juli ($\bar{\varnothing}$ 30 mm) traten in der letzten Monatswoche in Form von Gewittern auf. Die warmen Sommertemperaturen reichten bis in den September hinein, aber es gab auch schon die ersten frischen Nächte mit Temperaturen < 5 °C. Niederschläge kamen im August ebenfalls nur an wenigen Tagen und dann meist unwetterartig zu Boden. Ab Mitte September unterbrachen Tiefausläufer den „goldenen“ Herbstbeginn mit stark bewölkten Tagen und Nieselregen. Zum Monatsende hin setzte sich wieder wärmeres, sonniges Wetter durch, welches die Durchschnitts-Sonnenscheinbilanz im September deutlich verbesserte.

Vegetationsjahr 2014

Das Versuchsjahr 2014 (September '13 - September '14) verlief mit $\bar{\varnothing}$ 11,0 °C und 575 mm Niederschlag im Vergleich zum langjährigen Mittel des Deutschen Wetterdienstes (1961-1990) deutlich zu warm und zu trocken. Aber schon bei den Aufzeichnungen der LfULG-Wetterstation Spröda ab dem Jahre 1994 zeichnet sich ein Temperaturanstieg und ein Rückgang der jährlichen Niederschlagsmenge ab. Die Globalstrahlung lag in der Summe mit 1797 W/m² etwas über dem DWD-Referenzwert. Die Aussaat der Winterungen wurde im Herbst 2013 von wechselnden Wetterlagen begleitet: Anfang September spätsommerlich schön, ab Mitte des Monats ein abrupter Temperatursturz mit Nachtfrösten sowie überwiegend nasser und neblig-trüber Witterung, aber ab der zweiten Oktoberhälfte wieder milder und trockener. Bis auf wenige kalte Tage unter dem Nullpunkt Ende November war der Winter extrem mild, grau, windig und zu niederschlagsarm. Die warme Westströmung setzte sich fort und führte zu einem überdurchschnittlich warmen und sonnenscheinreichen Frühling. Während der März und April zu wasserarm waren, sorgten vor allem heftige Gewitter für einen nassen Mai. Der Sommer 2014 zeigte sich bei insgesamt leicht überdurchschnittlicher Temperatur und Sonnenstrahlung anfangs sehr trocken (Juni). Im Juli und August gelangte Trossin häufiger in den Einflussbereich von Tiefdruckgebieten, die schwül-warme Luft mit Starkniederschlägen brachten. Die Erntezeit war in Bezug auf das Wetter sehr abwechslungsreich: Teils herrschten noch hochsommerliche Temperaturen mit viel Sonnenschein, teils zeigte sich schon der deutlich frischere Herbst mit Regen, Nebel und ersten Nachtfrösten.

Versuchsjahr 2015

Im Herbst 2014 dominierte warme Luft, Nachtfröste blieben aus. Der Herbst war rund 2 °C wärmer als das Mittel der letzten 20 Jahre (1994-2013). Bis auf den Oktober war das Wasserangebot ausreichend. Auch der Winter ist bis auf ein paar wenige Frostphasen sehr mild verlaufen. Auf einen sehr trüben, windigen und nässeren Januar folgten ein trockener, sonnenscheinreicherer Februar und März. Im Frühjahr verschärfte sich die Wasserlage deutlich. Extreme Dürreperioden ab Ende April führten zu erheblichen Schwierigkeiten beim Aufgang der Sommerfrüchte, insbesondere der Zweitkulturen. Durchschnittliche Frühjahrstemperaturen gingen in sehr heiße Sommermonate über. Hohe Sonneneinstrahlung und Hitze verursachten Trockenstress und -schäden an den Pflanzen. Kurze Starkregenereignisse Mitte Juni und Juli konnten die entleerten Bodenwasservorräte zwar nicht auffüllen, führten aber zur Verbesserung der Etablierungssituation bei den Zweitfrüchten. „Bestandesrettende“ Niederschläge kamen erst Mitte August bis Anfang September. In Kombination mit der sehr warmen, sonnenscheinreichen Witterung konnten die Sommerkulturen noch deutlich an Biomasse zulegen. Trockenstress induzierte Abreife, verbunden mit einem starken Anstieg des TS-Gehaltes, führte dennoch zu einer vorzeitigen Ernte, so dass die Vegetationszeit von den meisten Kulturen nicht ausgenutzt wurde.

Zusammenfassung der Witterung im Versuchszeitraum

Zusammenfassend zeichnet sich deutlich eine Temperaturerhöhung ab. Die Temperaturmittelwerte der Versuchsjahre 2014 und 2015 liegen weit über dem DWD-Standortmittel von 9,1 °C für den Zeitraum 1961-90. Temperaturentnahmen des LfULG seit 1994 bekräftigen diese Vermutung (1994-2013: Ø 9,8 °C). Niederschläge fielen im Versuchszeitraum viel geringer aus im Vergleich zum langjährigen Mittel des DWD (1961-90). Der Beobachtungszeitraum 1994-2013 verzeichnet ebenfalls eine Abnahme der Wassermenge innerhalb einer Vegetationsperiode. Der Versuchsstandort Trossin ist demnach interessant für Fragestellungen zum Energiepflanzenanbau unter Beeinflussungen des Klimawandels (Globale Erwärmung).

Eine Übersicht zur Witterung in den einzelnen Versuchsjahren mit Bewertung für das pflanzliche Wachstum ist in Tabelle 2 aufgezeigt.

Tabelle 2: Bewertung der Witterung in den einzelnen Versuchsjahren (Vegetationsperiode September - September) am Standort Trossin.

Jahr	Ø-Temperatur / Niederschlagssumme	Witterung	Auffälligkeiten	Bewertung für Pflanzenwachstum
2013	T = 9,4 °C NS = 557 mm	wechselhaft	Frühjahr kalt, Vorsommer mit Starkregenereignissen, Sommer sehr heiß und trocken	Wachstumsrückstand der Winterkulturen, Hitzestress bei den Sommerungen durch mild-feuchte Witterung Förderung von Pilzkrankheiten (Getreide), Auflaufprobleme der Sommerhauptfrüchte, gute Etablierungsbedingungen für Zweitkulturen, Spätsommer sehr gute Wachstumsbedingungen für C ₄ -Pflanzen
2014	T = 11,0 °C NS = 575 mm	warm / Wasserangebot wechselnd	Winter mild, Apriltrockenheit, Mainass, Sommer anfangs trocken, dann schwül-warm mit NS	erhebliche Probleme beim Aufgang der Zweitkulturen, Trockenstress und -schäden bei den Sommerfrüchten, daher auch frühzeitige Abreife
2015	T = 11,0 °C NS = 557 mm	warm / trocken	Winter mild, ausgeprägte Frühjahrs- und Sommertrockenheit, „Bestandesrettende“ Niederschläge ab Mitte August	
Ø	Mittel der Jahre 19961-1990 (DWD) Temperatur: 9,1 °C Niederschlag: 642 mm		Mittel der Jahre 1994-2013 (LfULG) Temperatur: 10,1 °C Niederschlag: 576 mm	

2.4 Anbautechnik

Hauptkriterium für einen erfolgreichen Energiepflanzenanbau ist der Trockenmasseertrag der oberirdischen Pflanzenteile, da dieser bei den meisten Kulturarten mit dem Biogas/Methangas- bzw. Bruttoenergieertrag korreliert (RÖHRICHT ET AL. 2008). Geeignete Biogaspflanzen müssen sich weiterhin durch eine gute Silier- und Vergärbarkeit auszeichnen, wobei der TS-Gehalt des Erntegutes eine große Rolle spielt. Aus diesem Grund wurden an den Standort angepasste (leichte Böden, geringe Wasserspeicherkapazität des Oberbodens, geringe Niederschläge) Sorten gewählt, die hohe Mengen an Biomasse (Trockenmasse) für die Biogasproduktion bereitstellen, sowie eine möglichst rasche Jugendentwicklung und ein günstiges Abreifeverhalten aufweisen. Angaben zu den angebauten Sorten sind Tabelle A1 im Anhang zu entnehmen. Da der mittelspäte Mais „Atletico“ (S 280) im Vorgängerprojekt in kühleren Versuchsjahren und als Zweitfrucht nicht zufriedenstellend abreifte, wurde bei EVA III auf frühere Mais-Sorten (Hauptfrucht: S 240-S270 „Ronaldinio“/„Grosso“/„Agro Vitallo“, Zweitfrucht: S 230-S240 „Padrino“/„Claudio“) gesetzt. Die *Sorghum bicolor*-Sorte „HERKULES“ wurde 2013 nach den aktuellen Anbauempfehlungen ausgewählt (THEIB & JÄKEL 2012 sowie mündliche Mitteilung 2013). Da die Sorte „Palazzo“ bereits in Versuchen zur Ertragsprüfung von Hybridroggen an drei sächsischen Standorten zum Einsatz kam, wurde sie zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse auch bei EVA III verwendet (GRUNEWALD & JÄKEL 2014 b). Für Wickroggen, ein winterhartes Gemenge aus Roggen und Wicke, wurde die aussaatfertige Variante mit Untersaat (Welsches Weidelgras) ausgesucht (Wickroggen Plus, vgl. Tabelle A1), um in Fruchtfolge 5 kostengünstig zu verfahren. Das Welsche Weidelgras wurde nach der Wickroggen-Ernte als Winterzwischenfrucht vor Mais weiter genutzt (siehe Tabelle 1). Die Luzernegras-Mischung QA7 (4 kg/ha Knautgras, 3 kg/ha Glatthafer und 13 kg/ha Luzerne) für wechsellückene bis trockene Standorte entspricht den Normen einer Sächsischen Qualitätsmischung. Als Blümmischung zur Biomasseerzeugung wurde die ökonomisch ausgerichtete „BG 90“ empfohlen. Diese ist noch zur Aussaat nach Aberntung von GPS-Getreide geeignet. Von einer einjährigen Biogas-Wildpflanzenmischung, wie die „BG 80“, wurde aufgrund des relativ späten Aussaattermins nach Hybridroggen abgeraten (SAATENZELLER 2014, mündliche Mitteilung).

Die anbautechnischen Maßnahmen erfolgten nach den Prinzipien der guten fachlichen Praxis.

Die Tabelle A1 (Anhang) gibt die Aussaat- und Aufgangsdaten sowie Saatstärken der einzelnen Fruchtfolgeglieder des Fruchtfolgeversuches wieder. Bei allen Fruchtarten wurde ein standortüblicher Aussaattermin gewählt.

Im Versuchsjahr 2013 konnten die Sorghumhirsen aufgrund von Starkregenfällen und folglich Bodenvernässung erst relativ spät gedrillt werden. Sowohl *Sorghum bicolor* in Hauptfruchtstellung (FF 2) als auch *Sorghum bicolor x sudanense* in Zwischenfruchtstellung (FF 1) wurden am selben Tag (7. Juni 2013) gedrillt. Auch nach der Wickroggenernte am 23. Mai 2013 verzögerte sich die Mais-Zweitfrucht-Aussaat bis in den Juni. Mais in Hauptfruchtstellung dagegen konnte zum optimalen Aussaattermin Ende April in den Boden gebracht werden. Bodenvernässungen nach den C₄-Pflanzen-Ernten Anfang Oktober 2013 machten auch Aussaat des Roggens (Grünroggen, Hybridroggen) auf der Grundanlage erst zum 22. Oktober 2013 möglich. Es wurde versucht diese Spätsaaten mit höheren Saatstärken zu kompensieren (390 bzw. 270 Körner/m²). Der zeitige Drusch der Vorfrucht Roggen ließ bei den Getreidearten (Wintergerste und Wickroggen) der Spiegelanlage dagegen ein Drillen zum Optimaltermin Mitte September zu. Mais in Hauptfruchtstellung konnte aufgrund sehr günstiger Witterungsbedingungen bereits 2 Wochen früher - Mitte April 2014 - in den Boden gebracht werden. Bei den

Sorghumhirsen behinderten abfallende Temperaturen und Regenfälle Anfang Mai ein vorzeitiges Drillen. *Sorghum bicolor* wurde nach Anbauempfehlung, Mitte Mai, allerdings mit einer leicht erhöhten Saatkichte (27 Körner/m²) ausgesät (THEIß & JÄKEL 2012). *Sorghum bicolor* x *sudanense* in Zweit- und Zwischenfruchtstellung wurde aufgrund der sehr frühen Vorfruchternten im Frühjahr 2014 bereits kurz nach der *Sorghum*-Hauptfrucht gedrillt (23. Mai 2014).

Im Vegetationsjahr 2015 machte der trotz optimaler Aussaat Ende September 2014 lückenhafte Aufgang von Wintertriticale ein Nachdrillen Anfang November unumgänglich (235 Kö/m²). Hybridroggen und Grünroggen wurden aufgrund der spät geernteten Vorfrüchte (Mais, *Sorghum*) erst Ende Oktober 2014 gesät. Infolge der stark ausgeprägten Frühjahrstrockenheit konnten die Zweitkulturen Mais und *Sorghum bicolor* x *sudanense* erst Ende Mai 2015 in den Boden gebracht werden. Da für *Sorghum bicolor* x *sudanense* eine Saatkichte von ca. 40 keimfähigen Körnern je m² empfohlen wird (THEIß & JÄKEL 2012), wurde mit 25 Körnern je m² eine zu geringe Saatkichte vom Dienstleister ausgebracht. Dieser Fehler wurde allerdings erst zu spät bemerkt.

Die Berechnung der Aufwandmenge an Gesamtstickstoff für die einzelnen Pflanzenarten erfolgte mithilfe des Programms BEFU (FÖRSTER ET AL. 2013, 2014, 2015). Dieses Programm berücksichtigt den mineralischen Nährstoffgehalt des Bodens (N_{min}-Gehalt) vor der Düngung im Frühjahr und die Ertragserwartung der Fruchtart (Nährstoffentzug bei der Ernte). In Tabelle A1 sind die Düngermengen für mineralischen Stickstoff angegeben. Kulturarten in Fruchtfolge 7 als Klimagasoptimierte Variante wurden nur mit 75 % N_{optimal} versorgt. Im Jahr 2013 erfolgte die N-Düngergabe mittels KAS (Kalkammonsalpeter aus 13,5 % Nitratstickstoff, 13,5 % Ammoniumstickstoff und 22 % Calciumcarbonat), 2014 hauptsächlich mittels Alzon 46 (Harnstoff mit Nitrifikationshemmstoff, 46 % N Gesamtstickstoff als Carbamidstickstoff) und 2015 aufgrund geringer S_{min}-Werte im Frühjahr mit Piammon 33-S (Ammoniumsulfat-Harnstoff aus 22,6 % Carbamidstickstoff, 10,4 % Ammoniumstickstoff und 12 % wasserlöslichem Schwefel). Zu Mais und den Sorghumhirsen wurde 2014 erstmalig eine Unterfußdüngung von 18 kg N/ha Diammonphosphat (DAP – 18 % Ammonium, 46 % wasserlösliches Phosphat) gegeben.

Im Versuchsjahr 2014 fand eine Grunddüngung der Versuchspartellen am 3. März (Anlage 5) bzw. 24. Februar (Spiegelanlage 6) statt (Triplesuperphosphat mit 46 % Phosphat, Kornkali aus 40 % Kaliumoxid, 6 % Magnesiumoxid, 4 % Natriumoxid und 12,5 % Schwefeltrioxid, siehe Tabelle A1). Die letzte Grunddüngung der Versuchspartellen erfolgte im März 2011 (K, P und Mg: 100 kg/ha 60iger Kali, 30 kg/ha Triple-Super-Phosphat, Anlage 5) bzw. im März 2012 (Ca, Mg: 15 dt/ha Kohlensaurer Magnesiumkalk, Anlage 6).

Da Energiepflanzen im Vergleich zu Marktfrüchten nicht vollkommen „rein“ (ohne Unkräuter) geerntet werden müssen, ist der intensive Einsatz von Pflanzenschutzmitteln unnötig. Je nach Pflanzenart und Unkrautwachstum bzw. Schädlingsbefall wurde eine niedrige bis mittlere Behandlungsintensität gewählt. Gegen einkeim- und zweikeimblättrige Schädgräser bzw. -kräuter kamen jeweils für die Pflanzenart zugelassene und empfohlene Herbizide zum Einsatz (Successor, Maister Power, Kelvin und Certrol B [Mais], Gardo Gold [C₄-Pflanzen, Rübe], Rebell, Betanal Expert, Fusilade Max und Spectrum [Rübe] sowie Arelon, Fenikan und Herold SC [Getreide]). Zur Bekämpfung von beißenden sowie saugenden Insekten wurde das Insektizid Karate Zeon verwendet. Die schlecht entwickelten Hybridroggen- und Triticalebestände wurden 2013/2014 bzw. 2014/2015 mit Fungiziden gegen Pilzkrankheiten (Amistar, Folicur) und Wachstumsreglern (CCC) zur Halmfestigung und Bestockung behandelt. Auch die Rübe wurde gegen pilzliche Schaderreger gespritzt (Juwel). Zu gut etablierten Getreidebeständen wurden weder Fungizide noch Wachstumsregler gegeben. Eine genaue Auflistung der angewendeten Pflanzenschutzmittel zeigt Tabelle A1 (Anhang).

Die Maiszünslerbekämpfung erfolgte auf biologische Weise mithilfe der Schlupfwespenart *Trichogramma brassicae*. Die weniger als 0,5 mm großen Trichogramma-Weibchen parasitieren die Maiszünsler-Eier, indem sie ihre Eier direkt in die des Maisschädlings ablegen. Kurze Zeit später schlüpfen aus den Maiszünsler-Eiern neue Schlupfwespen, die weitere Maiszünsler-Eier befallen und somit das Schadpotenzial weiter reduzieren (BIOCARE 2013). Die Nützlinge wurden über Trichosafe®-Kugeln der Firma Biocare manuell ausgebracht (vgl. Abbildung 8). Die Standard-Variante für einen mittleren Maiszünsler-Befall beträgt 100 Kugeln je Hektar. Pro Parzelle wurden 2 Zellstoffkügelchen mit je 1.100 Schlupfwespen auf den unteren Maisblättern verteilt. Die Ausbringung erfolgte zweimalig – zum Flugbeginn des Maiszünslers und nochmals 14 Tage später. In den Trichosafe®-Kugeln befinden sich verschiedene Entwicklungsstadien der von Trichogramma parasitierten Wirtseier und nicht geschädigte Eier, so dass sich der Schlupf zur längeren Wirksamkeit über einen Zeitraum von bis zu 3 Wochen hinzieht. Der richtige Ausbringzeitpunkt wurde vom Referat Pflanzenschutz des LfULG über ein Monitoring mithilfe von Lichtfallen bestimmt.

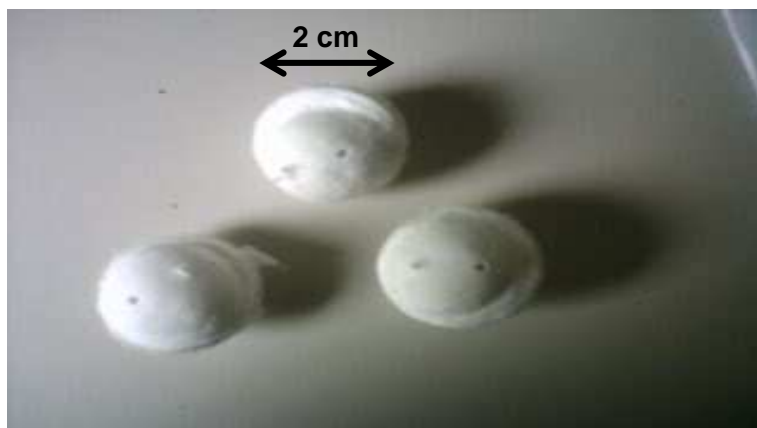


Abbildung 8: Biologisch abbaubare Trichosafe®-Kugel (Biocare) aus Zellstoff und Paraffin mit 1100 Schlupfwespen.

Die Ganzpflanzen-Ernte der Kernparzellen (3 m x 6 m = 18 m²) erfolgte mithilfe des Parzellenhäckslers Hege 212 (Abb. 9, links) bzw. des Frontmähers bei Gräsern und –mischungen (Abb. 9, rechts). Das mithilfe des Frontmähers geerntete Material wurde in einem Tischhäcksler von Hege weiter zerkleinert. Die Rüben wurden per Hand geerntet, anschließend mithilfe einer Handsichel entblattet und mit einer groben Bürste von Bodenpartikeln entfernt. Die Zerkleinerung erfolgte in einem Tisch-Rübenhäcksler (Agrarhandel Spreeau). Bei Beerenung der Marktfrüchte mithilfe des Parzellenmähers (Stoppelhöhe: 10 cm) erfolgte die Strohablage im Schwad und die Auswaage des geborgenen Stroh manuell. Das Stroh wurde auf den Acker zurückgeführt. Nach der Ernte des Wickroggens in Fruchtfolge 5 wurde der Boden nicht bearbeitet, da das Welsche Weidelgras dem nachfolgenden Zweikultursystem als Winterzwischenfrucht zur Verfügung stehen soll. Die Sommerzwischenfrucht Gelbsenf als Vorfrucht der Fruchtfolgen 2, 3 und 7 wurde nach dem Abfrieren zur Gründüngung in den Boden eingearbeitet (mit Hege 80 PNI mit Kreiselegge). Ertragsdaten dieser Sommerzwischenfrucht und anderer nicht erntewürdiger Zwischenfrüchte wurden über Quadratmeterschnitte erhoben. Bei der Wahl des Erntetermins wurde das Entwicklungsstadium der Pflanzen (BBCH-Stadium), insbesondere aber die technologische Reife (Trockensubstanz-(TS-)Gehalt) berücksichtigt. Dazu wurden regelmäßig Probeernten in der Randparzelle durchgeführt. Aus dem frischen Erntegut mit einer Häcksellänge von 1 cm wurde Probenmaterial für die TS-Bestimmung, Inhaltsstoffanalytik und die Batch-Versuche/Silagen (Mischprobe aus 4 Parzellen) gewonnen. Die Ernteangaben sind ebenfalls in Tabelle A1 (Anhang) nachzulesen.



Abbildung 9: Ganzpflanzenernte mit dem Parzellenhäcksler Hege 212 (links) und Schnitt der Gräser(-mischungen) mit dem Frontmäher (rechts).

2.5 Datenerhebung

Beim Fruchtfolgeversuch EVA III wurden umfangreiche Bonituren und Messungen erhoben, die als Datengrundlage zur vernetzenden Auswertung in Kooperation mit Versuchspartnern anderer Teilprojekte dienen, z. B. für Studien zu biotischen und abiotischen Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus sowie für ökonomische Bewertungen. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Prüfmerkmale am Standort Trossin.

Tabelle 3: Zu erhebende Daten im Energiefruchtfolgeversuch am Standort Trossin.

Prüfmerkmal	Beschreibung
Wetterdaten	Temperatur, Niederschlag, Globalstrahlung, Luftfeuchte - LfULG-Wetterstation Spröda
Boden	NO ₃ -N, NH ₄ -N, N _{min} , P, K, Mg, pH, Bodenwassergehalt Bodentiefen: 0-30, 30-60, 60-90 cm Termine: Vegetationsbeginn, Ernte, Vegetationsende
Bestandesstruktur	Aufgang, Bestandesdichte, Bodenbedeckung, Bestandeshöhe, Unkrautbesatz, Lagerneigung, Mängelbonituren, Krankheiten und Schädlinge
Biomasseschnitte (Fraktionierung von Stängel, Blättern und generativen Organen)	Ertrag: FM, TM, TS der einzelnen Pflanzenteile Pflanzenentwicklungsreihe mit 4 Terminen
Erntegut	FM-Ertrag, TM-Ertrag, TS-Gehalt [105 °C], Makronährstoffe: N, P, K, Mg Futtermittelanalyse: Rohasche, ADF ¹⁾ , Lignin Qualitätsparameter ²⁾ MF: Fallzahl, Rohprotein, TKG, Hektolitergewicht
Silierung und Gasausbeute	Silier- und Batch-Tests (ATB Potsdam) Gasausbeuten nach ATB-Biogasmatrix (HERRMANN ET AL. 2013, 2015)
Wirtschaftlichkeit	Arbeitsgänge, Betriebsmittel

¹⁾ ADF = Säure-(Acid)Detergentien-Fasern = Lignocellulose-Komplex

²⁾ MF = Marktfrüchte, TKG = Tausendkorngewicht

Nachfolgend wird auf Methoden der Datenerhebung eingegangen, die zur Ergebnisdarstellung in diesem Bericht relevant sind:

Ertragsdatierung

Für jede Fruchtart der acht untersuchten Fruchtfolgen, teilweise mit Einschränkungen bei den Gründungspflanzen, wurde der Frisch- und Trockenmasseertrag [dt/ha] sowie TS-Gehalt [%] zum Zeitpunkt der Ernte erfasst. Der Frischmasseertrag einer Fruchtart wurde bei Beerntung einer Parzelle durch den Feldhäcksler Hege 212 mit integrierter Waage ermittelt. Aus der Erntemasse wurden parzellenweise repräsentative Proben für die Bestimmung des absoluten Trockenmasseertrages (Trocknung bei 105 °C im Trockenschrank) gezogen. Der Trockensubstanzgehalt (in %) ist das Verhältnis aus Trockenmasse und Frischmasse. Da jede Kulturart auf 4 Parzellen angebaut wurde, wurde zur Diagrammdarstellung der Mittelwert aus 4 Proben berechnet (n = 4).

Bodenanalytik

Der pflanzenverfügbare, mobile Stickstoff im Boden wurde über die N_{min}-Methode erfasst. Dafür wurden Bodenproben maschinell mithilfe eines Leichtfahrzeugs (John Deere), welches mit Schlaghammer und Bohr-

stock (Entnahmerille von 18 cm) ausgestattet ist, aus 3 Tiefen (0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm) im Frühjahr, nach der Ernte und im Herbst gezogen. Pro Parzelle wurden 2 Einstiche gemacht. Die Mischproben eines Prüfglieds (4 Parzellen) wurden gekühlt ins Labor gegeben. Der mineralische N_{\min} -Gehalt pro Bodenschicht [kg/ha] wurde über fraktionierte Destillation der löslichen N-Anteile Nitrat- und Ammoniumstickstoff von der Betriebsgesellschaft für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (BfUL) nach der VDLUFA-Vorschrift I, A 6.1.4.1 1997 analysiert. Phosphor und Kalium [mg/100 g] wurden in einem Calcium-Acetat-Lactat-(CAL-)Auszug (VDLUFA 1997, Methode I, A 6.2.1.1) und Magnesium [mg/100 g] in einer Calciumchloridlösung über Atomabsorption erfasst (VDLUFA 1997, Band 1, A 6.2.4.1). Zur pH-Untersuchung mithilfe des Radiometers wurde der Boden mit einer Calciumchloridlösung versetzt (HEYMANN 2013, mündliche Mitteilung).

Bodenfeuchten (in Vol-%) konnten durch Trocknung der Bodenproben bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz ermittelt werden ($[\text{Auswaage}/\text{Einwaage} * 100]$).

Bodenfeuchtemessungen in Zweikultursystemen wurden in Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) durchgeführt. Es wurden aller 14-30 Tage Bodenproben mit dem Bohrstock bis zu einer Tiefe von 60 cm gezogen. Diese wurden in 6 Aluminium-Gefäße verteilt (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm und 50-60 cm), eingewogen und bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C getrocknet. Je Prüfglied wurden zwei Bohrstockproben entnommen.

Pflanzeninhaltsstoffanalytik

Die mengenmäßige Bestimmung der Inhaltsstoffe Rohasche, ADF (Säure-[Acid]Detergentien-Fasern = Lignocellulosekomplex) und Lignin in der Trockenmasse des Ernteguts (60 °C-Proben) erfolgten über Methoden der WEENDER-Futtermittelanalyse bzw. Erweiterten WEENDER-Analyse nach van Soest (nasschemische Untersuchung) gemäß VDLUFA-Methodenbuch III der Futtermitteluntersuchung (VDLUFA 1998). Um die Nährstoffzüge (in kg/ha) durch die angebauten Energiepflanzen aus dem Boden in Abhängigkeit vom Trockenmasseertrag berechnen zu können, wurden weiterhin die Mineralstoffgehalte der wichtigsten Makronährstoffe (in %, bezogen auf die Trockenmasse) im anorganischen Verbrennungsrückstand, der Rohasche, analysiert.

Batch-Tests

Zur Untersuchung der Vergärbarkeit ausgewählter Energiepflanzen wurden Batchversuche mit siliertem Erntematerial nach der VDI-Richtlinie 4630 vom ATB in Potsdam-Bornim durchgeführt. Dafür wurde eine Mischprobe des gehäckselten Erntegutes (Häcksellänge: 10 mm) aller 4 Ernteparzellen eines Prüfgliedes zur Silierung in 1,5-l-Weckgläsern verwendet. Die Weckgläser wurden 90 Tage bei 25 °C (keine Verwendung von Siliermitteln) gelagert. Die Batch-Versuche erfolgten unter kontrollierten mesophilen Bedingungen über eine Dauer von 30 Tagen. 2-l-Faulflaschen aus Kunststoff wurden mit 50 g des zu untersuchenden Silage-Probenmaterials und zur Gewährleistung eines stabilen Gärprozesses mit 1,5 kg ausgefauter Gülle als Impfmateriale beschickt. Die gebildete Gasmenge (Verwendung einer Kontrolle je Versuchsansatz zur Erfassung möglicher Gasbildung aus dem Impfmateriale) wurde mit einer kalibrierten Gasmaus täglich erfasst (Korrektur des Gasertrages auf Standardbedingungen: 20 °C, 1016 mbar). Der Methangehalt wurde mit einem Deponiegasmonitor bestimmt.

2.6 Berechnungs- und Bewertungsgrundlagen

2.6.1 Statistische Absicherung der Daten

Statistische Auswertungen erfolgten unter der Annahme einer standortangepassten Bewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis. Die Anpassungen hinsichtlich Artenwahl, Sortenwahl und Bestandesführung entsprechen den Anforderungen von Standort, Jahr und Stand des Wissens (vgl. Tabelle A1 im Anhang zu den anbautechnischen Maßnahmen).

2.6.1.1 Signifikanzprüfung

Die statistische Absicherung erfolgte mit dem Programm SPSS 17.0 über Verfahren der einfaktoriellen ANOVA. Es wurden paarweise multiple Mittelwertvergleiche durchgeführt, um die Daten auf signifikante Differenzen zu prüfen. Über Post-Hoc-Tests wurden homogene Untergruppen (a, b, c,...) ermittelt, in denen Mittelwerte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht voneinander abweichen (Signifikanzniveau: $\alpha = 0,05$). Wenn ein Mittelwert mehreren homogenen Gruppen zuzuordnen war, wurden mehrere Buchstaben angegeben (z. B. ab).

Eine wichtige Voraussetzung bei der Durchführung von Varianzanalysen ist die Gleichheit der Varianzen in den zu untersuchenden Parametergruppen. Die Prüfung auf Homogenität der Varianzen erfolgte über den Levene-Test, bei dem für jede abhängige Variable (TM-Ertrag und TS-Gehalt) eine Varianzanalyse für die Werte der absoluten Abweichungen von den entsprechenden Gruppenmittelwerten durchgeführt wurde. Wenn der Levene-Test statistisch signifikant war, d. h. α des Parameters $< 0,05$, wurde die Hypothese homogener Varianzen abgelehnt. In diesen Fällen wurden Post-Hoc-Vergleiche bei Varianzheterogenität gewählt.

Bei $\alpha > 0,05$ (keine Signifikanz des unabhängigen Parameters beim Levene-Test = Varianzhomogenität) kam der Tukey-Test zum Einsatz. Der Tukey-Test verwendet die Student-Verteilung für die paarweisen Vergleiche, wobei die Fehlerrate für den Versuch gleich der Fehlerrate für die Gesamtheit aller paarweisen Vergleiche gesetzt wird.

Bei $\alpha < 0,05$ (Signifikanz des unabhängigen Parameters beim Levene-Test = Varianzheterogenität) wurde der Dunnett-Test auf Grundlage des studentisierten Bereichs unter Korrektur der Fehlerfreiheitsgrade ausgewählt.

Die Grenzdifferenz ist die kleinste gesicherte Ertragsdifferenz. Alle Mittelwertdifferenzen, die größer als die Grenzdifferenz sind, gelten als signifikant (nicht zufällig). Grenzdifferenzen wurden bei zweiseitigen Tests wie folgt berechnet:

(Gleichung 1) Grenzdifferenz 5% = $q \times \sqrt{(MQ / n)}$

■ q = Quantile der studentisierten Spannweite bei $\alpha = 5 \%$, d. h. Freiheitsgrad des Fehlers über Anzahl der Mittelwerte, die verglichen wurden, Signifikanzschwellen nach RASCH ET AL. 1973

■ MQ = Mittel der Quadrate innerhalb der Gruppen

■ n = Anzahl der Mittelwerte, die verglichen wurden

2.6.1.2 Deskriptive Statistik

Um Varianzen der Datenquelle zu berücksichtigen, wurden folgende statistische Streuungsmaße der Einzelwerte berechnet:

Spannweite (Maximal-Minimal-Differenz)

Die Spannweite [Werteinheit] ist die Differenz zwischen dem größten (Maximum) und dem kleinsten Wert (Minimum).

Standardabweichung (Stabw)

Die Standardabweichung [Werteinheit] zeigt die reale Streubreite der aufgenommenen Werte eines Parameters, d.h. sie gibt an, wie weit die einzelnen Daten voneinander entfernt sind. Wird die Standardabweichung zu beiden Seiten des Mittelwertes abgetragen, so liegen bei normalverteilten Werten ca. 67 % der Werte in diesem Intervall. Eine geringe Standardabweichung bedeutet, dass die gemessenen Werte relativ nahe beieinander liegen, während eine hohe Standardabweichung für verstreute Daten spricht. Die Standardabweichung ist somit ein Maß für die Aussagekraft des Mittelwerts.

(Gleichung 2) Standardabweichung $STABW = \sqrt{[\sum(x-\bar{x})^2/(n-1)]}$

■ n = Stichprobenumfang

■ x = erhobener Wert

■ \bar{x} = Mittelwert

Die Standardabweichung wird berechnet, indem die Summe der Abweichungen der erhobenen Werte eines Parameters vom Gruppenmittelwert gebildet und durch die Anzahl der Einzelwerte (Stichprobenumfang) geteilt wird. Die Abweichungen werden zum Quadrat erhoben, so dass große Varianzen mehr Gewicht erhalten (KOSCHACK 2008).

Für die Auswertungen im Rahmen des EVA-Fruchtfolgeversuchs wurde die STABW-Berechnungsfunktion des Programms Microsoft Excel 2010 genutzt.

Variationskoeffizient U

Der Variationskoeffizient [%] ist im Vergleich zur Standardabweichung kein reales, sondern ein relatives Streuungsmaß und eignet sich für übergreifende Auswertungen zentraler Daten. Die Motivation für diesen statistischen Kennwert ist, dass ein Parameter mit großem Mittelwert im Allgemeinen eine größere Varianz aufweist als einer mit einem kleinen Mittel- bzw. Erwartungswert. Da die Standardabweichung nicht normiert ist, kann nicht beurteilt werden, ob eine Varianz groß oder klein ist. Der Variationskoeffizient ist somit eine Normierung der Streubreite bzw. deren mathematischer Größe, wodurch eine gewisse Unabhängigkeit von der Maßeinheit gewonnen wird (BROSIUS 1998).

(Gleichung 3) Variationskoeffizient U [%] = $100 * STABW / \bar{x}$

■ STABW = Standardabweichung

■ \bar{x} = Mittelwert

Fehlerbalken sind eine graphische Repräsentation der Variabilität von Daten. Sie geben an, in welchem Bereich sich der tatsächliche Wert (ohne Messfehler) befinden könnte. Bei den Auswertungen dieses Berichts geben die Fehlerbalken den Standardfehler des Mittelwerts an.

Standardfehler SF

Der Standardfehler gibt eine Aussage über die „Genauigkeit“ des Mittelwerts in einer Stichprobe. Wird der Standardfehler zu beiden Seiten des Mittelwerts abgetragen, so liegt mit 67%-iger Wahrscheinlichkeit der Mittelwert der Grundgesamtheit in diesem Intervall. Je geringer der Standardfehler des Mittelwerts ist, desto präziser und zuverlässiger sind die Rückschlüsse, die aufgrund der Stichprobenergebnisse auf die Grundgesamtheit gezogen werden können. Er nimmt mit zunehmender Stichprobengröße ab. Der Berechnung des Standardfehlers geht die Berechnung der Standardabweichung voraus, d.h. je geringer die Varianz bzw. Streubreite der einzelnen Messwerte ist, desto kleiner fällt auch der Standardfehler des Mittelwerts aus (BROSIUS 1998).

(Gleichung 4) Standardfehler SF = $\text{Stabw} / (\sqrt{n})$

- STABW = Standardabweichung
- n = Stichprobenumfang

2.6.1.3 Ausreißer-Test (nach MUDRA 1958)

Nicht repräsentative Parzellenwerte wurden als Ausreißer gekennzeichnet, eliminiert und nicht in die nachfolgenden Berechnungen einbezogen.

(Gleichung 5) untere Ausreißergrenze $\alpha = 5\% = \bar{x} - 1,96 * \text{Stabw}$

- STABW = Standardabweichung

(Gleichung 6) obere Ausreißergrenze $\alpha = 5\% = \bar{x} + 1,96 * \text{Stabw}$

- \bar{x} = Mittelwert

Wenn ein Einzelwert nicht im Bereich von (Gleichung 5) bis (Gleichung 6) liegt, ist dieser bei einem Überschreitungs-niveau von 5 % als nicht zur Grundgesamtheit gehörend zu betrachten (MUDRA 1958).

2.6.1.4 Zusammenhänge zwischen Parametern (Korrelationen/Regressionen)

Zusammenhänge zwischen zwei Parametern wurden mithilfe von bivariaten Pearson'schen Korrelationsanalysen unter Angabe des Korrelationskoeffizienten r mit dem Statistikprogramm SPSS, Version 17.0, aufgezeigt. Der Korrelationskoeffizient r ist ein Maß für die lineare Abhängigkeit zwischen zwei Variablen und kann wie folgt gedeutet werden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Deutung eines linearen Zusammenhangs zwischen zwei Parametern über den Korrelationskoeffizienten r.

r	Bewertung
$0 < r \leq 0,2$	Es besteht ein <i>sehr geringer</i> linearer Zusammenhang zwischen den Variablen X und Y.
$0,2 < r \leq 0,5$	... geringer ...
$0,5 < r \leq 0,7$	... mittelgroßer ...
$0,7 < r \leq 0,9$	... hoher ...
$0,9 < r \leq 1,0$	... sehr hoher ...

Bei bestätigter Abhängigkeit zweier Parameter wurde diese über eine Regressionsgleichung beschrieben und die Regressionsgerade grafisch in einem Streudiagramm dargestellt. Über die lineare Regression wurde die Varianz einer intervallskalierten abhängigen Variable aus einer Kombination von unabhängigen Variablen prognostiziert. Die Güte des Regressionsmodells gibt der Regressionskoeffizient R an. Er beurteilt die Wichtigkeit der einzelnen unabhängigen Variablen und liegt zwischen -1 und 1. R errechnet sich aus dem Varianzanteil der abhängigen Variablen, der durch alle unabhängigen Variablen gemeinsam erklärt wird. Je stärker sich das Bestimmtheitsmaß dem Wert 1 nähert, desto besser bildet das Regressionsmodell den Datensatz ab und um so aussagekräftiger ist die Geradengleichung (DULLER 2007, ELSNER 2009).

2.6.2 Methanbildungspotenzial auf Grundlage der ATB-Biogasmatrix

Mithilfe der am ATB Potsdam-Bornim aus Batch-Versuchen mit Silagen gewonnenen Gasausbeuten (Methodik der Batch-Versuche siehe Punkt 2.5 „Datenerhebung“) aller Versuchsstandorte der Jahre 2005 bis 2014 wurde eine ATB-Biogasmatrix erstellt. Diese enthält Richtwerte für oTS-Methanausbeuten (Relativwerte in %) von Silagen verschiedener Fruchtarten im Verhältnis zu Mais (Mais - Hauptfrucht = 100 % [338 l/kg_{oTS} nach KTBL], Stand: 15.12.2014). Die „ATB-Biogasmatrix“ ist in Tabelle A5a (Anhang) zu finden (PLOGSTIES ET AL. 2015). Silierverluste wurden nicht berücksichtigt.

Die Methanausbeuten [l/kg_{oTS}] der in Trossin angebauten Energiepflanzen wurden auf Grundlage dieser Matrix wie folgt berechnet:

(Gleichung 7) Methanausbeute = Methanausbeute relativ_{ATB} (Tabelle A5a) * Referenzwert_{KTBL} Mais

$$\text{Referenzwert}_{\text{KTBL}} \text{ Mais} = 338 \text{ l/kg}_{\text{oTS}}$$

Da das LfULG mit Probenlieferungen an der Erstellung der „ATB-Biogasmatrix“ beteiligt war, wurde bei Vorliegen eines Batch-Messwerts für ein Prüfglied folgendermaßen verfahren:

(Gleichung 8) Methanausbeute = CH₄ Batch PG_{ATB} (Tabelle A5b) * Referenzwert_{KTBL} / CH₄ Batch_{ATB} Mais

$$\begin{aligned} \text{Referenzwert}_{\text{KTBL}} \text{ Mais} &= 338 \text{ l/kg}_{\text{oTS}} \\ \text{Methanausbeute Batch}_{\text{ATB}} \text{ Mais} &= 355 \text{ l/kg}_{\text{oTS}} \end{aligned}$$

Unter Einbeziehung des geernteten TM-Ertrages [dt/ha] und des oTS-Gehaltes [%], laut Matrix A5] wurden die Hektarerträge an Methan [m³/ha] für die einzelnen Fruchtfolgeglieder bestimmt.

2.6.3 Deckungsbeitragsanalysen (Kosten-Ertrags-Relationen)

Der Deckungsbeitrag [Euro/ha] wird durch Gegenüberstellung der Leistung einer Fruchtart als Biogassubstrat und dessen Produktionskosten ermittelt. Die im EVA-Projekt verwendete Definition des Deckungsbeitrages ist vergleichbar mit der nach DLG-Betriebszweigabrechnung für Nachkalkulationen üblichen Definition der Direkt- und Arbeitskosten freien Leistungen (DAKfL). Hierbei werden nur variable Parameter berücksichtigt. Flächen-

prämien und -nutzungskosten (Pachtzins, Grundsteuer usw.) sind fixe Leistungen und wurden demnach in dieser Analyse nicht erfasst.

Die Leistung einer Fruchtart als Biogassubstrat basiert auf dem nach der ATB-Biogasmatrix, unter Einbeziehung des absoluten TM-Ertrages [dt/ha] und oTS-Gehaltes [%], berechneten Methanhektarertrag [m^3/ha] bei Lagerverlusten von 12 % (Methodik siehe PLOGSTIES ET AL. 2015, Abschnitt 2.6.2). Neben einer großen Menge leicht verdaulicher Inhaltsstofffraktionen (Rohfett, Rohprotein und leicht abbaubare Kohlenhydrate) zur Erzeugung hoher Methanausbeuten zählt in größtem Maße der Trockenmasseertrag zu den ökonomisch wertbestimmenden Biogas-Substrateigenschaften. Ein m^3 Methan wurde mit 0,33 Euro vergütet (Erlös). Zur Festsetzung der Methanvergütung wurde angenommen, dass der Silomais nur dann angebaut wird, wenn damit der gleiche Deckungsbeitrag generiert werden kann, wie durchschnittlich mit dem Anbau von Winterweizen erzielt wird (Winterweizen: 192,50 €/t nach DESTATIS 2013). Auf dieser Basis wurde zunächst ein Preis in Höhe von 33,50 € pro t Silomais bei einem TS-Gehalt von 35 % ermittelt (Indifferenzpreis), der anschließend durch den mittleren Methanhektarertrag von Mais dividiert wurde (KORNATZ ET AL. 2015). Die konkrete Herleitung findet sich in KORNATZ ET AL. (2014).

Gärreste stellen einen wertvollen Dünger dar. Aus diesem Grund ist es wichtig im Sinne der Leistungskostenrechnung für Gärreste eine gesonderte Leistungsposition zu berücksichtigen. Zu diesem Zweck wurde die aus dem Erntegut entstehende Gärrestmenge über eine Massenverlustrechnung ermittelt (KORNATZ ET AL. 2014). Für den anfallenden Gärrest wurde weiterhin ein standardisierter Nährstoffgehalt (7 % TS bzw. 72 % oTS, 45,6 % C, 7,4 % N, 1,2 % P und 6,3 % K, laut „Faustzahlen Biogas“, KTBL 2013) definiert. Der standardisierte Nährstoffgehalt wurde unter Berücksichtigung des Mineraldüngeräquivalents von 70 % mit der anfallenden Menge multipliziert und die berechneten Nährstoffmengen mit einem Preis pro Kilogramm Reinnährstoff (siehe Tabelle 5) bewertet. Ausbringkosten wurden berücksichtigt und vom Gärrest-Erlös abgezogen (KORNATZ ET AL. 2015).

Die variablen Kosten umfassen sämtliche Betriebsmittel- (Saatgut, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel) und die Arbeiterledigungskosten (Maschinen- und Arbeitskosten). Die Pflanzenschutzmittelpreise entstammen hauptsächlich der Auflistung von BAYWA (2014), die Saatgutpreise den Aufstellungen nach Fruchtarten des KTBL (2014) und diversen anderen Quellen (KORNATZ ET AL., schriftliche Mitteilung). Das Betriebsmittel Dünger wurde mit seinen konkreten Einsatzmengen und Preisen bewertet (Handelspreise). Die Berechnung von Arbeits- und Maschinenkosten erfolgte mithilfe des Online-Feldarbeitsrechners der KTBL, wobei von einer mittleren Feldstückgröße von 10 ha, einer mittleren Hof-Feld-Entfernung von 5 km und einer Mechanisierung mit einem 120-kW-Traktor ausgegangen wurde. Bei den Arbeiterledigungskosten wurden Zinsen, Abschreibungen und Versicherungen mit in die Berechnung einbezogen. Weitere Annahmen zeigt Tabelle 5. Bei mehrjährigen Anbausystemen (Fruchtfolge 4) wurden die Produktionskosten auf die Hauptnutzungsjahre umgelegt. Lagerhaltungskosten für Gärsubstrate wurden nicht berücksichtigt, da angenommen wurde, dass die Produkte nach der Ernte direkt zur Biogasanlage geliefert wurden. Somit hat auch der Trockensubstanzgehalt erhebliche Auswirkungen auf die Transportkosten des Erntegutes und wurde deshalb bei Berechnung der Arbeiterledigungskosten berücksichtigt.

Weitere Informationen zu Deckungsbeitragsanalysen im EVA-Verbund sind im ökonomischen Endbericht der 2. Projektphase (EVA II) sowie im Zwischenbericht des Versuchsjahres 2014 der Universität Gießen nachzulesen (KORNATZ ET AL. 2014, KORNATZ ET AL. 2015).

Tabelle 5: Faktor-, Nährstoff- und Produktpreise als Annahmen zur Berechnung der variablen Kosten bei Deckungsbeitragsanalysen im EVA III-Verbund (Quelle: KORNTZ ET AL. 2015).

Kostenpunkt	Einheit	Wert
Lohn	€ / Akh	15,00
Diesel	€ / l	1,20
Öl	€ / l	2,00
Strom	€ / kWh	0,30
Zinssatz	%	5,00
N _{Gärrest}	€ / kg	1,09
P	€ / kg	3,10
K	€ / kg	1,20

2.6.4 Stickstoffverlagerungsrisiko

Für Aussagen zum Gefährdungspotential bezüglich der Verlagerung von Stickstoff bzw. Nitrat wurden Herbst- N_{\min} -Gehalte im Boden betrachtet. Unter dem N_{\min} -Wert wird der Gehalt an leicht verfügbarem mineralischen Stickstoff, Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+), verstanden. Der N_{\min} -Wert zu Vegetationsende gibt Auskunft über die Mineralisationsleistung des Bodens zwischen Ernte und Winterbeginn und lässt somit Abschätzungen des Nitrat-Verlagerungsrisikos mit dem Sickerwasser zu (BUTTLAR 2012). Grenzwerte für Herbst- N_{\min} -Gehalte (in kg/ha) in Abhängigkeit von Sickerwassermenge und Bodenart eines Standorts zur Einhaltung der EG-Nitratrichtlinie (50 mg NO_3^- je l Trinkwasser) sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6: Tolerierbare Herbst- N_{\min} -Gehalte im Boden (in kg/ha) in Abhängigkeit von Bodenart und Sickerwassermenge eines Standorts (nach HENNINGS & SCHEFFER 2000).

Bodenart	Sickerwasserrate [mm/a]			
	< 100	100-200	200-300	> 300
S, Su	15	20	30	40
St, Sl	30	30	35	40
Ul, Ls, Lu, Lt, Tu, T	40	40	40	40

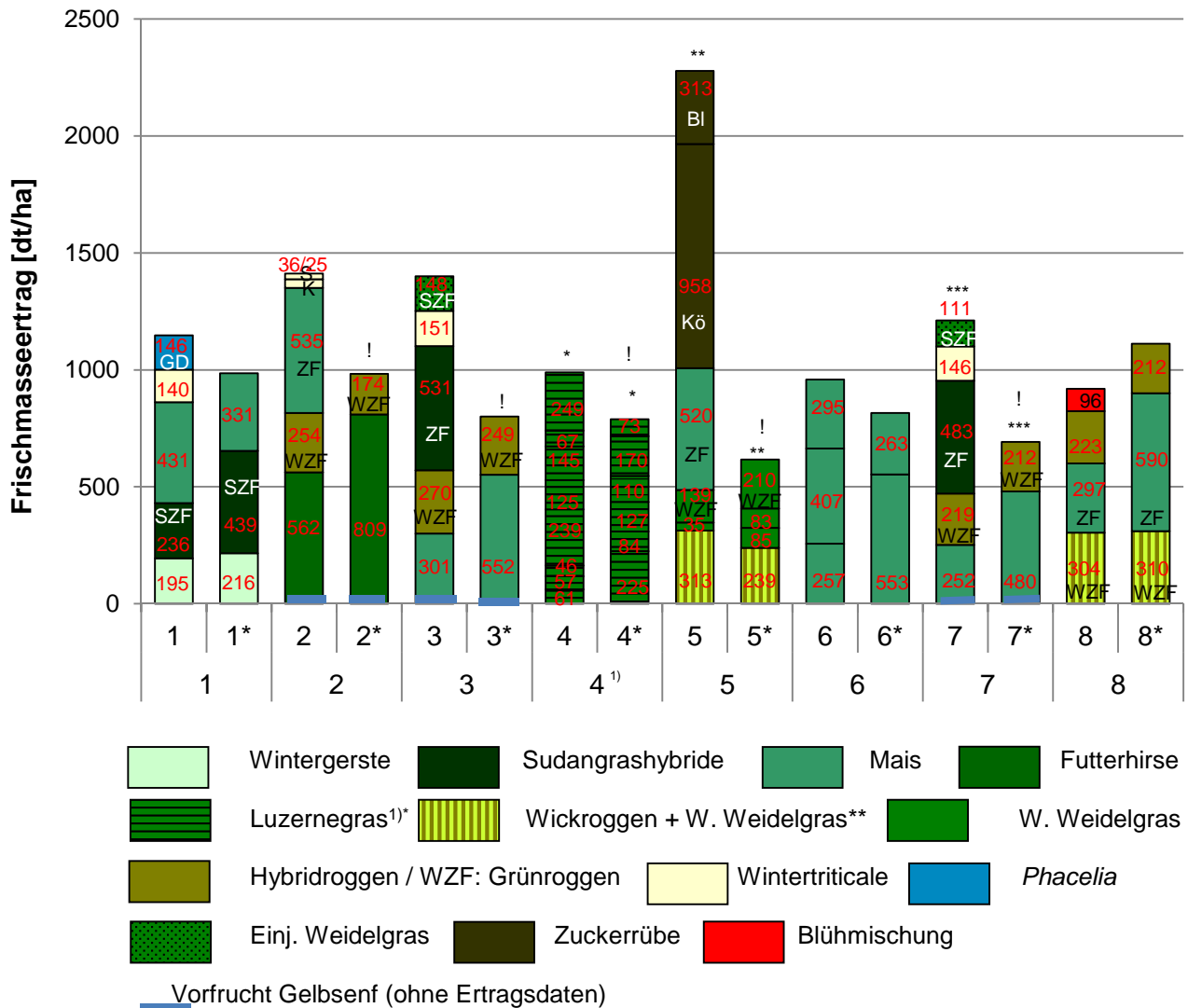
Jährliche Sickerwassermengen wurden für den Versuchsstandort Trossin unter Eingabe standort- und fruchtfolgespezifischer Daten vom landwirtschaftlichen Simulationsmodell MONICA des ZALF ausgegeben (Funktionsweise siehe ZALF 2014). Für den mittelschluffigen Sandboden (Su3) in Trossin wurden vom ZALF Sickerwasserraten zwischen 150 und 250 mm pro Jahr bestimmt.

3 Ergebnisse

3.1 Ernteergebnisse

3.1.1 Ertragsniveau der Fruchtfolgesysteme und Fruchtarten

Die Erträge an Frisch- und Trockenmasse (in dt/ha) der im Versuchszeitraum 2013-2015 im Fruchtfolgeversuch geernteten Fruchtarten sind kumulativ (aufsummiert) nach Fruchtfolgen in den Abbildungen 10 und 11 dargestellt. Parzellenwerte sind in Tabelle A2 und A3 im Anhang aufgelistet.



1) Luzernegras ist ein Leguminosen-Gras-Gemenge (Sächsische Qualitätsmischung QA 7) aus 20 % Knaulgras, 15 % Glatthafer und 65 % Luzerne.

* mehrere Schnitte pro Jahr

** Welsches Weidelgras als Untersaat vom Wickroggen, weiter genutzt als Winterzwischenfrucht vor Mais (in Abbildung: Ertrag der Herbstschnitte + Frühjahrsschnitt)

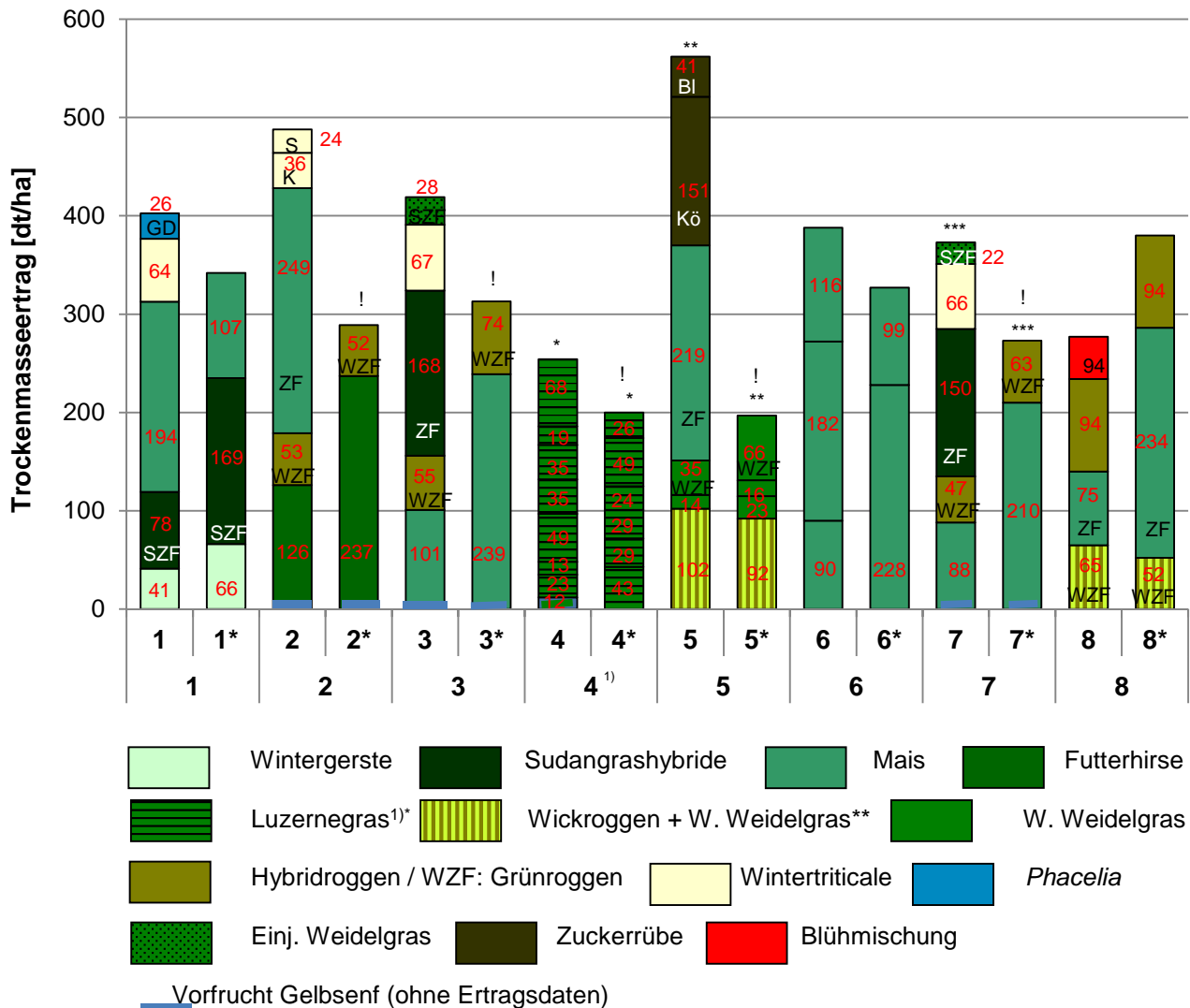
*** -25 % N-Düngung im Vergleich zu FF 3

! Ertragsdaten der Zweitfrüchte 2015 lagen zu Redaktionsschluss noch nicht vor

GD = Gründüngung, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

K = Korn, S = Stroh, Kö = Körper, BI = Blatt

Abbildung 10: Frischmasseerträge (in dt/ha), aufsummiert nach Fruchtfolgen, der im Versuchszeitraum 2013-2015 geernteten Energiepflanzen am Versuchsstandort Trossin.



1) Luzernegras ist ein Leguminosen-Gras-Gemenge (Sächsische Qualitätsmischung QA 7) aus 20 % Knaulgras, 15 % Glatthafer und 65 % Luzerne.

* mehrere Schnitte pro Jahr

** Welsches Weidelgras als Untersaat vom Wickroggen, weiter genutzt als Winterzwischenfrucht vor Mais (in Abbildung: Ertrag der Herbstschnitte + Frühjahrsschnitt)

*** -25 % N-Düngung im Vergleich zu FF 3

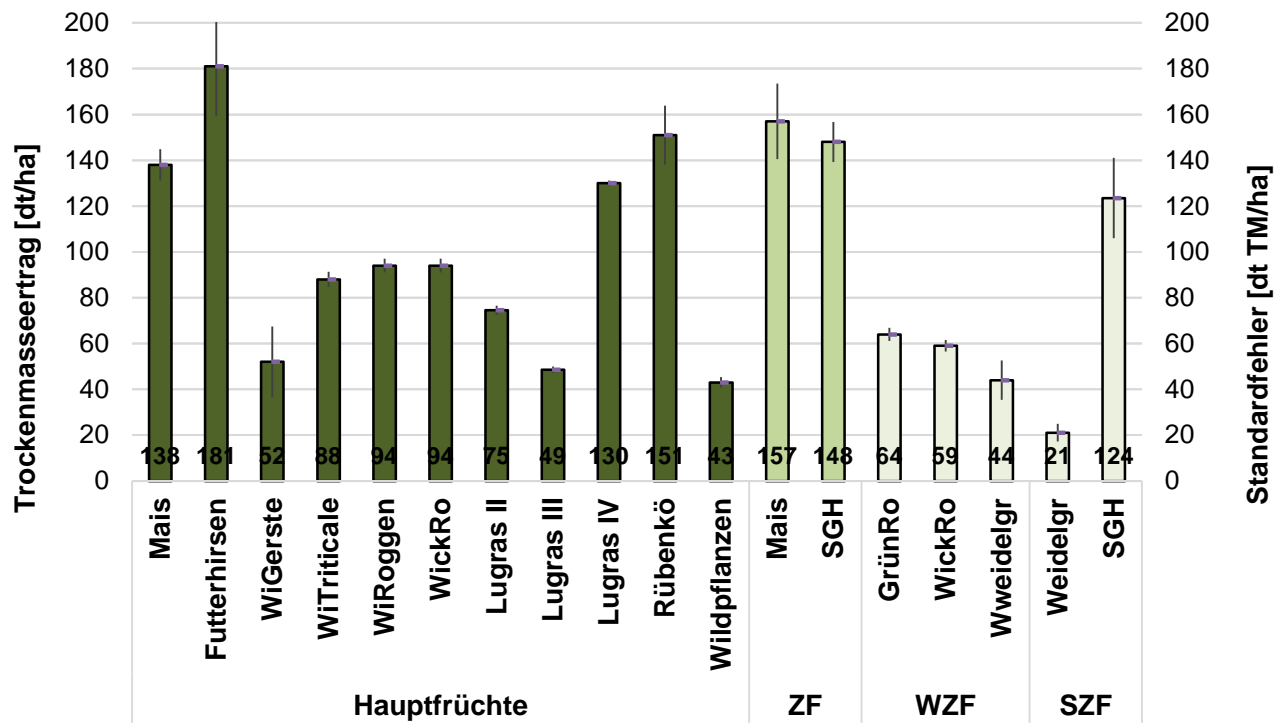
! Ertragsdaten der Zweitfrüchte 2015 lagen zu Redaktionsschluss noch nicht vor

GD = Gründüngung, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

K = Korn, S = Stroh, Kö = Körper, BI = Blatt

Abbildung 11: Absolute Trockenmasseerträge (105 °C, in dt/ha), aufsummiert nach Fruchtfolgen, der im Versuchszeitraum 2013-2015 geernteten Energiepflanzen am Versuchsstandort Trossin.

Da vor allem der **Trockenmasseertrag** einer Fruchtart ein entscheidendes Kriterium für die Auswahl als Bio-gassubstrat ist, wird nachfolgend nur auf diesen eingegangen (Abb. 11 und 12, Tabelle 5):



Stabw (dt/ha)	52,4	61,4	11,6	18,5	8,4	8,0	3,9	2,7	3,4	25,7	4,6	72,0	24,7	11,6	7,2	24,3	13,0	49,4
U (%)	38	34	22	21	9	9	5	6	3	17	11	46	17	18	12	55	62	40
Min-Wert (dt/ha)	71	107	36	61	82	86	67	39	102	118	39	57	115	48	86	18	2	60
Max-Wert (dt/ha)	241	246	71	121	105	105	82	55	160	173	50	262	176	79	142	81	35	176
Ausreißertest (MUDRA 1958)																		
Min-Grenze (dt/ha)	35	61	29	52	78	78	67	43	123	101	34	16	100	41	45	1	1	26
Max-Grenze (dt/ha)	241	301	75	124	110	110	82	54	137	201	52	298	196	87	73	92	47	221
Ausreißer?	ja	n	n	ja	n	ja	n	n	n	n	n	ja	n	n	n	n	n	n
	252 272			129		142						314						

SGH = Sudangrashybriden n = nein II – IV = Anzahl der Schnitte

Abbildung 12: Mittelwerte des absoluten Trockenmasseertrages (105 °C, in dt/ha) der im Versuchszeitraum 2013-2015 am Standort Trossin angebauten Energiepflanzen (n = verschieden) unter Angabe des Mittelwert-Standardfehlers (in dt/ha) sowie Darstellung statistischer Kenngrößen für die Streuung der Messwerte (Standardabweichung Stabw in dt/ha, Variationskoeffizient U in % und Spannweite [Min-Max-Werte in dt/ha]) und des Ausreißertest-Ergebnisses nach MUDRA (1958). Einbeziehung der Werte des Ertragsprüfungsversuchs, ohne Zweitfrüchte 2015.

Die höchsten kumulativen Trockenmasseerträge wurden mit Energiefruchtfolgen aus Mais und Sorghumhirsen, sowohl in Haupt- als auch in Zweitfruchtstellung, erzielt (FF 1-3, Abb. 11 und 12). Desweiteren überzeugten die Biogaserübe (ertragsoptimierte Zuckerrübe) und Ackerfuttermischungen (Luzernegras) mit überdurchschnittlichen Erträgen (Abb. 12). Das Ertragsniveau vom Wintergetreide lag zwar nur im mittleren Bereich, zeigte aber sehr geringe witterungsbedingte Ertragsschwankungen über den Versuchszeitraum (Abb. 12). Wintergetreide sollte somit zur Senkung des Ertragsrisikos in jede Fruchtfolge integriert werden.

Tabelle 7: Durchschnittserträge (in dt TM/ha ± Stabw) der EVA-Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren (unter Eliminierung von Ausreißern), Versuchsstandort Trossin. Einbeziehung der Werte des Ertragsprüfungsversuchs. WZF = Winterzwischenfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, II – IV = Anzahl der Schnitte

Fruchtart	2013	2014	2015
<u>Hauptfrüchte</u>			
Mais	104 ± 14	207 ± 24	104 ± 17
<i>Sorghum b.</i>	126 ± 23	237 ± 8	----
Wintergerste	41 ± 3	66 ± 4	53 ± 10
Wintertriticale	103 ± 9	96 ± 16	66 ± 3
Winterroggen	---	94 ± 9	94 ± 9
Wickroggen	97 ± 7	92 ± 9	----
Luzernegras II	----	----	75 ± 3
Luzernegras III	49 ± 3	----	----
Luzernegras IV	----	130 ± 3	----
Rübenkörper	----	----	151 ± 26
Wildpflanzen	----	----	43 ± 5
<u>Zweitfrüchte</u>			
Mais	87 ± 18	226 ± 26	----
<i>Sorghum b. x s.</i>	126 ± 12	169 ± 7	----
<u>WZF</u>			
Grünroggen	75 ± 3	54 ± 4	63 ± 13
Wickroggen	65 ± 1	52 ± 2	----
W. Weidelgras	----	23 ± 6	66 ± 10
<u>SZF</u>			
Weidelgras	4 ± 2	31 ± 4	28 ± 2
<i>Sorghum b. x s.</i>	78 ± 12	169 ± 7	----

Die Ertragssituation in den einzelnen Versuchsjahren zeigt Tabelle 7.

Vegetationsjahr 2013

Frostperioden ohne schützende Schneedecke und die weit bis ins Frühjahr hinein reichende Kälte brachten einen deutlichen Wachstumsrückstand der Winterungen. Starkregenereignisse im Mai führten zusätzlich zur hohen Fusariumbelastung bei Wintergerste und zu Lagerschäden bei Wickroggen. Dies hatte deutlich niedrigere Ganzpflanzen-Erträge bei Wintergerste im Vergleich zu den Vorjahren zur Folge (Ø 41 dt TM/ha). Die Wickroggen-Bestände wurden zur Ernte so weit wie möglich manuell aufgerichtet, so dass Durchschnittserträge aller Parzellen von 65 dt TM/ha (WZF) und 97 dt TM/ha (HF) realisiert werden konnten. Winterroggen (WZF) und Wintertriticale dagegen tolerierten die winterlichen Kälteperioden sowie kalten Nächten im Frühjahr sehr gut, nutzten die Niederschlagsereignisse zur Aufholung des Biomassedefizits und konnten überdurchschnittliche Trockenmasseerträge von Ø 75 dt/ha (WZF) bzw. Ø 103 dt/ha erzielen (vgl. Tabelle 7).

Zusammenfassend war das Versuchsjahr 2013 kein „Mais-Jahr“. Das relativ kühle Frühjahr mit heftigen Niederschlägen verzögerte dessen Jugendentwicklung. Das andere Extrem - Trockenheit, Hitze und starke Sonneneinstrahlung - ab Juli führten zu Trockenschäden und Einrollen der Blätter. Viele Maiskolben kamen durch Kolkrahen zu Schaden. Aufgrund der warmen Spätsommerwitterung erreichte Mais schon Anfang September

optimale TS-Gehalte >28 % und musste eingefahren werden. Mais in Hauptfruchtstellung erreichte mittlere Trockenmasse-Erträge von Ø 104 dt TM/ha.

Sorghum bicolor (Futterhirse „HERKULES“) überragte den Mais trotz später Aussaat (07.06.2013) im Ertragspotenzial um 20 % (Ø 126 dt TM/ha). Der Aussaattermin war in Bezug auf die Witterung für einen unverzüglichen Aufgang optimal: nach der großen Nässe mit Wasserreserven im Boden, aber noch vor Einsetzen der Trockenphase. Weiterhin nutzte die Futterhirse die warmen Temperaturen im September und wurde erst Anfang Oktober, also einen Monat nach Mais, geerntet. Die volle Vegetationsperiode konnte dennoch aufgrund der bevorstehenden Winterroggenaussaat nicht ausgeschöpft werden. Sorghum als Sommerzwischenfrucht wurde zeitgleich mit der Hauptfrucht gedrillt, kam aber aufgrund hoher TS-Gehalte (> 30 %) nicht in den Genuss warmer, wachstumsfördernder Septemberwochen (Ernte mit Mais am 3.9.13) Es wurde ein Ertrag von fast 80 dt TM/ha gehäckselt.

Im Projekt EVA III wurde die für wechsellückige Standorte empfohlene Luzerne-Klee-Gras-Mischung mit der trockenoleranteren Variante Luzernegras ausgetauscht. Bei 3 Schnitten konnten mit Luzerne-Klee-Gras 2008 und 2012 als Parzellenmittel 108 dt TM/ha erzielt werden. Luzernegras schnitt in diesem Jahr mit Ø 49 dt TM/ha deutlich schlechter ab. Die karge Bestandesetablierung mit starkem Unkrautdruck (60 % Segetalflora) ist in einer zu späten Aussaat mit der Folge einer schlechten Vorwinterentwicklung begründet.

Das Jahr der Witterungsextreme und wechselnden Temperaturen spiegelte sich ebenfalls in den stark schwankenden Parzellenwerten eines Prüfgebietes wieder (vgl. Tabelle A2 im Anhang). Mais und die Sorghumhirsen reagierten am stärksten mit Standardabweichungen zwischen 12 und 23 dt TM/ha (Tabelle 7).

Vegetationsjahr 2014

Das Getreide in Reinsaat erreichte trotz anfänglicher Schwierigkeiten standortübliche bis leicht überdurchschnittliche Ertragswerte. Der zeitige Aussaattermin der Wintergerste bereits Mitte September führte zwar zu einer guten Bestandesetablierung, aber Fraßschäden durch Hasen und ein starker Pilzdruck schwächten die Kultur sichtlich. Neben dem Krankheitsbefall wirkte sich beim Roggen der sehr späte Aussaattermin (22. Oktober) mit der Folge von sehr lückigen Beständen ertragsmindernd aus. Der milde Winter mit einem um 3 bis 5 Wochen früheren Vegetationsbeginn sowie die Behandlung mit Fungiziden und Wachstumsreglern zur Förderung der Bestockung führten letztendlich zu den erwarteten Biomasseaufwüchsen. Beim Wickroggen, einem Gemenge aus 75 % Roggen, 10 % Wicke und 15 % Welchem Weidelgras (Untersaat), wurden etwas niedrigere Ernteausbeuten im Vergleich zum Vorjahr verzeichnet. Die Leguminose und das Weidelgras fanden bei überwiegend feucht-warmer Witterung sehr gute Wachstumsbedingungen. Der ertragsbestimmende Roggen wurde dadurch zurück gedrängt.

Luzernegras, eine Ackerfuttermischung mit 65 % Luzerne, 20 % Knautgras und 15 % Glatthafer für trockene Standorte, konnte in diesem Versuchsjahr viermal geerntet werden (Ø 130 dt TM/ha). Bestimmend für die Wahl des intensiven Schnittregimes waren die TS-Gehalte, die während der warmen Witterung innerhalb kürzester Zeit stark anstiegen. 2014 dominierten im Ackerfuttermengemenge die Gräser, bei denen das Erntefenster begrenzt ist.

Für Mais und Sorghum war es DAS Jahr: ein warmes und überwiegend feuchtes Klima mit vielen sommerlich-schwülen Tagen bot optimale Voraussetzungen für ein üppiges Wachstum der tropisch beheimateten C₄-Pflanzen. Sowohl Haupt- als auch Zweitfrüchte erzielten 2014 die höchsten, bei EVA ab dem Jahre 2005 aufgezeichneten, Trockenmasseerträge. Werte über 200 dt TM/ha konnten bisher nur in 2005, einem sehr feuchten Jahr, realisiert werden. Zweitfrucht-Mais mit Aussaat Mitte Mai schnitt 10 % besser ab als der vier Wochen eher gelegte Mais in Hauptfruchtstellung. Dies ist auf die Wasserverhältnisse zurück zu führen: In den Frühjahrsmonaten war es sehr trocken und der Wasserbodenvorrat weitgehend aufgebraucht, was zu einem ver-

zögerten Aufgang und einer langsamen Jugendentwicklung des Hauptfrucht- Maises führte. Erst Starkregeneignisse Anfang bis Mitte Mai konnten optimale Etablierungs- und Wachstumsbedingungen schaffen. Zweitfrucht-Mais wurde später gesät und dem Trockenstress nicht ausgesetzt. Die Ertragsunterschiede zwischen *Sorghum*-Haupt- und -Zweitfrucht sind artenspezifisch bedingt, nicht allein dem Drill-Zeitpunkt bzw. der Vegetationsdauer geschuldet (Aussaat - HF: 15.5.; ZF und SZF: 23.5.; Vegetationsdauer - Futterhirsen: 152 Tage, Sudangrashybriden-ZF bzw .SZF: 117 bzw. 144 Tage). In Hauptfruchtstellung wurden Futterhirsen (*Sorghum bicolor*) gewählt. Sie besitzen ein höheres Biomassepotenzial, benötigen dafür aber eine längere Vegetationszeit als die für den Zweitfruchtanbau genutzten Sudangrashybriden (*Sorghum bicolor x sudanense*). Bei den Erprobungen im EVA- und *Sorghum*-Projekt lag das Ertragspotenzial der neueren, züchterisch bearbeiteten Futterhirsen im Durchschnitt auf Maisniveau (GRUNEWALD & JÄKEL 2014, THEIß & JÄKEL 2014). Bei zeitweise auftretenden Stressperioden aufgrund von Wassermangel sind die Sorghumhirsen mit ihrem tiefen und weit verzweigteren Wurzelsystem dem Mais jedoch überlegen. So auch im Versuchsjahr 2014. Trockenstress im Juni und September tolerierten die Futterhirsen ersichtlich besser als der Mais, was in einem Mehrertrag der HF von 15 % resultierte (vgl. Tabelle 7).

Die Angepasstheit einer Fruchtart an gewisse Stresssituationen spiegelt sich in den Ertragsschwankungsbreiten wieder, ausgedrückt über statistische Streumaße. Stresssituationen im Jahr 2014 waren bei den Winterfrüchten insbesondere der hohe Befallsdruck durch Pilze und bei den Sommerkulturen phasenweise auftretender Wassermangel. Im Versuchsjahr 2014 tolerierten die Sorghumhirsen suboptimale Bedingungen deutlich besser als der Mais (Variationskoeffizienten Mais: 12 %, Variationskoeffizienten *Sorghum*: 3-4 %, ohne Abbildung).

Vegetationsjahr 2015

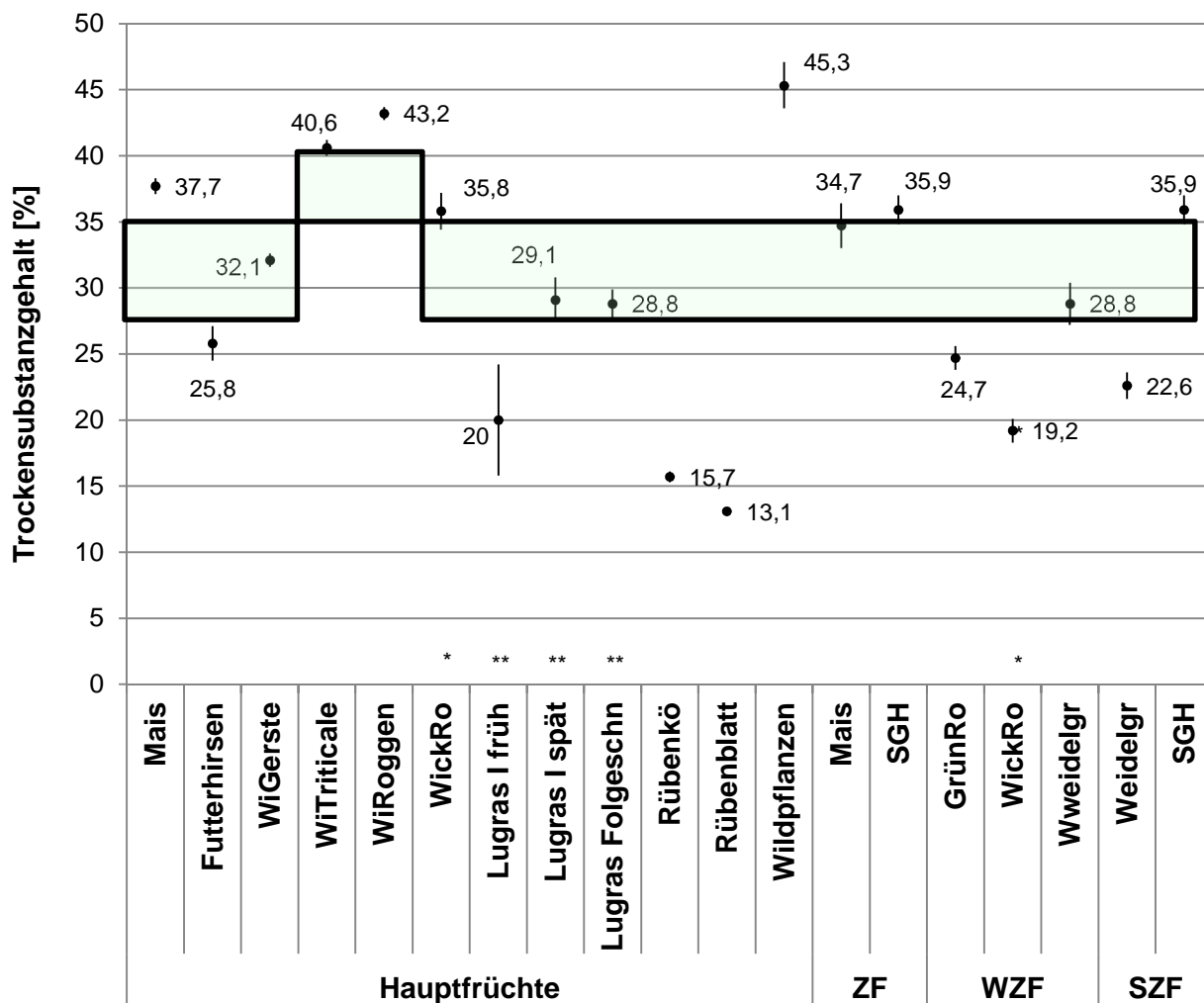
Trotz einer sehr zeitigen Aussaat bereits Ende September ging Wintertriticale sehr schlecht auf, so dass eine Nachsaat Anfang November unumgänglich war. Zu Vegetationsbeginn sah der Bestand nicht viel besser aus. Pilzkrankheiten aufgrund des ausgebliebenen Frosts und eine ausgeprägte Frühjahrstrockenheit schwächten den Bestand zusätzlich, so dass Erträge weit unter dem Standortdurchschnitt die Folge waren. Wintergerste lief zwar sehr gut auf, reagierte aber stark auf den Wassermangel kurz vor der Ernte und erreichte mit Ø 50 dt TM/ha das standortübliche Niveau von 60-65 dt TM/ha nicht. Winterroggen zeigte die beste Angepasstheit an das Wasserdefizit während der Hauptwachstumsphase, sowohl optisch als auch ertraglich (Ø 94 dt TM/ha in Hauptfruchtstellung bzw. Ø 63 dt TM/ha in Zwischenfruchtstellung).

Ausbleibende Niederschläge in den Folgemonaten führten zu Problemen bei der Bestandesetablierung der Sommerkulturen. Die Hauptfrüchte konnten noch die Restfeuchte des Bodens ausnutzen, das Saatgut der Zweitkulturen dagegen lag wochenlang im Boden. „Bestandesrettende“ Niederschläge ab Mitte August führten zwar zu einem Wachstumsschub der Bestände, die bereits eingesetzte Notreife hatte jedoch eine sehr frühzeitige Ernte des Maises zur Folge. *Sorghum* tolerierte den Trockenstress besser. Eine beginnende Braunfärbung der Blätter ist gut verwachsen, so dass die gesamte Vegetationszeit bis weit in den Oktober ausgenutzt werden konnte. Aufgrund des späten Erntetermins war ein Ertragsvergleich der Sorghumhirsen mit Mais nicht möglich.

Luzernegras profitierte vom milden, niederschlagsreichen Winter mit einem dichten, üppigen Bestand und einer starken Dominanz der Gräserkomponente (ca. 90 %). Der erste Schnitt Mitte Mai war ertragsbestimmend. Für einen ertraglich guten zweiten Aufwuchs fehlte den wasserliebenden Gräsern die notwendige Bodenfeuchte. Dennoch wurde ein standortübliches Ertragsergebnis erzielt. Weidelgras als Sommerzwischenfrucht ist für leichte, trockenere Standorte nicht geeignet (vgl. Ergebnisse aus EVA II, GRUNEWALD & JÄKEL 2014) und enttäuschte wie in den Vorjahren. Das Ertragsniveau der Rübe ist stark sortenabhängig (120-200 dt TM/ha bei EVA). Die Sorte „Ribambelle“, eine frühreife Futterrübe mit wenig Erdanhang für den Biogassektor, erzielte Ø 150 dt TM/ha.

3.1.2 Abreifeverhalten (TS-Gehalte)

Die technologische Reife (Trockensubstanzgehalt in %) der EVA III-Fruchtarten im Durchschnitt des Versuchszeitraums 2013-2015 ist in Abbildung 13 aufgezeigt.



SGH = Sudangrashybriden



optimaler TS-Bereich

(PAULUS & STARK 2008, HERRMANN ET AL. 2009)

Stabw (TS %)	4,3	3,8	1,9	3,2	1,5	4,1	1,2	3,3	6,5	0,8	0,6	3,5	7,4	3,2	4,2	2,6	4,4	3,3	3,2
U (%)	11	15	6	8	3	11	6	11	23	5	5	8	21	9	17	14	15	15	9
Min-Wert (TS %)	31,7	21,5	28,5	37,0	41,5	31,3	16,8	24,4	21,3	14,6	12,4	42,7	24,8	32,1	19,6	16,4	23,7	16,7	32,1
Max-Wert (TS%)	46,1	29,7	35,6	46,9	45,7	41,2	21,4	31,5	41,5	16,4	13,7	50,4	45,3	40,8	31,7	21,9	34,6	26,1	40,8

Tabelle: Fortsetzung.

Ausreißertest (MUDRA 1958)																				
Min-Grenze (TS %)	29,3	18,4	28,4	34,3	40,3	27,8	17,6	22,6	16,1	14,1	11,9	38,4	20,2	29,6	16,5	14,1	20,2	16,1	29,6	
Max-Grenze (TS %)	46,1	33,2	35,8	46,9	46,1	43,8	22,4	35,6	41,5	17,3	14,3	52,2	49,2	42,2	32,9	24,3	37,4	29,1	42,2	
Ausreißer?	n	n	ja 20,3 20,9 21,3 20,7	n	n	n	n	n	ja 42,5 43,6	n	n	n	ja 53,5	n	n	n	n	n	n	

* TS-Gehalt des Gemenges aus 75 % Winterroggen, 10 % Winterwicke und 15 % Welschem Weidelgras

** TS-Gehalt des Gemenges aus 20 % Knaulgras, 15 % Glatthafer und 65 % Luzerne

Ausreißertest: n = nein

Abbildung 13: Mittelwerte der absoluten Trockensubstanzgehalte (105 °C, TS in %) mit Fehlerindikator (Standardfehler des Mittelwerts [%]) der Fruchtarten im Energiefruchtfolgeversuch am Standort Trossin des Versuchszeitraums 2013-2015 unter Angabe statistischer Streuungsmaße der Einzelwerte (Standardabweichung Stabw [%], Variationskoeffizient U [%], Spannweite [%]). Durchführung eines Ausreißer-Tests nach MUDRA (1958). Einbeziehung des Ertragsprüfungsversuchs, ohne Zweitfrüchte 2015.

Das Abreifeverhalten der erprobten Energiepflanzen in den einzelnen Versuchsjahren zeigt Tabelle 8.

Tabelle 8: Durchschnittliche TS-Gehalte (in % ± Stabw) der EVA-Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren (unter Eliminierung von Ausreißern), Versuchsstandort Trossin. Einbeziehung der Werte des Ertragsprüfungsversuchs. WZF = Winterzwischenfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht.

Fruchtart	2013	2014	2015
<u>Hauptfrüchte</u>			
Mais	33,6 ± 1,2	43,0 ± 3,0	37,0 ± 2,4
<i>Sorghum b.</i>	22,3 ± 0,7	29,2 ± 0,5	----
Wintergerste	20,8 ± 0,4 *	30,4 ± 1,3	34,0 ± 1,0
Wintertriticale	38,3 ± 1,2	38,4 ± 0,6	45,1 ± 1,0
Winterroggen	----	42,0 ± 0,4	44,5 ± 1,1
Wickroggen	32,7 ± 1,0	38,9 ± 0,5	----
Luzernegras I früh	20,3 ± 0,9	19,9 ± 1,4	----
Luzernegras I spät	----	----	29,1 ± 3,3
Lugras Folgeschnitte	33,9 ± 7,3	26,2 ± 3,9	35,7 ± 2,2
Rübenkörper	----	----	15,7 ± 0,8
Wildpflanzen	----	----	45,3 ± 3,5
<u>Zweitfrüchte</u>			
Mais	27,7 ± 2,6	41,7 ± 2,4	----
<i>Sorghum b. x s.</i>	33,1 ± 1,0	38,6 ± 1,8	----
<u>WZF</u>			
Grünroggen	23,8 ± 0,8	20,5 ± 0,7	30,0 ± 1,9
Wickroggen	21,5 ± 0,4	16,8 ± 0,7	----
W. Weidelgras	----	25,5 ± 1,6	32,2 ± 3,6
<u>SZF</u>			
Weidelgras	23,2 ± 2,4	25,2 ± 0,7	19,4 ± 3,2
<i>Sorghum b. x s.</i>	33,1 ± 1,0	38,6 ± 1,7	----

* alle 4 Parzellenwerte wurden nach MUDRA (1958) als Ausreißer bestimmt

Qualitativ hochwertige Silagen lassen sich nur mit Trockensubstanzgehalten des Ernteguts zwischen 28 und 35 % bzw. 35 und 40 % bei den meisten Getreidearten (Ausnahme: Gerste < 35 %) erzeugen (PAULUS & STARK 2008, HERMANN ET AL. 2009). Erwähnenswerte Probleme bei der Abreife, verbunden mit zu niedrigen TS-Gehalten, ergaben sich durch verspätete Aussaattermine und eine dadurch verkürzte Vegetations- und Abreifezeit der Kultur sowie durch zu frühe fruchtfolgebedingte Erntetermine (*Sorghum*, Zwischenfrüchte). Insbesondere bei Mais, den Sorghumhirsen und den Rüben sollte auf die Sortenwahl geachtet werden. Bei Mais gilt: je wärmer der Standort und demnach auch je länger die Vegetationszeit ist, desto später abreifende Sorten können gewählt werden. In Trossin wurden Sorten mit Siloreifezahlen zwischen 240 und 250 (HF) angebaut, da der bei EVA II erprobte „Atletico“ (S280) in vielen Versuchsjahren die Aussaat der Folgefrucht verzögerte. Für die Versuchsjahre 2014 und 2015 mit sehr warmen und trockenen Sommern waren diese mittelfrühen Sorten allerdings nur bedingt geeignet, da Wachstumszeit und Biomassebildungspotenzial verschenkt wurden. Für leichte, trockenere Standorte sind demnach Sorten mit Siloreifezahlen zwischen 260 und 270 in Hauptfruchtstellung zu empfehlen. Die neueren *Sorghum*-Sorten (bei EVA III: Hercules) können problemlos die TS-Grenze von 28 % erreichen, vorausgesetzt sind optimale Aussaatbedingungen und ein nicht zu kühler Sommer (siehe auch THEIß & JÄKEL 2014). In Zweitfruchtstellung dagegen erlangten nur die Sudangrashybriden die für die Silierung erforderlichen TS-Gehalte (vgl. Abb. 13). Bei den Rüben erzielten massenbetonte Zuckerrüben 40-60 % höhere TS-Gehalte als Biogas-Futterrüben (vgl. EVA II, GRUNEWALD & JÄKEL 2014). Der TS-Gehalt von Ackerfuttermischungen ist stark vom Schnitzeitpunkt und den dominierenden Komponenten abhängig. Leguminosen- und Segetalflora-betonte Mischungen erzielten geringer TS-Werte als Gräser-dominierte Gemenge. Bei den Gräsern ist das Erntefenster sehr gering, so dass innerhalb weniger Tage hohe Mengen an Lignin in die Cellulosefibrillen inkrustiert werden können. Damit ist die hohe Varianz der TS-Gehalte bei den Gräsermischungen zu erklären (Abb. 13).

Einen sehr großen Einfluss auf das Abreifeverhalten der erprobten Kulturarten im Versuchszeitraum 2013 bis 2015 hatte die Witterung (vgl. nachfolgende Ergebnisse der einzelnen Vegetationsjahre).

Vegetationsjahr 2013

Beim Getreide erreichten nur die späteren Arten und Fruchtfolgestellungen mit Erntezeitpunkten ab Mitte Juni die optimalen TS-Gehalte. Beim früher geernteten Wintergetreide im Mai 2013 (Wintergerste, Wickroggen und Winterroggen als WZF) machten sich die ungünstigen Wachstumsbedingungen im Winter und Frühjahr deutlich im Entwicklungsstand (BBCH 63-65) und der verzögerten bzw. ausgebliebenen Abreife bemerkbar. Eine spätere Ernte war aufgrund der darauffolgenden *Sorghum*- (SZF) und Mais-Aussaat (ZF) nicht möglich. Bei Luzernegras hätte in Bezug auf Ertrag und Abreife ein späterer Erntetermin für den ersten Schnitt gewählt werden können. Der Bestand war allerdings so schlecht entwickelt, dass die Unkrautunterdrückung und Anregung des Wiederaustriebs sowie die Bestockung im Vordergrund standen. Krautige Segetalflora im Erntegut drückte den TS-Gehalt erheblich auf 20 % TS. Anwelkphasen sind bei solch niedrigen TS-Gehalten zur Reduzierung von Sickerwasser zu empfehlen. Im Vegetationsverlauf wurde Luzerne stark zurück gedrängt, so dass die Gräser (Knautgras und Glatthafer) dominierten. Bei Gräsern ist das Erntefenster aufgrund einer rasch einsetzenden Lignifizierung gering, so dass der TS-Bereich verschiedener Schnitte enorm variieren kann. *Sorghum bicolor* enttäuschte ebenfalls mit niedrigen TS-Werten (Ø 22 % TS). Aufgrund von Bodenvernässungen konnte die Futterhirse erst Anfang Juni gedrillt werden, musste Wachstumsstagnationen durch Trockenheit einstecken und konnte auch im „goldenen Spätsommer“ ihr Wachstums- bzw. Entwicklungsdefizit nicht mehr aufholen. Bereits zu Beginn des Rispenstadiums (BBCH 51) wurde die Futterhirse vom Feld gefahren.

Aufgrund zunehmender kühler Nächte, teilweise unter 5 °C, ab Mitte September und angekündigter Minusgrade war die Ernte Anfang Oktober unabdingbar. Sorghumhirsen reagieren auf Frost sehr empfindlich. Sorghum bicolor x sudanense dagegen reifte bei gleicher Aussaatzeit und kürzerer Vegetationszeit (Ernte bereits Anfang September) ohne Probleme ab (Ø 33 % TS). Auf ein besseres Abreifeverhalten von Sorghum b. x s. im Vergleich zu S. bicolor wiesen bereits ZANDER & JÄKEL (2012) und THEIß & JÄKEL (2012, 2014) hin. Die früh- bis mittelfrüh reifen Maissorten „Ronaldinio“ (S240) und „Padrino“ (S230, ZF) konnten im trockenen Sommer gut abreifen und bereits Anfang bis Mitte September eingefahren werden.

Vegetationsjahr 2014

Im Versuchsjahr 2014 gab es bei den Haupt- und Zweitfrüchten keine Probleme beim Erreichen des für die Silierung optimalen TS-Gehaltes. Milde Wintertemperaturen verbunden mit starkem Pilzbefall und extremer Trockenstress im Juni führten zur vorzeitigen Reife des spät geernteten Ganzpflanzengetreides und hohen TS-Gehalten. Bei Wickroggen als Winterzwischenfrucht führte die gute Etablierung von Wicke im Bestand zu hohen Feuchtegehalten (TS: Ø 17 %). Erst im weiteren Vegetationsverlauf konnten sich Roggen und Gräser besser durchsetzen, wodurch in Kombination mit einem trockenen Erntemonat der TS-Gehalt des Wickroggens in Hauptfruchtstellung stark anstieg (TS = Ø 39 %). Die sich fortsetzende warme Witterung machte sich auch bei der Abreife der Sommerkulturen bemerkbar. Aufgrund von Projekterfahrungen wurden wieder die für den Versuchsstandort Trossin als gut geeignet eingestuften mittelfrühen Mais-Sorten (S230-S240) angebaut. In diesem Jahr wurden bereits in der zweiten Augushälfte zum Ende der Milchreife TS-Werte um 28 % gemessen. Bodenverschlämmungen machten den Boden aber erst Mitte September für die Erntetechnik befahrbar. Das Resultat waren Trockensubstanzgehalte > 40 % (vgl. Tabelle 8). Ausreichend Wärme während der gesamten Vegetationsperiode ließ auch bei den Futterhirschen TS-Gehalte > 28 % zu. Geerntet wurde wie in den Vorjahren Mitte Oktober kurz vor Einsetzen der ersten Nachtfröste im BBCH-Stadium 65. Die besser und schneller abreifenden Sudangrashybriden (THEIß & JÄKEL 2014), welche als Zweit- und Zwischenfrüchte in die Fruchtfolgen integriert wurden, erzielten auch bei EVA nicht nur in diesem Versuchsjahr deutlich höhere TS-Gehalte als die Futterhirschen (Tabelle 8). Der TS-Gehalt von Ackerfuttermischungen ist stark von den dominierenden Komponenten abhängig. Der 1. Schnitt war wie schon im letzten Jahr eher ein Bestockungsschnitt (hoher Unkrautdurchwuchs). Krautige Segetalflora im Erntegut drückte den TS-Gehalt. Im weiteren Vegetationsverlauf dominierten Gräser den Bestand, was zu einem raschen Anstieg des TS-Gehaltes innerhalb weniger Tage führen kann. Somit wurde das intensive Schnittregime (4 Schnitte pro Jahr) gewählt. Die TS-Gehalte variierten je nach Unkrautvorkommen stark. Weiterhin verzögerten häufige Niederschläge die Abreife. Die TS-Gehalte fielen beim 3. und 4. Schnitt letztendlich niedriger aus als gedacht. Vor dem 2. Schnitt im Juni dagegen führte Wassermangel vor der Ernte zu einem erheblichen Anstieg der Trockensubstanz.

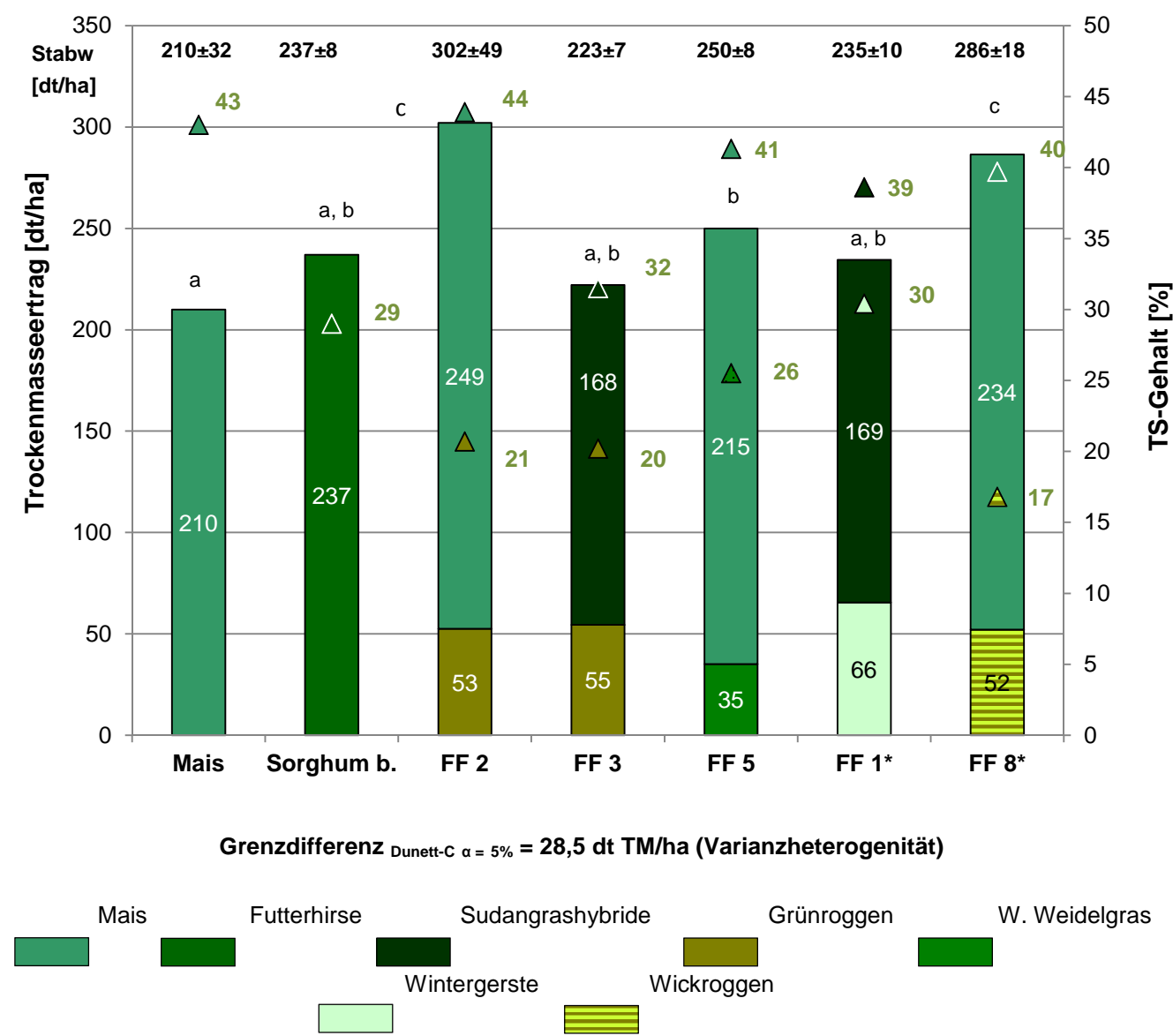
Vegetationsjahr 2015

Trockenstress induzierte „Notreife“ prägte das Abreifeverhalten aller Fruchtarten im Versuchsjahr 2015 (vgl. Tabelle 8). Die Winterzwischenfrüchte profitierten dadurch und erzielten erstmalig optimale TS-Gehalte > 28 %. Bei den Kulturen in Hauptfruchtstellung dagegen waren die TS-Werte teilweise zu hoch. Probleme bei der Silierung, der Pumpfähigkeit des Häckselguts in der Biogasanlage sowie eine begrenzte Abbaubarkeit des Materials aufgrund eines zu hohen Lignifizierungsgrades könnten die Folge sein. Die als früh abreifend eingestufte Biogas-Futterrübe „Ribabelle“ (Saaten-Union) mit einem Erntetermin ab Mitte September erzielte trotz Ausnutzung der vollen Vegetationszeit (Ernte Mitte Oktober) nur TS-Gehalte von Ø 16 %. Mit anderen Biogas-

rüben-Sorten konnten in der zweiten Projektphase von EVA bereits TS-Gehalte zwischen 18 % (Futterrübe) und 25 % (massebetonte Zuckerrüben) erreicht werden (GRUNEWALD & JÄKEL 2014).

3.1.3 Zweikulturnutzung

Das Zweikulturnutzungssystem hat zum Ziel, die Vegetationszeit und die Flächen möglichst ganzjährig für die Biomasseproduktion zu nutzen. Deshalb wird eine Winterung relativ früh geerntet, damit die darauffolgende Sommerung noch genügend Wachstumszeit besitzt. Als früh räumende Winterzwischenfrüchte bieten sich Grünroggen, Wickroggen und Wintergerste an. Für den Zweitfruchtanbau eignen sich frühreife Mais- und *Sorghum*-Sorten. Abbildung 14 zeigt das Erntergebnis der Zweikulturnutzung am Standort Trossin für das Versuchsjahr 2014. Für 2015 lagen zu Redaktionsschluss noch keine Ergebnisse vor.



a, b, c = homogene Untergruppe, in denen Mittelwerte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht voneinander abweichen

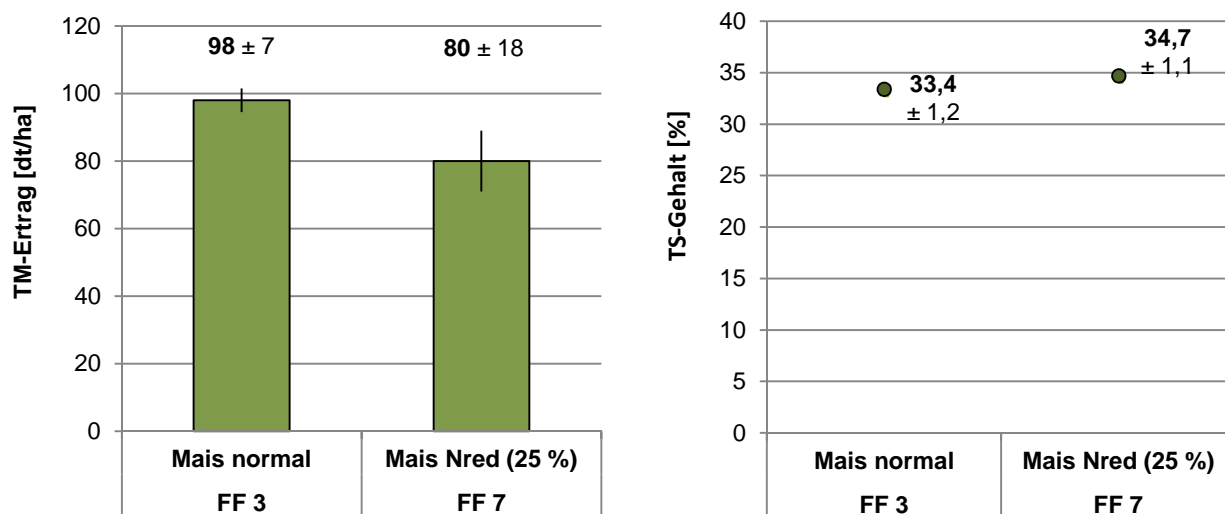
Abbildung 14: Erntedaten der Zweikulturnutzung (absoluter Trockenmasseertrag in dt/ha, TS-Gehalt in %) von Mais und den Sorghumhirsens im Vergleich zum Hauptfruchtanbau, Versuchsjahr 2014.

Mais in Zweikulturnutzung erzielte im Vergleich zum Hauptfruchtanbau bei einem Niveau von $\alpha = 5\%$ signifikante Mehrerträge zwischen 20 % und 45 % (vgl. Abb. 14). Zweitfrucht-Mais profitierte von günstigeren Wasserbedingungen während der Auflaufphase als der 4 Wochen früher gesäte Mais in Hauptfruchtstellung. Die Erträge der Erstfrüchte Wickroggen und Grünroggen waren mit Werten knapp über 50 dt TM/ha standortüblich. Überwinterndes Weidelgras, etabliert als Untersaat im Wickroggen, schnitt mit durchschnittlich 35 dt TM/ha schlechter ab. Der Mais-Bestand nach Weidelgras hatte sichtlich größere Schwierigkeiten beim Auflaufen und bei der Etablierung als Mais nach Getreide. Auch die Erträge waren letztendlich niedriger (Abb. 14). Mögliche Ursachen könnten Unverträglichkeiten zwischen den beiden Kulturarten, z. B. durch Wurzelabscheidungen, oder der erhebliche Durchwuchs des Grases im Mais-Bestand sein. Die Zehrung an den Wasservorräten war beim Weidelgras aber nicht höher als bei den anderen Vorfrüchten (vgl. Abb. 20). Zweitfrucht-Sorghum in Kombination mit Grünroggen bzw. Wintergerste als Vorfrucht lag mit den Hauptfrucht-Futterhirsen auf einem Ertragsniveau. Trotz nur geringfügig differierender Aussattermine konnten die Sudangrashybriden mit $\bar{\varnothing}$ 170 dt TM/ha die Trockenmassen der leistungsstärkeren Futterhirsen ($\bar{\varnothing}$ 240 dt TM/ha) bei weitem nicht erreichen (vgl. Abb. 14). Die für den Versuchsstandort guten Vorfruchterträge konnten das Gesamtergebnis der *Sorghum*-Zweikultursysteme aufwerten.

3.1.4 Reduzierte Stickstoff-Düngung

Die Nitratgehalte im Boden und im Grundwasser werden oft als Maßstab für eine gute landwirtschaftliche Praxis herangezogen. Somit wurde der Wasserschutzaspekt mit verstärkter Bedeutung auch in das EVA-Projekt aufgenommen. Es wurde das Ertragsverhalten bei einer reduzierten Düngermenge im Vergleich zur standortangepassten Düngung untersucht. In Fruchtfolge 7 wurde 25 % weniger Stickstoff ausgebracht im Vergleich zu FF 3 (vgl. Tabelle 1 und Abb. 15). Die angebaute Fruchtarten - im Versuchsjahr 2013 Mais, 2014 Grünroggen mit der nachfolgenden Zweitfrucht *Sorghum bicolor x sudanense* und in der Spiegelanlage Mais in Hauptfruchtstellung sowie 2015 Wintertriticale, wurden ansonsten in gleicher Weise bewirtschaftet. Die Erntedaten, TM-Ertrag (in dt/ha) und TS-Gehalt (in %), sind in Abbildung 15 dargestellt.

Versuchsjahr 2013 (Mais in Hauptfruchtstellung)



	Mais FF 3	Mais FF 7 *
N-Bedarf [kg/ha]	152	152
Nmin 0-90 cm [kg/ha]	23	15
N-Düngung [kg/ha]	120	105

Signifikanztest über einfaktorielle ANOVA

(SPSS 17.0):

Annahme: Varianzhomogenität

Trockenmasseertrag:

GD Tukey $\alpha = 5\%$ = 33,0 dt TM/ha

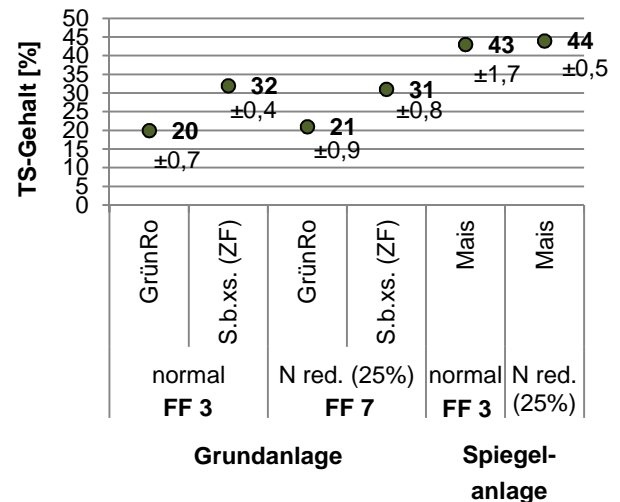
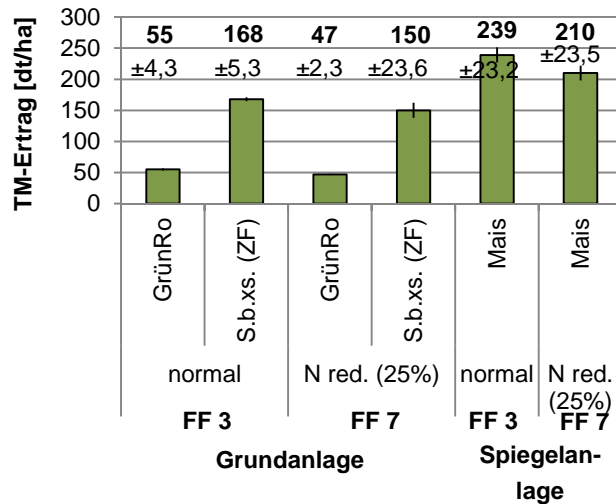
Trockensubstanzgehalt:

GD Tukey $\alpha = 5\%$ = 2,8 %

* Die N-Reduzierung um 25 % erfolgte unter Zugrundelegung der regionalen Düngerempfehlung des jeweiligen Jahres für FF 3.

Abbildung 15a: Vergleich der Trockenmasseerträge [dt/ha] und Trockensubstanzgehalte [%] der im Versuchsjahr 2013 angebauten Fruchtarten in FF 3 bei standortangepasster N-Düngung und FF 7 bei 25 % reduzierter N-Aufwendung mit Angabe der Fehlerbalken (Standardfehler des Mittelwerts) und der Standardabweichung der Einzelwerte (\pm Wert).

Versuchsjahr 2014 (Grünroggen / Sorghum b. x s. [ZF] und Mais)



N-Bedarf [kg/ha]	100	140	100	140	152	152
Nmin 0-90 cm [kg/ha]	7	10			21	
N-Düngung [kg/ha]	115**	130	86*	97,5*	130	97,5*

Signifikanztest über einfaktorielle ANOVA

(SPSS 17.0):

Annahme: Varianzhomogenität

Trockenmasseertrag:

GD Tukey $\alpha = 5\%$ = 30,9 dt TM/ha

Trockensubstanzgehalt:

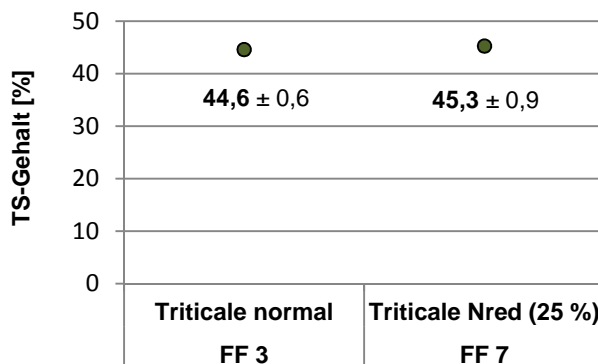
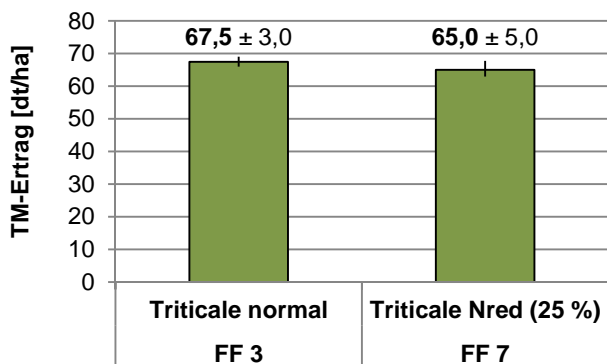
GD Tukey $\alpha = 5\%$ = 1,7 %

* Die N-Reduzierung um 25 % erfolgte unter Zugrundelegung der regionalen Düngerempfehlung des jeweiligen Jahres für FF 3.

** schlechte Bestandesetablierung

Abbildung 15b: Vergleich der Trockenmasseerträge [dt/ha] und Trockensubstanzgehalte [%] der im Versuchsjahr 2014 angebauten Fruchtarten in FF 3 bei standortangepasster N-Düngung und FF 7 bei 25 % reduzierter N-Aufwendung mit Angabe der Fehlerbalken (Standardfehler des Mittelwerts) und der Standardabweichung der Einzelwerte (\pm Wert).

Versuchsjahr 2015 (Wintertriticale)



	WiTriticale FF 3	WiTriticale FF 7 *
N-Bedarf [kg/ha]	100	100
Nmin 0-90 cm [kg/ha]	11	6
N-Düngung [kg/ha]	90	67,5

Signifikanztest über einfaktorielle ANOVA (SPSS 17.0):

Annahme: Varianzhomogenität

Trockenmasseertrag:

GD Tukey $\alpha = 5\%$ = 9,7 dt TM/ha

Trockensubstanzgehalt:

GD Tukey $\alpha = 5\%$ = 1,9 %

* Die N-Reduzierung um 25 % erfolgte unter Zugrundelegung der regionalen Düngerempfehlung des jeweiligen Jahres für FF 3.

Abbildung 15c: Vergleich der Trockenmasseerträge [dt/ha] und Trockensubstanzgehalte [%] der im Versuchsjahr 2015 angebauten Fruchtarten in FF 3 bei standortangepasster N-Düngung und FF 7 bei 25 % reduzierter N-Aufwendung mit Angabe der Fehlerbalken (Standardfehler des Mittelwerts) und der Standardabweichung der Einzelwerte (\pm Wert).

Bei allen Fruchtarten wurde ein nicht signifikanter Minderertrag zwischen 4 % und 15 % bei 75 %iger N-Düngung registriert. Weiterhin streuen die Einzelwerte stärker. Mit der optimalen Düngevariante (FF 3) wurde ein stabileres Ertragsniveau erzielt (Abb. 15a-c). Auf das Abreifeverhalten hatte die geringere Stickstoffaufwendung keine Auswirkung. Es ist allerdings eine Tendenz zu geringfügig höheren TS-Werten bei suboptimaler Düngung zu erkennen. Optisch zeigten sich nur beim Mais aufgehellte, gelbliche Blätter als Folge fehlenden Stickstoffs.

3.2 Gasbildungspotenzial

Die im EVA-Versuch ermittelten Methangasausbeuten und Methangehalte, basierend auf der ATB-Biogasmatrix (HERMANN ET AL. 2013, PLOGSTIES ET AL. 2014), sind für die erprobten Fruchtarten in Tabelle 9 aufgelistet (Methodikbeschreibung siehe Punkt 2.6.2).

Tabelle 9: Durchschnittliche Methanausbeuten (in l/kg oTS) und Methangehalte (in Vol-%) der EVA-Fruchtarten am Versuchsstandort Trossin. Methodik siehe 2.6.2 und PLOGSTIES ET AL. 2015. WZF = Winterzwischenfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht.

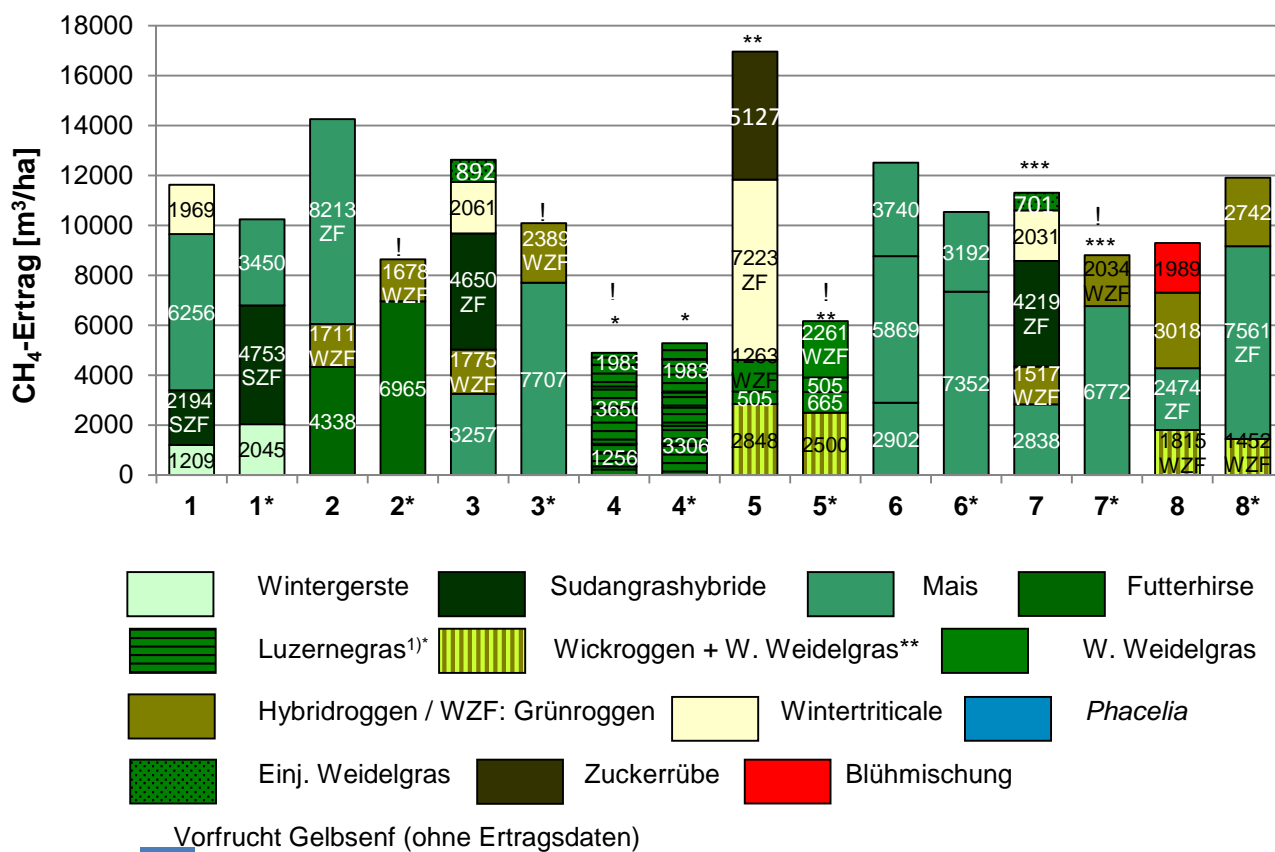
Fruchtart	Methanausbeute [l/kg oTS]	Methangehalt [Vol-%]
Hauptfrüchte		
Mais	338	55,9
<i>Sorghum b.</i>	336	59,1
Wintergerste	323	56,1
Wintertriticale	328	56,4
Winterroggen	324	56,4
Wickroggen	295	55,9
Luzernegras I früh	328	59,1
Luzernegras I spät	304	59,3
Lugras Folge früh	281	56,9
Lugras Folge spät	284	58,8
Rübenkörper	362	48,5
Wildpflanzen	237	56,1
Zweitfrüchte		
Mais	345	55,1
<i>Sorghum b. x s.</i>	297	56,3
WZF		
Grünroggen	352	58,0
Wickroggen	297	55,8
W. Weidelgras	379	56,4
SZF		
Weidelgras	358	58,1
<i>Sorghum b. x s.</i>	297	56,3

Die spezifischen Biogas- bzw. Methanausbeuten (in l/kg oTS) sind in großem Maße von der biochemischen Zusammensetzung der Trockenmasse der Energiepflanzen abhängig. Die Gasausbeute wird im Wesentlichen von den drei Stoffgruppen Rohfett, leicht verdauliche Kohlenhydrate (Nichtfaserkohlenhydrate) und Rohprotein bestimmt (Methanausbeute: Rohfett > Rohprotein > leicht verdauliche Kohlenhydrate, FNR 2005). Zur schwer verdaulichen Fraktion zählt die Rohfaser, insbesondere der Lignocellulosekomplex (Cellulosefibrillen mit inkrustiertem Lignin). Je höher der Ligninanteil in der geernteten Biomasse ist, desto schlechter umsetzbar ist die organische Trockensubstanz zu Biogas für die Mikroorganismen im Fermenter. Die Inhaltsstoffcharakteristik der Pflanzenarten ist in Tabelle A6 aufgezeigt.

Die **Methanausbeuten** variierten bei den im EVA-Projekt untersuchten Pflanzenarten deutlich. Mais wies mit \varnothing 1,9 % (in der TM) die geringsten ADL-Werte aller untersuchten Fruchtarten auf und erzielte Methanausbeuten von \varnothing 338 l/kg oTS (HF) als Haupt- bzw. \varnothing 345 l/kg oTS als Zweitfrucht. Über dem Gasbildungspotenzial von Mais lagen die Biogasrübe (Rübenkörper) und die Zwischenfrüchte Grünroggen sowie Weidelgras. Zwischenfrüchte stehen kürzere Zeit auf dem Acker und inkrustieren deutlich weniger Lignin als Hauptfrüchte. Für die Rübe standen zu Redaktionsschluss noch keine Ergebnisse der Inhaltsstoffanalyse zur Verfügung. Die Methanausbeuten der Getreidearten Wintergerste, Wintertriticale und Winterroggen differierten kaum (\varnothing 323 -

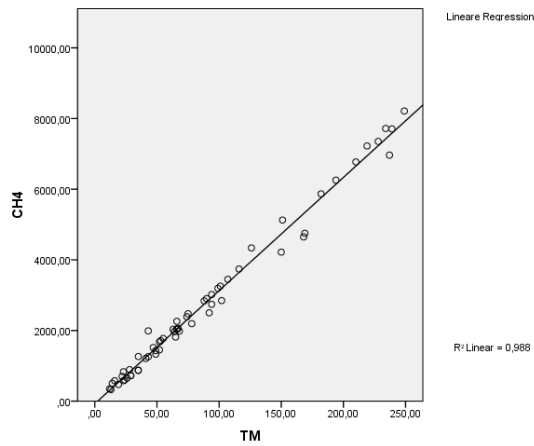
328 l/kg oTS mit 3-4 % Lignin in der TM). Getreide im Gemenge mit Winterwicke und Welschem Weidelgras schnitt dagegen ca. 10 % schlechter ab. Es wurden Ligningehalte bis zu 14 % in der Trockenmasse von Wickroggen bestimmt (vgl. Tabelle A6). Im Unterschied zu EVA II (GRUNEWALD & JÄKEL 2014) kristallisierten sich unter Einbeziehung der EVA III-Proben ungleiche Methanausbeuten der beiden Sorghumhirsearten heraus. *Sorghum bicolor* (Sorte Hercules, bei EVA II: Super Sile) lag mit Ø 336 l/kg oTS und ADL-Werten von Ø 3 % (in der TM) auf Maisniveau. *Sorghum bicolor x sudanense* (EVA II und III: Sorte Lussi) wies analog zu EVA II ein ca. 12 % geringeres Methanbildungspotenzial mit deutlich höheren Ligningehalten als *Sorghum bicolor* auf (7-8 % ADL in der TM). Bei den Sorghumhirsen wurde in den letzten Jahren viel Züchtungsarbeit geleistet. Das Gasbildungspotenzial der Ackerfuttermischungen ist von den dominierenden Komponenten und vom Schnitzeitpunkt abhängig. Je später geerntet wurde und je Gräser-lastiger das Gemenge war, desto höher war der Rohfasergehalt. Die Blühmischung, ein Gemenge aus krautigen Wildkräutern, erreichte nur Methanausbeuten von Ø 237 l/kg oTS.

Das Methanbildungspotenzial der bei EVA III erprobten Fruchtarten, ausgedrückt als **Methanhektarertrag** [m³/ha], gibt Abbildung 16 wieder.



1) Luzernegras ist ein Leguminosen-Gras-Gemenge (Sächsische Qualitätsmischung QA 7) aus 20 % Knaulgras, 15 % Glatthafer und 65 % Luzerne.
 * mehrere Schnitte pro Jahr
 ** Welsches Weidelgras als Untersaat vom Wickroggen, weiter genutzt als Winterzwischenfrucht vor Mais (in Abbildung: Ertrag der Herbstschnitte + Frühjahrsschnitt)
 *** -25 % N-Düngung im Vergleich zu FF 3
 ! Ertragsdaten der Zweifrüchte 2015 lagen zu Redaktionsschluss noch nicht vor
 SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

Abbildung 16: Methanhektarerträge (in m³/ha), aufsummiert nach Fruchtfolgen, der im Versuchszeitraum geernteten Energiepflanzen am Standort Trossin.



- Korrelationskoeffizient $r = 0,994^{**}$
- Regressionskoeffizient $R = 0,988$
- Lineare Regressionsgleichung:

$$\text{CH}_4\text{-Ertrag} = 32,1 \cdot \text{TM-Ertrag} - 73,8$$
 (SPSS 17.0)

** = Die Korrelation ist auf einem Niveau von 0,01 ($\alpha = 1\%$) 2-seitig signifikant.

Abbildung 17: Streudiagramm der Regression mit sehr hoher linearer Abhängigkeit zwischen Trockenmasse- und Methanhektarerträgen, Versuchsjahre 2013-2015, Standort Trossin. SPSS 17.0.

Die Methanhektarerträge der untersuchten Energiepflanzen korrelieren in sehr hohem Maße mit deren Trockenmasseerträgen, d.h. Fruchtarten mit einem hohen Ertragspotenzial zeichneten sich auch durch eine gute Methanbildung aus (vgl. Abb. 11 und 16). Die Korrelation ist auf einem Niveau von $\alpha = 1\%$ signifikant. Die in Abb. 17 angegebene Geradengleichung wird durch ein sehr gutes Bestimmtheitsmaß von 0,988 abgesichert.

3.3 Ökologische Nachhaltigkeitsbewertungen

3.3.1 Nährstoffaustrag – N_{\min} -Dynamik

Stickstoff wird generell als Motor des Pflanzenwachstums bezeichnet. Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft können zu einem Anstieg der Nitratkonzentration im Grundwasser führen. Um die Zielvorgabe der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) „Schaffung eines guten ökologischen und chemischen Zustandes von Gewässern“ erfüllen zu können, müssen die Nährstoffausträge mit dem Sickerwasser reduziert werden. Auch EVA hat sich diesem Ziel mit der Optimierung des Düngemanagements und Maßnahmen zur Verbesserung der Fruchtfolgegestaltung angenommen. Nährstoffverlagerungen sind aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten des Sickerwassers erst in einigen Jahren im Grundwasser nachweisbar. Aussagen über mögliche Stickstoff-Auswaschungsrisiken geben N_{\min} -Boden-Werte zu bestimmten Zeiten. Unter dem N_{\min} -Wert wird der Gehalt an leicht verfügbarem mineralischem Stickstoff, Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+), im Boden verstanden. Die N_{\min} -Mengen nach der Ernte und im Herbst erlauben eine Momentaufnahme des noch verfügbaren mineralischen Stickstoffs im Boden. Der Nachernte- N_{\min} gestattet Rückschlüsse darauf, ob Stickstoffdüngung und –mineralisation mit der Aufnahme durch die Pflanze in Einklang gestanden haben. Der N_{\min} -Wert zu Vegetationsende bei Beginn der Sickerwasserbildung gibt Auskunft über die Mineralisationsleistung des Bodens zwischen Ernte und Winterbeginn sowie lässt erste Abschätzungen des Nitrat-Verlagerungsrisikos mit dem Sickerwasser zu (BUTTLAR 2012). Beprobungen zu Vegetationsbeginn im Frühjahr dienen der N-Düngerbedarfsermittlung einer Kulturart. Düngergaben zu den im Versuchszeitraum angebauten Beständen sind in Tabelle A1 (Anhang) wieder gegeben. Da nur mineralisch gedüngt wurde, liegt kein erhöhtes Mineralisationspotenzial aus organischer Düngung vor.

3.3.1.1 *Fruchtarten im Fruchtfolgeversuch*

Die in Abbildung 18 gezeigten N_{\min} -Ergebnisse (in kg/ha) der Bodenbeprobungen nach den Ernten der Kulturarten sowie zu Vegetationsende lassen Aussagen zur kulturbezogenen N-Dynamik der untersuchten Pflanzen zu. Bei Interpretation von kulturspezifischen N_{\min} -Bodengehaltsdiagrammen ist allerdings zu berücksichtigen, dass neben der angebauten Kulturart auch die Bodenbearbeitung und der Witterungsverlauf (Temperatur, Niederschlag) einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe des N_{\min} -Gehaltes haben.

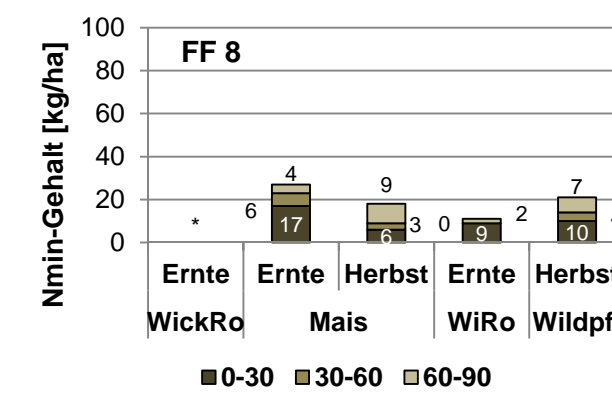
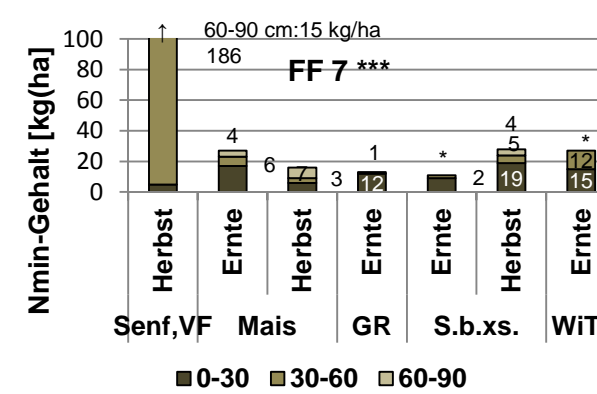
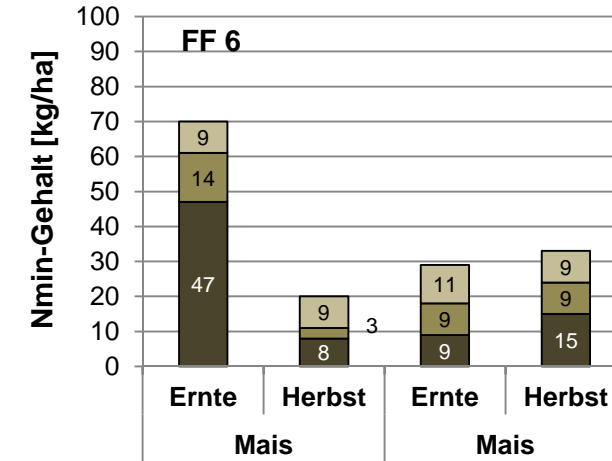
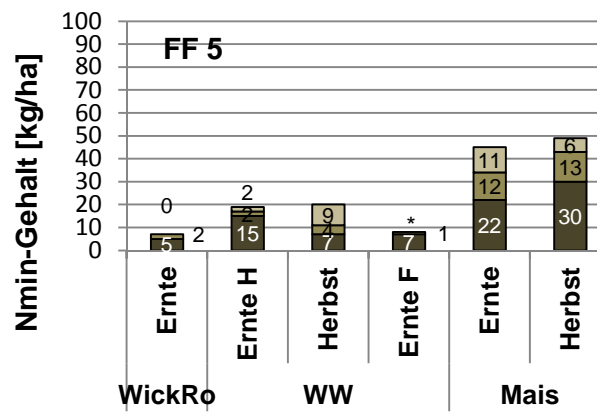
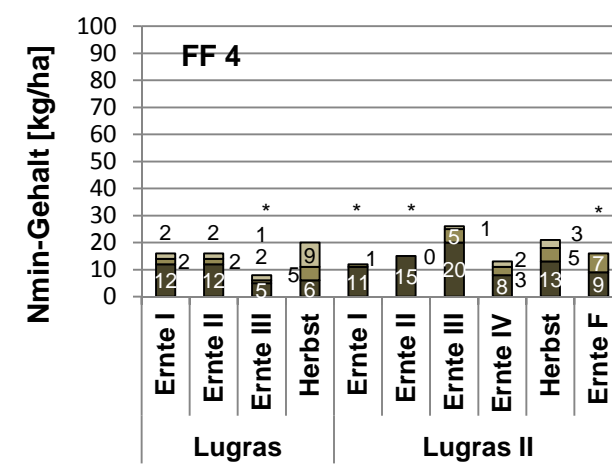
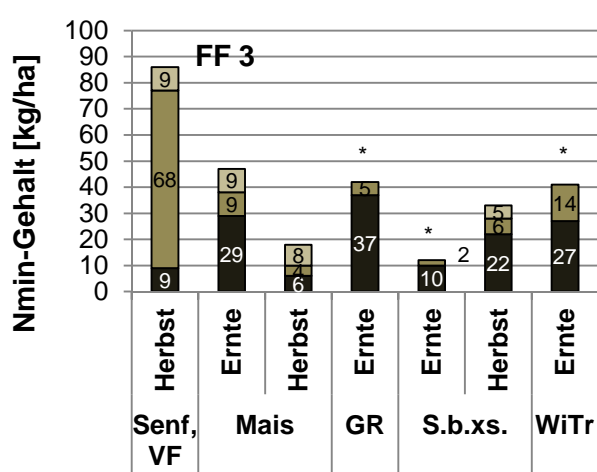
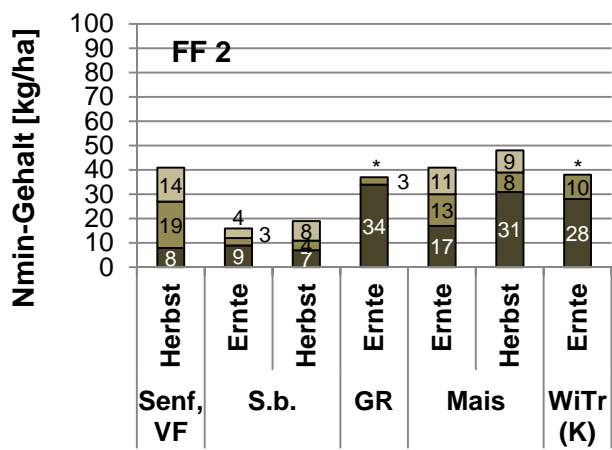
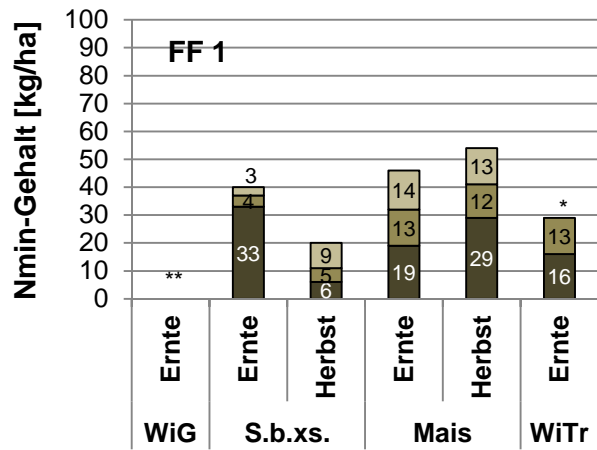
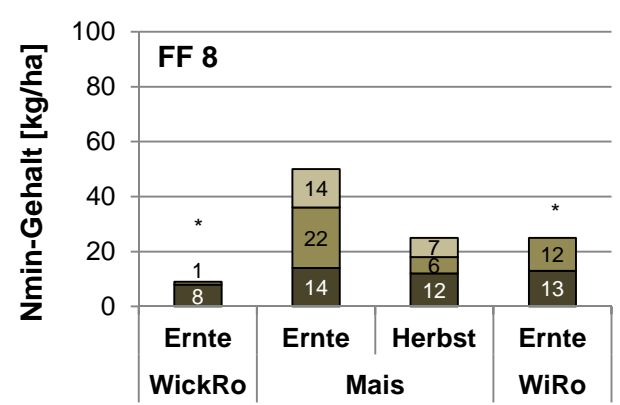
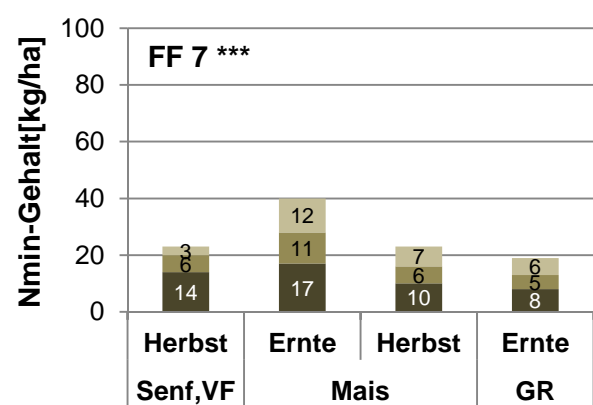
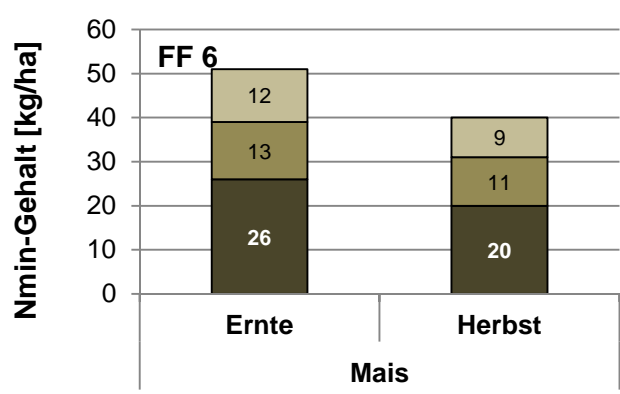
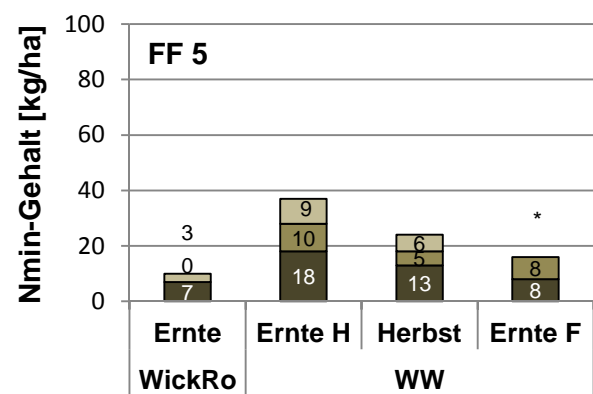
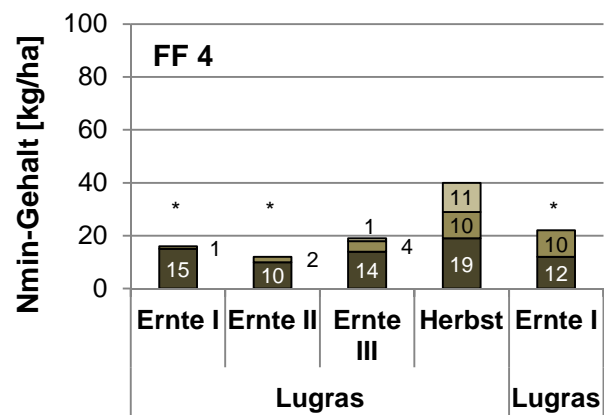
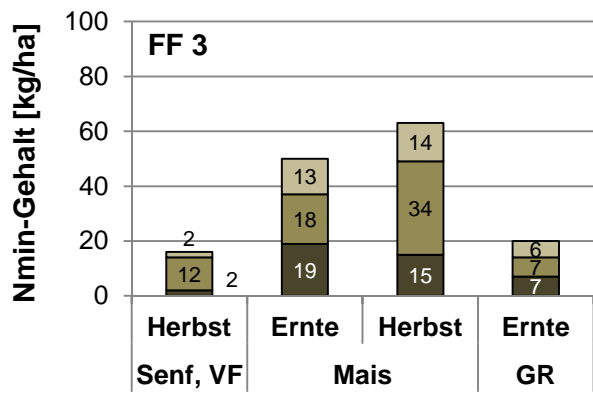
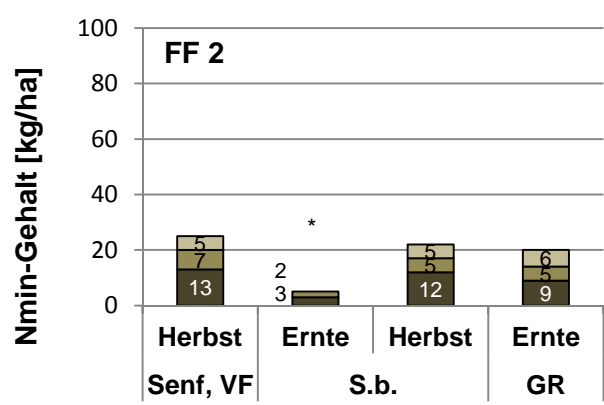
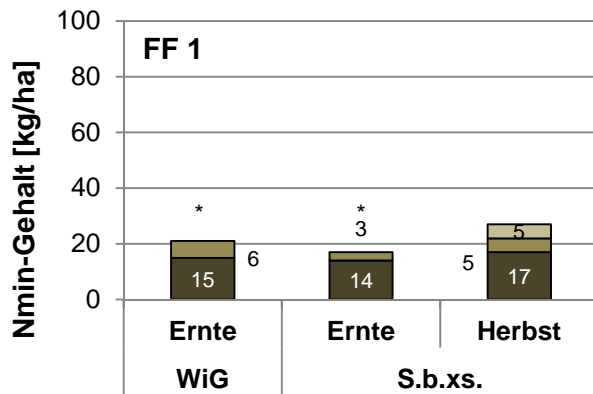


Abbildung 18a: N_{min}-Bodengehalte (in kg/ha) der Feldfrüchte im Energiefruchtfolgeversuch EVA am Standort Trossin unter Darstellung der Bodentiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm, Grundlage (ab 2013). * = manuelle Beprobung nur bis 60 cm Tiefe möglich, ** = Probenahmegerät defekt, *** = Fruchtfolge mit reduzierter N-Düngung (-25 %).



■ 0-30 ■ 30-60 ■ 60-90

■ 0-30 ■ 30-60 ■ 60-90

Abbildung 18b: N_{min}-Bodengehalte (in kg/ha) der Feldfrüchte im Energiefruchtfolgeversuch EVA am Standort Trossin unter Darstellung der Bodentiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm, Spiegelanlage (ab 2014).

* = manuelle Beprobung nur bis 60 cm Tiefe möglich, ** = Probenahmegerät defekt, *** = Fruchtfolge mit reduzierter N-Düngung (-25 %).

Die ermittelten **Nachernte-N_{min}-Gehalte** des Versuchszeitraums 2013 bis 2015 liegen je nach Fruchtart und Versuchsjahr zwischen 5 und 60 kg N/ha (0-60 cm Bodentiefe) und sind im geringen bis mittleren Gefährdungsbereich einzustufen (BEISECKER 2012). Nicht erreichte Ertragserwartungswerte und somit die Nicht-Ausschöpfung gedüngter Stickstoffmengen waren die Hauptursache erhöhter N_{min}-Werte nach Aberntung einer Fruchtart. Über den gesamten Versuchszeitraum wurden nach Mais die höchsten N_{min}-Werte gemessen (30-60 kg N_{min}/ha [0-60 cm], vgl. Abb. 18). Höhere Nachernte-N_{min}-Gehalte bei Mais wurden auch als Ergebnis anderer Wasserschutz-Versuche festgestellt und als „Mais-typisch“ definiert (u. a. LFL O.J., LWK NIEDERSACHSEN O.J.). KUHLMANN (2012) hält die Fähigkeit der verstärkten N-Mobilisierung durch Mais oder eine bevorzugte Ammoniumernährung für möglich. Sorghumhirsen besitzen ein besseres Nährstoffaneignungsvermögen (THEIß & JÄKEL 2012 & 2014, ZANDER & JÄKEL 2012). Dies wurde auch bei EVA III durch niedrigere N_{min}-Werte von < 35 kg/ha (0-60 cm) nach Aberntung bei vergleichbarer Düngung wie Mais (siehe Tabelle Anhang A1) bestätigt. Getreide-GPS mit spätem Erntezeitpunkt weist erfahrungsgemäß die geringsten N_{min}-Gehalte nach der Ernte im Boden auf (BUTTLAR 2012), so auch im EVA-Versuch mit Ø 10-25 kg N_{min}/ha (0-60 cm). Eine Ausnahme waren die schlecht entwickelten Wintertriticale-Bestände im Versuchsjahr 2015 (vgl. Abb. 11 und 18). Ackerfuttermischungen mit Leguminosen besitzen die Fähigkeit Bodenstickstoff über Knöllchenbakterien zu fixieren, so dass geringe N-Düngemengen vollkommen ausreichen (N-Bedarf im Frühjahr 60 kg/ha, nach jedem Schnitt 30-40 kg/ha). Luzernegras bedeckt die Ackerfläche ganzjährig, bildet ein tief reichendes Wurzelsystem (Luzerne) und zeichnet sich durch ein gutes Nitrataneignungsvermögen (Umwandlung in Proteine) aus. Die ganzjährige N-Aufnahme und die demnach niedrigen N_{min}-Bodengehalte nach den Ernteschnitten (vgl. Abb. 18) sind beste Voraussetzungen zur Entgegenwirkung von N-Auswaschungsverlusten.

Durch den N-Entzug der Hauptkultur sollte der Wurzelraum im Idealfall nach der Ernte tiefgründig von N_{min} entleert sein. Aufgrund von Mineralisationsprozessen bei einer warm-feuchten Witterung können die N_{min}-Werte in den oberen Bodenschichten bis zur Probenahme im Herbst aber wieder ansteigen. Typisch sind mit der Tiefe abnehmende N_{min}-Gehalte. Höhere Gehalte in tieferen Schichten (30-90 cm) deuten auf bereits abgelaufene **Verlagerungsprozesse** hin (Herbst 2014, vgl. Abb. 18).

Die **Herbst-N_{min}-Gehalte** sollten bestimmte Grenzwerte nicht übertreffen. Die tolerierbaren Gehalte sind von der Sickerwasserrate und von der Bodenart abhängig (HENNING & SCHEFFER 2000). Aus Sandböden wird der mineralische Bodenstickstoffgehalt des Herbstes fast vollständig im Winterhalbjahr ausgewaschen. In Lehm Böden verlässt nur ein geringer Teil des mineralischen Stickstoffs den Wurzelraum, so dass höhere Herbst-N_{min}-Werte toleriert werden können. Für den leichten Versuchsstandort Trossin (Su, Sickerwassermenge zwischen 150 und 250 mm/a nach ZALF 2014) geben HENNING & SCHEFFER (2000) einen Herbst-N_{min}-Grenzwert von 20 (bei niedrigerer Sickerwassermenge < 200 mm) bis 30 kg/ha (bei höherer Sickerwassermenge > 200 mm/a) an, um die Qualitätsnorm nach Wasserrahmenrichtlinie von 50 mg Nitrat je Liter Sicker- bzw. Grundwasser zu unterschreiten. Die im EVA III-Versuchszeitraum gezogenen Bodenproben wiesen zum Teil zu hohe N_{min}-Gehalte > 30 kg/ha (0-90 cm) auf. Als Ursachen können hohe Nachernte-N_{min}-Werte - vor allem bei Mais, produktionstechnische Maßnahmen (Bodenbearbeitung) und eine starke Mineralisationsleistung in den mild-feuchten Herbstes angegeben werden. Die größten Mengen des auswaschungsgefährdeten Nitrats wurden bei fehlender Begrünung festgestellt. Neben der winterlichen Brache stellte auch Wintertriticale als lückiger Problembestand im Herbst 2014 ein hohes N-Auswaschungsrisiko dar (vgl. Abb. 18). Das Wintergetreide war bis Vegetationsende nicht in der Lage einen dichten Bestand zu bilden, um den überschüssigen mineralischen Stickstoff im Boden zu binden. Ähnliches wurde im Herbst 2012 bei den Parzellen mit Gelbsenf verzeichnet. Durch Bodenbearbeitungsprozesse Ende August bis Mitte September 2012 wurde die Mineralisation

gefördert und Stickstoff frei gesetzt. Mit dem Anbau der abfrierenden Zwischenfrucht Gelbsenf in FF 2, 3 und 7 sollte leicht auswaschungsgefährdeter Nitratstickstoff gebunden und die Boden-N_{min}-Gehalte bis zum Vegetationsende auf niedrigstes Niveau gebracht werden. Allerdings war das Gegenteil zu verzeichnen: enorm hohe N_{min}-Gehalte bis zu 206 kg/ha, mit Hauptanteil in der mittleren Bodenschicht. Gelbsenf hat sich im Herbst 2012 sehr schlecht etabliert. Mitte November waren die Bestände nur 5-10 cm hoch (in anderen Jahren bis zu 40/50 cm). Große Mengen an Stickstoff aufzunehmen war unmöglich. Weiterhin trat Ende November eine Frostphase ein, bei der die kleinen Pflänzchen bereits abgestorben sind. Im darauffolgenden milden, regenreichen Dezember, der beste Lebensbedingungen für Destruenten bot, setzte bereits die Mineralisation des leicht abbaubaren (junges Pflanzenmaterial hat ein sehr enges C:N-Verhältnis), abgestorbenen Pflanzenmaterials ein, wodurch große Mengen an Stickstoff frei gesetzt wurden. Diese wurden in den Analyseergebnissen der Herbstbeprobungen, welche im Jahr 2012 aufgrund einer Projektpause erst Mitte Dezember gezogen werden konnten, fest gehalten. Bei einer dichten Gründecke im Herbst konnte der leicht auswaschungsgefährdete Nitratstickstoff allerdings weitgehend gebunden werden, so dass die tolerierbaren Herbst-N_{min}-Gehalte <30 kg/ha eingehalten wurden (gut entwickelte Wintergetreidebestände, Gelbsenf 2013 – FF 2, 3 und 7, Ackerfuttermischung - FF 4 und überwinterndes Weidelgras - FF 5, vgl. Abb. 18).

3.3.1.2 Auswirkung einer -25 %igen Düngung (Vergleich Fruchtfolge 7 mit FF 3)

Um Nitratausträge ins Grundwasser zu vermeiden, dürfen Stickstoffdüngergaben nicht zu hoch angesetzt werden. Auswirkungen auf den Ertrag bei reduzierter N-Aufwendung wurden bereits im Abschnitt 3.1.4 behandelt. Ob eine verringerte N-Ausbringung auch den N_{min}-Verlauf bedeutend senkt, zeigt Abbildung 19. Verglichen wurden die Düngestufen „standortangepasste fruchtartenspezifische N-Gabe“ (FF 3) und „eine um 25 % reduzierte standortangepasste N-Gabe“ (FF 7 = FF 3 – 25 % N).

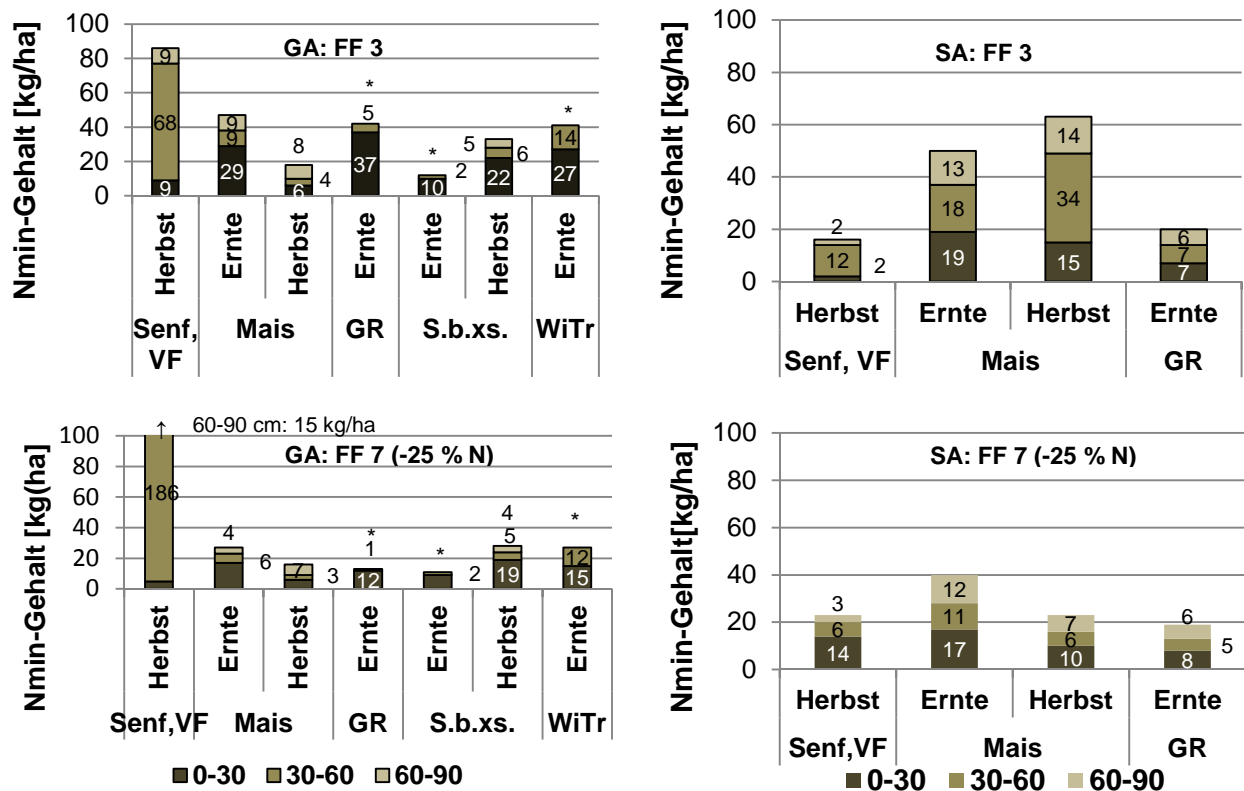


Abbildung 19: Vergleich der N_{min}-Bodengehalte (in kg/ha) nach der Ernte und zu Vegetationsende bei standortangepasster (FF 3) und reduzierter Düngung (FF 7) am Standort Trossin unter Darstellung der Bodentiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm.

* = manuelle Beprobung nur bis 60 cm Tiefe möglich, GA = Grundanlage, SA = Spiegelanlage

Tabelle 10: Stickstoffdüngung (in kg/ha) bei den erprobten Fruchtarten in FF 3 und FF 7.

	Grundanlage				Spiegelanlage	
	Mais	GR	S. b.xs.	WiTriticale	Mais	GR
standortangepasste, fruchtartenspezifische Düngung (FF 3)						
N-Bedarf <i>[kg/ha]</i>	152	100	140	100	152	100
Nmin 0-90 cm <i>[kg/ha]</i>	23	7	10	11	21	0
N-Düngung <i>[kg/ha]</i>	120	115	130	90	130	100
-25 % reduzierte N-Düngung (FF 7) *						
N-Düngung * <i>[kg/ha]</i>	105	86	97,5	67,5	97,5	75

* Die N-Reduzierung um 25 % erfolgte unter Zugrundelegung der regionalen Düngerempfehlung des jeweiligen Jahres für Fruchtfolge 3 (FF 7 = FF 3 – 25 % N).

GR = Grünroggen, S. b. x s. = *Sorghum bicolor x sudanense* (Sudangrashybride)

Die Reduktion der N-Düngermenge um 25 % brachte bei Fruchtarten mit unterdurchschnittlichem Ertragsniveau eine Verringerung der Nachernte-N_{min}-Gehalte von 34 % bei Wintertriticale (2015), 50 % bei Mais (2013) und bis zu 70 % bei Grünroggen (2014). Aufgrund der schlechten Bestandesetablierung waren diese Kulturen nicht in der Lage den nach Sollwert ermittelten Stickstoff vollständig aufzubrechen (Abb. 19). Bei Beständen mit einem standortüblichen oder darüber liegenden Ertragswert, mit Ausnahme von Mais, gab es keine Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Düngevarianten in Bezug auf den ermittelten Nachernte-N_{min}-Wert (*Sorghum b. x s.* 2014 und Grünroggen 2015, vgl. Abb. 19). Obwohl dem Mais im Versuchsjahr 2014 (Spiegelanlage) bei einem hervorragenden Ertragsniveau von Ø 210 dt TM/ha die verminderte Düngermenge von 97,5 kg/ha sichtlich zu wenig war und mit Chlorosen reagierte, wurden noch Nachernte-N_{min}-Gehalte von 40 kg/ha gemessen (Abb. 19 – FF 7/SA, vgl. mit Abb. 15b). Gefäßversuche könnten zur Ursachenklärung beitragen, da „Überdüngungen“ nicht der (alleinige) Grund für hohe N_{min}-Werte nach Maisabfuhr sein können. Eine bevorzugte Ammoniumernährung oder eine verstärkte N-Mobilisierung können laut KUHLMANN [2012] angenommen werden. Die für das gute Ertragsniveau ungewöhnlich hohen Nachernte-N_{min}-Gehalte lassen aber auch auf einen Spurenelementemangel (Zink, Molybdän) schließen. Das aus dem Boden aufgenommene Nitrat wird in der Pflanze zu Ammonium reduziert und in Aminosäuren eingebaut. Dieser Prozess benötigt Energie, welche über die Photosynthese und die dabei gebildeten Zucker gewonnen wird. Das reduzierende Enzym, die Nitratreduktase, besteht hauptsächlich aus Zink und Molybdän. Wenn eines der beiden Spurenelemente im Mangel ist, können die energieliefernden Zuckerreserven nicht verwertet werden.

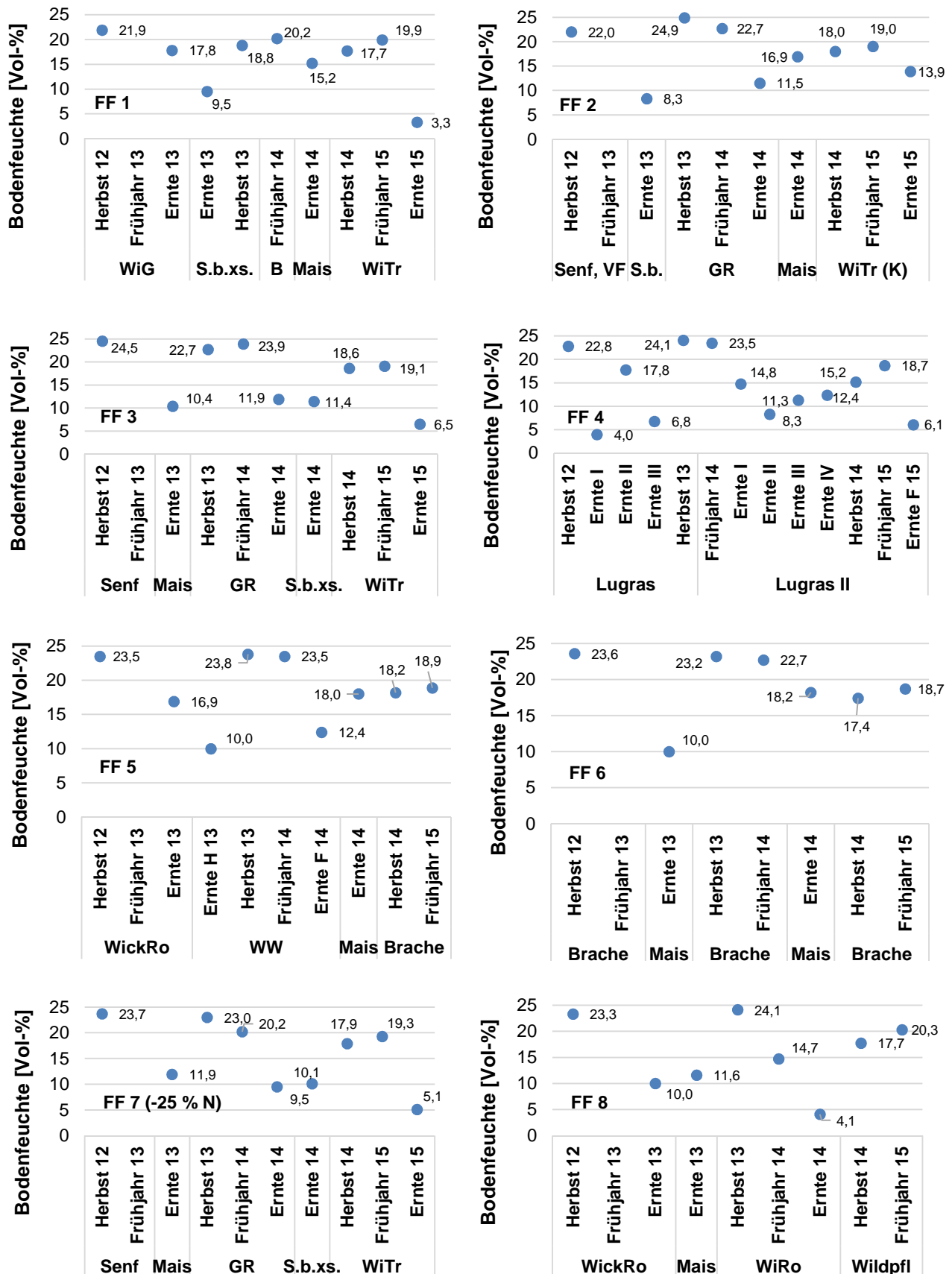
3.3.2 Bodenwasserhaushalt

Wasser ist ein wesentlicher Bestandteil der Böden. Nur gut mit Feuchtigkeit versorgte Böden sind in der Lage, den Pflanzenwurzeln Nährstoffe in gelöster Form bereit zu stellen und organische Masse hervorzubringen. Die vom Boden maximal aufnehmbare, gegen die Schwerkraft haltbare Wassermenge gibt die Feldkapazität an (Wasserspeichervermögen bei Sättigung in Vol-%). Abhängig von der jeweiligen Bodenart unterliegt das Wasser unterschiedlichen Bindungskräften. Pflanzen sind ab einer bestimmten Wasserspannung nicht mehr in der Lage, dem Boden Wasser über ihre Wurzeln zu entziehen, da die Haftung des Wassers an die Bodenpartikel zu stark ist. Das für Pflanzen nicht mehr nutzbare Wasser wird Totwasser genannt (pflanzenverfügbares Wasser bzw. nutzbare Feldkapazität = Feldkapazität – Totwasser). Wesentliche Quellen für den Bodenwasserhaushalt sind das Niederschlagswasser, das als Haftwasser gegen die Schwerkraft im Boden festgehalten wird, und das Grundwasser, welches vorrangig aus Sickerwasser gebildet wird und über Wasserverdunstungsprozesse an die Bodenoberfläche kapillar aufsteigen kann (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

3.3.2.1 Bodenfeuchten der Fruchtfolgen und Fruchtarten über den Versuchszeitraum

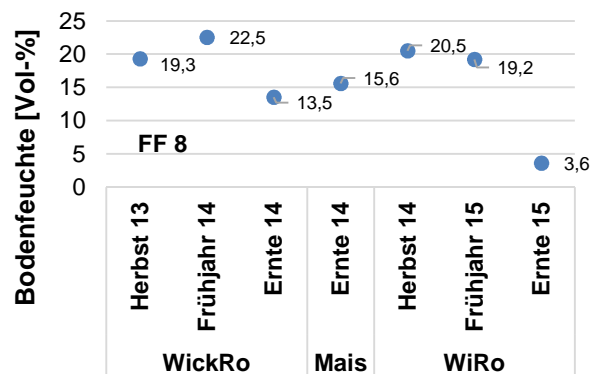
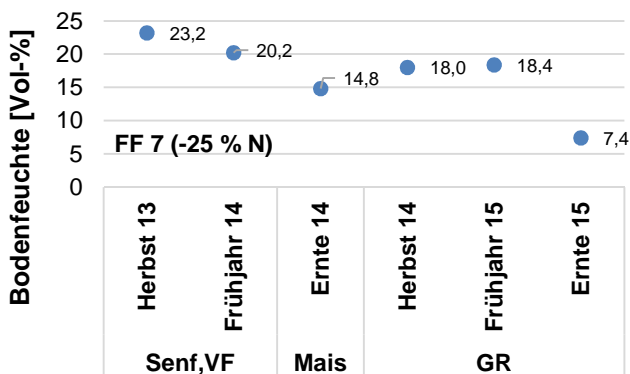
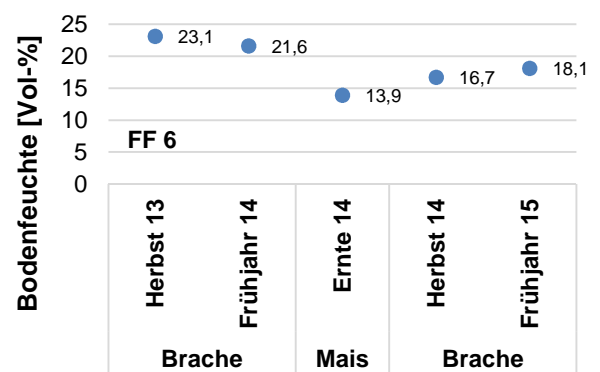
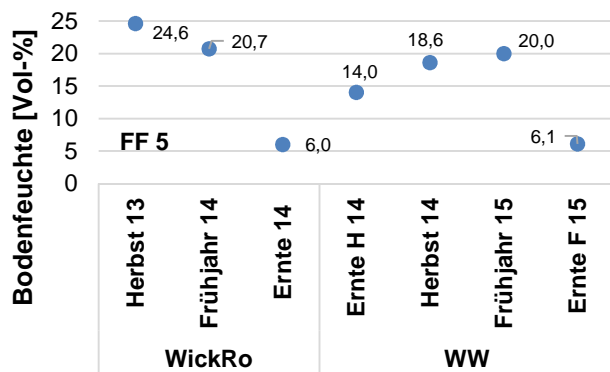
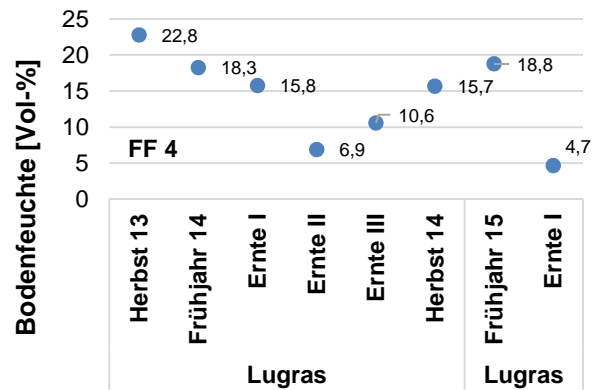
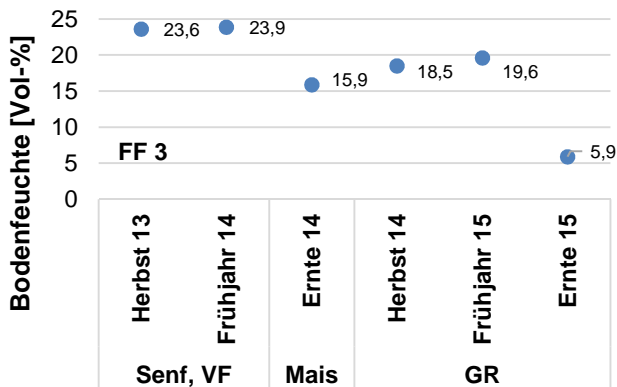
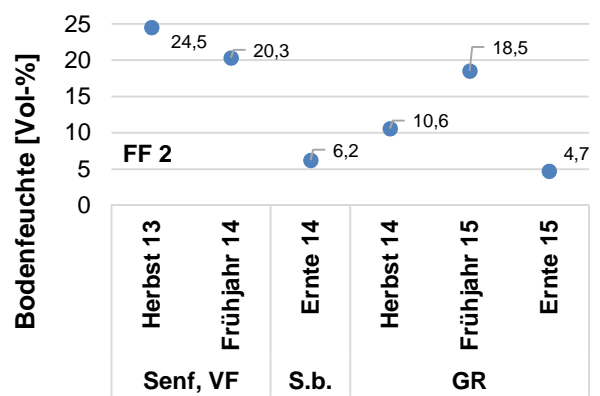
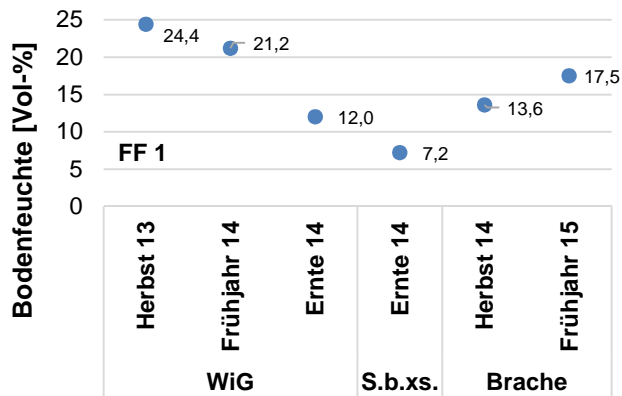
Bodenfeuchtegehalte (in Vol-%) unter den im EVA III-Versuch erprobten Kulturen gibt Abbildung 20 wieder. Das maximale Wasserspeichervermögen eines mittelschluffigen Sandbodens (Su3) mit einer Trockenrohdichte von 1,77 (bestimmt vom ZALF 2009) liegt bei 25 Vol-% (BGR 2005). Im Herbst wurden die Bodenwasservorräte in Trossin auf 22-25 Vol-% aufgefüllt. Für den Herbst 2014 wurden auffällig niedrige Werte bestimmt. Dies ist Transportproblemen zu schulden. Unterschiede im Bodenfeuchtegehalt zwischen brach liegender und pflanzenbedeckter Fläche wurden nicht festgestellt (Abb. 20). Aufgrund der Evaporation in den relativ trockenen Wintern ohne schützende Schneedecke sind die Bodenfeuchtegehalte bis zum Vegetationsbeginn ein wenig abgesunken, aber mit Werten größtenteils ≥ 18 Vol-% lagen gute Voraussetzungen für das Pflanzenwachstum vor. Bemerkenswerte Differenzen zwischen den Prüfgliedern mit und ohne Pflanzenbedeckung gab es auch zu Vegetationsbeginn nicht (Abb. 20). Mit steigenden Temperaturen und einsetzendem Pflanzenwachstum verbunden mit zunehmender Transpiration und Bodenverdunstung trat eine deutliche Wasserzehrung ein.

Den **Wasserbedarf der einzelnen Kulturen**, abgeleitet über den Nachernte-Bodenfeuchtegehalt, zeigt Tabelle 11.



WIG = Wintergerste, S.b.x.s. = *Sorghum bicolor x sudanense* (Sudangrasybride), B = Brache, WiTr = Wintertriticale, VF = Vorfrucht, S.b. = *Sorghum bicolor* (Futterhirse), GR = Grünroggen, K = Korn, Lugras = Luzernegras, WickRo = Wickroggen, WW = Welsches Weidelgras, WiRo = Winterroggen, Wildpfl = Blümmischung

Abbildung 20a: Absolute Bodenfeuchtegehalte [Vol-%] bis zu 60 cm Tiefe im Vegetationsverlauf der EVA III-Prüfglieder der Fruchtfolgen 1-8 des Versuchszeitraums 2013-2015 am warm-trockenen Versuchsstandort Trossin, Grundanlage. Frühjahr 2013 keine Probenahme (Projektpause).



WiG = Wintergerste, S.b.x.s. = *Sorghum bicolor x sudanense* (Sudangrashybride), VF = Vorfrucht, S.b. = *Sorghum bicolor* (Futterhirse), GR = Grünroggen, Lugras = Luzernegras, WickRo = Wickroggen, WW = Welsches Weidelgras, WiRo = Winterroggen

Abbildung 20b: Absolute Bodenfeuchtegehalte [Vol-%] bis zu 60 cm Tiefe im Vegetationsverlauf der EVA III-Prüfglieder der Fruchtfolgen 1-8 des Versuchszeitraums 2014-2015 am warm-trockenen Versuchsstandort Trossin, Spiegelanlage. Versuchsjahr 2015 nicht vollständig.

Tabelle 11: Absolute Bodenfeuchtegehalte (in Vol-%) nach Aberntung der erprobten Kulturarten in den einzelnen Versuchsjahren am leichten Standort Trossin. Unter Einbeziehung von Daten des Ertragsprüfungsversuchs.

Fruchtart	2013	2014	2015
Hauptfrüchte			
Mais	11,0	15,6	----
<i>Sorghum b.</i>	8,3	6,2	----
Wintergerste	17,8	12,0	5,9
Wintertriticale	15,8	4,6	5,0
WiTriticale - Korn	17,3	17,4	13,9
Winterroggen	----	----	3,6
Wickroggen	16,9	6,0	----
Luzernegras I	4,0	15,3	4,7
Luzernegras II	17,9	7,6	----
Luzernegras III	6,8	11,0	----
Luzernegras IV	---	12,4	----
Zweitfrüchte			
Mais	11,6	16,3	----
<i>Sorghum b. x s.</i>	9,3	11,4	----
WZF			
Grünroggen	9,3	11,0	6,0
Wickroggen	10,0	13,5	----
W. Weidelgras	----	12,4	6,1
SZF			
<i>Sorghum b. x s.</i>	9,5	7,2	----

I – IV = Schnittzeitpunkt (1. - 4. Schnitt)

Da die Witterung einen sehr großen Einfluss auf die Moment-Bodenfeuchteaufnahme hat, können nur Kulturen mit annähernd demselben Erntezeitpunkt verglichen werden.

Bei Betrachtung der frühhäuernden Winterzwischenfrüchte hinterließ Wickroggen höhere Bodenfeuchtegehalte als Grünroggen – bei einem durchschnittlich gleichen Ertragsniveau (Tabelle 11). Bodenfeuchtemessungen des Deutschen Wetterdienstes, ebenfalls in einer Tiefe bis zu 60 cm, bekräftigen diese Aussage (Abbildung 21, Abschnitt 3.3.2.2). Winterwicke ist ein Tiefwurzler und entzieht dem Boden vorrangig in tieferen Bodenschichten das Wasser. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, sollten bei Gegenüberstellung dieser Kulturen Bodenfeuchtedaten aus einer Tiefe bis zu 90 cm ausgewertet werden. Welsches Weidelgras hatte im Verhältnis zum Trockenmasseertrag die schlechteste Wassernutzungseffizienz.

Bei den Getreide-GPS-Beständen mit Ernten im Frühsommer (Wintergerste, Wickroggen, Wintertriticale) wurden in Abhängigkeit von der Wachstumszeit folgende Bodenfeuchtegehalte nach der Ernte ermittelt (Wintergerste [Ernte Ende Mai-Anfang Juni] > Wickroggen und Wintertriticale [Ernte Mitte Juni-Anfang Juli]). Die im Versuchsjahr 2014 sehr große Abweichung zwischen den Messwerten von Wintergerste und Wintertriticale/Wickroggen ist auf starke Niederschläge vor der Ernte von Wintergerste zurück zu führen. Wie schon bei den Winterzwischenfrüchten erwähnt, hinterließ Wickroggen bei gleichem Erntezeitpunkt und Ertragsniveau geringfügig höhere Nachernte-Bodenfeuchtegehalte als andere Getreidebestände (Wintertriticale, Tabelle 11). In Bezug zur gebildeten Biomasse schnitt Wintergerste beim Wasserverbrauch am schlechtesten ab (schlechteste Wassernutzungseffizienz aller erprobten Getreide-GPS-Kulturen).

Bei Vergleich der C₄-Pflanzen zehrten die Sorghumhirsen aufgrund eines ausgedehnteren Wurzelsystems stärker an den Wasservorräten als Mais. Sudangrashybriden zeichneten sich durch ein besseres Abreifeverhalten aus als die Futterhirsen und wurden demzufolge früher geerntet. Dies zeigte sich auch in den Bodenfeuchtemesswerten nach der Ernte (*Sorghum bicolor x sudanense* > *Sorghum bicolor*).

3.3.2.2 Bodenfeuchten bei Zweikulturnutzung

In den letzten Jahren sind zahlreiche Versuche durchgeführt wurden, um die These zu prüfen, ob der Anbau einer Winterzwischenfrucht vor Mais und *Sorghum* zu Auflaufschwierigkeiten und letztendlich zu Ertragsminderungen führt, weil das Wasser fehlt. Vor allem auf leichten, sandigeren Standorten wird von einer Zweikulturnutzung abgeraten. Im EVA II-Projekt konnte diese Behauptung in Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) mithilfe von EVA-Messwerten und daraus abgeleiteten Modellierungen bereits deutlich entkräftet werden (u. a. GRUNEWALD & JÄKEL 2012 b, 2013, 2014). Erprobungen in der dritten Projektphase sollten zu weiteren Daten führen und die bereits gewonnenen Erkenntnisse unterlegen. Bodenfeuchte-Verläufe (in Vol-%) der vier Varianten „Brache/Mais“, „Grünroggen/Mais“, „Grünroggen/*Sorghum*“ und „Wickroggen/Mais“ sind bis zu einer beprobten Tiefe von 60 cm in Abbildung 21 dargestellt.

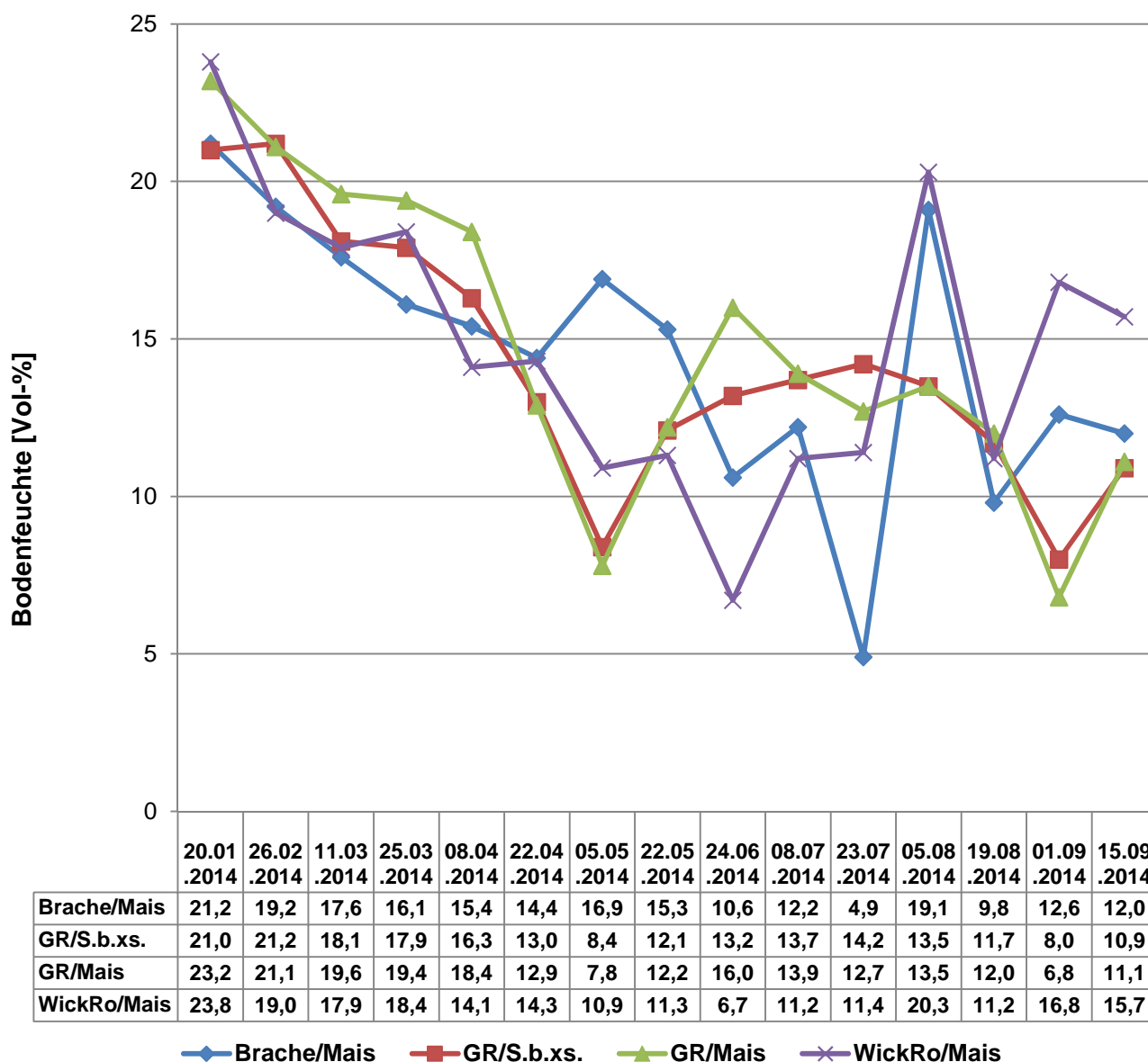


Abbildung 21: Bodenwasserhaushalt (absolute Werte in Vol-%) von drei Zweikultursystemen mit Grünroggen bzw. Wickroggen als Erstfrucht und Mais bzw. *Sorghum bicolor x sudanense* als Zweitfrucht im Vergleich zur winterlichen Brache mit anschließendem Mais-Hauptfrucht-Anbau, Versuchsstandort Trossin (AZ 31, Su3), Versuchsjahr 2014. Beprobungstiefe: 60 cm. (Datenaufnahme: F. Böttcher, M. Schmidt, Deutscher Wetterdienst Leipzig).

Im niederschlagsreichen Herbst (November) konnten die Wasservorräte des Bodens gut aufgefüllt werden. Laut der BODENKUNDLICHEN KARTIERANLEITUNG (BGR 2005) sind 25 Vol-% Bodenwasser in der Ackerkrume eines leichten, sandigeren Bodens (Su, Steingehalt > 10 %) bei guter Wasserversorgung verfügbar. Mit Ausnahme der „Mais-Hauptfrucht-Parzellen“ waren die Prüfglieder ab Messbeginn mit Vegetation bedeckt. Da die Monate Januar bis März sehr wasserarm waren (vgl. Abbildung 6), wurde bereits ab der ersten Beprobung im Januar eine kontinuierliche Abnahme der Bodenfeuchte registriert (Abb. 21). Die Werte der Grünroggenbestände lagen bei allen Bodenentnahmetermen bis Anfang April über denen der unbewachsenen Fläche. Die Bodenfeuchten von Wickroggen waren in diesem Zeitraum im Bereich der Brache angesiedelt, zu einem Messtermin sogar 2 Vol-% höher (Abb. 21). Mit Vegetationsbeginn, steigenden Temperaturen und somit zunehmender Bodenverdunstung und Transpiration fand eine stärkere Abnahme des Bodenwassers statt. Der höhere Wasserverbrauch des Grünschnittgetreides aufgrund eines gesteigerten Bedarfs in der Hauptwachstumszeit ist in Abbildung 21 deutlich zu erkennen. Der Bodenfeuchtegehalt lag nach der Ernte von Grünroggen bei durchschnittlich 8 Vol-%. Wickroggen verbrauchte etwas weniger Wasser (\emptyset 11 Vol-% Restfeuchte nach der Ernte, 0-60 cm). Da im Wickroggenbestand 2014 die tief wurzelnde Winterwicke dominierte und Bodenproben nur bis zu einer Tiefe von 60 cm entnommen wurden, kann aus dieser Aussage nicht geschlossen werden, dass Wickroggen in Bezug auf den Wasserhaushalt eine günstigere Vorfrucht als Grünroggen für die Zweikulturnutzung ist. Im Vergleich dazu standen dem Mitte April gelegten Mais \emptyset 14 Vol-% Wasser für die Etablierungsphase zur Verfügung. Die Zehrung an den Wasservorräten des Bodens durch Pflanzenaufnahme und Verdunstung setzte sich bei allen Varianten bis zum Ende der Vegetationsperiode fort. Peaks im Diagramm (Abb. 21) deuten auf Starkregeneignisse hin.

Die Bodenfeuchte-Messungen des Deutschen Wetterdienstes ergaben, dass dem Zweitfrucht-Mais 30 % (Wickroggen) bis 40 % (Grünroggen) weniger Wasser während der Etablierungsphase zur Verfügung standen im Vergleich zum Mais in Hauptfruchtstellung. Dies könnte in trockenen Jahren zu Problemen bzw. Verzögerungen beim Aufgang führen. Im Versuchsjahr 2014 verlief das Auflaufen der nach den Winterzwischenfrüchten in den Boden gebrachten Kulturen ohne Schwierigkeiten, da nach den Erstfruchternten Regenfall einsetzte. Die Aussaat von Hauptfrucht-Mais dagegen fiel in eine Trockenperiode. Mais in Hauptfruchtstellung erzielte letztendlich 10 % bzw. 20 % geringere Erträge als Mais nach einer Winterzwischenfrucht (Wickroggen bzw. Grünroggen, vgl. Abbildung 14). Während der Wintermonate bietet eine Zwischenfrucht ohne Zweifel Vorteile, da die Bedeckung des Bodens nicht nur die Erosionsgefahr sondern auch die Evaporation vermindert.

3.4 Bonituren / Besonderheiten im Vegetationsverlauf

Die Ergebnisse der Bestandesaufnahmen in den einzelnen Versuchsjahren fasst Tabelle 12 zusammen.

Tabelle 12: Bestandesaufnahmeprotokoll der angebauten Feldfrüchte in den Versuchsjahren 2013-2015 des Versuchsstandortes Trossin.

Fruchtarten	2013	2014	2015
Vorfrucht (abfrierender Gelbsenf)	<ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Mitte September - spärlicher Aufgang - schwach entwickelte Bestände zu Vegetationsende - Abfrieren bereits Ende November (Frost) 	<ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Ende August - sehr gute Bestandesentwicklung - dichter Bestand - frost nicht ab (sehr milder Winter), im März gemulcht 	----
Wintergetreide/ Winterzwischenfrüchte	<p><u>Wickroggen, Wintergerste:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Mitte September - Aufgang nach 8 Tagen - normale Vorwinterentwicklung - Biomasseverluste (abgefrorene Blätter), Vegetationsrückstand im Frühjahr (winterliche Frostperioden ohne Schneedecke) - Wickroggen bessere Frosthärte als Wintergerste - hohe Fusariumbelastung kurz vor Ernte, da nasser Mai (WiGerste) - gutes Wachstum im durchschn. (T), feuchten Frühling - Ernte des Wickroggens problematisch, manuelle Aufrichtung (Wickerrangte um Roggenhalme, Lager durch Starkregenfälle Ende Mai, Abb. 22 links) <p><u>Grünroggen, Wintertriticale (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - zeitige Aussaat Ende September - Aufgang nach 9-10 Tagen - gute Vorwinterentwicklung - Vegetationsrückstand im Frühjahr, gute Frosthärte, keine sichtbaren Schäden - gutes Wachstum im durchschn. (T), feuchten Frühling 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung in Abhängigkeit vom Aussaatzeitpunkt unterschiedlich (Abb. 25): <p><u>Wickroggen, Wintergerste:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - standortübliche Ausbringung Mitte Sept. - Aufgang nach 8-9 Tagen - normale Vorwinterentwicklung - WickRo: starke Dominanz der Wicken und Gräser (feuchte Witterung), Lager im mittleren Ausmaß im Mai nach Starkregen, dadurch Ernte Probleme - WiGerste: Fraßschäden durch Hasen, Braun- und Gelbrost (BSA = 5*), Blattfleckenkrankheit (<i>Rhynchosporium secalis</i>, BSA = 2*) <p><u>Grünroggen, Hybridroggen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat sehr spät - Ende Oktober (Bodenverschlammung) - trotz erhöhter Aussaatmengen und eines feuchten, milden Herbstes nur spärlicher Aufgang, lückige Bestände → Sorte Vitallo (Grünroggen) eigentlich spätsaatverträglich, Palazzo (Hybridroggen) sollte bis Mitte Oktober im Boden sein - Pilzbefall (milder Winter) - Untersuchungsbericht der mykologischen Diagnostik (BfUL): <i>Typhula</i> sp. - Blattfleckenkrankheit (<i>Rhynchosporium secalis</i>, BSA = 2*) - Verdacht auf Nematoden (verdrehte, nach unten gekrümmte Blätter) durch Labor nicht bestätigt (Abb. 24) - 3 Wochen früherer Vegetationsbeginn positiv für Getreidewachstum - weitere Verdichtung der Bestände durch Düngemenge über Bedarf, Pflanzenschutz, Wachstumsregler (Abb. 25, Bild 4) <p><u>Wintertriticale (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat am 22.10. - Aufgang nach 9 Tagen - gute Vorwinterentwicklung - Pilzbefall (mild-feuchte Witterung) - Untersuchungsbericht der mykologischen Diagnostik (BfUL): <i>Microdochium nivale</i> (Schneeschimmel) - früherer Vegetationsbeginn positiv für Getreidewachstum 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung je nach Getreideart unterschiedlich (Abb. 29): <p><u>Grünroggen, Hybridroggen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat je nach Vorfrucht (25.09./20.10.) - standortüblich - Aufgang nach 6-8 Tagen - gute Vorwinterentwicklung - Hybridroggen am Parzellenrand etwas lückig (Drillmaschine, Abb. 29) - keine sichtbaren Schäden durch Frühjahrstrockenheit <p><u>Wintertriticale:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - zeitige Aussaat Ende September - nur 1/3 des Saatguts aufgegangen - Folge: Nachsaat Anfang November - mit schlechter Bestandesetablirung in Winter - zum Vegetationsbeginn Bestand weiterhin lückig (Abb. 29) - keine weiteren Schäden durch Frühjahrstrockenheit <p><u>Wintergerste (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - standortübliche Aussaat Mitte September - Aufgang nach 8 Tagen - gute Vorwinterentwicklung - Stängel zu Vegetationsbeginn gelb (Abb. 29) - N-Mangel: starke Auswaschungsverluste im feuchten Herbst und Januar (Brache nach Vorfrucht WiRoggen – Kornnutzung) - leichte Trockenheitsschäden im Frühjahr

Tabelle 12: Fortsetzung.

Fruchtarten	2013	2014	2015
C ₄ -Pflanzen Hauptfrüchte	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - standortübliche Aussaat Ende April - Aufgang nach 11 Tagen (gute Aufgangsdichte: 8 Pfl. / m²) - erhebliche Beeinträchtigung Jugendentwicklung und Wachstum (kühles Frühjahr, heftige Niederschläge im Mai/Juni, Trocken-/Hitzeperiode im Sommer) - Bonitur Längenwachstum (27.06.): Pflanzhöhen von 75-95 cm - Aufholung Wachstumsdefizit im Spätsommer (Niederschläge Ende Juli + August, warme T) - Ernte am 2.09. mit Pflanzhöhen von Ø 185 cm - starker Unkrautdruck (feuchte Witterung), bis zu 30 % vor Pflanzenschutzinsatz - Maiszünsler Ende der Blüte mit mittlerem bis starkem Befall (2013 noch keine Trichogramma-Behandlung) - Kolbenverluste durch Kolkrahen (Abb. 22 rechts) <p><u>Sorghum bicolor:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat wie Zweitfrucht-Mais - zügiger Aufgang nach 7 Tagen - 85 %ige Aufgangsrate - Vorsommer Starkniederschläge, Sommer Trockenheit (Wachstumsstagnation) - ab Juli gutes Wachstum (wärmeschwül) - profitierte von warmen Septembertagen - Ernte Anfang Oktober (Beginn Rispenschieben) mit Pflanzhöhen von Ø 233 cm 	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat 2 Wochen früher als standortüblich (vorzeitiger Vegetationsbeginn) - verzögerter Aufgang nach 14 Tagen (ausbleibende NS bis Mitte Mai) - starke Trockenheit im Juni - Bonitur Längenwachstum (13.6.): Pflanzhöhen von 65-80 cm - keine sichtbaren Pflanzenschädigungen - Aufholung Wachstumsdefizit ab Juli (schwül-warm) - Behandlung mit Trichogramma-Schlupfwespen, deutliche Verringerung Maiszünslerbefall - Mehrkolbigkeit – genetisch bedingt, Begünstigung durch hohe Sonneneinstrahlung, gute Nährstoffversorgung (Abb. 27 Mitte) - Rotfärbung von Stängel und Blatt (Abb. 27 rechts): <ol style="list-style-type: none"> 1. Schutz vor Sonneneinstrahlung (Anthocyane, sortenabhängig), 2. durch Wassermangel induzierte P-Unterversorgung 3. Zink-/Molybdänmangel (Anzeichen: hoher Nachernte-N_{min}) – Reduktion NO₃⁻ in Pflanze zu NH₄⁺ + Einbau in Aminosäuren, dazu Energie benötigt, die über Photosynthese und die dabei gebildeten Zucker gewonnen wird – reduzierendes Enzym (Nitratreduktase) als Hauptbestandteile Zink und Molybdän → bei Mangel dieser Spurenelemente werden Zuckerstoffe nicht verwertet, sondern mit Transpirationssog in Blattspitzen/-ränder verlagert <ul style="list-style-type: none"> - Ernte Mitte Sept. bei Pflanzhöhen von 1,90 – 2,20 m - optimaler Erntetermin: Anfang Sept., Befahrbarkeit nicht gegeben <p><u>Sorghum bicolor (Abb. 28):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat zeitgleich mit ZF-Mais (Mitte Mai) - Aufgang mit Rate von 96 % nach 10 Tagen - Wachstumsstagnation im Juni (Trockenphase, BBCH 30 am 15.7. Pflanzhöhen von 50-70 cm) - beste Wachstumsbedingungen während warm-feuchten Sommers - überragte bereits Ende August Mais in Bestandeshöhe (Abb. 28) - Ernte Mitte Oktober mit Pflanzhöhen > 3 m 	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat standortüblich Ende April - Aufgang nach 11 Tagen (trockener April, aber Ende April 12 mm NS + Bodenfeuchtereserven vorhanden) - gute Bestandesetablierung (Anfang Mai 11 mm NS) - wochenlange Vorsommertrockenheit (Mai / Juni), unterdurchschnittliche Entwicklung, aber „Wasser hat gereicht für dichten Bestand“ - Pflanzhöhen zu BBCH 31 (30.06.): 60-80 cm - deutliche Trockenheitsschäden (braune Blattspitzen) – Notreife ohne abschließende Kornfüllung (Abb. 32 links) - gute Wasserversorgung ab Juli – Pflanzhöhen zwischen 160 und 190 cm am 21. Juli (BBCH 61) - Behandlung mit Trichogramma-Schlupfwespen, deutliche Verringerung Maiszünslerbefall - optimaler Erntetermin: Ende August – Bodenvernässung, Ernte erst Mitte September mit Folge eines zu hohen TS-Gehaltes <p><u>Sorghum bicolor (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat am 21.5., 3 Wochen nach Mais-Aussaat - zügiger Aufgang nach 7 Tagen (Restbodenfeuchte, während Aufgangsphase ein paar mm NS) - Reaktion auf Vorsommertrockenheit mit braunen Blattspitzen (Abb. 32 rechts + Wachstumsstagnation) - im allgemeinen besseres Erscheinungsbild als Mais, keine Notreife, grün - Pflanzhöhen am 21.07. (BBCH 31): 100-110 cm - während warm-feuchten Spätsommers gute Entwicklung
	C ₄ -Pflanzen Zweitfrüchte	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat relativ spät - Anfang Juni (Bodenverschlammung) - erschwelter Aufgang nach 7 Tagen (Starkregen), 7 Pfl. / m² - lückige Bestände - ähnlicher Entwicklungsverlauf wie HF-Mais - Kolbenverbiss ausgeprägter als bei HF-Mais - Ernte ebenfalls Anfang September 	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Mitte Mai - deutliche Vorteile gegenüber HF (Bodenwasservorräte gefüllt, warmes Frühjahr) - rascher Aufgang nach 9 Tagen - ZF-Mais überholte HF in Bezug auf Bestandeshöhe + Ertrag, Pflanzhöhen zur Ernte: 2,30-2,50 m (Abb. 27 links)	Mais: - Aussaat Ende Mai, 4 Wochen nach HF - aufgrund Trockenheit Aufgang erst nach 4 Wochen (22 mm NS) - sehr schlechte Bestandesetablierung nach Luzernegras und Weidelgras (Abb. 33) – Ursache: schlechte Bodenbearbeitung (nur gebrübert) - bessere Bestandesetablierung

Tabelle 12: Fortsetzung.

Fruchtarten	2013	2014	2015
C4-Pflanzen Zweitfrüchte (Fortsetzung)	(BBCH 75) <u>Sorghum bicolor x sudanense (EP):</u> - Aussaat wie Sorghum-HF und ZF-Mais - Aufgang nach 7 Tagen - starker Unkrautdruck (feuchte Witterung), bis zu 50 % vor Pflanzenschutzzeinsatz - sehr gutes Wachstum ab August - Ernte Anfang September (Milchreife) mit Pflanzenhöhe von Ø 253 cm - Maiszünsler-Verdacht auch bei <i>Sorghum b. x s.</i> (abgeknickte Halme) → keine positive Bestätigung durch phytopathologisches Labor der BfUL	<u>Sorghum bicolor x sudanense</u> (Abb. 28): - Aussaat eine Woche später als HF- <i>Sorghum</i> - Aufgang mit Rate von 73 % nach 13 Tagen - Wachstumsbedingungen analog HF - Ernte Mitte September (frühe Teigreife)	nach Grünroggen, aber auch lückig und unterdurchschnittlich - Pflanzenhöhen am 21.07.: 70-80 cm <u>Sorghum bicolor x sudanense:</u> - Aussaat Ende Mai zeitgleich mit Mais-ZF - Aufgang nach 5 Wochen (Anfang Juli 20 mm NS) - lückige Bestände - Pflanzenhöhen an 21.07: 40-60 cm - ab Mitte August (schwül-warm) gutes Wachstum, keine sichtbaren Trockenheitsschäden
Sommerzwischenfrüchte	<u>Einjähriges Weidelgras (EP):</u> - Aussaat Ende Juli - sehr konkurrenzschwach (starke Verunkrautung) <u>Sorghum bicolor x sudanense:</u> - Aussaat wie Zweitfrucht-Mais und HF- <i>Sorghum</i> Anfang Juni - zügiger Aufgang nach 7 Tagen - 78 %ige Aufgangsrate - Ausfallgetreide, Schadhirs - Vorsommer Starkniederschläge, Sommer Trockenheit (Wachstumsstagnation) - ab Juli gutes Wachstum (wärmeschwül) - profitierte von warmen Septemberwochen - Ernte Anfang September	<u>Einjähriges Weidelgras (EP):</u> - Aussaat zeitig (23. Juni) - Sommer feucht - gute Etablierungs- und Wachstumsbedingungen <u>Sorghum bicolor x sudanense:</u> - Aussaat eine Woche später als HF- <i>Sorghum</i> - Aufgang mit Rate von 73 % nach 13 Tagen - Wachstumsbedingungen analog HF - Ernte zu spät Mitte Oktober (TS = Ø 39 %), Defekt am Häcksler	<u>Einjähriges Weidelgras:</u> - Aussaat Anfang Juli (22 mm NS nach wochenlanger Trockenheit am 23. Juni) - rascher Aufgang nach 8 Tagen (erneut 20 mm NS während Aufgangsphase) - Juli/August zu trocken für gutes Wachstum des Grases - Folge: lückiger, unterentwickelter Bestand - ab Mitte August NS - Förderung Unkrautdruck (Abb. 31 links) <u>Sorghum bicolor x sudanense:</u> - Aussaat Ende Mai zeitgleich mit Mais-ZF und <i>Sorghum</i> -ZF - Aufgang nach 5 Wochen (Anfang Juli 20 mm NS) - lückige Bestände - Pflanzenhöhen an 21.07: 40-50 cm - ab Mitte August (schwül-warm) gutes Wachstum, keine sichtbaren Trockenheitsschäden
über- bzw. mehrjährige Gräser- und Grasgemenge (Luzernegras, Welsches Weidelgras)	<u>Luzernegras:</u> - zu späte Aussaat (Ende September, Projektpause) → laut SAATEN UNION (2013) Aussaat bis Ende August bei T > 8,5°C - schlecht entwickelte Bestände vor Wintereintritt (zu kurze Jugendentwicklungsphase, kalte Tage im Spätherbst, starker Unkrautdruck) - Bestockungsschnitt im Frühjahr: Verringerung Segetalflora auf 20-25% - Verschiebung Luzerne-Gras-Verhältnis (2:1) in Richtung Gräser (zunehmende Feuchte, Abb. 23)	- profitierten von Niederschlägen im Spätherbst und Frühjahr - starker Unkrautdruck (Abb. 26 links) - verstärkter Durchwuchs von Weidelgras in anderen Kulturen (FF 3, 5, 8) - Mäusebefall (Abb. 26 Mitte) - Luzerne-Gras-Verhältnis (2:1) verschob sich nach jedem Schnitt in Richtung Gräser (Abb. 26 rechts)	- zu Vegetationsbeginn üppige Bestände, wenig Segetalflora - Gräserdominanz (90 % Gras im Luzernegras) - Mäusebefall - deutliche Schäden durch Frühjahrs- und Vorsommertrockenheit - nur geringfügiger Wiederaufwuchs nach 1. Schnitt beim Luzernegras (Abb. 31 rechts)
Sonstige Kulturen (Rübe, Blühmischung)	----	----	<u>Blühmischung:</u> - Mäusebefall - starker Weidelgras-Durchwuchs, Weidelgras ist KEINE Komponente der Mischung, 2013 W. Weidelgras in Wickroggen-Gemenge (Abb. 30) → nur gegrubbert <u>Rübe:</u> - Aussaat standortüblich Anfang April (Trockenheitsphase) - Aufgang nach 13 Tagen - gute Entwicklung trotz wochenlanger Trockenheit - „verbrannte“ Blätter - Blattschäden gut verwachsen

PSM = Pflanzenschutzmaßnahme, NS = Niederschlag, T = Temperatur

EP = Ertragsprüfungsversuch (FF 1-3 in allen Versuchsjahren zur Datenabsicherung (Ertragsniveau)

* BSA Notenskala für Bonituren des Bundessortenamtes (BSA 2000): Note 1 (sehr geringer Schädlingsbefall) bis Note 9 (sehr starker Befall)

Versuchsjahr 2013



Abbildung 22: Links: Wickroggenbestand im Lager nach Starkregenfällen (Juni 2013). Rechts: Kolbenverbiss bei Mais durch Kolkraben – rote Warnbänder brachten keinen Erfolg. August 2013, Standort Trossin.



Abbildung 23: Luzernegras mit starkem Unkrautdurchwuchs. Links: nach dem 1. Schnitt im Mai. Rechts: Anfang August mit Dominanz der Graskomponente, Standort Trossin.

Versuchsjahr 2014



Abbildung 24: Stark verdrehte Roggenpflänzchen mit Verdacht auf Nematodenbefall. Diese Vermutung konnte bei der phytopathologischen Diagnostik nicht bestätigt werden.



Abbildung 25: Getreidebestände in Trossin Anfang Mai 2014. Bild 1: Wintergerste HIGHLIGHT. Bild 2: Winterroggen PALAZZO mit sichtbaren Lücken im Bestand. Bild 3: Wickroggen mit einem hohen Gräser- und Wickenanteil, im Lager. Bild 4: Grünroggen PROTECTOR nach guter Bestockung im Frühjahr. Bild 5: Wintertriticale AVEO.



Abbildung 26: Gras- und Ackerfutterbestände 2014.
Links: Hoher Unkrautdruck im Luzernegras-Bestand (Mai 2014).
Mitte: Mäuselöcher im Weidelgras-Bestand (März 2014).
Rechts: Zunehmende Dominanz der Gräser beim Luzernegras nach jedem Schnitt (Ende August 2014, nach dem 3. Schnitt).



Abbildung 27: Maisbestände 2014 in Trossin. Bild 1: Deutliche Höhenunterschiede zwischen Hauptfrucht (links) und Zweitfrucht (rechts), Juli 2014. Bild 2: Mehrkolbigkeit, Juli 2014. Bild 3: Rotfärbung von Stängel und Blatt, Ende August 2014.



Abbildung 28: Sorghum-Bestände im Versuchsjahr 2014 in Trossin. Sudangrashybride Lussi (links) und Futterhirse Hercules (rechts), Ende August.

Versuchsjahr 2015



Abbildung 29: Getreidebestände in Trossin Mitte April 2015. Bild 1: Grünroggen PROTECTOR. Bild 2: Winterroggen PALAZZO. Bild 3: Wintertriticale COSINUS. Bild 4: Wintergerste HIGHLIGHT (zum Vergleich aus Ertragssicherungsversuch).



Abbildung 30: Wildpflanzen-Blütmischung mit starkem Weidelgras-Durchwuchs. Weidelgras ist keine Komponente der Blütmischung BG 90 (Saaten Zeller), Trossin Mitte Juni 2015.



Abbildung 31: Verunkrauteter bzw. teilweise vertrockneter Weidelgras- (links) und Luzernegrasbestand (rechts), Trossin, 20. August 2015.



Abbildung 32: Folgen wochenlanger Trockenheit bei Mais (links) und Futterhirse (rechts), Hauptfruchtstellung, Trossin, 20. August 2015.



Abbildung 33: Zweikulturnutzung im Versuchsjahr 2015. Links: HF-Mais (links) versus ZF-Mais (rechts). Mitte: ZF-Mais nach der WZF Welsches Weidelgras. Rechts: ZF-Mais nach der Vorfrucht Luzernegras. Trossin, 20.08.2015.

3.5 Ökonomie

Die Deckungsbeitragsanalyse basiert auf der Gegenüberstellung der direkten Produktionskosten und der Erlöse für die Methanproduktion sowie die Gärrestverwertung je Hektar für die einzelnen Energiepflanzen des EVA III-Versuchs (vgl. Methodik 2.6.3, Berechnungen von P. Kornatz & J. Müller, Universität Gießen). Die Ergebnisse der Kosten-Ertrags-Relationen des Energiefruchtfolgeversuchs sind in den Tabellen 13a (Anlage 5, Grundanlage) und 13b (Anlage 6, Spiegelanlage) zu finden. Wirtschaftliche Betrachtungen der Zweikulturnutzung 2014 zeigt Abbildung 34.

3.5.1 Fruchtfolgeversuch

Da zum Redaktionsschluss mit Ausnahme des Wintergetreides keine wirtschaftlichen Auswertungen aus dem Versuchsjahr 2015 vorlagen, wird vorrangig auf die Jahre 2013 und 2014 eingegangen.

Die ersten beiden Versuchsjahre waren wirtschaftlich günstig für den Energiepflanzenanbau auf einem leichten, sandigen Versuchsstandort. Insbesondere die C₄-Pflanzen profitierten von den überdurchschnittlich warmen Sommern mit phasenweise sehr gutem Niederschlagsangebot (vgl. Abb. 5 und 6). Mais und *Sorghum bicolor* schnitten 2013 mit Deckungsbeiträgen (DB) zwischen 120 und 530 €/ha (Mais) bzw. 600 €/ha (*Sorghum*) im Vergleich zu EVA II überdurchschnittlich gut ab (vgl. GRUNEWALD & JÄKEL 2014). Dies lässt sich aber nicht allein über die günstige Witterung herleiten, sondern ist auch in der Abänderung der methodischen Vorgehensweise begründet. Bei EVA III wurde angenommen, dass der Gärrest kein Abfallprodukt ist, sondern als organischer Dünger mit einem guten Nährstoffpotenzial verkauft werden kann (Gärrestleistung = anfallende Gärrestmenge mit standardisiertem Nährstoffgehalt abzüglich Ausbringungskosten, Methodik siehe 2.6.3). Im Versuchsjahr 2014 wurde die Kostenbilanz mit DB zwischen 1000 und 1500 €/ha bei Mais (HF) und 1500 €/ha bei den Futterhirsen sogar noch um ein Vielfaches überboten. Die Sorghumhirsen tolerierten auftretende Trockenstressperioden besser als Mais und konnten demzufolge in beiden Jahren höhere Deckungsbeiträge erzielen. Weiterhin gingen sie mit niedrigeren Saatgutkosten in die Berechnungen ein (vgl. Tabelle 13). Für Getreide-GPS (HF) waren es schwierige Versuchsjahre. Winterliche Frostperioden mit Blattverlusten, ein starker Schädlingsbefall und ungünstige Aussaattermine bzw. -bedingungen sowie Frühjahrstrockenheit schwächten die Bestände erheblich. Dadurch waren zusätzliche kostenverursachende Pflegemaßnahmen (u. a. Wachstumsregler, Fungizide) notwendig. Am besten tolerierte Winterroggen, auch im Gemenge mit Winterwicke (Wickroggen), die genannten Stressfaktoren und erreichte Deckungsbeiträge zwischen 30 und 500 €/ha (vgl. Tabelle 13). Bis auf 2015 erzielte auch Wintertriticale sehr gute Kosten-Ertrags-Relationen zwischen 150 und 400 €/ha (unter Einbeziehung von Ergebnissen des Ertragsprüfungsversuchs, ohne Abbildung). Die mehnjährige Ackerfuttermischung (Luzernegras) erreichte erst im 2. Hauptnutzungsjahr Bilanzen knapp über 0. Trotz Trockenmassen > 130 dt TM/ha fielen die Etablierungskosten im Ansaatjahr zu stark ins Gewicht. In beiden Jahren dominierten aufgrund der feuchten Witterung die Gräser im Bestand. Das Erntefenster für optimale TS-Gehalte war demnach sehr gering. Das gewählte intensive Schnittregime mit 3-4 Schnitten/Jahr verursachte überdurchschnittlich hohe Arbeiterledigungs- und Düngekosten (Tabelle 13). Eine um 25 % reduzierte Düngung hatte im Durchschnitt der erprobten Kulturen einen 25 % niedrigeren Deckungsbeitrag im Vergleich zur standortangepassten, fruchtartspezifischen Düngung zur Folge (vgl. FF 3 und 7 in Tabelle 13). Durch die eingesparten Düngekosten konnten die verminderten Methanhektarerträge nicht kompensiert werden. Das Gegenteil wurde im Versuchsjahr 2015 beim schlecht entwickelten Triticale-Bestand erreicht. Bei einem annähernd gleichen Leistungsniveau brachte die Verringerung der Düngergabe eine Erhöhung des Deckungsbeitrags um 50 %.

Tabelle 13a: Deckungsbeitragsanalyse (DB in €/ha) der Anlage 5 mit Gegenüberstellung von Produktionskosten [€/ha] und Erlösen [€/ha] auf Basis des CH₄-Ertrags [m³/ha] und anfallenden Gärrests für die Fruchtarten des EVA III-Versuchs in Trossin, Versuchsjahre 2013-2015, berechnet von P. Kornatz & J. Müller (Universität Gießen). 2015 nicht vollständig.

FF	Jahr	Fruchtart, FF-Stellung	Leistungen			Kosten					DB DAKfL [€/ha]
			CH ₄ - Ertrag [m ³ /ha]	Erlös CH ₄ [€/ha]	Erlös Gär- rest [€/ha]	Ausbrin- gung GR [€/ha]	Saatgut [€/ha]	Dünger [€/ha]	PSM [€/ha]	ArEr- Kosten [€/ha]	
1	2013	WiGerste, HF	1209	352	188	47	61	98	39	505	-210
	2013	<i>Sorghum. b.x.s.</i> , SZF	2194	656	225	55	53	131	51	507	84
	2014	Mais, HF	6256	1822	339	79	144	198	57	580	1103
	2015	WiTriticale, HF	1969	575	112	32	72	170	57	426	-70
	2015	<i>Phacelia</i> , SZF	GD	----	----	----	127	----	----	27	-154
		FF/ Jahr									753/ 251
2	2013	Senf, SZF	GD	----	----	----	39	----	----	164	-203
	2013	<i>Sorghum b.</i> , HF	4338	1023	545	122	60	131	51	598	606
	2014	Grünroggen, WZF	1711	472	246	60	74	296	78	480	-270
	2014	Mais, ZF	8213	2388	404	92	144	263	43	587	1663
	2015	WiTriticale, Korn	MF	553	----	----	72	257	90	307	-73
		FF/ Jahr									1723/ 574
3	2013	Senf, SZF	GD	----	----	----	39	----	----	151	-190
	2013	Mais, HF	3257	1160	248	60	144	131	53	491	529
	2014	Grünroggen, WZF	1775	462	248	60	74	288	78	489	-279
	2014	<i>Sorghum b. x s.</i> , ZF	4650	1404	514	114	53	279	53	574	845
	2015	WiTriticale, HF	2061	605	122	34	72	93	57	436	35
	2015	Weidelgras, SZF	892								
	FF/ Jahr									940/ 376	
4	2013	Luzerngras, HF	1256	366	158	57	76	164	11	698	-482
	2014	Luzerngras, HF	3650	1020	582	154	0	256	0	1186	6
	2015	Luzerngras, WZF	1983								
	2015	Mais, ZF									
		FF/ Jahr									-476/ -238
5	2013	Wickroggen, HF	2848	852	299	71		98		504	478
	2013	W. Weidelgras, SZF	505	137	30	14		66		164	-77
	2014	W. Weidelgras, WZF	1263	353	131	36		220	21	350	-143
	2014	Mais, ZF	7223	2066	418	95	144	194	43	581	1427
	2015	Biogaserübe, HF	5127								
		FF/ Jahr									1685/ 843

Tabelle 13a: Fortsetzung.

FF	Jahr	Fruchtart, FF-Stellung	Leistungen			Kosten					DB DAKfL [€/ha]
			CH ₄ - Ertrag [m ³ /ha]	Erlös CH ₄ [€/ha]	Erlös Gär- rest [€/ha]	Ausbrin- gung GR [€/ha]	Saatgut [€/ha]	Dünger [€/ha]	PSM [€/ha]	ArEr- Kosten [€/ha]	
6	2013	Mais, HF	2902	857	231	56	144	131	53	581	123
	2014	Mais, HF	5869	1713	322	74	144	217	57	544	999
	2015	Mais, HF	3740								
	FF/ Jahr										1122/ 561
7	2013	Senf, SZF	GD	----	----	----	39	----	---	151	-190
	(- 2013	Mais, HF	2838	839	227	56	144	98	53	471	244
	25 2014	Grünroggen, WZF	1517	418	211	52	74	302	78	467	-344
	% 2014	<i>Sorghum b. x s.</i> , ZF	4219	1257	470	106	53	295	53	554	666
	N) 2015	WiTriticale, HF	2031	591	117	33	72	66	57	428	52
	2015	Weidelgras, SZF	701								
FF/ Jahr										<u>428/ 171</u>	
8	2013	Wickroggen, WZF	1815	509	298	70	64	98		540	35
	2013	Mais, ZF	2474	649	274	65	144	131	51	503	29
	2014	Hybridroggen, HF	3018	797	189	47	51	276	72	506	34
	2015	Blümmischung, HF	1989								
	FF/ Jahr										<u>98/ 49</u>

GR = Gärrest, PSM = Pflanzenschutzmaßnahmen, ArEr = Arbeitserledigung, DAKfL = Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung

HF = Hauptfrucht, ZF = Zweitfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, GD = Gründungs-
pflanze, MF = Marktfrucht

Tabelle 13b: Deckungsbeitragsanalyse (DB in €/ha) der Anlage 6 (Spiegelanlage) mit Gegenüberstellung von Produktionskosten [€/ha] und Erlösen [€/ha] auf Basis des CH₄-Ertrags [m³/ha] und anfallenden Gärrests für die Fruchtarten des EVA III-Versuchs in Trossin, Versuchsjahre 2014 und 2015, berechnet von P. Kornatz & J. Müller (Universität Gießen). 2015 nicht vollständig.

FF	Jahr	Fruchtart, FF-Stellung	Leistungen			Kosten					DB DAKfL [€/ha]
			CH ₄ - Ertrag [m ³ /ha]	Erlös CH ₄ [€/ha]	Erlös Gärrest [€/ha]	Aus- brin- gung GR [€/ha]	Saatgut [€/ha]	Dün- ger [€/ha]	PSM [€/ha]	ArEr- Kosten [€/ha]	
1	2014	WiGerste, HF	2045	596	200	50	64	205	57	518	-98
	2014	<i>Sorghum. b.xs.</i> , SZF	4753	1391	391	90	53	232	53	536	818
	2015	Mais, HF	3450								
	FF/ Jahr										720/ 720
2	2014	Senf, SZF	GD	----	----	----	39	---	---	121	-160
	2014	<i>Sorghum b.</i> , HF	6965	1968	784	171	64	210	53	787	1467
	2015	Grünroggen, WZF	1678	462	163	42	78	196	48	430	-169
	2015	Mais, ZF									
	FF/ Jahr										1138/ 760
3	2014	Senf, SZF	GD	----	----	----	39			121	-160
	2014	Mais, HF	7707	2247	442	100	144	211	53	681	1500
	2015	Grünroggen, WZF	2389	661	235	.57	78	131	57	460	113
	2015	<i>Sorghum b. x s.</i> , ZF									
	FF/ Jahr										1453/ 969
4	2014	Luzernegras, HF	3306	946	544	146	76	302	0	1273	-307
	2015	Luzernegras, HF	1983								
	FF/ Jahr										-307/ -307
5	2014	Wickroggen, HF	2500	760	212	52		244		476	200
	2014	W. Weidelgras, SZF	1170	390	164	51		201		446	-144
	2015	W. Weidelgras, WZF	2261								
	2015	Mais, ZF									
	FF/ Jahr										56/ 56
6	2014	Mais, HF	7352	2144	454	102	144	207	53	682	1410
	2015	Mais, HF	3192								
	FF/ Jahr										1410/ 1410

Tabelle 13b: Fortsetzung.

FF	Jahr	Fruchtart, FF-Stellung	Leistungen			Kosten					DB DAKfL [€/ha]
			CH ₄ - Ertrag [m ³ /ha]	Erlös CH ₄ [€/ha]	Erlös Gärrest [€/ha]	Aus- brin- gung GR [€/ha]	Saatgut [€/ha]	Dün- ger [€/ha]	PSM [€/ha]	ArEr- Kosten [€/ha]	
7	2014	Senf, SZF	GD	----	----	----	39			121	-160
(-	2014	Mais, HF	6772	1978	383	88	144	167	53	652	1257
25	2015	Grünroggen, WZF	2034	558	200	50	78	144	57	445	-16
%	2015	<i>Sorghum b. x s.</i> , ZF									
N)	FF/ Jahr										<u>1081/ 721</u>
8	2014	Wickroggen, WZF	1452	382	296	69	72	284	21	518	-286
	2014	Mais, ZF	7561	2252	483	108	144	318	43	610	1512
	2015	Hybridroggen, HF	2742	812	175	44	51	111	57	455	269
	FF/ Jahr										<u>1495/ 748</u>

GR = Gärrest, PSM = Pflanzenschutzmaßnahmen, ArEr = Arbeitserledigung, DAKfL = Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung

HF = Hauptfrucht, ZF = Zweitfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, GD = Gründungs-
pflanze, MF = Marktfrucht

3.5.2 Zweikulturnutzung

Beim Anbau von zwei Kulturen innerhalb einer Vegetationsperiode stehen den erwünschten Mehreinnahmen doppelte Kosten für Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte gegenüber. Die erzielte Ökonomie von Mais und *Sorghum* bei Kultivierung als Zweitfrucht nach Grünschnitt- und GPS-Getreide sowie Welschem Weidelgras im Vergleich zur Wirtschaftlichkeit dieser Fruchtarten in Hauptfruchtstellung zeigt Abbildung 34.

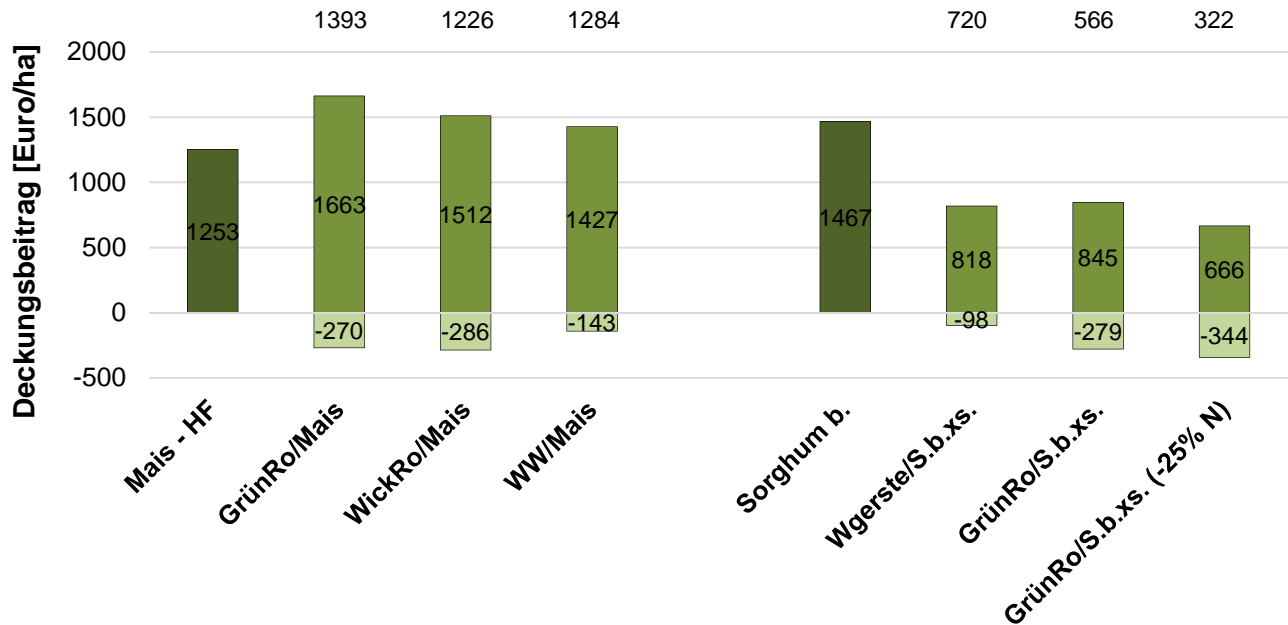


Abbildung 34: Deckungsbeiträge (in Euro/ha) der im Versuchsjahr 2014 erprobten Zweikultursysteme mit Mais und *Sorghum* im Vergleich zum Hauptfruchtanbau. Methodik siehe Abschnitt 2.6.3. Berechnungen von P. Kornatz, Uni Gießen.

Die Vorfruchtleistung war bei allen Zweikultursystemen nicht kostendeckend (Abb. 34). Unter den Winterzwischenfrüchten (Ernte Anfang Mai) schnitt das Welsche Weidelgras aufgrund der Etablierung als Untersaat und dadurch entfallener Aussaat- sowie Etablierungskosten im Vergleich zum Getreide etwas günstiger ab. Wintergerste-GPS konnte in der längeren Wachstumszeit von 2 Wochen noch Biomasse zulegen und erreichte die höchsten Methanerlöse (Abb. 34). Die für die Mais-Zweitfrüchte besseren Witterungsbedingungen während der Entwicklungsphase führten zu überragenden Erträgen, so dass die Mehrkosten der Erstfrucht gedeckt werden konnten. Im Vergleich zum Mais-Hauptfruchtanbau wurden allerdings keine (Wickroggen/Mais) bzw. nur geringfügig höhere Deckungsbeiträge zwischen 2 % (Weidelgras/Mais) und 11 % (Grünroggen/Mais) erzielt. Die wirtschaftlichen Vorteile vom Weidelgras spiegeln sich im Gesamtsystem nicht wieder, da der nachfolgende Mais einen schlechteren Erlös als nach Getreide aufwies. Mindererträge von Mais und *Sorghum* nach Gräsern wurden bereits mehrfach in anderen Jahren registriert. Eine übermäßige Ausschöpfung des Bodenwasservorrats mit dadurch verursachten Aufgangs- und Wachstumsbedingungen für die Zweitfrucht kann laut Abbildung 20 und Tabelle 11 nicht die Ursache sein. Ganz im Gegenteil, Weidelgras hinterließ geringfügig höhere Nachernte-Bodenfeuchtegehalte als Grünroggen (vgl. Abb. 20). Es wird von kulturspezifischen Unverträglichkeiten, wie Wurzelausscheidungen, ausgegangen. Ein weiteres Problem könnte der Durchwuchs von Gräsern in den C₄-Pflanzen-Beständen darstellen. Die Sudangrashybriden (*Sorghum bicolor* x *sudanense*) konnten in Kombination mit Wintergerste bzw. Grünroggen die biomassestarken Futterhirsen (*Sorghum bicolor*) ertraglich und ökonomisch nicht erreichen. Es wurden 50 % (mit Vorfrucht WiGerste) bzw. 60 % (mit Vorfrucht Grünroggen) geringere Deckungsbeiträge erwirtschaftet. Die um 25 % reduzierte Düngung schmälerte den Erlös nochmals um 20 % (Abb. 34).

4 Diskussion

Die **Energiewende** ist der Weg in eine sauberere, umweltverträgliche, wirtschaftlich erfolgreiche und versorgungssichere Zukunft. Auf diesem Weg hat Deutschland schon vieles erreicht: Mittlerweile stammt fast ein Drittel des deutschen Stroms aus Erneuerbaren Energieträgern (DESTATIS 2015). In Sachsen werden ca. 21,4 % des Stromendverbrauchs durch Windkraft, Biomasse, Solarkraft, Wasser sowie Klär- und Deponiegas gedeckt (SAENA 2014). Die größten Anteile der Erträge (erzeugte Kilowattstunden) werden aus Wind und Biomasse geschöpft. Energie aus Biomasse hat viele Vorteile. Sie ist unendlich, vielseitig einsetzbar, lagerfähig bzw. speicherbar, bedarfsgerecht und regional verfügbar. Weiterhin leistet sie einen wichtigen Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung Sachsens. Durch sie wird Wachstum generiert, die regionale Wertschöpfung gesteigert und es werden neue Arbeitsplätze geschaffen. Die Rohstoffe, die dies ermöglichen, reichen von Energiepflanzen über Wald- und Resthölzer bis hin zu Abfällen aus der Landwirtschaft und Biotonne. Dabei bieten Energiepflanzen die beste Energie-„Ausbeute“ (SAENA 2014). Über verschiedene Aufbereitungsverfahren werden aus der geernteten Biomasse feste, flüssige und gasförmige Energieträger erzeugt.

Biogas ist ein sehr verlässlicher Energieträger und kann aus nachwachsenden Rohstoffen, tierischen Exkrementen und organischen Abfällen gewonnen werden. Biogas ist vielseitig einsetzbar – als Kraftstoff sowie zur Strom- und Wärmeerzeugung. Anders als regenerative Energien aus Wind- und Sonnenkraft steht die aus Biogas gewonnene Energie stetig und unabhängig von Witterung oder Tageszeit zur Verfügung. Bei der Nutzung von Biogas wird kein zusätzliches Kohlenstoffdioxid in die Umwelt abgegeben. Zwar entsteht auch bei der Verbrennung von Biogas Kohlenstoffdioxid, jedoch besteht der entscheidende Unterschied darin, dass die ausgestoßene Menge an CO₂ derjenigen entspricht, die Pflanzen vorher bei der Bildung der verwendeten Substrate gebunden haben. So wird kein zusätzliches, als klimaschädlich eingestuftes, Kohlenstoffdioxid in die Umwelt abgegeben. Biogas kann überall produziert werden. Wärme und elektrische Energie werden mit Biogas dort erzeugt, wo sie auch benötigt werden oder es sinnvoll ist. Aber nicht nur Industrieländer können von Biogasanlagen profitieren. Gerade für Entwicklungsländer sind nicht die großen Biogasanlagen in der Größenordnung von 150 kW gefragt, sondern Kleinstanlagen, deren Methanproduktion ausreicht, um den Energiebedarf zum Kochen und Heizen zu decken. Eine Verwendung von Brennholz und eine mögliche Abholzung der umliegenden Vegetation kann somit verringert werden. Neben Gas, Strom und Wärme wird noch mehr in einer Biogasanlage produziert: hochwertiger Dünger. Stickstoff, Phosphor und Kali bleiben bei der Biogaserzeugung nahezu unberührt und konzentrieren sich sogar während der Biogasproduktion. Es entsteht ein beinahe geschlossener Kreislauf bei der Nutzung dieses Düngers auf den Feldern, auf denen die Substrate heranwachsen (SCHRIEWER 2015).

Die **Energiepflanzenproduktion** für Bioenergie, insbesondere der Anbau von Mais für Biogasanlagen und Raps zur Kraftstoffherstellung, hat aber nicht immer den besten Ruf. Der großflächige Anbau sorgt für Widerspruch in der Bevölkerung. Die „Tank-Teller-Diskussion“ und die „Vermaisung der Landwirtschaft“ sind nur einige Ängste der heutigen Gesellschaft, die mit dem Thema Nachwachsende Rohstoffe in Verbindung gebracht werden. Hierfür gibt es aber sinnvolle Alternativen. Mit Beginn der Energiewende wurden zahlreiche Energiepflanzenprojekte ins Leben gerufen, die sowohl ertraglich und ökonomisch als auch ökologisch effektive Substrate zur Bioenergieerzeugung erproben. Kulturen, die das Landschaftsbild über vielfältige, abwechslungsreiche Fruchtfolgen aufwerten, blühende Felder schaffen und für Lebens- bzw. Nahrungsräume sorgen. Mangelnder Wissenstransfer und unzureichende Öffentlichkeitsarbeit sind die Hauptursache für das Aufkommen von Kritikpunkten an der Energiegewinnung aus Biomasse. Auch dieser Aufgabe hat sich die Energie-

pflanzenforschung angenommen. Damit konnte die Akzeptanz des Energiepflanzenanbaus bei Leuten aus der „Nicht-Bioenergie-Branche“ deutlich gesteigert werden.

Das bundesweite **Verbundprojekt EVA ist ein Meilenstein in der Fruchtfolge- und Energiepflanzenforschung** sowohl mit regionalem als auch überregionalem Bezug. Landwirte sollen sich angesprochen fühlen, Kultivierungsempfehlungen für ihr Anbaugebiet einzuholen, aber auch für Optimierungsvorschläge hinsichtlich Produktionstechniken und Nutzungsstrategien offen sein.

Schon in den ersten beiden Projektphasen (2005-2009, 2009-2013) des Verbundprojektes EVA wurden durch fundierte pflanzenbauliche Versuche sowie ökonomische, ökologische und biochemische Begleitforschungen **umfassende Fragestellungen über den Anbau von Energiepflanzen im Gesamtsystem bearbeitet**. Ergebnisse wurden in zahlreichen Veröffentlichungen (u. a. FNR 2010, 2012, KTBL 2006, VETTER ET AL. 2009) und auf einer Projekt-Homepage (www.eva-verbund) aufbereitet.

In der dritten Phase dieses umfangreichen Projektes stehen, wie auch bei den Vorgängerprojekten, **Fruchtfolgen mit vielfältigen Ergänzungen zum Maisanbau** im Vordergrund. Dabei rückten allerdings immer mehr „nachhaltige Anbausysteme“ in den Fokus der Gesellschaft und Politik. „**Nachhaltigkeit** ist ein Handlungsprinzip zur Ressourcennutzung, welches die Bewahrung der wesentlichen Eigenschaften, der Stabilität und der natürlichen Regenerationsfähigkeit eines Systems zum Ziel hat“ (WIKIPEDIA 2013). Für die Landwirtschaft und die Energiepflanzenerzeugung bedeutet dies die Entwicklung und Optimierung ökologisch tragfähiger, ökonomisch existenzfähiger, sozial verantwortlicher und ressourcenschonender Anbausysteme (nach DLG-Nachhaltigkeitsstandard, DLG 2009). Den Forderungen einer nachhaltigen Landwirtschaft hat sich das Projekt EVA folgendermaßen angenommen: Im Verbundprojekt wurden weit reichende Fruchtfolgen in Hinsicht auf die Erhaltung und Vergrößerung der Artenvielfalt in landwirtschaftlich und bioenergetisch genutzten Anbausystem erprobt. Neben alt bewährten Kulturarten zur Nahrungsmittelproduktion wurden bei EVA auch neuere bzw. in Vergessenheit geratene Fruchtarten, wie Sorghumhirsen, Sonnenblumen, Wildpflanzenmischungen und Rüben, in die Fruchtfolgen aufgenommen. Durch vielfältige Nutzungsstrategien, u. a. durch den Mischfruchtanbau, öffnen sich auch Wege für ertragsschwächere Feldfrüchte, die im Einzelanbau wenig Anerkennung haben, z. B. Winterwicke, Erbsen und Leindotter („Schutz der Biodiversität“, DLG 2009). Ergänzungen bzw. Alternativen zum Maisanbau spielen nicht nur mit Blick auf die Nachhaltigkeitskriterien eine große Rolle, sondern auch bei der Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012 (EEG 2012, BMEL 2012). Ab 1. Januar 2012 gilt, dass zur Erzeugung des Biogases höchstens 60 Masseprozent an Mais (Ganzpflanze) und Getreidekorn einschließlich Corn-Cob-Mix eingesetzt werden dürfen („Maisdeckel“, BMEL 2012). Unter „Schutz der Artenvielfalt“ (DLG 2009) wird aber nicht nur eine Vielzahl an Biogassubstraten verstanden, sondern auch die Erhaltung des Lebensraumes für Insekten, Vögel und andere Lebewesen. Minimierenden Bodenbearbeitungsmethoden, reduzierten Pflanzenschutzmitteleinsätzen und der biodiversitätsfreundlichen Gestaltung der Fruchtfolgen (mehrjährige Energiepflanzen, Mischkulturen, langfristig offene Bestände, Fruchtarten mit langer Vegetationsperiode und Pflanzen mit langer Blühphase) sollte unbedingt Beachtung geschenkt werden. EVA III untersuchte seit 2013 in vielen Bundesländern (und Anbaugebieten) eine sogenannte „Biodiversitätsfruchtfolge“ (FF 8) mit einem Fruchtartenangebot für Blütenbesucher, Käfer, Vögel und Kleinsäuger. Die biotischen Auswertungen, welche auch schon bei EVA II für viele Fruchtfolgen durchgeführt worden, übernimmt das ZALF (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V.) in Müncheberg.

Eng verbunden mit der Reduktion des Faktoreinsatzes in der Landwirtschaft ist der Umweltschutz. Das Projekt EVA soll dem Praktiker Handlungswege aufzeigen, die beweisen, dass sich hohe Biomasseerträge und umweltschonende Anbaumaßnahmen nicht ausschließen müssen. In zahlreichen EVA-Versuchen wurden Produktionstechniken unter dem Aspekt des Boden-, Gewässer- und Luftschutzes erprobt. Der Bodenerosion/-

verdichtung kann mit Zwischenfrüchten, mehrjährigen Ackerfuttermischungen und reduzierter Bodenbearbeitung entgegengewirkt werden (empfehlenswerte EVA-FF: 3 und 4, verschiedene Satellitenversuche des Teilprojektes 1). Mit dem Themenschwerpunkt „Untersuchung und Praxiseinführung eines grundwasserschutzorientierten Biomasseanbaus vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)“ wird den Anforderungen der europäischen Gemeinschaft (EG) Rechnung getragen, landwirtschaftliche Nitratreinträge in das Grundwasser in den kommenden Jahren zu reduzieren (BMU 2011). Durch Untersuchungen der Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt (IGLU, Göttingen) in Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern der Versuchsstandorte wurden u. a. reduzierte Stickstoffgaben (vgl. Grundversuch-FF 4 [Luft-N-Fixierung der Leguminosen] und Klimagas-optimierte FF 7 [-25 % N-Düngung]), der Einsatz von Untersaaten (vgl. FF 5), Zwischenfrüchten (z. B. abfrierender Gelbsenf in den FF 2, 3 und 7) und mehrjährigen Kulturen (vgl. FF 4) zur Bindung übermäßigen Stickstoffs im Herbst sowie gestaffelte Gärrestgaben („Kleiner und Großer EVA-Gärrestversuch“, Federführung beim TFZ Bayern) geprüft. Daraus werden Aussagen zu Nährstoffsalden (ZALF Müncheberg), N_{\min} -Dynamiken im Vegetationsverlauf und zur bedarfsgerechten Stickstoffdüngung abgeleitet. Die Düngeversuche bei EVA leisten demnach auch einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von N-Emissionen aus Düngemitteln (Lachgas, Ammoniak) und Reinhaltung der Luft.

Den steigenden Ansprüchen an die Landwirtschaft steht ihr zunehmender Ressourcenverbrauch gegenüber. Auch diese Thematik hat EVA bei der Fruchtfolgeentwicklung aufgegriffen, denn es ist offensichtlich, dass Zuwächse in der landwirtschaftlichen Produktion nicht über eine Ausweitung der Ackerfläche erfolgen können. Zweikultursysteme mit 2 ertraglich relevanten Ernten pro Jahr werden in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen. Ökonomische Nachhaltigkeit ist nur durch eine Steigerung der Effizienz möglich, also der Produktion von mehr Gütern mit weniger oder kostengünstigeren Ressourcen. Maximale Trockenmasseerträge, für die Silierung optimale TS-Gehalte und hohe Methangasausbeuten (zu Ergebnissen aus Batch-Versuchen siehe Teilprojekt 4 „Substratqualität und Konservierung“) sind Voraussetzungen für positive Deckungsbeitragsbilanzen (vgl. Teilprojekt 3 „ökonomische Bewertung des Energiepflanzenanbaus“). Züchter und Saatgutbetriebe entwickeln, auch aufbauend auf den Ergebnissen der EVA-Versuche, ständig neue und leistungsfähigere Energiepflanzenarten, die in gleicher Weise ein hohes Biomasse- und Gasbildungspotenzial bei Faktor- und Ressourcenschonung versprechen, z. B. in Bezug auf Saatgutmenge, Nährstoff- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, Maschinenverwendung und Bodenbearbeitung. Praktiker vertreten oft die Meinung, dass nur der Mais-Monoanbau in der Biogasbranche wirtschaftlich rentabel ist. Durch Verteilung von Arbeitsspitzen, Minimierung des Anbaurisikos und weniger Bearbeitungsmaßnahmen, u. a. durch bodenauflockernde FF-Glieder und Leguminosen mit Luftstickstoffbindefähigkeit, sowie über die Beteiligung an Förderprogrammen und Agrarumweltmaßnahmen, z. B. mit dem Anbau von Zwischenfrüchten, kann mithilfe von vielfältig gestalteten Fruchtfolgen der Lebensunterhalt gesichert werden. In wasserreicheren Gebieten und Jahren kann sich die Etablierung von Untersaaten mit Weiternutzung als Folgefrucht (EVA III - FF 5) zur Senkung von Saatgut- und Arbeiterledigungskosten durchaus lohnen. Ökonomische Kosten-Ertrags-Berechnungen der Universität Gießen (Teilprojekt 3) können diese Aussagen bekräftigen.

Aus den Ergebnissen des Projektes EVA wird deutlich: Die Produktion von Biomasse zur Energieerzeugung stellt **keine Gefährdung des Naturhaushalts** dar. Ganz im Gegenteil, die Landschafts- und Artenvielfalt nimmt bei der Etablierung von abwechslungsreichen Fruchtfolgen deutlich zu (vgl. auch ZALF 2014). Ökologisch nachhaltige und standortangepasste Energiepflanzen-Anbausysteme können wesentlich zum Schutz der wertvollen Naturgüter Boden, Wasser und Luft beitragen (siehe auch Ergebnisse aus EVA II, GRUNEWALD & JÄKEL 2014).

Der Wechsel von einer erdöl- zu einer pflanzenbasierten Wirtschaft ist nicht nur im Bereich der Energieerzeugung erwünscht (Energiewende). Im Jahre 2009 richteten die deutschen Bundesministerien für Bildung und Forschung sowie Ernährung und Landwirtschaft einen Bioökonomierat als unabhängiges Beratungsgremium für die deutsche Bundesregierung ein. Weiterhin wurde ein großes Forschungsprogramm mit dem Namen „Bioökonomie 2030“ aufgelegt. Deutschland setzt damit auf einen Strukturwandel von einer erdöl- hin zu einer bio-basierten Industrie. Die **Bioökonomie** definiert alle industriellen und wirtschaftlichen Produktionsbereiche, die biologische Ressourcen wie Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen nutzen (BMBF 2015). Die gewonnenen Daten, Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem umfangreichen Projekt EVA können auch zur Umsetzung der Bioökonomie-Ziele verwendet werden. Ermittelte Ertragsniveaus und Feuchtegrade geben Rückschlüsse auf die Eignung bestimmter Energiepflanzen als geeignete Rohstoffe und industrielle Ausgangsmaterialien für verschiedene Verwendungszwecke.

Zusammengefasst soll das erlangte Wissen über (einjährige) Energiepflanzen und deren Eignung als Biogas-substrate für betriebliche Entscheidungen, die schulische sowie gesellschaftliche Bildung, die regionale Beratung und politische Gremien zur Verfügung stehen.

5 Ausblick

Die Förderung des bundesweiten Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von Anbausystemen für Energiepflanzen zur Biogasproduktion, kurz EVA“ über das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, vertreten durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., läuft zum 30. November 2015 aus. Ertragsdaten konnten nur aus 3 (Grundanlage ab 2013) bzw. 2 Versuchsjahren (Spiegelanlage ab 2014) gewonnen werden. Geplant war die Erprobung vierjähriger Fruchtfolgen mit einer einheitlichen Abschlussfrucht zur Darstellung fruchtfolgeabhängiger Einflüsse. In diesem Endbericht wurden die erhobenen Daten des bisherigen EVA III-Versuchszeitraums für den sächsischen Versuchsstandort Trossin ausgewertet. Für das Versuchsjahr 2015 lagen zum Redaktionsschluss allerdings noch keine Werte der Zweitfrüchte vor. Hinweise dazu wurden in den einzelnen Abschnitten, Tabellen und Diagrammen vermerkt.

Die Ergebnisse vom leichten, warm-trockenen D-Südstandort Trossin in der Kartoffel-Region Nordsachsens fließen in übergreifende Auswertungen des Teilprojektes 1 „Erprobung von Energiefruchtfolgen zur Biogasproduktion in den wichtigsten Ackerbauregionen Deutschlands“ ein. Federführend hierfür ist die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft in Jena (Ansprechpartner: Herr Torsten Graf).

Erkenntnisse zu ökologischen, ökonomischen und analytischen Fragestellungen unter Betrachtung aller Versuchsstandorte veröffentlichen folgende Projektpartner:

- Teilprojekt 2 - Ökologische Auswertungen (Abiotik und Biotik): Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Münchenberg (Ansprechpartner: Herr Matthias Willms, Herr Michael Glemnitz)
- Teilprojekt 3 - Wirtschaftliche Betrachtungen: Universität Gießen (Ansprechpartner: Herr Peter Kornatz, Herr Prof. Dr. Joachim Aurbacher)
- Teilprojekt 4 - Substratqualität, Konservierung und Gasbildungspotenziale (Batch-Tests): Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (Ansprechpartner: Frau Monika Heiermann)

Die aktuellsten Informationen sind weiterhin auf der Projekt-Homepage www.eva-verbund.de zu finden.

6 Anbauempfehlung

Auf leichten, diluvialen Böden unter Einfluss des mitteldeutschen Trockengebietes überzeugten Fruchtfolgen mit Mais, Getreideganzpflanzen sowie Sorghumhirsen. Getreide-GPS erreichte zwar nicht die höchsten Trockenmasse-Erträge, wies aber über alle Versuchsjahre sehr geringe Ertragsschwankungen auf (ertragsstabile Fruchtart). Wintergetreidekulturen sollten bevorzugt werden, da sie bis zu 25 % höhere Erträge im Vergleich zu den Sommerarten erzielten (Erkenntnis aus EVA II, GRUNEWALD & JÄKEL 2014). Wintertriticale und Winterroggen, auch im Gemenge mit Winterwicke (Wickroggen), tolerierten die auftretenden Stressfaktoren (Frost und Trockenheit) am besten und reagierten mit den geringsten Ertragseinbußen. Im Vergleich zu Mais besitzen die wärmeliebenden Futterhirsen und Sudangrashybriden ein höheres Bodenwasserausschöpfungsvermögen aufgrund eines ausgedehnten Faserwurzelsystems. Sie verfügen außerdem über eine größere Hitze- und Trockentoleranz (stellen Wachstum bei Wassermangel ein) und können somit vor allem in wasserarmen Jahren und in Regionen mit ausgeprägten Trockenphasen das Ertragsrisiko deutlich senken. Für den Hauptfruchtanbau sind vorrangig die leistungsstärkeren Futterhirsen (*Sorghum bicolor*) einzusetzen.

Um zu enge Fruchtfolgen zu vermeiden, können Sonnenblumen (Biogas-Sorten) und Biogasarüben (E-Typ-Zuckerrüben) integriert werden. In Regionen mit einem größeren Akzeptanzproblem des Energiepflanzenanbaus bieten sich weiterhin massenstarke Blümmischungen speziell für den Biogassektor an. Bei wirtschaftlicher Nutzung sind diese Wildkräuter-Gemenge allerdings nicht für das Greening anrechenbar.

Ein mehrjähriger Anbau von Ackerfutter (Leguminosen-Gras-Gemengen) bei ca. 2-3 Schnitten im Jahr (extensives Schnittregime) ist aufgrund der ertraglichen, ökonomischen und ökologischen Leistung nicht nur für Böden mit niedrigen Stickstoff- und/oder Humussalden zu empfehlen. In trockeneren Regionen eignen sich Luzerne-Gras-Gemenge (Direktsaat), bei besserer Wasserversorgung Mischungen aus Luzerne und Rotklee (Direktsaat oder Etablierung als Getreide-Untersaat möglich, vgl. dazu Ergebnisse aus EVA II, GRUNEWALD & JÄKEL 2014).

Mit Zwischenfrüchten kann das Risiko für Bodenverdichtungen und N-Verlagerungen nach der Hauptfruchternte verringert sowie die Bodenfruchtbarkeit durch Aufwertung des Humushaushalts verbessert werden. Für leichte Böden bieten sich Sorghumhirsen mit guter Abreife (Sudangrashybriden, z.B. „Lussi“) als Biogassubstrat, sowie Örettich, Gelbsenf und *Phacelia* (für Raps-betonte Fruchtfolgen) zur Gründüngung an. Für die wasserzehrenden Weidelgräser reichte das Wasserangebot in vielen Jahren oft nicht aus.

Zu niedrige TS-Gehalte, nicht nur bei Zwischenfrüchten, sollten durch Anwelkphasen oder Siliemittelzusätze ausgeglichen werden, um Silierverluste zu vermeiden.

Zur Zweikulturnutzung eignen sich unter trockeneren Bedingungen Winterroggen und Wickroggen, bei besserem Niederschlagsangebot Gräser und -gemenge als frühräumende Wintervorfrüchte. Nach Gräsern zeigten sich in mehreren Versuchsjahren jedoch schwierige Aufgangsbedingungen für die Nachkultur. Ursachen müssen noch geklärt werden und werden in schlechteren Etablierungsbedingungen für die Nachfrucht (Wasserangebot, Saatbett etc.) oder in einer Unverträglichkeit zwischen den Fruchtarten gesehen. Bei der Zweitfruchtwahl sollte sowohl bei Mais als auch bei den Sorghumhirsen auf frühreife Sorten geachtet werden. Da *Sorghum bicolor*-Sorten schlechter abreifen, sind zur Zweikulturnutzung früh räumende *Sorghum bicolor x sudanense*-Sorten zu empfehlen.

Zur Beachtung der Nachhaltigkeitskriterien sollten ausschließliche Energiepflanzen-Fruchtfolgen vermieden werden. Sowohl zur Erreichung ökonomischer als auch ökologischer (Verbleib von Ernteresten auf dem Acker) Ziele bieten sich kombinierte Energiepflanzen-Marktf Frucht-Anbausysteme an.

Eine Einschätzung zur Anbaueignung der im EVA-Versuch am Standort Trossin geprüften Fruchtarten hinsichtlich wichtiger Biogassubstrat-Eigenschaften gibt Tabelle 14.

Tabelle 14: Anbaueignung (--, -, +, ++) verschiedener Energiepflanzen als Biogassubstrat auf leichten Böden bei periodischem Wassermangel auf Grundlage der EVA-Versuchsergebnisse.

Fruchtart	TM- Ertrag	TS- Gehalt	CH ₄ - Ausbeute	Ökologie	Ökonomie	Bemerkung
Mais - HF	++	++	++	--	++	
Mais - ZF	++	++	++	--	++	frühreife Sorten
Sorghum - HF	++	++	+	--	+	Futterhirse - Sorten
Sorghum - ZF	++	+	+	--	+	Sudangrashybriden, frühreife Sorten
Getreide-GPS	+	++	+	+	+	ertragsstabil
Wickroggen	+	++	+	++	+	oft Ernteprobleme (Lager, „Gewirr“)
Leguminosen-Gras- Gemenge	+ bis ++	+	+	++	+	mehrfährig, ca. 2-3 Schnitte/Jahr
Blümmischung	+	+	o. A.	++	o. A.	Aufwertung Landschaft
Biogaserübe (Körper)	++	--	++	--	--	massenbetonte E-Typ-Zuckerrübe mit hohem Zuckergehalt
Einj. Weidelgras - SZF	--	++	+	+	--	hoher Wasserbedarf
Sorghum - SZF	++	+	+	+	--	Sudangrashybriden, frühreife Sorten
W. Weidelgras - WZF	+	+	+	+	-	günstig zu etablieren als Untersaat von Wickroggen (Wickroggen Plus)
Grünroggen - WZF	+	-	+	+	--	
Wickroggen - WZF	+	-	+	++	--	
Gründüngungspflanzen	--	--	o. A.	++	--	zur Einhaltung der CC-Kriterien

o. A. = ohne Angabe

7 Zusammenfassung

Aufbauend auf zwei Vorgängerprojekten, EVA I (2005-2009) und EVA II (2009-2013), wurden 2013 in der fünften Rotation bzw. 2014 in der sechsten Rotation jeweils acht Anbausysteme mit Energiepflanzen zur Biogasproduktion auf einem leichten, diluvialen Boden in der Winterroggen-Kartoffel-Region Nordsachsens unter Einfluss des mitteldeutschen Trockengebietes (Versuchsstandort Trossin: H = 120 m ü. NN, T = 8,9 °C, NS = 554 mm, Su3, AZ = 31) etabliert. Neben der fortführenden Untersuchung der drei ertragsstärksten C₃-C₄-Ganzpflanzen-Fruchtfolgen lag das Augenmerk bei EVA III verstärkt auf der Erprobung von themenspezifischen, ökologischen Anbausystemen, die zum nachhaltigeren Energiepflanzenanbau in Bezug auf Biodiversität, sowie Boden- und Gewässerschutz beitragen sollen. In die Fruchtfolgen wurden sowohl traditionelle Kulturarten des Nahrungs- und Futterpflanzenanbaus (Mais, Getreideganzpflanzen, Rüben) als auch „neuartige“ Feldkulturen (Futterhirsen, Sudangrashybride) und mehrjährige Ackerfuttermischungen aufgenommen. Weiterhin wurden Blühmischungen und Artengemenge integriert. Aufgrund der zunehmenden Flächenknappheit und der stetig steigenden Pachtpreise hält das Interesse an wirtschaftlich rentabler Zweikulturnutzung weiter an. Großer Wert wurde auch auf Zwischenfrüchte zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Erfüllung von Umweltrichtlinien gelegt. Den Abschluss der 4-jährigen Anbausysteme bildete ein einheitliches Fruchtfolgeglied (Winterroggen als Marktfrucht) zur Darstellung fruchtfolgeabhängiger Effekte.

Ertraglich schnitten Anbausysteme mit Mais (Ø 138 dt TM/ha), Futterhirsen (Ø 181 dt TM/ha) und Biogasarüben (Ø 151 dt TM/ha) am besten ab. Wintergetreideganzpflanzen erreichten zwar nur ein mittleres Ertragsniveau von 50-95 dt TM/ha, zeigten aber die geringsten witterungsbedingten Ertragsschwankungen über alle Versuchsjahre. Zu den stresstolerantesten Getreidearten zählten Winterroggen, auch im Gemenge mit Winterwicke (Wickroggen), und Wintertriticale. Die Leistung der Ackerfuttermischung war schnittabhängig. Die höchsten Trockenmasseerträge wurden bei 4 Schnitten pro Jahr erzielt (intensives Schnittregime).

Zweikultursysteme mit Mais verzeichneten signifikante Mehrerträge zwischen 20 % und 45 % im Vergleich zum Hauptfruchtanbau. Bei den Sorghumhirsen lagen die Erträge beider Anbauformen auf einem Niveau.

Qualitativ hochwertige Silagen lassen sich nur mit Trockensubstanzgehalten des Erntegutes zwischen 28 % und 35 % bzw. 35 % und 40 % bei den meisten Getreidearten erzeugen. Überwiegend trockene Witterungsbedingungen führten zur guten Abreife fast aller erprobten Fruchtarten. Teilweise wurden sogar zu hohe TS-Gehalte aufgenommen. Bei der Rübe waren die TS-Gehalte sortenabhängig. Bei den Gräser-Leguminosen-Gemengen war das Erntefenster in Abhängigkeit von den Komponenten und dem Schnittzeitpunkt sehr gering, so dass die Restfeuchte-Gehalte in der Trockenmasse stark variierten.

Das Methanbildungspotenzial der erprobten Fruchtarten korrelierte in einem sehr hohen Maße signifikant zum Trockenmasseertrag.

Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft können zu einem Anstieg der Nitratkonzentration im Grundwasser führen. Die ermittelten Nachernte-N_{min}-Gehalte des Versuchszeitraums lagen je nach Fruchtart und Versuchsjahr zwischen 5 und 60 kg N/ha (0-60 cm Bodentiefe) und sind im geringen bis mittleren Gefährdungsbereich einzustufen. Nicht erreichte Ertragserwartungswerte und somit die Nicht-Ausschöpfung gedüngter

Stickstoffmengen waren die Hauptursache erhöhter N_{\min} -Werte nach Aberntung einer Fruchtart. Eine Reduktion der N-Düngermenge um 25 % brachte bei Fruchtarten mit unterdurchschnittlichem Ertragsniveau eine Verringerung der Nachernte- N_{\min} -Gehalte bis zu 70 %. Bei Beständen mit einem standortüblichen oder darüber liegenden Ertragswert gab es, mit Ausnahme von Mais, keine Unterschiede zwischen den beiden Düngervarianten (normal gedüngt, 75 % der optimalen fruchtartenspezifischen Düngermenge).

Die gezogenen Herbst-Bodenproben wiesen zum Teil zu hohe N_{\min} -Gehalte > 30 kg/ha (0-90 cm Bodentiefe) auf. Als Ursachen können hohe Nachernte- N_{\min} -Werte – vor allem bei Mais, produktionstechnische Maßnahmen (Bodenbearbeitung) und eine starke Mineralisationsleistung in den mild-feuchten Herbstes angegeben werden. Die größten Mengen des auswaschungsgefährdeten Nitrats wurden bei fehlender Begrünung festgestellt.

Die ermittelten Bodenfeuchten nach Aberntung der Winterkulturen richteten sich nach dem spezifischen Wasserbedarf einer Fruchtart, der genutzten Vegetationszeit und den vorherrschenden Witterungsbedingungen. Um so später im Vegetationsverlauf eine Kultur geerntet wurde, desto mehr zehrte sie an den Bodenwasservorräten. In Bezug zur gebildeten Biomasse (Wassernutzungseffizienz) schnitten Welsches Weidelgras und Wintergerste am schlechtesten ab. Bei Vergleich der Sommerbestände (C_4 -Pflanzen) zehrten Sorghumhirsen aufgrund eines ausgedehnteren Wurzelsystems stärker an den Wasserreserven als Mais. Die Bodenfeuchtemessungen bei Zweikulturnutzung ergaben, dass der Zweitfrucht bis zu 40 % weniger Wasser während der Etablierungsphase zur Verfügung stand im Vergleich zur Hauptfruchtstellung.

Die überdurchschnittlich warmen Versuchsjahre waren wirtschaftlich günstig (Kosten-Leistungs-Gegenüberstellung ohne Berücksichtigung von Fixkosten). Mais und *Sorghum bicolor* erzielten Deckungsbeiträge bis zu 1500 €/ha. Die Sorghumhirsen tolerierten auftretende Trockenstressperioden besser als Mais und konnten demzufolge höhere mittlere Deckungsbeiträge erzielen. Für Getreide-GPS waren es schwierige Versuchsjahre (winterliche Frostperioden mit Blattverlusten, ein starker Schädlingsbefall, ungünstige Aussattermine und -bedingungen, Frühjahrstrockenheit). Dadurch waren zusätzliche kostenverursachende Pflegemaßnahmen notwendig. Bei der mehrjährigen Ackerfuttermischung konnten die im Ansaatjahr anfallenden Etablierungskosten trotz Trockenmassen > 130 dt/ha erst im 2. Hauptnutzungsjahr ausgeglichen werden. Das gewählte intensive Schnittregime mit 3-4 Schnitten pro Jahr verursachte hohe Arbeitserledigungs- und Düngekosten. Eine um 25 % reduzierte Düngung hatte im Mittel einen 25 % niedrigeren Gewinn im Vergleich zur optimalen Düngung zur Folge. Der wirtschaftliche Mehraufwand beim Anbau von 2 Kulturen innerhalb einer Vegetationsperiode konnte sowohl mit Mais als auch *Sorghum* als Zweitfrucht nicht bzw. nur geringfügig gewinnbringend gedeckt werden.

6 Literaturverzeichnis

- BAYWA (2014): Pflanzenschutz-Navigator 2014. BAYWA AG
- BEISECKER, R. (2012): WRRL. Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft, Kassel
- BIOCARE (2013): Trichogramma Schlupfwespe. Link: <http://www.biocare.de/trichogramma/> (Stand: 3.2.15)
- BGR (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung KA5. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- BMBF (2015): Bioökonomie – neue Konzepte zur Nutzung natürlicher Ressourcen. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin
- BMEL (2012): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Daten und Fakten zu Biomasse – Die Novelle 2012. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin
- BMEL (2014): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Daten und Fakten zu Biomasse – Die Novelle 2014. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin
- BMU (2011): Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie und ihre Umsetzung in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin
- BSA (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Bundessortenamt, Hannover
- BROSIUS, F. (1998): Boxplots und Fehlerbalken, In: SPSS 8. International Thomson Publishing
- BUTTLAR (2012): Energiepflanzenanbau nach EG-WRRL. Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt (IGLU), Göttingen Link: <http://www.eva-verbund.de/themen/oekologie/nawaro-anbau-nach-eg-wrri.html> (Stand: 27.2.15)
- DESTATIS (2015): Wirtschaftsbereich Energie. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- DLG (2009): DLG-Zertifikat, Nachhaltige Landwirtschaft. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DULLER, CHR. (2007): Einführung in die Statistik mit Excel und SPSS. Physica-Verlag, Heidelberg
- ELSNER, F. (2009): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Universität Osnabrück, Osnabrück
- FNR (2005): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow
- FNR (2010): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow
- FNR (2012): Energiepflanzen für Biogasanlagen, Regionalausgabe Sachsen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow
- FÖRSTER (2013, 2014, 2015): Düngebedarfsermittlung BEFU. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2012): Das Energiefruchtfolgeprojekt EVA II, Versuchsstandort Trossin, Vorläufiger Abschlussbericht (Förderkennzeichen 22013008). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2012 b): Rechnet´s sich´s? Bauernzeitung 36/2012, 54-55.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, Phase 2, Teilprojekt 1 „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime auf D-Süd-Standorten“. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014 b): Hybridroggen-GPS als Biogassubstrat – Ertragsprüfung und Leistungsop-
timierung mittels Bioextrusion. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen

- HENNINGS, H.-H., SCHEFFER, B. (2000): Zum Nitrataustrag ins Grundwasser – Stand der Erkenntnisse. *Wasserwirtschaft* 90, 348-355
- HERRMANN, CH., HEIERMANN, M., IDLER, C. (2009): Silierung von Energiepflanzen, In: Vetter, A., Heiermann, M., Toews, T. (Hrsg.), *Anbausysteme für Energiepflanzen*. DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- HERMANN, CH., HEIERMANN, M., IDLER, C., PLOGSTIES, V. (2013): Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis. Schlussbericht des Teilprojektes 4 (FKZ: 22013308) im Rahmen des Verbundvorhabens „EVA 2“. ATB Potsdam-Bornim
- KORNATZ, P., MÜLLER, J., AURBACHER, J. (2014): Endbericht EVA II, Teilprojekt 3: Ökonomische Begleitforschung. Universität Gießen, Gießen
- KORNATZ, P., MÜLLER, J., AURBACHER, J. (2015): Teilvorhaben 3: Ökonomische Begleitforschung. Zwischenbericht EVA III, Versuchsjahr 2014. Universität Gießen, Gießen
- KOSCHAK, J. (2008): Standardabweichung und Standardfehler. *Z Allg Med* 2008/84, 258-260
- KTBL (2006): *Energiepflanzen*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- KTBL (2013): *Faustzahlen Biogas*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- KTBL (2014): *Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/2015*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- KUHLMANN, J. (2012): *Maisanbau und Wasserschutz*. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg
- LFL (o. J.): *Gewässerschutz: Zehn Jahre Stickstoff-Monitoring*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising Link: www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032228/ (Stand: 28.2.15)
- LFULG (2009): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, Phase 1, Teilprojekt 1 „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime auf D-Süd-Standorten“ (Förderkennzeichen 220-023-05). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig
- LWK NIEDERSACHSEN (o. J.): *Grundwasserschutzorientierter Anbau von Mais und Energiepflanzen (Poster)*. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg
- MUDRA, A., (1958): *Einführung in die Methodik der Feldversuche*. Paul Parey, Berlin und Hamburg
- PAULUS, J., STARK, G. (2008): *Empfehlungen zum Einsatz von Getreide-Ganzpflanzensilage (GPS)*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising
- PLOGSTIES, V., HERRMANN, C., IDLER, C., HEIERMANN, M. (2015): 2. Zwischenbericht des Teilprojektes 4 (FKZ: 22006312) „Ermittlung des Einflusses der Substratqualität und des Silagemanagements auf die Biogasausbeute“ im Rahmen des Verbundvorhabens „Standortangepasste Anbausysteme für die Produktion von Energiepflanzen – EVA 3. ATB, Potsdam-Bornim
- RASCH, D., ENDERLEIN, G., HERRENDÖRFER, G. (1973): *Biometrie*. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- RÖHRICHT, FREYDANK, SCHRÖDER (2008): *Energie vom Sand*. *Bauernzeitung* 25 (2008), S. 26-27
- SAENA (2014): *Erneuerbare Energien in Sachsen*. Sächsische Energieagentur GmbH, Dresden
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde*. Enke-Verlag, Stuttgart
- SCHRIEWER (2015): *Biogas: Vorteile von Biogas*. Schriewer Biogas Consulting, Ombau
- THEIß, M., JÄKEL, K. (2012): *Sorghumhirsen, Ein Beitrag zur Diversifizierung des Energiepflanzenspektrums*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- THEIß, M., JÄKEL, K. (2014): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Bewertung von Sorghumarten und –hybriden als Energiepflanzen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- VDLUFA (1997): *Methodenbuch Band 1 – Die Untersuchung von Böden*. VDLUFA-Verlag, Darmstadt

- VDLUFA (1998): Methodenbuch Band 3 – Futtermitteluntersuchung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VETTER, HEIERMANN, TOEWS, (2009): Anbausysteme für Energiepflanzen, optimierte Fruchtfolgen und effiziente Lösungen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- WIKIPEDIA (2013): Nachhaltigkeit, Link: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit> (Stand: 22.3.15)
- ZALF (2014): EVA II – Endbericht zu Teilprojekt 2: Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg
- ZANDER, D., JÄKEL, K. (2012): Ergebnisse mehrjähriger Sortenversuche Sorghumhirsen. Schriftenreihe, Heft 24/2012, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autor:

Jana Grunewald
Abteilung Pflanzliche Erzeugung / Referat Pflanzenbau
Waldheimer Str. 219
01683 Nossen
Telefon: +49 35242631-7223
Telefax: +49 35242631-7299
E-Mail: jana.grunewald@smul.sachsen.de

Redaktion:

Dr. Kerstin Jäkel
Abteilung Pflanzliche Erzeugung / Referat Pflanzenbau
Waldheimer Str. 219
01683 Nossen
Telefon: +49 35242631-7204
Telefax: +49 35242631-7299
E-Mail: kerstin.jaekel@smul.sachsen.de

Fotos:

Jana Grunewald (LfULG)
Robert Grubitzsch (LfULG)

Redaktionsschluss:

31.10.2015

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter www.eva-verbund.de heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

A I

Anhangstabellen

Tabelle A1a: Anbautechnik der Vorrüchte (Gelbsenf), Haupt- und Zwischenfrüchte beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III am Standort Trossin (AZ 31) im Versuchsjahr 2013. Abkürzungen und Erläuterungen unter der Tabelle.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Vorrüchte		Gelbsenf (abfrierend)	Gelbsenf (abfrierend)				Gelbsenf (abfrierend)	
Sorte (Saatgutvertrieb)		Ascot (Saaten Union)	Ascot (Saaten Union)				Ascot (Saaten Union)	
FF-Stellung/Nutzung		SZF / GD (Mulch)	SZF (GD) / Mulch				SZF / GD (Mulch)	
Bodenbearbeitung vor Aussaat		23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)	23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)				23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)	
Aussaatdatum		18.09.12	18.09.12				18.09.12	
Aussaatverfahren ¹⁾		Drillsaat	Drillsaat				Drillsaat	
Aussaatmenge		320 Kö/m ²	320 Kö/m ²				320 Kö/m ²	
Aufgang [Pflanzen/m²]		26.09.12 (k. B.)	26.09.12 (k. B.)				26.09.12 (k. B.)	
N-Düngemittel + menge [kg/ha]		----	----				----	
Herbizid + -menge [kg/ha]		Keine Herbizidanwendung					Keine Herbizidanw.	
Erntedatum		abfrierend	abfrierend				abfrierend	
Bodenbearbeitung vor Aussaat Nachfrucht		Saatbettbereitung für <i>Sorghum</i> mit Kreiselegge	keine, Mulchsaat Mais				keine, Mulchsaat Mais	

Tabelle A1a: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Winterfrüchte	Wintergerste			Luzernegras *	Wickroggen **			Wickroggen **
Sorte (Saatgutvertrieb)	HIGHLIGHT (DSV)			QA 7 *	Wickroggen Plus ** (DSV Saaten)			Wickroggen Plus ** (DSV Saaten)
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS			HF (1. HNJ) / GPS	HF / GPS			WZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)			23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)	23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)			23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)
Aussaatdatum	18.09.12			27.09.12	18.09.12			18.09.12
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat			Drillsaat	Drillsaat			Drillsaat
Aussaatmenge	320 Kö/m ²			20 kg/ha	320 Kö/m ²			320 Kö/m ²
Aufgang (Pfl/m²)	26.09.12 (k. B.)			12.10.12 (k. B.)	26.09.12 (k. B.)			26.09.12 (k. B.)
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	21			17	10			7
N-Düngung (BBCH) ³⁾	09.04.13, KAS, 90 kg N/ha (23-24)			09.04.12, KAS, 60 kg/ha (EC 21) 28.05.13, KAS, 50 kg/ha (n 1. Schnitt) 29.07.13, KAS, 40 kg/ha (n. 2. Schnitt)	09.04.13, KAS, 50 kg/ha (EC 23-24) 29.04.13, KAS, 40 kg/ha (EC 32)			09.04.13, KAS, 60 kg/ha (EC 23-24) 29.04.13, KAS, 30 kg/ha (EC 32)
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR-einsatz (BBCH)	02.10.12, Fenikan (H), 2,0 l/ha (13)			27.06.13, Karate Zeon (I), 0,075 l/ha (EC 31/32)	----			----
Erntedatum ⁴⁾	23.05.13			Schnitt I: 23.05.13 Schnitt II: 18.07.13 Schnitt III: 19.09.13	01.07.13 ⁵⁾			23.05.13
BBCH Ernte	65			L: 39/51, G:59/61 L: 39/63, G: 59/65 L: 29, G: 65	R: 77, W: 65/81			R: 63, W: 49/51

Tabelle A1a: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Sommerfrüchte	<i>Sorghum b. x s.</i>	<i>Sorghum bicolor</i>	Mais			Mais	Mais	Mais ⁵⁾
Sorte (Saatgutvertrieb)	Lussi (Caussade Saaten)	Herkules (Saaten Union)	Ronaldinio – S240 *** (KWS)			Ronaldinio – S240 *** (KWS)	Ronaldinio – S240 *** (KWS)	Padrino – S230 *** (KWS)
FF-Stellung/Nutzung	SZF / GPS	HF / GPS	HF / GPS			HF / GPS	HF / GPS	ZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	24.05.13 Kreiselegge (2 x) 06.06.13 Saatbett- ber. mit Kreiselegge (2 x)	06.06.13 Saatbett- bereitung mit Kreiselegge (2 x)	nach Abfrieren Gelbsenf / im Frühjahr: ----			23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert 2 x im Frühjahr: ----	nach Abfrieren Gelbsenf / im Frühjahr: ----	24.05.13 Kreiselegge (2 x) 06.06.13 Saatbett- bereitung mit Kreiselegge (2 x)
Aussaatdatum	07.06.13	07.06.13	30.04.13			30.04.13	30.04.13	07.06.13
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat	Drillsaat, Mulchsaat	Einzelkornsaat, Mulchsaat			Einzelkornsaat	Einzelkornsaat, Mulchsaat	Einzelkornsaat
Aussaatmenge, Reihenabstand, Saattiefe	40 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	25 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	9 Kö/m ² - Ablageabstand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm			9 Kö/m ² - Ablageabstand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² - Ablageabstand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² - Ablageabstand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm
Aufgang (Pfl/m ² bzw. lfd. m)	14.06.13	14.06.13	11.05.13			11.05.13	11.05.13	14.06.13
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	----	23	23			13	15	7
N-Düngung (BBCH) ³⁾	24.06.13, KAS, 120 kg N/ha (EC 13)	24.06.13, KAS, 120 kg N/ha (EC 13)	07.05.13, KAS, 120 kg N/ha (vA)			07.05.13, KAS, 120 kg N/ha (vA)	07.05.13, KAS, 105 kg N/ha (vA)	24.06.13, KAS, 120 kg N/ha (EC 13)
Herbizid/Insektizid/ Fungizid-einsatz (BBCH)	27.06.13, Gardo Gold (H), 3,8 l/ha (EC14/15) 12.07.13, Gardo Gold (H) + Certrol B (H), 2,0 + 0,5 l/ha (EC 22/24)	27.06.13, Gardo Gold (H), 3,8 l/ha (EC14/15)	16.05.13, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 11- 12)			16.05.13, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 11-12)	16.05.13, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 11- 12)	27.06.13, Gardo Gold (H), 3,8 l/ha (EC 14/15)
Erntedatum ⁴⁾	03.09.13	02.10.13	03.09.12			03.09.12	03.09.12	03.09.13
BBCH Ernte	77/83	51	83			83	83	75/79

Abkürzungen: FF – Fruchtfolge, GD = Gründüngung, GPS = Ganzpflanzensilage, HF = Hauptfrucht, HNJ = Hauptnutzungsjahr, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, WR = Wachstumsregler, ZF = Zweitfrucht

L = Luzerne, G = Gras, R = Roggen, W = Wicke

k. B. = aufgrund von Personalwechsel keine Bonitur erfolgt, vA = vor Aufgang

1) Aussaatverfahren: Einzelkornsaat mit Hege 76, Drillsaat mit Hege 80 PNI mit Kreiselegge

2) N_{min}-Bodenbeprobung im Frühjahr erfolgte am 2. April 2013 mithilfe des John Deere, der mit Bohrstock (Entnahmerille von 18 cm) und Schlaghammer ausgestattet ist; angegebene Werte beziehen sich auf die Bodentiefe von 0-60 cm

3) KAS = Kalkammonsalpeter, bestehend aus 13,5 % Nitratstickstoff, 13,5 % Ammoniumstickstoff und ca. 22 % Calciumcarbonat

4) Ernte mithilfe des Parzellenhäckslers Hege 212 mit Maisvorsatz (Häcksellänge: 10 mm)

5) Die Sorte Wickroggen Plus enthält als Untersaat zu 15 % Welsches Weidelgras (winterhart), welches nach der Ernte des Wickroggens nicht umgebrochen wurde, sondern zur Kostenminimierung als Winterzwischenfrucht des Zweikultursystems mit Mais (2014) genutzt wird.

* Das Luzernegras-Gemenge wurde nach den Ansprüchen der Sächsischen Qualitätssaatmischung QA7 hergestellt (LFULG 2012): 20 % Knautgras (BSV-Saaten), 15 % Glatthafer (BSV-Saaten) und 65 % Luzerne (Saaten-Union).

** Wickroggen ist ein winterhartes Gemenge aus Winterroggen und Winterwicke. Die Sorte „Wickroggen Plus“ von DSV Saaten enthält noch als Untersaat Welsches Weidelgras (75 % Winterroggen, 10 % Winterwicke, 15 % Welsches Weidelgras).

*** Einteilung der Reifegruppen beim Mais: früh (S200-S220), mittelfrüh (S230-S250) und mittelspät (S260-S290)

Tabelle A1b: Anbautechnik der Winter- und Sommerkulturen der Grundanlage beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III am Standort Trossin (AZ 31) im Versuchsjahr 2014. Abkürzungen und Erläuterungen unter der Tabelle.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Winterfrüchte		Grünroggen	Grünroggen	Luzernegras *	W. Weidelgras ⁵⁾		Grünroggen	Hybridroggen
Sorte (Saatgutvertrieb)		Vitallo (KWS)	Vitallo (KWS)	QA 7 *	Wickroggen Plus ** 5) (DSV Saaten)		Vitallo (KWS)	Palazzo (KWS)
FF-Stellung/Nutzung		WZF / GPS	WZF / GPS	HF (2. HNJ) / GPS	WZF / GPS		WZF / GPS	WZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat		07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (1 x)	07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (1 x)	----	----		07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (1 x)	07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (1 x)
Aussaatdatum		22.10.13	22.10.13	27.09.12	18.09.12		22.10.13	22.10.13
Aussaatverfahren ¹⁾		Drillsaat	Drillsaat	Drillsaat	Drillsaat		Drillsaat	Drillsaat
Aussaatmenge		390 Kö/m ²	390 Kö/m ²	20 kg/ha	320 Kö/m ²		390 Kö/m ²	270 Kö/m ²
Aufgang (Pfl/m²)		30.10.13 (228)	30.10.13 (245)	12.10.12 (k. B.)	26.09.12 (k. B.)		30.10.13 (251)	30.10.13 (209)
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾		8,1	6,9	6,6	8,7		14,9	14,3
N-Düngung (BBCH) ³⁾		07.03.14, Alzon 46, 115 kg/ha (EC 22)	07.03.14, Alzon 46, 115 kg/ha (EC 22)	07.03.14, Alzon 46, 70 kg/ha (EC 23) 27.05.14, Alzon 46, 50 kg/ha (EC 21) 26.06.14, KAS, 60 kg/ha (EC 58) 14.08.14, Alzon 46, 30 kg/ha (EC 63)	07.03.14, Alzon 46, 70 kg/ha (EC 22)		07.03.14, Alzon 46, 86 kg/ha (EC 22)	07.03.14, Alzon 46, 130 kg/ha (EC 22)
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR-einsatz (BBCH)		25.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (vA)	25.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (vA)	----	----		25.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (vA)	25.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (vA) 28.03.14, Arelon fl. (H), 1,38 l/ha (25) 28.03.14, CCC (WR), 1,3 l/ha (25)
Erntedatum ⁴⁾		07.05.14	07.05.14	Schnitt I: 05.05.14 Schnitt II: 23.06.14 Schnitt III: 13.08.14 Schnitt IV: 28.10.14	05.05.14		07.05.14	19.06.14
BBCH Ernte		55	55	I: 51, II: 61, III: 61, IV: 35	39		55	85

Tabelle A1b: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Sommerfrüchte	Mais	Mais	<i>Sorghum b. x s.</i>	lt. Tab. A1 a	Mais	Mais	<i>Sorghum b. x s.</i>	
Sorte (Saatgutvertrieb)	Ronaldinio, S240 *** (KWS)	Padrino, S230 *** (KWS)	Lussi (Caussade Saaten)		Padrino, S230 *** (KWS)	Ronaldinio, S240 *** (KWS)	Lussi (Caussade Saaten)	
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS	ZF / GPS	ZF / GPS		ZF / GPS	HF / GPS	ZF / GPS	
Bodenbearbeitung vor Aussaat	07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (3 x) 03.04.14 Kreiselegge	15.05.14 Kreiselegge	23.05.14 Kreiselegge		15.05.14 Kreiselegge	07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (3 x) 03.04.14 Kreiselegge	23.05.14 Kreiselegge	
Aussaatdatum	16.04.14	16.05.14	23.05.14		16.05.14	16.04.14	23.05.14	
Aussaatverfahren ¹⁾	Einzelkornsaat	Einzelkorn-, Mulchsaat	Drill-, Mulchsaat		Einzelkorn-, Mulchsaat	Einzelkornsaat	Drill-, Mulchsaat	
Aussaatmenge, Reihenabstand, Saattiefe	9 Kö/m ² , Ablage: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² , Ablage: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	40 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm		9 Kö/m ² , Ablage: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² , Ablage: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	40 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	
Aufgang (Pfl/m ² bzw. lfd. m)	30.04.14 (8-9)	25.05.14 (9)	05.06.14 (29)		25.05.14 (9)	30.04.14 (8-9)	05.06.14 (28)	
N_{min} [kg/ha] ²⁾	27,1	37,0 (10) ²⁾	41,9 (10) ²⁾		8,6 (10) ²⁾	18,1	13,5	
N-Düngung (BBCH) ³⁾	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 122 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (12)	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (vA)		27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 122 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (12)	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 85 kg N/ha + 13 kg N/ha Unterfuß (vA) ²⁾	
Herbizid/Insektizid/ Fungizideinsatz (BBCH)	05.05.14, Successor (H), 4,0 l/ha (12)	08.05.14, Clinic (TH), 3,0 l/ha (vS) 02.06.14, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha (EC 12-13) 02.06.14, Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 12-13)	08.05.14, Clinic (TH), 3,0 l/ha (vS) 12.06.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 13-21)		02.06.14, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha (EC 12-13) 02.06.14, Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 12-13)	05.05.14, Successor (H), 4,0 l/ha (12))	08.05.14, Clinic (TH), 3,0 l/ha (vS) 12.06.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 13-21)	
Erntedatum ⁴⁾	17.09.14	17.09.14	17.09.14		17.09.14	17.09.14	17.09.14	
BBCH Ernte	87	85	83		85	87	83	

Tabelle A1b: Anbautechnik der Vorfrüchte (Gelbsenf), sowie der Winter- und Sommerkulturen der Spiegelanlage beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III am Standort Trossin (AZ 31) im Anbaujahr 2014. Abkürzungen und Erläuterungen unter der Tabelle.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Vorfrüchte		Gelbsenf (abfrierend)	Gelbsenf (abfrierend)				Gelbsenf (abfrierend)	
Sorte (Saatgutvertrieb)		Ascot (Saaten Union)	Ascot (Saaten Union)				Ascot (Saaten Union)	
FF-Stellung/Nutzung		SZF / GD (Mulch)	SZF (GD) / Mulch				SZF / GD (Mulch)	
Bodenbearbeitung vor Aussaat		19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)	19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)				19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)	
Aussaatdatum		26.08.13	26.08.13				26.08.13	
Aussaatverfahren ¹⁾		Drillsaat	Drillsaat				Drillsaat	
Aussaatmenge		320 Kö/m ²	320 Kö/m ²				320 Kö/m ²	
Aufgang [Pflanzen/m²]		02.09.13 (206)	02.09.13 (185)				02.09.13 (158)	
N-Düngemittel + menge [kg/ha]	-	----	----				----	
Herbizid + -menge [kg/ha]		Keine Herbizidanwendung					Keine Herbizidanw.	
Erntedatum		abfrierend	abfrierend				abfrierend	

Tabelle A1b: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Winterfrüchte	Wintergerste			Luzernegras *	Wickroggen + WW ⁵⁾			Wickroggen **
Sorte (Saatgutvertrieb)	HIGHLIGHT (DSV)			QA 7 *	Wickroggen Plus ** (DSV Saaten)			Wickroggen Plus ** (DSV Saaten)
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS			HF (1. HNJ) / GPS	HF (+ Zwf) / GPS			WZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)			19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)	19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)			19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)
Aussaatdatum	19.09.13			26.08.13	19.09.13			19.09.13
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat			Drillsaat	Drillsaat			Drillsaat
Aussaatmenge	330 Kö/m ²			20 kg/ha	330 Kö/m ²			330 Kö/m ²
Aufgang (Pfl/m²)	27.09.13 (303)			02.09.13 (k. B.)	28.09.14 (k. B.)			28.09.13 (k. B.)
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	57,1			11,1	9,0			9,6
N-Düngung (BBCH) ³⁾	07.03.14, Alzon 46, 70 kg N/ha (EC 23)			07.03.14, Alzon 46, 70 kg/ha (EC 22) 27.05.14, Alzon 46, 50 kg/ha (EC 22) 26.06.14, KAS, 50 kg/ha (EC 58) 14.08.14, Alzon 46, 30 kg/ha (EC 61)	07.03.14, Alzon 46, 90 kg N/ha (EC 22) 26.06.14, KAS, 60 kg N/ha (EC WW: 20) nach 1. Schnitt WW: 14.08.14, Alzon 46, 30 kg N/ha (EC 20)			07.03.14, Alzon 46, 90 kg N/ha (EC 22)
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR-einsatz (BBCH)	01.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 11/12)			----	----			----
Erntedatum ⁴⁾	20.05.14			Schnitt I: 05.05.14 Schnitt II: 23.06.14 Schnitt III: 13.08.14 Schnitt IV: 28.10.14	WickRo: 19.06.14 ⁵⁾ WW I: 13.08.14 WW II: 28.10.14			07.05.14
BBCH Ernte	69			I: 51, II: 61, III: 61, IV: 35	WickRo: 85, WW I: 61, WW II: 32			85

Tabelle A1b: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Sommerfrüchte	<i>Sorghum b. x s.</i>	<i>Sorghum bicolor</i>	Mais	lt. Tab. A1 b		Mais	Mais	Mais
Sorte (Saatgutvertrieb)	Lussi (Caussade Saaten)	Herkules (Saaten Union)	Ronaldinio, S240 *** (KWS)			Ronaldinio, S240 *** (KWS)	Ronaldinio, S240 *** (KWS)	Padrino, S230 *** (KWS)
FF-Stellung/Nutzung	SZF / GPS	HF / GPS	HF / GPS			HF / GPS	HF / GPS	ZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	21.05.14 Kreiselegge	24.03.14 gepflügt 28.03.14 gegrubbert (2 x) 15.05.14 Kreiselegge	24.03.14 gepflügt 28.03.14 gegrubbert (2 x) 15.04. gegrubbert (2 x)			24.03.14 gepflügt 28.03.14 gegrubbert (2 x) 15.04. gegrubbert (2 x)	24.03.14 gepflügt 28.03.14 gegrubbert (2 x) 15.04. gegrubbert (2 x)	15.05.14 Kreiselegge
Aussaatdatum	23.05.14	15.05.14	16.04.14			16.04.14	16.04.14	16.05.14
Aussaatverfahren ¹⁾	Drill-, Mulchsaat	Drillsaat	Einzelkornsaat			Einzelkornsaat	Einzelkornsaat, Mulchsaat	Einzelkorn-, Mulchsaat
Aussaatmenge, Reihenabstand, Saattiefe	40 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	27 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	9 Kö/m ² - Ablageabstand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm			9 Kö/m ² - Ablageabstand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² - Ablageabstand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² - Ablageabstand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm
Aufgang (Pfl/m² bzw. lfd. m)	05.06.14 (28)	25.05.14 (26)	30.04.14 (8)			30.04.14 (8-9)	30.04.14 (8)	25.05.14 (9)
N_{min} [kg/ha] ²⁾	21,2 (10) ²⁾	27,0	21,2			13,7	20,3	8,6 (10) ²⁾
N-Düngung (BBCH) ³⁾	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (vA)	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 102 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)			30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 122 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 84 kg N/ha + 13,5 kg N/ha Unterfuß (11)	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 122 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)
Herbizid/Insektizid/ Fungizideinsatz (BBCH)	12.06.14, Gardo Gold, 4,0 l/ha (EC 13/21)	02.06.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 13)	05.05.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (12)			05.05.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (12)	05.05.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (12)	08.05.14, Clinic (TH), 3,0 l/ha (vS) 02.06.14, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha (EC 13/14) 02.06.14, Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 13/14)
Erntedatum ⁴⁾	14.10.14	14.10.14	17.09.14			17.09.14	17.09.14	17.09.14
BBCH Ernte	85	65	87			87	87	85

Abkürzungen: FF = Fruchtfolge, GD = Gründüngung, GPS = Ganzpflanzensilage, HF = Hauptfrucht, HNJ = Hauptnutzungsjahr, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, WR = Wachstumsregler, ZF = Zweitfrucht, ZwF = Zwischenfrucht

WW = Welsches Weidelgras

k. B. = aufgrund einer Mischung keine Bonitur erfolgt, vA = vor Aufgang, vS = vor der Saat

1) Aussaatverfahren: Einzelkornsaat mit Hege 76, Drillsaat mit Hege 80 PNI mit Kreiselegge

2) N_{min}-Bodenbeprobung im Frühjahr erfolgte am 25.02.2014 für die Winterkulturen bzw. am 01.04.2014 für *Sorghum* und Mais in Hauptfruchtstellung mithilfe des John Deere, der mit Bohrstock (Entnahmerille von 18 cm) und Schlaghammer ausgestattet ist; bei Zweitfrüchten wurde ein N_{min}-Wert von 10 kg N/ha angerechnet, da Nachernte-Laborwerte der WZF bei der Aussaat noch nicht vorlagen; angegebene Werte beziehen sich auf die Bodentiefe von 0-60 cm
N-Düngung – 25% bezieht sich auf ermittelte N-Düngermenge in FF 3 (= standortangepasste N-Düngung)

3) KAS = Kalkammonsalpeter, bestehend aus 13,5 % Nitratstickstoff, 13,5 % Ammoniumstickstoff und ca. 22 % Calciumcarbonat

Alzon 46 = stabilisierter Harnstoff 46, ein N-Dünger aus 46 % Gesamtstickstoff als Carbamidstickstoff mit einem Nitrifikationshemmergemisch (Dicyandiamid und 1H-1,2,4 Triazol)

4) Ernte mithilfe des Parzellenhäckslers Hege 212 mit Maisvorsatz (Häcksellänge: 10 mm), Gräser und –gemenge wurden mit dem Frontmäher geschnitten

5) Die Sorte Wickroggen Plus enthält als Untersaat zu 15 % Welsches Weidelgras (winterhart), welches nach der Ernte des Wickroggens nicht umgebrochen wurde, sondern zur Kostenminimierung als Winterzwischenfrucht des Zweikultursystems mit Mais (2015) genutzt wird.

* Das Luzernegras-Gemenge wurde nach den Ansprüchen der Sächsischen Qualitätssaatmischung QA7 hergestellt (LFULG 2013): 20 % Knautgras (BSV-Saaten), 15 % Glatthafer (BSV-Saaten) und 65 % Luzerne (Saaten-Union).

** Wickroggen ist ein winterhartes Gemenge aus Winterroggen und Winterwicke. Die Sorte „Wickroggen Plus“ von DSV Saaten enthält noch als Untersaat Welsches Weidelgras (75 % Winterroggen, 10 % Winterwicke, 15 % Welsches Weidelgras).

*** Einteilung der Reifegruppen beim Mais: früh (S200-S220), mittelfrüh (S230-S250) und mittelspät (S260-S290)

Tabelle A1c: Anbautechnik der Winter- und Sommerkulturen der Grundanlage beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III am Standort Trossin (AZ 31) im Anbaujahr 2015. Abkürzungen und Erläuterungen unter der Tabelle.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Winterfrüchte	Wintertriticale	Wintertriticale	Wintertriticale	Luzernegras *			Wintertriticale	Blühmischung
Sorte (Saatgutvertrieb)	Cosinus (KWS)	Cosinus (KWS)	Cosinus (KWS)	QA 7 *			Cosinus (KWS)	BG 90 (Saaten-Zeller)
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS	HF / Korn	HF / GPS	WZF (3. HNJ) / GPS			HF / GPS	HF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiselegge	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiselegge	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiselegge				22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiselegge	19.06.14 Kreiselegge
Aussaatdatum	25.09.14 / 06.11.14	25.09.14	25.09.14 / 06.11.14				25.09.14 / 06.11.14	23.06.15
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat / Nachsaat	Drillsaat	Drillsaat / Nachsaat				Drillsaat / Nachsaat	Drillsaat
Aussaatmenge	350 Kö/m ² /235 Kö/m ²	350 Kö/m ²	350 Kö/m ² /235 Kö/m ²				350 Kö/m ² /235 Kö/m ²	11 kg/ha
Aufgang	02.10.14	02.10.15	02.10.14				02.10.14	21.07.14
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	11,8	15,5	10,9	8,0			(6)	5
N-Düngung (BBCH) ³⁾	25.03.15, Piamon33S, 90 kg/ha	06.11.14, KAS, 50 kg/ha (EC 22/23) 25.03.15, Piamon33S, 120 kg/ha	19.03.15, Piamon33S, 50 kg/ha 09.04.15, Piamon33S, 27 kg/ha (EC 30) 12.05.15, Piamon33S, 18 kg/ha (EC 55)				25.03.15, Piamon33S, 67,5 kg/ha	25.03.15, Piamon33S, 95 kg/ha
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR-einsatz (BBCH)	09.10.14, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 12/13)			----			09.10.14, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 12/13)	-
Erntedatum ⁴⁾	17.06.15	05.08.15	17.06.15	21.05.15			17.06.15	17.09.15
BBCH Ernte	75	99	75	61			75	85

Tabelle A1c: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Sommerfrüchte	<i>Phacelia</i>		Einj. Weidelgras	Mais	Biogaserübe	Mais	Einj. Weidelgras	Blühmischung
Sorte (Saatgutvertrieb)			Liquattro (DSV)	Padrino, S230 (KWS) **	Ribambelle (Gehalts- Futterrübe, Saaten-Union)	Grosso, S250 (KWS) **	Liquattro (DSV)	BG 90 (Saaten-Zeller)
FF-Stellung/Nutzung	SZF / GD		SZF / GPS	ZF / GPS	HF / GPS (Kö)	HF / GPS	SZF / GPS	HF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	25.06.15 2 x Kreidelegge		25.06.15 2 x Kreidelegge	21.05. / 26.05.15 gescheibt, gekreiselt	03.03. / 20.03.15 gescheibt, gepflügt	27.04.15, gescheibt, gekreiselt	25.06.15 2 x Kreidelegge	19.06.14, Kreiselegge
Aussaatdatum	01.07.15		01.07.15	27.05.15	07.04.15	29.04.15	01.07.15	23.06.15
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat		Drillsaat	Einzelkornsaat	Einzelkornsaat	Einzelkorns.	Drillsaat	Drillsaat
Aussaatmenge	15 kg/ha		50 kg/ha	9 Pfl. / m ²	17 / 45 cm	9 Pfl. / m ²	50 kg/ha	11 kg/ha
Aufgang	15.07.15		09.07.15	26.06.15	20.04.15	10.05.15	09.07.15	21.07.14
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	29,4		41,1	22,2	14	11	(41,1)	5
N-Düngung (BBCH) ₃₎	25.03.15, Piamon33S, 90 kg/ha		23.07.15, Piamon33S, 100 kg/ha	05.06.15, Piamon33S, 100 kg/ha (vA)	15.04.15, Piamon33S, 100 kg/ha	07.05.15, Piamon33S, 120 kg/ha (vA)	05.06.15, Piamon33S, 75 kg/ha (vA)	25.03.15, Piamon33S, 95 kg/ha
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR-einsatz (BBCH)	----		----	17.06.15, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (vA) + Maister Power, 1,5 l/ha (vA) 01.07.15, Maister Power (H), 1,5 l/ha (EC 13) 07.07.15 Trichogramma- Ausbringung (I)	09.04.15, Goltix Gold (H), 2,0 l/ha + Rebell (H), 1,5 l/ha 06.05.15, Goltix Gold (H), 2,0 l/ha + Rebell (H), 1,0 l/ha + Betanal Expert (H), 1,5 l/ha + Fusilade Max (H), 1,0 l/ha (EC 12-14) 19.05.15, Goltix Gold (H), 2,0 l/ha + Fusilade Max (H), 1,0 l/ha + Betanal Expert (H), 1,25 l/ha (EC 14/15) 09.06.15, Goltix Gold, 2,0 l/ha + Rebell, 1,0 l/ha + Betanal Expert, 1,5 l/ha + Fusilade Max, 1,0 l/ha (EC 19) 17.06.15, Karate Zeon (I), 0,075 l/ha (EC 19) 09.07.15, Jewel (F), 1,0 l/ha (EC 39)	06.05.15, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (vA) + Spectrum (H), 0,75 l/ha (vA) 24.06.15 1. Trichogramma- Ausbringung 07.07.15 2. Trichogramma- Ausbringung	----	-
Erntedatum ⁴⁾	----		15.09.15		13.10.15	17.09.15	15.09.15	17.09.15
BBCH Ernte	----		61		49	83	61	85

Tabelle A1c: Anbautechnik der Winter- und Sommerkulturen der Spiegelanlage beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III am Standort Trossin (AZ 31) im Anbaujahr 2015. Abkürzungen und Erläuterungen unter der Tabelle.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Winterfrüchte		Grünroggen	Grünroggen	Luzernegras *	W. Weidelgras ⁵⁾		Grünroggen	Hybridroggen
Sorte (Saatgutvertrieb)		Protector (Saaten-Union)	Vitallo (KWS)	QA 7 *	Untersaat ⁵⁾		Vitallo (KWS)	Progas (KWS)
FF-Stellung/Nutzung		WZF / GPS	WZF / GPS	HF (2. HNJ) / GPS	WZF / GPS		WZF / GPS	HF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat		15.10.14 gescheibt, Kreiselegge	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiselegge				22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiselegge	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiselegge
Aussaatdatum		20.10.14	25.09.15				25.09.15	25.09.14
Aussaatverfahren ¹⁾		Drillsaat	Drillsaat				Drillsaat	Drillsaat
Aussaatmenge		420 Kö/m ²	400 Kö/m ²				400 Kö/m ²	260 Kö/m ²
Aufgang		28.10.15	02.10.14				02.10.14	02.10.14
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾		7,5	0,3	2,9	2,7		(1,4)	1,2
N-Düngung (BBCH) ³⁾		25.03.15, Piamon33S, 90 kg/ha	19.03.15, Piamon33S, 50 kg/ha 25.03.15, Piamon33S, 50 kg/ha	25.03.15, Piamon33S, 65 kg/ha 05.06.15, Piamon33S, 65 kg/ha 02.09.15, Piamon33S, 50 kg/ha	25.03.15, Piamon33S, 85 kg/ha		25.03.15, Piamon33S, 75 kg/ha	25.03.15, Piamon33S, 115 kg/ha
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR-einsatz (BBCH)		05.11.14, Fenikan (H), 2,5 l/ha EC11)	09.10.14, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 12/13)	----	----		09.10.14, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 12/13)	-
Erntedatum ⁴⁾		19.05.15	19.05.15	Schnitt I: 21.05.15 Schnitt II: 31.08.15	21.05.15		19.05.15	17.06.15
BBCH Ernte		61	61	Schnitt I: 61 Schnitt II: 31	61		61	75

Tabelle A1c: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Sommerfrüchte	Mais	Mais	<i>Sorghum b. x s.</i>	Luzernegras *	Mais	Mais	<i>Sorghum b. x s.</i>	
Sorte (Saatgutvertrieb)	Agro Vitallo, S270 (AgroMais) **	Claudio, S240 (AgroMais) **	Lussi (Caussade Saaten)	QA 7 *	Padrino, S230 (KWS) **	Grosso, S250 (KWS) **	Lussi (Caussade Saaten)	
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS	ZF / GPS	ZF / GPS	HF (2. HNJ) / GPS	ZF / GPS	HF / GPS	ZF / GPS	
Bodenbearbeitung vor Aussaat	27.04.14 gegrubbert, Kreiselegge	20./21./26.05.15 2 x gescheibt, Kreiselegge	20./21./26.05.15 2 x gescheibt, Kreiselegge		21./26.05.15 gescheibt, Kreiselegge	27.04.14 gegrubbert, Kreiselegge	20./21./26.05.15 2 x gescheibt, Kreiselegge	
Aussaatdatum	29.04.15	27.05.15	27.05.15		27.05.15	29.04.15	27.05.15	
Aussaatverfahren ¹⁾	Einzelkornsaat	Einzelkornsaat	Drillsaat		Einzelkornsaat	Einzelkornsaat	Drillsaat	
Aussaatmenge	9 Pfl. / m ²	9 Pfl. / m ²	27 Kö/m ²		9 Pfl./m ²	9 Pfl. / m ²	27 Kö/m ²	
Aufgang	10.05.15	20.06.15	01.07.15		26.06.15	10.05.15	01.07.15	
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	11	13,7	13,7	2,9	15,3	7,3	(1,4)	
N-Düngung (BBCH) ₃₎	07.05.15, Piamon33S, 120 kg/ha (vA)	05.06.15, Piamon33S, 100 kg/ha (vA)	05.06.15, Piamon33S, 100 kg/ha (vA)	25.03.15, Piamon33S, 65 kg/ha 05.06.15, Piamon33S, 65 kg/ha 02.09.15, Piamon33S, 50 kg/ha	05.06.15, Piamon33S, 100 kg/ha (vA)	07.05.15, Piamon33S, 125 kg/ha (vA)	05.06.15, Piamon33S, 75 kg/ha (vA)	
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR-einsatz (BBCH)	06.05.15, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha + Spectrum (H), 0,75 l/ha (vA) <u>biologisch:</u> 24.06.15 1. Trichogramma- Ausbringung 07.07.15 2. Trichogramma- Ausbringung	01.07.15, Maister Power (H), 1,5 l/ha + Kelvin (H), 1,0 l/ha + (EC 13) <u>biologisch:</u> 07.07.15 Trichogramma- Ausbringung	08.07.15, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha + Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 13)	----	01.07.15, Maister Power (H), 1,5 l/ha + Kelvin (H), 1,0 l/ha (13) 08.07.15, Maister Power (H), 1,5 l/ha + Kelvin (H), 1,0 l/ha (14) <u>biologisch:</u> 07.07.15 Trichogramma- Ausbringung	06.05.15, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha + Spectrum (H), 0,75 l/ha (vA) <u>biologisch:</u> 24.06.15 1. Trichogramma- Ausbringung 07.07.15 2. Trichogramma- Ausbringung	08.07.15, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha + Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 13)	
Erntedatum ⁴⁾	17.09.15			Schnitt I: 21.05.15 Schnitt II: 31.08.15		17.09.15		
BBCH Ernte	83			Schnitt I: 61 Schnitt II: 31		83		

Abkürzungen: FF = Fruchtfolge, GD = Gründüngung, GPS = Ganzpflanzensilage, HF = Hauptfrucht, HNJ = Hauptnutzungsjahr, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, Kö = Rübenkörper
vA = vor Aufgang

- 1) Aussaatverfahren: Einzelkornsaat mit Hege 76 (Abstand der Ablage / Reihenabstand, in cm), Drillsaat mit Hege 80 PNI mit Kreiselegge
 - 2) N_{min}-Bodenbeprobung im Frühjahr erfolgte am 16./17.03.2015 für die Winterkulturen bzw. am 19.05.2015 für *Sorghum* und Mais in Zweitfruchtstellung mithilfe des John Deere, der mit Bohrstock (Entnahmerille von 18 cm) und Schlaghammer ausgestattet ist; angegebene Werte beziehen sich auf die Bodentiefe von 0-60 cm
N-Düngung – 25% bezieht sich auf ermittelte N-Düngermenge in FF 3 (= standortangepasste N-Düngung)
 - 3) Piamon 33 S = kombinierter Stickstoffdünger mit Schwefel, Ammoniumsulfat-Harnstoff aus 33 % Gesamt-Stickstoff und 12 % wasserlöslichem Schwefel
 - 4) Ernte mithilfe des Parzellenhäckslers Hege 212 mit Maisvorsatz (Häcksellänge: 10 mm), Gräser und –gemenge wurden mit dem Frontmäher geschnitten
 - 5) Die Sorte Wickroggen Plus enthält als Untersaat zu 15 % Welsches Weidelgras (winterhart), welches nach der Ernte des Wickroggens nicht umgebrochen wurde, sondern zur Kostenminimierung als Winterzwischenfrucht des Zweikultursystems mit Mais genutzt wurde.
- * Das Luzernegras-Gemenge wurde nach den Ansprüchen der Sächsischen Qualitätssaatmischung QA7 hergestellt: 20 % Knaulgras (BSV-Saaten), 15 % Glatthafer (BSV-Saaten) und 65 % Luzerne (Saaten-Union).
- ** Einteilung der Reifegruppen beim Mais: früh (S200-S220), mittelfrüh (S230-S250) und mittelspät (S260-S290)

Tabelle A2a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind rot markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Frischmasse-Ertrag [dt/ha]				Luzernegras I (BBCH 39/51, HF) A: 65 B: 52 C: 68 D: 59 PG: 61 Stabw: 7,0					
	WiGerste (BBCH 65, HF) A: 221 B: 187 C: 176 D: 195 PG: 195 Stabw: 19,4	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 108 B: 112 C: 106 D: 121 PG: 112 Stabw: 6,7	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 127 B: 86 C: 120 D: 149 PG: 121 Stabw: 26	Luzernegras II (BBCH 39/63, HF) A: 64 B: 44 C: 61 D: 58 PG: 57 Stabw: 8,8	Wickroggen (BBCH 77 [Ro]/65-79 [Wicke], HF) A: 359 B: 290 C: 306 D: 297 PG: 313 Stabw: 31,5	Mais (BBCH 83, HF) A: 317 B: 219 C: 237 D: 254 PG: 257 Stabw: 42,6	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 124 B: 110 C: 109 D: 98 PG: 110 Stabw: 10,6	Wickroggen (BBCH 63 [Ro]/49-51 [Wicke], WZF) A: 306 B: 294 C: 303 D: 315 PG: 304 Stabw: 8,6	
	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, SZF) A: 277 B: 180 C: 254 D: 234 PG: 236 Stabw: 41,5	Sorghum bicolor (BBCH 51, HF) A: 668 B: 500 C: 485 D: 595 PG: 562 Stabw: 85,7	Mais (BBCH 83, HF) A: 306 B: 285 C: 282 D: 330 PG: 301 Stabw: 22,3	Luzernegras III (BBCH 29/65, HF) A: 56 B: 34 C: 56 D: 39 PG: 46 Stabw: 11,1			Mais (BBCH 83, HF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 265 B: 208 C: 230 D: 306 PG: 252 Stabw: 42,7	Mais (BBCH 75/79 , ZF) A: 292 B: 223 C: 294 D: 377 PG: 297 Stabw: 63,3	

Tabelle A2a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot markiert**. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngung. * = Standardausgleich.

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Frischmasse- Ertrag [dt/ha]	Wintertriticale (BBCH 77, HF) A: 273 B: 259 C: 293 D: 273 <u>PG: 275</u> Stabw: 13,7	Wintertriticale (BBCH 77, HF) A: 237 B: 230 C: 242 D: 273 <u>PG: 246</u> Stabw: 19,1	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 63 B: 67 C: 72 D: 78 <u>PG: 70</u> Stabw: 6,4	Wintertriticale (BBCH 77, HF) A: 265 B: 273 C: 301 D: 303 <u>PG: 285</u> Stabw: 19,2	Mais (BBCH 83, HF) A: 377 B: 337 C: 344 D: 356 <u>PG: 353</u> Stabw: 17,7	Mais (BBCH 83, HF) A: 344 B: 345 C: 314 D: 300 <u>PG: 326</u> Stabw: 22,5	Mais (BBCH 83, HF) A: 368 B: 327 C: 276 D: 291 <u>PG: 315</u> Stabw: 41,1	Grünroggen (BBCH 63, WZF) A: 320 B: 299 C: 299 D: 298 <u>PG: 304</u> Stabw: 10,6	Grünroggen (BBCH 63, WZF) A: 310 B: 316 C: 325 D: 324 <u>PG: 319</u> Stabw: 7,3
		Phacelia (BBCH 65, SZF/GD) A: 88 B: 96 C: 87 D: 86 <u>PG: 89</u> Stabw: 4,3	Phacelia (BBCH 65, SZF/GD) A: 187 B: 145 C: 115 D: 116 <u>PG: 141</u> Stabw: 33,7	Einj. Weidelgras (BBCH 25, SZF) A: 30 B: 19 C: 12 D: 9 <u>PG: 17</u> Stabw: 9,2				Mais (BBCH 79, ZF) A: 376 B: 343 C: 314 D: 292 <u>PG: 331</u> Stabw: 36,3	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, ZF) A: 406 B: 374 C: 355 D: 353 <u>PG: 372</u> Stabw: 24,4

Tabelle A2b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind rot markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Frischmasse-Ertrag [dt/ha]				Luzernegras I (BBCH 51, HF) A: 234 B: 212 C: 276 D: 234 PG: 239 Stabw: 26,7			Grünroggen (BBCH 55, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 242 B: 200 C: 209 D: 227 PG: 219 Stabw: 18,8	
		Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 283 B: 235 C: 225 D: 275 PG: 254 Stabw: 28,7	Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 258 B: 260 C: 255 D: 309 PG: 270 Stabw: 25,5	Luzernegras II (BBCH 61, HF) A: 140 B: 105 C: 128 D: 128 PG: 125 Stabw: 14,6	W. Weidelgras (BBCH 51, WZF) A: 127 B: 139 C: 163 D: 126 PG: 139 Stabw: 17,4		Mais (BBCH 87, HF) A: 401 B: 426 C: 318 D: 484 PG: 407 Stabw: 68,9	Hybridroggen (BBCH 85, HF) A: 249 B: 198 C: 227 D: 219 PG: 223 Stabw: 21,3
		Mais (BBCH 87, HF) A: 378 B: 460 C: 428 D: 457 PG: 431 Stabw: 38,1	Mais (BBCH 85, ZF) A: 586 B: 487 C: 516 D: 552 PG: 535 STabw: 42,8	Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 537 B: 547 C: 513 D: 528 PG: 531 Stabw: 14,2	Luzernegras III (BBCH 61, HF) A: 155 B: 136 C: 156 D: 132 PG: 145 Stabw: 12,3	Mais (BBCH 85, ZF) A: 504 B: 509 C: 537 D: 530 PG: 520 Stabw: 16,2		Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 528 B: 388 C: 491 D: 526 PG: 483 Stabw: 65,7
				Luzernegras IV (BBCH 35, HF) A: 50 B: 63 C: 76 D: 80 PG: 67 Stabw: 13,6				

Tabelle A2b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgeversuch (Spiegelanlage 6) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind rot markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Frischmasse-Ertrag [dt/ha]				Luzernegras I (BBCH 51, HF) A: 217 B: 208 C: 278 D: 198 PG: 225 Stabw: 36,0	Wickroggen (BBCH 85, HF) A: 219 B: 211 C: 216 D: 312				
	Wintergerste (BBCH 69, HF) A: 198 B: 200 C: 236 D: 229 PG: 216 Stabw: 19,5			Luzernegras II (BBCH 61, HF) A: 70 B: 72 C: 125 D: 67 PG: 84 Stabw: 27,8	W. Weidelgras I (BBCH 61, SZF) A: 63 B: 70 C: 72 D: 133 PG: 85 Stabw: 32,7		Wickroggen (BBCH 55, WZF) A: 307 B: 316 C: 305 D: 311 PG: 310 Stabw: 5,0		
		Sorghum bicolor (BBCH 65, HF) A: 811 B: 794 C: 801 D: 830 PG: 809 Stabw: 15,6	Mais (BBCH 87, HF) A: 564 B: 517 C: 531 D: 595 PG: 552 Stabw: 34,8		Luzernegras III (BBCH 61, HF) A: 117 B: 137 C: 128 D: 128 PG: 127 Stabw: 8,2		Mais (BBCH 87, HF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 494 B: 409 C: 492 D: 525 PG: 480 Stabw: 49,7		Mais (BBCH 85, ZF) A: 609 B: 591 C: 562 D: 598 PG: 590 Stabw: 19,8
		Sorghum b. x s. (BBCH 85, SZF) A: 464 B: 408 C: 450 D: 432 PG: 439 Stabw: 24,3		Luzernegras IV (BBCH 35, HF) A: 96 B: 125 C: 111 D: 106 PG: 110 Stabw: 12,2	W. Weidelgras II (BBCH 32, SZF) A: 78 B: 90 C: 61 D: 104 PG: 83 Stabw: 18,4				

Tabelle A2b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot markiert**. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, GD = Gründüngung. * = Standardausgleich.

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
						Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)		Wintertriticale (BBCH 83, HF)
						A: 339	A: 277		A: 267
						B: 320	B: 227		B: 280
						C: 226	C: 198	Wintertriticale – Marktfrucht	C: 207
						D: 300	D: 185	(Korn)	D: 231
						PG: 296	PG: 222	(BBCH 99, HF)	PG: 246
						Stabw: 49,7	Stabw: 40,7		Stabw: 33,3
								A: 72	
						Phacelia	Phacelia	B: 74	Einj.
						(BBCH 69, SZF/GD)	(BBCH 69, SZF/GD)	C: 64	Weidelgras
						A: 327	A: 361	D: 65	(BBCH 69, SZF)
						B: 272	B: 358	PG: 69	A: 110
						C: 315	C: 347	Stabw: 5,1	B: 143
						D: 293	D: 336		C: 108
						PG: 302			D: 135
						Stabw: 24,2	PG: 350		PG: 124
							Stabw: 11,6		Stabw: 17,4
Frischmasse- Ertrag [dt/ha]	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 83 B: 92 C: 94 D: 78 PG: 87 Stabw: 7,5	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 57 B: 75 C: 74 D: 61 PG: 67 Stabw: 9,1	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 67 B: 69 C: 72 D: 75 PG: 71 Stabw: 3,5	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 65 B: 82 C: 82 D: 73 PG: 76 Stabw: 8,2	Mais (BBCH 87, HF) A: 560 B: 545 C: 521 D: 542 PG: 542 Stabw: 15,7				

Tabelle A2c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind rot markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngungspflanze.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Frischmasse-Ertrag [dt/ha]	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 155 B: 137 C: 135 D: 134 PG: 140 Stabw: 9,9	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 54 B: 55 C: 55 D: 58 PG: 53 Stabw: 1,8	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 159 B: 144 C: 150 D: 150 PG: 151 Stabw: 6,2	Luzernegras (BBCH 61, WZF) A: 198 B: 234 C: 292 D: 282 PG: 249 Stabw: 45,2	Biogaserübe geköpft Rübenkörper (BBCH 49, HF) A: 974 B: 805 C: 760 D: 978 PG: 879 Stabw: 113,2	Biogaserübe entblättert Rübenkörper (BBCH 49, HF) A: 1081 B: 895 C: 804 D: 1052 PG: 958 Stabw: 131,2	Mais (BBCH 83, HF) A: 289 B: 274 C: 315 D: 303 PG: 295 Stabw: 17,6	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 155 B: 141 C: 132 D: 154 PG: 146 Stabw: 11,1	Blümmischung (BBCH 85, WZF) A: 84 B: 97 C: 87 D: 114 PG: 96 Stabw: 13,6
		Phacelia (BBCH 61, SZF/GD) A: 134 B: 133 C: 147 D: 172 PG: 146 Stabw: 18,2		Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 136 B: 172 C: 127 D: 156 PG: 148 Stabw: 20,0	Mais (BBCH , ZF)	Biogaserübe Rübenblätter (BBCH 49, HF) A: 378 B: 266 C: 270 D: 336 PG: 313 Stabw: 54,2		Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 97 B: 116 C: 116 D: 116 PG: 111 Stabw: 9,6	

Tabelle A2c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Spiegelanlage 6) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind rot markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Frischmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>				Luzernegras I (BBCH 61, HF) A: 179 B: 142 C: 216 D: 142 PG: 170 Stabw: 35,7	W. Weidelgras (BBCH 61, WZF) A: 193 B: 180 C: 167 D: 301 PG: 210 Stabw: 61,3	Mais (BBCH 83, HF) A: 281 B: 281 C: 248 D: 241 PG: 263 Stabw: 21,2	Grünroggen (BBCH 61, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 235 B: 200 C: 219 D: 193 PG: 212 Stabw: 18,7	Hybridroggen (BBCH 75, HF) A: 242 B: 205 C: 183 D: 219 PG: 212 Stabw: 24,9	
		Mais (BBCH 83, HF) A: 327 B: 301 C: 294 D: 280 PG: 301 Stabw: 19,7	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 170 B: 183 C: 168 D: 174 PG: 174 Stabw: 6,7	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 225 B: 228 C: 241 D: 304 PG: 249 Stabw: 37,3	Luzernegras II (BBCH 31, HF) A: 78 B: 88 C: 64 D: 61 PG: 73 Stabw: 12,6				
			Mais (BBCH , ZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)		Mais (BBCH , ZF)		Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)	

Tabelle A2c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebaute Fruchtarten im Versuchsjahr 2015, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot markiert**. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht. * = Standardausgleich.

	Prüfgebiet 1	Prüfgebiet 1*	Prüfgebiet 2	Prüfgebiet 3	Prüfgebiet 4	Prüfgebiet S1	Prüfgebiet S1*	Prüfgebiet S2	Prüfgebiet S3
Frisch- masse- Ertrag [dt/ha]	Wintergerste (BBCH 61, HF)	Wintergerste (BBCH 61, HF)		Senf Vorfrucht					
	A: 106	A: 144			Mais (BBCH 83, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)
	B: 167	B: 179	Senf Vorfrucht	Mais (BBCH 83, HF)	A: 218	A: 61	A: 82	A: 51	A: 62
	C: 155	C: 186		A: 322	B: 206	B: 62	B: 87	B: 68	B: 79
	D: 110	D: 170		B: 344	C: 194	C: 60	C: 63	C: 44	C: 64
	PG: 134	PG: 169	Sorghum bicolor (BBCH , HF)	C: 345	D: 217	D: 64	D: 51	D: 61	D: 65
	Stabw: 31,0	Stabw: 18,5		D: 325	PG: 209	PG: 62	PG: 71	PG: 56	PG: 67
				PG: 334	Stabw: 11,2	Stabw: 16,8	Stabw: 16,4	Stabw: 10,7	Stabw: 7,8
	Sorghum b. x s. (BBCH , SZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , SZF)		Stabw: 11,9					

Tabelle A3a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasserträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgeversuch EVA III angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013, Standort Trossin. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, L = Luzerne, G = Gras, R = Roggen, W = Wicke.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Trockenmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>				Luzernegras I (BBCH 39/51 [L], 59/61 [G], HF) A: 13 B: 11 C: 14 D: 12 PG: 12 Stabw: 1,1					
	Wintergerste (BBCH 65, HF) A: 45 B: 39 C: 37 D: 40 PG: 41 Stabw: 3,2	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 21 B: 20 C: 20 D: 21 PG: 20 Stabw: 0,5	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 19 B: 22 C: 17 D: 15 PG: 18 Stabw: 2,8	Luzernegras II (BBCH 39/63 [L], 59/65 [G], HF) A: 25 B: 18 C: 27 D: 23 PG: 23 Stabw: 3,6	Wickroggen (BBCH 77 [R], 65/79 [W], HF) A: 142 B: 97 C: 101 D: 98 PG: 110 Stabw: 17,1		Mais (BBCH 83, HF) A: 113,8 B: 72,9 C: 81,1 D: 91,1 PG: 89,7 Stabw: 17,7	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 18 B: 19 C: 19 D: 20 PG: 19 Stabw: 0,6	Wickroggen (BBCH 63 [R], 49/51 [W], WZF) A: 65,4 B: 64,1 C: 66,2 D: 65,9 PG: 65,4 Stabw: 0,9
	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, SZF) A: 89 B: 60 C: 83 D: 80 PG: 78 Stabw: 12,4	Sorghum bicolor (BBCH 51, HF) A: 154 B: 107 C: 107 D: 135 PG: 126 Stabw: 22,7	Mais (BBCH 83, HF) A: 107 B: 92 C: 93 D: 110 PG: 101 Stabw: 9,2	Luzernegras III (BBCH 29 [L], 65 [G], HF) A: 16 B: 9 C: 15 D: 11 PG: 13 Stabw: 3,2				Mais (BBCH 83, HF) - 25 % N-Düngung A: 92,2 B: 69,9 C: 78,6 D: 110,6 PG: 87,8 Stabw: 17,7	Mais (BBCH 75/79, ZF) A: 75,5 B: 56,5 C: 74,2 D: 93,7 PG: 75,0 Stabw: 15,2

Tabelle A3a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) rot. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngungspflanze. * = Standardausgleich.

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Trocken- masse- Ertrag [dt/ha]	Wintertriticale (BBCH 77, HF) A: 111 B: 101 C: 116 D: 108 PG: 109 Stabw: 6,1	Wintertriticale (BBCH 77, HF) A: 91 B: 89 C: 95 D: 104 PG: 95 Stabw: 6,6	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 55 B: 58 C: 62 D: 67 PG: 61 Stabw: 5,2	Wintertriticale (BBCH 77, HF) A: 97 B: 101 C: 112 D: 109 PG: 105 Stabw: 6,8	Mais (BBCH 83, HF) A: 121 B: 112 C: 113 D: 115 PG: 115 Stabw: 3,8	Mais (BBCH 83, HF) A: 115 B: 115 C: 101 D: 102 PG: 108 Stabw: 7,9	Mais (BBCH 83, HF) A: 130 B: 112 C: 88 D: 98 PG: 107 Stabw: 18,3	Grünroggen (BBCH 63, WZF) A: 76 B: 76 C: 72 D: 76 PG: 75 Stabw: 2,1	Grünroggen (BBCH 63, WZF) A: 70 B: 76 C: 79 D: 75 PG: 75 Stabw: 3,6
	Phacelia (BBCH 65, SZF/GD) A: 12 B: 11 C: 12 D: 12 PG: 12 Stabw: 0,2	Phacelia (BBCH 65, SZF/GD) A: 30 B: 20 C: 15 D: 18 PG: 21 Stabw: 6,6		Einj. Weidelgras (BBCH 25, SZF) A: 6 B: 5 C: 3 D: 2 PG: 4 Stabw: 1,9				Mais (BBCH 79, ZF) A: 112 B: 106 C: 94 D: 88 PG: 100 Stabw: 11,0	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, ZF) A: 143 B: 128 C: 115 D: 119 PG: 126 Stabw: 12,3

Tabelle A3b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) **rot**. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Trockenmasse-Ertrag [dt/ha]				Luzernegras I (BBCH 51, HF) A: 47 B: 45 C: 56 D: 48					
		Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 57 B: 50 C: 48 D: 55 PG: 53 Stabw: 4,3	Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 51 B: 53 C: 54 D: 61 PG: 55 Stabw: 4,3	PG: 49 Stabw: 4,9 Luzernegras II (BBCH 61, HF) A: 34 B: 34 C: 37 D: 35 PG: 35 Stabw: 1,1	W. Weidelgras (BBCH 51, WZF) A: 33 B: 35 C: 39 D: 35 PG: 35 Stabw: 2,6		Grünroggen (BBCH 55, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 50 B: 45 C: 45 D: 46 PG: 47 Stabw: 2,3		
		Mais (BBCH 87, HF) A: 169 B: 207 C: 195 D: 205 PG: 194 Stabw: 17,6	Mais (BBCH 85, ZF) A : 314 B : 208 C : 234 D : 243 PG : 249 STabw : 45,2	Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 169 B: 173 C: 160 D: 169 PG: 168 Stabw: 5,3	Luzernegras III (BBCH 61, HF) A: 33 B: 31 C: 41 D: 35 PG: 35 Stabw: 4,5	Mais (BBCH 85, ZF) A: 206 B: 216 C: 218 D: 219 PG: 215 Stabw: 5,8	Mais (BBCH 87, HF) A: 177 B: 183 C: 147 D: 220 PG: 182 Stabw: 30,2	Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 168 B: 117 C: 150 D: 166 PG: 150 Stabw: 23,6	Hybridroggen (BBCH 85, HF) A: 104 B: 82 C: 96 D: 92 PG: 94 Stabw: 9,2
				Luzernegras IV (BBCH 35, HF) A: 15 B: 17 C: 19 D: 19 PG: 18 Stabw: 2,1					

Tabelle A3b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der auf der Spiegelanlage 6 angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) **rot**. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Trockenmasse-Ertrag [dt/ha]				Luzernegras I (BBCH 51, HF) A: 43 B: 44 C: 47 D: 38 PG: 43 Stabw: 3,9					
				Luzernegras II (BBCH 61, HF) A: 25 B: 31 C: 37 D: 23 PG: 29 Stabw: 6,2	Wickroggen (BBCH 85, HF) A: 90 B: 86 C: 87 D: 105 PG: 92 Stabw: 8,9			Wickroggen (BBCH 55, WZF) A: 51 B: 52 C: 54 D: 51 PG: 52 Stabw: 1,6	
		Wintergerste (BBCH 69, HF) A: 62 B: 63 C: 67 D: 71 PG: 66 Stabw: 4,2	Sorghum bicolor (BBCH 65, HF) A: 241 B: 227 C: 233 D: 246 PG: 237 Stabw: 8,2	Mais (BBCH 87, HF) A: 241 B: 224 C: 221 D: 272 PG: 239 Stabw: 23,2		W. Weidelgras I (BBCH 61, SZF) A: 18 B: 20 C: 23 D: 31 PG: 23 Stabw: 5,8	Mais (BBCH 87, HF) A: 252 B: 235 C: 202 D: 225 PG: 228 Stabw: 21,0	Mais (BBCH 87, HF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 216 B: 176 C: 219 D: 230 PG: 210 Stabw: 23,5	
		Sorghum b. x s. (BBCH 85, SZF) A: 173 B: 160 C: 167 D: 176 PG: 169 Stabw: 7,1			Luzernegras III (BBCH 61, HF) A: 26 B: 29 C: 32 D: 28 PG: 29 Stabw: 2,4	W. Weidelgras II (BBCH 32, SZF) A: 17 B: 17 C: 14 D: 17 PG: 16 Stabw: 1,4			Mais (BBCH 85, ZF) A: 262 B: 233 C: 224 D: 218 PG: 234 Stabw: 19,5
				Luzernegras IV (BBCH 35, HF) A: 21 B: 26 C: 24 D: 24 PG: 24 Stabw: 2,5					

Tabelle A3b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) rot. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, GD = Gründüngungspflanze.

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Trocken- masse-Ertrag [dt/ha]	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Mais (BBCH 87, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)		Wintertriticale (BBCH 83, HF)
	A: 53	A: 37	A: 43	A: 43	A: 205	A: 129	A: 104		A: 103
	B: 58	B: 50	B: 53	B: 44	B: 210	B: 121	B: 88		B: 107
	C: 63	C: 48	C: 54	C: 46	C: 204	C: 86	C: 78	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn)	C: 81
	D: 49	D: 39	D: 47	D: 49	D: 215	D: 113	D: 72	(BBCH 99, HF)	D: 89
	PG: 56	PG: 44	PG: 49	PG: 45	PG: 208	PG: 112	PG: 85		PG: 246
	Stabw: 5,9	Stabw: 6,2	Stabw: 5,0	Stabw: 2,6	Stabw: 5,2	Stabw: 18,6	Stabw: 14,1		Stabw: 33,3
						<i>Phacelia</i> (BBCH 69, SZF/GD)	<i>Phacelia</i> (BBCH 69, SZF/GD)		A: 45
						A: 54	A: 59		B: 44
						B: 49	B: 62	Einj. Weidelgras (BBCH 69, SZF)	C: 29
						C: 57	C: 58		D: 32
						D: 52	D: 55		A: 27
						PG: 53	PG: 59		PG: 38
					Stabw: 3,2	Stabw: 2,9	Stabw: 6,0	B: 35	
								C: 28	
								D: 34	
								PG: 31	
								Stabw: 4,1	

Tabelle A3c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) rot. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngungspflanze.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Trockenmasse-Ertrag [dt/ha]	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 69 B: 63 C: 64 D: 61 PG: 64 Stabw: 3,4	Wintertriticale – Markfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 36 B: 36 C: 36 D: 37 PG: 36 Stabw: 0,5	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 72 B: 65 C: 67 D: 66 PG: 67 Stabw: 3,0	Luzernegras (BBCH 61, WZF) A: 56 B: 71 C: 72 D: 72 PG: 68 Stabw: 7,7	Biogaserübe entblättert Rübenkörper (BBCH 49, HF) A: 170 B: 143 C: 118 D: 173 PG: 151 Stabw: 25,8	Mais (BBCH 83, HF) A: 107 B: 104 C: 134 D: 121 PG: 116 Stabw: 13,9	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 71 B: 65 C: 60 D: 68 PG: 66 Stabw: 4,9	Blühmischung (BBCH 85, WZF) A: 42 B: 42 C: 39 D: 50 PG: 43 Stabw: 4,6
		Phacelia (BBCH 61, SZF/GD) A: 24 B: 23 C: 27 D: 29 PG: 26 Stabw: 2,9	Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 26 B: 29 C: 30 D: 28 PG: 28 Stabw: 1,7	Mais (BBCH , ZF)	Biogaserübe Rübenblätter (BBCH 49, HF) A: 52 B: 33 C: 35 D: 45 PG: 41 Stabw: 8,8		Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 18 B: 22 C: 24 D: 23 PG: 22 Stabw: 2,5	

Tabelle A3c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Spiegelanlage 6) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) rot. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Trockenmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>				Luzernegras I (BBCH 61, HF) A: 53 B: 44 C: 53 D: 45 PG: 49 Stabw: 4,7	W. Weidelgras (BBCH 61, WZF) A: 65 B: 61 C: 58 D: 81 PG: 66 Stabw: 10,2	Mais (BBCH 83, HF) A: 112 B: 103 C: 86 D: 94 PG: 99 Stabw: 11,4	Grünroggen (BBCH 61, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 70 B: 61 C: 62 D: 58 PG: 63 Stabw: 5,2	Hybridroggen (BBCH 75, HF) A: 105 B: 92 C: 84 D: 96 PG: 94 Stabw: 9,0	
		Mais (BBCH 83, HF) A: 114 B: 105 C: 109 D: 98 PG: 107 Stabw: 6,5	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 51 B: 57 C: 53 D: 48 PG: 52 Stabw: 3,9	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 68 B: 70 C: 76 D: 81 PG: 74 Stabw: 5,8	Luzernegras II (BBCH 31, HF) A: 27 B: 29 C: 25 D: 23 PG: 26 Stabw: 3,0	Mais (BBCH , ZF)		Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)	
			Mais (BBCH , ZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)				Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)	

Tabelle A3c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebaute Fruchtarten im Versuchsjahr 2015, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) rot. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht.

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Frischmasse-Ertrag [dt/ha]	Wintergerste (BBCH 61, HF)	Wintergerste (BBCH 61, HF)		Senf Vorfrucht					
	A: 38	A: 50			Mais (BBCH 83, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)
	B: 56	B: 60	Senf Vorfrucht	Mais (BBCH 83, HF)	A: 85	A: 40	A: 51	A: 30	A: 37
	C: 52	C: 62		A: 109	B: 81	B: 39	B: 52	B: 40	B: 47
	D: 36	D: 57		B: 128	C: 71	C: 39	C: 40	C: 27	C: 38
	PG: 45	PG: 57	Sorghum bicolor (BBCH , HF)	C: 118	D: 81	D: 42	D: 30	D: 38	D: 40
	Stabw: 10,0	Stabw: 5,2		D: 111	PG: 79	PG: 40	PG: 43	PG: 33	PG: 40
				PG: 117	Stabw: 5,9	Stabw: 1,5	Stabw: 10,7	Stabw: 6,3	Stabw: 4,8
	Sorghum b. x s. (BBCH , SZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , SZF)		Stabw: 8,7					

Tabelle A4a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgeversuch EVA III angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) **rot**. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, L = Luzerne, G = Gras, R = Roggen, W = Wicke.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Trockensubstanz- Gehalt [%]				Luzernegras I (BBCH 39/51 [L], 59/61 [G], HF) A: 19,4 B: 21,4 C: 20,1 D: 20,1 PG: 20,3 Stabw: 0,9					
	Wintergerste (BBCH 65, HF) A: 20,3 B: 20,9 C: 21,3 D: 20,7 PG: 20,8 Stabw: 0,4	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 19,1 B: 17,6 C: 18,6 D: 16,9 PG: 18,0 Stabw: 1,0	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 19,2 B: 21,7 C: 16,6 D: 15,4 PG: 18,2 Stabw: 2,8	Luzernegras II (BBCH 39/63 [L], 59/65 [G], HF) A: 39,0 B: 41,5 C: 43,6 D: 40,0 PG: 41,0 Stabw: 2,0	Wickroggen (BBCH 77 [R], 65/79 [W], HF) A: 31,3 B: 33,4 C: 33,1 D: 32,9 PG: 32,7 Stabw: 1,0	Mais (BBCH 83, HF) A: 35,9 B: 33,3 C: 34,2 D: 35,9 PG: 34,8 Stabw: 1,3	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 18,2 B: 18,5 C: 18,8 D: 19,7 PG: 18,8 Stabw: 0,6	Wickroggen (BBCH 63 [R], 49/51 [W], WZF) A: 21,4 B: 21,8 C: 21,9 D: 20,9 PG: 21,5 Stabw: 0,4	
	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, SZF) A: 32,1 B: 33,6 C: 32,7 D: 34,3 PG: 33,1 Stabw: 1,0	Sorghum bicolor (BBCH 51, HF) A: 23,0 B: 21,5 C: 22,0 D: 22,6 PG: 22,3 Stabw: 0,7	Mais (BBCH 83, HF) A: 35,1 B: 32,3 C: 33,1 D: 33,2 PG: 33,4 Stabw: 1,2	Luzernegras III (BBCH 29 [L], 65 [G], HF) A: 29,1 B: 26,6 C: 26,4 D: 28,8 PG: 27,7 Stabw: 1,4			Mais (BBCH 83, HF) - 25 % N-Düngung A: 34,9 B: 33,7 C: 34,1 D: 36,2 PG: 34,7 Stabw: 1,1	Mais (BBCH 75/79, ZF) A: 25,8 B: 25,4 C: 25,2 D: 24,8 PG: 25,3 Stabw: 0,4	

Tabelle A4a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung, in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot markiert**. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngung. * = Standardausgleich.

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3	
Trocken- substanz- Gehalt [%]	Wintertriticale (BBCH 77, HF)	Wintertriticale (BBCH 77, HF)		Wintertriticale (BBCH 77, HF)				Grünroggen (BBCH 63, WZF)	Grünroggen (BBCH 63, WZF)	
	A: 40,4	A: 38,5		A: 36,7				A: 23,9	A: 22,7	
	B: 39,0	B: 38,4		B: 36,9				B: 25,4	B: 24,0	
	C: 39,6	C: 39,4	Wintertriticale –	C: 37,0				C: 24,0	C: 24,3	
	D: 39,5	D: 37,9	Marktfrucht	D: 36,0		Mais	Mais	D: 25,6	D: 23,0	
	<u>PG: 39,7</u>	<u>PG: 38,6</u>	(Korn)	<u>PG: 36,7</u>		(BBCH 83, HF)	(BBCH 83, HF)	<u>PG: 24,7</u>	<u>PG: 23,5</u>	
	Stabw: 0,6	Stabw: 0,6	(BBCH 99, HF)	Stabw: 0,4		A: 32,0	A: 33,5	Stabw: 0,9	Stabw: 0,8	
			A: 87,0			B: 33,3	B: 33,2			
			B: 86,7			C: 32,9	C: 32,0			
			C: 86,9	Einj. Weidelgras		D: 32,3	D: 34,0			
			D: 86,6	(BBCH 25, SZF)		<u>PG: 32,6</u>	<u>PG: 33,2</u>	<u>PG: 33,7</u>	Mais	Sorghum b. x s.
			<u>PG: 86,8</u>	A: 20,5		Stabw: 0,6	Stabw: 0,8	Stabw: 1,5	(BBCH 79, ZF)	(BBCH 77/83, ZF)
			Stabw: 0,2	B: 25,6				A: 29,7	A: 35,2	
				C: 21,9				B: 31,0	B: 34,1	
				D: 24,8				C: 29,8	C: 32,5	
				<u>PG: 23,2</u>				D: 30,1	D: 33,6	
			Stabw: 2,4				<u>PG: 30,1</u>	<u>PG: 33,9</u>		
							Stabw: 0,6	Stabw: 1,1		

Tabelle A4b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) **rot**. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Trockensubstanz- Gehalt [%]				Luzernegras I (BBCH 51, HF) A: 20,1 B: 21,2 C: 20,4 D: 20,6 PG: 20,6					
		Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 20,2 B: 21,4 C: 21,3 D: 20,1 PG: 20,7 Stabw: 0,7	Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 19,6 B: 20,4 C: 21,1 D: 19,6 PG: 20,2 Stabw: 0,7	Luzernegras II (BBCH 61, HF) A: 24,4 B: 32,6 C: 28,6 D: 27,5 PG: 28,3 Stabw: 3,4	W. Weidelgras (BBCH 51, WZF) A: 25,8 B: 24,9 C: 24,7 D: 27,4 PG: 25,5 Stabw: 1,6		Grünroggen (BBCH 55, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 20,6 B: 22,3 C: 21,7 D: 20,4 PG: 21,2 Stabw: 0,9		
		Mais (BBCH 87, HF) A: 44,6 B: 45,0 C: 45,5 D: 44,8 PG: 45 Stabw: 0,4					Mais (BBCH 87, HF) A: 44,1 B: 43,1 C: 46,1 D: 45,5 PG: 44,7 Stabw: 1,4		Hybridroggen (BBCH 85, HF) A: 41,8 B: 41,5 C: 42,3 D: 42,2 PG: 42,0 Stabw: 0,4
			Mais (BBCH 85, ZF) A: 53,5 B: 42,6 C: 45,3 D: 43,9 PG: 46,3 STabw: 3,6	Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 31,4 B: 31,5 C: 31,2 D: 32,0 PG: 31,5 Stabw: 0,4	Luzernegras III (BBCH 61, HF) A: 21,0 B: 22,4 C: 26,3 D: 26,5 PG: 24,0 Stabw: 2,8	Mais (BBCH 85, ZF) A: 40,9 B: 42,5 C: 40,6 D: 41,2 PG: 41,3 Stabw: 0,8		Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 31,9 B: 30,1 C: 30,5 D: 31,5 PG: 31,0 Stabw: 0,8	
				Luzernegras IV (BBCH 35, HF) A: 29,0 B: 27,7 C: 24,5 D: 24,3 PG: 26,4 Stabw: 2,3					

Tabelle A4b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der auf der Spiegelanlage 6 angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) rot. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
TS-Gehalt [%]				Luzernegras I (BBCH 51, HF) A: 19,8 B: 21,0 C: 16,8 D: 19,0 PG: 19,2 Stabw: 1,8	Wickroggen (BBCH 85, HF) A: 41,2 B: 40,7 C: 40,2 D: 33,6 PG: 38,9 Stabw: 3,6				
	Wintergerste (BBCH 69, HF) A: 31,0 B: 31,3 C: 28,5 D: 30,9 PG: 30,4 Stabw: 1,3			Luzernegras II (BBCH 61, HF) A: 35,1 B: 42,5 C: 29,5 D: 35,0 PG: 35,5 Stabw: 5,4				Wickroggen (BBCH 55, WZF) A: 16,6 B: 16,6 C: 17,8 D: 16,4 PG: 16,8 Stabw: 0,7	
		Sorghum bicolor (BBCH 65, HF) A: 29,7 B: 28,6 C: 29,0 D: 29,6 PG: 29,2 Stabw: 0,5		Mais (BBCH 87, HF) A: 42,7 B: 43,3 C: 41,7 D: 45,7 PG: 43,3 Stabw: 1,7	Luzernegras III (BBCH 61, HF) A: 22,7 B: 21,3 C: 25,2 D: 21,9 PG: 22,8 Stabw: 1,7	W. Weidelgras I (BBCH 61, SZF) A: 27,6 B: 29,1 C: 31,4 D: 23,2 PG: 27,8 Stabw: 3,5	Mais (BBCH 87, HF) A: 41,6 B: 42,8 C: 38,6 D: 41,9 PG: 41,2 Stabw: 1,8	Mais (BBCH 87, HF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 43,7 B: 43,1 C: 44,4 D: 43,8 PG: 43,8 Stabw: 0,5	
		Sorghum b. x s. (BBCH 85, SZF) A: 37,2 B: 39,2 C: 37,1 D: 40,8 PG: 38,6 Stabw: 1,8		Luzernegras IV (BBCH 35, HF) A: 21,4 B: 21,1 C: 21,3 D: 22,7 PG: 21,6 Stabw: 0,7	W. Weidelgras II (BBCH 32, SZF) A: 22,0 B: 18,5 C: 23,1 D: 16,3 PG: 20,0 Stabw: 3,1			Mais (BBCH 85, ZF) A: 43,1 B: 39,5 C: 39,8 D: 36,5 PG: 39,7 Stabw: 2,7	

Tabelle A4b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung, in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot markiert**. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, GD = Gründüngung. * = Standardausgleich.

	Prüfgebiet 1	Prüfgebiet 1*	Prüfgebiet 2	Prüfgebiet 3	Prüfgebiet 4	Prüfgebiet S1	Prüfgebiet S1*	Prüfgebiet S2	Prüfgebiet S3
Trockensubstanz-Gehalt [%]	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Mais (BBCH 87, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)
	A: 84,4	A: 84,5	A: 84,8	A: 84,3	A: 36,6	A: 38,1	A: 37,5	A: 38,6	A: 38,6
	B: 84,1	B: 84,9	B: 84,5	B: 84,5	B: 38,6	B: 37,7	B: 38,9	B: 38,1	B: 38,1
	C: 84,5	C: 84,5	C: 84,6	C: 84,3	C: 39,1	C: 38,2	C: 39,1	C: 39,1	C: 39,1
	D: 84,1	D: 84,6	D: 84,4	D: 84,7	D: 39,6	D: 37,8	D: 38,8	D: 38,4	D: 38,4
	<u>PG: 84,3</u>	<u>PG: 84,6</u>	<u>PG: 84,6</u>	<u>PG: 84,5</u>	<u>PG: 38,5</u>	<u>PG: 38,0</u>	<u>PG: 38,6</u>	<u>PG: 38,5</u>	<u>PG: 38,5</u>
	Stabw: 0,2	Stabw: 0,2	Stabw: 0,2	Stabw: 0,2	Stabw: 1,3	Stabw: 0,3	Stabw: 0,7	Stabw: 0,4	Stabw: 0,4
						Phacelia (BBCH 69, SZF/GD)	Phacelia (BBCH 69, SZF/GD)	Phacelia (BBCH 99, HF)	Einj. Weidelgras (BBCH 69, SZF)
						A: 16,5	A: 16,4	A: 89,4	A: 24,5
						B: 18,0	B: 17,3	B: 86,4	B: 24,7
						C: 18,0	C: 16,8	C: 89,2	C: 26,1
						D: 17,9	D: 16,4	D: 88,1	D: 25,3
					<u>PG: 17,6</u>	<u>PG: 16,7</u>	<u>PG: 88,3</u>	<u>PG: 25,2</u>	
					Stabw: 0,7	Stabw: 0,4	Stabw: 1,4	Stabw: 0,7	

Tabelle A4c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der auf der Grundanlage 5 des Energiefruchtfolgeversuchs angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) rot. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngungspflanze.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Trockensubstanz- Gehalt [%]	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 44,4 B: 45,9 C: 46,9 D: 45,5 <u>PG: 45,7</u> Stabw: 1,0	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 85,0 B: 84,5 C: 84,8 D: 84,3 <u>PG: 84,7</u> Stabw: 0,3	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 45,0 B: 45,0 C: 44,7 D: 43,7 <u>PG: 44,6</u> Stabw: 0,6	Luzernegras (BBCH 61, WZF) A: 28,4 B: 31,5 C: 24,5 D: 25,7 <u>PG: 27,5</u> Stabw: 3,1	Biogaserübe entblättert Rübenkörper (BBCH 49, HF) A: 15,7 B: 16,0 C: 14,6 D: 16,4 <u>PG: 15,7</u> Stabw: 0,8	Mais (BBCH 83, HF) A: 37,0 B: 37,9 C: 42,6 D: 39,9 <u>PG: 39,3</u> Stabw: 2,5	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 45,8 B: 46,1 C: 45,0 D: 44,1 <u>PG: 45,2</u> Stabw: 0,9	Blümmischung (BBCH 85, WZF) A: 50,4 B: 42,7 C: 44,5 D: 43,5 <u>PG: 45,3</u> Stabw: 3,5	
		Phacelia (BBCH 61, SZF/GD) A: 18,1 B: 17,1 C: 18,6 D: 17,0 <u>PG: 17,7</u> Stabw: 0,8	Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 18,5 B: 19,1 C: 20,3 D: 19,6 <u>PG: 19,4</u> Stabw: 0,8	Mais (BBCH , ZF) A: 13,7 B: 12,4 C: 13,0 D: 13,4 <u>PG: 13,1</u> Stabw: 0,6	Biogaserübe Rübenblätter (BBCH 49, HF) A: 13,7 B: 12,4 C: 13,0 D: 13,4 <u>PG: 13,1</u> Stabw: 0,6		Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 18,5 B: 19,1 C: 20,3 D: 19,6 <u>PG: 19,4</u> Stabw: 0,8		

Tabelle A4c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der auf der Spiegelanlage 6 des Energiefruchtfolgeversuchs angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) rot. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)	
Trockensubstanz- gehalt [%]				Luzernegras I (BBCH 61, HF) A: 29,3 B: 31,4 C: 24,4 D: 31,5 <u>PG: 29,1</u> Stabw: 3,3					
		Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 30,1 B: 31,2 C: 31,4 D: 27,4 <u>PG: 30,0</u> Stabw: 1,8	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 30,4 B: 30,9 C: 31,7 D: 26,6 <u>PG: 29,9</u> Stabw: 2,3	Luzernegras II (BBCH 31, HF) A: 35,0 B: 33,1 C: 38,1 D: 36,9 <u>PG: 35,8</u> Stabw: 2,2	W. Weidelgras (BBCH 61, WZF) A: 33,4 B: 34,0 C: 34,6 D: 26,8 <u>PG: 32,2</u> Stabw: 3,6		Grünroggen (BBCH 61, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 29,9 B: 30,5 C: 28,4 D: 30,0 <u>PG: 29,7</u> Stabw: 0,9		
	Mais (BBCH 83, HF) A: 34,7 B: 35,0 C: 37,1 D: 35,0 <u>PG: 35,5</u> Stabw: 1,1						Mais (BBCH 83, HF) A: 39,8 B: 36,8 C: 34,5 D: 39,2 <u>PG: 37,6</u> Stabw: 2,4	Hybridroggen (BBCH 75, HF) A: 43,6 B: 45,0 C: 45,7 D: 43,7 <u>PG: 44,5</u> Stabw: 1,1	
		Mais (BBCH , ZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)		Mais (BBCH , ZF)		Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)		

Tabelle A4c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015, Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) rot. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht. * = Standardausgleich.

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Trocken- substanz- Gehalt [%]	Wintergerste (BBCH 61, HF)	Wintergerste (BBCH 61, HF)		Senf Vorfrucht					
	A: 35,6	A: 34,9			Mais (BBCH 83, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)
	B: 33,5	B: 33,4	Senf Vorfrucht	Mais (BBCH 83, HF)	A: 39,0	A: 84,7	A: 84,1	A: 82,9	A: 83,3
	C: 33,6	C: 33,6		A: 33,7	B: 39,1	B: 84,1	B: 83,5	B: 82,8	B: 83,4
	D: 32,8	D: 33,8		B: 37,3	C: 36,6	C: 84,7	C: 84,2	C: 83,4	C: 83,1
	<u>PG: 33,9</u>	<u>PG: 33,9</u>	Sorghum bicolor (BBCH , HF)	C: 34,2	D: 37,1	D: 84,9	D: 82,8	D: 83,8	D: 83,7
	Stabw: 1,2	Stabw: 0,7		D: 34,2	<u>PG: 37,9</u>	<u>PG: 84,5</u>	<u>PG: 83,7</u>	<u>PG: 83,2</u>	<u>PG: 83,3</u>
	Sorghum b. x s. (BBCH , SZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , SZF)		<u>PG: 34,9</u>	Stabw: 1,3	Stabw: 0,4	Stabw: 0,7	Stabw: 0,5	Stabw: 0,3
				Stabw: 1,6					

Tabelle A5a: Biogas-Matrix mit Richtwerten für Methanausbeuten (relativ zu Mais in %), und oTS-Gehalten (% TM) der im Projekt EVA III erprobten Fruchtarten am Standort Trossin. Hergeleitet aus Versuchsdaten des Projektes EVA der Jahre 2005-2014 (n = Anzahl der Mittelwerte der analysierten Proben, keine Einzelwerte), Methode: Batch- und Hohenheimer Biogasertragstest, Bewertung von Silagen, keine Berücksichtigung von Silierverlusten, Stand: 15.12.2014, Quelle: PLOGSTIES ET AL. 2015. HF = Hauptfrucht, ZF = Zweitfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht.

Fruchtart	BBCH	n ausgewertet	Methanausbeute [% , relativ zu Mais]	oTS-Gehalt [% TS]
Mais – HF	81 – 87	60	100	95,4
Mais – ZF	81 – 87	19	102	95,6
<i>Sorghum bicolor</i>				
Gute Eignung für Silage ($\geq 26\%$ TM + BBCH ≥ 69)	69 – 85	8	87	95,1
Gute Eignung für Silage ($\geq 26\%$ TM + BBCH < 69)	59 – 65	2	90	94,0
Schlechtere Eignung für Silage ($< 26\%$ TM)	49 – 85	16	93	93,2
<i>Sorghum b. x s.</i>				
Gute Eignung für Silage ($\geq 26\%$ TM + BBCH ≥ 69)	69 – 85	30	88	94,7
Schlechtere Eignung für Silage ($< 26\%$ TM)	33 – 88	31	94	93,2
Wintergerste – HF				
Winterroggen – HF	71 – 85	27	98	93,6
Winterroggen – HF	71 – 85	15	91	94,7
Winterroggen – WZF (Grünschnitt)	45 – 59	23	104	91,7
Winterroggen, Winterwicke, W. Weidelgras im Gemenge (Wickroggen) – HF & WZF				
	65-85	6	88	94,0
Luzernegras				
Erster Schnitt früh ^{a)}		8	97	88,9
Erster Schnitt spät ^{b)}		10	90	89,2
Folgeschnitte früh ^{a)}		4	83	88,8
Folgeschnitte spät ^{b)}		22	84	88,6

Fortsetzung: Tabelle A5a.

Fruchtart	BBCH	n ausgewertet	Methanausbeute [% , relativ zu Mais]	oTS-Gehalt [% TS]
W. Weidelgras				
Untersaat (SZF)	51	2	122	87,6
Erster Schnitt früh (WZF)		13	112	90,4
Einjähriges Weidelgras				
BBCH < 55	33-51	5	106	87,7
BBCH ≥ 55	61-89	10	90	89,0
Zuckerrübe (entblattet)	49	2	107	92,1
Blütmischung (Biogas 1, einjährig)	61-69	1	70	89,3

- a) Hohe Schnitffrequenz bzw. BBCH < 55
b) Niedrige Schnitffrequenz bzw. BBCH ≥ 55

Tabelle A5b: Methanausbeuten (in l/kg oTS) und oTS-Gehalte (in % TS) der EVA III-Ernteproben vom Versuchsstandort Trossin. Ermittelt vom ATB Potsdam über Batch-Versuche (Methode: Abschnitt 2.5). Methanausbeuten der Fruchtarten korrigiert über den Mais-Referenzwert (Berechnungsmethodik siehe Abschnitt 2.6.2).

Versuchsjahr	Fruchtart (Fruchtfolge)	Methanausbeute [l/kg oTS]	Methanausbeute korrigiert [l/kg oTS]	oTS-Gehalt [% TS]
2013	Wintergerste (FF 1)	315	300	93,6
	<i>Sorghum bicolor</i> (FF 2)	362	345	95,1
2014	<i>Sorghum bicolor</i> (FF 2)	309	294	95,1
	Wickroggen (FF 5)	289	274	94,0
	Hybridroggen (FF 8)	339	323	94,7

Tabelle A6: Inhaltsstoffcharakteristik (in % in der Trockenmasse) der untersuchten EVA III-Kulturarten im Versuchszeitraum, Versuchsstandort Trossin.

FF	Fruchtart	FF-Stellung	Inhaltsstoffe [% in TM]						
			RA	ADF	ADL	N	P	K	Mg

Versuchsjahr 2013

1	Wintergerste	HF	7,01	34,93	3,44	2,07	0,43	2,54	0,17
	<i>Sorghum b. x s</i>	SZF	3,63	36,50	10,13	1,40	0,19	0,91	0,23
2	<i>Sorghum bicolor</i>	HF	4,00	30,13	3,33	1,26	0,14	0,94	0,23
3	Mais	HF	4,77	24,92	2,38	1,43	0,18	0,77	0,25
4	Lugras I, 1. HNJ	HF	9,56	28,39	4,19	2,57	0,45	3,09	0,32
	Lugras II, 1. HNJ	HF	7,55	31,41	5,63	1,44	0,29	2,29	0,23
	Lugras III, 1. HNJ	HF	11,10	27,64	4,16	2,84	0,30	2,27	0,30
5	Wickroggen	HF	9,08	44,49	14,36	1,47	0,29	1,39	0,16
	Weidelgras, Herbst		7,22	35,61	6,54	2,36	0,27	1,23	0,27
6	Mais	HF	3,88	25,27	2,18	1,28	0,18	0,72	0,27
7*	Mais	HF	4,45	26,29	2,50	1,28	0,21	0,73	0,26
8	Wickroggen	WZF	6,68	38,80	5,16	1,77	0,36	2,26	0,17

Versuchsjahr 2014 - Grundanlage

1	Mais	HF	2,76	16,30	1,86	1,15	0,29	0,52	0,27
2	Grünroggen	WZF	6,41	37,80	5,03	1,86	0,30	2,51	0,08
	Mais	ZF	2,79	18,00	1,80	1,04	0,27	0,61	0,21
3	Grünroggen	WZF	6,50	38,10	5,20	1,96	0,30	2,59	0,09
	<i>Sorghum b. x s.</i>	ZF	3,43	43,20	7,01	1,01	0,20	0,88	0,22
4	Lugras I, 2. HNJ	HF	7,50	34,90	3,39	1,79	0,28	2,74	0,11
	Lugras II, 2. HNJ	HF	8,90	32,40	4,93	2,66	0,36	3,04	0,24
	Lugras III, 2. HNJ	HF	8,90	32,40	4,30	2,75	0,39	2,71	0,25
	Lugras IV, 2. HNJ	HF	11,25	35,60	3,89	2,49	0,41	2,77	0,25
5	W. Weidelgras	WZF	6,79	23,60	2,45	1,23	0,25	2,43	0,12
	Mais	ZF	2,40	16,00	1,89	1,17	0,30	0,57	0,22
6	Mais	HF	2,87	18,00	1,74	1,11	0,30	0,63	0,25

Tabelle A6: Fortsetzung.

FF	Fruchtart	FF-Stellung	Inhaltsstoffe [% in TM]						
			RA	ADF	ADL	N	P	K	Mg
7 *	Grünroggen	WZF	5,87	37,10	7,62	1,85	0,31	2,49	0,08
	<i>Sorghum b. x s.</i>	ZF	3,24	43,50	7,71	0,85	0,19	0,96	0,18
8	Hybridroggen	HF	3,89	28,10	4,29	1,15	0,22	1,18	0,08
Versuchsjahr 2014 - Spiegelanlage									
1	WiGerste	HF	4,61	31,50	4,31	0,94	0,21	1,88	0,10
	<i>Sorghum b. x s.</i>	SZF	3,39	36,90	8,14	1,01	0,22	0,72	0,24
2	<i>Sorghum bicolor</i>	HF	3,68	29,10	10,43	0,70	0,13	0,97	0,20
3	Mais	HF	3,39	17,00	1,28	1,31	0,29	0,77	0,23
4	Lugras I, 1. HNJ	HF	8,89	34,20	4,80	2,28	0,32	3,42	0,19
	Lugras II, 1. HNJ	HF	9,77	33,80	5,94	2,32	0,34	3,38	0,38
	Lugras III, 1. HNJ	HF	10,24	34,50	3,48	2,47	0,41	3,32	0,30
	Lugras IV, 1. HNJ	HF	12,43	35,20	3,13	2,41	0,36	2,98	0,28
5	Wickroggen	HF	5,95	35,30	5,50	1,45	0,20	1,82	0,19
	W. Weidelgras Herbst I		9,03	34,60	8,87	1,85	0,32	2,23	0,21
	Weidelgras Herbst II		12,16	32,00	2,73	2,35	0,39	2,69	0,25
6	Mais	HF	3,16	19,00	1,83	1,18	0,26	0,69	0,23
7 *	Mais	HF	3,12	16,80	1,49	1,12	0,26	0,69	0,23
8	Wickroggen	WZF	9,36	33,80	4,15	2,48	0,41	3,55	0,19
	Mais	ZF	2,96	17,70	1,83	1,23	0,26	0,63	0,23

RA = Rohasche

ADF = Säure-(Acid)Detergentien-Fasern = Lignocellulosekomplex

ADL = Säure-(Acid)Detergentien-Lignin = Lignin

All

Öffentlichkeitsarbeit

Artikel in Fachzeitschriften

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Hirse, Rübe, Roggen. Bauernzeitung 33/2015, S. 34-35.
Link: http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Bibliothek/Grunewald_BZ.pdf
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Leistungsstarke Alternativen – Energiepflanzen für Standorte mit leichten Böden und wenig Wasser. Energie aus Pflanzen 4/2015, S. 64-66.
Link: http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Bibliothek/eap_2015-4_EVA_LULG_1.pdf

Beiträge in Kongressbänden

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Zweikulturnutzung auf leichten, trockenen Standorten - Reicht das Wasser für einen nachhaltigen Anbau? In: Biogas in der Landwirtschaft. Tagungsband zum Kongress am 10. und 11. September 2013 in Kassel. KTBL / FNR, S. 318-320.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Zweikulturnutzung auf leichten, trockenen Standorten - Reicht das Wasser für einen nachhaltigen Anbau? In: Gülzower Fachgespräche Band 45 - 4. Symposium Energiepflanzen (22./23. Oktober 2014, Berlin). Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Güstrow, S. 422.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Energiepflanzen für Biogasanlagen - Vielfalt auf dem Acker. In: Bioenergie. Vielseitig, sicher, wirtschaftlich, sauber?! Tagungsband zur Jahrestagung am 1. und 2. Oktober 2014 in Leipzig. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) Leipzig, S. 210-211.
LINK: <https://www.dbfz.de/index.php?id=792&L=0>
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Standortangepasste Energiefruchtfolgen. In: Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Band 52: Tagungsband 9. Rostocker Bioenergieforum am 18./19. Juni 2015. Universität Rostock, Rostock, S. 55-57.

Berichte und Schriftenreihen

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K., SCHRÖDER, S. (2014): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Schriftenreihe 25/2014 zum Abschlussbericht EVA II. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Link: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/22636>
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Hybridroggen-Ganzpflanzensilage als Biogassubstrat. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Link: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23276>

Zwischenberichte EVA III

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Das Projekt EVA III. Versuchsstandort Trossin Sachsen. Versuchsjahr 2013. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Das Projekt EVA III. Versuchsstandort Trossin Sachsen. Versuchsjahr 2014. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Vorträge

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Ergebnisse aus der EVA-Forschung. Energiepflanzentag 2013, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin (28.08.2013).
Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/30699.htm>
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): 9 Jahre Energiefruchtfolgeforschung zur Biogasproduktion im Projekt EVA 2005 – 2013. Dienstberatung Referat 72. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen (19.03.2014).
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): 9 Jahre Energiefruchtfolgeforschung zur Biogasproduktion im Projekt EVA 2005 – 2013. Sitzung des Fachbeirates "Pflanzliche Erzeugung". Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen (01.04.2014).

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Standortangepasste Energiepflanzen in Fruchtfolgen zur Biogaserzeugung: Biomasseerträge, Gasbildungspotenziale und Nachhaltigkeit – Das Projekt EVA 2005 - 2013. Energiepflanzentag, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin (03.09.2014)
Link: http://landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Grunewald_EVA_LfULG.pdf
- GRUNEWALD, J. (2015): Energiepflanzen zur Biogasproduktion und Blühhmischungen für Ackerland im Raum Bautzen. Winterfortbildung Landwirtschaft & Beratung Katzer, Hochkirch bei Bautzen (19.01.2015)
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Anbausysteme für Energiepflanzen zur Biogasproduktion – Ergebnisse aus dem Projekt EVA. Energiepflanzentag, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin (27.08.2015)
Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38981.htm>

Poster und -präsentationen

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Versuchsplan des Verbundprojektes EVA III. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Präsentation:
verschiedene Veranstaltungen des LfULG
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Zweikulturnutzung auf leichten, trockenen Standorten – Reicht das Wasser für einen nachhaltigen Anbau? Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Link:
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Poster_Zweikulturnutzung_Energiepflanzen.pdf
Präsentation:
KTBL-/FNR-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft“ am 10. und 11. September 2013 in Kassel
4. Symposium Energiepflanzen am 22. und 23. Oktober 2013 in Berlin
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Energiepflanzen für Biogasanlagen: Vielfalt auf dem Acker I. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Link: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23317>
Präsentation:
Jahrestagung am 01. und 02. Oktober 2014 in Leipzig. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Leipzig.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Energiepflanzen für Biogasanlagen: Vielfalt auf dem Acker II. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Link: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23318>
Präsentation:
Jahrestagung am 01. und 02. Oktober 2014 in Leipzig. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Leipzig.
- GRUNEWALD, J., PÖTZSCHKE, K., JÄKEL, K. (2014): Die Projekte EVA und *Sorghum*: Von der Probenahme zum Beratungspapier. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Präsentation:
Labortag Sachsen-Thüringen am 22. Januar 2014 in Nossen. Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Nossen.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Standortangepasste Energiefruchtfolgen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Link:
http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Bibliothek/Standortangepasste_Energiefruchtfolgen_%C3%96A_1.pdf
Präsentation:
9. Rostocker Bioenergieforum am 18. und 19. Juni 2015 in Rostock. Universität Rostock, Rostock.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Wirkung unterschiedlicher Stickstoff-Düngungsvarianten mit Gärrest beim Energiepflanzenanbau. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Link:

http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Poster_G%C3%A4rrestversuch_EVA_Grunewald__Kompatibilit%C3%A4tsmodus__1.pdf

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Fördermöglichkeiten der Biomasseforschung. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Präsentation:

Arbeitstreffen „Biomasseforschung der Zukunft“. LfULG, Nossen.

- GRUNEWALD, J., GRUBITZSCH, R., JÄKEL, K. (2013, 2014, 2015): Versuchsfeld-/Projektposter: „Energiefruchtfolggrundversuch Sachsen – Erprobung von Energiefruchtfolgen zur Biogasproduktion für D-Südstandorte“, „Gärrestversuch in Sachsen – Wirkung unterschiedlicher Stickstoff-Düngungsvarianten“ und „Ertragssicherungsversuch“. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Präsentation:

Energiepflanzentage in Trossin. LfULG, Nossen.

Newsletterbeiträge

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Anbausysteme für Biogaspflanzen – Acht Energiefruchtfolgen auf leichten Böden erprobt. Newsletter Ausgabe 04.09.2014. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden.

Link: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/40427.htm>

Internetbeiträge

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ am 28. August 2013 in Trossin. Veranstaltungsnachlese des Energiepflanzentages. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/30699.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): „Energiepflanzen zur Biogasproduktion“ am 03. September 2014 in Trossin. Veranstaltungsnachlese des Energiepflanzentages. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Link: <http://landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/33546.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): „Feldtag Energiepflanzen“ am 16. September 2014 in Pommritz bei Bautzen. Veranstaltungsnachlese. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/33645.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): „Energiepflanzen zur Biogasproduktion“ am 27. August 2015 in Trossin. Veranstaltungsnachlese des Energiepflanzentages. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38981.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): „Feldtag Energiepflanzen“ am 08. September 2015 in Pommritz bei Bautzen. Veranstaltungsnachlese. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38898.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Energiepflanzen für Biogas – „Gesetzliche Rahmenbedingungen / Förderung“, „EVA-Fruchtfolgesysteme“, „Biomassebereitstellung / Anbau“. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/7146.htm>

Veranstaltungen mit Versuchsfeldbesichtigung

- 28.08.2013 Energiepflanzentag Trossin

Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/30699.htm>

- 03.09.2014 Energiepflanzentag Trossin
Link: <http://landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/33546.htm>
- 16.09.2014 Energiepflanzenfeldtag Pommritz
Link: <http://landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/33645.htm>
- 27.08.15 Energiepflanzenfeldtag Trossin
Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38981.htm>
- 08.09.15 Energiepflanzenfeldtag Pommritz
Link: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38898.htm>

Sonstige Veröffentlichungen

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Energiepflanzenanbau in Sachsen. Daten- und Faktenblatt. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Link: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/41268.htm>

Die Veröffentlichungen sind zu beziehen über Frau Dr. Kerstin Jäkel:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Referat 72 / Pflanzenbau
Waldheimer Straße 219
01683 Nossen
Tel.: (035242) 631-7204
E-Mail: kerstin.jaekel@smul.sachsen.de

Weitere Informationen finden Sie hier:

- Projekthomepage: www.eva-verbund.de
- Homepage des LfULG, Rubrik "Energiepflanzen für Biogas":
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/7146.htm>



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für
Landwirtschaft und
Gartenbau

Schlussbericht 2015 zum Teilprojekt 1

Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Teilvorhaben Sachsen-Anhalt Grundversuch

Das Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) durch den Projektträger Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) gefördert.

Langtitel: **Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA III)**

Kurztitel: **Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime**

Projekt: Grundversuch und Versuch Risikoabschätzung Standort Bernburg

Projektleiter: Dr. agr. Lothar Boese

Laufzeit: 01.04.2013 – 30.11.2015

Berichts-
zeitraum: 01.04.2013 –30.11.2015

Bearbeiter: M. Sc. agr. Inga Bormann
Ing. agr. Uwe Kaden

Bernburg, 30.11.2015

Gliederung

Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis.....	6
1 Einleitung.....	7
2 Versuchsdurchführung am Standort Bernburg	8
2.1 Charakterisierung des Standortes.....	8
2.2 Witterungsverlauf im Versuchszeitraum	8
2.3 Versuchsaufbau, Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen.....	10
2.4 Versuchsdurchführung	13
3 Ergebnisse.....	15
3.1 Trockenmasseertrag	15
3.1.1 Trockenmasseertrag der Fruchtarten im Versuchsjahr 2015.....	15
3.1.2 Trockenmasseertrag der Fruchtfolgen in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015	16
3.2 Biogasausbeute und Methanhektarertrag.....	18
3.2.1 Biogasausbeute	18
3.2.2 Methanhektarertrag der Fruchtarten im Versuchsjahr 2015	20
3.2.3 Methanhektarertrag der Fruchtfolgen in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015	21
3.3 Ökonomische Bewertung der Fruchtfolgen	23
3.4 Humusbilanz der Fruchtfolgen in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015.....	25
3.5 Nährstoffhaushalt.....	26
3.5.1 Nährstoffentzüge und Stickstoffbilanz im Versuchsjahr 2015	26
3.5.2 Nährstoffbilanzen der Fruchtfolgen in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015.....	29
3.6 Auswirkungen von Zwischenfrüchten und reduzierter Stickstoffdüngung auf Boden- N _{min} -Gehalte bei Mais und Futterhirse in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015	31
3.7 Energie- und Treibhausgasbilanz in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015	33
3.7.1 Energiebilanz der Fruchtfolgen	33
3.7.2 Treibhausgasbilanz der Fruchtfolgen	35
3.8 Wasser- und Stickstoffhaushalt in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015	37
3.8.1 Wasserverbrauch und Sickerwassermenge der Fruchtfolgen	37
3.8.2 Nitratkonzentration im Sickerwasser und Nitrataustrag der Fruchtfolgen	38
4 Diskussion und Schlussfolgerungen	39
AI Tabellen.....	41
All Veröffentlichungen, Informationsangebote und Öffentlichkeitsarbeit	49

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Witterungsverlauf 10/2012-9/2015 im Vergleich zum LJM am Standort Bernburg	9
Abb. 2: Witterungsverlauf 10/2014-9/2015 im Vergleich zum LJM am Standort Bernburg	10
Abb. 3: Trockenmasseertrag [dt/ha TM] der Fruchtarten (Versuchsjahr 2015).....	15
Abb. 4: Kumulierter Trockenmasseertrag [dt/ha TM] der Fruchtfolgen (2013-2015).....	17
Abb. 5: Kumulierter Trockenmasseertrag [dt/ha TM] im Versuch Risikoabschätzung	18
Abb. 6: Methanhektarertrag [m ³ /ha CH ₄] der Fruchtarten (Versuchsjahr 2015).....	21
Abb. 7: Kumulierter Methanhektarertrag [m ³ /ha CH ₄] der Fruchtfolgen (2013-2015).....	22
Abb. 8: Kumulierter Methanhektarertrag [m ³ /ha CH ₄] im Versuch Risikoabschätzung	23
Abb. 9: Kumulierte Kosten [€/ha] der Fruchtfolgen nach Kategorien (2013-2015).....	24
Abb. 10: Leistungen, Kosten und direkt- und arbeiterledigungskostenfreie Leistung [€/ha] der Fruchtfolgen (2013-2015)	25
Abb. 11: Humusbilanz der Fruchtfolgen [kg/(ha*a) Humus-Äq] (2013-2015).....	26
Abb. 12: Stickstoffbilanz [kg/ha N] der Fruchtfolgen (2013-2015)	29
Abb. 13: Phosphorbilanz [kg/ha P] der Fruchtfolgen (2013-2015).....	30
Abb. 14: Kaliumbilanz [kg/ha K] der Fruchtfolgen (2013-2015)	30
Abb. 15: Energieaufwand [MWh/ha] der Fruchtfolgen nach Kategorien (2013-2015).....	33
Abb. 16: Energieaufwand, -ertrag und -bilanz [MWh/ha] der Fruchtfolgen (2013-2015).....	34
Abb. 17: Energieeffizienz [MWh/MWh] der Fruchtfolgen (2013-2015)	34
Abb. 18: Treibhausgasemissionen [t/ha CO ₂ -Äq] der Fruchtfolgen nach Kategorien (2013-2015)	35
Abb. 19: Treibhausgasemissionen je Kilowattstunde [kg/kWh CO ₂ -Äq] (2013-2015).....	36
Abb. 20: Treibhausgasminderungspotenzial [%] gegenüber fossilem Brennstoff (2013-2015)	36
Abb. 21: Wasserverbrauch und Sickerwassermenge ausgewählter Fruchtfolgen [mm/a] (2013-2015)	37
Abb. 22: Nitratkonzentration im Sickerwasser [mg/l NO ₃] und Nitrataustrag [kg/(ha*a) NO ₃] ausgewählter Fruchtfolgen (2013-2015)	38

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Überblick über die EVA III-Fruchtfolgen im Grundversuch in Sachsen-Anhalt	11
Tab. 2: Überblick über die EVA III-Fruchtfolgen im Versuch Risikoabschätzung	12
Tab. 3: Mittlere Methanausbeuten [l/kg oTM] der Fruchtarten	19
Tab. 4: Nährstoffentzug und Stickstoffbilanz der Fruchtarten (Versuchsjahr 2015).....	28
Tab. 5: Mittlere N _{min} -Werte unter Mais in Selbstfolge, nach Zwischenfrüchten und bei reduzierter Stickstoffdüngung (Mittel 2013-2015).....	31
Tab. 6: Mittlere N _{min} -Werte unter Futterhirse in Selbstfolge, nach Zwischenfrüchten und bei reduzierter Stickstoffdüngung (Mittel 2013-2015).....	32
Tab. 7: Bearbeitungsvorgänge 5. Anlage 3. Versuchsjahr (Bernburg 2014/2015).....	41
Tab. 8: Bearbeitungsvorgänge 6. Anlage 2. Versuchsjahr (Bernburg 2014/2015).....	43
Tab. 9: Bearbeitungsvorgänge 7./8. Anlage 3. Versuchsjahr (Bernburg 2014/2015).....	45
Tab. 10: Nährstoffentzug der Fruchtarten im Versuchsjahr 2015.....	47
Tab. 11: N _{min} -Werte unter Mais und Futterhirse in Selbstfolge, nach Zwischenfrüchten und bei reduzierter Stickstoffdüngung (2012-2015)	48

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
BBCH-Stadium	Entwicklungsstadium nach dem Code der Biologischen Bundesanstalt und der Chemischen Industrie
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
CAL-Analytik	Analytik von Proben auf P und K mit Calcium-Acetat-Lactat
CCC	Chlorcholinchlorid = Chlormequatchlorid
DAKfL	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
einj.	einjährig
ES	Entwicklungsstadium
FF	Fruchtfolge
GD	Gründüngung
GP	Ganzpflanze
GS-Roggen GSR	Grünschnittroggen
HF	Hauptfrucht
K	Kalium
Kö	Körner
kWh	Kilowattstunde
LJM	Langjähriges Mittel (1981-2010)
Mg	Magnesium
Misch.	Mischung
MWh	Megawattstunde
N / N _{min}	Stickstoff / im Boden in mineralisierter Form vorliegender Stickstoff
oTM	organische Trockenmasse
oTS	organische Trockensubstanz
P	Phosphor
PSM	Pflanzenschutzmittel
S	Stroh
SoZwFr / SZF	Sommerzwischenfrucht
Tab.	Tabelle
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
W.Gerste	Wintergerste
W.Triticale	Wintertriticale
W.Weiz	Winterweizen
WiZwFr / WZF	Winterzwischenfrucht
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg e.V.
ZF	Zweitfrucht

1 Einleitung

Der Energiepflanzenanbau erlebte seit 2004, ausgelöst durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) der Jahre 2000 und 2004, einen starken Aufschwung. Die Zahl der Biogasanlagen umfasste bis dahin 1.750 Anlagen. In den Jahren 2005, 2006 und 2009 erreichte der Neubau seinen Höhepunkt mit jährlich etwa 600 bis 1.100 Anlagen. In Verbindung mit diesem Zuwachs und der Förderung des Einsatzes von Co-Substraten wurde immer mehr Fläche für den Anbau von Energiepflanzen benötigt. Mais spielt hierbei als Co-Substrat eine zentrale Rolle, weil diese Kulturart über viele positive Eigenschaften wie hohes Ertragspotential, hohen züchterischen Fortschritt, etablierte Produktionsverfahren mit einfacher Bestandesführung und Selbstverträglichkeit verfügt. Der dauerhafte Anbau nur einer Kulturart birgt jedoch auch Nachteile aus pflanzenbaulicher Sicht. Außerdem wird der Maisanbau, der den Großteil des Energiepflanzenanbaus darstellt, in der öffentlichen Diskussion zunehmend negativ bewertet. Durch die Streichung des Energiepflanzenbonus im EEG 2014 reduzierte sich der Anlagenzubau deutlich auf 163 Neuanlagen bzw. 268 MW installierte elektrische Leistung im Jahr 2014. Für 2015 wird ein Zuwachs von 202 Anlagen bzw. 272 MW installierter elektrischer Leistung auf insgesamt 8.928 Anlagen bzw. 4.177 MW installierte elektrische Leistung prognostiziert (Quelle: Fachverband Biogas, Stand November 2015).

Das Energiepflanzenfruchtfolgeprojekt EVA begann 2005 mit dem Ziel der Entwicklung und des Vergleichs von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands im Rahmen vielfältiger Versuche. Mit dem Versuchsjahr 2009 startete das Folgeprojekt EVA II mit der zweiten Rotation. Hier beteiligte sich auch das Land Sachsen-Anhalt im Rahmen des Grundversuches im Teilprojekt 1 mit der Prüfung verschiedener Fruchtfolgen.

Das Projekt untersuchte bis zur dritten Projektphase die Möglichkeiten der Einbindung unterschiedlicher Kulturpflanzenarten in verschiedene Anbausysteme (Hauptfrucht-, Zweitfrucht-, Zwischenfrucht-, Mischfruchtanbau) mit dem Ziel der Diversifizierung im Energiepflanzenbau und der Aufweitung von Energiepflanzenfruchtfolgen. Die Bewertung der Pflanzenarten, Anbausysteme und Fruchtfolgen erfolgt im Komplex acker- und pflanzenbaulicher sowie ökonomischer (Justus-Liebig-Universität Gießen) und ökologischer (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, ZALF, Müncheberg) Begleitforschung.

Basis des Projektes bildet ein vierjähriger statischer Fruchtfolgeversuch, der bundesweit auf inzwischen elf Standorten parallel durchgeführt wird. Dieser Grundversuch des Teilprojektes 1 wird durch weitere Teil- und Satellitenprojekte begleitet, die Fragen der Leistung und Nachhaltigkeit verschiedener Produktionssysteme aufgreifen. Im Gesamtprojekt arbeiten 15 Partnerinstitutionen zusammen. Die aus der ersten bzw. zweiten Rotation gewonnenen Erkenntnisse wurden im zweiten bzw. dritten Fruchtfolgedurchgang (EVA II bzw. III) zur Anpassung der verschiedenartigen Anbausysteme für Energiepflanzen berücksichtigt.

Das Projekt endet zum 30.11.2015 vor Abschluss der Fruchtfolgen der dritten Laufzeit. Der vorliegende Bericht ist demzufolge ein Schlussbericht, der die Fruchtfolgen nicht endgültig bewerten kann. Erhobene Daten können teilweise ausgewertet werden, die ökonomische und ökologische Bewertung für die bisher durchgeführten Versuche konnte nur unvollständig erfolgen. Gegenstand dieses Berichtes sind alle in der dritten Phase ermittelten Daten und dazugehörigen Auswertungen, sofern diese durchgeführt werden konnten.

2 Versuchsdurchführung am Standort Bernburg

2.1 Charakterisierung des Standortes

Der Versuchsstandort Bernburg-Strenzfeld liegt im Salzlandkreis am Südrand der Magdeburger Börde ca. 80 m über NN und vertritt im EVA-Projekt die trockenen Löß-Standorte mit Bodenwertzahlen über 90 (Anbauregion „gute Böden mit schlechter bis mittlerer Wasserversorgung“). Charakteristisch vorherrschend ist der Bodentyp Löß-Schwarzerde (Tschernosem) aus Schluff über Carbonatschluff. Der Humushorizont erstreckt sich bis in Tiefen von 70 bis 90 cm. An die im Mittel 130 cm starke Schicht aus schluffigem Lehm und die 50 cm mächtige Schicht aus lehmigem Sand schließt massiver Kalkstein an. Die vom Grundwasser unbeeinflussten Böden können nur die gefallenen und gespeicherten Jahresniederschläge von ca. 511 mm im langjährigen Mittel (LJM, 1981-2010) nachliefern. Durch die Lage im Regenschatten des Harzes mit (nord-) westlicher Hauptwindrichtung variiert die Niederschlagsverteilung sehr stark. Insbesondere im April/ Mai kommt es oft zu einer Vorsommertrockenheit, die das Mitteldeutsche Trockengebiet kennzeichnet. Die hohe Wasserhaltekapazität von etwa 300 mm Feldkapazität bzw. 200 mm nutzbarer Feldkapazität jeweils in einem Meter Tiefe kompensiert die Niederschlagsdefizite. Die Verschlammungsneigung ist hoch, bei Bodenverdichtungen kann es leicht zu Staunässe kommen. Der effektive Wurzelraum erstreckt sich bis in 1,3 m Tiefe. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,7 °C im LJM.

In der sehr fruchtbaren Ackerbauregion ist traditionell die Marktfruchtproduktion qualitativ hochwertiger Pflanzenerzeugnisse heimisch. Die Anbaugestaltung richtet sich hauptsächlich nach dem erzielbaren Deckungsbeitrag der einzelnen Fruchtarten, so dass Raps, Weizen, und Zuckerrüben den Anbau bestimmen. Das relativ warme Binnenklima lässt auch Körnermais mit Reifezahlen bis 270 sicher ausreifen, dessen Anbau jedoch eine untergeordnete Rolle spielt. Der Silomaisanbau hat mit 12 % der Ackerfläche (2015) in Sachsen-Anhalt wegen niedriger Tierbestände einen relativ geringen Anbauumfang. Dennoch zunehmender Befall durch den Maiszünsler unterstreicht die Bedeutung des Anbaus alternativer Energiepflanzen. Erstmals trat im Jahr 2014 der Maiswurzelbohrer in Sachsen-Anhalt auf. Die Funde waren in geringer Entfernung zum Versuchsstandort zu verzeichnen.

2.2 Witterungsverlauf im Versuchszeitraum

Der Versuchszeitraum der dritten Projektlaufzeit ist durch überdurchschnittliche Temperaturen von 10,3 °C und erhöhte Niederschläge von 541 mm charakterisiert (Abb. 1), die damit um 0,6 °C bzw. 30 mm über dem langjährigen Mittel liegen.

Die Temperaturen im gesamten Versuchszeitraum Oktober 2012 bis September 2015 bewegten sich in den Herbst- und Wintermonaten Oktober bis Februar sowie im April, Juli und August auf höherem Niveau. Die für die Abreife des Getreides bzw. der C4-Pflanzen entscheidenden Monate Juni und September zeigten mittlere Temperaturen. Im März und Mai war es dagegen etwa 1 °C kälter als im LJM.

Durchschnittliche Regenmengen fielen lediglich in den Monaten November, Januar und September. Ansonsten war die Niederschlagsverteilung sehr ungleichmäßig, weshalb die Niederschläge im Oktober, April, Mai, Juli und August die Defizite der Monate Dezember, Februar, März und Juni ausgleichen mussten.

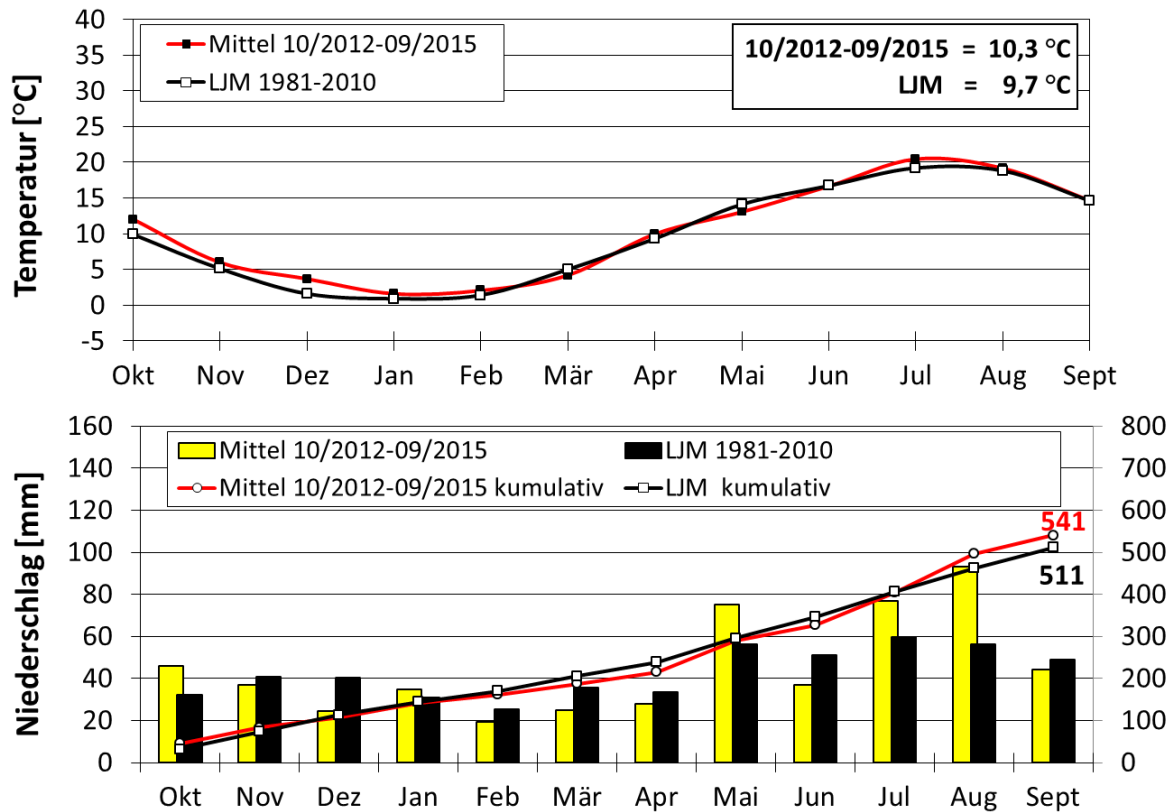


Abb. 1: Witterungsverlauf 10/2012-9/2015 im Vergleich zum LJM am Standort Bernburg

Die Witterung der einzelnen Versuchsjahre wurde bereits in den vorangegangenen Zwischenberichten detailliert betrachtet, weshalb an dieser Stelle lediglich auf das Versuchsjahr von Oktober 2014 bis September 2015 eingegangen wird (Abb. 2).

Die Herbst- und Wintermonate 2014/15 waren durch mittlere bis geringe Niederschlagsmengen bei teilweise deutlich erhöhten Temperaturen gekennzeichnet. Von Februar bis Juni bewegten sich die Temperaturen auf ähnlichem Niveau wie im LJM. Gleichzeitig betrug der Niederschlag nur etwa 30 bis 77 % des LJM. Dadurch entstand deutlicher Trockenstress. Erst die um 1,0 bzw. 2,5 °C als das LJM wärmeren Monate Juli und August füllten die Bodenwasservorräte mit Niederschlägen in Höhe von 86 und 119 mm (144 bzw. 212 % des LJM) wieder auf.

Das vergangene Versuchsjahr ist insgesamt durch eine Durchschnittstemperatur von 10,6 °C (0,9 °C über LJM) und einen Niederschlag von 446 mm (65 mm unter LJM) gekennzeichnet.

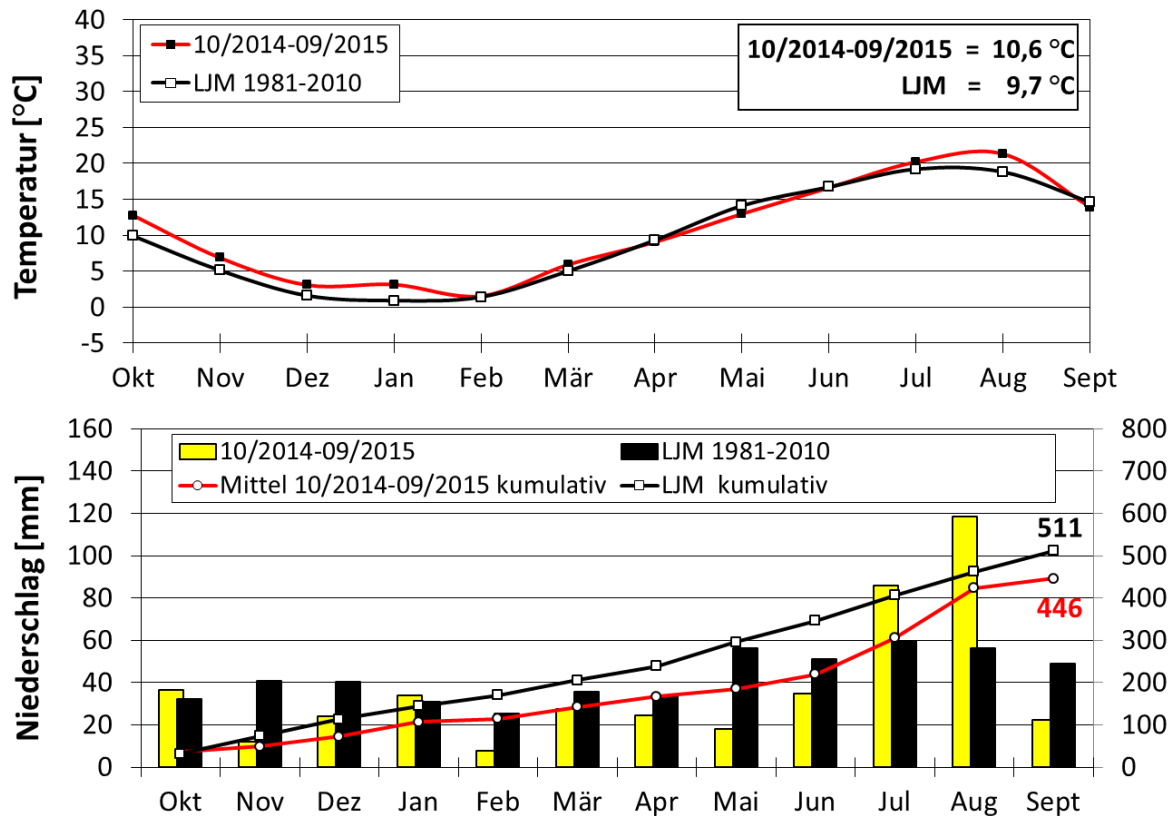


Abb. 2: Witterungsverlauf 10/2014-9/2015 im Vergleich zum LJM am Standort Bernburg

2.3 Versuchsaufbau, Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen

Mit der Herbstsaussaat 2012 begann die dritte Laufzeit des EVA-Fruchtfolgeversuches (Anlage 5). Zeitversetzt um ein Jahr wird jedes Anbaujahr in einer weiteren Versuchsanlage (Anlage 6) wiederholt. Neben den sieben überregionalen Fruchtfolgen im Verbund wurden weitere drei regionale Fruchtfolgen am Versuchsstandort integriert (Tab. 1).

Die Verbundfruchtfolgen sind vielfältig gestaltet und bestehen aus vielen Zweifruchtsystemen aus Ganzpflanzengetreide und Sommerzwischenfrüchten, die teils energetisch genutzt werden (Sudangras (*Sorghum bicolor* x *sudanense*), einjähriges Weidelgras) und teils als Gründüngung auf dem Feld verbleiben (Phacelia, Senf). In der Verbundfruchtfolge 5 wird nun außerdem die Zuckerrübe geprüft. Außerdem wird an jedem Standort die Maisselbstfolge (FF 11) als gängige Praxis in vielen Betrieben integriert. Die Fruchtfolge 12 entspricht der Fruchtfolge 3 mit einer um 25 % reduzierten Stickstoffdüngung. In den regionalen Fruchtfolgen soll dagegen der Daueranbau von Futterhirse sowie die Kombination dieser Kultur mit Grünschnittroggen als Winterzwischenfrucht untersucht werden. Zusätzlich wurde am Standort Bernburg die Gewässerschutzfruchtfolge als Zweifruchtsystem aus Grünschnittroggen und Mais gewählt, die durch die fast dauerhafte Bodenbedeckung, angepasste Stickstoffdüngung sowie reduzierte Bodenbearbeitung zur Zweitfrucht Mais der Bodenerosion und Nährstoffausträgen entgegen wirken soll. Die Nachwirkung von drei Fruchtfolgejahren wird wiederum im vierten Jahr mit dem einheitlichen Fruchtfolgeglied Winterweizen zur Nutzung von Korn und Stroh untersucht.

Tab. 1: Überblick über die EVA III-Fruchtfolgen im Grundversuch in Sachsen-Anhalt

Jahr/ FF	Verbund-FF						Regional-FF			Verbund-FF
	1	2	3	4	5	11	14 Gewässers chutz	8	9	12 (=FF3 um 25%N- reduziert)
2013; 2014	W.Gerste (GP)/ Sudangras (SoZwFr)	Senf (SoZwFr)/ Futterhirse	Senf (SoZwFr)/ Mais	Luzerne- gras	Wick- roggen (GP)/ Weidelgras US	Mais	GS-Roggen (WiZwFr)/ Mais (ZF)	Futter- hirse	GS-Roggen (WiZwFr)/ Futterhirse (ZF)	Senf (SoZwFr)/ Mais
2014; 2015	Mais	GS-Roggen (WiZwFr)/ Mais (ZF)	GS-Roggen (WiZwFr)/ Futterhirse (ZF)	Luzerne- gras	Weidelgras (WiZwFr)/ Mais (ZF)	Mais	GS-Roggen (WiZwFr)/ Mais (ZF)	Futter- hirse	GS-Roggen (WiZwFr)/ Futterhirse (ZF)	GS-Roggen (WiZwFr)/ Futterhirse (ZF)
2015; 2016	W.Triticale (GP)/ Phacelia (SoZwFr)	W.Triticale (Korn)	W.Triticale (GP)/ einj. Weidelgras (SoZwFr)	Luzerne- gras (WiZwFr)/ Mais (ZF)	Zuckerrübe (Körper + Blatt)	Mais	GS-Roggen (WiZwFr)/ Mais (ZF)	Futter- hirse	GS-Roggen (WiZwFr)/ Futterhirse (ZF)	W.Triticale (GP)/ einj. Weidelgras (SoZwFr)
2016; 2017	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)

Sudangras = Sorghum bicolor x sudanense, Futterhirse = Sorghum bicolor

fett = Energiepflanze, nicht fett = Marktfrucht bzw. Zwischenfrucht zur Gründüngung

Die um ein Jahr zeitversetzte sechste Anlage des Versuches soll einer von Witterungseffekten unabhängigeren Aussage über die Ertragsfähigkeit der Fruchtfolgen dienen. Dies gelang in der zweiten Projektlaufzeit (analog 3. und 4. Anlage) nur teilweise. Regionale Wetterextreme wie Starkniederschläge und Dürreperioden in einzelnen Jahren erschwerten konkrete Angaben zur Ertragssicherheit der Kulturarten sowie die Einordnung der fruchtfolgespezifischen Ertragsunterschiede als eine Reaktion auf Witterungs- oder Fruchtfolgeeffekte. Verlässliche Ertragsdaten bilden jedoch die Grundlage für alle ökologischen und ökonomischen Aussagen zu den Fruchtfolgen im Verbundprojekt. Um dieses Risiko zu reduzieren, war es notwendig, versuchstechnisch mehr Stabilität in den Versuchsanlagen zu erzeugen. Die ersten drei Fruchtfolgen wurden in einem zusätzlichen Teilversuch „Risikoabschätzung“ so angelegt, dass jedes Fruchtfolgeglied in jedem der vier Versuchsjahre geprüft wird. Das Schema der Fruchtarten-Anordnung ist in der Tabelle 2 dargestellt. Da durch die fünfte und sechste Anlage bereits zwei Jahre abgedeckt sind, muss jede Fruchtfolge noch zweimal angelegt werden. Daher entstehen die Bezeichnungen siebente und achte Anlage. Damit wird die Aussagekraft der Ergebnisse durch Abbildung der Witterungseffekte oder sonstiger externer Einflüsse (z.B. Wildschaden) erhöht. Außerdem können im Bereich der Erstellung von Risikoparametern wie der Ertragsstreuung fundierte Ergebnisse geliefert werden.

Tab. 2: Überblick über die EVA III-Fruchtfolgen im Versuch Risikoabschätzung*

Jahr/ FF	Versuch Risikoabschätzung					
	7-1	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3
2013	W.Triticale (GP)/ Phacelia (SoZwFr)	W.Triticale (Korn)	W.Triticale (GP)/ einj. Weidelgras (SoZwFr)	Mais	GS-Roggen (WiZwFr)/ Mais (ZF)	GS-Roggen (WiZwFr)/ Futterhirse (ZF)
2014	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)/ Senf (SoZwFr)	W.Weil (Korn)/ Senf (SoZwFr)	W.Triticale (GP)/ Phacelia (SoZwFr)	W.Triticale (Korn)	W.Triticale (GP)/ einj. Weidelgras (SoZwFr)
2015	W.Gerste (GP)/ Sudangras (SoZwFr)	Futterhirse	Mais	W.Weil (Korn)	W.Weil (Korn)/ Senf (SoZwFr)	W.Weil (Korn)/ Senf (SoZwFr)
2016	Mais	GS-Roggen (WiZwFr)/ Mais (ZF)	GS-Roggen (WiZwFr)/ Futterhirse (ZF)	W.Gerste (GP)/ Sudangras (SoZwFr)	Futterhirse	Mais

* Futterhirse = Sorghum bicolor; Sudangras = Sorghum bicolor x sudanense

fett = Energiepflanze, nicht fett = Marktfrucht bzw. Zwischenfrucht zur Gründüngung

Der Fruchtfolgeversuch am Standort Bernburg wird typisch für einen potenziellen Hohertragsstandort mit einer hohen Anbauintensität betrieben. Alle Versuchsarbeiten des Jahres 2014/15 (Tab. 7 ff. S. 40 ff. im Anhang) werden nach den Vorgaben der guten fachlichen Praxis durchgeführt. Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgen in Anlehnung an den integrierten Pflanzenschutz. Der pflanzenverfügbare Stickstoff wird anhand der in den drei Bodentiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm entnommenen Bodenproben analysiert und errechnet. Als Stickstoffdünger wird Kalkammonsalpeter (27 % N) verwendet. Die Grundnährstoffversorgung wird prüfgliedweise im Frühjahr auf Grundlage der Nährstoffanalysen in 0-30 cm Bodentiefe (CAL-Analytik) und dem Entzug der Vorfrucht (bzw. Vorfrüchte bei Zweifruchtsystemen) vorgenommen.

Der Fruchtfolgeversuch ist in Form einer Langparzellenanlage mit vier unechten Wiederholungen angelegt. Sämtliche Bonituren werden nach den Vorgaben der Versuchskonzeption und nur an den Kernparzellen erhoben, an denen später auch die Ertragsfeststellung und Erntegutbeprobung durchgeführt wird.

Die Ganzpflanzenernte wird mit einem zu wesentlichen Teilen aus Projektmitteln beschafften Anbauhäcksler mit Wägeeinrichtung durchgeführt. Die frischen Ernteproben werden nach der Wägung geteilt und parzellenweise bei 105 °C für die Trockensubstanz(TS)-Bestimmung sowie eine Mischprobe aller vier Wiederholungen bei 60 °C für die anschließende Inhaltsstoff- und Nährstoffanalyse getrocknet. Die Makronährstoffe N, P, K und Mg werden in Form einer Elementaranalyse nach den Richtlinien des VDLUFA ermittelt. Die Bestimmung der Fraktionen an Rohasche, Säure-Detergenz-Faser (ADF) und Säure-Detergenz-Lignin (ADL) erfolgt durch die Weender Futtermittelanalyse. Die Methanhektarerträge werden auf der

Grundlage der in umfangreichen Untersuchungen im ATB über alle Standorte ermittelten Richtwerte für Methanausbeute und –gehalt der einzelnen Substrate sowie den Erträgen an organischer Trockenmasse aus dem jeweiligen Versuch berechnet (Plogsties et al., 2015, 2. Zwischenbericht des Teilprojektes 4 (FKZ: 22006312)). Die Methanausbeuten beziehen sich dabei auf die Einheit organische Trockenmasse (oTM), die sich aus der Gesamttrockenmasse abzüglich Rohaschegehaltes ergibt.

Die Wetterdaten stammen von der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes am Standort Bernburg-Strenzfeld, die etwa 2,5 km vom Versuchsfeld entfernt liegt. Die Bonituren der Bestandesparameter (Bestandeshöhe, Bodenbedeckungsgrad, BBCH-Stadien etc.) erfolgen anhand der Vorgaben des ZALF bzw. nach den Richtlinien des Bundessortenamtes. Bei größeren Stichprobenumfängen eines Parameters innerhalb einer Wiederholung wird für jede Wiederholung ein entsprechender Mittelwert gebildet.

2.4 Versuchsdurchführung

Wie im Abschnitt 2.2 soll auf die Beschreibung des Zusammenhanges zwischen Witterung und Pflanzenentwicklung auf die Zwischenberichte 2013 und 2014 verwiesen werden, in denen die Versuchsdurchführung ausführlich beschrieben wurde. In dem vorliegenden Schlussbericht soll lediglich das Versuchsjahr 2014/2015 betrachtet werden.

Die milde Herbstwitterung ermöglichte eine termingerechte Aussaat des Senfes und der Wintergerste der siebenten Anlage am 13. August bzw. 18. September sowie der weiteren Winterungen am 2. Oktober. Die Niederschläge im September 2014 erschwerten allerdings die Bodenbearbeitung, weshalb die Aussaat in ein teilweise recht grobes Saatbett erfolgen musste. Aufgrund ausreichender Niederschläge und warmer Witterung konnte bei allen Kulturen ein zügiger Feldaufgang zwischen 75 und 85 %, beim Senf sogar um 95 % erreicht werden. Lediglich die Wintergerste lag mit 58 % auf deutlich geringerem Niveau. Beginnender Laufkäferbefall im Winterweizen entwickelte sich nicht weiter. Teilweise traten kleinere Schäden durch Wildschweine auf, die sich allerdings im Frühjahr verwachsen konnten.

Der Winter zeigte sich insgesamt sehr mild und trocken und sicherte damit einen guten Entwicklungsstand der Kulturen zu Vegetationsbeginn, der gegen Ende Februar eintrat. Der Senf froh trotzdem sicher ab und konnte im Frühjahr gut eingearbeitet werden. Die Zuckerrübensaat erfolgte am 23. März. Aufgrund kühler Witterung liefen sie erst am 13. April auf, konnten sich danach jedoch gut entwickeln. Bedingt durch den frühen Vegetationsbeginn und gute Erfahrungen mit frühen Aussaatterminen am Standort Bernburg in den Vorjahren erfolgte die Aussaat von Mais und Futterhirse bereits am 16. April. Die geringen Feldaufgänge der Futterhirse zwischen 48 und 70 % sind jedoch eher auf die trockenen Bedingungen anstatt auf den frühen Aussaattermin zurückzuführen.

Die Witterung im April/ Mai war wie im Vorjahr optimal für die Entwicklung von Gelbrost, der sich in der gegenüber der seit 2014 überwiegend aufgetretenen Gelbrostrasse („Warrior-Rasse“) sehr anfälligen Winterweizensorte JB Asano wiederum ausbreitete. Die Fungizidapplikation wurde 2015 zeitiger gesetzt, so dass keine zusätzliche Maßnahme erforderlich war. Die Getreidebestände entwickelten sich sehr gut, da sich aufgrund der seit der Aussaat überwiegend sehr trockenen Bedingungen ein gutes Wurzelsystem ausgebildet hatte und Wasservorräte in tieferen Schichten genutzt werden konnten. Das Wachstum der C4-

Pflanzen war aufgrund der kühlen Temperaturen im Mai und der Trockenheit verhalten.

Die Ernte des Grünschnittroggens und der erste Schnitt des Luzernegrases der fünften sowie des Weidelgrases der sechsten Anlage und die anschließende Aussaat von Mais und Hirse erfolgten Mitte Mai. Trockenheit und anfangs niedrige Temperaturen führten dazu, dass bei Mais und Hirse bis Ende Juni keine Keimung erfolgte. Der Anfang Juli zu verzeichnende Feldaufgang war zum Teil sehr schlecht, was in der Fruchtfolge 9 der fünften Anlage zum Umbruch mit erfolgreicher Neuansaat am 10. Juli veranlasste. Um eine bessere Abreife zu ermöglichen, wurde anstatt planmäßig Futterhirse ein Sudangras gedrillt.

Wintertriticale zur Ganzpflanzennutzung (5. Anlage) wurden am 29. Juni geerntet. Anschließend erfolgte die Aussaat der Zwischenfrüchte Phacelia und Weidelgras am 30. Juni, deren mittlerer Aufgang nach zehn (Weidelgras) bzw. vierzehn (Phacelia) Tagen zu verzeichnen war. Da die Böden stark ausgetrocknet waren, konnten die Niederschläge im Juli nur bedingt genutzt werden. Phacelia ging sehr schnell und bei geringer Bestandeshöhe in die generative Phase über, konnte im weiteren Verlauf jedoch noch sehr gute Zuwächse erreichen. Das Weidelgras dagegen realisierte bis Anfang Oktober sehr geringe Erträge.

Die häufigen Niederschläge im Juli erschwerten den Mähdrusch von Winterweizen und Wintertriticale kaum, so dass die Ernte am 23. Juli ohne Qualitätseinbußen (vorrangig bei der Fallzahl) durchgeführt werden konnte. Der Senf nach Winterweizen konnte im direkten Anschluss gedrillt werden und lief innerhalb von vier Tagen auf. Die Witterung im Juli und August war für die C4-Pflanzen sowie die Zuckerrüben optimal, so dass vorrangig bei der Futterhirse in Hauptfruchtstellung hohe Erträge bei optimalen Trockensubstanzgehalten erreicht wurden (siehe 3.1). Luzernegras profitierte ebenfalls von der überwiegend warmen und feuchten Witterung im Vegetationsverlauf, so dass vier Schnitte durchgeführt werden konnten. Mais in Hauptfruchtstellung litt zu lange unter der Trockenheit, konnte von den Sommerniederschlägen weniger profitieren und reifte frühzeitig Ende August ab. Die Zweitfrüchte starteten bedingt durch den stark verzögerten Feldaufgang sehr spät und konnten bis Ende September nur geringe Erträge bei unzureichenden TS-Gehalten erzielen. Die Zuckerrüben-ernte konnte noch vor den ergiebigen Niederschlägen am 6. Oktober durchgeführt werden.

Alle durchgeführten Feldarbeiten im Versuchszeitraum 2014/15 können in den Tabellen 7 ff. (S. 40 ff. im Anhang) nachgelesen werden.

3 Ergebnisse

3.1 Trockenmasseertrag

3.1.1 Trockenmasseertrag der Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Die erzielten Trockenmasseerträge im Grundversuch (5./ 6. Anlage) liegen unter Einbeziehung des Gründungs- bzw. Rübenkopfertrages auf niedrigerem Niveau als in den Vorjahren. Sie bewegen sich zwischen 131 dt/ha TM bei Luzernegras (FF 4) und 254 dt/ha TM bei Zuckerrüben (inkl. Kopf- und Blattanteil; Abb. 3).

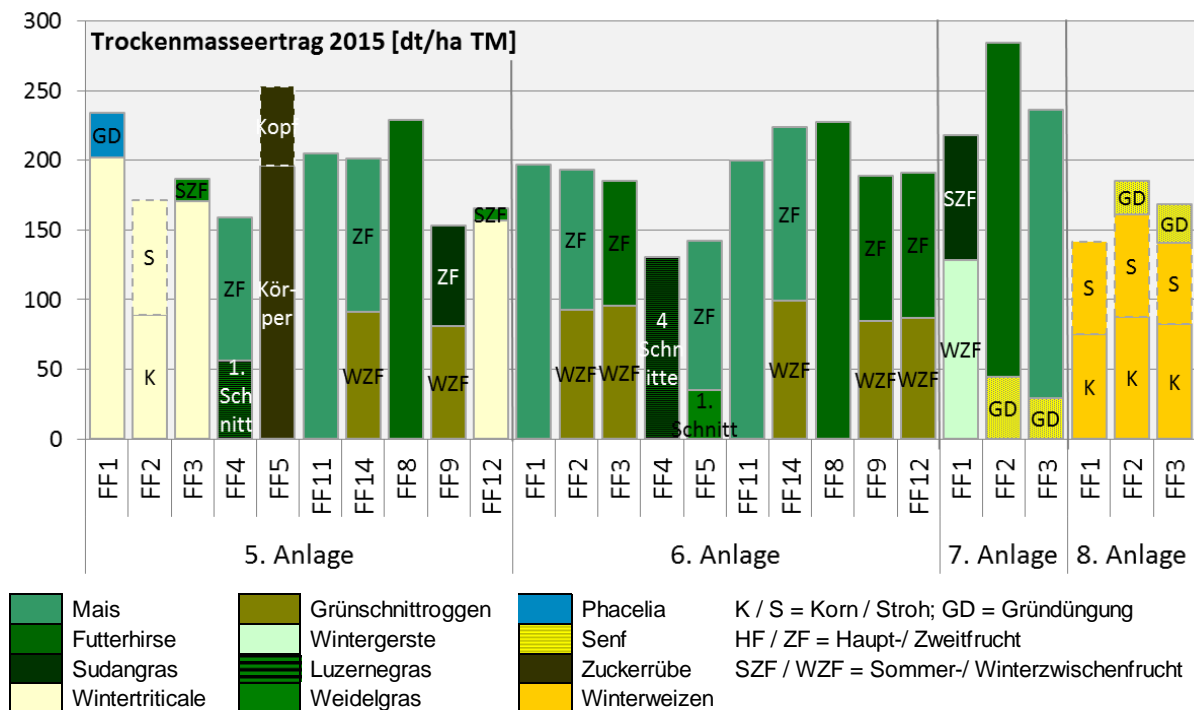


Abb. 3: Trockenmasseertrag [dt/ha TM] der Fruchtarten (Versuchsjahr 2015)

Mais und Futterhirse als Hauptfrucht sowie die Zuckerrübe sind die ertragsstärksten Kulturen und zeigen mit 197 bis 207, 228 bis 240 bzw. 196 dt/ha TM für den Standort Bernburg mittlere bis gute Erträge. Der feuchtwarme Sommer konnte die ungünstige Witterung in den ersten Wochen nach der Aussaat bei Zuckerrüben und Mais nicht ausgleichen. Die Futterhirse dagegen profitiert erneut von den Niederschlägen nach der Trockenphase. In Zweitfruchtstellung realisieren Mais und Futterhirse durchschnittlich 109 bzw. 99 dt/ha TM, was einem Ertragsverlust von etwa einem Drittel im Vergleich zu den Vorjahren bedeutet. Das nachgesäte Sudangras der Fruchtfolge 9 (5. Anlage) erreicht lediglich 72 dt/ha TM.

Grünschnittroggen kann wiederum mit 90 dt/ha TM das Ertragsniveau der Vorjahre deutlich übertreffen. Wintertriticale schneidet dagegen mit 177 dt/ha TM etwas schwächer als im Mittel der Vorjahre ab. Im Luzernegras waren vier Schnitte möglich, jedoch kann in der Summe lediglich ein Durchschnittsertrag von 131 dt/ha TM erzielt werden. Der erste Schnitt des Weidelgrases im Frühjahr fiel mit 35 dt/ha TM wesentlich geringer als 2014 aus und auch als Sommerzwischenfrucht wurden aufgrund der Trockenheit nur 16 bzw. 9 dt/ha TM geerntet. Phacelia zur Gründung sowie Wintertriticale als Marktfrucht erreichen mit 33 dt/ha TM

bzw. 104 dt/ha (14,0 % TS; Kornnutzung) überdurchschnittliche Erträge. Bedingt durch die Trockenheit schwanken die Erträge der einzelnen Kulturarten zwischen den Fruchtfolgen und Wiederholungen deutlich stärker als in Jahren mit normaler Wasserversorgung.

Die Trockensubstanzgehalte der C4-Pflanzen als Hauptfrüchte sowie der Wintertriticale befinden sich überwiegend im optimalen Bereich zwischen 28 und 36 % (Tab. 7 ff. S. 40 ff. im Anhang). Zu geringe Werte zwischen 17 und 26 % TS weisen Luzernegras, Weidelgras, Grünschnittroggen sowie Mais, Futterhirse und Sudangras als Zweitfrüchte auf.

Im Versuch Risikoabschätzung werden aus den Fruchtfolgen 1 bis 3 je zwei Fruchtfolgeglieder geprüft (ebenfalls Abb. 3). Die Kombination von Wintergerste und Sudangras in der siebenten Anlage erreicht ein im Vergleich zur Ertragsleistung dieser Fruchtfolge in den Vorjahren mittleres Ertragsniveau von 218 dt/ha TM. Futterhirse und Mais in Hauptfruchtstellung (FF 2 und 3) schneiden mit 240 bzw. 207 dt/ha TM besser als in den anderen Anlagen ab.

In der achten Anlage erfolgte über alle Fruchtfolgen der Anbau von Winterweizen zur Kornnutzung. Die Kornerträge liegen mit 88, 96 und 102 dt/ha (14,0 % Feuchte) auf mittlerem bis hohem Niveau. Der im Anschluss gedrillte Senf (FF 2 und 3) erzielt mit 24 bzw. 28 dt/ha TM gute Erträge.

Die Futterhirse kann mit 29 % einen optimalen TS-Gehalt erzielen. Wintergerste und Mais hätten bereits zu einem früheren Zeitpunkt geerntet werden können (36 bzw. 35 % TS). Das Sudangras nach der Wintergerste war noch nicht ausreichend abgereift (23 % TS).

3.1.2 Trockenmasseertrag der Fruchtfolgen in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015

Ein Vergleich der Trockenmasseerträge der Fruchtfolgen ist innerhalb jeweils einer Anlage möglich, zwischen den Anlagen können nur die ersten zwei Jahre der Fruchtfolgen miteinander verglichen werden (Abb. 4).

In der fünften Anlage erreicht die Fruchtfolge 3 (Senf – Mais; Grünschnittroggen – Sorghum; Wintertriticale – Weidelgras) mit 709 dt/ha TM den höchsten Ertrag aller Fruchtfolgen, gefolgt von der gleichen Fruchtfolge bei reduzierter Stickstoffdüngung (FF 12) sowie der Futterhirselbstfolge (FF 8) mit 694 bzw. 684 dt/ha TM. Am ertragsschwächsten zeigt sich die Fruchtfolge 4 (2 Jahre Luzernegras – Mais) mit 393 dt/ha TM, die damit um 316 dt/ha TM im Vergleich zur besten Fruchtfolge abfällt. Die Maisselbstfolge schneidet mit 612 dt/ha TM um 97 dt/ha TM schlechter als die Fruchtfolge 3 ab. Alle übrigen Fruchtfolgen liegen mit Trockenmasseerträgen zwischen 651 und 679 dt/ha TM auf hohem Niveau. Mit Ausnahme der Fruchtfolge 4 sind die Differenzen zwischen den Fruchtfolgen gering einzustufen.

Den höchsten Ertrag in der sechsten Anlage erzielt die Fruchtfolge 2 (Senf – Futterhirse; Grünschnittroggen – Mais) mit 517 dt/ha TM. Darauf folgen die Fruchtfolge 14 (Grünschnittroggen – Mais) und Futterhirse als Hauptfrucht in Selbstfolge (FF 8) mit 493 bzw. 494 dt/ha TM. Die Maisselbstfolge erreicht mit 418 dt/ha TM wiederum einen um 99 dt/ha TM geringeren Trockenmasseertrag als die beste Fruchtfolge. Lediglich die Fruchtfolgen 4 (2 Jahre Luzernegras) und 5 (Wickroggen – Weidelgras; Weidelgras – Mais) weisen mit 263 bzw. 317 dt/ha TM geringere Erträge auf. Die Differenz zwischen bester und schlechtester Fruchtfolge fällt geringer als in der fünften Anlage aus, innerhalb dieses Bereiches schwanken die Erträge der sechsten Anlage jedoch etwas stärker.

Die Betrachtung der Fruchtfolgen 11 und 8 verdeutlicht das höhere Ertragsniveau der Futter-

hirse gegenüber dem Mais in den Jahren 2013 bis 2015 und bestätigt damit die Vorteile der Sorghumhirsen bei (Vor-)Sommertrockenheit.

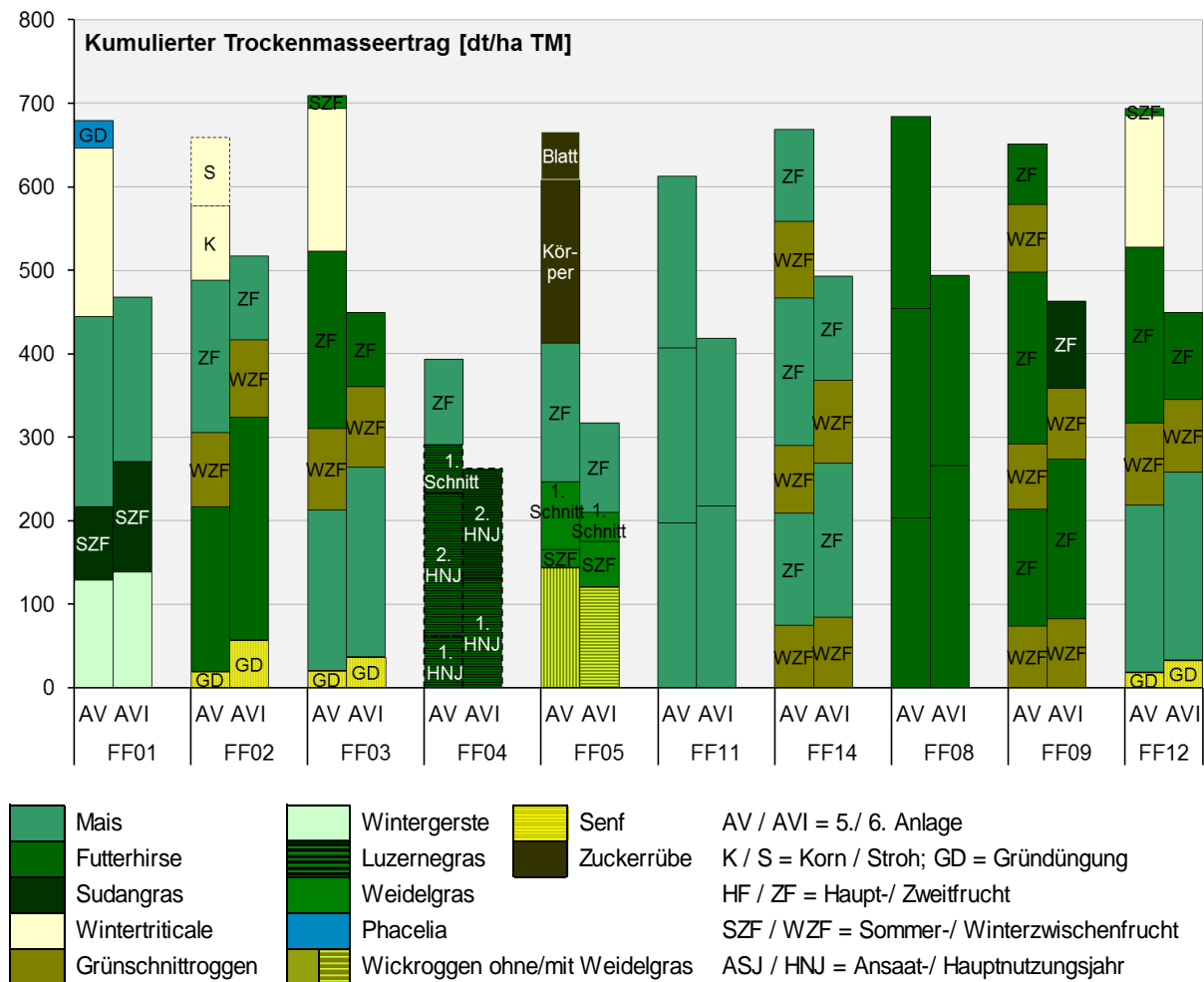


Abb. 4: Kumulierter Trockenmasseertrag [dt/ha TM] der Fruchtfolgen (2013-2015)

Die Erträge der Fruchtfolgen im Versuch Risikoabschätzung schwanken unter Berücksichtigung der Gründungs- und Stroherträge in einem sehr geringen Bereich von 595 bis 651 dt/ha TM (7. Anlage FF 2 bzw. 8. Anlage FF 3; Abb. 5). Ein Vergleich zu den Fruchtfolgen der fünften und sechsten Anlage ist jedoch schwierig. Die Erträge der Fruchtarten bzw. Fruchtartenkombinationen lagen in den Einzeljahren jedoch meist über denen des Grundversuches (5. bzw. 6. Anlage).

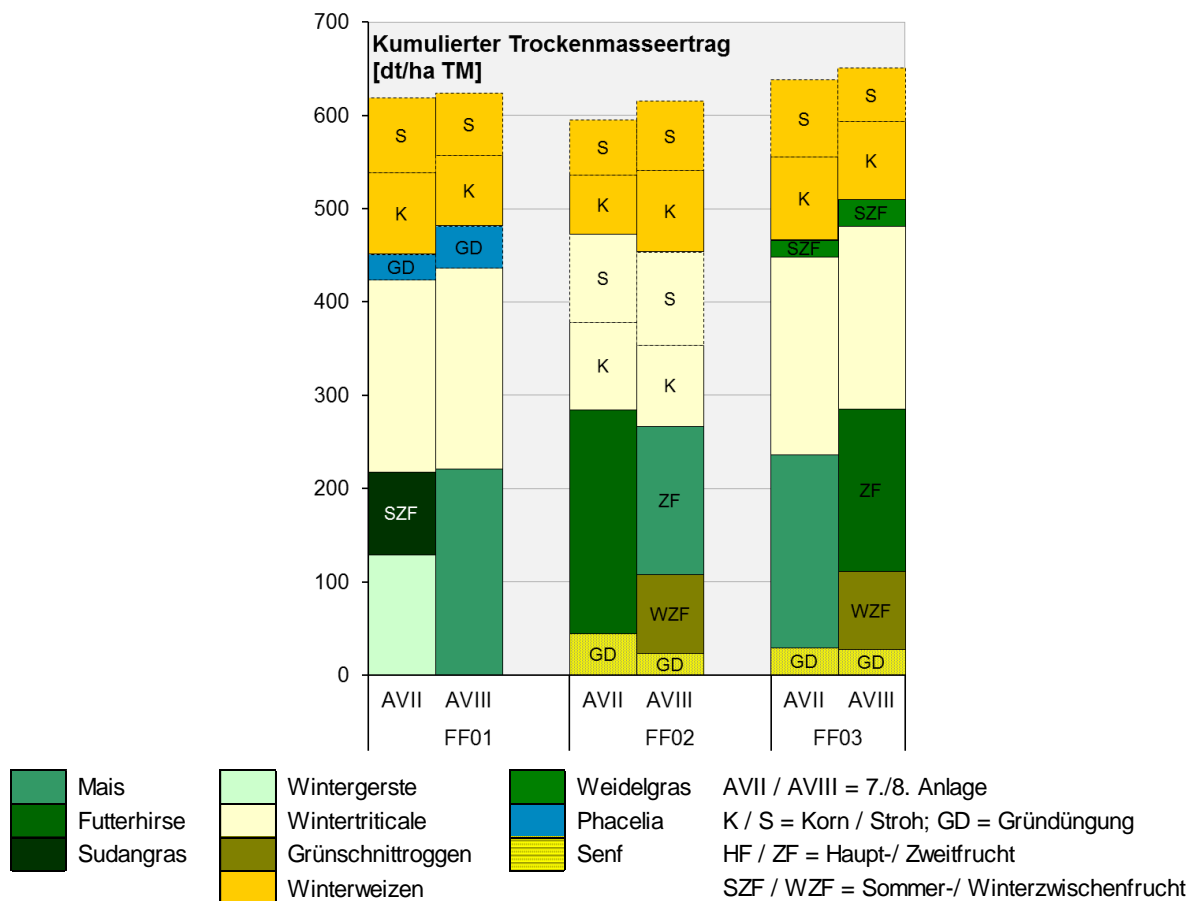


Abb. 5: Kumulierter Trockenmasseertrag [dt/ha TM] im Versuch Risikoabschätzung

3.2 Biogasausbeute und Methanhektarertrag

3.2.1 Biogasausbeute

Für die Methanausbeute der verschiedenen Substrate ist die Zusammensetzung des geernteten Materials maßgeblich. Kulturen mit hohen Stärke- und geringen Protein- sowie Rohfasergehalten besitzen höhere Ausbeuten. Außerdem wird die Methanausbeute durch das Entwicklungsstadium zum Erntezeitpunkt, den Trockensubstanzgehalt sowie bei den Ackerfruchtfruchtarten durch die Nutzungsintensität bestimmt. Die Methanausbeute bezieht sich immer auf die organische Trockenmasse (oTM).

Die Fruchtarten werden anhand der im Labor über die gesamte Projektlaufzeit über alle Standorte ermittelten durchschnittlichen Werte des ATB (Tab. 3) entsprechend des vorliegenden Entwicklungsstadiums, des Trockensubstanzgehaltes sowie der Fruchtfolgestellung bewertet. Der stärkereiche Mais als Hauptfrucht stellt mit einer Methanausbeute von 338 l/kg oTM den Referenzwert dar.

Tab. 3: Mittlere Methanausbeuten [l/kg oTM] der Fruchtarten*

Versuchs- anlage	FF	Fruchtart	Methan- ausbeute [l/kg oTM]	Methan- ausbeute [%rel. zu Mais]
5. Anlage	1	Wintertriticale HF	328	97
	3	Wintertriticale HF	328	97
		Weidelgrasmischung 1. Schnitt spät b	355	105
	4	Luzernegras 1. Schnitt früh	328	97
		Mais mangelnde Abreife	328	97
	5	Zuckerrübe (entblattet)	362	107
	11	Mais HF	338	100
	14	Winterroggen WiZwFr/Grünschnitt	352	104
		Mais mangelnde Abreife	328	97
	8	Sorghum b. gute Silageeignung (TS => 26% + BBCH < 69)	304	90
	9	Winterroggen WiZwFr/Grünschnitt	352	104
		Sorghum b. x s. schlechte Silageeignung (TS < 26%)	318	94
12	Wintertriticale HF	328	97	
	Weidelgrasmischung 1. Schnitt spät b	355	105	
6. Anlage	1	Mais HF	338	100
	2	Winterroggen WiZwFr/Grünschnitt	352	104
		Mais mangelnde Abreife	328	97
	3	Winterroggen WiZwFr/Grünschnitt	352	104
		Sorghum b. schlechte Silageeignung (TS < 26%)	314	93
	4	Luzernegras 1. Schnitt früh	328	97
		Luzernegras Folgeschnitte früh	281	83
		Luzernegras Folgeschnitte früh	281	83
		Luzernegras Folgeschnitte früh	281	83
	5	Welsches Weidelgras US/WiZwFr	412	122
		Mais mangelnde Abreife	328	97
	11	Mais HF	338	100
	14	Winterroggen WiZwFr/Grünschnitt	352	104
		Mais mangelnde Abreife	328	97
	8	Sorghum b. gute Silageeignung (TS => 26% + BBCH < 69)	304	90
	9	Winterroggen WiZwFr/Grünschnitt	352	104
		Sorghum b. schlechte Silageeignung (TS < 26%)	314	93
	12	Winterroggen WiZwFr/Grünschnitt	352	104
Sorghum b. schlechte Silageeignung (TS < 26%)		314	93	
7./8. Anlage	7-1	Wintergerste HF	331	98
		Sorghum b. x s. schlechte Silageeignung (TS < 26%)	318	94
	7-2	Sorghum b. gute Silageeignung (TS => 26% + BBCH < 69)	304	90
	7-3	Mais HF	338	100

* im Versuchsjahr 2015 angewendete Methanausbeuten nach den über alle Standorte ermittelten Laborwerten des ATB (Plogsties et al. 2015, 2. Zwischenbericht des Teilprojektes 4) entsprechend vorliegendem TS-Gehalt, Fruchtfolgestellung und BBCH-Stadium zur Ernte

Im Gegensatz zu den Trockenmasseerträgen steigt die Methanausbeute bei Mais in Zweitfruchtstellung normalerweise auf 345 l/kg oTM leicht an. Dies liegt in dem geringeren Rohfaser- und Ligningehalt begründet. Deshalb zeigt auch der Grünschnittroggen hohe Werte von 352 l/kg oTM. Im Versuchsjahr 2015 war die Abreife des Maises als Zweitfrucht allerdings mangelhaft, weshalb die Methanausbeute 328 l/kg oTM beträgt. Wintergerste und Wintertriticale bewegen sich im mittleren Bereich von 331 bzw. 328 l/kg oTM. Der erste Schnitt vom Luzerne- und Weidelgras kann im Versuchsjahr 2015 mit 328 bzw. 412 l/kg oTM bewertet werden. Dem Weidelgras als Sommerzwischenfrucht nach Wintertriticale wird eine Methanausbeute von 355 l/kg oTM zugeordnet. Die Zuckerrübe weist mit 362 l/kg oTM ebenfalls hohe Ausbeuten auf. Futterhirse (Hauptfrucht) und die Folgeschnitte des Luzernegrases besitzen deutlich geringere Methanausbeuten von 304 bzw. 281 l/kg oTM.

3.2.2 Methanhektarertrag der Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Die Berechnung der Methanhektarerträge der einzelnen Fruchtarten und Fruchtfolgen (Abb. 6, 7, 8) erfolgt mit Hilfe der Methanausbeuten nach Tabelle 3 sowie der Erträge an organischer Trockenmasse der einzelnen Fruchtarten. Es werden jedoch keinerlei unvermeidbare Siliiverluste berücksichtigt, die je nach Fruchtart und Trockensubstanzgehalt zwischen 10 und 21 % betragen. Die dargestellten Methanhektarerträge stellen demzufolge die maximal möglichen Werte ohne Abzug jeglicher Verluste dar. Die relativen Differenzen der Trockenmasseerträge der einzelnen Fruchtarten sind größer als die der Methanausbeuten, weshalb der Trockenmasseertrag einen stärkeren Einfluss auf den Methanhektarertrag hat. Die tendenzielle Rangfolge der Trockenmasseerträge spiegelt sich daher überwiegend in den Methanhektarerträgen der Fruchtfolgen wider.

Die einjährig geprüfte Zuckerrübe übertrifft Mais und Futterhirse mit einem Methanhektarertrag von 6.932 m³/ha CH₄. Trotz geringerer Methanausbeute übersteigt der Methanhektarertrag der Futterhirse in Hauptfruchtstellung (6.624 m³/ha CH₄ im Mittel des Jahres 2015) den von Mais (6.472 m³/ha CH₄). Aufgrund der ungünstigen Witterung fallen die Zweifrüchte auf 3.359 (Mais) bzw. 2.838 m³/ha CH₄ (Futterhirse) ab. In Kombination mit dem überdurchschnittlichen Grünschnittroggen (2.956 m³/ha CH₄) erzielen diese Zweifruchtssysteme gute Methanhektarerträge. Es wird jedoch deutlich, dass die Erträge der Getreidearten Grünschnittroggen und Wintertriticale stärker als die der C4-Pflanzen schwanken (Ausnahme: Mais in Zweitfruchtstellung). Die Differenz zwischen niedrigstem und höchstem Methanhektarertrag beträgt 326, 249, 781 bzw. 464 m³/ha CH₄ für Mais und Futterhirse in Haupt- bzw. Zweitfruchtstellung und 588 bzw. 1.427 m³/ha CH₄ für Grünschnittroggen bzw. Wintertriticale. Die geringsten Erträge realisieren Luzernegras (3.478 bzw. 1.649 m³/ha CH₄ bei vier bzw. einem Schnitt), Weidelgras (1.340 bzw. 380 m³/ha CH₄ bei einem Schnitt bzw. als Sommerblanksaat) und Sudangras (2.369 m³/ha CH₄).

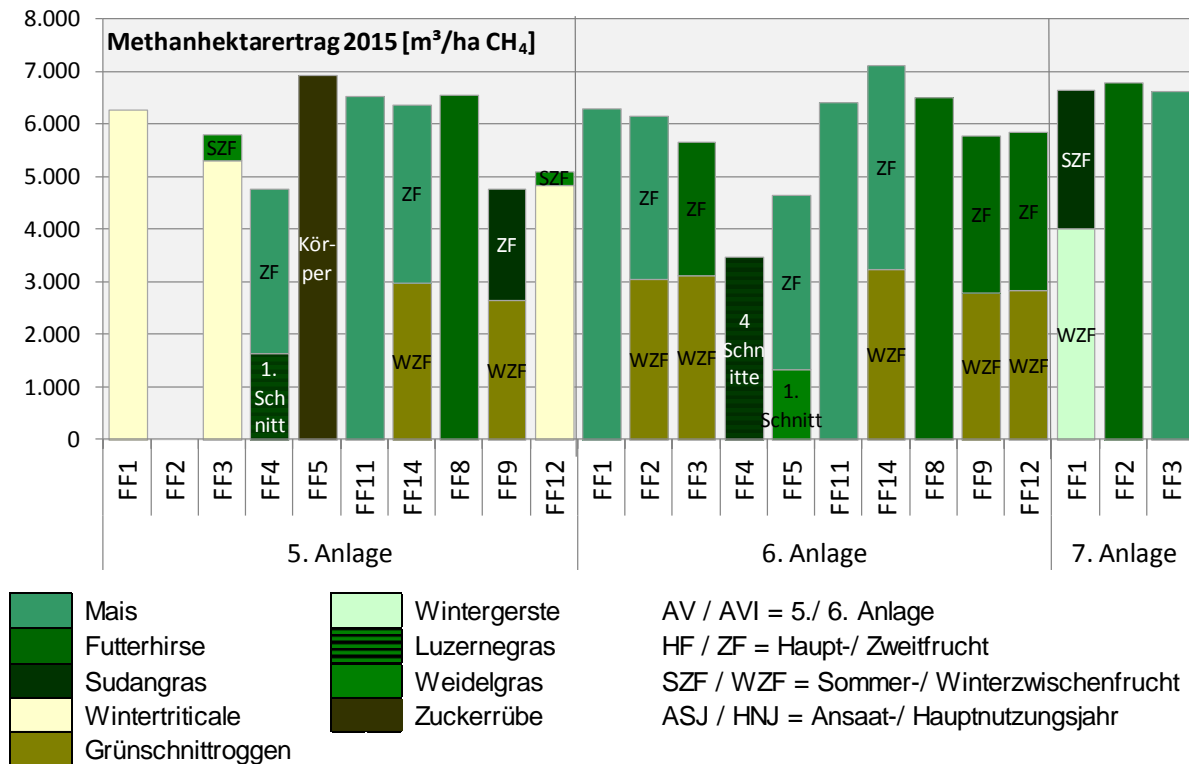


Abb. 6: Methanhektarertrag [m³/ha CH₄] der Fruchtarten (Versuchsjahr 2015)

3.2.3 Methanhektarertrag der Fruchtfolgen in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015

Wie im Abschnitt 3.1.2 ist der Vergleich der Methanhektarerträge der Fruchtfolgen jeweils innerhalb einer Anlage möglich; zwischen den Anlagen können nur die ersten zwei Jahre der Fruchtfolgen einander gegenübergestellt werden (Abb. 7).

Die höchsten Methanhektarerträge in der fünften Anlage werden vom Zweiffruchtsystem Grünschnittroggen – Mais (FF 14) mit 21.636 m³/ha CH₄ erreicht. Die Fruchtfolge 3 (Senf – Mais; Grünschnittroggen – Sorghum; Wintertriticale – Weidelgras) weist bei ortsüblicher wie auch bei reduzierter (FF 12) Stickstoffdüngung mit 21.299 bzw. 20.895 m³/ha CH₄ den zweit- bzw. dritthöchsten Ertrag auf. Die weiteren Fruchtfolgen bewegen sich auf einem Niveau zwischen 19.995 und 19.416 m³/ha CH₄. Lediglich die Fruchtfolgen 2 (Senf – Futterhirse; Grünschnittroggen – Mais; Wintertriticale Kornnutzung) und 4 (2 Jahre Luzernegras – Mais) fallen auf 14.540 bzw. 10.857 m³/ha CH₄ stark ab, was in der Fruchtfolge 4 in der Nutzung der Wintertriticale als Markttfrucht begründet liegt. Hier tragen demzufolge nur zwei Jahre zur Energiepflanzenproduktion bei.

In der sechsten Anlage liegt ebenfalls das Zweiffruchtsystem aus Grünschnittroggen und Mais (FF 14) mit 14.989 m³/ha CH₄ an erster Stelle. Mit größerem Abstand folgt die Fruchtfolge 1 (Wintergerste – Sudangras; Mais) mit 14.573 m³/ha CH₄. Am schlechtesten schneiden die Fruchtfolgen 4 (2 Jahre Luzernegras) und 5 (Wickroggen – Weidelgras; Weidelgras – Mais) mit 7.002 bzw. 9.460 m³/ha CH₄ ab und folgen damit im Wesentlichen der Rangfolge der Trockenmasseerträge. Die übrigen Fruchtfolgen realisieren Methanhektarerträge zwischen 12.982 und 13.970 m³/ha CH₄.

Wie bei den Trockenmasseerträgen lagen die Methanhektarerträge der sechsten Anlage nach einem Jahr zunächst über denen der fünften Anlage. Durch Trockenheit, Etablierungs-

probleme und die damit verbundene geringere Ertragsleistung fast aller Kulturen, vor allem bei Mais und Futterhirse in Zweitfruchtstellung, verringerte sich der Abstand zwischen den Anlagen. Dies betrifft die Fruchtfolgen 2, 3, 14, 9 und 12. Die Betrachtung der Fruchtfolgen 11 und 8 verdeutlicht die Konkurrenzfähigkeit der Futterhirse gegenüber Mais, vorrangig in Jahren mit (Vor-)Sommertrockenheit.

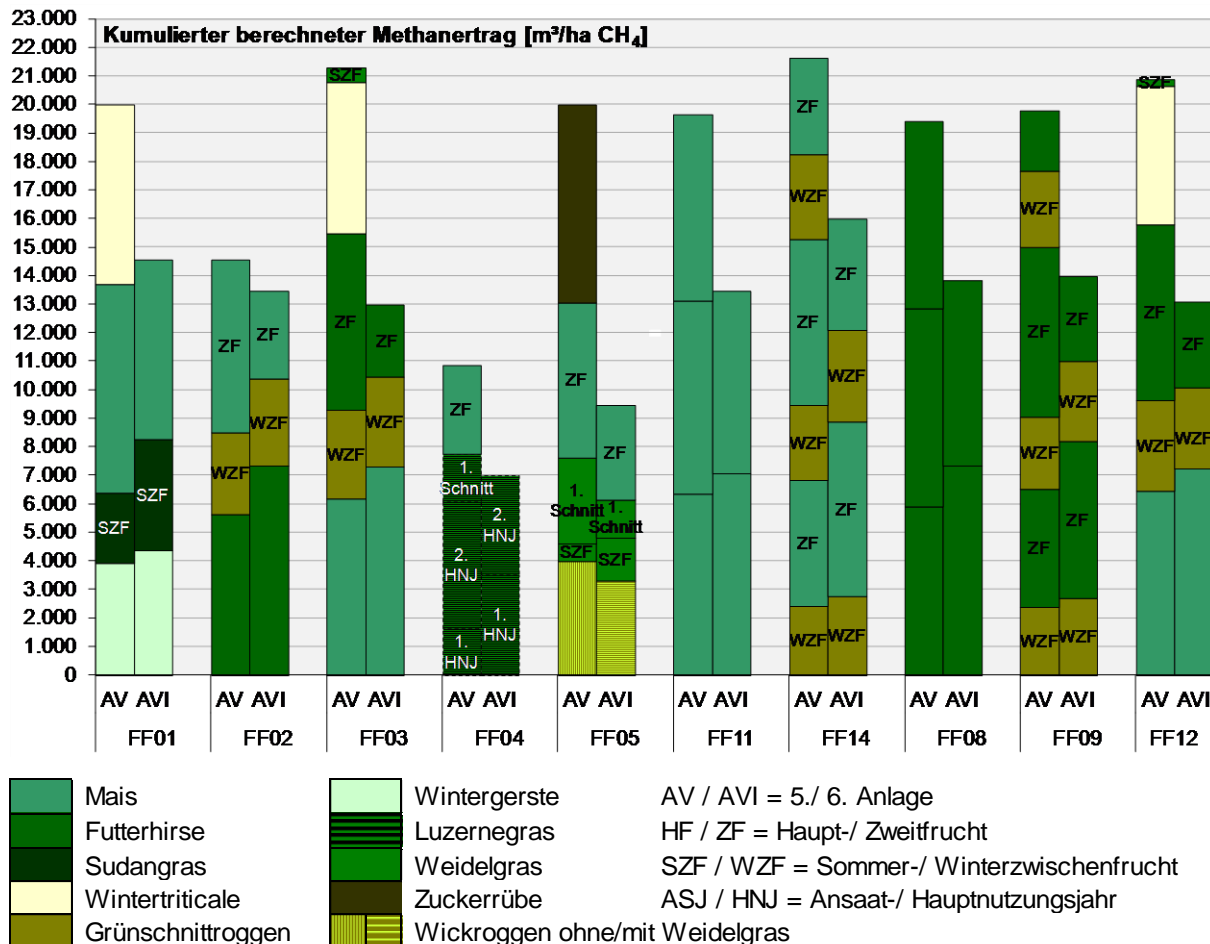


Abb. 7: Kumulierter Methanhektarertrag [m³/ha CH₄] der Fruchtfolgen (2013-2015)

Im Versuch Risikoabschätzung (Abb. 8) erfolgte in jeweils einem der geprüften Jahre der Anbau von Winterweizen zur Kornnutzung sowie in der Fruchtfolge 2 bereits zweimal der Anbau von Wintertriticale (ebenfalls Kornnutzung). Deshalb bewegen sich die Methanhektarerträge auf geringem Niveau. Ein Vergleich der Fruchtfolgen miteinander sowie mit den Fruchtfolgen der fünften und sechsten Anlage ist schwierig, da sie nicht beendet werden konnten. Entsprechend den Trockenmasseerträgen liegen im Versuch Risikoabschätzung die Methanhektarerträge auf höherem Niveau als im Grundversuch.

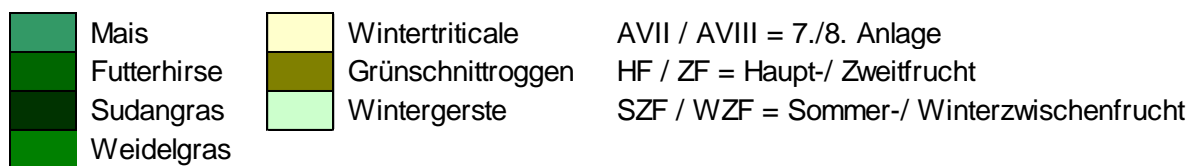
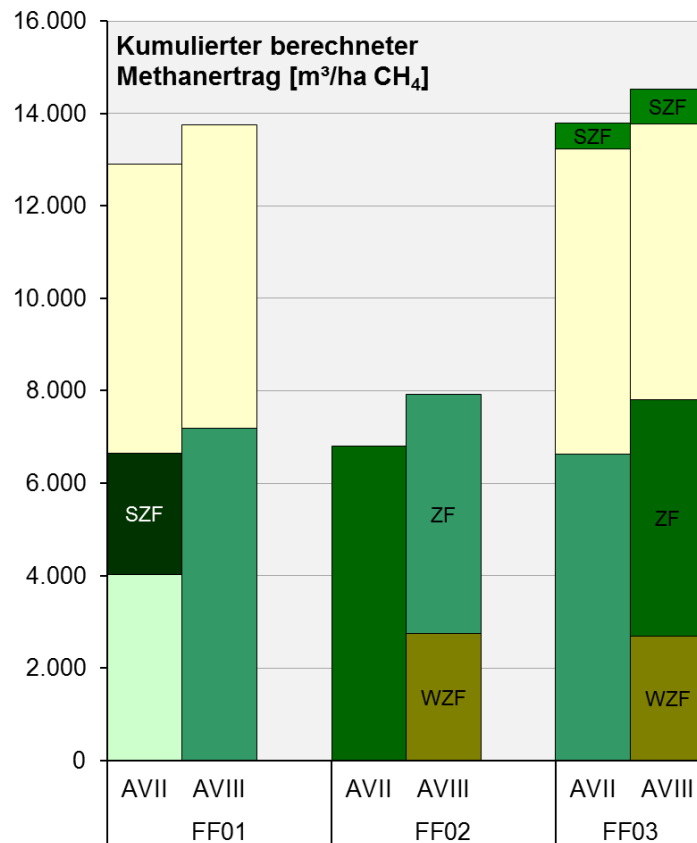


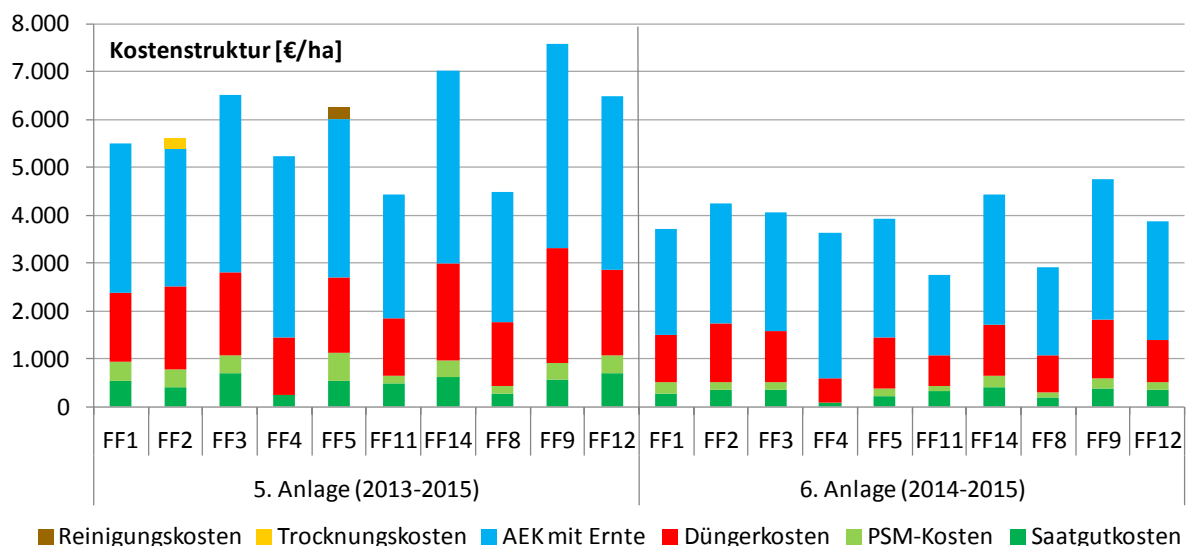
Abb. 8: Kumulierter Methanhektarertrag [m³/ha CH₄] im Versuch Risikoabschätzung

3.3 Ökonomische Bewertung der Fruchtfolgen

Die ökonomische Auswertung, durchgeführt an der Justus-Liebig-Universität Gießen, ermittelt Direkt- und Arbeiterledigungskosten sowie die Leistung der einzelnen Fruchtarten und Fruchtfolgen. Daraus lässt sich die direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung ermitteln. Grundlage der Berechnungen bilden die in den Feldversuchen ermittelten Trockenmasseerträge des jeweiligen Standortes sowie die durchgeführten Feldarbeiten (vgl. Tab. 7 ff. S. 40 ff. im Anhang). Die Berechnung des Methanhektarertrages erfolgte nach der bereits vorgestellten Methode, jedoch werden die Standard-Rohasche-Gehalte des ATB zur Ermittlung des Ertrages an organischer Trockensubstanz verwendet. Zur Berechnung der monetären Leistung wird ein Methanpreis von 0,33 €/m³ CH₄ angesetzt und mit dem Methanhektarertrag multipliziert. Die Kosten basieren auf Richtwerten des KTBL. Die Grunddüngung erfolgte jährlich und wird den Fruchtarten, die in dem jeweiligen Jahr angebaut wurden, zugeordnet. Damit soll vermieden werden, einzelne Fruchtarten fälschlicherweise mit zu hohen Kosten zu belasten.

Die Abbildung 9 verdeutlicht, dass die Arbeitserledigungskosten mit 52 bis 84 % sowie Düngerkosten mit 14 bis 32 % Anteil an den Gesamtkosten die größten Positionen darstellen.

Bei Zweifruchtsystemen liegen sie entsprechend höher als bei Fruchtfolgen mit dem Anbau nur einer Fruchtart wie beispielsweise der Fruchtfolge 11 (Maisselbstfolge), da doppelte Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte erfolgen. Die Selbstfolge von Mais und Futterhirse (FF 11 bzw. 8) verursachen daher die geringsten Kosten von 4.426 bzw. 4.475 €/ha in der fünften und 2.760 bzw. 2.904 €/ha in der sechsten Anlage. Die jeweiligen Zweifruchtsysteme mit Grünschnittroggen als Winterzwischenfrucht vor den C4-Pflanzen (FF 14 und 8) sind dagegen die kostenintensivsten Fruchtfolgen mit 7.018 bzw. 7.586 €/ha in der fünften und 4.426 bzw. 4.762 €/ha in der sechsten Anlage. Die Fruchtfolge 4 mit Luzernegras und Mais ist in den Bereichen Düngung, Pflanzenschutz und Saatgut sehr kostengünstig, jedoch liegen die Arbeitserledigungskosten aufgrund der Kosten für zwei bis vier Schnitte im Jahr über dem Niveau der anderen Fruchtfolgen. Die Trocknungskosten (FF 2, 5. Anlage) entstehen durch den Drusch der Wintertriticale mit 15,0 % Feuchtigkeit. Die Reinigungskosten (FF 5, 5. Anlage) werden durch die Reinigung der Zuckerrüben vor der Silierung hervorgerufen.



Datenquelle: Kornatz und Müller, 2015; eigene Darstellung

Abb. 9: Kumulierte Kosten [€/ha] der Fruchtfolgen nach Kategorien (2013-2015)

Innerhalb der fünften Anlage bewegt sich die Leistung der Fruchtfolgen in einem engen Bereich zwischen 7.023 und 7.998 €/ha (Abb. 10). Lediglich die Fruchtfolge 4 (2 Jahre Luzernegras – Mais) weicht mit 4.469 €/ha deutlich nach unten ab. Die höchsten Leistungen erreichen die Fruchtfolgen 3, 14 und 12 mit 7.782 bis 7.998 €/ha.

Die Leistung der Fruchtfolgen der sechsten Anlage schwankt etwas stärker von 4.779 bis 5.927 €/ha. Die Fruchtfolgen 4 und 5 (Wickroggen – Weidelgras; Weidelgras – Mais) erreichen mit 2.812 bzw. 3.637 €/ha das Niveau der anderen Fruchtfolgen jedoch nicht. Damit wird wiederum die Vorzüglichkeit der getreide- und maisbetonten Fruchtfolgen veranschaulicht.

Aufgrund der unterschiedlichen Kosten ergeben sich jedoch größere Differenzen in der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAKfL). Die Fruchtfolgen 11 und 8 (Mais- und Futterhirseselbstfolge) zeigen die beste Leistung von 2.690 bzw. 2.903 €/ha (5. Anlage) sowie 2.020 bzw. 2.428 €/ha (6. Anlage). Im negativen Bereich liegen die Fruchtfolgen 9

(Grünschnittroggen – Futterhirse; 5. Anlage) und 5 (Wickroggen – Weidelgras; Weidelgras – Mais; 6. Anlage) mit -46 bzw. -278 €/ha. Die Fruchtfolge 4 (2 Jahre Luzernegras; Luzernegras – Mais) realisiert mit -767 bzw. -814 €/ha in der fünften bzw. sechsten Anlage die geringste DAKfL. Alle anderen Fruchtfolgen erzielen eine positive Leistung.

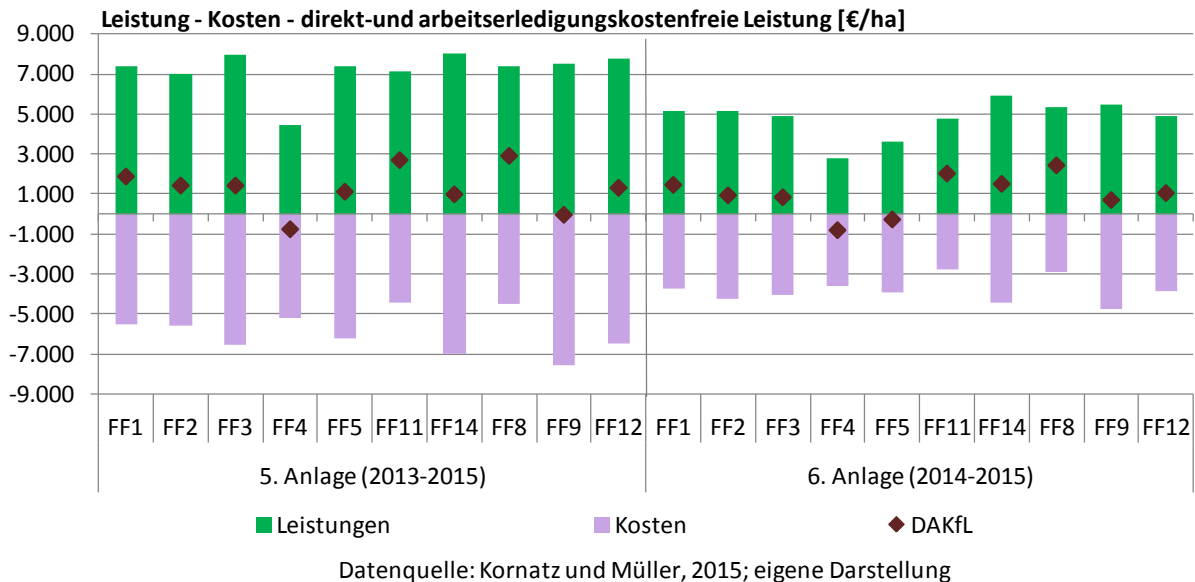


Abb. 10: Leistung, Kosten und direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung [€/ha] der Fruchtfolgen (2013-2015)

3.4 Humusbilanz der Fruchtfolgen in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015

Die nach der VDLUFA-Standardmethode ermittelten Humusbilanzen sollen die Änderungen der Humusvorräte im Boden abschätzen. Der untere Wert stellt den Mindestbedarf einer Kultur an Humus-Kohlenstoff dar.

In der dargestellten Humusbilanz (Abb. 11) werden positive Wirkungen von Gründüngung sowie Verbleib des Stroh bzw. Blattes auf dem Feld berücksichtigt. Eine Gärsubstratrückführung, die in der Praxis üblicherweise erfolgt, wird nicht unterstellt. Für den Erhalt der organischen Substanz im Boden werden Bilanzen zwischen -75 und 100 kg/(ha*a) Humus-Äq angestrebt. Negative Salden einzelner Fruchtarten können durch die humusmehrende Wirkung anderer Fruchtarten (Gründüngungspflanzen, Ackerfutter) ausgeglichen werden.

Zuckerrüben und Mais sind bei einem Mindestbedarf von -760 bzw. -560 kg/ha Humus-Äq die größten Humuszehrer, gefolgt von Futterhirse und Sudangras mit -420 kg/ha Humus-Äq. Doch auch die Getreidearten zur Ganzpflanzennutzung weisen mit -280 kg/ha Humus-Äq einen hohen Humusbedarf auf. Lediglich Luzernegras, Gründüngungspflanzen (Phacelia, Senf), Weidelgras sowie Wintertriticale als Marktfrucht bei Verbleib des Stroh auf dem Feld besitzen eine positive, humusmehrende Wirkung. Das auf dem Feld verbleibende Rübenblatt trägt ebenfalls zur Verbesserung der Humusbilanz bei.

Alle geprüften Fruchtfolgen mit Ausnahme des Luzernegrases (FF 4) weisen stark negative Bilanzen außerhalb des Zielbereiches auf. Dies verdeutlicht die Bedeutung der Gärsubstratrückführung, die eine Verbesserung der Humusbilanz bewirkt. In der Fruchtfolge 4 beträgt der Humussaldo 360 bzw. 850 kg/(ha*a) Humus-Äq (5. bzw. 6. Anlage). In der fünften Anlage fällt er niedriger aus, da im letzten Jahr Mais angebaut wurde. Die Fruchtfolge 2 erreicht

mit $-95 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ Humus-Äq in der fünften Anlage die zweitbeste Humusbilanz, bedingt durch die Strohdüngung, die mit $955 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ Humus-Äq bewertet werden kann. Die humusmehrnde Wirkung der Gründüngung beträgt 350 bzw. 360 $\text{kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ Humus-Äq für Senf bzw. Phacelia sowie 457 $\text{kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ Humus-Äq für das Zuckerrübenblatt. Die überregionale Fruchtfolge 1 (Wintergerste – Sudangras; Mais; Wintertriticale – Phacelia) sowie die regionalspezifischen Fruchtfolgen 11, 14, 8 und 9 weisen die schlechtesten Humusbilanzen zwischen -400 und $-700 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ Humus-Äq auf.

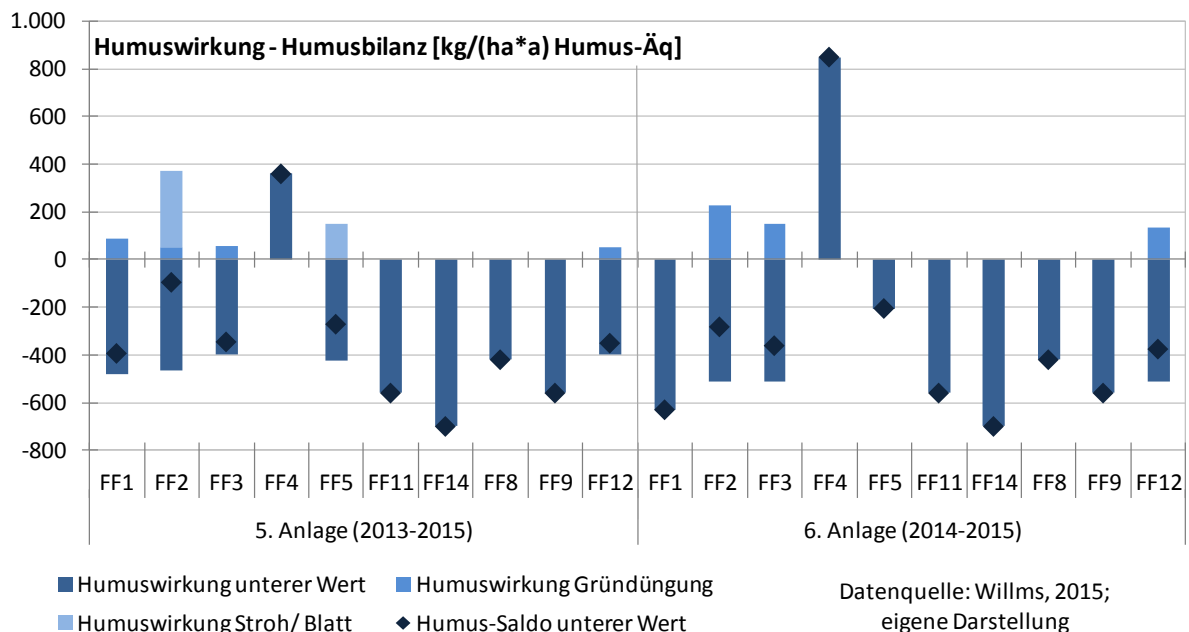


Abb. 11: Humusbilanz der Fruchtfolgen [kg/(ha*a) Humus-Äq] (2013-2015)

3.5 Nährstoffhaushalt

3.5.1 Nährstoffentzüge und Stickstoffbilanz im Versuchsjahr 2015

Die Fruchtfolgen bzw. Fruchtarten zeigen unterschiedliche Ansprüche an die Nährstoffversorgung und entziehen entsprechend ihrem Nährstoffgehalt sowie dem realisierten Trockenmasseertrag verschieden hohe Mengen an Stickstoff und Grundnährstoffen (Tab. 4 S. 28 sowie Tab. 10 S. 47 im Anhang). Stroh sowie Gründüngungspflanzen (Phacelia, Senf) wurden nicht berücksichtigt, da deren Aufwuchs auf der Fläche verbleibt.

Die höchsten Stickstoffmengen entzog Luzernegras der sechsten Anlage mit $352 \text{ kg}/\text{ha N}$, darauf folgen Futterhirse und Mais (Hauptfrucht) mit 273 bis 307 bzw. 240 bis $292 \text{ kg}/\text{ha N}$. Die C4-Pflanzen Mais, Sudangras und Futterhirse als Zweitfrüchte entzogen in Abhängigkeit vom realisierten Ertrag unterschiedlich hohe Stickstoffmengen von 152 bis $194 \text{ kg}/\text{ha N}$. Die Wintergetreidearten wiesen einen Stickstoffentzug von 155 bis $216 \text{ kg}/\text{ha N}$ für Grünschnittroggen als Winterzwischenfrucht, $153 \text{ kg}/\text{ha N}$ für Wintergerste, 181 bzw. $242 \text{ kg}/\text{ha N}$ für Wintertriticale (Ganzpflanzennutzung) sowie 185 bzw. 150 bis $191 \text{ kg}/\text{ha N}$ für Triticale bzw. Weizen zur Kornnutzung auf. Weidelgras entzog ertragsbedingt die geringsten N-Mengen zwischen 13 und $51 \text{ kg}/\text{ha N}$.

In den N-reduzierten Varianten wurden wie im Vorjahr je Fruchtart 7 bis $20 \text{ kg}/\text{ha N}$ weniger als in den ortsüblich gedüngten Varianten aufgenommen. Dies lässt sich auf den geringeren

Trockenmasseertrag sowie den geringeren N-Gehalt im Erntegut zurückführen. Lediglich die Futterhirse erzielte einen deutlich höheren Ertrag in der N-reduzierten Variante, entzog aufgrund des wesentlich geringeren N-Gehaltes im Erntegut (1,64 % zu 1,99 %) trotzdem zur ortsüblichen Variante nahezu identische Stickstoffmengen.

Der durchschnittliche Stickstoffentzug lag damit bei 180 kg/ha N im Mittel über alle Fruchtarten bzw. Fruchtfolgen und um 34 kg/ha N unter dem Entzug im Vorjahr. Im Gegensatz dazu wurden durchschnittlich 134 kg/ha N gedüngt, so dass eine Stickstoffbilanz von -37 kg/ha N vorliegt (bzw. -46 kg/ha N ohne Berücksichtigung des Luzernegrases aufgrund der nicht bilanzierten Luftstickstoffbindung als Zufuhr). Die Wirkung der reduzierten Stickstoffdüngung auf den Stickstoffsaldo ist ebenfalls beachtlich: Bei den Zweifruchtsystemen aus Wintertriticale und Weidelgras bzw. aus Grünschnittroggen und Futterhirse ergibt sich bei ortsüblicher Düngung eine Stickstoffbilanz von -31 bzw. -37 kg/ha N im Vergleich zu -72 bzw. -91 kg/ha N bei reduzierter Düngung. Abgesehen vom Winterweizen (FF 1 und 3 der achten Anlage mit 70 bzw. 80 kg/ha N bezogen auf ein Jahr) werden die Vorgaben der Düngeverordnung von maximal 60 kg/ha N im Durchschnitt von drei Jahren deutlich unterschritten. Im Mittel von drei Jahren wird der zu hohe N-Saldo der genannten Fruchtfolgen ausgeglichen, so dass negative Salden vorliegen. Zum einen wird damit das hohe Stickstoffnachlieferungspotenzial der Lößböden sowie zum anderen die aus Sicht des N-Saldos noch steigerungsfähige Düngung veranschaulicht. Problematisch bleibt hierbei jedoch der zum Zeitpunkt der Düngung nicht prognostizierbare Trockenmasseertrag und infolgedessen der N-Bedarf der Pflanzen. Andererseits führt langfristig geringe Düngung bei hohem Ertragsniveau zum Abbau der Bodenvorräte.

Der N_{\min} -Gehalt im Frühjahr zu Vegetationsbeginn bzw. im Herbst vor Vegetationsende betrug im Mittel aller Fruchtfolgen 26 bzw. 51 kg/ha N. Im Frühjahr war der Wert in Fruchtfolgen, in denen keine Winterbegrünung vorlag, mit 39 kg/ha N im Mittel höher als in den Fruchtfolgen mit Winterbegrünung, in denen durchschnittlich 11 kg/ha N im Boden gemessen wurden. Zur Probenahme im Herbst kehrt sich dies bedingt durch die hohen N_{\min} -Gehalte nach Mais in Zweitfruchtstellung um. Die Gewässerschutz-Fruchtfolge 14 sowie die stickstoffreduzierte Fruchtfolge 12 wiesen unterdurchschnittliche N_{\min} -Gehalte im Boden von 3 bis 11 kg/ha N im Frühjahr auf, im Herbst dagegen gilt dies nur für die Fruchtfolge 12. Dies ist als positiv im Sinne des Gewässerschutzes zu bewerten und erfüllt das Ziel geringerer Stickstoffüberhänge und -austräge. Die Frühjahrs- N_{\min} -Gehalte verdeutlichen den positiven Einfluss der Winterungen; über Winter brach liegende Flächen weisen überwiegend deutlich höhere N_{\min} -Gehalte auf.

Die Entzüge der Grundnährstoffe folgen den Tendenzen der Stickstoffentzüge. Im Mittel aller Fruchtarten wurden 26, 190 bzw. 20 kg/ha der Nährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium entzogen. Die Nährstoffentzüge der C4-Pflanzen, vorrangig der Futterhirse, sind überwiegend als sehr hoch einzustufen. Luzernegras wies aufgrund mittlerer Erträge und Nährstoffgehalte im Erntegut niedrige Phosphor-, Kalium- und Magnesiumentzüge auf. Die Wintergetreidearten entzogen geringe bis mittlere Mengen der genannten Grundnährstoffe.

Tab. 4: Nährstoffentzug und Stickstoffbilanz der Fruchtarten (Versuchsjahr 2015)

Versuchs- anlage	Frucht folge	Fruchtart	N- Düngung [kg/ha N]	Nährstoffentzug (Ernte) [kg/ha]				N-Bilanz [kg/ha N]		N _{min} 0-90 [kg/ha N]	
				N	P	K	Mg	Frucht- art	folge	Vegetations- beginn	ende
5. Anlage	1	Triticale	120	242	39	311	20	-122	-122	49	16
	2	Triticale	180	185	28	35	10	-5	-5	12	38
	3	Triticale	140	181	31	261	16	-41	-31	11	16
		Weidelgras	40	30	5	70	3	10			
	4	Luzernegras 1.Schnitt	0	162	17	190	14	-162	-156	51	206
		Mais	175	169	27	189	18	6			
	5	Zuckerrübe*	100	0	0	0	0	100	100	63	20
	11	Mais	135	292	42	285	41	-157	-157	77	59
	14	Roggen	145	171	26	216	11	-26	-21	11	109
		Mais	175	170	27	155	20	5			
	8	Futterhirse	135	282	36	291	68	-147	-147	74	23
	9	Roggen	145	155	20	189	10	-10	9	7	46
Sudangras		175	155	19	153	17	20				
12	Triticale	105	163	28	198	15	-58	-72	5	7	
	Weidelgras	0	13	2	30	2	-13				
6. Anlage	1	Mais	140	241	44	272	38	-101	-101	34	51
	2	Roggen	150	158	24	214	11	-8	8	3	130
		Mais	175	159	25	148	18	16			
	3	Roggen	150	184	27	225	11	-34	-37	5	50
		Futterhirse	175	178	24	252	28	-3			
	4	Luzernegras 1.Schnitt	0	118	13	143	9	-118	-352	5	14
		Luzernegras 2.Schnitt	0	94	7	90	8	-94			
		Luzernegras 3.Schnitt	0	67	7	74	6	-67			
		Luzernegras 4.Schnitt	0	72	7	74	5	-72			
		Summe Luzernegras	0	352	34	381	27	-352			
	5	Welsches Weidelgras	60	51	9	90	4	9	25	5	76
		Mais	175	159	23	147	17	16			
	11	Mais	130	240	43	264	42	-110	-110	56	48
	14	Roggen	145	216	27	213	12	-71	-71	7	63
		Mais	175	175	29	156	23	0			
	8	Futterhirse	130	273	35	303	54	-143	-143	47	17
9	Roggen	150	166	21	182	9	-16	-35	5	64	
	Futterhirse	175	194	26	255	32	-19				
12	Roggen	113	164	23	193	9	-51	-91	3	29	
	Futterhirse	131	171	24	260	27	-40				
7./8. Anlage	1	Wintergerste	120	153	27	181	11	-33	-125	23	24
		Sudangras	60	152	24	163	16	-92			
	2	Futterhirse	130	307	41	367	55	-177	-177	38	37
	3	Mais	145	263	45	290	32	-118	-118	22	60
	1	Weizen	230	150	28	39	10	80	80	15	63
	2	Weizen	230	191	25	33	9	39	39	12	19
3	Weizen	230	160	25	32	8	70	70	14	16	
		Min	0	0	0	0	0	-352	-177	3	7
		MW	134	180	26	190	20	-46	-55	26	51
		Median	143	171	26	192	16	-22	-71	14	46
		Max	230	352	45	381	68	100	100	77	206

* Analyse des Zuckerrübenkörpers noch nicht abgeschlossen, deshalb keine Berechnung möglich

3.5.2 Nährstoffbilanzen der Fruchtfolgen in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015

Die Nährstoffbilanzen werden aus der Differenz zwischen Zufuhr und Abfuhr ermittelt. Die Zufuhr nach Willms berücksichtigt bei Stickstoff den N_{\min} -Gehalt im Frühjahr in 0 bis 90 cm Tiefe, die mineralische Düngung sowie die legume N-Bindung.

Die Stickstoffbilanzen liegen im Mittel über beide Anlagen auf einem Niveau von -76 kg/ha N (Abb. 12). Damit werden die Vorgaben der Düngeverordnung von maximal 60 kg/ha N Überschuss im Mittel von drei Jahren sicher eingehalten. Lediglich in den Fruchtfolgen 14 und 9 (Grünschnittroggen und Mais bzw. Futterhirse; 5. Anlage) wird dieser Grenzwert mit 80 bzw. 91 kg/ha N überschritten. Die Ursache sind die deutlich unter den Erwartungen liegenden Trockenmasseerträge der C4-Pflanzen im Jahr 2015, weshalb die Abfuhr geringer ausfiel.

Die überwiegend negativen Salden bestätigen, dass eine hohe Stickstoffzufuhr nicht mit hohen Überschüssen einhergehen muss und umgekehrt. So zeigen beispielsweise die Fruchtfolgen 2 und 3 (C3- und C4-Pflanzen-Kombinationen mit Senf als abfrierende Zwischenfrucht; beide Anlagen) sowie 14 und 9 (Grünschnittroggen und Mais bzw. Futterhirse; 6. Anlage) negative Stickstoffbilanzen bei hohem Düngungsniveau. Dies belegt das hohe Nachlieferungspotenzial des Bodens am Standort Bernburg, der negative Salden ausgleichen kann, wenn beispielsweise die Erträge höher als erwartet ausfallen. In der stickstoffreduzierten Fruchtfolge 12 verringert sich die Stickstoffbilanz um 57 bzw. 88 kg/ha N (5. bzw. 6. Anlage) gegenüber der ortsüblich gedüngten Fruchtfolge 3.

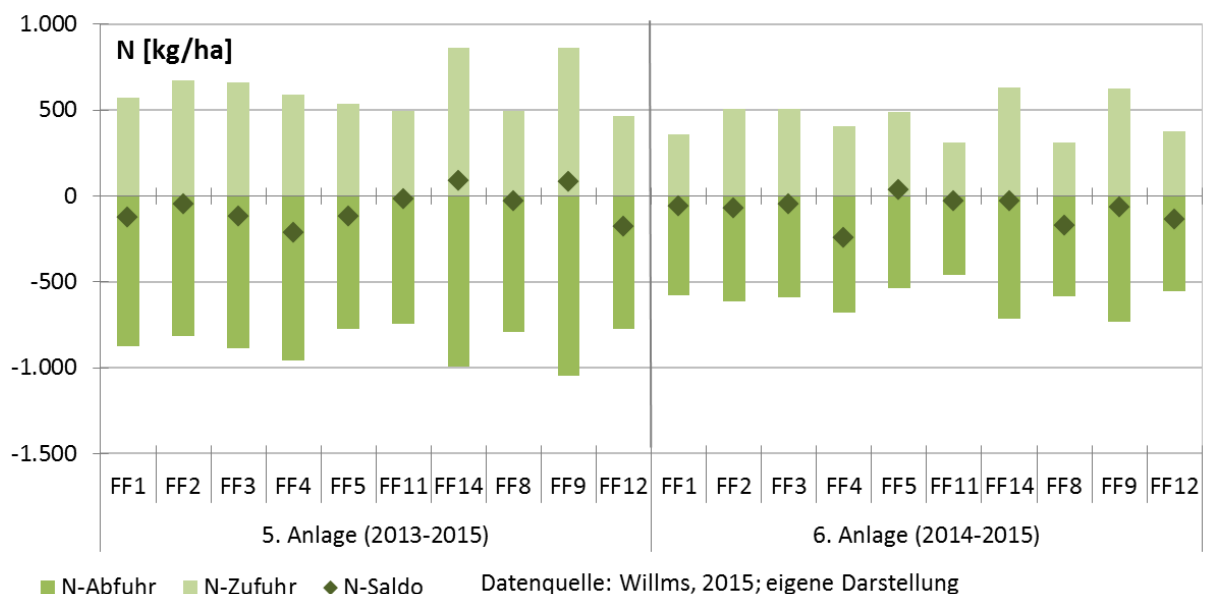


Abb. 12: Stickstoffbilanz [kg/ha N] der Fruchtfolgen (2013-2015)

Die Düngeverordnung regelt außerdem die maximal zulässigen Phosphorüberschüsse von 20 kg/ha P im Mittel von sechs Jahren. Die mittlere Bilanz über alle Fruchtfolgen und Anlagen beträgt 8 kg/ha P (Abb. 13) und liegt damit im zulässigen Bereich. Zu hohe Überschüsse treten in den Fruchtfolgen 5 (Wickroggen – Weidelgras; Weidelgras – Mais; Zuckerrübe; beide Anlagen) sowie 1 und 9 (Wintergerste – Sudangras – Mais bzw. Grünschnittroggen – Futterhirse; jeweils 6. Anlage) auf. Die Fruchtfolgen wurden immer entsprechend des Entzuges und der Ergebnisse der jährlichen Bodenuntersuchung gedüngt, weshalb hohe Salden auf-

grund der Notwendigkeit der Aufdüngung auftreten. Denn trotz positiver Bilanz ist zu beachten, dass sich die Bodenphosphorgehalt oft im unteren Bereich (Gehaltsklasse B) bewegt.

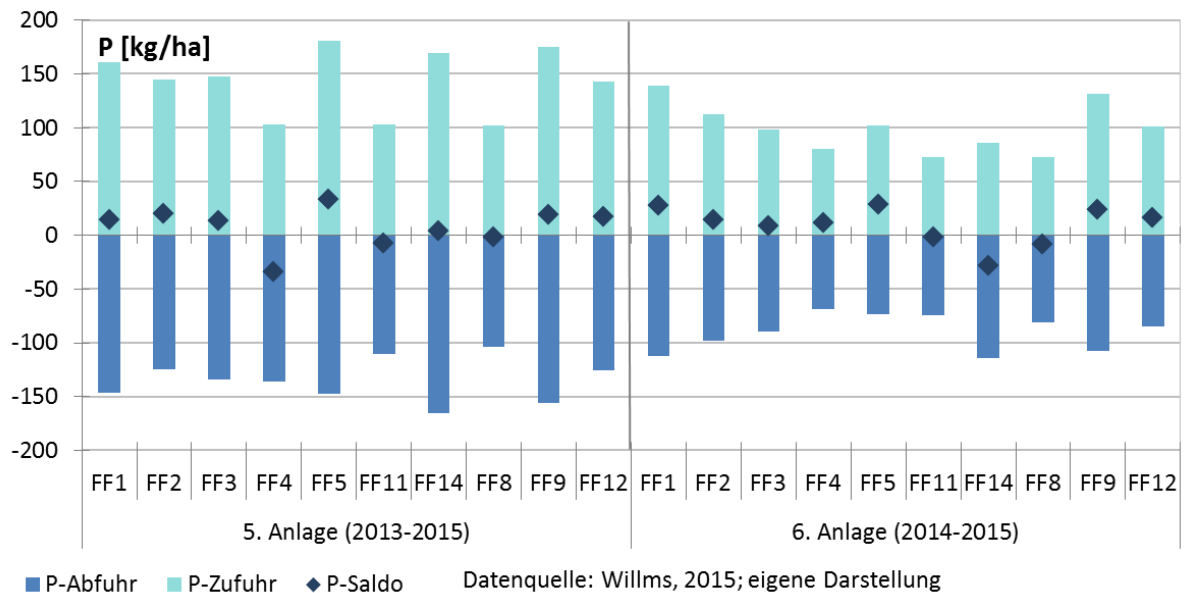


Abb. 13: Phosphorbilanz [kg/ha P] der Fruchtfolgen (2013-2015)

Die Abfuhr des Nährstoffes Kalium (Abb. 14) übersteigt die Zufuhr deutlich. Im Durchschnitt über alle Fruchtfolgen beträgt die Kaliumbilanz -233 kg/ha K. Lediglich in den Fruchtfolgen 2, 9 und 12 der fünften Anlage lag der Kaliumsaldo mit 125 bis 183 kg/ha K im positiven Bereich. Der größte Bedarf liegt in Fruchtfolgen mit hohem Getreide- und Futterhirseanteil (FF 3, 14, 9, 12) sowie bei Luzernegras (FF 4). Wie auch bei Phosphor muss hier die Grunddüngung regelmäßig erfolgen, um nicht in zu geringe Bodengehaltsklassen zu gelangen. Bei Kalium ist der Düngebedarf aufgrund der rechnerisch negativen Bilanzen höher.

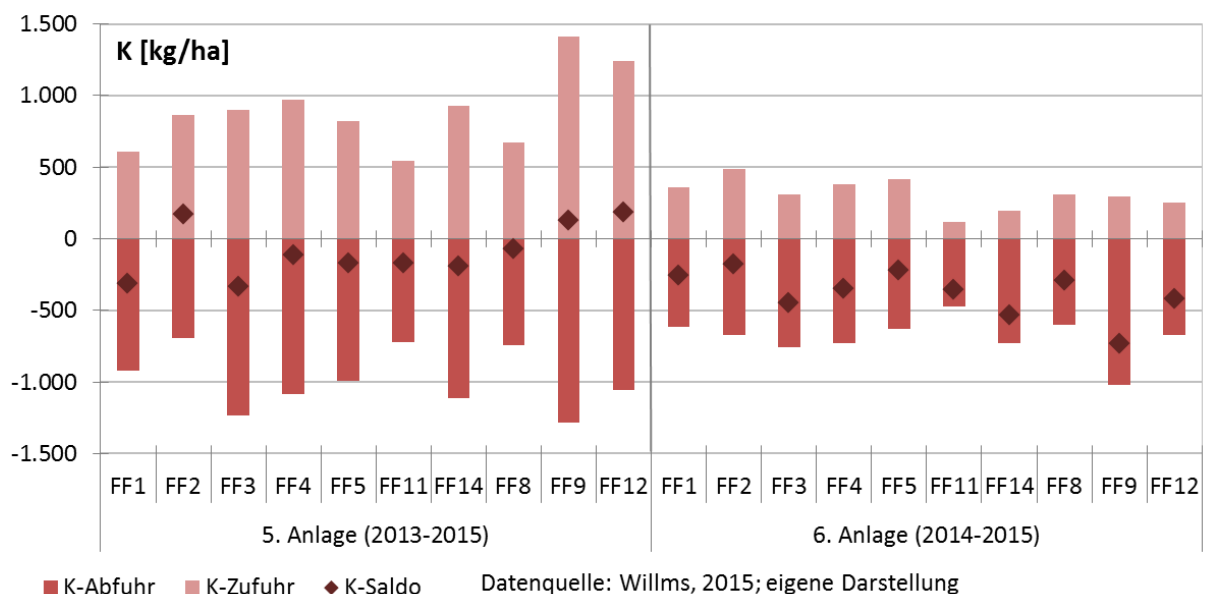


Abb. 14: Kaliumbilanz [kg/ha K] der Fruchtfolgen (2013-2015)

3.6 Auswirkungen von Zwischenfrüchten und reduzierter Stickstoffdüngung auf Boden-N_{min}-Gehalte bei Mais und Futterhirse in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015

Der bereits im vorangegangenen Abschnitt 3.5 dargestellte Einfluss der reduzierten Düngung auf die Stickstoffbilanz spiegelt sich ebenfalls in der Höhe des N_{min}-Gehaltes im Boden wider (Tab. 5 f.). Die dargestellten Ergebnisse sind Mittelwerte aller Daten der dritten Projektlaufzeit (2013-2015). Die einzelnen N_{min}-Gehalte sind in der Tabelle 11 (S. 48) dargestellt.

Die Tabelle 5 zeigt die N_{min}-Gehalte in einer Tiefe von 0 bis 90 cm für die Maisselbstfolge sowie mit vorhergehender Winterzwischenfrucht (Senf, Grünschnittroggen, Luzernegras, Weidelgras). Die reduzierte N-Düngung erfolgte in Kombination mit der Zwischenfrucht Senf.

Tab. 5: Mittlere N_{min}-Werte unter Mais in Selbstfolge, nach Zwischenfrüchten und bei reduzierter Stickstoffdüngung (Mittel 2013-2015)

	N _{min} [kg/ha N], 0-90 cm			
	Vegetations- ende Vorjahr	Vegetations- beginn bzw. vor Saat	nach Ernte	Vegetations- ende
Mais - Selbstfolge	72	66	83	63
Senf/Mais	26	32	62	45
Senf/Mais - N-Düng.-reduz.	17	27	25	22
Grünschnittroggen/Mais	31	53	87	50
Luzernegras/Mais*	23	13	67	206
Weidelgras/Mais*	11	7	38	63

* Mais nach Luzerne-/Weidelgras -> hohe Mineralisation nach Umbruch der Gräser beachten

Bereits zu Vegetationsende des Vorjahres wird die positive Wirkung der Winterbegrünung deutlich: Bei der Maisselbstfolge ohne Begrünung im Herbst wird kein Stickstoff aufgenommen, weshalb ein erhöhter N_{min}-Gehalt von 72 kg/ha N vorliegt. Der zweithöchste Wert von 31 kg/ha N im Grünschnittroggen beträgt weniger als die Hälfte.

Der Frühjahrswert zu Vegetationsbeginn bzw. vor der Aussaat für die Maisselbstfolge beträgt 66 kg/ha N. Die im Vergleich dazu geringste Reduktion des Frühjahrs-N_{min}-Gehaltes wird durch den Anbau von Grünschnittroggen vor Mais erreicht (53 kg/ha N). Nach der abfrierenden Zwischenfrucht Senf sowie durch Reduktion der Stickstoffdüngung (ebenfalls in Kombination mit Senf) verringert sich der N_{min}-Gehalt weiter auf 32 bzw. 27 kg/ha N. Nach den Ackerfutterpflanzen (Luzernegras, Weidelgras) beträgt der N_{min}-Gehalt vor der Aussaat 13 bzw. 7 kg/ha N. Diese Rangfolge spiegelt die Tendenz der N_{min}-Gehalte zu Vegetationsende im vorangegangenen Jahr wider.

Im Herbst 2013 erfolgte eine sehr starke Mineralisation und damit verbunden eine hohe N-Nachlieferung. Daher lagen die Nach-Ernte-N_{min}-Werte auch nach wiederholter Beprobung auf hohem Niveau. Diese Werte wurden jedoch in der Berechnung der Mittelwerte ebenso berücksichtigt, weshalb sich die Tendenz der Frühjahrsgehalte aufgrund des geringen Stichprobenumfanges nicht vollständig bestätigen lässt. Es ist trotzdem der positive Einfluss der reduzierten Düngung, des Luzernegrases und der Zwischenfrucht Weidelgras zu erkennen; bei den Zwischenfrüchten Senf und Grünschnittroggen verzerren die Werte des Jahres 2013 das Ergebnis. Aufgrund starker Niederschläge bei warmer Witterung trat eine verstärkte Mineralisation ein.

Zu Vegetationsende im Herbst weisen Mais in Selbstfolge sowie Mais nach Weidelgras mit jeweils 63 kg/ha N den höchsten N_{\min} -Gehalt der mehrjährig geprüften Varianten auf. Darauf folgt Mais nach Grünschnittroggen bzw. Senf (50 bzw. 45 kg/ha N). Die Reduktion der Stickstoffdüngung ermöglichte eine weitere Reduktion des N_{\min} -Gehaltes auf 22 kg/ha N. Die Beprobung zu Vegetationsende unter Mais nach Luzernegras ergab einen N_{\min} -Gehalt von 206 kg/ha N. Ursachen für diesen sehr hohen Wert sind der geringe Trockenmasseertrag, der damit verbundene niedrige Stickstoffentzug sowie die hohe Mineralisation nach dem Umbruch der mehrjährigen Kultur.

Die Futterhirseselbstfolge kann innerhalb der EVA-Versuche mit der Kombination mit Zwischenfrüchten (Senf, Grünschnittroggen, Wintergerste) verglichen werden (Tab. 6, analog Tab. 5). Die reduzierte Düngung erfolgte im Zweifruchtsystem Grünschnittroggen – Futterhirse. Es lassen sich zum Mais vergleichbare Aussagen ableiten.

Tab. 6: Mittlere N_{\min} -Werte unter Futterhirse in Selbstfolge, nach Zwischenfrüchten und bei reduzierter Stickstoffdüngung (Mittel 2013-2015)

	N_{\min} [kg/ha N], 0-90 cm			
	Vegetations- ende Vorjahr	Vegetations- beginn bzw. vor Saat	nach Ernte	Vegetations- ende
Sorghum - Selbstfolge	67	71	33	50
Senf/ Sorghum	29	38	24	31
Grünschnittroggen/ Sorghum	33	47	31	31
Grünschnittroggen/ Sorghum - N-Düng.-reduz.	22	15	12	21
Wintergerste/ Sudangras	40	53	117	34

Der N_{\min} -Gehalt zu Vegetationsende im Herbst ist, wie bei Mais, in der Futterhirseselbstfolge mit 67 kg/ha N gegenüber der zweithöchsten Variante (Wintergerste) mit 40 kg/ha N erhöht. Zu Vegetationsbeginn im Frühjahr bzw. vor der Aussaat liegen in der Futterhirseselbstfolge mit 71 kg/ha N die höchsten N_{\min} -Gehalte vor. Im Frühjahr wird der zweithöchste Wert von 47 kg/ha N bei Sudangras mit vorhergehender Wintergerste erreicht. Darauf folgen die Varianten mit den Vorfrüchten Grünschnittroggen und Senf (47 bzw. 38 kg/ha N). Durch die reduzierte N-Düngung verringerte sich der N_{\min} -Gehalt auf 15 kg/ha N.

Bezüglich des Nach-Ernte- N_{\min} -wertes gibt es ebenfalls Ausreißer (Sudangras, 117 kg/ha N). Hier trägt der extrem hohe N_{\min} -Gehalt nach der Ernte im Jahr 2013 wie bei Mais infolge der Mineralisation zur Erhöhung bei. Die Futterhirseselbstfolge weist nach der Ernte einen mittleren N_{\min} -Gehalt von 33 kg/ha N auf, gefolgt von Futterhirse nach Grünschnittroggen mit 31 kg/ha N. Nach Senf liegen bisher die geringsten N_{\min} -Gehalte von 24 kg/ha N bei ortsüblicher und 12 kg/ha N bei reduzierter N-Düngung vor.

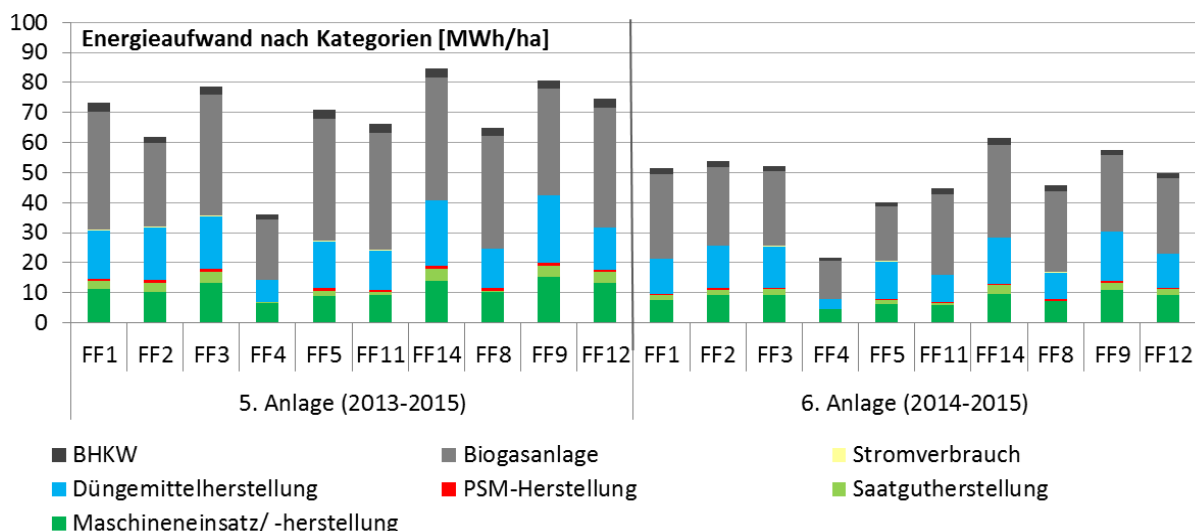
Die N_{\min} -Gehalte zu Vegetationsende folgen denen zu Vegetationsbeginn und zu Vegetationsende im Vorjahr. Sorghum in Hauptfruchtstellung weist 50 kg/ha N im Boden auf. Durch den Anbau von Wintergerste, Grünschnittroggen und der Zwischenfrucht Senf wird eine Reduktion auf 34 bzw. 31 kg/ha N erreicht. Die verringerte Stickstoffdüngung vermindert den N_{\min} -Gehalt nochmals um 10 kg/ha N auf 21 kg/ha N.

3.7 Energie- und Treibhausgasbilanz in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015

Die folgenden Ergebnisse zu Energie- und Treibhausgasbilanzen nach der Ökobilanz-Methode ISO 14040 (2009) stellen einen Ausschnitt der wichtigsten Auswertungen zu diesem Thema dar. Es wird ein Wirkungsgradverlust von 13 % im Blockheizkraftwerk (BHKW) vom theoretisch entstehenden Energieertrag abgezogen. Außerdem wird die vollständige Strom- und Wärmenutzung unterstellt.

3.7.1 Energiebilanz der Fruchtfolgen

Die Abbildung 15 zeigt den Energieaufwand in den Fruchtfolgen unterteilt nach Kategorien. Den höchsten Energieaufwand verursachen die Kategorien Maschineneinsatz und –herstellung, die Düngemittelherstellung sowie der Bau und Betrieb der Biogasanlage, der etwa genauso energieaufwendig wie der Anbau, die Ernte und Silierung der Energiepflanzen ist. Die Kategorien Pflanzenschutzmittel- und Saatgutherstellung sowie Stromverbrauch und Betrieb des Blockheizkraftwerkes fallen im Vergleich dazu gering aus. Im Mittel aller Fruchtfolgen wurden in der fünften bzw. sechsten Anlage 69 bzw. 48 MWh/ha verbraucht. Der Energieverbrauch steigt mit der Anzahl der Fruchtarten innerhalb einer Fruchtfolge durch den Mehraufwand der eingesetzten Faktoren an, weshalb die Fruchtfolgen 1 bis 3 sowie 14, 9 und 12 die höchsten Werte zwischen 62 und 85 (5. Anlage, drei Jahre) bzw. 50 und 62 MWh/ha (6. Anlage, zwei Jahre) aufweisen. Mit 36 bzw. 22 MWh/ha (5. bzw. 6. Anlage) besitzt die Fruchtfolge 4 (Luzernegras – Mais) erwartungsgemäß den geringsten Energieverbrauch aufgrund des geringen Aufwandes für Stickstoffdüngerherstellung sowie Saatgut und Pflanzenschutz. Außerdem zeigt sich der Einfluss der reduzierten Stickstoffdüngung (FF 12) bei sonst gleicher Bestandesführung in einer Reduktion des Energieaufwandes um 2 bis 4 MWh/ha (6. bzw. 5. Anlage). Der Aufwand für die Düngemittelherstellung sinkt damit um 18 bzw. 21 %.



Datenquelle: Peter, 2015; eigene Darstellung

Abb. 15: Energieaufwand [MWh/ha] der Fruchtfolgen nach Kategorien (2013-2015)

Hohe Energieaufwendungen führen jedoch nicht unweigerlich zu niedrigen Energiebilanzen (Abb. 16), sondern gehen meist mit hohen Energieerträgen einher. Es kann jedoch in allen Fruchtfolgen ein Energiegewinn realisiert werden, so lange die entstehende Wärme genutzt

wird, wie es in der Abbildung 16 unterstellt ist. Die Fruchtfolge 14 (Grünschnittroggen – Mais) mit dem höchsten Energieaufwand erreicht auch den höchsten Energieertrag von 161 bzw. 122 MWh/ha (5. bzw. 6. Anlage). Die daraus resultierende Energiebilanz von 76 bzw. 61 MWh/ha bewegt sich auf hohem Niveau im Vergleich aller Fruchtfolgen. Den geringsten Energieertrag und –bilanz erreicht die Fruchtfolge 4 (Luzernegras – Mais). Allgemein weisen die Getreide- und C4-Pflanzen-betonten Fruchtfolgen eine hohe Energiebilanz auf.

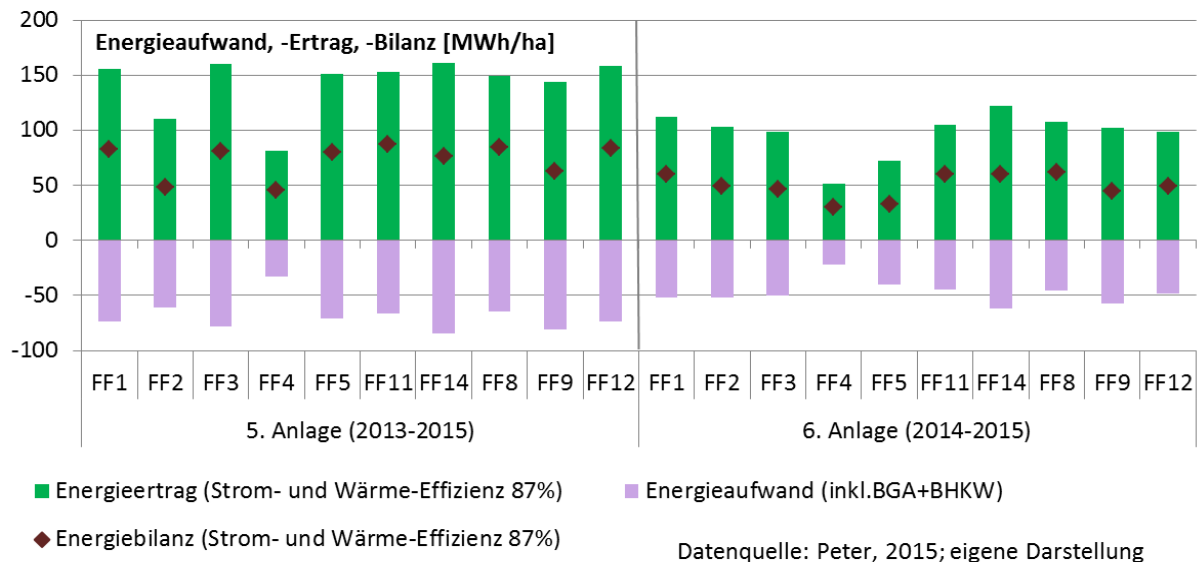


Abb. 16: Energieaufwand, -ertrag und -bilanz [MWh/ha] der Fruchtfolgen (2013-2015)

Der Koeffizient EROI (Energy return on investment) wird auch als Output/Input-Faktor oder als Energieeffizienz bezeichnet (Abb. 17). Er entspricht dem Quotienten aus Energieoutput als Methan und dem Energieverbrauch an Primärenergieträgern auf der Inputseite und ist damit im Prinzip dimensionslos. Ein Wert größer 1 bedeutet, dass mehr Energie entsteht, als vom Anbau bis zur Stromproduktion verbraucht wurde. Dies wird in allen Fruchtfolgen erreicht. Am effektivsten sind die Fruchtfolgen 4, 11 und 8, die auf einem Hektar je eingesetzter MWh Energie wiederum 2,3 bzw. 2,4 MWh Energie (5. bzw. 6. Anlage) erzeugen.

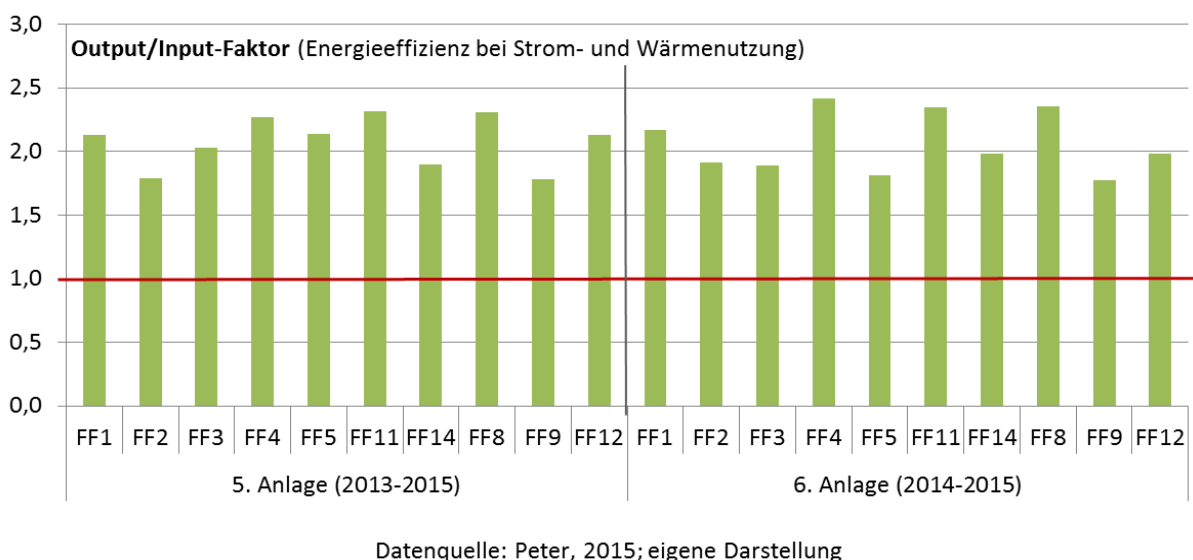


Abb. 17: Energieeffizienz [MWh/MWh] der Fruchtfolgen (2013-2015)

3.7.2 Treibhausgasbilanz der Fruchtfolgen

Die Kategorien, die in der Summe aller Treibhausgasemissionen enthalten sind, werden im Vergleich zu den Kategorien beim Energieaufwand um die Feldemissionen durch Düngung und durch Umsetzung der Ernterückstände ergänzt (Abb. 18). Die Abstufungen zwischen den Fruchtfolgen sowie das Verhältnis der einzelnen Kategorien zueinander sind identisch zum Energieaufwand (vgl. Abb. 15). Die höchsten Emissionen treten in den Fruchtfolgen 3, 14 und 9 auf und erreichen ein Niveau von 27 bis 30 t/ha CO₂-Äq (5. Anlage) bzw. von 19 bis 22 t/ha CO₂-Äq (6. Anlage). Die Reduktion der Stickstoffdüngung verringert die Emissionen um etwa 2 t/ha CO₂-Äq. Die mit Abstand geringsten Treibhausgasemissionen verursacht die Fruchtfolge 4 (Luzernegras) mit 12 bzw. 6 t/ha CO₂-Äq (5. bzw. 6. Anlage).

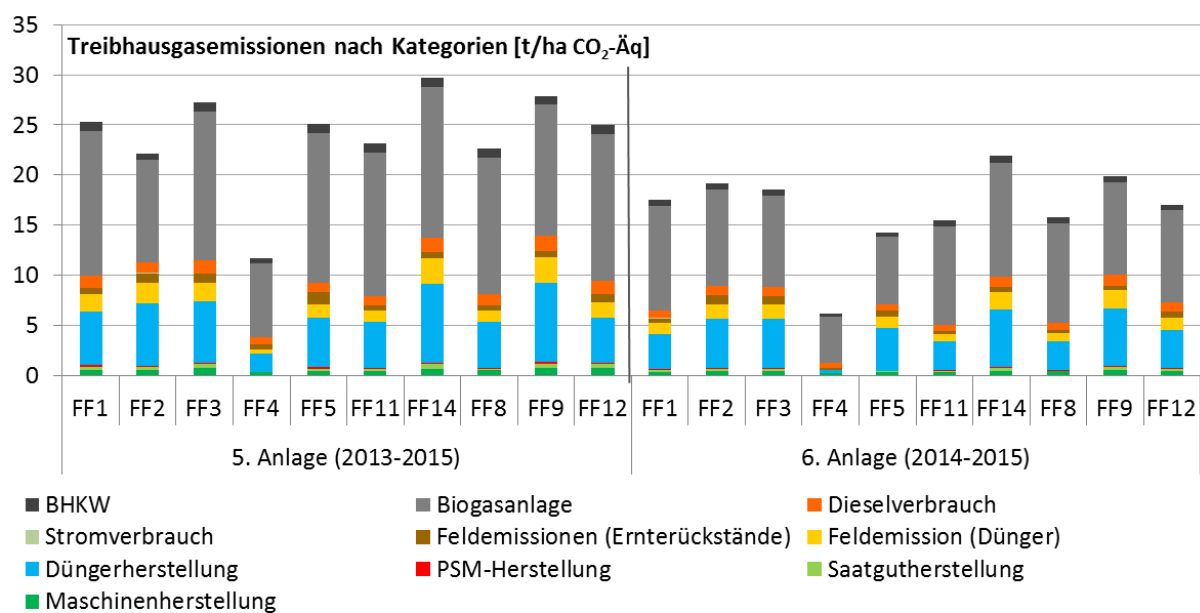


Abb. 18: Treibhausgasemissionen [t/ha CO₂-Äq] der Fruchtfolgen nach Kategorien (2013-2015)

Bei Bezug der Treibhausgasemissionen auf die erzeugte Kilowattstunde wird diese Tendenz bestätigt (Abb. 19): Die Fruchtfolgen mit dem höchsten Energieertrag weisen auch produktbezogen die größten Treibhausgasemissionen auf. Ausnahmen bilden mit jeweils annähernd 0,2 kg/kWh CO₂-Äq zum einen die Fruchtfolge 2 der fünften Anlage, in der Wintertriticale zur Kornnutzung im dritten Jahr lediglich Treibhausgasemissionen verursacht, jedoch nicht zur Erhöhung des Energieertrages beiträgt, und zum anderen die Fruchtfolge 5 der sechsten Anlage, die ebenfalls einen geringen Energieertrag aufgrund niedriger Trockenmasse- und Methanhektarerträge realisiert. Luzernegras verursacht mit 0,14 bzw. 0,12 kg/kWh CO₂-Äq in der fünften (mit Mais als Zweitfrucht) bzw. sechsten Anlage flächen- und produktbezogen die geringsten Emissionen aller geprüften Fruchtfolgen. Wird die Stickstoffdüngung verringert, ist eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um etwa 0,02 kg/kWh CO₂-Äq möglich.

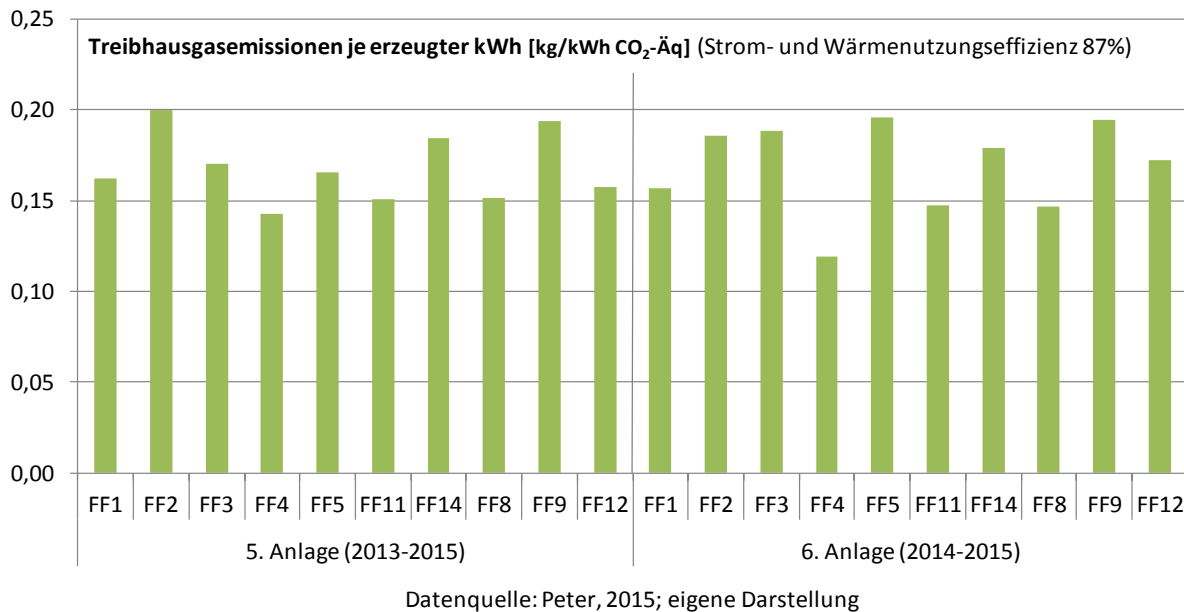


Abb. 19: Treibhausgasemissionen je Kilowattstunde [kg/kWh CO₂-Äq] (2013-2015)

Die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachVO, 2011) strebt gewisse Einsparungspotenziale für eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung an. Bis 2016 sollen die Treibhausgasemissionen um 35 % gegenüber fossilem Brennstoff, der mit 85 g/MJ CO₂-Äq bewertet wird, eingespart werden. Bis 2017 sind es 50 %, im Jahr 2018 müssen die Treibhausgasemissionen um mindestens 60 % unter denen fossiler Brennstoffe liegen.

Werden diese Ziele hypothetisch auf die Biogasproduktion übertragen, erreichen alle Fruchtfolgen das Ziel einer Minderung der Treibhausgasemissionen um 35 % bis Ende 2016 (Ausnahme FF 2 in Anlage 5; Abb. 20). Das größte Einsparungspotenzial besitzen Mais und Sorghum, jeweils als Hauptfrüchte (FF 11 und 8), mit 51 bzw. 52 % (5. bzw. 6. Anlage) sowie Luzernegras (FF 4) mit 53 bzw. 61 % (5. bzw. 6. Anlage).

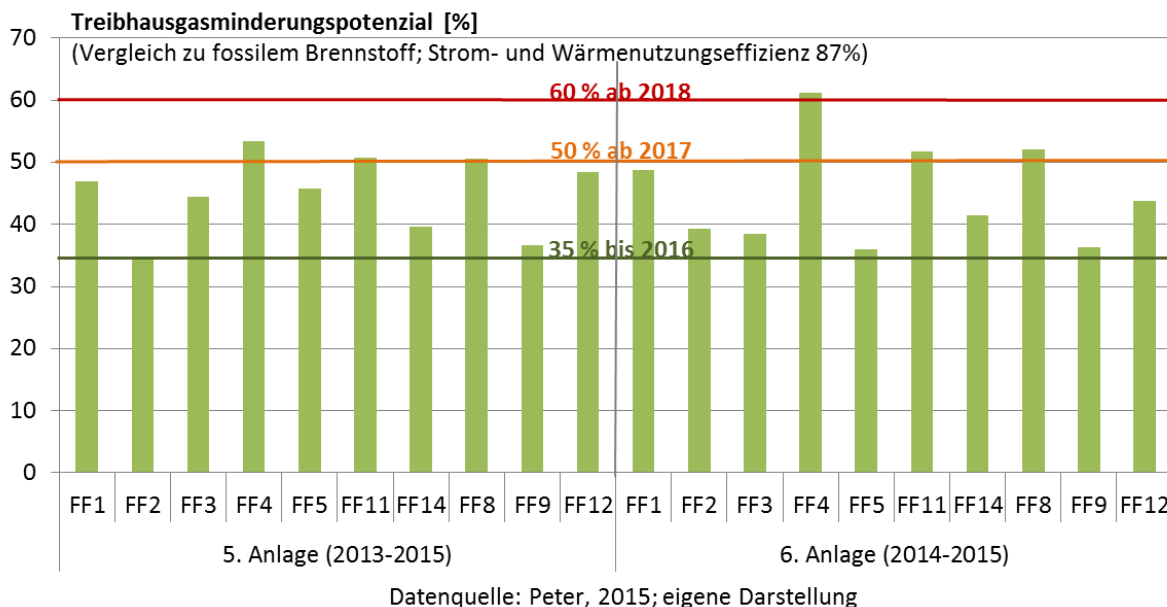


Abb. 20: Treibhausgasminderungspotenzial [%] gegenüber fossilem Brennstoff (2013-2015)

3.8 Wasser- und Stickstoffhaushalt in der dritten Projektlaufzeit 2013-2015

Für die Modellierung der Parameter des Wasser- und Stickstoffhaushaltes wurde das Agrar-ökosystemmodell MONICA verwendet. Die Berechnung konnte noch nicht für alle Fruchtfolgen durchgeführt werden, weshalb in diesem Schlussbericht zunächst nur die Fruchtfolgen 1, 2, 3, 4 und 11 verglichen werden können. Dazu wurde für jede Fruchtfolge das Mittel der ersten zwei Versuchsjahre der fünften und sechsten Anlage gebildet. Das dritte Jahr der fünften Anlage wurde nicht betrachtet, um eine identische Datengrundlage beider Anlagen zu gewährleisten.

3.8.1 Wasserverbrauch und Sickerwassermenge der Fruchtfolgen

Die Sickerwassermenge bezeichnet die Wassermengen unterhalb der hydraulischen Wasserscheide, die nicht mehr pflanzenverfügbar sind und daher zur Grundwasserneubildung beitragen. Im Sinne einer hohen Grundwasserneubildung sind hohe Werte positiv und geringe Werte negativ einzustufen. Die Sickerwassermenge steht in Zusammenhang mit dem Wasserverbrauch der einzelnen Fruchtfolgen (Abb. 21). Je mehr Wasser von den Kulturen verbraucht wird, umso weniger kann versickern.

Die Fruchtfolge 11 weist den größten Wasserverbrauch von 530 mm/a auf, weshalb hier mit 55 mm/a die geringste Sickerwassermenge vorliegt. Etwa 100 mm/a weniger benötigen die Fruchtfolgen 2 (Senf – Futterhirse; Grünschnittroggen – Mais) und 4 (2 Jahre Luzernegras) mit 431 bzw. 432 mm/a. In diesen Fruchtfolgen versickern demzufolge die größten Wassermengen von 114 bzw. 107 mm/a. Dieses Ergebnis bestätigt allerdings nicht die nach vorherrschender Lehrmeinung hohe Wasserbedürftigkeit des Luzernegrases (FF 4). Die Fruchtfolgen 1 und 3 verbrauchen 491 bzw. 465 mm/a. Daraus resultieren die mittleren Sickerwassermengen von 60 bzw. 69 mm/a.

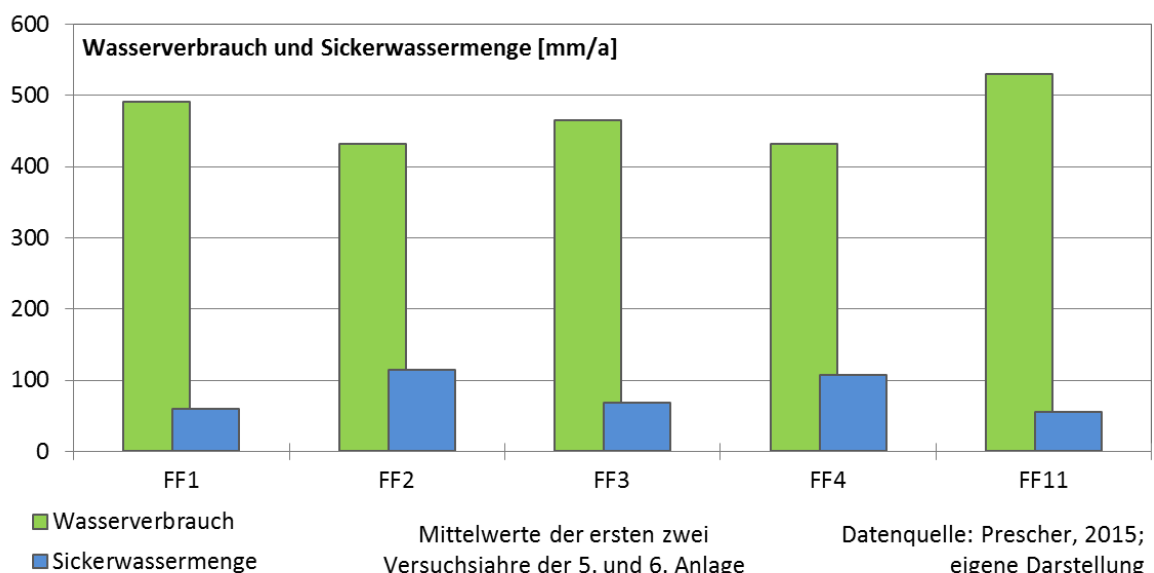


Abb. 21: Wasserverbrauch und Sickerwassermenge ausgewählter Fruchtfolgen [mm/a] (2013-2015)

3.8.2 Nitratkonzentration im Sickerwasser und Nitrataustrag der Fruchtfolgen

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser, die ebenfalls mithilfe des Modells MONICA ermittelt wurde, ist ein wichtiger ökologischer Parameter zur Einschätzung der Qualität des Grundwassers. Dieses darf nur als Trinkwasser verwendet werden, wenn der Grenzwert von maximal 50 mg/l NO₃ eingehalten wird. So können beispielsweise geringe absolute Austräge negativ zu bewerten sein, da sie in Verbindung mit niedrigen Sickerwassermengen wiederum zu hohen Nitratkonzentrationen führen.

Die höchsten Konzentrationen von 26 mg/l NO₃ zeigen die Fruchtfolgen 2 und 4 (Abb. 22). Theoretisch müsste die Nitratkonzentration in den Fruchtfolgen 2 und 4 jedoch am geringsten sein. Die höhere Stickstoffbilanz der Fruchtfolge 2 im Vergleich zu den anderen Fruchtfolgen und die Mineralisation des gebundenen Luftstickstoffes durch Luzernegras in der Fruchtfolge 4 könnten Ursachen für die Umkehrung sein. In den Fruchtfolgen 1 und 11 wird mit 9 bzw. 7 mg/l NO₃ die niedrigste Konzentration erreicht. Grundsätzlich halten damit alle dargestellten Fruchtfolgen den vorgeschriebenen Grenzwert von 50 mg/l NO₃ ein.

Der Nitrataustrag wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, insbesondere durch die Stickstoffdüngung in Verbindung mit der Stickstoffaufnahme durch die Pflanzen, der Sickerwassermenge und der daraus resultierenden Nitratkonzentration im Sickerwasser. Die Abbildung 22 zeigt den Nitrataustrag aus dem für die Pflanzenwurzeln nutzbaren Bereich.

Aufgrund der Abhängigkeit des Nitrataustrages von der Sickerwassermenge ist er in den Fruchtfolgen 2 und 4 mit 34 bzw. 32 kg/(ha*a) NO₃ am höchsten sowie in den Fruchtfolgen 1 und 11 mit 5 bzw. 4 kg/(ha*a) NO₃ am geringsten. Die Fruchtfolge 3 bewegt sich mit 11 kg/(ha*a) NO₃ ebenfalls auf niedrigem Niveau.

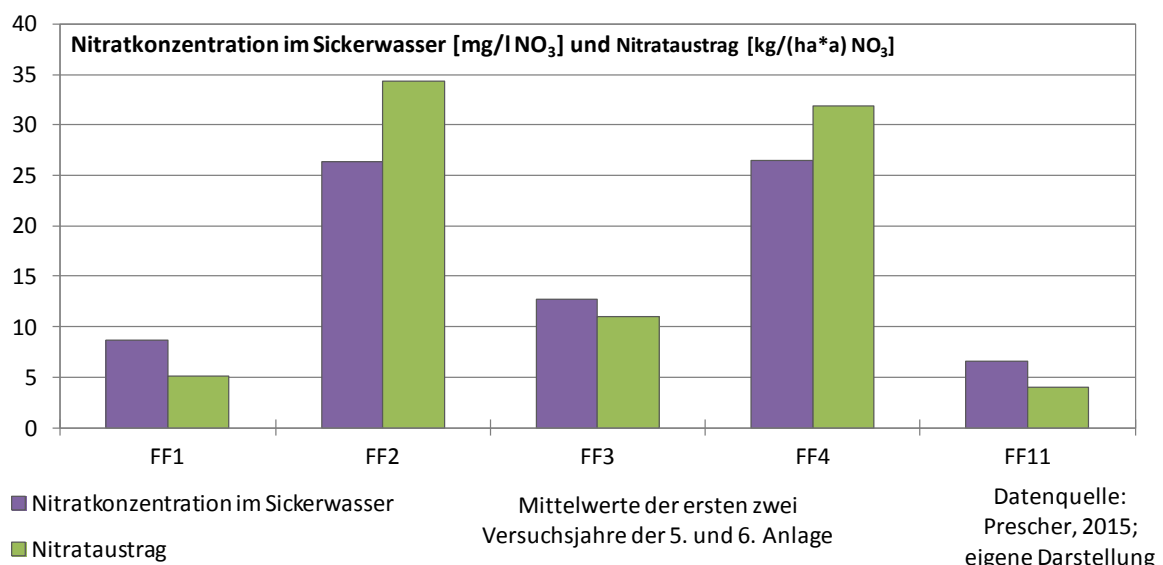


Abb. 22: Nitratkonzentration im Sickerwasser [mg/l NO₃] und Nitrataustrag [kg/(ha*a) NO₃] ausgewählter Fruchtfolgen (2013-2015)

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der dritten Projektlaufzeit EVA III zeigen neue Möglichkeiten der Diversifizierung von Energiepflanzenfruchtfolgen, beispielsweise anhand des Wickroggens, sowie Perspektiven der Fruchtfolgegestaltung zum Zweck des Gewässerschutzes und zur Reduzierung der Stickstoffdüngung auf.

Mais und Futterhirse stellen auf dem Löß-Standort Bernburg-Strenzfeld die ertragreichsten und sichersten Energiepflanzen dar, auch die Zuckerrübe zeigt im ersten Jahr gute Ergebnisse. Das Zweifruchtsystem aus Grünschnittroggen als Winterzwischenfrucht und Mais in Zweitfruchtstellung realisiert überwiegend höhere Erträge als Mais in Hauptfruchtstellung. Futterhirse als Hauptfrucht erzielt Trockenmasseerträge über denen von Mais und gab es keine Abreifeprobleme, in Zweitfruchtstellung konnten dagegen keine optimalen Trockensubstanzgehalte erzielt werden. Die Kombination von Wintergerste und Sudangras bewegt sich bezüglich der Trockenmasse- und Methanhektarerträge auf hohem Niveau, allerdings bei günstigeren Trockensubstanzgehalten als das Zweifruchtsystem aus Grünschnittroggen und Futterhirse. Wickroggen stellt aus Sicht der Biodiversität eine interessante Alternative mit allerdings geringem Ertragspotenzial dar. Wintertriticale zeigt Erträge über dem standorttypischen Ertragsniveau. Zwischenfrüchte können ebenfalls hohe Erträge erreichen. Senf als abfrierende Zwischenfrucht hinterlässt eine gute Bodenstruktur, verbrauchte aufgrund der hohen Winterniederschläge keine zusätzliche Bodenfeuchte und führte daher nicht zu Ertragseinbußen in den Folgefrüchten.

In der ökonomischen Auswertung zeigt sich eine zu den Trockenmasseerträgen vergleichbare Tendenz. Mais und Sorghum in Hauptfruchtstellung weisen die höchste direkt- und arbeiterledigungskostenfreie Leistung bei niedrigsten Kosten auf. Doch auch das Zweifruchtsystem aus Grünschnittroggen und Mais sowie die Fruchtfolge aus Wintergerste, Sudangras, Mais, Wintertriticale und Phacelia (Gründüngung) realisieren teilweise hohe Leistungen. Auf die Kosten haben die Arbeiterledigungskosten sowie die Kosten für die Düngung den größten Einfluss, weshalb Einsparungen in diesen Kategorien das höchste Potenzial zur Kostenreduktion besitzen.

Die Humusbilanz der geprüften Fruchtfolgen bewegt sich auf sehr niedrigem Niveau. Hier ist die Rückführung der Gärsubstrate absolut erforderlich, um den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit zu gewährleisten. Lediglich das Luzerngras sowie der Verbleib des Stroh der Wintertriticale weisen eine sehr stark humusmehrende Wirkung auf. Zwischenfrüchte wie Phacelia und Senf können ebenfalls einen Beitrag zum Humusaufbau leisten.

Die insgesamt relativ hohen Erträge der Versuchsjahre führen zu geringen Nährstoffüberschüssen. Die Differenz zwischen Stickstoffdüngung und -entzug durch die abgefahrenen Erträge konnten durch das hohe Nachlieferungspotenzial des Bodens ausgeglichen werden. Die negativen Stickstoffbilanzen, der vermehrte Anbau von Zwischenfrüchten sowie die reduzierte Stickstoffdüngung spiegeln sich zunehmend in den N_{\min} -Gehalten wider. Der Phosphorsaldo ist ausgeglichen. Bei Kalium bewegt er sich auf negativem Niveau.

Die Auswertung der energetischen Parameter und Treibhausgasemissionen zeigen Verbesserungen von Energiebilanz und Energieeffizienz sowie Reduktion der Treibhausgasemissionen durch die verringerte Stickstoffdüngung. Außerdem ist diesbezüglich zu beachten, dass die Trockenmasse- und Methanhektarerträge in den bisherigen Versuchen durch die Reduk-

tion der Düngung unwesentlich beeinträchtigt wurden. Des Weiteren wird die Bedeutung der Düngung, der daraus entstehenden Feldemissionen sowie des Betriebes der Biogasanlage für Energieaufwand und Treibhausgasemissionen verdeutlicht.

Die Parameter zum Wasser- und Stickstoffhaushalt können bisher nur für einen Teil der Fruchtfolgen ausgewertet werden. Im Interesse einer hohen Grundwasserneubildung sowie geringerer Nitratkonzentrationen im Sickerwasser ist ein geringer Wasserverbrauch mit folglich höheren Sickerwassermengen positiv zu bewerten. Je höher die Sickerwassermenge ist, umso größer ist allerdings auch der Nitrataustrag.

Inzwischen gibt es Regelungen, um den ackerbaulich und wirtschaftlich interessanten und einfachen Maisanbau zu begrenzen. So wurde der Anteil von Mais in der Ration der Biogasanlagen auf maximal 60 % begrenzt. Es gilt daher, Alternativen zu finden, die in den Betrieb sowie zu dem Standort passen. Zusätzliche Vorgaben zum Greening der Direktzahlungen in Form von Fruchtfolgevorgaben und Begrenzung des Anteils einzelner Fruchtarten auf betrieblicher Ebene erschweren die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlagen mit hohem Maisanteil zusätzlich, sollen aber die Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelerzeugung sowie der Bioenergieproduktion auf dem Feld erhöhen.

Dies können die Ergebnisse des Projektes unterstützen, indem sie zur Einbindung alternativer Kulturen oder Fruchtfolgen in einen Betrieb beitragen und neue Möglichkeiten sowie Grenzen aufzeigen, wie diese Alternativen pflanzenbaulich, ökonomisch und ökologisch sinnvoll in den entsprechenden Betrieb integriert werden können.

Das EVA-Projekt wurde bereits seit Herbst 2012 mit leicht veränderten Verbundfruchtfolgen und am Standort Bernburg gleichen Regionalf Fruchtfolgen fortgesetzt. In die Verbundfruchtfolgen wurde beispielsweise die Zuckerrübe integriert, die in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung als Energiepflanze erlangte. Zusätzlich wurde der Versuch „Risikoabschätzung“ zur Reduktion des jährlichen Witterungseinflusses auf die Ertragsleistung angelegt sowie spezielle Fruchtfolgen mit reduzierter Stickstoffdüngung und jeweils eine Gewässerschutz- oder Biodiversitäts-Fruchtfolge entwickelt. Ziel der Fortsetzung waren detailliertere Erkenntnisse zur Definition von Kriterien, die eine verbesserte Zielerreichung möglich machen. Dazu sollten praktikable Fruchtfolgen für den Standort abgeleitet sowie pflanzenbauliche Ergebnisse und ökologische sowie ökonomische Kriterien bewertet werden.

Im Herbst 2015 wurden alle Kulturen am Standort Bernburg planmäßig beerntet. Die Herbstarbeiten (Senf-Ertragsbestimmung sowie die Bodenprobenahme vor Winter) mussten unter der Bedingung der ursprünglich vorgesehenen, aber nicht bewilligten Fortführung des Projektes bis zum 30.11.2015 zum vorzeitigen Abschluss gebracht werden. Sie erfolgten am 02. und 03. November und damit etwa drei bis vier Wochen früher als in den Vorjahren. Die erforderliche Erfassung und Weiterleitung der Daten hätte zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr gewährleistet werden können. Die Winterungen wurden nicht mehr ausgesät. Durch die zügige Probenbearbeitung im Labor liegen bereits alle Analyseergebnisse, mit Ausnahme der Rübenkörper-Elementaranalyse, vor.

In Sachsen-Anhalt besteht des Weiteren keine Möglichkeit der Weiterführung aus eigenen Mitteln, andere Energiepflanzenprojekte mussten ebenfalls beendet werden. Für den Standort Bernburg endet das EVA-Projekt damit zum 30.11.2015 vor Abschluss der Fruchtfolgeversuche.

AI Tabellen

Tab. 7: Bearbeitungsvorgänge 5. Anlage 3. Versuchsjahr (Bernburg 2014/2015)

Arbeitsgang/ FF	Bodenbearbeitung	Aussaat	Düngung	Herbizid	Fungizid/ WTR	Insektizid	Ernte
FF 1	09.09. Scheibenegge	WiTri (GP)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	29.06.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Massimo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 77-83
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	80 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	16.04.2015	04.11.2014	202 dt/ha TM
	29.06. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015		Adexar		36,6 % TS
			40 kg/ha N (KAS)		2,0 l/ha		
			14.04.2015		06.05.2015		
			<u>Grunddüngung:</u>		Skyway Xpro		
			232 kg/ha K (KK)		1,25 l/ha		
			79 kg/ha P (TSP)		04.06.2015		
			13.04.2015				
FF 2	29.06. Schwergrubber	Phacelia (SZF)	30 kg/ha N (KAS)				01.10.2015
	29.06. Fräsen	Amerigo	24.07.2015				BBCH 65
	30.06. Cambridgewalze	25 kg/ha					33 dt/ha TM
	13.08. Handhacke	30.06.2015					17,5 % TS
FF 3	09.09. Scheibenegge	WiTri (Korn)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	23.07.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Massimo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 92
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	80 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	16.04.2015	04.11.2014	89 dt/ha TM
		02.10.2014	06.03.2015		Adexar		85,1 % TS
			60 kg/ha N (KAS)		2,0 l/ha		
			14.04.2015		06.05.2015		
			40 kg/ha N (KAS)		Skyway Xpro		
			19.05.2015		1,25 l/ha		
			<u>Grunddüngung:</u>		04.06.2015		
			616 kg/ha K (KK)				
FF 4	30.09. Scheibenegge	WiTri (GP)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	29.06.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Massimo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 77-83
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	80 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	16.04.2015	04.11.2014	171 dt/ha TM
	29.06. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015		Adexar		36,1 % TS
			60 kg/ha N (KAS)		2,0 l/ha		
			14.04.2015		06.05.2015		
			<u>Grunddüngung:</u>		Skyway Xpro		
			611 kg/ha K (KK)		1,25 l/ha		
			104 kg/ha P (TSP)		04.06.2015		
			13.04.2015				
FF 5	29.06. Schwergrubber	Weidelgras (SZF)	40 kg/ha N (KAS)				01.10.2015
	29.06. Fräsen	Bormitra	24.07.2015				BBCH 61
	30.06. Cambridgewalze	55 kg/ha					16 dt/ha TM
	13.08. Handhacke	30.06.2015					21,1 % TS
FF 4		Luzernegras	30 kg/ha S (Kieserit)				18.05.2015
		Country 2056	03.03.2015				Luzerne 51
		22 kg/ha					Gräser 49
		14.09.2012	<u>Grunddüngung:</u>				57 dt/ha TM
			822 kg/ha K (KK)				18,0 % TS
			81 kg/ha P (TSP)				
			13.04.2015				
FF 5	20.05. Schwergrubber	Mais (ZF)	175 kg/ha N (KAS)				30.09.2015
	20.05. Fräsen	Laurinio S220	26.05.2015				BBCH 79
	01.10. Mulchen	10 Kö/m ²					102 dt/ha TM
		21.05.2015					22,4 % TS
FF 5	09.09. Scheibenegge	Zuckerrüben (Körper+Blatt)	30 kg/ha S (Kieserit)	Betanal MaxxPro + Goltix Titan	Juwel	Karate Zeon	06.10.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Annika	03.03.2015	1,0 l/ha + 1,5 l/ha	1,0 l/ha	0,075 l/ha	BBCH 49
	01.10. Saatbettkombi	10 Kö/m ²	100 kg/ha N (KAS)	23.04.2015	24.08.2015	10.06.2015	196 dt/ha TM
	10.03. Saatbettkombi	23.03.2015	06.03.2015	Betanal MaxxPro + Goltix Titan		Karate Zeon	24,6 % TS
	23.03. Saatbettkombi			1,0 l/ha + 1,5 l/ha		0,075 l/ha	
			<u>Grunddüngung:</u>	06.05.2015		19.06.2015	
			221 kg/ha K (KK)		Betanal MaxxPro + Goltix Titan		
			106 kg/ha P (TSP)		1,2 l/ha + 2,0 l/ha		
		13.04.2015		22.05.2015			

Arbeitsgang/ FF	Bodenbearbeitung	Aussaat	Düngung	Herbizid	Fungizid/ WTR	Insektizid	Ernte
FF 11 Maisfolge	09.09. Scheibenegge	Mais (HF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Gardo Gold			31.08.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Barros S250	03.03.2015	4,0 l/ha			BBCH 85
	01.10. Saatbettkombi	10 Kö/m ²	135 kg/ha N (KAS)	20.05.2015			205 dt/ha TM
	10.03. Saatbettkombi	16.04.2015	14.04.2015				36,5 % TS
	15.04. Saatbettkombi						
	01.09. Mulchen		<u>Grunddüngung:</u> 204 kg/ha K (KK) 71 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
FF 14 Gewässer- schutz	09.09. Scheibenegge	GS-Roggen (WZF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	18.05.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Vitallo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 59
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	90 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	09.04.2015	04.11.2014	91 dt/ha TM
	18.05. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015				23,2 % TS
			55 kg/ha N (KAS) 14.04.2015				
			<u>Grunddüngung:</u> 405 kg/ha K (KK) 91 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
	20.05. Schwergrubber	Mais (ZF)	175 kg/ha N (KAS)	Callisto			30.09.2015
	20.05. Fräsen	Laurinio S220	26.05.2015	1,0 l/ha			BBCH 79
01.10. Mulchen	10 Kö/m ²		17.07.2015			110 dt/ha TM	
		21.05.2015				25,3 % TS	
FF 8	30.09. Scheibenegge	Sorghum (HF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Gardo Gold			30.09.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Herkules	03.03.2015	4,0 l/ha			BBCH 61
	01.10. Saatbettkombi	40 Kö/m ²	135 kg/ha N (KAS)	20.05.2015			229 dt/ha TM
	10.03. Saatbettkombi	16.04.2015	14.04.2015				29,8 % TS
	15.04. Saatbettkombi						
	01.10. Mulchen		<u>Grunddüngung:</u> 360 kg/ha K (KK) 62 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
FF 9	30.09. Scheibenegge	GS-Roggen (WZF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	18.05.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Vitallo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 59
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	90 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	09.04.2015	04.11.2014	81 dt/ha TM
	18.05. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015				24,1 % TS
			55 kg/ha N (KAS) 14.04.2015				
			<u>Grunddüngung:</u> 830 kg/ha K (KK) 99 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
	20.05. Schwergrubber	Sorghum (ZF)	175 kg/ha N (KAS)	Gardo Gold			30.09.2015
	20.05. Fräsen	Herkules	26.05.2015	3,5 l/ha			BBCH 53
	01.10. Mulchen	40 Kö/m ²		04.08.2015			72 dt/ha TM
			21.05.2015				19,6 % TS
	Sudangras (Neuansaat)						
	Lussi						
	50 Kö/m ²						
	10.07.2015						
FF 12 = FF 3 um 25 % N- reduziert	30.09. Scheibenegge	WiTri (GP)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	29.06.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Massimo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 77-83
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	60 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	16.04.2015	04.11.2014	157 dt/ha TM
	29.06. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015		Adexar		38,5 % TS
			45 kg/ha N (KAS) 14.04.2015		2,0 l/ha 06.05.2015		
			<u>Grunddüngung:</u> 918 kg/ha K (KK) 107 kg/ha P (TSP) 13.04.2015		Skyway Xpro 1,25 l/ha 04.06.2015		
	29.06. Schwergrubber	Weidelgras (SZF)					01.10.2015
	29.06. Fräsen	Bormitra					BBCH 59
	30.06. Cambridgewalze	55 kg/ha					9 dt/ha TM
	13.08. Handhacke	30.06.2015					23,5 % TS

Tab. 8: Bearbeitungsvorgänge 6. Anlage 2. Versuchsjahr (Bernburg 2014/2015)

Arbeitsgang/ FF	Bodenbearbeitung	Aussaat	Düngung	Herbizid	Fungizid/ WTR	Insektizid	Ernte
FF 1	30.09. Scheibenegge	Mais (HF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Gardo Gold			31.08.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Barros S250	03.03.2015	4,0 l/ha			BBCH 85
	01.10. Saatbettkombi	10 Kö/m ²	140 kg/ha N (KAS)	20.05.2015			197 dt/ha TM
	10.03. Saatbettkombi	16.04.2015	14.04.2015				35 % TS
	15.04. Saatbettkombi						
	01.09. Mulchen		<u>Grunddüngung:</u> 343 kg/ha K (KK) 102 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
FF 2	30.09. Scheibenegge	GS-Roggen (WZF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	18.05.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Vitallo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 59
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	90 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	09.04.2015	04.11.2014	93 dt/ha TM
	18.05. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015				23,7 % TS
			60 kg/ha N (KAS)				
			14.04.2015				
			<u>Grunddüngung:</u> 460 kg/ha K (KK) 73 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
	20.05. Schwergrubber	Mais (ZF)	175 kg/ha N (KAS)	Callisto			30.09.2015
	20.05. Fräsen	Laurinio S220	26.05.2015	1,0 l/ha			BBCH 79
01.10. Mulchen	10 Kö/m ²		17.07.2015			100 dt/ha TM	
	21.05.2015					23,3 % TS	
FF 3	09.09. Scheibenegge	GS-Roggen (WZF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	18.05.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Vitallo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 59
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	90 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	09.04.2015	04.11.2014	96 dt/ha TM
	18.05. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015				23,1 % TS
			60 kg/ha N (KAS)				
			14.04.2015				
			<u>Grunddüngung:</u> 279 kg/ha K (KK) 58 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
	20.05. Schwergrubber	Sorghum (ZF)	175 kg/ha N (KAS)	Gardo Gold			30.09.2015
	20.05. Fräsen	Herkules	26.05.2015	3,0 l/ha			BBCH 37
01.10. Mulchen	40 Kö/m ²		17.07.2015			89 dt/ha TM	
	21.05.2015					16,3 % TS	
FF 4		Luzernegras	30 kg/ha S (Kieserit)				18.05.2015
		Country 2056	03.03.2015				Luzerne 51
		22 kg/ha					Gräser 53
		14.09.2012	<u>Grunddüngung:</u> 348 kg/ha K (KK) 52 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				50 dt/ha TM
							19,5 % TS
							30.06.2015
							Luzerne 55
							Gräser 65
							34 dt/ha TM
							22,6 % TS
FF 5		Weidelgras (WZF)	30 kg/ha S (Kieserit)				06.08.2015
		Bormitra	03.03.2015				Luzerne 53-61
		60 kg/ha	60 kg/ha N (KAS)				Gräser 30
		23.09.2013	06.03.2015				24 dt/ha TM
			<u>Grunddüngung:</u> 401 kg/ha K (KK) 63 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				26,7 % TS
							01.10.2015
							Luzerne 55-61
							Gräser 31
							23 dt/ha TM
							24,3 % TS
FF 5	20.05. Schwergrubber	Mais (ZF)	175 kg/ha N (KAS)	Callisto			30.09.2015
	20.05. Fräsen	Laurinio S220	26.05.2015	1,0 l/ha			BBCH 79
	01.10. Mulchen	10 Kö/m ²		17.07.2015			107 dt/ha TM
		21.05.2015					22,6 % TS

Arbeitsgang/ FF	Bodenbearbeitung	Aussaat	Düngung	Herbizid	Fungizid/ WTR	Insektizid	Ernte
FF 11 Maisfolge	09.09. Scheibenegge	Mais (HF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Gardo Gold			31.08.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Barros S250	03.03.2015	4,0 l/ha			BBCH 85
	01.10. Saatbettkombi	10 Kö/m ²	130 kg/ha N (KAS)	20.05.2015			200 dt/ha TM
	10.03. Saatbettkombi	16.04.2015	14.04.2015				37,2 % TS
	15.04. Saatbettkombi						
	01.09. Mulchen		<u>Grunddüngung:</u> 105 kg/ha K (KK) 46 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
FF 14 Gewässer- schutz	09.09. Scheibenegge	GS-Roggen (WZF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	18.05.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Vitallo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 59
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	90 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	09.04.2015	04.11.2014	99 dt/ha TM
	18.05. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015				23,5 % TS
			55 kg/ha N (KAS) 14.04.2015				
			<u>Grunddüngung:</u> 180 kg/ha K (KK) 59 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
	20.05. Schwergrubber	Mais (ZF)	175 kg/ha N (KAS)	Callisto			30.09.2015
	20.05. Fräsen	Laurinio S220	26.05.2015	1,0 l/ha			BBCH 79
01.10. Mulchen	10 Kö/m ²		17.07.2015			125 dt/ha TM	
	21.05.2015					27,2 % TS	
FF 8	30.09. Scheibenegge	Sorghum (HF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Gardo Gold			30.09.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Herkules	03.03.2015	4,0 l/ha			BBCH 61
	01.10. Saatbettkombi	40 Kö/m ²	130 kg/ha N (KAS)	20.05.2015			228 dt/ha TM
	10.03. Saatbettkombi	16.04.2015	14.04.2015				30,1 % TS
	15.04. Saatbettkombi						
	01.10. Mulchen		<u>Grunddüngung:</u> 296 kg/ha K (KK) 46 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
FF 9	30.09. Scheibenegge	GS-Roggen (WZF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	18.05.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Vitallo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 59
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	90 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	09.04.2015	04.11.2014	85 dt/ha TM
	18.05. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015				23,9 % TS
			60 kg/ha N (KAS) 14.04.2015				
			<u>Grunddüngung:</u> 278 kg/ha K (KK) 91 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
	20.05. Schwergrubber	Sorghum (ZF)	175 kg/ha N (KAS)	Gardo Gold			30.09.2015
	20.05. Fräsen	Herkules	26.05.2015	3,0 l/ha			BBCH 37
01.10. Mulchen	40 Kö/m ²		17.07.2015			104 dt/ha TM	
	21.05.2015					16,8 % TS	
FF 12 = FF 3 um 25 % N- reduziert	09.09. Scheibenegge	GS-Roggen (WZF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	18.05.2015
	01.10. Pflug mit Packer	Vitallo	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 59
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	67,5 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	09.04.2015	04.11.2014	87 dt/ha TM
	18.05. Mulchen	02.10.2014	06.03.2015				24,1 % TS
			45 kg/ha N (KAS) 14.04.2015				
			<u>Grunddüngung:</u> 221 kg/ha K (KK) 58 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
	20.05. Schwergrubber	Sorghum (ZF)	131 kg/ha N (KAS)	Gardo Gold			30.09.2015
	20.05. Fräsen	Herkules	26.05.2015	3,0 l/ha			BBCH 37
	01.10. Mulchen	40 Kö/m ²		17.07.2015			105 dt/ha TM
		21.05.2015					17,2 % TS

Tab. 9: Bearbeitungsvorgänge 7./8. Anlage 3. Versuchsjahr (Bernburg 2014/2015)

Arbeitsgang/ FF	Bodenbearbeitung	Aussaat	Düngung	Herbizid	Fungizid/ WTR	Insektizid	Ernte	
FF 7-1	12.08. Kreiselegge	WiGe (GP)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	08.06.2015	
	15.09. Grubber	Otto	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 77-83	
	16.09. Sattbettkombi	300 Kö/m ²	80 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	16.04.2015	04.11.2014	129 dt/ha TM	
	08.06. Mulchen	18.09.2014	06.03.2015		Adexar		36 % TS	
			40 kg/ha N (KAS)		2,0 l/ha			
			14.04.2015		30.04.2015			
			<u>Grunddüngung:</u> 16 kg/ha K (KK) 27 kg/ha P (TSP) 13.04.2015					
	08.06. Schwergrubber	Sudangras (SZF)	60 kg/ha N (KAS)				30.09.2015	
	26.06. Fräsen	Lussi	07.07.2015				BBCH 61	
	01.10. Mulchen	50 Kö/m ²					89 dt/ha TM	
		26.06.2015					22,8 % TS	
FF 7-2	12.08. Kreiselegge	Senf (Gd)					25.11.2014	
	13.08. Saatbettkombi	Master					BBCH 65	
	17.03. Mulchen	20 kg/ha					45 dt/ha TM	
		13.08.2014					16,8 % TS	
	18.03. Zinkenrotor	Sorghum (HF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Gardo Gold			30.09.2015	
	15.04. Saatbettkombi	Herkules	03.03.2015	4,0 l/ha			BBCH 61	
01.10. Mulchen	40 Kö/m ²	130 kg/ha N (KAS)	20.05.2015			240 dt/ha TM		
		16.04.2015	14.04.2015			29,5 % TS		
			<u>Grunddüngung:</u> 25 kg/ha K (KK) 19 kg/ha P (TSP) 13.04.2015					
FF 7-3	12.08. Kreiselegge	Senf (Gd)					25.11.2014	
	13.08. Saatbettkombi	Master					BBCH 65	
	17.03. Mulchen	20 kg/ha					29 dt/ha TM	
		13.08.2014					18,5 % TS	
	18.03. Zinkenrotor	Mais (HF)	30 kg/ha S (Kieserit)	Gardo Gold			31.08.2015	
	15.04. Saatbettkombi	Barros S250	03.03.2015	4,0 l/ha			BBCH 85	
01.09. Mulchen	10 Kö/m ²	145 kg/ha N (KAS)	20.05.2015			207 dt/ha TM		
		16.04.2015	14.04.2015			35,1 % TS		
			<u>Grunddüngung:</u> 17 kg/ha K (KK) 30 kg/ha P (TSP) 13.04.2015					
FF 8-1	01.10. Pflug mit Packer	WiWei (Korn)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	23.07.2015	
	01.10. Saatbettkombi	JB Asano	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 92	
		300 Kö/m ²	90 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	16.04.2015	04.11.2014	76 dt/ha TM	
		02.10.2014	06.03.2015		Adexar		84,1 % TS	
			90 kg/ha N (KAS)		2,0 l/ha			
			14.04.2015		06.05.2015			
		50 kg/ha N (KAS)		Skyway Xpro				
		19.05.2014		1,25 l/ha				
			<u>Grunddüngung:</u> 344 kg/ha K (KK) 49 kg/ha P (TSP) 13.04.2015					
FF 8-2	01.09. Scheibenegge	WiWei (Korn)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	23.07.2015	
	01.10. Pflug mit Packer	JB Asano	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 92	
	01.10. Saatbettkombi	300 Kö/m ²	90 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	16.04.2015	04.11.2014	87 dt/ha TM	
		02.10.2014	06.03.2015		Adexar		84,0 % TS	
			90 kg/ha N (KAS)		2,0 l/ha			
			14.04.2015		06.05.2015			
			50 kg/ha N (KAS)		Skyway Xpro			
			19.05.2014		1,25 l/ha			
				<u>Grunddüngung:</u> 41 kg/ha K (KK) 34 kg/ha P (TSP) 13.04.2015				
		23.07. Zinkenrotor	Senf (Gd)	01.09.2015				02.11.2015
	24.07. Cambridgewalze	Master	20 kg/ha N (KAS)				BBCH 65	
		20 kg/ha					24 dt/ha TM	
		24.07.2015					20,7 % TS	

Arbeitsgang/ FF	Bodenbearbeitung	Aussaat	Düngung	Herbizid	Fungizid/ WTR	Insektizid	Ernte
FF 8-3	01.10. Pflug mit Packer	WiWei (Korn)	30 kg/ha S (Kieserit)	Bacara Forte	Medax Top + Turbo	Karate Zeon	23.07.2015
	01.10. Saatbettkombi	JB Asano	03.03.2015	0,8 l/ha	1,0 l/ha + 1,0 kg/ha	0,075 l/ha	BBCH 92
		300 Kö/m ²	90 kg/ha N (KAS)	14.10.2014	16.04.2015	04.11.2014	83 dt/ha TM
		02.10.2014	06.03.2015		Adexar		83,4 % TS
			90 kg/ha N (KAS)		2,0 l/ha		
			14.04.2015		06.05.2015		
			50 kg/ha N (KAS)		Skyway Xpro		
			19.05.2014		1,25 l/ha		
			<u>Grunddüngung:</u>		04.06.2015		
			412 kg/ha K (KK)				
			54 kg/ha P (TSP)				
		13.04.2015					
	23.07. Zinkenrotor	Senf (Gd)	01.09.2015				02.11.2015
	24.07. Cambridgewalze	Master	20 kg/ha N (KAS)				BBCH 65
		20 kg/ha					28 dt/ha TM
		24.07.2015					19,1 % TS

Tab. 10: Nährstoffentzug der Fruchtarten im Versuchsjahr 2015*

FF	Fruchtart	TM [dt/ha]	Nährstoffgehalt [%]				Nährstoffentzug [kg/ha]			
			N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
5-1	Triticale	201,9	1,20	0,20	1,54	0,10	242	39	311	20
5-2	Triticale	89,4	2,07	0,31	0,39	0,11	185	28	35	10
5-3	Triticale	170,9	1,06	0,18	1,53	0,09	181	31	261	16
5-3	Weidelgras	16,2	1,85	0,29	4,29	0,16	30	5	70	3
5-4	Luzernegras 1.Schnitt	56,7	2,86	0,30	3,36	0,24	162	17	190	14
5-4	Mais	102,3	1,65	0,27	1,85	0,18	169	27	189	18
5-5	Zuckerrübe	196,4					0	0	0	0
5-11	Mais	205,4	1,42	0,20	1,39	0,20	292	42	285	41
5-14	Roggen	91,4	1,87	0,28	2,36	0,12	171	26	216	11
5-14	Mais	110,0	1,55	0,25	1,41	0,18	170	27	155	20
5-8	Futterhirse	229,3	1,23	0,16	1,27	0,30	282	36	291	68
5-9	Roggen	81,2	1,91	0,25	2,33	0,13	155	20	189	10
5-9	Futterhirse	71,9	2,16	0,27	2,13	0,24	155	19	153	17
5-12	Triticale	157,2	1,04	0,18	1,26	0,10	163	28	198	15
5-12	Weidelgras	8,6	1,55	0,25	3,45	0,18	13	2	30	2
6-1	Mais	197,3	1,22	0,22	1,38	0,20	241	44	272	38
6-2	Roggen	93,1	1,70	0,26	2,30	0,12	158	24	214	11
6-2	Mais	100,3	1,58	0,25	1,47	0,18	159	25	148	18
6-3	Roggen	96,0	1,92	0,28	2,35	0,11	184	27	225	11
6-3	Futterhirse	89,4	1,99	0,27	2,82	0,31	178	24	252	28
6-4	Luzernegras 1.Schnitt	50,0	2,37	0,26	2,87	0,19	118	13	143	9
6-4	Luzernegras 2.Schnitt	34,4	2,74	0,20	2,60	0,23	94	7	90	8
6-4	Luzernegras 3.Schnitt	23,6	2,83	0,31	3,13	0,24	67	7	74	6
6-4	Luzernegras 4.Schnitt	22,7	3,18	0,30	3,25	0,21	72	7	74	5
6-4	Summe/MW Luzernegras	130,7	2,69	0,26	2,91	0,21	352	34	381	27
6-5	Welsches Weidelgras	35,3	1,45	0,25	2,54	0,12	51	9	90	4
6-5	Mais	106,8	1,49	0,21	1,38	0,16	159	23	147	17
6-11	Mais	200,3	1,20	0,22	1,32	0,21	240	43	264	42
6-14	Roggen	99,1	2,18	0,27	2,15	0,12	216	27	213	12
6-14	Mais	124,7	1,40	0,23	1,25	0,18	175	29	156	23
6-8	Futterhirse	227,7	1,20	0,15	1,33	0,24	273	35	303	54
6-9	Roggen	85,1	1,95	0,25	2,14	0,11	166	21	182	9
6-9	Futterhirse	104,2	1,86	0,25	2,45	0,30	194	26	255	32
6-12	Roggen	87,0	1,88	0,26	2,22	0,11	164	23	193	9
6-12	Futterhirse	104,5	1,64	0,23	2,49	0,26	171	24	260	27
7-1	Wintergerste	128,7	1,19	0,21	1,41	0,08	153	27	181	11
7-1	Sudangras	89,3	1,70	0,27	1,82	0,18	152	24	163	16
7-2	Futterhirse	239,8	1,28	0,17	1,53	0,23	307	41	367	55
7-3	Mais	206,9	1,27	0,22	1,40	0,16	263	45	290	32
8-1	Weizen	75,5	1,99	0,37	0,51	0,14	150	28	39	10
8-2	Weizen	87,4	2,18	0,29	0,38	0,11	191	25	33	9
8-3	Weizen	82,8	1,93	0,30	0,38	0,10	160	25	32	8

* Für Zuckerrübenkörper liegen noch keine Ergebnisse der Elementaranalyse vor, weshalb weder der Nährstoffentzug noch die Nährstoffbilanz berechnet werden können.

Tab. 11: N_{min}-Werte unter Mais und Futterhirse in Selbstfolge, nach Zwischenfrüchten und bei reduzierter Stickstoffdüngung (2012-2015)

Versuchs- anlage - FF	Fruchtart	2012	2013			2014			2015		
		N _{min} [kg/ha N], 0-90 cm									
		Vege- tations- ende	Vegetations- beginn bzw. vor Saat	nach Ernte	Vege- tations- ende	Vegetations- beginn bzw. vor Saat	nach Ernte	Vege- tations- ende	Vegetations- beginn bzw. vor Saat	nach Ernte	Vege- tations- ende
5-1	Mais				44	63	48	72			
5-2	Grünschnittroggen Mais				40	11	18 11	17			
5-3	Senf/Mais	26	53	143*	59						
5-4	Luzernegras Mais							23	51	13 67	206*
5-5	Weidelgras Mais				11	8	9 16	50			
5-11	Mais	79	73	161*	80	85	41	66	77	38	59
5-14	Grünschnittroggen Mais	25	20	157* 286*	20	8	13 11	14	11	11 91	109
5-12	Senf/Mais - N-red.	23	41	37	30						
6-1	Mais							34	34	40	51
6-2	Grünschnittroggen Mais							16	3	133*	130
6-3	Senf/Mais				8	21	17	16			
6-5	Weidelgras Mais							10	5	60	76
6-11	Mais				44	49	18	47	56	33	48
6-14	Grünschnittroggen Mais				41	12	13 15	15	7	61	63
6-12	Senf/Mais - N-red.				11	13	12	14			
7-3	Senf/Mais							45	22	25	60
8-1	Mais	185	87	287*	77						
8-2	Grünschnittroggen Mais	75	29	193* x	28						
5-1	Wintergerste Sudangras	49	43	33 325*	44						
5-2	Senf/Sorghum	29	52	48	40						
5-3	Grünschnittroggen Sorghum				59	21	21 11	21			
5-8	Sorghum	88	94	64	109	93	47	61	74	18	23
5-9	Grünschnittroggen Sorghum	37	27	142* 26	16	8	13 10	13	7	8 62	46
5-12	Grünschnittroggen - N-red. Sorghum - N-red.				30	9	12 10	13			
6-1	Wintergerste Sudangras				38	15	84 8	34			
6-2	Senf/Sorghum				8	24	9	16			
6-3	Grünschnittroggen Sorghum							16	5	9 21	50
6-8	Sorghum				41	46	18	38	47	16	17
6-9	Grünschnittroggen Sorghum				20	10	16 12	17	5	10 31	64
6-12	Grünschnittroggen - N-red. Sorghum - N-red.							14	3	18 14	29
7-1	Wintergerste Sudangras							33	23	41 18	24
7-2	Senf/Sorghum							49	38	16	37
8-3	Grünschnittroggen Sorghum	88	32	160* 76	21						

* hohe N_{min}-Werte durch sehr starke Mineralisation möglich x Probe nicht verwertbar

Selbstfolge WZF Getreide WZF Senf WZF Luzernegras/ Weidelgras
reduz. N-Düngung

All Veröffentlichungen, Informationsangebote und Öffentlichkeitsarbeit

Die Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt war bzw. ist über das EVA-Projekt hinaus Partner in weiteren geförderten Projekten bzw. bearbeitet eigene haushaltsfinanzierte Projekte auf dem Gebiet des Anbaus von Energiepflanzen und ihrer Verwertung:

- Erzeugung von Ethanolgetreide und Schlempeverfütterung (Mehrländerprojekt 2005-07, drei Getreidearten, N-Düngung, zwei Standorte, Fütterungsversuche)
- Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Bewertung von Sorghumarten und -hybriden als Energiepflanzen (Hirseverbundprojekt, 2011-14 sowie Vorgängerprojekte, zwei Standorte)
- Klon-Standort-Wechselwirkungen bei Pappel und Weide auf landwirtschaftlichen Standorten in kurzen Umtriebszeiten (Verbundprojekt „proloc“, 2008-12, 2012-15, vier Standorte)
- Anbauoptimierung verschiedener Energiepflanzenarten zur Biomasseproduktion (Energiepflanzenpark Bernburg, 2007 ff., Anbauvergleich v. a. mehrjähriger Energiepflanzen)
- Vergleich von Energiepflanzen (Art und Sorte) zur Biogaserzeugung hinsichtlich Trockenmasseertrag und Methanausbeute (2008 ff., sieben Arten, je fünf Sorten, zwei Standorte)
- Sorghumhirse in Einzelkornsaat – optimale Reihenweite und Saatstärke (2008-09)
- Einsatz von Getreidekorn sowie von Heizmaterialien aus neuen Energiepflanzen im automatischen Biomassekleinkessel – Emissionen und Betriebserfahrungen (2005 ff.)

Veröffentlichungen

- BOESE, L., 2010: Abwechslung in der Biogasfruchtfolge, Neue Landwirtschaft 7, S. 52-54.
- BOESE, L. et al., 2012: Energiepflanzen für Biogasanlagen – Sachsen-Anhalt, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 75 S.
- BOESE, L., REICHARDT, I.: Mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich, Vortragsmanuskripte der „Energietage – Biogas“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA), Garching 09.-11.09.2013
- BORMANN, I., 2014: Energiepflanzen-Fruchtfolgeprojekt EVA, Veröffentlichung der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau in Sachsen-Anhalt, Bernburg.
- BORMANN, I., 2015: Wer schneidet besser ab?, joule 3.2015, S. 71-73.

Vorträge

- BOESE, L.: Ganzpflanze als Biogassubstrat – Getreide, Mais und Hirsen im Vergleich, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 27.01.2010
- BÖTTCHER, K.: Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 27.01.2010
- BOESE, L.: Alternative Pflanzenarten zur energetischen Nutzung, 3. Fachtagung, Hochschule Anhalt, Bernburg, 04.11.2010
- BOESE, L.: Ganzpflanze als Biogassubstrat – Getreide, Mais und Hirsen im Vergleich, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 24.01.2011
- BÖTTCHER, K.: Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 24.01.2011
- BOESE, L.: Bioenergie im Spannungsfeld von Nutzungskonkurrenzen, Biodiversität, Welternährung, Klimawandel und Umwelt; Klausurtagung AK III der Landtagsfraktion DIE LINKE Sachsen-Anhalt, Wittenberg, 11.10. 2011
- BOESE, L.: Ganzpflanzen für die Biogaserzeugung im Vergleich, 8. Mitteldeutscher Bioenergetag, Colditz-Zschadraß, 22.11.2011
- BOESE, L.: Ganzpflanze als Biogassubstrat – Getreide, Mais und Hirsen im Vergleich, Akademie für Erneuerbare Energien, 6. Biogasfachkongress, Hitzacker, 24.11.2011
- BOESE, L.: Was und wie anbauen? – Ergebnisse und Empfehlungen zum Energiepflanzenanbau, 4. Winterseminar der Rechtsanwälte Dr. Kropp/Endler/Rasch für Landwirte, Wernigerode, 20.01.2012
- BOESE, L.: Stand und Entwicklung bei der Nutzung der Bioenergie und dem Anbau von Energiepflanzen in Deutschland, Konferenz "Energieeffizienz und Ressourcen schonen", Stadt Bernburg, 05.10.2012
- BOESE, L.: Ganzpflanze als Biogassubstrat – Getreide, Mais und Hirsen im Vergleich, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 21.01.2013
- BOESE, L.: Mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 21.01.2013
- BORMANN, I.: Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 21.01.2013
- BOESE, L.: Mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich, 22. Jahrestagung des Fachverband Biogas e.V., Leipzig, 31.01.2013
- BOESE, L.: Mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich, Energietage Biogas der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA), Garching, 10.09.2013
- BOESE, L.: Einjährige und mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich, Agrarpolitisches Forum und Pflanzenschutztag der Landvolkbildung Thüringen e. V., Pfiffelbach, 31.01.2014
- BORMANN, I.: Ökologische Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus im mitteldeutschen Trockengebiet im Vergleich zu Marktfrüchten – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 19.01.2015

- BORMANN, I.: Einjährige Energiepflanzen – EVA-Projekt, Vortrag und Fotopräsentation, Bernburger Energiepflanzenfeldtag, 18.08.2015 (aus witterungstechnischen Gründen anstelle der Feldbesichtigung)
- BORMANN, I.: Diversifizierung und Risikostreuung im Energiepflanzenanbau durch Fruchtfolgegestaltung – Erfahrungen aus siebenjähriger Forschung, Ackerbautagung der LLG, Iden und Bernburg, 25. und 26.11.2015

Vortragsveranstaltungen

- Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 27.01.2010
- Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 24.01.2011
- Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 21.01.2013
- Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 19.01.2015

Feldtage/ Versuchsfeldbesichtigungen

- Bernburger Energiepflanzenfeldtag 23.06.2009
- Bernburger Energiepflanzenfeldtag 25.08.2010
- Bernburger Energiepflanzenfeldtag 23.08.2011
- Bernburger Energiepflanzenfeldtag 21.08.2012
- Bernburger Energiepflanzenfeldtag 27.08.2013
- Versuchsfeldführung zu Bioenergie und Energiepflanzenbau, Internationale Sommeruniversität der Hochschule Harz, Bernburg, 11.08.2014
- Bernburger Energiepflanzenfeldtag 26.08.2014
- Bernburger Energiepflanzenfeldtag 18.08.2015

Poster

- BOESE, L.: Ein- und mehrjährige Energiepflanzen im Vergleich, DLG-Feldtage, Bernburg, 17.- 19.06.2014
- BOESE, L.: Verbundprojekt EVA – Kern der Energiepflanzenforschung in Deutschland, DLG-Feldtage, Bernburg, 17.-19.06.2014

Bachelorarbeit von Eric Ulrich an der Hochschule Anhalt, Studiengang Landwirtschaft, ist in Arbeit und soll Nährstoffbilanzen in Energiepflanzenfruchtfolgen thematisieren.

Entwicklung und Optimierung von stand- ortangepassten Anbausystemen für Ener- giepflanzen im Fruchtfolgeregime

EVA III

Schlussbericht

zum

Teilprojekt 1

Standort Dornburg (Thüringen)

Dieses Vorhaben wird vom BMEL über die
FNR gefördert und seitens der TLL koordiniert
(FKZ: 22006012)



Langtitel: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA III)

Kurztitel: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Projektleiter: Torsten Graf

Abteilung: 400

Abteilungsleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Laufzeit: 01.04.2013 - 30.11.2015

Auftraggeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Bearbeiter: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)

Jens Eckner, Daniel Freund, Maren Schmidt, Julia Lindner, Viola Dahse, Frank Hengelhaupt, Klaus Kochanek, Dagmar Weise

Verfasser: Eckner, J; Lindner, J.

Weitere Autoren sind in den jeweiligen Kapiteln namentlich benannt.

Jena, im April 2016

Dr. Armin Vetter

Stellvertretender Präsident

Gliederung	
Tabellenverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis.....	6
1 Einleitung	8
2 Versuchsdurchführung	9
2.1 Charakterisierung des Versuchsstandortes	9
2.2 Versuchsaufbau, Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen	9
2.2.1 Fruchtfolgeversuch Dornburg	9
2.2.2 Bestandesführung und Parametererhebung, Methoden der Auswertung und Bewertung.....	10
2.3 Witterungsverlauf, Bestandesentwicklung	11
3 Ergebnisse und Auswertung.....	13
3.1 Ergebnisse Grundversuch	14
3.1.1 Trockenmasseerträge	14
3.1.2 Theoretische Methanerträge	15
3.2 FF05: Winterackerbohne- Wintertriticale- Gemenge.....	16
3.3 FF12: Klimagasoptimierung bei 25% reduzierter Stickstoff- Düngung	17
3.4 Faktorminimierung Bodenbearbeitung.....	18
3.5 N-Verlagerungsrisiken und Gewässerschutz.....	20
3.6 Pflanzenschutzmitteleinsatz	24
3.7 Risikoausgleich	25
3.8 EVA- Anbauerfahrungen aus 10 Jahren Fruchtfolge- Parzellenversuchen an den EVA- Standorten Dornburg, Burkersdorf und Haufeld.....	27
3.9 Ökonomische Bewertung	38
3.10 Indikatorgestützte Gesamtbewertung der Fruchtfolgen.....	40
4 Aktueller Stand der Arbeiten.....	41
5 Zusammenarbeiten und Vernetzungen.....	42
6 Literaturverzeichnis	42
7 Veröffentlichungen	44
8 Anhang.....	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: EVA III-Grundversuch FF 01-13.....	10
Tabelle 2: Ökonomische und ökologische Kenngrößen, Vgl. W.Triticale (7./8. Anlage FF01, FF03), W.Ackerbohne- W.Triticale (5./6. Anlage FF05), Dornburg, 2013- 2014; Quelle: Auswertung TP3: Ökologische Bewertung und Optimierung des Energiepflanzenanbaus und der Nutzung von Energiepflanzen, Universität Giessen, 09.03.2015; Auswertungen TP2: Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus, ZALF, C. Peter 2.3.15, M. Willms 6.3.15; eigene Berechnungen.....	16
Tabelle 3: Ökonomische und ökologische Kenngrößen, Vgl. FF03 & FF12, Dornburg, 2013-2014; Quelle: Auswertung TP3: Ökologische Bewertung und Optimierung des Energiepflanzenanbaus und der Nutzung von Energiepflanzen, Universität Giessen, 09.03.2015; Auswertungen TP2: Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus, ZALF, C. Peter 2.3.15, M.Willms 6.3.15; eigene Berechnungen	17
Tabelle 4: ökonomische Kenngrößen, Vergleich Grundversuch 5. Anlage & reduzierte Bodenbearbeitung 5. Anlage, FF01- FF13, Dornburg, 2012-2014, Quelle: Auswertung TP3: Ökologische Bewertung und Optimierung des Energiepflanzenanbaus und der Nutzung von Energiepflanzen, Universität Giessen, 09.03.2015	19
Tabelle 5: ausgewählte N_{\min} zu Vegetationsende nach verschiedenen Kulturen mit Erträgen unter Ertragserwartung; Dornburg, 2005- 2015	22
Tabelle 6: kumulierte Behandlungsindizes (BI), FF01- FF13, Standort Dornburg, 2005-2015, ohne Abschlussfruchtfolgeglied W.Weizen	24
Tabelle 7: Trockenmasseerträge und deskriptive statistische Kenngrößen; FF01-FF03; 2013-2015; FF, angebauten Kulturen, Fruchtfolgekombinationen; Standort Dornburg.....	26
Tabelle 8: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Mais Hauptfrucht, alle geprüfte Sorten, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015	28
Tabelle 9: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte SorghumMais Hauptfrucht, alle geprüfte Sorten, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015	29
Tabelle 10: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Mais Zweitucht, alle geprüfte Sorten, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015	30
Tabelle 11: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Sorghum Zweitfrucht, Sorghum Stoppelsaat, alle geprüfte Sorten, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015	31
Tabelle 12: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Getreide-GPS,.....	32
Tabelle 13: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Grünschnittroggen, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015.....	34
Tabelle 14: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Welsches Weidelgras	34
Tabelle 15: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte einjähriges Weidelgras	34
Tabelle 16: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Zuckerrübe,	36
Tabelle 17: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Druschfrüchte,	37
Tabelle 18: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Ackerfutter,	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Witterungsverlauf für Dornburg, 2012, 2013, 2014 und 2015 im Vergleich zum langjährigen Mittel	12
Abbildung 2: kumulierte Trockenmasseerträge, Grundversuch FF01- FF13,Dornburg, 2012-2015.....	14
Abbildung 3: theoretische Methanerträge kumuliert, Grundversuch FF01- FF13, Dornburg, 2012-2015.....	15
Abbildung 4: kumulierte Trockenmasseerträge, Vergleich Grundversuch 5. Anlage, reduzierte Bodenbearbeitung 5.Anlage, FF01- FF13,Dornburg, 2012-2015	18
Abbildung 5: Bonituren der Deckungsgrade der Segetalflora, FF07 verschiedene Bodenbearbeitungsregime; 2009- 2012.....	20
Abbildung 6: Mittelwerte pflanzenverfügbarer Stickstoff in Bodenschicht 0-90 cm (N _{min}) zum Zeitpunkt Ernte und zu Vegetationsende nach der jeweiligen Kultur (Herbst) zu verschiedenen Anbaukulturen, Dornburg, 2009 -2015.....	21
Abbildung 7: N _{min} -Werte zu verschiedenen Terminen im Rotationsverlauf nach Luzernegras, Standort Dornburg, Korntrag W.Weizen der jeweiligen Rotationen.....	23
Abbildung 8:Trockenmasseerträge der FF01-03; Standort Dornburg, 2013- 2015;.....	26
Abbildung 9: DAKfL und Kosten nach Einzelkategorien ausgewählter Fruchtarten und Fruchtfolgekombinationen, Standort Dornburg, 2005- 2015.....	39
Abbildung 10: indikatorgestützte Gesamtbewertung ausgewählter FF, Dornburg, 2005-2013	41

Abkürzungsverzeichnis

ASS	Ammonsulfatsalpeter
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
BB	Bodenbearbeitung
BBCH	Beschreibung der Entwicklungsstadien
BI	Behandlungsindex für Pflanzenschutzmittel
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
EROI	Energy return of investment
FF	Fruchtfolge
FFG	Fruchtfolgeglied
FNR	Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.
GPS	Ganzpflanzensilage
HafSMisch	Hafersortenmischung
HF	Hauptfrucht
HNJ	Hauptnutzungsjahr
HSM	Hafersortenmischung
KAS	Kalkammonsalpeter
Ko	Korn
Konv.	Konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug
Luzgr.	Luzernegras
Max	Maximum
MDÄ	Mineraldüngeräquivalent
Min	Minimum
min.	mineralisch
minimal	Minimalbodenbearbeitung ohne Pflug
MW	Mittelwert
N_{\min}	pflanzenverfügbare, mineralischer Stickstoff
SBA	Stickstoffbedarfsanalyse
S.Gerste	Sommergerste
StS	Stoppelsaat
SZwF	Sommerzwischenfrucht
STABW	Standardabweichung
THG	Treibhausgas
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Topi (Kr + Kn)	Topinambur (Kraut und Knolle)
TP	Teilprojekt
TS	Trockensubstanzgehalt in %

US	Untersaat
W.Ackerbohne	Winterackerbohne
W.Gerste	Wintergerste
W.Getreide	Wintergetreide
W.Raps	Winterraps
W.Roggen	Winterroggen
WZwF	Winterzwischenfrucht
W.Triticale	Wintertriticale
W.Weizen	Winterweizen
ZALF	Leibniz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. Müncheberg
ZF	Zweitfrucht
ZwF	Zwischenfrucht

1 Einleitung

Für die Erzeugung von Biomasse zur Biogasproduktion werden ertragreiche Pflanzen mit vergleichsweise hoher Verdaulichkeit ihrer organischen Substanz benötigt. Der Anbau solcher Energiepflanzen soll dabei unter optimaler Ausnutzung der verfügbaren Fläche und eines vielfältigen Artenspektrums erfolgen. Neben der Sicherung der Biogasproduktion spielen bei der Konzeptionierung optimierter Anbausysteme ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen und Anforderungen entscheidende Rollen. In der Praxis müssen zusätzlich u.a. Betriebs- und Personalausstattung, sowie Standortbedingungen bei der Entscheidung über die Ausgestaltung der Anbausysteme Berücksichtigung finden. Die Zusammenstellung von Fruchtfolgen hat dabei einen bedeutenden Einfluss. Einseitige Fruchtfolgen mit möglichen Auswirkungen auf Stoffkreisläufe, den phytosanitären Status und die Landschaft gilt es zu vermeiden. Zielsetzung ist es hingegen, Fruchtfolgen zu planen, die an die Standortbedingungen wie Höhenlage, Boden, Klima und Wasserversorgung angepasst sind. Eine sichere und vielseitige Beurteilung von Vorfruchtwirkung, ökologischer und ökonomischer Leistungsfähigkeit und Anbaueigenschaften der einzelnen Kulturen ist eine Grundvoraussetzung für eine angepasste Anbauplanung.

Das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderte Projekt „EVA“, welches von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) betreut wird, ist ein umfassendes Verbundprojekt (Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands). Über bereits 2 Projektphasen (EVA I 2005-2009; EVA II 2009-2012) werden Fruchtfolgeversuche und weiterführende Parzellenversuche zu verschiedenen Systemfragestellungen (TP1, TP5, TP6) durch ökologische und ökonomische Begleitforschung (TP2, TP3) ergänzt. Die Grundfrage nach der regionalen Auswirkung auf den ländlichen Raum wird in Teilprojekt 2 und Teilprojekt 3 bearbeitet. Dafür müssen entscheidende Einflüsse festgestellt und umfangreiche landwirtschaftliche Fragestellungen beantwortet werden (Vetter, Strauß, Lorenz, & Nehring, 2013). Diese sind für die Beratung in der Praxis relevant. Mit der Fortführung des Projektes in der dritten Phase werden langjährige Versuche und wissenschaftliche Erkenntnisse als Grundlage genutzt, wobei deren Weiterführung Ergebnisse bestätigen und festigen sollen. Durch neue, gezielte Fragestellungen werden Entscheidungshilfen für aktuelle gesellschaftliche Ziele erarbeitet. Erhöhung der Biodiversität, Klimaschutz, Ressourcenschutz und nachhaltige Landbewirtschaftung stehen hierbei im Vordergrund. In EVA III sind innovative Themenkomplexe integriert. Als Kernstück beinhaltet EVA das Teilprojekt 1, in dem die Fruchtfolgen 01-05 als Standardfruchtfolgen weitergeführt werden und die Fruchtfolgen 11-14 als themenspezifische Fruchtfolgen integriert sind. Besondere Anbauoptionen und Einzelfragestellungen werden in weiterführenden Satellitenprojekten und -versuchen untersucht. Die Fruchtfolgen stehen an 11 verschiedenen, agrartypischen Regionen Deutschlands, so auch in Dornburg. Thematisch an aktuelle, sozioökologische Fragestellungen angepasst sind die FF11-14. Eine Zusammenarbeit mit verschiedenen Arbeitsgruppen und FNR-geförderten Projekten wird weitergeführt und ausgebaut. Beispielsweise wurden am Standort Dornburg durch das Projekt „Potentiale zur Minderung der Freisetzung von klimarelevanten Spurengasen beim Anbau von Energiepflanzen zur Gewinnung von Biogas“ durch das ZALF unter Leitung von Prof. Augustin Messungen von Gasemissionen im Feld vorgenommen. Somit können auch weitere Aspekte wie die

Treibhausgasemissionen bei der Substratbereitstellung in die ganzheitliche Betrachtung einbezogen werden.

2 Versuchsdurchführung

2.1 Charakterisierung des Versuchsstandortes

Der Versuchsstandort Dornburg (Saale-Holzland-Kreis) liegt am Südostrand des Thüringer Beckens, unmittelbar vor dem Steilabfall der Hochfläche zwischen Ilm und Saale zum Saale-tal. Die Versuchsflächen sind dementsprechend dem Agrargebiet 1 – Erfurter Becken- zuzuordnen und in die Agrarbodeneinheit Sommertrockene Lößstandorte Ost einzugliedern.

Für die marktf Frucht geprägte Region sind W.Weizen, W.Raps, W.Gerste und auch Brau- und Sommergerste typische Fruchtarten.

Die Versuchsflächen sind wie folgt zu charakterisieren:

Geografische Koordinaten:	51° N, 11°40´O
Höhenlage:	250m bis 270 m über NN
Geologischer Untergrund:	mittlerer Muschelkalk mit Löss-Auflage
Bodentyp:	Humus-Parabraunerde aus Löss
Bodenart:	Ut 4
Bodenwertzahlen:	46 bis 80, Mittel 65
Jahresdurchschnittstemperatur:	8,3°C
Jahresniederschläge:	584 mm

2.2 Versuchsaufbau, Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen

In den Parzellenversuchen werden als Grundversuch verschiedene Fruchtfolgen für die Gärs substrat- bzw. Marktf rucht nutzung verglichen. In weiterführenden Satellitenprojekten und Versuchen stehen Untersuchungen zu Systemfragestellungen hinsichtlich der nachhaltigen und effizienten Gestaltung des Energiepflanzenanbaus für die Bereitstellung von Biogassubstraten im Mittelpunkt. Weitere Einzelheiten sind den entsprechenden Zwischenberichten der Satellitenprojekte "Etablierung von mehrschnittigem Ackerfutter in Fruchtfolgen mit Energiepflanzen" (Koordination LWK Niedersachsen; Haufeld und Burkersdorf), „Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau“ (Koordination ATB Potsdam- Bornim; Burkersdorf), „Risikoabschätzung“ (Koordination LFA Gülzow; Dornburg) und „Großer Gärrest: effiziente Düngung mit Gärresten“ (Koordination TFZ Straubing; Dornburg) zu entnehmen.

2.2.1 Fruchtfolgeversuch Dornburg

Der Grundversuch mit 8 Fruchtfolgen wurde 2005 in EVA I als 1. Anlage (EVA I) angelegt, als 3. Anlage (EVA II) fortgeführt und befindet sich seit 2013 mit der 5. Anlage (EVA III) bereits in der 3. Rotation.

Bei der Versuchsanlage handelt es sich um eine zweifaktorielle Spaltanlage. Die Versuchsfläche ist in Großteilstücke und Kleinteilstücke untergliedert. Auf dem Großteilstück wird zusätzlich vergleichend neben der konventionellen Bodenbearbeitung (wendende Grundbodenbearbeitung mit Pflug) eine Minimalbodenbearbeitung geprüft. Auf den enthaltenen Klein-

teilstücken erfolgt die Prüfung des Faktors Fruchtfolgen. Die Kleinteilstücke sind in 4 Wiederholungen unterteilt. Die 5. Anlage ist somit die Weiterführung der 3. Anlage (EVA II) und 1. Anlage (EVA I). Um ein Jahr zeitversetzt zur 5. Anlage wurde die 6. Anlage aus EVA II heraus weitergeführt. Die 6. Anlage (EVA III) ist damit die Fortführung der 4. Anlage (EVA II), welche 2009 als 2. Anlage (EVA I) begonnen wurde.

In gleicher Weise wurde eine 7. Anlage und 8. Anlage in einem Satellitenprojekt „Risikoabschätzung“ (Koordination LFA Mecklenburg- Vorpommern) angelegt. Somit soll gewährleistet werden, dass jede Fruchtart und Fruchtartenkombination in jedem Versuchsjahr zur Prüfung kommt. Das ermöglicht es, witterungsbedingte Ertragsschwankungen auszuschließen. Die 6., 7. und 8. Anlage werden als einfaktorielle Blockanlage unter konventioneller Bodenbearbeitung bewirtschaftet. Vom Umfang her enthalten die beiden Neuanlagen die Standardfruchtfolgen 01 bis 03, in der 7. Anlage wurde die Maisselbstfolge (Fruchtfolge 11) mit aufgenommen.

Tabelle 1: EVA III-Grundversuch FF 01-13

Ernte-jahr	FF01	FF02	FF03	FF04/05/04	FF05/04/05	FF11	FF12	FF13
		Senf	Senf			Senf		
2013	W.Gerste (GPS)/ Sorghum (StS)	Sorghum (HF)	Mais (HF)	Luzerne-Kleegras	Ackerbohne W.Triticale GPS	Mais (HF)	Mais (HF)	Landsberger Gemenge US Rotklee
2014	Mais (HF)	Grünschnittroggen (WZF) Mais (ZF)	Grünschnittroggen (WZwF)/ Sorghum (ZF)	Luzerne-Kleegras	Welsches Weidelgras (WZwF)/ Mais	Mais (HF)	Grünschnittroggen (WZwF)/ Sorghum (ZF)	Rotklee gras HNJ
2015	W.Triticale (GPS)/ Phacelia (StS)	W.Triticale	W.Triticale (GPS)/ einj. Weidelgras	Mais (HF)	Zuckerrübe	Mais (HF)	W.Triticale (GPS)/ einj. Weidelgras	Hafer GPS
2016	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen

2.2.2 Bestandesführung und Parametererhebung, Methoden der Auswertung und Bewertung

Die wendende Grundbodenbearbeitung basiert auf dem Pflugeinsatz. Für die Variante reduzierte Bodenbearbeitung war die Grundbodenbearbeitung nicht wendend mit Flügelschargrubber und Egge. Die Aussaat der einzelnen Fruchtarten orientierte sich an ortsüblichen Terminen. Die Sortenwahl erfolgte standortangepasst unter Berücksichtigung der Ergebnisse der jeweiligen Landessortenversuche. Pflanzenschutzmaßnahmen kamen nach guter fachlicher Praxis entsprechend der Befallssituation und der Empfehlungen der Beratung vor Ort zum Einsatz (Vgl. 9 Anhang).

Die N-Düngung wurde anhand von Bodenuntersuchungsergebnissen mit Hilfe der Stickstoffbedarfsanalyse Thüringen (SBA) berechnet. Dabei wird ausgehend vom N-Basis-Sollwert der jeweiligen Kultur, abhängig von u.a. Ertragserwartung, Sorte, Bestandesentwicklung und Vorfrucht, ein durch Zu- bzw. Abschläge korrigierter N-Basis-Sollwert ermittelt. Nach Abzug der festgestellten N_{\min} - Gehalte der Bodenproben erhält man den N-Düngebedarf. Die Dün-

gung mit P, K, Mg erfolgte ortsüblich auf Pflanzenentzug mit Orientierung an den Gehaltsklassen des Bodens.

Zu den auf Pflanzenentwicklung und Trockensubstanzgehalte abgestimmten Ernteterminen wurde die vorhandene Parzellen- und Futtererntetechnik eingesetzt. Im Versuchszeitraum kamen unterschiedlichste Parameter (Witterung, Bewirtschaftungsdaten, pflanzenbauliche Daten und Bonituren usw.) zur Erhebung, die Parameter und jeweiligen Methoden sind im Methodenhandbuch unter www.eva-verbund.de/intern hinterlegt.

Statistische Auswertungen basieren auf Berechnungen mit der Software IBM SPSS Statistics 19 und Microsoft Excel 2010.

2.3 Witterungsverlauf, Bestandesentwicklung

Ein kontinental geprägtes Klima der gemäßigten Zone beeinflusst den Versuchsstandort Dornburg in Thüringen. Im Folgenden wird der Witterungsverlauf am Standort in den Jahren 2012, 2013, 2014 und 2015 dargestellt (Abbildung 1: Witterungsverlauf für Dornburg, 2012, 2013, 2014 und 2015 im Vergleich zum langjährigen Mittel). Nach einem warmen, feuchten September fiel der Oktober 2012 insgesamt zu kalt und zu trocken aus. Auf die anfänglich günstige Witterung für die Bodenbearbeitung und Aussaat folgten Temperaturen unter -10°C mit einer geschlossenen Schneedecke. Ab dem 13. November begann die Vegetationsruhe. Im Dezember und im Januar konnten überwiegend zu warme Temperaturen gemessen werden, so dass die Tagesmitteltemperaturen des Öfteren 5°C überstiegen. Danach wurden Temperaturen bis April im negativen Bereich festgestellt. Anfang Februar bedeckte eine dichte Schneedecke die Felder, die bis auf wenige Tage bis Anfang April liegen blieb. Ab dem 10. April kam es zu Tagesmitteltemperaturen über 5°C und es konnte der Vegetationsbeginn 2013, einen Monat später als im Vorjahr, konstatiert werden. Die pflanzliche Entwicklung verzögerte sich gegenüber dem Vorjahr um 2 Wochen. Der Mai fiel etwas zu kalt aus und Mitte des Monats kam es zu Starkniederschlägen, so dass die bereits wassergesättigten Böden keine weiteren Wassermengen mehr aufnehmen konnten. Es kam zu starken Verschlammungen und Überschwemmungen auf den gesamten Feldern. Begehen oder Befahren war unmöglich, die anstehenden Feldarbeiten mussten verschoben werden. In vorhergehenden Jahren herrschte um diese Jahreszeit meist eine Vorsommertrockenheit. In diesem Jahr entwickelten sich die Kulturen auf Grund der Kühle und Feuchte im Boden langsamer, so dass sie um 1 bis 2 Wochen im Rückstand blieben. Im Juni zeigte sich nur die zweite Dekade wärmer, was sich dann im Juli fortsetzen konnte. Durch sehr hohe Verdunstungswerte und geringe Niederschlagsmengen ging die Bodenfeuchte stetig zurück. Auch der August zeigte sich warm und trocken, es kam beim Mais zu ersten Trockenstresserscheinungen. Gegen Ende September gab es die ersten kälteren Nächte, die die Maisentwicklung im Wesentlichen beendeten. Bei guten Bedingungen gingen die nachfolgenden Winterungen gleichmäßig auf. Bis zum Vegetationsende am 12.11.2013 waren die Bestände ausreichend entwickelt. Bei milden Bedingungen entstanden keine Auswinterungsprobleme. Am 15.02.2014, 4 Wochen früher als im langjährigen Mittel, wurde der Vegetationsbeginn festgestellt. Die Monate Dezember bis März waren mit in der Summe 38 mm Niederschlag trockener als im langjährigen Mittel. Einsetzende Niederschläge Ende April entschärften die angespannte Wasserversorgungssituation der Bestände. In einzelnen Kulturen wurden verstärkte Pilzinfektionen beobachtet. Wiederholt durchwühlte Schwarzwild einzelne Maisparzellen direkt nach Maisablage bzw. kurz nach Aufgang, so dass ein Nachlegen vor allem der

geprüften Varianten Mais in Zweitfruchtstellung notwendig wurde. Es entwickelte sich anfangs ein unregelmäßig wirkender Bestand mit Pflanzen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Diese Unterschiede verwuchsen sich in der Bestandesentwicklung bis zur Ernte teilweise. Eine Bewertung der Maiserträge kann deshalb nur eingeschränkt erfolgen. Das Pfingstwochenende war durch sommerliche Hitze mit Höchsttemperaturen von 35,1°C geprägt. Einsetzende Niederschläge füllten die Bodenwasservorräte auf und Starkniederschläge mit Niederschlagssummen von 129 mm vom 07.-11.7.2014 führten zu starken Verschlammungen und Erosionsereignissen. Bei anhaltenden Niederschlägen waren die Abreife- und Erntebedingungen zum Mähdrusch schwierig. Die warme, oft schwülwarme Witterung wurde Mitte August von eher kühlen Temperaturen abgelöst. Ein ruhiger und im Vergleich zum langjährigen Mittel warmer Herbst begünstigte das Wachstum der etablierten Kulturen. Die Ernte von Silomais und Sorghum, sowie die Bestellung der Winterungen verliefen ohne Beeinträchtigungen.

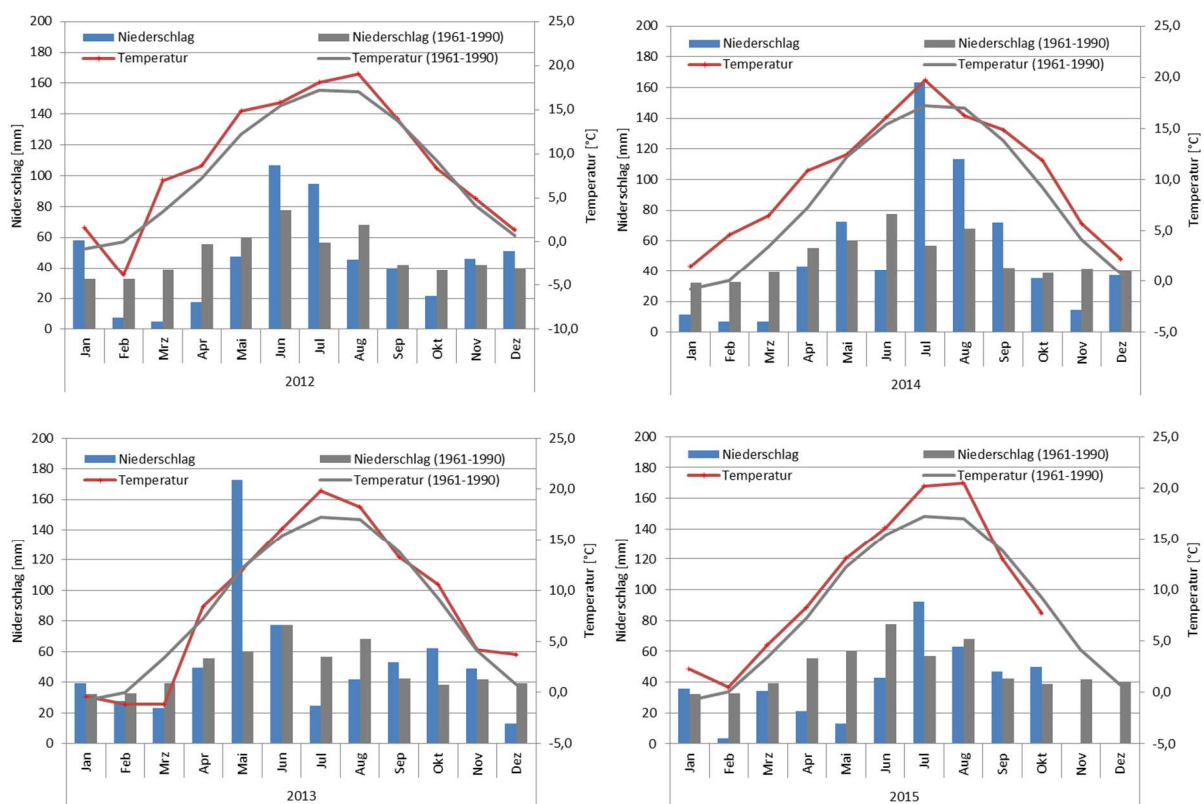


Abbildung 1: Witterungsverlauf für Dornburg, 2012, 2013, 2014 und 2015 im Vergleich zum langjährigen Mittel

Die nachfolgenden Witterungsverhältnisse ermöglichten einen sehr zügigen Aufgang der Winterungen. Die Bestände entwickelten sich in einem sehr warmen Herbst bis zum 19.11.2014 (Beginn der Vegetationsruhe in Thüringen) kräftig und weit, teilweise sogar recht üppig. Im sehr milden und schneearmen Winter traten keine Auswinterungsschäden auf. Teilweise wurde die Vegetationsruhe durch warme Witterungsabschnitte unterbrochen, in denen in geringem Maße sogar Wachstum und Weiterentwicklung stattfanden. Der tatsächliche Vegetationsbeginn wurde jedoch erst am 25. März festgestellt. Bei relativ tiefen Nachttemperaturen war in der Folge die Entwicklung der Bestände zurückhaltend.

Bereits im Februar fielen kaum Niederschläge und in den ebenfalls sehr trockenen Monaten April, Mai und Juni nahm das Niederschlagsdefizit beträchtlich zu. Zweitfrüchte und Sommerzwischenfrüchte liefen zeitlich verzögert und, entsprechend der spezifischen Wasserverfügbarkeit und Saatbettbeschaffenheit, unregelmäßig auf. So vergingen beispielsweise bei Sorghum in Zweitfruchtstellung zwischen Keimung bis zum Feldaufgang über 15 Tage. Von Vorteil waren unter diesen Bedingungen die vergleichsweise moderaten Temperaturen und das Ausbleiben von Hitzeperioden. Ende Juni und vor allem im Juli verbesserten sich die Niederschlagsverhältnisse. Der Regen, der bis etwa Mitte Juli fiel, konnte von späteren Druschfrüchten und Silokulturen noch für die Ertragsbildung genutzt werden. Gleichzeitig stiegen die Temperaturen deutlich an und es kam zu Hitzephasen mit rekordverdächtigen Werten, so dass die Situation des Bodenwasserhaushaltes weiter angespannt blieb. Die Bestände zeigten deutliche Trockenstresssymptome und verringerte Biomasseleistung. Phacelia und einjähriges Weidelgras mussten wegen vorzeitiger vegetativer Entwicklung zur Verhinderung einer Aussamung vorzeitig geschröpft werden. Das Häckseln von Mais und Sorghum, sowie die Aussaaten der Winterungen erfolgte ohne Beeinträchtigungen unter günstigen Verhältnissen.

3 Ergebnisse und Auswertung

Eine abschließende Bewertung von Fruchtfolgen ist erst nach der theoretischen Beendigung der Rotationen 2016 und 2017 möglich. Die nachfolgenden Ergebnisse und Auswertungen beziehen sich daher auf Fruchtfolgeabschnitte und Einzelkulturen und geben somit nur Teilaspekte einer möglichen Bewertung wieder. Ergebnisse der vorhergehenden Projektphasen EVA I und EVA II sind teilweise in den Darstellungen integriert.

3.1 Ergebnisse Grundversuch

3.1.1 Trockenmasseerträge

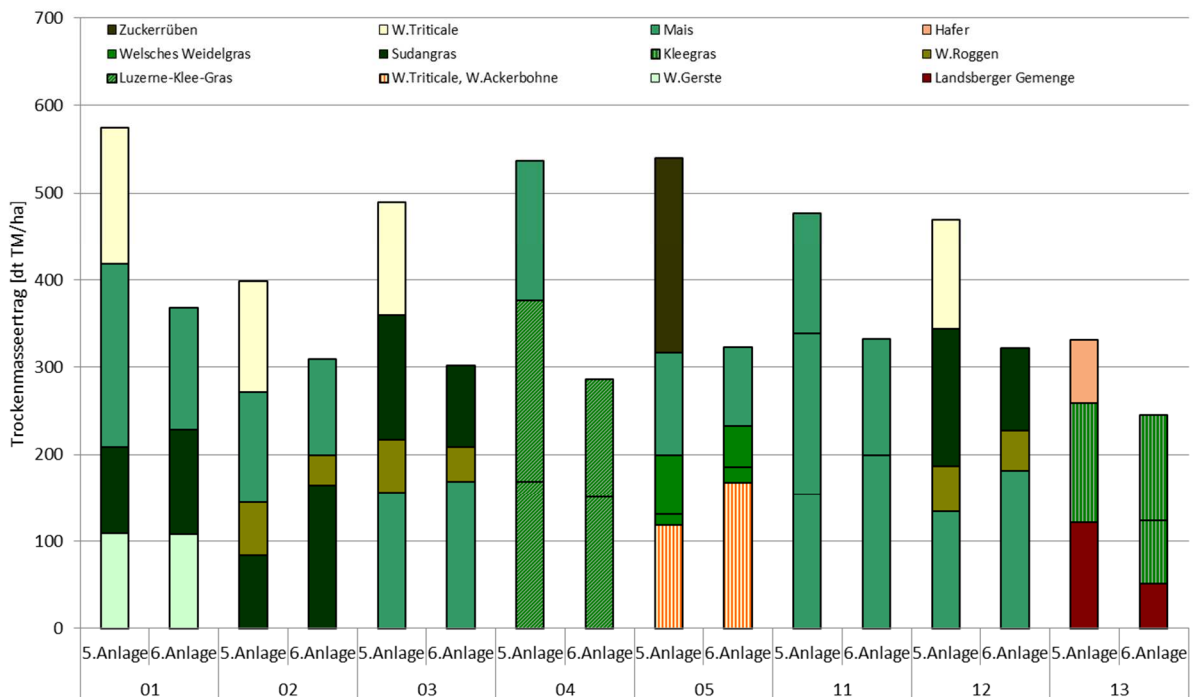


Abbildung 2: Kumulierte Trockenmasseerträge, Grundversuch FF01- FF13, Dornburg, 2012-2015

Die in Abbildung 2 dargestellten kumulierten Trockenmasseerträge der begonnenen Rotationen machen den zu differenzierenden Einzeljahreseinfluss auf die Biomasseleistung der Kulturen deutlich. In 2014 wurden für die C₄-Pflanzen in Hauptfruchtstellung im Vergleich zum vorherigen Versuchszeitraum überdurchschnittliche Erträge festgestellt. Ausgenommen für das in FF04 angebaute Luzerne- Klee gras konnten für alle Fruchtarten bzw. Fruchtfolgekombinationen in 2014 höhere Trockenmasseerträge erzielt werden.

Die unterschiedlichen Jahresbedingungen spiegeln sich deutlich in den schwankenden Ertragsanteilen der Einzelkulturen in den geprüften Mischkulturen wider. In 2013 waren im Winterackerbohne- Wintertriticale- Gemenge die Ertragsanteile zugunsten des Getreideanteiles verschoben (75%/ 25%), in 2014 erbrachten beide Mischungspartner etwa jeweils die Hälfte des Ertrages (50%/ 50%). In der 5. und 6. Anlage konnten mit dem Zweikultursystem W.Gerste/ Sorghum in FF01 die höchsten Trockenmasseerträge erreicht werden.

Unter den Wachstumsbedingungen 2015 sicherten die geprüften Zuckerrüben mit 184 dt TM/ha die höchsten Erträge. Bei ungünstigen Etablierungsbedingungen und angespannter Wasserversorgung wurde für Mais in Hauptfruchtstellung im Mittel nur 142 dt TM/ha Biomasseleistung erreicht. Sorghum als Hauptfrucht erzielte mit 132 dt TM/ha vergleichbare Erträge. Die Ertragsleistung der C₄-Pflanzen lag bei allen geprüften Fruchtfolgestellungen unter den in EVA seit 2005 im Mittel festgestellten Ertragsleistungen. W.Triticale erreichte mit 145 dt TM/ha unter gleichen Bedingungen einen Ertrag auf Niveau der bisher im Mittel festgestellten Ertragsleistung und bestätigte damit die hohe Anbaueignung bei relativer Ertragsstabilität am Standort. Die Ackerfutterbestände ermöglichten aufgrund der zeitweilig nur geringen Zu-

wächse nur 3 Schnitte, die festgestellten Erträge lagen mit 135 dt TM/ha unter den bisherigen Erträgen für die in EVA III erprobte Luzernekleegrasmischung und ebenfalls unter den im Mittel mit 168 dt TM/ha am Standort geprüften Ackerfuttergemenge.

3.1.2 Theoretische Methanerträge

In Batch- Versuchen wurden am ATB Potsdam- Bornim und mittels HBT- Untersuchungen an der TLL Jena für ausgewählte Substrate der Fruchtfolgeversuche theoretische Methan- ausbeuten bestimmt. Bei nicht vorliegenden Messwerten erfolgte eine Berechnung der Gas- ausbeuten entsprechend einer in EVA entwickelten Biogasmatrix mit Richtwerten für Me- thanausbeuten für verschiedene Fruchtarten (Plogsties, Herrmann, Idler, & Heiermann, 2015). Deutlich zeigte sich eine Abhängigkeit der Methanerträge von spezifischen Substrateigenschaften und dem Biomasseertrag der geprüften Kulturen. Die Substrateigenschaften des Mais ermöglichten im Vergleich gute Vergärungen und höchste Gasausbeuten und dienen als Referenzwerte (Mais HF, BBCH 81-87 entspricht 100%). Die geringeren Gasausbeuten der Folgeschnitte der geprüften Ackerfutttermischungen und der Kulturen Sorghum b.x s., Landsberger Gemenge und W.Ackerbohne- W.Triticale- Gemenge führten dagegen zu verminderten Methanerträgen im Vergleich zu Mais (Vgl. Abbildung 3). Die FF01 sicherte in der 5. Anlage (16190 Nm³ CH₄/ha) und in der 6. Anlage (9950 Nm³ CH₄/ha) die höchsten Methanhektarerträge.

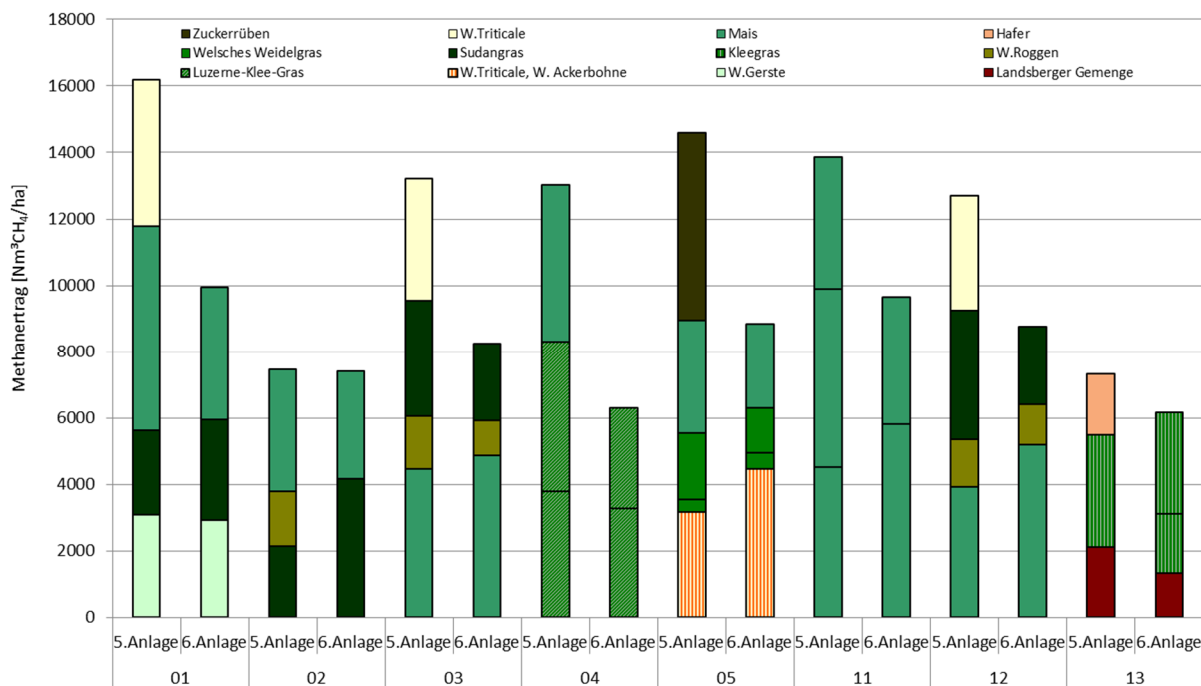


Abbildung 3: Theoretische Methanerträge kumuliert, Grundversuch FF01- FF13, Dornburg, 2012-2015

Zwischenfazit:

- große Einzeljahreseinflüsse
- höchste Trockenmasseerträge und Methanerträge durch Fruchtfolgekombination W.Gerste/Sorghum

3.2 FF05: Winterackerbohne- Wintertriticale- Gemenge

In der Fruchtfolge 05 standen in EVA III Mischkulturen als Getreide-Leguminosen-Gemenge zur Prüfung. Für den Standort Dornburg wurde aus Landesforschungsthemen u. A. des TLL-Projektes „Einsatz alternativer Eiweißquellen in der Wiederkäuerfütterung“ ein Winterackerbohne-Wintertriticale-Gemenge als leistungsstarke Anbauvariante identifiziert. Die unterschiedlichen Jahresbedingungen in 2013 und 2014 spiegelten sich in angepassten Ertragsanteilen der Gemengepartner zur Ernte bei gleichen Aussaatstärken wider. Ein Gemengeanbau als Ertragssicherungs- und Risikominimierungswerkzeug ist somit denkbar. Gute Silierbarkeit der Substrate bei erreichten Trockensubstanzgehalten zwischen 31% und 35% und Methanausbeuten bei 94% gegenüber der Referenz Mais in Hauptfruchtstellung (Plogsties, Herrmann, Idler, & Heiermann, 2015) unterstreichen eine Anbauwürdigkeit. Das frühe Räumen der Kultur ermöglicht die Etablierung von leistungsstarken Zwischenfrüchten zur Substratnutzung. Im Fruchtfolgeversuch sicherte das etablierte Welsche Weidelgras in 2013/2014 80 dt TM/ha in einem Herbstschnitt und einem Frühjahrsschnitt.

Eine ökonomische und ökologische Bewertung im Vergleich zu W.Triticale- GPS zeigte ebenfalls eine Vorzüglichkeit des Gemenges auf. Der erhöhte Arbeitsaufwand zur Aussaat mit 2 Überfahrten zur Saatgutablage entsprechend den Kulturansprüchen und die hohen Saatgutkosten wurden durch verringerte Dünger- und Pflanzenschutzmittelaufwendungen mehr als ausgeglichen, so dass trotz tendenziell niedriger Biomasseerträge höhere direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistungen erzielt werden konnten (Tabelle 2).

Tabelle 2: Ökonomische und ökologische Kenngrößen, Vgl. W.Triticale (7./8. Anlage FF01, FF03), W.Ackerbohne- W.Triticale (5./6. Anlage FF05), Dornburg, 2013- 2014; Quelle: Auswertung TP3: Ökologische Bewertung und Optimierung des Energiepflanzenanbaus und der Nutzung von Energiepflanzen, Universität Giessen, 09.03.2015; Auswertungen TP2: Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus, ZALF, C. Peter 2.3.15, M. Willms 6.3.15; eigene Berechnungen

		TM-Ertrag [dt TM/ha]	Humusbilanzsaldo VDLUFA unterer Wert ohne Gärrestückführung [kg Humus- C/ ha]	N-Aufwendungen [kg N/ ha]	Treibhausgasemission [kg CO ₂ -Äqu./ ha]	Treibhausgasemission [kg CO ₂ -Äqu./ MJ CH ₄]	theoretischer Methanertrag [t CH ₄ /ha]	N _{min} - Nach Ernte [kg N/ha für 0-90cm]
2013	W.Triticale	130,23	-280	160	2535,74	18,18	3.844	29
	W.Triticale, W. Ackerbohne	118,41	-170	60	1091,24	9,51	3.162	30
2014	W.Triticale	173,70	-280	160	2750,98	15,47	4.899	28
	W.Triticale, W. Ackerbohne	168,20	-120	60	1434,14	8,80	4.492	47
			Saatgutkosten pro ha	Pflanzenschutzmittelkosten pro ha	Düngerkosten pro ha	Arbeitsleistungskosten inkl Ernte pro ha	Leistungen pro ha	Direkt- und Arbeitserledigungskostenfrei Leistung (DAKfl.) pro ha
2013	W.Triticale		70,31 €	50,90 €	343,31 €	671,56 €	1.931,47 €	795,40 €
	W.Triticale, W. Ackerbohne		147,73 €		150,87 €	638,33 €	1.748,02 €	811,09 €
2014	W.Triticale		65,57 €	72,58 €	343,31 €	723,01 €	2.059,37 €	854,89 €
	W.Triticale, W. Ackerbohne		136,20 €		150,87 €	726,89 €	2.002,21 €	988,26 €

Verbesserte Humusbilanzsalden und maßgeblich durch die geringeren Stickstoffdüngergaben zum Getreide- Leguminosen- Gemenge verringerte Treibhausgasemissionen unterstreichen die ökologische Leistungsfähigkeit dieser Anbauvariante. Die strukturierten Bestände und das Blütenangebot der Ackerbohnen bieten Lebensraum und Nahrungsgrundlage für verschiedene Arten der Agrarlandschaft.

Zwischenfazit:

- Sichere Erträge
- Kosten 2-stufige Aussaat durch Einsparung bei Dünger und Pflanzenschutz kompensiert
- Hohe ökologische Leistungsfähigkeit durch Blühaspekt, Habitataignung, Pflanzenschutz einsparung und verringerte Treibhausgasemissionen

3.3 FF12: Klimagasoptimierung bei 25 % reduzierter Stickstoff-Düngung

Trotz versuchsbedingter Reduzierung der Düngung in der 5. Anlage um 33 % kg N in FF12 wurden Mehrerträge erzielt. Die gemessenen Nach-Ernte N_{\min} -Gehalte zu Mais im Jahr 2013 erschienen bei intensiverer Düngung in FF03 mit 40 kg N/ha (0-90cm) im Gegensatz zu 28 kg N/ha (0-90 cm) in FF12 auffälliger. Insgesamt wurden durch das verringerte Düngungsniveau erwartungsgemäß die flächenbezogenen THG-Emissionen im Mittel um 20% reduziert. Durch die vergleichbaren bzw. teilweise erhöhten Methanertragsleistungen bei verringertem Düngungsniveau sind auch die produktbezogenen THG-Emissionen pro GJ CH_4 in FF12 um durchschnittlich 22% reduziert. Die in 2015 konstatierten Biomasseleistungen und Methanerträge bestätigten die festgestellten Tendenzen. Festzuhalten war, dass die angesetzte reduzierte Düngung bisher keine abgesicherten, ertraglich negativen Effekte hatte und mit der gesteigerten Stickstoffeffizienz der Kulturen eine THG- Emissionsminderung möglich war. Gleiches spiegelte sich in den ökonomischen Bewertungen wider. Bei vergleichbaren Ertragsleistungen ergaben sich durch verringerte Produktionskosten Vorteile. So ist in der 5. und 6. Anlage die Variante mit reduzierter Stickstoffdüngung nach Kosten und Leistung als vorzüglicher zu bewerten.

Tabelle 3: Ökonomische und ökologische Kenngrößen, Vgl. FF03 & FF12, Dornburg, 2013- 2014; Quelle: Auswertung TP3: Ökologische Bewertung und Optimierung des Energiepflanzenanbaus und der Nutzung von Energiepflanzen, Universität Giessen, 09.03.2015; Auswertungen TP2: Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus, ZALF, C. Peter 2.3.15, M. Willms 6.3.15; eigene Berechnungen

		FF03		FF12		FF03 = 100%	
		2013-2014	2014	2013-2014	2014	2013-2014	2014
TM-Ertrag	[dtTM/ha]	344,56	169,16	360,01	181,30	104,5%	107,2%
theoretischer Methanertrag	$m^3_NCH_4/ha$	9733,9	4842,15	9324,51	5189,49	95,8%	107,2%
Stickstoffdüngung	[kg N/ha]	366	168	246	125	67,2%	74,4%
Arbeits- und Erledigungskostenfreie Leistung	[pro ha]	902,31 €	749,46 €	873,01 €	1.009,99 €	96,8%	134,8%
flächenbezogene THG- Emission	[kg CO_2 -Äqu./ha]	5805,73	2516,99	4475,27	2047,37	77,1%	81,3%
produktbezogene THG- Emission	[kg CO_2 -Äqu./GJ CH_4]	16,57	14,44	13,33	10,96	80,5%	75,9%

Zwischenfazit:

- im bisherigen Versuchsverlauf keine Mindererträge durch reduzierte N-Düngung
- Verringerung produktbezogene THG- Emissionen gegenüber Düngung nach SBA von 20 – 25 %

3.4 Faktorminimierung Bodenbearbeitung

Der in Abbildung 4 dargestellte Vergleich der Biomasseleistung der verschiedenen Bodenbearbeitungsstrategien zeigt, dass unter den Standortverhältnissen Dornburgs auch in den Jahren 2012 – 2014 mit Grundbodenbearbeitung mit Pflug höhere Erträge erzielt werden. Eine statistische Absicherung der Unterschiede ist für die FF01 $t(12)=0,66$; $p<0,001$, die FF03 $t(4)=0,303$; $p=0,046$ und die FF13 $t(4)=0,048$, $p=0,015$ möglich. Damit werden die Ergebnisse der vorhergehenden Versuche bestätigt. Einsparungspotentiale für Ganzpflanzengetreidevarianten (W.Gerste-GPS, W.Ackerbohne- W.Triticale- GPS) sind nicht ableitbar. Die geringeren Ansprüche von Mais an die Saatbettbedingungen, sowie günstigere Bodenwasserhältnisse zur Keimung und in der ersten Wachstumsperiode nach nicht wendender Grundbodenbearbeitung erklären die Mehrerträge für Mais in Haupt- und Zweitfruchtstellung in den Fruchtfolgen 05, 11 und 12.

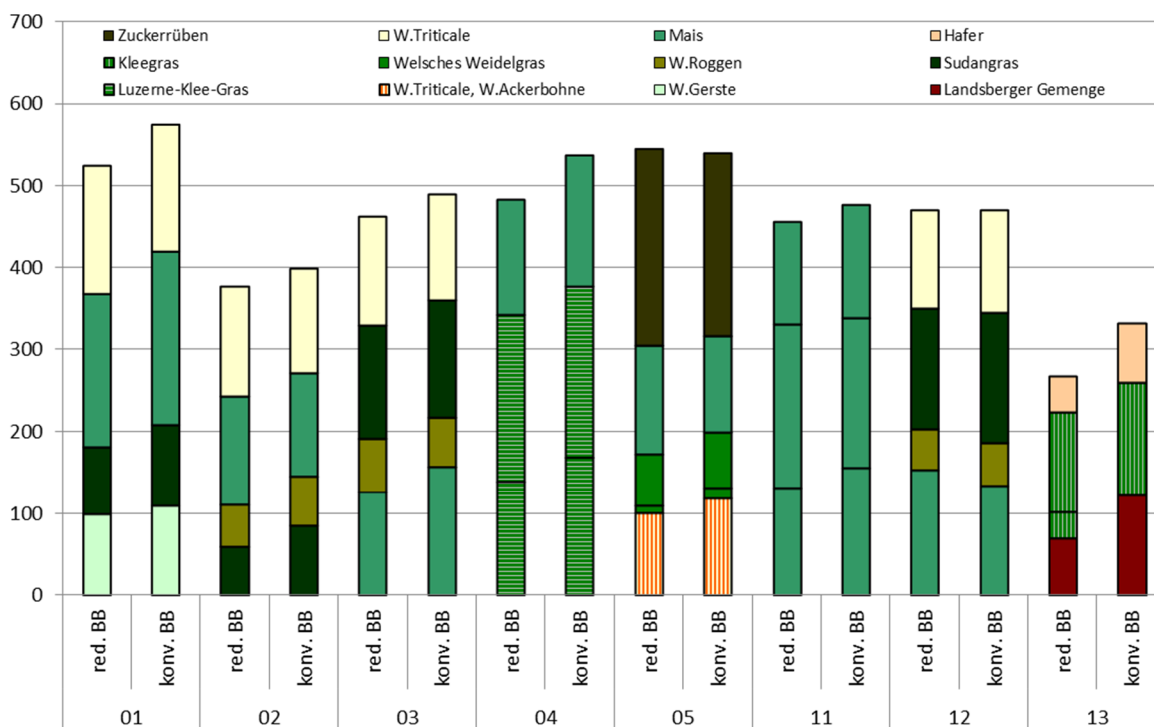


Abbildung 4: Kumulierte Trockenmasseerträge, Vergleich Grundversuch 5. Anlage, reduzierte Bodenbearbeitung 5. Anlage, FF01- FF13, Dornburg, 2012-2015

Trotz der wie zu erwartenden geringeren Arbeiterledigungskosten für eine nicht wendende Grundbodenbearbeitung (Vgl. Tabelle 4) werden die aufgrund der schwächeren Erträge geringeren Leistungen nicht ausgeglichen. Aufgestellte Sachbilanzen hinsichtlich der Treibhausgasemissionen aus den vorherigen Rotationen (1. Anlage (2005-2008), 3. Anlage (2009-2012)) ergaben im Vergleich der Bodenbewirtschaftungsstrategien bei Pflugverzicht

höhere Einsparungspotentiale. Ein geringerer Dieserverbrauch spart gekoppelte Emissionen (Eckner & Peter, 2014).

Tabelle 4: Ökonomische Kenngrößen, Vergleich Grundversuch 5. Anlage & reduzierte Bodenbearbeitung 5. Anlage, FF01- FF13, Dornburg, 2012-2014, Quelle: Auswertung TP3: Ökologische Bewertung und Optimierung des Energiepflanzenanbaus und der Nutzung von Energiepflanzen, Universität Giessen, 09.03.2015

Fruchtfolge		Arbeits erledigungs- kosten (AEK)/ha	Kosten Pflanzenschutz- mittel/ ha	Direkt- und Arbeits erledigungs- freie Kosten
01	Grundversuch	554,58 €	106,68 €	176,44 €
	reduzierte Bodenbearbeitung	479,15 €	108,79 €	129,17 €
02	Grundversuch	422,23 €	88,15 €	-54,43 €
	reduzierte Bodenbearbeitung	363,05 €	88,15 €	-29,58 €
03	Grundversuch	449,04 €	79,78 €	57,42 €
	reduzierte Bodenbearbeitung	394,10 €	79,78 €	48,69 €
04	Grundversuch	1.240,86 €		7,93 €
	reduzierte Bodenbearbeitung	1.186,74 €		-77,45 €
05	Grundversuch	519,06 €	123,10 €	220,89 €
	reduzierte Bodenbearbeitung	495,29 €	123,10 €	93,98 €
11	Grundversuch	732,66 €	88,13 €	312,20 €
	reduzierte Bodenbearbeitung	647,02 €	114,73 €	248,68 €
12	Grundversuch	443,10 €	79,78 €	53,23 €
	reduzierte Bodenbearbeitung	390,10 €	79,78 €	68,59 €
13	Grundversuch	968,87 €		-40,22 €
	reduzierte Bodenbearbeitung	919,71 €		-96,36 €

Vergleichende Auswertungen der Behandlungsindizes (BI) ergaben keine unterschiedlichen PSM- Intensitäten bei unterschiedlichen Bodenbewirtschaftungsregimen. Erste Strategieweichenanpassungen waren erst im 3. Rotationsdurchlauf durch zusätzliche, von der Fruchtfolgegestaltung abhängige Herbizideinsätze notwendig.

Im zweiten Rotationsdurchlauf der FF07 (Mais- Mais- Mais- W.Weizen) waren bei parallelen Pflanzenschutzbehandlungen stärkere Verunkrautung in Mais und W.Weizen bei pflugloser Bodenbewirtschaftung zu beobachten. Die bonitierten höheren Deckungsgrade der Seggetalflora und geringere Deckungsgrade der Kulturpflanzen bestätigten diese Beobachtung. Differierende Artenvorkommen, Artenzahlen und Artenhäufigkeiten zeigten die verschiedenen Bedingungen in den Bodenbewirtschaftungsregimen, in der Pfluglos-Variante war anhand der Bonituren ein verstärktes Vorkommen von *Polygonum aviculare*, *Convolvulus arvensis*, *Echinochloa crus-galli*, *Falliopia convolvulus* festzustellen (Abbildung 5).

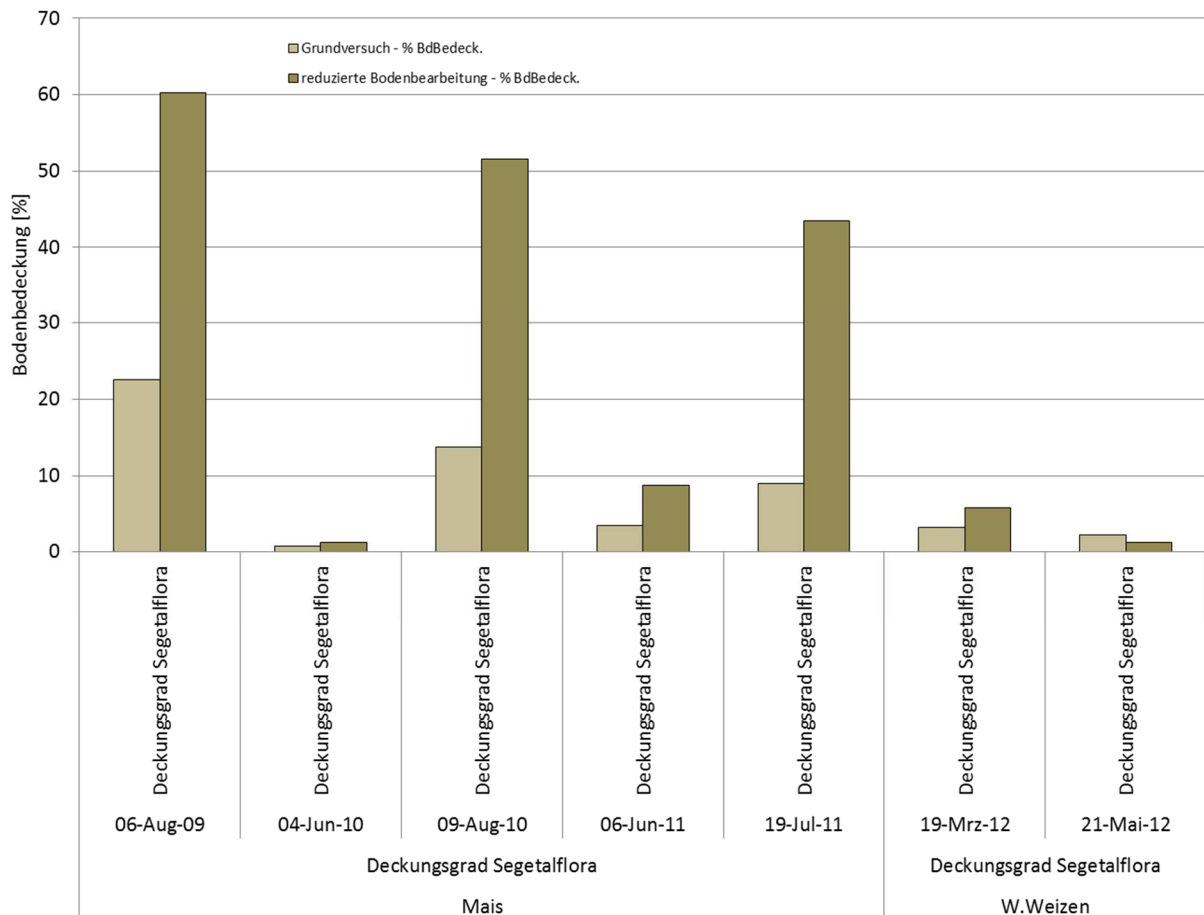


Abbildung 5: Bonituren der Deckungsgrade der Segetalflora, FF07 verschiedene Bodenbearbeitungsregime; 2009- 2012

Zwischenfazit:

- Ertragsvorteil bei Pflugeinsatz, aber differierende Einzeljahresergebnisse
- Einsparung von THG-Emissionen möglich
- keine ökonomische Vorzüglichkeit der Variante reduzierte Bodenbearbeitung
- Veränderungen in Zusammensetzung Begleitflora beobachtet

3.5 N-Verlagerungsrisiken und Gewässerschutz

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie begrenzt ihre Anforderungen nicht mehr nur auf Wasserschutzgebiete, sondern ist mittlerweile von flächendeckender Relevanz für die Landwirtschaft. Bis 2015 (bzw. Verlängerungsfrist 2027) sollen Oberflächengewässer einen "guten ökologischen und guten chemischen Zustand" erreichen, der sich am natürlichen oder ungestörten Referenzzustand eines Gewässertyps orientiert. Ebenso ist für Grundwasser das Erreichen eines „guten chemischen Zustandes“ (Nitratkonzentrationen <50 mg/l) anvisiert. Dies erfolgt durch Beratungs- und Maßnahmenprogramme der jeweiligen Bundesländer. 38% der Grundwasserkörper zeigen derzeit noch einen schlechten chemischen Zustand.

Der Stickstoffgehalt des Sickerwassers zeigt enge Korrelationen mit dem Stickstoffgehalt des Bodens (N_{\min} -Gehalt), der applizierten Düngermenge, sowie der Sickerwassermenge. Die N_{\min} -Gehalte im Boden zu Vegetationsende dürfen bestimmte Werte nicht übertreffen, wenn

eine maximal tolerierbare Nitratkonzentration im Sickerwasser nicht überschritten werden soll. Diese sind von der Sickerwasserrate und von der Bodenart abhängig. Im Allgemeinen werden 50 kg N_{\min} /ha vor der Sickerperiode als kritisch eingestuft.

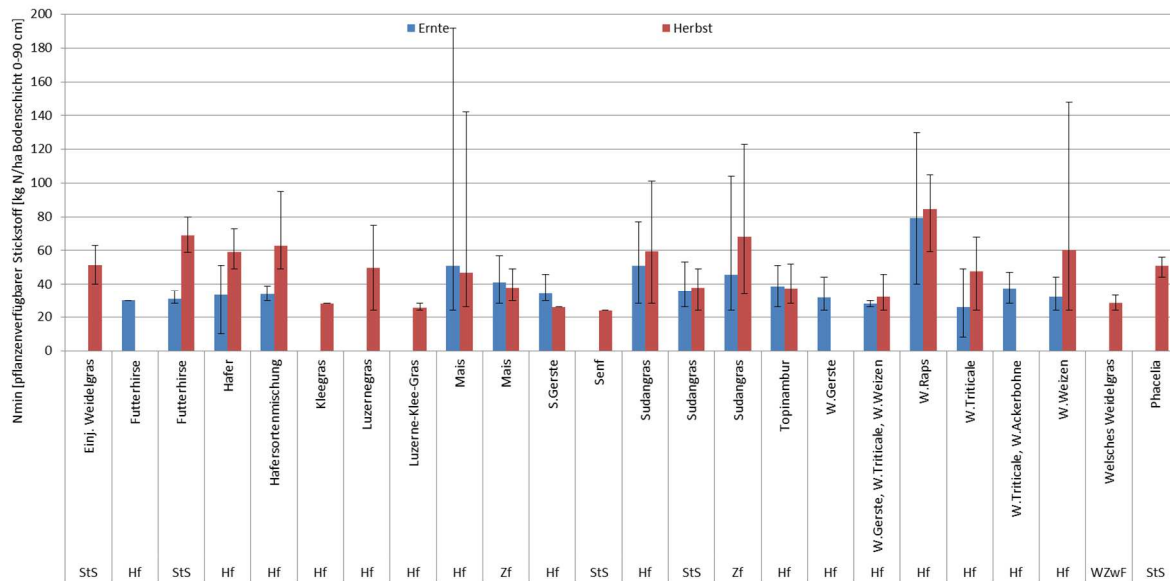


Abbildung 6: Mittelwerte pflanzenverfügbarer Stickstoff in Bodenschicht 0-90 cm (N_{\min}) zum Zeitpunkt Ernte und zu Vegetationsende nach der jeweiligen Kultur (Herbst) zu verschiedenen Anbaukulturen, Dornburg, 2009 - 2015

Die unter den Pflanzenbeständen festgestellten N_{\min} -Gehalte im Boden spiegeln die jeweiligen Jahresbedingungen wider und differierten vor der Sickerperiode zwischen den Fruchtarten in unterschiedlichen Fruchtfolgen und Fruchtfolgestellungen. Nach Sorghum als Hauptfrucht und als Zweitfrucht, nach W.Raps, nach W.Weizen und nach Hafer wurden im Mittel der Untersuchungsjahre mehr als 50 kg N_{\min} /ha festgestellt. Wurden für Mais nach der Ernte im Mittel noch über 50 kg N_{\min} /ha gemessen, sind bei einer Einbindung in die Fruchtfolge mit nachfolgender Winterung im Mittel nur noch 45 kg N_{\min} /ha verlagerungsgefährdet. In der Anbaufolge Mais/Mais (FF07/FF11) wurden zur Sickerperiode noch 58 kg N_{\min} erfasst. Somit besteht ohne N-Festlegung nach Mais durch nachfolgende Winterungen oder Zwischenfrüchte ein erhöhtes Auswaschungsrisiko. Verschärfend kommt hinzu, dass in den Versuchen bei Unterschreiten des erwarteten Ertragsniveaus erhöhte N-Residuen registriert wurden (Vgl. Tabelle 5). Nach Mais waren im Maximum 142 kg N/ha (17.11.2006, nach Mais FF07) zum Vegetationsende in den Bodenschichten 0-90 cm pflanzenverfügbar und verlagerungsexponiert, nach Ende der Sickerperiode wurden nur noch 102 kg N/ha erfasst. Es erfolgte eine starke Verlagerung von Nitrat- und Ammoniumstickstoff in tiefere Bodenschichten.

Tabelle 5: Ausgewählte N_{min} zu Vegetationsende nach verschiedenen Kulturen mit Erträgen unter Ertragserwartung; Dornburg, 2005- 2015

Kulturart	FF-Stellung	N_{min} [kg N/ha]	FF	Ertragsjahr	Ertrag [dt TM/ha]
Mais	HF	142	07	2006	143
Sorghum	ZF	123	03	2011	18
W.Raps	HF	105	04	2011	31
W.Weizen nach Luzernegras-Umbruch	HF	148	04	2009	60

Der höchste N_{min} -Wert mit 148 kg N/ha wurde zum Vegetationsende 2009 nach W.Weizen in der Fruchtfolgekombination Luzernegras- W.Weizen- HafSMisch (FF04/05) festgestellt. Hier kommt das hohe Mineralisierungspotential aus der unterirdischen Biomasse des Luzernegrases zum tragen.

In der Literatur beschriebene, hohe unterirdische Biomasseleistungen und weite C/ N- Verhältnisse unter Leguminosen- Gras- Gemischen (Starz, et al., 2013), (Wald, 2003) erklären die beobachtete, hohe und zeitlich verzögerte N-Freisetzung durch Mineralisierung. Eine direkte Vorfruchtwirkung des Luzernegrases auf die Folgefrucht W.Weizen anhand der Ertragsleistung konnte nicht nachgewiesen werden (Eckner, Strauss, Nehring, & Vetter, 2013). Dennoch kamen zu W.Weizen nach Luzernegras im Vergleich zu anderen Vorfrüchten die geringsten N-Düngermengen zur Anwendung. Mit einer langsamen und zeitlich verzögerten Zersetzung und Mineralisierung der unterirdischen Biomasse sind die aufgezeigten Vorfruchtwirkungen auf die auf die Folgefrucht folgende Hafersortenmischung (EVA I FF05 und EVA II FF04) zu begründen. Gleiches gilt auch für den in 2009 nach Weizen gemessenen N_{min} -Wert. Nach dem zum langjährigen Mittel vergleichsweise geringen W.Weizen- Kornertrag wurden zwischen Mähdrusch und Vegetationsende, begünstigt durch den Stoppelsturz, weiterhin große Mengen N mineralisiert. Diese sind aufgrund der fehlenden N-Festlegung in Biomasse durch Winterungen oder Zwischenfrüchte verlagerungsgefährdet. Bis zum Frühjahr werden mehr als 100 kg Nitrat-N/ha aus der Bodenschicht 0-90 cm verlagert. In 2012 und 2013 wurde mit der Fruchtfolgeabänderung durch die Winterung W.Ackerbohne/ W.Triticale Stickstoff in der Pflanzenmasse festgelegt. Dementsprechend sind die N_{min} -Werte zu Vegetationsende weniger auffällig. Das Nitratverlagerungspotential ist somit verringert.

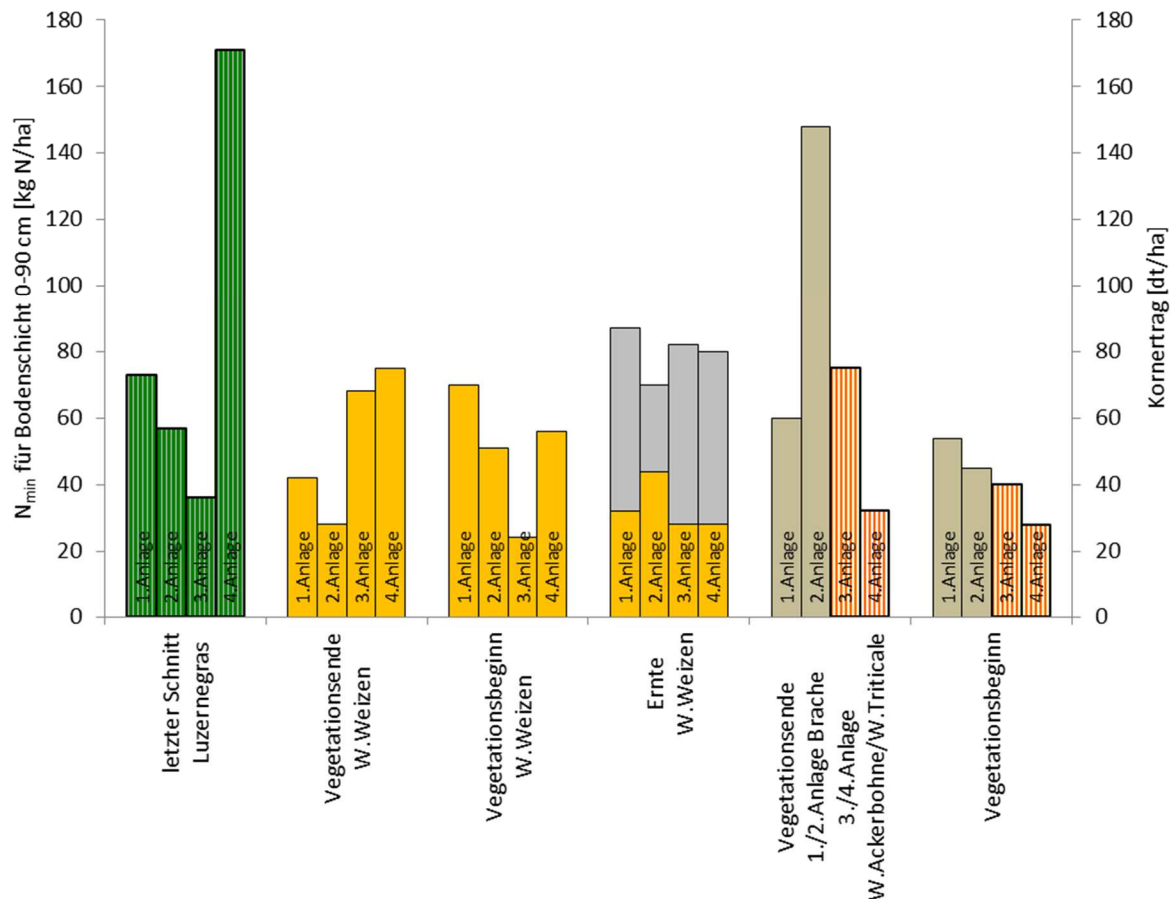


Abbildung 7: N_{min} -Werte zu verschiedenen Terminen im Rotationsverlauf nach Luzernegras, Standort Dornburg, Kornertrag W.Weizen der jeweiligen Rotationen

Festzuhalten bleibt, dass nach Luzernegrasumbruch ein erhöhtes Mineralisierungspotential und oft auch N-Austragsrisiko besteht. Um eine potentielle Belastung der Gewässer und des Grundwassers zu vermeiden, ist eine an die Bestandesentwicklung angepasste Stickstoffdüngung mit geteilten Gaben in den Folgefrüchten und eine Fruchtfolgegestaltung, unter Berücksichtigung einer schnellen und ausreichenden N-Fixierung nach den Ernten durch Zwischenfrüchte oder Winterungen, notwendig.

Zwischenfazit:

- hohe N-Überhänge (>50 kg N/ha) nach Intensivkulturen (W.Raps, W.Weizen, Sorghum, Mais in Selbstfolge)
- erhöhte Verlagerungsrisiken nach unterschrittener Ertragserwartung, hohe Abhängigkeit von spezifischen Wachstumsbedingungen
- hohe und zeitlich verzögerte N-Freisetzung nach Luzernegras erfordert angepasste Fruchtfolgegestaltung

3.6 Pflanzenschutzmitteleinsatz

Der Behandlungsindex (BI) dient als quantitatives Maß zur Beschreibung der Intensität des chemischen Pflanzenschutzes. Er stellt die Anzahl von Pflanzenschutzmittelanwendungen auf einer betrieblichen Fläche, in einer Kulturart oder in einem Betrieb dar. Dabei berücksichtigt er reduzierte Aufwandmengen und Teilflächenbehandlungen. Bei Anwendungen von Tankmischungen wird jedes Pflanzenschutzmittel gesondert gezählt (BMEL, 2013). Für die Fruchtfolgen werden die BI der einzelnen FFG aufsummiert dargestellt. Pflanzenschutzmittel wirken entsprechend der ausgewiesenen Indikation, auf der anderen Seite agieren die applizierten Wirkstoffe, deren Metaboliten und Rückstandakkumulationen ebenso schädigend auf andere Organismen. Durch Abdrift, Run-off- Ereignisse und Verlagerungsprozesse findet ebenso eine Deposition in die Gewässer statt. Je geringer die Eingriffsintensität ist, desto geringer sind die Auswirkungen auf die Biodiversität und die Gewässerqualität.

Tabelle 6: Kumulierte Behandlungsindizes (BI), FF01- FF13, Standort Dornburg, 2005-2015, ohne Abschlussfruchtfolgeglied W.Weizen

	FF01	FF02	FF03	FF04*	FF05*	FF06	FF07 bzw. FF11	FF12	FF13
1.Anlage	4,52	4,78	4,51	1,50	4,83	4,83	6,70	-	-
2.Anlage	5,28	3,54	4,04	0,00	5,83	5,83	5,00	-	-
3.Anlage	7,84	4,70	4,20	1,01	16,38	16,38	6,50	-	-
4.Anlage	7,14	4,38	4,50	0,70	9,02	8,32	7,50	-	-
5.Anlage	8,20	6,20	5,20	2,60	4,55	-	6,00	5,20	0,10
6.Anlage**	3,00	2,50	1,00	0,10	1,50	-	3,50	1,00	0,10

* Flächentausch in EVAII berücksichtigt

** Rotation nicht vollständig

Die BI der geprüften Fruchtfolgen zeigten am Standort Dornburg unterschiedliche Höhen. Differenzen zwischen den Anlagen bzw. Rotationen sind auf Änderungen in der Fruchtfolgegestaltung (FF01 oder FF05) und auf Einzeljahreseinflüsse zurückzuführen. Die Ackerfutterfruchtfolge (FF04/05) wies in der 1.-4. Anlage die geringste Behandlungsintensität (BI im Mittel 0,8) auf. Stark zwischen den Rotationen differierende BI in FF05 und FF06 sind durch die unterschiedlich hohen Aufwendungen zu W.Raps entsprechend des jeweiligen Befallsdruckes zu begründen. Positiv hervorheben lässt sich ebenfalls die als Gewässerschutzfruchtfolge konzipierte FF13. Die hier vorgenommenen Pflanzenschutzmaßnahmen mit Mäusegiftweizen dienten vornehmlich der Versuchsergebnisabsicherung in den Parzellen.

In der Bewertung der einzelner Fruchtarten fällt auf, dass der Mais in FF07/FF11 (Mais-Mais-Mais- W.Weizen) im Vergleich zum in diverse Fruchtfolgen (FF01; FF02; FF03) integrierten Mais intensiver mit Herbiziden geführt wurde. Direkte und indirekte Vorfruchtwirkungen in den Fruchtfolgen wirken demnach sowohl auf Artenspektrum als auch Abundanz der Segetalflora.

Die durchgeführten Bonituren zeigten bei gleicher Pflanzenschutzstrategie für Mais in Selbstfolge (FF07 bzw. FF11) tendenziell auffälliger Werte für Lagerneigung und die Schaderre-

ger Maisbeulenbrand (*Ustilago maydis*) und Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*), im Gegensatz zu Mais in diversen Fruchtfolgen.

Für W.Weizen mit unterschiedlichen Vorfrüchten lassen sich aus den Pflanzenschutzstrategien in den Parzellenversuchen keine unterschiedlichen Vorfruchteffekte ableiten.

Zwischenfazit:

- festgestellte BI's verdeutlichen variierende Notwendigkeiten der Applikation von Pflanzenschutzmitteln in Abhängigkeit von Befallsdruck in den Einzeljahren und Kulturen
- geringste Behandlungsintensität in Ackerfutter-FF (FF04, S.Gerste/US Luzernegras-Luzernegras- Luzernegras- W.Weizen)
- Vorfruchtwirkungen auf Mais beeinflussen Behandlungsintensitäten

3.7 Risikoausgleich

Mit einem zeitlichen Versatz einer Rotation bzw. Fruchtfolge auf den unterschiedlichen Fruchtfolgefeldern wird in der Praxis eine räumliche Risikostreuung erreicht, gleichzeitig wird das Anbaurisiko auf verschiedene Kulturgruppen, Kulturarten und Sorten verteilt. In der Literatur wird die Fruchtfolgegestaltung als Instrument der Risikominimierung beschrieben (Könnecke, 1967), (Böhm, 2014). Die gezielte Nutzung günstiger Vorfrucht- Nachfruchteffekte trägt zur Stabilisierung und Steigerung des antiphytopathogenen Potentials und der Bodenfruchtbarkeit bei und wirkt ertragsstabilisierend.

Mit der zum Grundversuch ergänzenden Anlage weiterer zeitlich versetzter Rotationen der FF01- FF03 sind weitergehende Auswertungen zur Bewertung von Ertragsstabilität und Ertragsausfallrisiken der geprüften Fruchtfolgen und Fruchtarten möglich.

Deutlich wird wiederum ein hoher Einzeljahreseinfluss auf die Ertragsbildung der einzelnen Kulturen. Die geprüften C₄- Pflanzen Mais und Sorghum als Hauptfrüchte, sowie die Zweikultursysteme mit den höchsten Ertragspotentialen weisen gleichzeitig die höchsten Variationskoeffizienten auf. Demgegenüber weisen die C₃- Pflanzenerträge, insbesondere die erfassten Kornerträge, eine höhere Stabilität auf (Vgl. Tabelle 7). Eine hohe Anbaueignung von Wintergetreiden für Korn- und Ganzpflanzennutzung am Standort wird durch die hohen und stabilen Ertragsleistungen bestätigt.

In der Gegenüberstellung der kumulierten Trockenmasseerträge für die in 2013 bis 2015 geprüften Fruchtfolgen zeigen sich zwischen den Jahren signifikante Unterschiede der Fruchtfolgeleistungen (Vgl. Abbildung 8). Im Vergleich zu den einzelnen Fruchtarten zeigen die Fruchtfolgen geringe Ertragsstabilitäten. FF03 zeigt sich mit geringstem Variationskoeffizienten am zuverlässigsten. Für eine abgesicherte Beurteilung der Ertragsstabilität erscheint ein Umfang von 3 Jahren/ Rotationen, aufgrund der deutlichen Einzeljahreseffekte auf die Ertragsbildung, zu gering.

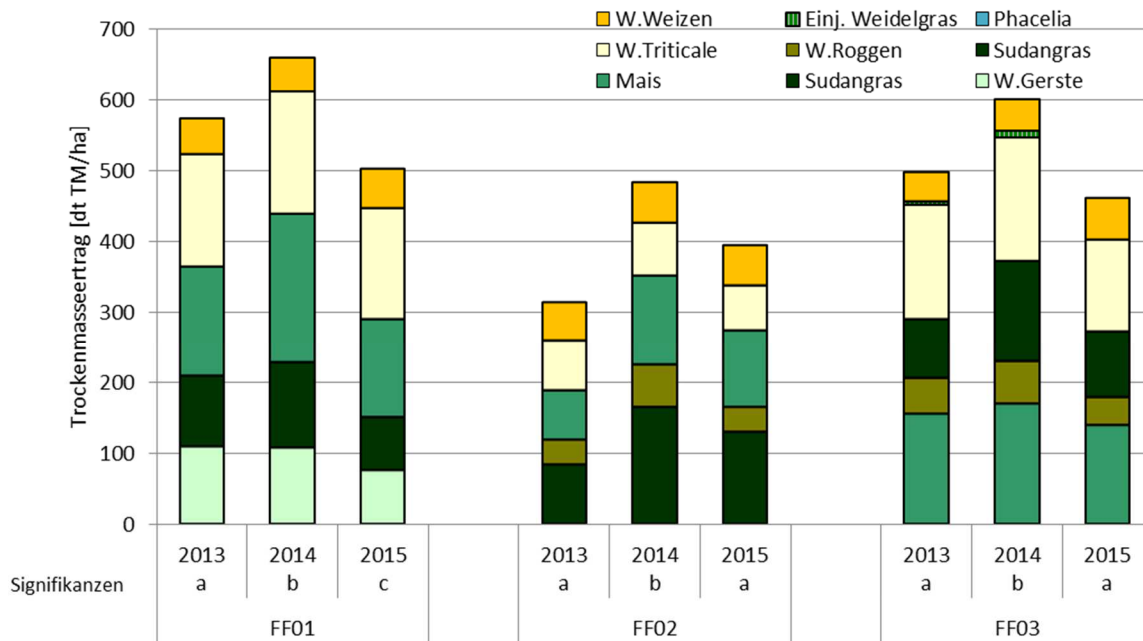


Abbildung 8: Trockenmasseerträge der FF01-03; Standort Dornburg, 2013- 2015; Signifikanzen: die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant

Tabelle 7: Trockenmasseerträge und deskriptive statistische Kenngrößen; FF01-FF03; 2013- 2015; FF, angebauten Kulturen, Fruchtfolgekombinationen; Standort Dornburg

		n	MW [dt TM/ha]	Max [dt TM/ha]	Min [dt TM/ha]	Variationskoeffizient
FF01		12	585,2	693,5	494,5	0,095
FF02		12	397,5	501,2	291,3	0,137
FF03		12	520,6	618,0	441,1	0,079
Einj. Weidelgras	StS	12	4,9	12,2	0,0	0,039
Mais	HF	24	166,9	244,1	124,6	0,075
	Zf	12	102,8	136,8	59,2	0,068
Sudangras	HF	12	126,6	180,0	60,1	0,107
	Zf	12	106,8	153,5	80,8	0,072
	StS	12	97,1	122,9	71,5	0,010
W.Gerste	Hf	12	94,9	126,5	69,2	0,029
W.Roggen	WZwF	24	46,6	65,5	30,7	0,031
W.Triticale	HF	24	160,0	197,9	118,9	0,022
	Korn	12	69,7	78,4	60,4	0,004
W.Weizen	Korn	36	51,3	63,6	40,2	0,008
W.Roggen/Sorghum		12	157,0	211,8	125,0	0,079
W.Gerste/Sorghum		12	192,0	229,9	147,2	0,054
W.Roggen/Mais		12	145,7	200,9	95,0	0,092

Zwischenfazit:

- hohe Ertragsvariation bei Zweikultursystemen und C₄-Pflanzen
- FF-Erträge (4 FF-Felder pro Jahr) differieren stark zwischen den Jahren

3.8 EVA-Anbauerfahrungen aus 10 Jahren Fruchtfolge-Parzellenversuchen an den EVA-Standorten Dornburg, Burkersdorf und Haufeld

In den Anbaujahren 2005- 2015 standen die nachfolgenden Kulturen in den Fruchtfolgen des Grundversuches und in ergänzenden Versuchsanstellungen zur Prüfung. Aufgrund des Versuchsdesigns und der Anpassung der geprüften Fruchtfolgen an die aktuellen Erkenntnisse, liegen den Auswertungen für die einzelnen Arten bzw. für Arten in unterschiedlichen Fruchtfolgestellungen verschiedene Stichprobenumfänge (n) als Einzelparzellenwerte zugrunde. Die dargestellten Erträge berücksichtigen nicht die spezifischen Vorfrucht- Nachfrucht- Stellungen. Es liegen nicht für jedes Anbaujahr Erträge der Einzelkulturen zugrunde.

Eine Validierung der Parzellenerträge mit Erträgen von Praxisschlägen konnte bisher nicht erfolgen. Zum einen wurde für die Silokulturen nur begrenzt oder keine schlagkonkrete Ertragserfassung mit korrespondierender Erfassung der tatsächlichen Trockensubstanzgehalte vorgenommen, zum anderen fehlen die notwendigen Metadaten zuden Einzelschlägen. Die Erträge der EVA- Fruchtfolgeversuche sind gegenüber den korrespondierenden Landessortenversuchen auf den entsprechenden Anbaugebieten (Löss, Löss in der Ackerebene) um bis zu 25 % geringer. Einzeljährlich und Kulturartabhängig wirken sich Abweichungen von einer optimierten Kulturführung (Aussaatzeiten, Vorfrüchte, Behandlungstermine und Intensitäten) im LSV unterschiedlich stark auf die Ertragsleistungen der Kulturen in den praxisorientiert angelegten EVA-Fruchtfolgeversuchen aus.

Für die Einschätzung der tatsächlichen Erträge folgende Anmerkungen. Die vorgestellten Parzellenversuche bilden für die Ertragssituation die jeweiligen Standortverhältnisse ab. Dabei sind die Dynamiken für tierische Schaderreger und Unkräuter in Exaktversuchen mit begrenzter Parzellengröße abweichend von denen in Praxisverhältnissen. In der Versuchsdurchführung auf Einzelparzellenfinden Unterschiede im Bewirtschaftungsregime hinsichtlich Pflanzenschutz und Bodenbearbeitung nur eingeschränkt Berücksichtigung. Einschränkend sind zusätzlich die geringen Arbeitsbreiten der Parzellentechnik. Es ist ein verhältnismäßig größerer Anteil der Fläche durch den Reifendruck der Bearbeitungskombinationen beeinträchtigt.

Mais

Tabelle 8: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Mais Hauptfrucht, alle geprüfte Sorten, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015

	MW	Max	Min	STABW	MW TS%	Max	Min
Atletico (S280)	177,34	246,69	129,16	34,62	28,20	34,40	22,30
Jessy (S230)	168,71	244,07	113,99	33,87	33,36	40,00	25,90
Luigi CS (S 250)	149,72	169,04	111,59	19,04	34,45	36,40	32,80
Maibi (S 250)	173,26	280,70	111,87	49,44	30,90	38,90	26,80
MW	172,04	280,70	111,59	39,44	30,98	40,00	22,30

In den Parzellenversuchen verursachte Schwarzwild in Einzelfällen Schäden. In 2008 wurde die Erntemenge durch Fraß massiv verringert. In 2014 musste wiederholt nachgelegt werden, da das Saatgut großflächig ausgewühlt und gefressen wurde. Aus den wiederholten Maislegeterminen und dem zeitlich versetzten Auflaufen resultierten in der Folge im Bewirtschaftungsmanagement Problemstellungen. Die Applikationsfenster für Maisherbizide waren aufgrund der unterschiedlichen Entwicklung der Pflanzen eingeschränkt. Dies machte eine mechanische Unkrautbekämpfung mit Maschinenhacke notwendig. Die Unterschiede in den Wuchshöhen der Einzelpflanzen egalisierten sich in der Vegetationsperiode weitestgehend. Dennoch beruhte die Festsetzung des optimalen Erntezeitpunktes (Siloreife) aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungen auf einem Kompromiss.

In einigen Versuchsjahren war die Wirksamkeit der Herbizide aufgrund der Witterungsbedingungen und geringen Bodenfeuchte zum Applikationszeitpunkt stark eingeschränkt. Mit den guten Ergebnissen der mechanischen Unkrautbekämpfung in 2014 erscheinen bei den beobachteten ausgeprägten Frühjahrs- und Vorsommertrockenheiten mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen mit Hackstriegel, Scharhackgeräten, Rollhacke, Bürstenhackgeräten oder Blindstriegeln nach dem Legen prüfenswert und sinnvoll. Einer exakten Maschinen- und Tiefenführung ist zur Vermeidung von Pflanzenverletzungen und zur Begrenzung des Austrocknungshorizontes erhöhtes Augenmerk zuzumessen.

Bei starker Hitze und ausgeprägter Trockenheit, vor allem Ende Juli bis Anfang August 2015 mit Spitzenwerten von über 35°C, zeigten sich starke Trockenstresssymptome mit eingeschränktem Wuchs und Notreifeerscheinungen. Die Defizite in der Biomassebildung konnten auch bei anschließenden günstigen Wachstumsbedingungen nicht ausgeglichen werden. Stressbedingt war eine verfrühte Abreife zu beobachten. Zur Ernte am 10.09.2015 wurden im Mittel Trockensubstanzgehalte von über 36 % bei, im Vergleich zum EVA- Mittel, geringen Trockenmasseerträgen von 142 dt TM/ha festgestellt. Ähnliche Situationen konnten auch in den Versuchen in Haufeld und Burkersdorf beobachtet werden. Der fehlende Winter und hohe Temperaturen als günstige Entwicklungsbedingungen förderten in 2015 die Populationsbedingungen des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*). So war in Burkersdorf trotz korrekt terminierter Insektizidbehandlung ein hoher Maiszünslerbefall (BSA 8 am 13.08.2015) in den Beständen der geprüften Reifegruppen S180 und S220 zu beobachten.

Zur Ernte zeigten die Substrate ausreichende Trockensubstanzgehalte. Die Substrateigenschaften ermöglichten, festgestellt nach Batchuntersuchungen mittels Hohenheimer Biogasertragstest, hohe spezifische Methanausbeuten bis 391 l_N/kg_oTS.

Am Standort Dornburg zeigte Mais in Hauptfruchtstellung mit 280 dt TM/ha (FF07, 2007, Sorte Maibi) das höchste Ertragsvermögen und sicherte mit 172 dt TM/ha einen hohen mittleren Ertrag. Gleichzeitig war eine Ertragsunsicherheit an der Spanne der Einzelerträge von 169 dt TM/ha und der dazugehörigen hohen Standartabweichung von 39 dt TM/ha ablesbar. Nach geringen Ernten wurden wiederholt nur unzureichend ausgeschöpfte N-Bodenvorräte und hohe N_{\min} -Werte vor Vegetationsende und damit ein erhöhtes Nitratverlagerungspotential festgestellt. Zwischenfrüchte konnten die verlagerungsgefährdeten Nährstoffe in der Sickerperiode festlegen, mit der Umsetzung und Mineralisation der Nährstoffe werden diese pflanzenverfügbar. Zusätzlich wird u. A. die Bodengare verbessert, eine Bodenbedeckung über Winter als Erosionsschutz gewährleistet oder ein positiver Beitrag zum Humusbilanzsaldo geleistet. Versuche am Standort Burkersdorf zeigten im Winter 2013/ 2014, unter Zwischenfrüchten (Senf, Grünschnittroggen, Landsberger Gemenge) über 35 kg N/ha geringere N_{\min} -Werte gegenüber der Referenz ohne Einsaaten. Gleichzeitige gravimetrische Bestimmungen des Bodenwassergehaltes zeigten keine stärkere Wasserausschöpfung durch den Bewuchs, erst mit einsetzendem Massewachstum zu Vegetationsbeginn erfolgte eine starke Ausschöpfung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers. Entscheidend ist also der gewählte Ernte- oder Bearbeitungszeitpunkt, um optimale Wachstumsvoraussetzungen für nachfolgende Sommerungen zu sichern. Die vergleichbaren Trockenmasseerträge von Mais in Hauptfruchtstellung nach Senf und ohne Zwischenfrucht der Jahre 2013 und 2014 bestätigten die Beobachtungen des LfULG an 3 Standorten 2009-2012. Demnach waren für Mais nach Brachen gegenüber Mais nach verschiedenen Zwischenfrüchten keine ertraglichen Vorteile feststellbar.

Sorghum

Tabelle 9: *Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte SorghumMais Hauptfrucht, alle geprüfte Sorten, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015*

	MW	Max	Min	STABW	MW TS%	Max	Min
(2005-2006)	145,66	187,60	112,81	32,57	27,11	28,30	27,11
GK Csaba (2009)	129,87	136,61	123,51	5,67	28,88	29,60	28,88
Bulldozer (2010)	96,77	100,02	90,48	4,28	14,55	14,90	14,55
KWS Sole (2013-2014)	124,71	180,02	60,13	45,44	32,35	34,00	32,35
MW	127,90	187,60	60,13	35,22	27,06	34,00	27,06

Trockenstress und kühle Temperaturen zum Zeitpunkt der Aussaat und in der Jugendentwicklung der Sorghumbestände beeinträchtigten die Biomassebildung, so dass in 2010 mit der später abreifenden Futterhirse (*Sorghum b. x b.*) Bulldozer nur Trockenmasseerträge von unter 100 dt TM/ha bei geringen Trockensubstanzgehalten unter 20 % TS aufwuchsen. Eine Kornfüllung in den Rispenständen wurde bis zum Erntezeitpunkt nicht in jedem Jahr erreicht. Einzelerträge von über 180 dt TM/ha lassen auf ein hohes Ertragsvermögen schließen, wobei ähnlich wie bei Mais eine große Schwankungsbreite der geernteten Erträge und damit eine relative Ertragsunsicherheit festzustellen ist. Mit der züchterischen Bearbeitung der Kultur in den vergangenen Jahren ist nunmehr eine Vielzahl von Sorten in 4 Reifegruppen am Markt verfügbar. Bei einer standortangepassten Sortenwahl (Vegetationszeit, Wärmesum-

men) sind in der Regel gute Substratqualitäten bei ausreichenden Trockensubstanzgehalten von über 28 % TS zu erreichen.

Die Kälteempfindlichkeit und die geringe Konkurrenzkraft der Kultur in der Jugendphase begünstigten eine Verunkrautung der Parzellenversuche mit Schadhirsen (*Echinochloa crus-galli*, verschiedene Arten *Setaria spp.*) und Windenknöterich (*Fallopia convolvulus*). Die Frühjahrstrockenphasen beeinträchtigten wiederholt die Wirkung der eingesetzten Herbizide (Bodenherbizide mit unzureichender Aufnahme aufgrund geringer Verdunstung - Aufnahme Blattherbizide aufgrund Abhärtung und starker Kutikula eingeschränkt). Mit der eingeschränkten Palette der zugelassenen Herbizide ist somit oft eine nur unbefriedigende Unkrautbekämpfungsstrategie zu verwirklichen. Die mechanische Unkrautbekämpfung mittels Maschinenhacke erbrachte in 2014 gute Ergebnisse.

Sortenabhängig wurde bei den erreichten Pflanzenhöhen von über 3,00 m erhöhte Lageranfälligkeit beobachtet. Aufgrund der geringeren Tausendkornmasse des Saatgutes und der geringen Ablagetiefe von 2-3 cm musste wegen trockener Bodenverhältnisse und unbefriedigender Saatbettqualitäten mit starker Klutenbildung oft unregelmäßiger Aufgang und ein nachfolgend ungleichmäßiges Bestandsbild festgestellt werden. Untersuchungen von Zeise & Fritz, 2012 zeigen vor allem bei ausgetrockneten Oberböden mit tieferer Saatgutablage einen gleichmäßigeren Feldaufgang und teilweise signifikante Mehrerträge. Die Wahl des Saattermins sollte ebenfalls an die Bodenwasserhaushaltsbedingungen angepasst sein. Frühe Termine bergen das Risiko von Auflaufverlusten, langsamer Jugendentwicklung mit hohem Unkrautdruck, bieten aber oft günstigere Bodenwasserverhältnisse, eine bessere Bodenerschließung durch den Wurzelapparat und damit gesteigerte Stresstoleranz der Pflanzen.

In den thüringischen Versuchen verursachten Schädlinge und Krankheiten keine ertragswirksamen Schäden. Die Bestände und das Saatgut waren für Schwarzwild keine Futterattraktion. Sorghum als Wirtspflanze des westlichen Maiswurzelbohrers (*Diabrotica virgifera virgifera*) ist aus der Literatur nicht bekannt.

Mais als Zweitfrucht

Tabelle 10: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Mais Zweitfrucht, alle geprüfte Sorten, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015

Zweitfrucht	MW	Max	Min	STABW	MW TS%	Max	Min
Constantino (2006, 2007)	146,88	195,43	111,74	36,91	27,75	29,00	26,26
Jessy (2013)	70,78	87,69	59,22	12,39	26,83	27,50	26,10
NK Falkone(2010, 2011)	79,92	115,89	50,20	24,75	22,36	24,20	20,30
Suleyka (2014, 2015)	111,33	136,84	84,97	16,06	27,99	33,30	24,00
MW	107,74	195,43	50,20	34,75	26,55	33,30	20,30

Sorghum als Zweitfrucht oder als Stoppelsaat

Tabelle 11: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Sorghum Zweitfrucht, Sorghum Stoppelsaat, alle geprüfte Sorten, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015

Zweitfrucht	MW	Max	Min	STABW	MW TS%	Max	Min
Freya (2014)	18,43	25,39	14,51	4,78	14,88	15,30	14,20
GK Csaba (2010)	43,24	51,23	39,34	5,40	13,43	14,80	12,80
KWS Sole (2013, 2014, 2015)	114,38	169,83	80,81	31,63	28,45	31,10	25,00
Susu (2006, 2007)	124,75	171,16	74,73	44,07	24,41	27,58	22,00
MW	98,12	171,16	14,51	48,16	24,37	31,10	12,80
Stoppelsaat	MW	Max	Min	STABW	MW TS%	Max	Min
nach W.Gerste-GPS							
KWS Sole (2013, 2015)	89,40	110,15	67,39	14,13	26,23	29,10	21,90
Latte (2010, 2014)	80,72	134,01	34,31	41,66	21,45	26,20	17,50
Lussi (2009)	77,50	96,97	62,38	10,77	24,78	29,80	21,40
nach W.Triticale-GPS							
Super Sile 18 (2007, 2008)	36,53	67,14	11,92	21,73	20,41	26,43	16,40
MW	69,15	134,01	11,92	34,43	22,83	29,80	16,40
W.Roggen/Mais	155,59	250,81	68,03	51,43	n = 28	7 Anbaujahre	
W.Roggen/Sorghum	139,12	234,87	57,75	59,22	n = 28	7 Anbaujahre	
W.Gerste/Sorghum	228,28	290,44	168,34	28,52	n = 48	4 Anbaujahre	

Wiederholt reiften die geprüften Mais- und Sorghumsorten in Zweitfruchtstellung oder als Stoppelsaaten bis zum fruchtfolgebedingt notwendigen Erntezeitpunkt nur unzureichend ab. Geringe Trockensubstanzgehalte von unter 28 % bedingten erhöhte Sickersaftaufkommen und Silierverluste. Die schlechten Verdichtungseigenschaften der geernteten Substrate können Beeinträchtigungen im Siliervorgang nach sich ziehen.

In 2010 und 2011 mussten Zweitfruchtbestände von Sorghum (Sorte Latte; Aussaatdatum 27.05.10, 11.05.11) umgebrochen und neu angelegt werden. Die starke Bodenwasserschöpfung im Oberboden durch die Vorfrüchte bei gleichzeitig defizitärem Bodenwasserhaushalt beeinträchtigte die Saatbettbereitung, die Bestände liefen zeitlich verzögert und ungleichmäßig auf und die Herbizidwirkung war eingeschränkt. Somit mussten sich die Bestände oft unter erhöhtem Konkurrenzdruck entwickeln. In der Praxis konnten in 2015 ähnliche Situationen beobachtet werden, die Entscheidung über Umbruch und Neusaat musste zum Einen in Abhängigkeit von zusätzlich entstehenden Kosten und zum Anderen unter Berücksichtigung der notwendigen lückenlosen Substratbereitstellung getroffen werden. Eine wasserschonende Bodenbearbeitung, angepasste Ablagetiefen des Saatgutes und der ergänzende bzw. alternative Einsatz mechanischer Unkrautbekämpfung (Blindstriegeln, Hacken, Striegeln, Häufeln bis BBCH 30) erhöhten die Etablierungserfolge und unterstützten die C4- Pflanzen in der Jugendentwicklung. Bei der Sortenwahl ist auf eine an die Standzeit der Kulturen angepasste Reifegruppe zu achten, Neben der Biomasseleistung ist ein verstärktes Augenmerk auf schnelle Jugendentwicklung und eine sichere Abreife zu legen. Die Etablierung von Sorghum nach einem frühen W.Gerste-GPS gelang am Standort Dornburg

vergleichend zur Etablierung von Sorghum nach Grünschnittroggen sicherer. Die ausgeprägten Frühjahrstrockenphasen fielen oft zeitgleich mit der Saatbettbereitung, Aussaat, Keimung oder Jugendentwicklung der Sorghum-Zweitfruchtkulturen, resultierende Defizite konnten in der Folge nicht ausgeglichen werden. In 2015 erfolgte der Feldaufgang von Sorghum nach Aussaat am 11.05. erst zum 30.6., die zwischen BBCH 01 (Beginn Samenquellung) und BBCH 05 (Keimwurzel aus Samen ausgetreten) unterbrochene Pflanzenentwicklung setzte sich erst mit einsetzenden Niederschlägen zum 21.06. fort. Die Saaten nach einem Getreide-GPS konnten die einsetzenden Niederschläge nutzen, eine zügige Jugendentwicklung bei den günstigeren Boden- und Lufttemperaturen ersparte zusätzlich eine Herbizidmaßnahme.

Vergleichend konnte am Standort Dornburg durch das Zweikultursystem W.Gerste/Sorghum mit 228 dt TM/ha der höchste Ertrag gesichert werden.

Neben den in den EVA- Fruchtfolgen geprüften Zweitfrüchten, sind in Praxis und Versuchswesen verschiedene Kulturen im Anbau, u. A. Sonnenblumen, Buchweizen, Amarant, Sommergetreidearten als GPS, Blümmischungen, verschiedenen Mischkulturen und Gemenge.

Aus den bisherigen Erfahrungen muss abgeleitet werden, dass die Bewirtschaftungsmaßnahmen und der Erntezeitpunkt der Kulturen in Abhängigkeit von den tatsächlichen Bedingungen (Bodenwasserhaushalt, Saatbettqualität, Entwicklungsstadien, Unkrautkonkurrenzdruck...) festgelegt und durchgeführt werden müssen. Dabei sollten die Ertragserwartungen und die Verteilung der Erträge auf die Kulturen besondere Berücksichtigung finden. Flexibilität in den Entscheidungen ermöglichen eine Ertragsoptimierung bzw. eine Kosten- Nutzen-Optimierung für das Gesamtsystem entsprechend der Jahresbedingungen. Die anspruchsvollen Anbausysteme ermöglichen dabei wenig Routine und erfordern ein hohes Maß an Standortkenntnis und Erfahrungen im Anbau unter den spezifischen Bedingungen.

Getreide-GPS - Getreide-Leguminosen-Gemenge

Tabelle 12: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Getreide-GPS, alle geprüfte Arten und Mischungen, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015

	MW	Max	Min	n	STABW	MW TS %
Hafer	97,22	138,86	57,92	20	24,08	33,24
Hafersortenmischung	120,16	165,99	78,10	16	28,96	36,27
S.Gerste	98,50	131,13	54,67	40	16,14	37,61
W.Gerste	121,21	158,05	87,06	48	16,64	32,70
W.Gerste, W.Triticale, W.Weizen	155,55	198,42	125,67	12	26,84	42,61
W.Triticale	146,18	238,00	100,26	100	23,11	35,31
W.Triticale, W.Weizen	92,28	103,23	74,68	4	12,61	31,50
W.Triticale, W.Ackerbohne	143,31	187,28	114,71	8	28,34	33,01

Am Gunststandort Dornburg waren mit Getreide-GPS hohe Ertragsleistungen realisierbar, dabei wurden Maximalerträge von über 220 dt TM/ha konstatiert. Die Vorzüglichkeiten der jeweiligen Arten und Gemenge sind aus den Ertragsdaten ablesbar.

Bischof (Bischof R. , 2015) stellte u. A. In Dornburg im kooperierenden Projekt „Nachhaltige Ganzpflanzenproduktion“ bei geprüften Artengemischen zwischen den ertragsbildenden Kul-

turen Synergieeffekte fest, welche höhere Ertragsstabilität bedingte. Frühsaaten erbrachten gegenüber Spätsaaten signifikant höhere Erträge. Die Versuchsauswertung der Jahre 2012-2014 von Bischof (Bischof R. , 2015) zeigte bei verringerten Düngungsniveaus gegenüber einer optimalen Düngung nur geringe Ertragsrückgänge, ermöglichten frühere Ernten durch weniger ausgeprägte stay green- Effekte. Im Besonderen bei früher Befahrbarkeit bot der Einsatz von stabilisierten N-Düngern eine Möglichkeit zur Optimierung der Arbeitswirtschaft mit entsprechenden Einsparungspotentialen bei vergleichbaren oder höheren Erträgen.

Die im Mittel ansprechende Ertragsleistung von Hafer rechtfertigt eine Integration eventuell in Kombination mit nachfolgender Sommerzwischenfrucht wie Phacelia als Gesundungskomponente in getreidedominierten Fruchtfolgen. Als Sommerung zeigte sich Hafer andererseits weniger ertragszuverlässig.

Eine Anbaueignung des W.Ackerbohne- W.Triticale- Gemenges lässt sich aus den konstatierten Erträgen und den auf die Einzeljahresbedingungen reagierenden Ertragsanteile der Gemengepartner ableiten. Im Vergleich zum reinen Getreide-GPS konnten günstigere Humussalden, N-Düngereinsparungen und damit THG- Emissionsverminderungen, positive Habitat- und Futtereigenschaften, sowie eine wirtschaftliche Vorzüglichkeit festgestellt werden.

Durch das frühe Räumen der Kulturen sind GPS-Kulturen ideale W.Raps-Vorfrüchte. Die hohen Ansprüche des Rapses an die Saatbettbeschaffenheit können bei ausreichendem zeitlichen Korridor gewährleistet werden. Alternativ ist eine Etablierung von Zwischenfrüchten zur Gründüngung oder zur Nutzung als Substrat vor nachfolgenden Winterungen möglich. Effekte wie beispielsweise die Unterbrechung von Schaderregervermehrungszyklen oder eine Verbesserung der Humusbilanzen wirken positiv auf Folgefrüchte und Bodenfruchtbarkeit.

Die Kulturen hinterlassen aufgrund guter Unkrautunterdrückung und einer Ernte vor der Samenreife der Kulturen und der meisten Begleitkräuter einen „reinen Tisch“.

Die Versuchsergebnisse am Standort Dornburg zeigten keine gesicherten ertraglichen Auswirkungen eines Pflugverzichtes bei Getreide-GPS. Die geringeren Arbeitserledigungskosten, Bodenschonung und eine Verringerung des Erosionsrisikos bekräftigten die Eignung einer pfluglosen Bewirtschaftung. Weiterführende Untersuchungen anderer Standorte (Eckner, Strauss, Nehring, & Vetter, 2013) zeigten die Möglichkeit der Reduzierung der Pflanzenschutzmittelaufwendungen. Die Kulturen konnten in der Regel weniger intensiv hinsichtlich Fungizid- und Halmstabilisatoreinsatz gefahren werden als die Druschfrüchte. Versuche zur Etablierung von Ackerfutterkulturen unter verschiedenen Deckfrüchten an den Standorten Haufeld und Burkersdorf zeigten übereinstimmend geringe Etablierungserfolge der Ackerfuttermischungen als Herbstuntersaaten. Als empfehlenswerter erwiesen sich Frühjahrseinsaaten oder Blanksaaten nach Ernte mit an die Jahresbedingungen angepassten Bodenbearbeitungsintensitäten (Pflug, Stoppelsturz, Eintriegeln).

Grünschnittroggen

Tabelle 13: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Grünschnittroggen, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015

	MW	Max	Min	n	STABW	MW TS %	Max	Min
Grünschnittroggen	49,69	78,14	15,30	58	15,45	20,43	25,90	15,30

Nach Siloernte von Sorghum bzw. Mais konnte in 5 der 6 geprüften Jahre nicht innerhalb des für die Thüringer Ackerebene empfohlenen Aussaatzeitfensters (nach Farack, et al. (2009) zwischen dem 20.09. und 01.10.) gedreht werden. Die Vorwinterentwicklung und damit eine ausreichende Bestockung waren oft eingeschränkt. Erschwerend kamen die oft semioptimalen Bedingungen für die Saatbettbereitung und Aussaat hinzu. Auf eine tiefe Ablage und „Verschmieren“ der Saatsfurche reagierte der in der späteren Entwicklung robuste W.Roggen in der Jugendphase empfindlich. Wenig bestockte und ungleichmäßige Bestände waren die Folge. In den Höhenlagen (empfohlener Saatzeitpunkt 10.09. – 20.09.) war eine Aussaat zum optimalen Zeitpunkt weitestgehend ausgeschlossen und die Situation für die Saatbettbereitung und Aussaat oft verschärft. Entsprechend der Bedingungen zur Vorwinterentwicklung und den Wachstumsbedingungen nach Vegetationsbeginn standen zum Erntezeitpunkt (frühester Termin 26.04.2007, BBCH 49; spätester Termin 17.05.2010, BBCH 56) im Mittel 50 dt TM/ha Roggen. Die entsprechenden in Batch-Gärtests geprüften Silagen zeigten mit 104% Methanausbeute relativ zum Mais gute Vergärungseigenschaften. Die geringen Trockensubstanzgehalte von im Mittel 20 % der Frischmasse machten ein mehrstufiges Ernteverfahren mit Anwelke notwendig. Insgesamt konnten in den Fruchtfolgeversuchen am Standort Dornburg die Kosten durch die Leistungen der Kultur nur in einem der geprüften Anbaujahre gedeckt werden. Im Mittel wurde mit -250 €/ha ein negativer DAKfL erreicht.

Welsches Weidelgras

Tabelle 14: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Welsches Weidelgras Grundversuch, Standort Dornburg, 2005- 2015

		MW	Max	Min	N	STABW	MW TS%
Welsches Weidelgras	Vorwinterschnitt	15,16	19,48	10,95	8	3,10	18,68
	Frühjahrsschnitt	57,37	70,03	43,03	8	11,75	18,66

Einj. Weidelgras

Tabelle 15: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte einjähriges Weidelgras, Grundversuch und Risikoabschätzung, Standort Dornburg, 2005- 2015

		MW	Max	Min	n	STABW	MW TS%
Einj. Weidelgras	1.Schnitt	22,72	39,52	6,80	16	11,74	24,56
	2.Schnitt	20,85	21,45	20,25	4	0,51	22,35

Die Integration von Ackergräsern als Zwischenfrüchte nach Getreide-GPS zeigte in den Parzellenversuchen eine erhöhte Gefahr der Verunkrautung in der Etablierungsphase der Weidelgräser. Ausgeschöpfte Bodenwasservorräte und ausbleibende Niederschläge verzögerten das Auflaufen und den Reihenschluss, zusätzliches Schröpfen wurde notwendig. Ohne ge-

eignete Maßnahmen wäre es zu einer Verschleppung der Unkrautproblematik in Folgekulturen mit möglichen Ertragseinbußen oder zusätzlich notwendigen Behandlungsmaßnahmen gekommen.

Als problematisch ist der beobachtete Durchwuchs in Getreidekulturen zu bewerten. Hier war eine Erfassung der Monokotylen mit Herbiziden erschwert, die alternative Anwendung von Totalherbiziden verursachte zusätzliche Kosten und belastete die Agrarökosysteme. In der pfluglosen Bewirtschaftung konnte eine ausreichende Saatbettqualität für die Folgekulturen nur begrenzt oder mit erhöhtem Aufwand hergestellt werden. Die Problematik von Durchwuchs und Unkrautverschleppung erschien verschärft und wurde durch Bonituren und Beobachtungen gestützt. Die Aufwüchse des einjährigen Weidelgrases waren mit im Mittel nur 23 dt TM/ha nur bedingt erntewürdig.

Zwischenfrüchte zur Gründüngung (Phacelia, Ölrettich, Senf)

Zwischenfrüchte können bei ausreichend entwickelten Beständen Funktionen wie Bodenbedeckung, N-Fixierung, Unkrautunterdrückung, Bodenverbesserung durch Strukturverbesserung und Humusmehrung erfüllen.

Während des Untersuchungszeitraumes wurde in der Regel nach den realisierten Aussaaten eine ausreichende Entwicklung der Gründüngungspflanzen erreicht. Dennoch konnte beispielsweise in 2015 nach gutem Aufgang (Aussaart 17.06.2015) aufgrund von starker Trockenheit und extremer Hitze bei Phacelia ein nur schwacher Zuwachs beobachtet werden. Die generative Phase setzte vorzeitig ein. Nach einer sehr kurzen Blühphase reiften die Samenstände schnell ab, so dass bereits am 27.08.2015 ein Mulchen der Bestände notwendig wurde. In einzelnen Jahren konnten die Phaceliabestände nicht BBCH 60 (Blühbeginn) erreichen. Jahre mit blühenden Beständen resultierten in hohen, mit Raps oder Buchweizen vergleichbaren Pollen- und Nektartrachtwerten (Lipp, Vorwohl, & Lipp, 1994).

Bei dem in 2014 als Zwischenfrucht vor Mais geprüften Senf war extremer Kümmerwuchs und bis zu 90 % Gesamtausfall zu beobachten. Hier wirkte Nährstoffmangel nach einer hohen Ausschöpfung des N-Bodenvorrates (N_{min} nach Ernte W.Triticale GPS < 10 kg/ha) mit gleichzeitigem Rübsenblattwespenbefall (*Athalia rosae*) als Stressfaktor. Die Einzelpflanzen konnten die Schädigungen nicht durch Zuwuchs kompensieren bzw. überwachsen. Die geprüften Senfbestände zeichneten regelmäßig räumliche Unterschiede in der N-Versorgung stark nach. Verstärkte Mineralisation z.B. an den Rändern zu den bearbeiteten Wegen und differenzierte Umsetzung durch abweichende Pflanzenresiduengehalte im Boden waren durch unterschiedlichen Pflanzenhöhen und Entwicklungsstadien eindeutig sichtbar. In einigen Jahren, besonders in 2014, froren die Pflanzen bei Temperaturen bei im Minimum -10,5°C nicht vollständig bzw. ungleichmäßig ab. Dadurch wurde ein zusätzlicher Bearbeitungsgang vor Aussaat notwendig.

Der ursprünglich für die Substratproduktion in Prüfung stehende Ölrettich erbrachte keine oder nur bedingt erntewürdige Erträge, die Pflanzenbestände erfüllten aufgrund der gebildeten Masse jedoch die o.g. Funktionen.

In der Praxis ist immer eine Abwägung der Zweckmäßigkeit des Aufwandes für die Etablierung der Zwischenfrüchte angebracht. Unterschiedliche Intensitäten der Saatbettbereitung und Saatgutausbringung (Aussaart mit Schneckenkorntreuer, Aussaat mit pneumatischem Düngertreuer, Direktsaat, Aussaat mit Drillkombination) sichern eine ausreichende Bestandesentwicklung, ebenso kann gegebenenfalls eine Startdüngung angebracht sein. Auf der

anderen Seite stehen den nur indirekten Leistungen (Vorfruchtwert, Verbesserung Humusbilanzsaldo, Unkrautregulierung) je nach Intensivierung Produktionskosten gegenüber. Bei der an Standort- und den Jahresbedingungen angepassten Maßnahmenwahl sollten ebenfalls aktuelle Wuchsbedingungen (Bodenwasserhaushalt, Bodenbearbeitbarkeit...) und die zu erwartenden Witterungen aus Langzeitprognosen und Erfahrungswerten Berücksichtigung finden.

Die in den Versuchen geprüften Zwischenfrüchte sind nicht als Greening-Maßnahme anerkennungsfähig.

Zuckerrübe/ Energierübe

Tabelle 16: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Zuckerrübe, alle geprüfte Arten und Mischungen, Grundversuch, Standort Dornburg, 2015

	MW	Max	Min	n	STABW	TS MW%	Max	Min
Zuckerrüben								
Rübe	183,90	220,5	148,48	8	23,2	23,4	24,5	22,5
Blatt	55,05	62,08	48,96	7	4,8	16,3	19,4	14,4

Die in 2015 erbrachten guten Erträge bestätigten die gute Eignung für den Einsatz in der Biogasanlage (Augustin, 2008).

Ein Anbau in der Praxis erscheint aufgrund der notwendigen Spezialerntetechnik, der Substrataufbereitung und der damit verbundenen Kosten vor allem in Rübenanbauenden Betrieben sinnvoll. Züchtungsfortschritte hinsichtlich Anhang und Verfahrensfortschritte hinsichtlich Steinabscheidung sind zu beobachten. Dennoch erscheint eine Reinigung vor Silierung oder vor Fütterung zur Vermeidung von Materialbeschädigung, übermäßigem Verschleiß oder Versandung der Fermenter notwendig. Entsprechende Technik ist in der Entwicklung, kostenintensiv oder begrenzt verfügbar. Die dauerhafte Lagerung der Rüben zur ganzjährigen Verfütterung ist in Silos (Ganzrüben oder Hackschnittsilierung) oder als Mus in entsprechenden Lagunen oder Lagerbehältern möglich. Bei einer Frischfütterung oder bei Ganzrübensilierung ist vor Substrateinbringung eine Zerkleinerung notwendig. Das hohe Methanbildungspotential und die beschriebenen Boost- Eigenschaften des Substrates, sowie verbesserte Gasausbeuten im Gesamtsystem stehen der Notwendigkeit der Anpassung der Fermenterführung zur Gewährleistung eines stabilen Biogasprozesses gegenüber.

Zu berücksichtigen ist zusätzlich, dass oft beim Anbau standortbezogene Erfahrungen für die Kulturführung fehlen und in einem Lernprozess Fehler und Rückschläge nicht auszuschließen sind.

Druschfrüchte

Tabelle 17: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Druschfrüchte, Grundversuch, Standort Dornburg, 2005- 2015

		MW	Max	Min	n	STABW	MW TM%
W.Raps	Korn	35,09	53,74	22,69	32	9,90	90,73
	Stroh	42,27	56,07	29,39	24	8,17	60,53
W.Triticale	Korn	88,12	108,95	75,91	20	10,67	87,56
	Stroh	84,52	126,92	39,04	20	26,50	84,88
W.Weizen	Korn	71,59	105,78	50,30	154	12,31	88,03
	Stroh	56,32	89,24	26,57	156	15,40	86,85

Die in die EVA-Fruchtfolgen integrierten Kulturen zur Kornnutzung zeichneten sich im Prüfzeitraum durch eine relative Ertragssicherheit aus. Die differenzierten Vorfruchtwirkungen (Eckner, Strauss, Nehring, & Vetter, 2013) unterschiedlicher Kulturen auf den W.Weizen konnten in den Versuchen bestätigt werden.

Hohe Kornerträge unterstrichen die hohe Anbaueignung von W.Triticale und W.Weizen am Standort Dornburg.

Bei Strohverbleib auf der Fläche konnten negative Bilanzsalden der humuszehrenden Kulturen zur Substratbereitstellung (z.B. Mais: -560 kg C/ha; GPS-Getreide: -280 Kg C/ha; (Ebertseder, et al., 2014) ausgeglichen werden. Die von den Marktfrüchten abweichenden Erntetermine der Ganzpflanzensilagen bei Getreide ermöglichten eine abgesicherte Aussaat von W.Raps zu den empfohlenen Terminen.

Mehnjähriges Ackerfutter

Tabelle 18: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte Ackerfutter, alle geprüften Mischungen, Grundversuch, Standort Dornburg, 2005- 2015

		MW	Max	Min	n
Luzernegras	HNJ	165,20	240,88	83,80	4
	Etabl	18,98	41,96	0	4
Luzernekleegras	HNJ	165,85	208,24	133,11	2
Kleegras	HNJ	96,82	121,70	71,93	2

Leguminosen-Grasgemische als Ackerfutter mit 2 Hauptnutzungsjahren realisierten am Standort Dornburg hohe, mit Mais vergleichbare Trockenmasseerträge. Dabei wurden die Bestände 3 bis 5 schnittig geführt. Ökonomische Auswertungen zeigten, dass bei geringeren Schnittintensitäten die geringere Substratgüte bei geringeren Methanausbeuten durch die Einsparung von Arbeitsgängen überkompensiert wurde und somit als vorzüglicher anzusehen waren. Die geplante Etablierung des Luzernegrasgemenges unter einer Deckfrucht mit Einsaat in einen bestehenden Getreidebestand war in 3 von 4 Jahren erfolgreich. In 2010 war eine erneute Einsaat als Blanksaat nach GPS-Ernte notwendig. Die Versuche zeigten, dass ein schlecht etablierter Bestand wie in 2005 auch in den folgenden Hauptnutzungsjahren Ertragsdefizite aufweist. So war im Etablierungsjahr 2005 der Aufwuchs der Untersaat

nicht erntewürdig, Schröpfschnitte waren notwendig. Eine intensive Begleitung der Bestandesentwicklung und ggf. eine Nachsaat oder ein Umbruch mit Neuaussaat waren für die Absicherung der nachfolgenden Erträge unumgänglich. So zeigte im Vergleich die 1. Anlage mit schlechter Etablierung gegenüber der 4. Anlage mit ebenfalls schlechter Feldetablierung, aber nachfolgender Neueinsaat in den nachfolgenden HNJ geringere Trockenmasseerträge.

Die 1.Schnitte mit den höchsten zu erwartenden Methanausbeuten aufgrund der geringeren Ligningehalte bildeten den Hauptertragsanteil (1.Schnitt Luzernegras MW 59,36; Max 78,00; Min 23,51). Schaderreger wie Mehltau und Roste beeinträchtigten nur wenig die Ertragsbildung. Für tierische Schaderreger wie Blattradkäfer (*Sitona* ssp., Totalausfall 3.Schnitt,1.Anlage, 2007) und Feldmaus bildeten die EVA-Versuchspartellen oft starke Attraktionspunkte. Zur Versuchsabsicherung waren daher praxisunübliche Behandlungen mit Rodentiziden notwendig.

Mit dem geringen N-Düngungsbedarf aufgrund der legumen Stickstoffbindung waren vergleichsweise hohe THG-Einsparungen möglich. Die Bestände hatten als Brut- und Futterhabitat für ausgewählte Vögel der Agrarlandschaft (Artenauswahl Habitatauswahlindex ZALF/ Biodiversitätsstrategie Bundesregierung BMUB) eine hohe Eignung. Im Anbau sollte das Brut- und Setzverhalten von Federwild, Niederwild und Haarwild bei der Schnittplanung und Durchführung Berücksichtigung finden. Um Verletzungen und Tötungen von Wildtieren zu vermeiden, sind rechtzeitige Begehungen einzuplanen. Beim Schnitt und den nachfolgenden Arbeitsgängen ist eine Bearbeitung in einzelnen Beeten gegenüber einer Bearbeitung von außen nach innen Vorzug einzuräumen, so bleiben Fluchtwege für Wildtiere offen.

Zwischenfazit:

- Standortangepasste Kulturführung macht Anbauerfahrung notwendig
- Risikostreuung aufgrund möglicher Ertragsschwankungen notwendig

3.9 Ökonomische Bewertung

Neben der Einschätzung der Anbaueignung der Fruchtfolgen, der einzelnen Fruchtarten und Fruchtfolgekombinationen aufgrund der Ertragsleistungen, ackerbaulichen Besonderheiten und der Risikoabschätzung spielte in der Anbauplanung die ökonomische Leistung der Kulturen und Fruchtfolgekombinationen die herausragende Rolle.

Eine Bewertung der in der Projektphase EVA III geprüften Fruchtfolgen war aufgrund der nicht abgeschlossenen Rotationen und der geringen Datenumfänge nicht möglich. Die ökonomische Bewertung der in den Fruchtfolgen integrierten Fruchtarten und Fruchtfolgekombinationen konnte mit den Daten der 5. und 6. Anlage gegenüber den Bewertungen in den abgeschlossenen Projektphasen ((Auerbacher, Kornatz, & Dunkel, 2013) (Eckner, Strauss, Nehring, & Vetter, 2013)) erweitert werden. Neue, aussichtsreiche Kulturen konnten zusätzlich bei noch weiter abzusichernder Datengrundlage betrachtet werden. Die in Abbildung 9 wiedergegebenen anbauspezifischen Kostenstrukturen und Direkt- und Arbeitserledigungskosten freien Leistungen bestätigten auch ökonomisch die hohe Anbaueignung von Getreide in verschiedenen Nutzungsformen am Standort Dornburg. So sicherte das in EVA I und II geprüfte Artengemisch aus W.Gerste, W.Triticale und W.Weizen, als Ganzpflanze zur Silierung geerntet, mit über 825 €/ha den höchsten DAKfL.

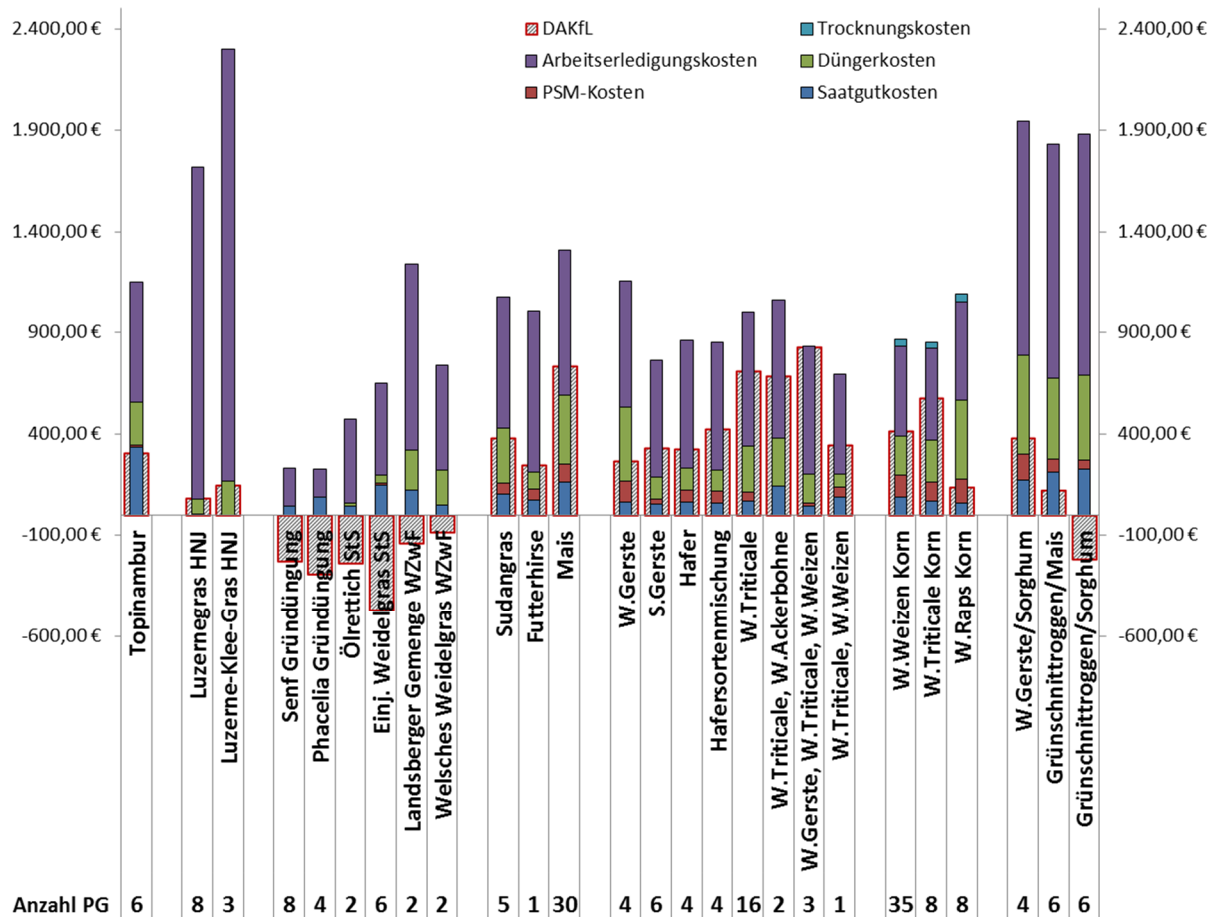


Abbildung 9: DAKfL und Kosten nach Einzelkategorien ausgewählter Fruchtarten und Fruchtfolgekombinationen, Standort Dornburg, 2005- 2015

Mais als Hauptfrucht bestätigte bei hohen Biomasseleistungen seine Anbauvorzüglichkeit. Die hohe Bewirtschaftungsintensität der geprüften Zweikultursysteme wurde durch die entsprechenden Kosten deutlich. Die Arbeiterledigungskosten und hohen Düngungskosten bei 2 Erntekulturen im Jahr konnten durch die Leistungen aus Methanbereitstellung und Gärrestbewertung nur bedingt und bei der Fruchtfolgekombination Grünschnittroggen/ Sorghum nicht vollständig ausgeglichen werden.

Arbeiterledigungskosten, gefolgt von Düngungskosten bildeten je nach Kultur die Hauptkostenanteile. Vornehmlich in den genannten Kategorien sollten ökonomisch betrachtet durch Effizienzsteigerungen oder Minimierungsansätze Kosten reduziert werden. Deutlich wurde dies vor allem bei den mehrschnittigen Ackerfuttermischungen. Das arbeitsintensive mehrstufige Ernteverfahren verursachte hohe Kosten, so betragen die inkludierten Erntekosten im Jahr 2010 für Luzernegras bei 5 Schnitten über 1750 €/ha. Der 3-schnittig geführte Bestand in 2007 bewirkte dagegen nur etwa 1050 €/ha Erntekosten. Ähnliche Feststellungen zu möglichen Kosteneinsparungspotentialen konnten bereits in Kapitel 3.4 für die Faktorminimierung Bodenbearbeitung gemacht werden. In der Abwägung müssen eventuell reduzierte Substratqualitäten und geringere Erntemengen den Kosteneinsparungen entgegengesetzt werden.

Aus Abbildung 9 geht ebenfalls hervor, dass die angebauten Zwischenfrüchte zur Gründüngung bzw. zur Substratbereitstellung mit überwiegend regulierendem Charakter in der Fruchtfolge (phytopathogenes Potential, Humussalden, Nährstofffixierung über Winter, Biodiversitätsförderung, ...) aufgrund ihrer negativen ökonomischen Leistung von vorzüglicheren Kulturen ausgeglichen werden müssen. Ökologische Trade-offs und ackerbaulich positive Vorfruchtwirkungen wurden in der ökonomischen Bewertung nicht monetär bewertet.

Zwischenfazit:

- Mais und Getreide in verschiedenen Nutzungsformen mit hoher Vorzüglichkeit am Standort Dornburg
- negative ökonomische Leistung von Zwischenfrüchten, aber positive Vorfruchtwirkungen und ökologische trade-offs

3.10 Indikatorgestützte Gesamtbewertung der Fruchtfolgen

In der Weiterführung der Gesamtauswertung, auch im Hinblick auf die zurückliegende Evaluierung und den abgeleiteten Handlungsempfehlungen, erfolgte eine methodische Überarbeitung und Absicherung der bisher aufgestellten Indikatoren und zusätzlich eine Erweiterung um ausgewählte Einzelindikatoren zur ganzheitlichen, standortbezogenen und übergreifenden Bewertung der untersuchten Anbauoptionen.

Um im quantitativen Vergleich der geprüften Fruchtfolgen Aussagen über ihre Anbaueignung am jeweiligen Standort und ihre ökonomische und ökologische Vorzüglichkeit zu ermöglichen, wurden Indikatoren aus einheitlich erhobenen, empirischen Daten abgeleitet oder modelliert. Für die Einzelindikatoren bestanden methodische Definitionen, orientierend an Standards, Richtlinien und anerkannten wissenschaftlichen Arbeiten mit einheitlichen Bezugsgrößen und Systemgrenzen.

Für Aggregationen in thematischen Einheiten erfolgte eine Standardisierung und Normierung der gewonnenen Indikatoren. Zunächst wurden in einzelnen Arbeitsgruppen und nach interdisziplinärer Diskussion für die Themenbereiche Anbaueignung (Pflanzenbau); Umweltwirkung (Ökologie); ökonomische Vorzüglichkeit (Ökonomie) und Ressourceneffizienz (Nachhaltigkeit) die zu verdichtenden Größen festgelegt. Die Gruppierungen fassen ausgewählte, sich auf betriebliche Planungs- und Entscheidungsgrößen, Schutzgüter oder rechtliche Rahmenbedingungen beziehende Indikatoren zusammen. Es erfolgte keine Gewichtung der Einzelindikatoren.

Die Bewertungsdarstellung wurde in mehrere Stufen gegliedert und primär für die Zielgruppen Praxisbetriebe und landwirtschaftliche Anwender ausgestaltet. Ausgehend von den Standortparametern und der aus den Parzellenversuchen gewonnenen Größen in der ersten Stufe, wurden in der zweiten Stufe Indikatoren für die 4 thematischen Bereiche aggregiert und in der Form eines Ampelsystems dargestellt. Die Bewertungseinteilung geschah in Quartilen.

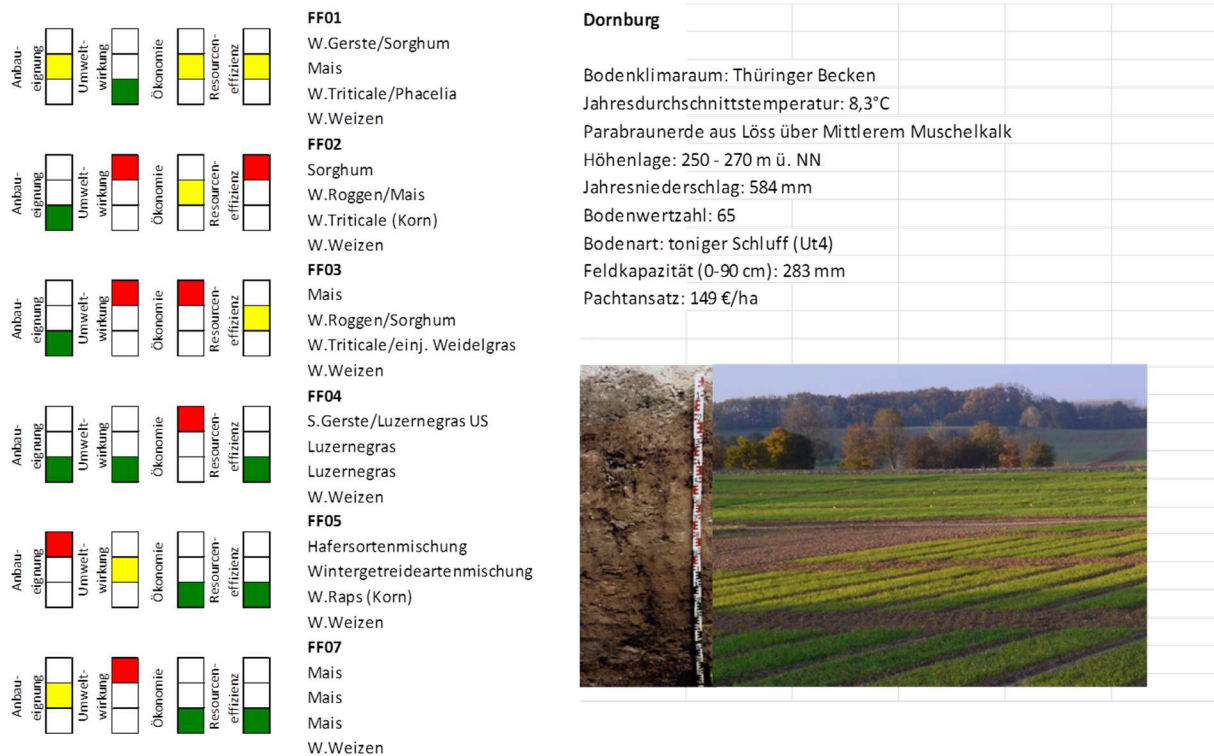


Abbildung 10: Indikatorgestützte Gesamtbewertung ausgewählter FF, Dornburg, 2005-2013

In der Ergebnisübersicht wurde die standortabhängige Differenzierung einzelner Größen und der thematischen Aggregationen deutlich und konnte damit auch unterschiedliche Vorzüglichkeiten der geprüften Fruchtfolgen visualisieren. Unter Berücksichtigung von ökonomischer Leistungsfähigkeit, Kulturverfahren und ökologischer Balance waren am Standort Dornburg vielfältige Fruchtfolgen oder Fruchtfolgen mit integriertem mehrschnittigem Ackerfutter vorzüglicher zu bewerten als enge Maisfolgen.

Bei der letztendlichen Anbauentscheidung sollten verschiedene Bewertungsebenen gleichzeitig berücksichtigt werden, wobei neben der Gewinnmaximierung auch die gesellschaftliche Akzeptanz und Verantwortung eine Relevanz haben sollten.

Zwischenfazit:

- teilweise divergierende Ausprägungen der Bewertungsgrößen für einzelne Fruchtfolgen
- FF05 und FF01 mit großer Anbauvorzüglichkeit für Dornburg

4 Aktueller Stand der Arbeiten

Die laufenden Feldarbeiten in den Parzellenversuchen werden entsprechend der methodischen Vorgaben durchgeführt. Auf Eigeninitiative der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft wurden alle Versuche angelegt bzw. weitergeführt. Die Parametererhebung erfolgt entsprechend der einheitlichen, festgelegten Parameterliste. Der Datenstatus für die Versuche und Erhebungen wird kontinuierlich verbessert, eine Datenprüfung der bisher aus vorherigen Projektphasen übertragenen Daten erfolgt mit den möglichen Werkzeugen und dem

aufbringbaren Zeitaufwand in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ZALF und Universität Gießen. Die vorhandenen Daten werden laufend weiter validiert und konsolidiert.

5 Zusammenarbeiten und Vernetzungen

Die in den Parzellenversuchen gewonnenen und dokumentierten Daten und Parameter bildeten die Auswertungsgrundlage für die kooperierenden Teilprojekte. Im Rückschluss waren die zielgerichteten Auswertungen und Datenzusammenstellungen der Projektpartner notwendig, um Zusammenhänge herzustellen und eine gesamtheitliche und standortbezogene Bewertung zu gewährleisten. Im engen Austausch wurden gemeinsam Daten interpretiert, zweckgebundene Zusatzerhebungen und Untersuchungen ermöglicht und gemeinschaftliche Veröffentlichungen zusammengestellt.

Mit den laufenden Arbeiten und Auswertungen ergaben sich Zusammenarbeiten, sowie Erfahrung- und Datenaustausch mit verschiedenen Forschungsgruppen und Einzelprojekten. Besonders hervorzuheben sind die Zusammenarbeiten mit dem FNR-Projekt „Nachhaltige Ganzpflanzenproduktion“, FKZ: 22016811, mit dem FNR-Verbundprojekt „Potenziale zur Minderung der Freisetzung von klimarelevanten Spurengasen beim Anbau von Energiepflanzen zur Gewinnung von Biogas; Teilvorhaben 1: Projektkoordination und Ermittlung der Klimawirkung auf den Standorten Dedelow und Jena“, FKZ: 22021008 und dem Projekt „Potenziale landwirtschaftlicher Reststoffe unter Berücksichtigung der Humusbilanz am Beispiel von Stroh“ & „Erfassung und Bewertung der Einflüsse auf den Strohertrag als wesentliche Größe für den aus dem landwirtschaftlichen Stoffkreislauf zur energetischen Verwertung entnehmbaren Kohlenstoff“, FKZ: 22402311, aber auch verschiedene Landesforschungsthemen (Landes- und Bundessortenversuche, Einsatz alternativer Eiweißquellen in der Wiederkäuerfütterung ...). An verschiedene weitere Projekte und Arbeitsgruppen wurden aufbereitete Daten zur wissenschaftlichen Verwendung weitergegeben.

6 Literaturverzeichnis

Auerbacher, J., Kornatz, P., & Dunkel, J. (2013). *Abschlussbericht Teilvorhaben 3:Ökonomische Begleitforschung*. Gießen.

Augustin, D. D. (2008). Rüben im Fermenter? *DLG- Mitteilungen* 5/2008, 54-56.

Baeumer, K. (1994). *Allgemeiner Pflanzenbau, 3.Auflage*. Stuttgart: E. Ulmer Verlag.

Bischof, R. (2015). Nachhaltige Ganzpflanzenproduktion, Abschlussbericht (FKZ: 22016806). Jena: TLL.

Bischof, R. V. (2012). Optimierung des Anbauverfahrens von Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogasproduktion. Schlußbericht zum Vorhaben 08NR129. Hannover: Technischen Informationsbibliothek und Informationsbibliothek.

BMEL. (2013). *Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP)*. Abgerufen am 06. 01 2016 von Erfassung der realen Pflanzenschutzmittelanwendungen: <https://www.nap-pflanzenschutz.de/praxis/erfassung-der-realen-pflanzenschutzmittelanwendungen/behandlungsindex/>

- Böhm, H. (2014). Unkrautregulierung durch Fruchtfolgegestaltung und alternative Managementverfahren. *Julius-Kühn-Archiv*;443 (S. 24-36). Braunschweig: JKI Braunschweig.
- Bundesregierung. (2002). *Nationale Nachhaltigkeitsstrategie*. Von <http://bfm.de/fileadmin/NBS/documents/Nachhaltigkeitsstrategie-langfassung.pdf> abgerufen
- Bundessortenamt. (2000). Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Hannover: Landbuch Verlag.
- DüV. (2007). Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen - Düngeverordnung – DüV vom 27. Februar 2007. BGBl. I, S. 221.
- Ebertseder, T., P. D., Engels, P. D., Heyn, D. J., Reinhold, D. J., Brock, D. C., . . . Zimmer. (2014). *VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung*. Speyer: VDLUFA.
- Eckner, J., & Peter, C. (2014). Treibhausgasemissionen in Energiepflanzenanbau-Möglichkeiten zur Emissionsminderung durch Fruchtfolgegestaltung und Anbauverfahren. *Forschungskolloquium Bioenergie* (S. 213- 217). Straubing: Ostbayerisches- Technologie- Transfer- Institut e.V.
- Eckner, J., Strauss, C., Nehring, A., & Vetter, A. (2013). Abschlussbericht zum Teilprojekt 1 "Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime" (FKZ: 22013008). Jena: TLL.
- EU-WRRL. (2000). Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000. Europäische Union.
- Freyer, B. (2003). *Fruchtfolgen*. Stuttgart: Ulmer.
- Glemnitz, M. W. (2013). Vorläufiger Endbericht zu Teilprojekt II" Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus. Müncheberg: ZALF.
- Heiermann, M. H. (2013). Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis, Abschlußbericht Teilprojekt 4/ EVAII (FKZ 22013308). Potsdam.
- JKI. (kein Datum). *Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel*. Von <http://portal.bvl.bund.de/psm/jsp> abgerufen
- Knoblauch, D. S. (2013). Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Mittel- und Nordostdeutschland und Schlussfolgerungen für die Minimierung der N-Befruchtung der Gewässer. *Schriftenreihe "Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen"* 6/2013.
- Könnecke, G. (1967). *Fruchtfolgen*. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- Körschens, M., Rogasik, J., & Schulz, E. (2004). *VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung: Methode zur Bemessung der Humusversorgung von Ackerland*. Von <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf> abgerufen
- KTBL. (2009). *Faustzahlen Biogas*. Darmstadt: KTBL.
- Leopoldina. (2013). *Bioenergie- Möglichkeiten und Grenzen*. Von http://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2013_06_Stellungnahme_Bioenergie_D E.pdf abgerufen
- Lipp, J., Vorwohl, G., & Lipp, G. (1994). *Der Honig- handbuch der Bienenkunde, 3.Auflage*. Stuttgart: Ulmer Verlag.

- Lütke Entrup, N., & B., S. (2006). *Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 2: Kulturpflanzen*. Bonn: AgroConcept.
- Lütke-Entrup, N., & Oehmichen, J. (2006). *Lehrbuch des Pflanzenbaus, Band 1: Grundlagen*. Bonn: AgroConcept.
- Plogsties, V., Herrmann, C., Idler, C., & Heiermann, M. (2015). 2. Zwischenbericht des Teilprojektes 4 (FKZ: 22006312) "Ermittlung des Einflusses der Substratqualität und des Silagemanagements auf die iogasausbeute" im Rahmen des Verbundvorhabens "Standortangepasste Anbausysteme von Energiepflanzen - EVA 3". Potsdam- Bornim: ATB potsdam- Bornim e.V.
- Starz, W., Pfister, R., Rohrer, H., Hein, W., Waschl, H., & Steinwider, A. (2013). Eignung unterschiedlicher Klee grasbestände für den biologischen Anbau im oberösterreichischen Alpenvorland und deren Vorfruchtwirkung auf Winterweizen. Raumberg- Gumpenstein : Lehr- und Forschungszentrum Landwirtschaft Raumberg- Gumpenstein.
- Steinberger, D. J. (2006). Feldversuchswesen. In N. Luetke Entrop, & J. Oehmichen, *Lehrbuch des Pflanzenbaus, Bd. 1* (S. 791 - 816). Bonn: AgroConcept GmbH.
- Vetter, A., Strauß, C., Lorenz, M., & Nehring, A. (2013). vorläufiger Abschlußbericht TP1 "Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime". Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Wald, F. (2003). Dissertation: Einfluss der Bearbeitungsintensität beim Umbruch von Luzerne-Kleegars auf die Stickstoffmineralisierung zur Folgefrucht Winterweizen im ökologischen Landbau. Hohenheim: UNI Hohenheim.
- Zorn, D. W., Heß, H., Albert, D. A., Kolbe, D. H., Kerschberger, D. M., & Franke, D. F. (2007). *Düngung in Thüringen 2007 nach "Guter fachlicher Praxis"*. Jena: TLL.
- Zorn, W. e. (kein Datum). Von <http://www.thueringen.de/th8/tll/pflanzenproduktion/duengung/> abgerufen

7 Veröffentlichungen

Veröffentlichungen in Fachpresse und Wissenschaft:

- DICKEDUISBERG, M.; BISCHOF, R.; BIERTÜMPFEL, A.; GURGEL, A.; EBEL, G. (2015): So geben Ganzpflanzen Gas. dlz Agrarmagazin 04/2015.+
- FORMOWITZ, B.; WINTER, K. (2014): Mineralisch und organisch düngen. BLW. 6: 46-47.
- FORMOWITZ, B.; WINTER, K. (2014): Nährstoffe gehen im Kreis – Nachhaltige Biogasfruchtfolgen unter der Nutzung von Gärresten. BWagrar 12/2014: 24-25.
- FORMOWITZ, B.; WINTER, K. (2014): Biogasfruchtfolgen mit Gärresten düngen – Versuche zur Nachhaltigkeit an verschiedenen Standorten. LW 17/ 2014: 19-20.
- WINTER, K. (2014): Gärrestdüngung: N-Versorgung in Biogasfruchtfolgen. Bauernzeitung 44/ 2014: 12.
- WINTER, K.; ECKNER, J. (2015): Energiepflanzenbau mit Zwischenfrüchten. Praxisnah 2/ 2015: 14-15.
- WINTER, K. (2015): Bodenleben unter Fruchtfolgen. Bauernzeitung 18/ 2015: 12.
- WINTER, K. (2015): Zwischenfrüchte bei Energiepflanzen. Bauernzeitung 06/ 2015: 12.

- WINTER, K. (2015): Böden unter Energiepflanzenfruchtfolgen. LOP 1015 10/11: 16-21.
- ECKNER, J. (2014): Leguminosen-Getreide-Gemenge. Bauernzeitung 34/2014.
- ECKNER, J. (2015): Energiepflanzenanbau und Klimaschutz. Bauernzeitung 36/2015: 106.
- ECKNER, J.; WINTER, K. (2015): EVA-Projekt: Vielfalt auf dem Acker. Ländlicher Raum 04/2015: 32-36.
- ECKNER, J. (2015): Nitratverlagerungsrisiken und Gewässerschutz. Bauernzeitung 24/2015.

Vorträge:

- WINTER, K. (2014): Experiences of the EVA-Project (Joint project: development and comparison of optimized cultivation systems for the agricultural production of energy crops under different local conditions within Germany). Conference of the European Biogas Association am 30.09.-02.10.2014 in Egmond aan Zee, Niederlande.
- SCHRÖTER, H.; ECKNER, J. (2015): Ergebnisse und Empfehlungen zur Düngung mit Biogasgärresten. Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“ am 19.01.2015 in Bernburg- Strenzfeld
- VETTER, DR. A. (2014): Anbaualternativen und Ergebnisse aus sieben Jahren Fruchtfolgeforschung zu Energiepflanzen. DLG- Wintertagung am 13.01.2014 in München
- VETTER, DR. A. (2014): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen (EVA). Forum DLG- Feldtag am 17.06.2014 in Bernburg
- ECKNER, J.; DICKEDUISBERG, M. (2014): EVA-Fruchtfolgeversuch. 4. Düsser Energiepflanzentag am 26.06.2014 in Bad Sassendorf
- ECKNER, J. (2014): Alternative Biogassubstrate- Erfahrungen aus dem EVA-Verbund. Seminarveranstaltung der Akademie für erneuerbare Energien e.V. am 01.07.2014 in Lüchow-Danneberg
- ECKNER, J.; WINTER, K. (2014): EVA- Versuchsergebnisse. Energiepflanzenfeldtag am 03.07.2014 in Dornburg
- ECKNER, J. (2014): EVA- Versuchsergebnisse. Feldtag am 04.07.2014 in Burkersdorf
- ECKNER, J. (2014): Ganzpflanzengetreide in Energiepflanzen- Anbausystemen, Ergebnisse aus dem EVA- Verbund. TLL-Fachgespräch „Ganzpflanzengetreide“ am 27.10.2014 in Jena
- ECKNER, J. (2015): Ergebnisse aus der EVA-Verbundforschung: Zwischenfrüchte und ihre Vorfruchtwirkungen. Thüringer Bioenergietag „Zwischenfrüchte und Ganzpflanzengetreide“ am 26.02.2015 in Jena.
- ECKNER, J. (2015): Ackerbauliche, ökologische und ökonomische Bewertung von Energiepflanzenfruchtfolgen- Ergebnisse aus dem EVA- Verbund. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 23.09.2015 in Braunschweig
- ECKNER, J.(2015): Klimaschutz und Energiepflanzenanbau, Potenziale zur Treibhausgasemissionsminderung durch Fruchtfolge- und Anbauplanung. 9. Rostocker Bioenergieforum am 19.06.2015 in Rostock.
- WINTER, K. (2015): Alternative Energiepflanzen für die Biogasproduktion. Forschungskolloquium Bioenergie von C.A.R.M.E.N. und OTTI e.V. am 11.-12.02.2015 in Straubing.
- WINTER, K. (2014): Energiepflanzen: Naturschutz versus Wirtschaftlichkeit? - beim Anbau von Energiepflanzen zur Substratbereitstellung für Biogasanlagen. 2. Bioenergieforum NRW am 22.10.2014 in Düsseldorf.

PETER, C.; GLEMNITZ, M.; ECKNER, J.; AURBACHER, J.; HEIERMANN, M.: Crop rotations as basic element of sustainable energy cropping- Integrative evaluation of their agronomic, ecologic, economic and resource efficiency effects. Conference Biomass and Energy Crops V, Association of applied Biologists am 20.10.2015 in Brüssel

Tagungsberichte/ Öffentlichkeitsarbeit:

ECKNER, J. (2015): Ergebnisse aus der EVA-Verbundforschung: Zwischenfrüchte und ihre Vorfruchtwirkungen. Thüringer Bioenergietag „Zwischenfrüchte und Ganzpflanzengetreide“ am 26.02.2015 in Jena.

ECKNER, J.; GLEMNITZ, M.; AURBACHER, J.; HEIERMANN, M.; GRAF, T.; WINTER, K. (2015): Ackerbauliche, ökologische und ökonomische Bewertung von Energiepflanzenfruchtfolgen- Ergebnisse aus dem EVA- Verbund. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 23.09.2015 in Braunschweig

ECKNER, J.; PETER, C. (2015): Treibhausgasemissionen im Energiepflanzenanbau, Möglichkeiten zur Emissionsminderung durch Fruchtfolgegestaltung und Anbauverfahren- Ergebnisse aus dem EVA-Projekt. OTTI-Forschungskolloquium Bioenergie am 11. Bis 12.02..2015 in Straubing

ECKNER, J.; Peter, C.; VETTER, A. (2015): Klimaschutz und Energiepflanzenanbau, Potenziale zur Treibhausgasemissionsminderung durch Fruchtfolge- und Anbauplanung. 9. Rostocker Bioenergieforum. Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Band 52, Universität Rostock.

Poster:

ECKNER, J.; PETER, C. (2015): THG-Emissionen im Energiepflanzenanbau

PETER, C.; ECKNER, J. (2015): Einfluss der Fruchtfolgegestaltung auf die Treibhausgasemissionen im Energiepflanzenanbau – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt am Standort Dornburg

LINDNER, J.; WINTER, K.; GRAF, T. (2015): The EVA-Project: development and comparison of optimized cultivation systems for the agricultural production of energy crops under different local conditions within Germany

ECKNER, J.; PETER, C. (2015):Greenhouse gas emissions in agricultural production of energy crop within the EVA project

WILLMS, M.; ECKNER, J.; WILKEN, F.; GLEMNITZ, M.: Lösungsansätze für eine Verbesserung der Humusversorgung von Böden im Energiepflanzenanbau

WINTER, K.; GRAF, T.; ECKNER, J.; GLEMNITZ, M.; AURBACHER, J.; HEIERMANN, M. (2015): Overall assessment of the energy crop rotations examined within the EVA project

EBEL, G.; ZANDER, D.; WALTER, E.; ECKNER, J.; RIECKMANN, C. (2015): Zwischenfruchtanbau als Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau

8 Anhang

Bewirtschaftungsdaten Grundversuch FF01-13, 5.Anlage und 6.Anlage, Dornburg

Fruchtfolge		FF 01											
Anlage		5.Anlage						6.Anlage					
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart		W.Gerste	Sorghum b. x.s.	Mais	W.Triticale	Phacelia	W.Weizen	W.Gerste	Sorghum b. x.s.	Mais	W.Triticale	Phacelia	W.Weizen
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.
Aussaat	Sorte	Fridericus	KWS Sole	Jessy	Tulus			Semper	KWS Sole				
	Datum	13.09.2012	20.06.2013	22.04.2014	08.10.2014			19.09.2013	02.06.2014				
	Einheit	kg/ha	Einheiten/ha	Einheiten/ha	kg/ha			kg/ha	kg/ha				
	Menge	183	1,4	2,0	160			165	1,4				
Düngung	Dünger	KAS	KAS	KAS				KAS					
		Triple-Superphos 60er Kali		Triple-Superphos 60er Kali				Triple-Superphos					
								Kieserit					
	N	170 kg/ha	107 kg/ha	125 kg/ha				150 kg/ha	136 kg/ha				
	P	70 kg/ha		30 kg/ha									
	K	367 kg/ha		270 kg/ha				280 kg/ha					
Pflanzenschutz	PSM	Bacara Forte	Gardo Gold	GardoGold				Moddus					
	Datum	09.10.2012	12.07.2013	04.06.2014				04.06.2014					
	Menge	1,00	4,00	4,00				0,40					
	Einheit	l/ha	l/ha	l/ha				l/ha					
	Wirkbereich	Herbizid	Herbizid	Herbizid				Wachstumsregler					
	PSM	Moddus		Clio Super									
	Datum	06.05.2013		13.06.2014									
	Menge	0,40		1,50									
	Einheit	l/ha		l/ha									
	Wirkbereich	Wachstumsregler		Herbizid									
	PSM	Fandango-Input-Sp.											
	Datum	24.05.2013											
	Menge	1,40											
	Einheit	l/ha											
	Wirkbereich	Fungizid											
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
	Wirkbereich												
PSM													
Datum													
Menge													
Einheit													
Wirkbereich													
Ernte	Datum	17.06.2013	08.10.2013	17.09.2014				02.06.2014	26.09.2014				
	TM-Ertrag	109,30 dt TM/ha	99,33 dt TM/ha	210,30 dt TM/ha				108,20 dt TM/ha	120,90 dt TM/ha				
	TS-Gehalt	33,50	28,10	31,00				30,10	24,80				
Dauer Aussaat - Ernte		277	110	148				256	116				

Fruchtfolge		FF 02											
Anlage		5.Anlage						6.Anlage					
Fruchtfolgeglied	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	
Fruchtart	Sorghum b. x.s.	W.Roggen	Mais	W.Triticale	W.Weizen		Sorghum b. x.s.	W.Roggen	Mais	W.Triticale	W.Weizen		
FF-Stellung	Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		
Aussaat	Sorte	KWS Sole	Vitallo	Suleyka	Tulus		KWS Sole	Vitallo					
	Datum	08.05.2013	07.10.2013	12.05.2014	06.10.2014		12.05.2014	13.10.2014					
	Einheit	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha		kg/ha	kg/ha					
	Menge	1	100	2	160		1,4	110					
Düngung	Dünger	KAS	KAS	KAS			KAS						
		Triple-Superphos	Triple-Superphos										
		60er Kali	60er Kali				60er Kali						
							Kieserit						
	N	140 kg/ha	70 kg/ha	156 kg/ha			152 kg/ha						
	P	27 kg/ha	40 kg/ha										
Pflanzenschutz	K	220 kg/ha	300 kg/ha				170 kg/ha						
	PSM	GardoGold		GardoGold			Clio Super						
	Datum	17.06.2013		04.06.2014			04.06.2014						
	Menge	4,00		4,00			1,50						
	Einheit	l/ha		l/ha			l/ha						
	Wirkbereich	Herbizid		Herbizid			Herbizid						
	PSM			Clio Super									
	Datum			13.06.2014									
	Menge			1,50									
	Einheit			l/ha									
	Wirkbereich			Herbizid									
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
	Wirkbereich												
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
Wirkbereich													
Ernte	Datum	17.09.2013	05.05.2014	17.09.2014			26.09.2014						
	TM-Ertrag	84,40 dt TM/ha	60,30 dt TM/ha	127,00 dt TM/ha			165,20 dt TM/ha						
	TS-Gehalt	33,30	22,30	29,10			31,40						
Dauer Aussaat - Ernte		132	210	128			137						

Fruchtfolge		FF 03											
Anlage		5.Anlage						6.Anlage					
Fruchtfolgeglied	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	
Fruchtart	Mais	W.Roggen	Sorghum b. x.s.	W.Triticale	Einj. Weidelgras	W.Weizen	Mais	W.Roggen	Sorghum b. x.s.	W.Triticale	Einj. Weidelgras	W.Weizen	
FF-Stellung	Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	
Aussaat	Sorte	Jessy	Vitallo	KWS Sole	Tulus		Jessy	Vitallo					
	Datum	07.05.2013	07.10.2013	12.05.2014	08.10.2014		22.04.2014	13.10.2014					
	Einheit	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha		Einheiten/ha	kg/ha					
	Menge	2	100	1	160		2,0	110					
Düngung	Dünger	KAS	KAS	KAS			KAS						
		Triple-Superphos	Triple-Superphos										
		60er Kali	60er Kali				60er Kali						
							Kieserit						
	N	160 kg/ha	70 kg/ha	136 kg/ha			170 kg/ha						
	P	43 kg/ha	40 kg/ha										
Pflanzenschutz	K	330 kg/ha	300 kg/ha				255 kg/ha						
	PSM	Steward		GardoGold			Clio Super						
	Datum	17.06.2013		04.06.2014			04.06.2014						
	Menge	0,13		4,00			1,50						
	Einheit	kg/ha		l/ha			l/ha						
	Wirkbereich	Insektizid		Herbizid			Herbizid						
	PSM	Artett											
	Datum	01.08.2013											
	Menge	2,50											
	Einheit	l/ha											
	Wirkbereich	Herbizid											
	PSM	Kelvn											
	Datum	17.06.2013											
	Menge	1,00											
	Einheit	l/ha											
	Wirkbereich	Herbizid											
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
Wirkbereich													
PSM													
Datum													
Menge													
Einheit													
Wirkbereich													
Ernte	Datum	27.09.2013	05.05.2014	26.09.2014			26.09.2014						
	TM-Ertrag	156,15 dt TM/ha	60,72 dt TM/ha	143,14 dt TM/ha			169,16 dt TM/ha						
	TS-Gehalt	36,80	21,10	30,10			28,60						
Dauer Aussaat - Ernte		143	210	137			157						

Fruchtfolge		FF 04											
Anlage		5.Anlage						6.Anlage					
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart		Luzerne-Kleegras	Luzerne-Kleegras	Luzerne-Kleegras	Mais	W.Weizen		Luzerne-Kleegras	Luzerne-Kleegras	Luzerne-Kleegras	Mais	W.Weizen	
FF-Stellung		Blanksaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		Blanksaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	
Aussaat	Sorte	Plane/ Titus/ Cosmolit/ Lischka						Plane/ Titus/ Cosmolit/ Lischka					
	Datum	05.09.2012						19.09.2013					
	Einheit	kg/ha						kg/ha					
	Menge	7+6+5+2						7+6+5+2					
Düngung	Dünger	KAS	KAS					KAS					
		Triple-Superphos	Triple-Superphos										
		60er Kali	60er Kali					60er Kali					
								Kieserit					
	N	60 kg/ha	60 kg/ha					40 kg/ha					
	P	55 kg/ha	55 kg/ha										
	K	606 kg/ha	505 kg/ha				465 kg/ha						
Pflanzenschutz	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
	Wirkbereich												
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
	Wirkbereich												
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
	Wirkbereich												
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
	Wirkbereich												
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
Wirkbereich													
Ernte	Datum	4 Schnitte	5 Schnitte					5 Schnitte					
	TM-Ertrag	168,50 dt TM/ha	208,24 dt TM/ha					151,59 dt TM/ha					
	TS-Gehalt	19,40	15,20					16,50					

Fruchtfolge		FF 05											
Anlage		5.Anlage						6.Anlage					
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6
Fruchtart		Ackerbohne/W.Triticale	Wel. Weidelgras	Mais	Zuckerrübe	W.Weizen		W.Ackerbohne/W.Triticale	Wel. Weidelgras	Mais	Zuckerrübe	W.Weizen	
FF-Stellung		Haupt-Fr.	WZwF	Haupt-Fr.				Haupt-Fr.	WZwF	Haupt-Fr.			
Aussaat	Sorte	Hiverna/ Tulus	Jeanne	Suleyka				Hiverna/ Tulus	Jeanne				
	Datum	13.09.2012	25.07.2013	12.05.2014				19.09.2013	14.08.2014				
	Einheit	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha				kg/ha	kg/ha				
	Menge	156 / 100	42	2				143 / 95	47				
Düngung	Dünger	KAS	KAS	KAS				KAS					
			Triple-Superphos										
			60er Kali					60er Kali					
	N	60 kg/ha	70 kg/ha	156 kg/ha				60 kg/ha					
	P		40 kg/ha										
K		202 kg/ha					262 kg/ha						
Pflanzenschutz	PSM			GardoGold									
	Datum			04.06.2014									
	Menge			4,00									
	Einheit			l/ha									
	Wirkbereich			Herbizid									
	PSM			Clio Super									
	Datum			13.06.2014									
	Menge			1,50									
	Einheit			l/ha									
	Wirkbereich			Herbizid									
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
	Wirkbereich												
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
	Wirkbereich												
Ernte	Datum	01.07.2013	2 Schnitte	17.09.2014				04.07.2014	20.10.2014				
	TM-Ertrag	118,41 dt TM/ha	81,07 dt TM/ha	117,56 dt TM/ha				168,20 dt TM/ha	17,71 dt TM/ha				
	TS-Gehalt	33,50	20,60	27,50				32,60	14,80				
Dauer Aussaat - Ernte		291		128				288	67				

Fruchtfolge		FF 12											
Anlage		5.Anlage						6.Anlage					
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart		Mais	W.Roggen	Sorghum b. x.s.	W.Triticale	Einj. Weidelgras	W.Weizen	Mais	W.Roggen	Sorghum b. x.s.	W.Triticale	Einj. Weidelgras	W.Weizen
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.
Aussaat	Sorte	Jessy	Vitallo	KWS Sole	Tulus			Jessy	Vitallo	KWS Sole	Chevalier		
	Datum	07.04.2013	07.10.2013	12.05.2014	08.10.2014			22.04.2014	13.10.2014				
	Einheit	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha			Einheiten/ha	kg/ha				
	Menge	2	100	1	160			2,0	110				
Düngung	Dünger	KAS	KAS	KAS				KAS					
		Triple-Superphos	Triple-Superphos										
		60er Kali	60er Kali					60er Kali					
								Kieserit					
	N	100 kg/ha	48 kg/ha	100 kg/ha				125 kg/ha					
	K	332 kg/ha	300 kg/ha					215 kg/ha					
Pflanzenschutz	PSM	Artett		GardoGold				Clio Super					
	Datum	13.06.2013		04.06.2014				13.06.2014					
	Menge	2,50		4,00				1,50					
	Einheit	l/ha		l/ha				l/ha					
	Wirkbereich	Herbizid		Herbizid				Herbizid					
	PSM	Kelvin											
	Datum	13.06.2013											
	Menge	1,00											
	Einheit	l/ha											
	Wirkbereich	Herbizid											
	PSM	Steward											
	Datum	13.06.2013											
	Menge	0,13											
	Einheit	kg/ha											
	Wirkbereich	Insektizid											
	PSM												
	Datum												
	Menge												
	Einheit												
	Wirkbereich												
PSM													
Datum													
Menge													
Einheit													
Wirkbereich													
Ernte	Datum	27.09.2013	05.05.2014	26.09.2014				26.09.2014					
	TM-Ertrag	133,86 dt TM/ha	52,60 dt TM/ha	158,11 dt TM/ha				181,30 dt TM/ha					
	TS-Gehalt	35,40	22,40	30,40				27,40					
Dauer Aussaat - Ernte		173	210	137				157					

Fruchtfolge		FF11										
Anlage		5.Anlage					6.Anlage					
Fruchtfolgeglied	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart	Mais	Mais	Mais	W.Weizen			Mais	Mais	Mais	W.Weizen		
FF-Stellung	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.			Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		
Aussaat	Sorte	Jessy	Jessy				Jessy					
	Datum	07.05.2013	22.04.2014				22.04.2014					
	Einheit	Einheiten/ha	Einheiten/ha				Einheiten/ha					
	Menge	2	2				2					
Düngung	Dünger	KAS	KAS				KAS					
		Triple-Superphos	Triple-Superphos									
		60er Kali	60er Kali				60er Kali					
							Kieserit					
	N	160 kg/ha	100 kg/ha				140 kg/ha					
	P	47 kg/ha	47 kg/ha									
Pflanzenschutz	K	360 kg/ha	275 kg/ha				255 kg/ha					
	PSM	Artett	Clio Super				Clio Super					
	Datum	13.06.2013	07.04.2014				13.06.2014					
	Menge	2,50	1,50				1,50					
	Einheit	l/ha	l/ha				l/ha					
	Wirkbereich	Herbizid	Herbizid				Herbizid					
	PSM	Kelvin										
	Datum	13.06.2013										
	Menge	1,00										
	Einheit	l/ha										
	Wirkbereich	Herbizid										
	PSM	Steward										
	Datum	13.06.2013										
	Menge	0,13										
	Einheit	kg/ha										
	Wirkbereich	Insektizid										
	PSM											
	Datum											
	Menge											
	Einheit											
Wirkbereich												
PSM												
Datum												
Menge												
Einheit												
Wirkbereich												
Ernte	Datum	27.09.2013	17.09.2014				17.09.2014					
	TM-Ertrag	154,65 dt TM/ha	183,82 dt TM/ha				199,31 dt TM/ha					
	TS-Gehalt	35,00	30,60				31,40					
Dauer Aussaat - Ernte		143	148				148					

Fruchtfolge		FF13												
Anlage		5.Anlage						6.Anlage						
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	
Fruchtart		Landsberger Gemeng	Kleegras	Kleegras	Hafer	W.Weizen		Landsberger Gemeng	Kleegras	Kleegras	Hafer	W.Weizen		
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.			Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.			
Aussaat	Sorte	DSV Terralife	Titus + DSV Terralife						DSV Terralife	Titus + DSV Terralife				
	Datum	14.09.2012	17.04.2013					24.09.2013	25.03.2014					
	Einheit	kg/ha	kg/ha					kg/ha	kg/ha					
	Menge	50	12					50	12					
Düngung	Dünger	KAS						KAS						
		Triple-Superphos												
		60er Kali												
	N	60 kg/ha		60 kg/ha				40 kg/ha						
	P	24 kg/ha		27 kg/ha										
	K	250 kg/ha		300 kg/ha										
Pflanzenschutz	PSM													
	Datum													
	Menge													
	Einheit													
	Wirkbereich													
	PSM													
	Datum													
	Menge													
	Einheit													
	Wirkbereich													
	PSM													
	Datum													
	Menge													
	Einheit													
	Wirkbereich													
	PSM													
	Datum													
	Menge													
	Einheit													
	Wirkbereich													
Ernte	Datum	05.06.2013	1 Schnitt	2 Schnitte				06.05.2014	4 Schnitte					
	TM-Ertrag	79,72 dt TM/ha	41,69 dt TM/ha	138,19 dt TM/ha				51,61 dt TM/ha	71,93 dt TM/ha					
	TS-Gehalt	17,40	31,40	18,00				16,70	20,90					
Dauer Aussaat - Ernte		264						224						



Entwicklung und Optimierung von stand- ortangepassten Anbausystemen für Ener- giepflanzen im Fruchtfolgeregime

EVA III

Schlussbericht

zum

Teilprojekt 1

Teilbericht

Hohenheimer Biogasertragstest (HBT)

Dieses Vorhaben wird vom BMEL über die
FNR gefördert und seitens der TLL koordiniert
(FKZ: 22006012)



Langtitel: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA III)- Teilbericht HBT

Kurztitel: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime- Teilbericht HBT

Projektleiter: Torsten Graf

Abteilung: 400

Abteilungsleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Laufzeit: 01.04.2013 - 30.11.2015

Auftraggeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Bearbeiter: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)

Jens Eckner, Daniel Freund, Maren Schmidt, Julia Lindner, Viola Dahse, Frank Hengelhaupt, Klaus Kochanek, Dagmar Weise

Verfasser: Hengelhaupt, F.

Weitere Autoren sind in den jeweiligen Kapiteln namentlich benannt.

Jena 14.10.2015

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Zielstellung	1
2.	Ergebnisse	1
2.1.	spezifische Gasausbeuten aller untersuchten Fruchtarten	1
2.2.	Spezifische Gasausbeuten der EVA-Fruchtarten	3
2.3.	Spezifische Gasausbeuten des TLL Projektes „Einsatz alternativer Eiweißquellen in der Wiederkäuerfütterung“	7
2.4.	Betreuung Bachelorarbeit.....	10
2.5.	Teilnahme an Ringversuchen.....	11
3.	Zusammenfassung und Ausblick.....	11
4.	Literatur.....	12

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der bisher im HBT untersuchten Fruchtarten in EVA III (bis September 2015), nach absteigender Biogasausbeute geordnet (n=114)	1
Abbildung 2: Abhängigkeit der Biogas- (links) und Methanausbeute (rechts) vom Ligningehalt über alle untersuchten Fruchtartengruppen (n=114)	3
Abbildung 3: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der bisher untersuchten Fruchtarten aus EVA III; nach absteigender Biogasausbeute geordnet (n=104)	4
Abbildung 4: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der untersuchten Fruchtartengruppen aus EVA III unterteilt nach Erntezeitpunkt bzw. Fruchtfolgestellung; nach absteigender Biogasausbeute geordnet (n=86)	5
Abbildung 5: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der verschiedenen Silagemischungen von Hafer, Triticale und Ackerbohne (n=7)	7
Abbildung 6: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der verschiedenen Silagemischungen von Wintererbse und Wintertriticale (n=5) .	8
Abbildung 7: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der verschiedenen Silagemischungen von Wintertriticale und Winterackerbohne (n=5)	9
Abbildung 8: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der verschiedenen Silagemischungen von Sommergerste, Sommertriticale und Sommerackerbohne (n=7)	10

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittlere spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie mittlere Ligningehalte der bisher untersuchten Fruchtarten in EVA III (bis September 2015), nach absteigender Biogasausbeute geordnet (n=114)	2
Tabelle 2: Mittlere spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie mittlere Ligningehalte der bisher untersuchten Fruchtarten aus EVA III; nach absteigender Biogasausbeute geordnet (n=104)	4
Tabelle 3: Mittlere spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie mittlere Ligningehalte der bisher untersuchten Fruchtarten nach Fruchtfolgestellung aus EVA III (n=86)	6
Tabelle 4: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der Silagemischungen Hafer, Triticale und Ackerbohne (n=7)	7
Tabelle 5: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der Silagemischungen Wintererbse und Wintertriticale (n=5)	8
Tabelle 6: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der Silagemischungen Wintertriticale und Winterackerbohne (n=5).....	9
Tabelle 7: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der Silagemischungen Sommergerste, Sommertriticale und Sommerackerbohne (n=7)	10

1. Einleitung und Zielstellung

Seit April 2013 wurden im Rahmen des EVA III Projektes die in EVA I und EVA II durchgeführten Biogastests, wenn auch in einem verminderten Umfang, fortgeführt.

Mit zwei laufenden HBT-Geräten und verkleinertem Probenumfang konnte der hohe Probenumsatz der letzten Jahre im Bereich Biogas nicht wieder erreicht werden.

In diesem Zeitraum wurden 29 Versuchsdurchgänge realisiert und damit ca. 280 Proben auf ihren Biogas- und Methangehalt untersucht. Dabei stellen die Proben, welche direkt aus Material der EVA-Fruchtfolgen erstellt wurden, den größten Anteil dar. Ergänzt werden diese zur Erweiterung und Absicherung von Aussagen, schwerpunktmäßig aus EVA-nahen FNR-Projekten sowie weiteren Versuchen. Des Weiteren wurden zusätzliche Proben für eine betreute Bachelorarbeit sowie für die Teilnahme an Ringversuchen zur Qualitätssicherung integriert. Alle Ergebnisse stehen für die Ziele des EVA-Projektes zur Verfügung, in diesen Endbericht fließen allerdings nicht alle untersuchten Proben mit ein.

2. Ergebnisse

2.1. spezifische Gasausbeuten aller untersuchten Fruchtarten

Für eine Übersicht sind in Abbildung 1 und Tabelle 1 die spezifischen Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der in EVA III bisher mittels HBT untersuchten Fruchtarten dargestellt (bis September 2015). Die Aussagekraft der dargestellten Werte ist aufgrund der stellenweise geringen Probenanzahl mit Vorsicht zu betrachten.

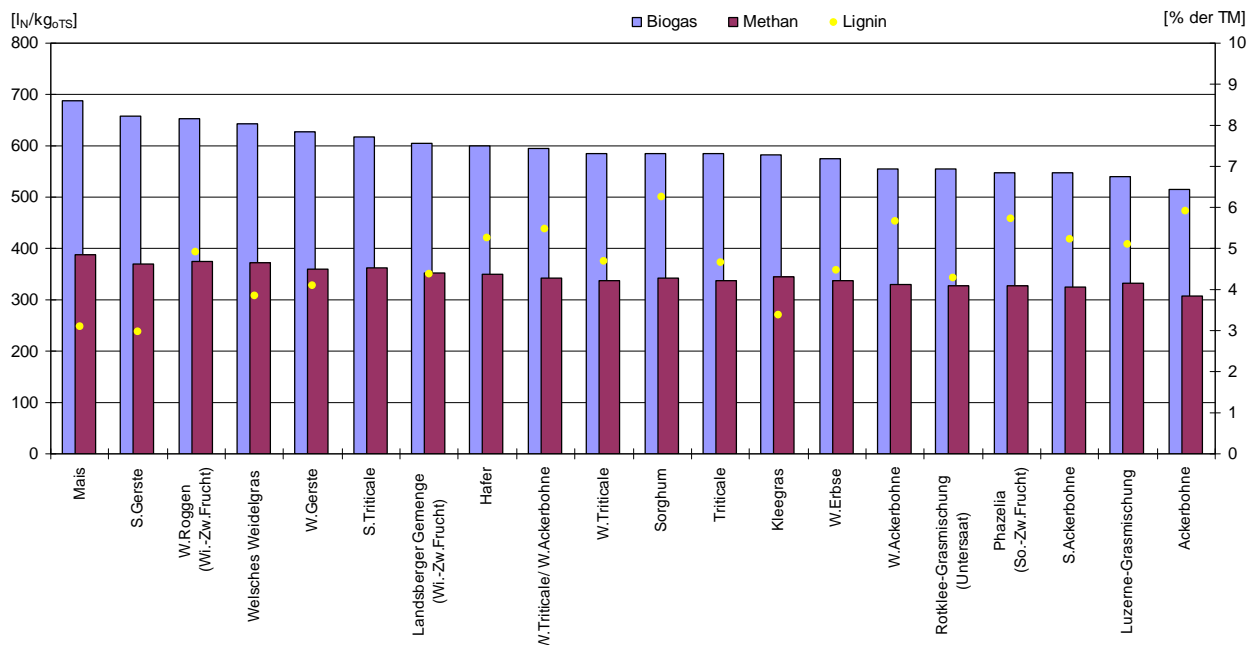


Abbildung 1: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der bisher im HBT untersuchten Fruchtarten in EVA III (bis September 2015), nach absteigender Biogasausbeute geordnet (n=114)

Tabelle 1: Mittlere spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie mittlere Ligningehalte der bisher untersuchten Fruchtarten in EVA III (bis September 2015), nach absteigender Biogasausbeute geordnet (n=114)

Fruchtart	n	Ligningehalt	$V_{BG, spez.}$	$V_{CH_4, spez.}$
		[% TS]	[l _N /kg _{oTS}]	[l _N /kg _{oTS}]
Mais	19	3,1	687	386
S.Gerste	4	3,0	659	371
W.Roggen (Wi.-Zw.Frucht)	8	4,9	653	375
Welsches Weidelgras	8	3,8	642	372
W.Gerste	3	4,1	627	359
S.Triticale	1		618	362
Landsberger Gemenge (Wi.-Zw.Frucht)	3	4,4	605	353
Hafer	1	5,2	599	350
W.Triticale/ W.Ackerbohne	5	5,5	595	341
W.Triticale	7	4,7	586	338
Sorghum	9	6,2	585	343
Triticale	1	4,7	585	338
Kleegrass	9	3,4	583	346
W.Erbse	1	4,5	576	337
W.Ackerbohne	1	5,7	556	330
Rotklee-Grasmischung (Untersaat)	4	4,3	554	327
Phazelia (So.-Zw.Frucht)	2	5,7	548	327
S.Ackerbohne	1	5,2	546	326
Luzerne-Grasmischung	26	5,1	541	333
Ackerbohne	1	5,9	515	306

Die höchste spezifische Biogasausbeute liefert der Mais mit 687 l_N/kg_{oTS}, gefolgt von S.Gerste mit 659 l_N/kg_{oTS} und W.Roggen mit 653 l_N/kg_{oTS}. Es folgen weitere Fruchtarten wie z.B. Welsches Weidelgras, W.Gerste, S.Triticale, Sorghum, mit absteigenden Biogasausbeuten in der Spanne von 642 l_N/kg_{oTS} bis 576 l_N/kg_{oTS}. Die niedrigsten Biogasausbeuten erreicht eine Gruppe bestehend aus W.Ackerbohne, Rotklee-Grasmischung, Phazelia, S. Ackerbohne, Luzerne Grasmischung, Luzerne in einem Bereich von 556 l_N/kg_{oTS} bis 541 l_N/kg_{oTS}. Das Schlusslicht bildet dabei Ackerbohne mit 515 l_N/kg_{oTS}.

Bei Betrachtung der Methanausbeuten ergibt sich ein ähnliches Bild (Tab. 1). Die höchste Methanausbeute weist auch hier der Mais mit 386 l_N/kg_{oTS} auf. Den zweiten Platz erreicht W.Roggen mit 375 l_N/kg_{oTS}, danach folgen Welsches Weidelgras und S.Gerste dicht aufeinander. Bei den restlichen Fruchtarten ergeben sich im Mittelfeld geringfügige Verschiebungen in der Reihenfolge, die niedrigste Methanausbeute erreicht dabei wieder die Ackerbohne mit 306 l_N/kg_{oTS}.

Ein Einfluss des Ligningehaltes auf die Gasausbeuten lässt sich mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,45$ für die Biogasausbeute sowie auch für die Methanausbeute über alle Fruchtarten feststellen (Abb. 2).

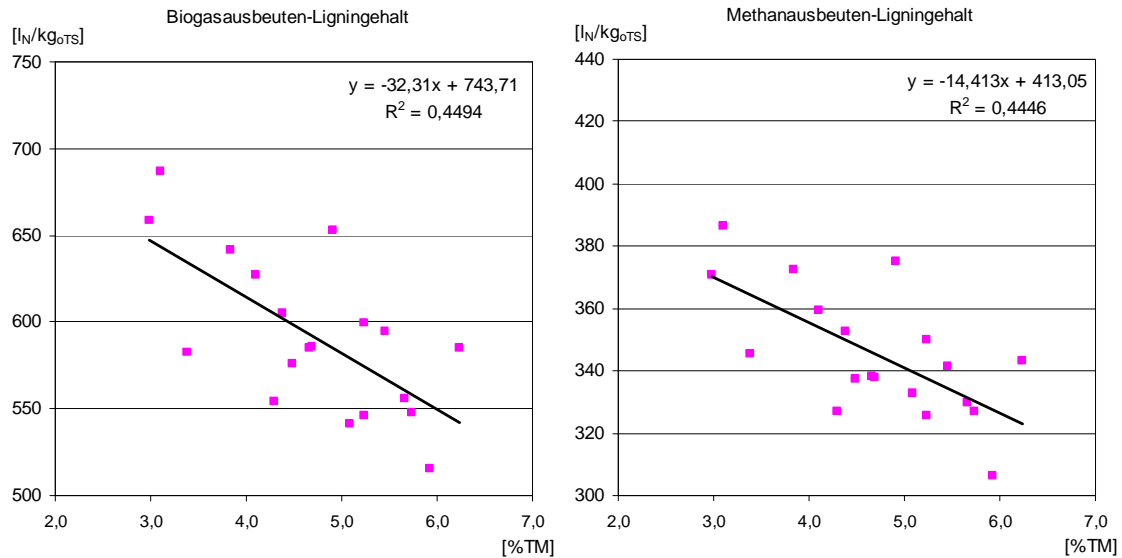


Abbildung 2: Abhängigkeit der Biogas- (links) und Methanausbeute (rechts) vom Ligningehalt über alle untersuchten Fruchtartengruppen (n=114)

Dies zeigt, dass mit einem zunehmenden Ligningehalt die jeweilige Gasausbeute z.T. deutlich sinkt. Jedoch lassen sich bei der Gesamtübersicht der Fruchtarten einige identifizieren, die einen höheren Ligningehalt aufweisen als andere Fruchtarten, trotzdem jedoch eine höhere Gasausbeute erreichen. Zum Beispiel zeigt Klee gras trotz niedriger Ligningehalte hier eine mittelmäßige Biogasausbeute, was darauf hindeutet, dass noch andere Faktoren eine Rolle spielen könnten (siehe Kapitel 2.2 bzw. Endbericht 2013 [2]).

2.2. Spezifische Gasausbeuten der EVA-Fruchtarten

Im Folgenden wird explizit auf Ergebnisse der bisher ermittelten spezifischen Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der Fruchtarten und Fruchtartengruppen aus dem EVA-Projekt (EVA III) eingegangen (Abb. 3 und Tab. 2).

So weist Mais mit 687 I_N/kg_{OTS} die höchste Biogasausbeute auf, die Fruchtarten S.Gerste, Welsches Weidelgras (Wi.-Zw.Frucht), W.Roggen (Wi.-Zw.Frucht), folgen aber dicht darauf in einem Bereich von 661 I_N/kg_{OTS} - 653 I_N/kg_{OTS}.

Die Fruchtarten W.Gerste, W.Triticale, Sorghum (So.-Zw.Frucht), Landsberger Gemenge, W.Triticale/W.Ackerbohne, Welsches Weidelgras, Klee gras und Sorghum bilden einen mittleren Bereich von 615 I_N/kg_{OTS} - 572 I_N/kg_{OTS}. Die geringste Biogasausbeute liefern die Ackerfut-ter-Silagen (Luzerne-Klee-Gras, Rotklee grasmischung, Luzernegras) und Phazelia in einen dichten Bereich von 559 I_N/kg_{OTS} bis 527 I_N/kg_{OTS}.

Bei den Methanausbeuten behauptet der Mais in dieser Stichprobe mit 386 I_N/kg_{OTS} knapp seine Spitzenstellung. Danach ergeben sich nur geringfügige Verschiebungen, die Gruppen bleiben wie bei der Biogasausbeute aufgeteilt. Dabei liegen die jeweiligen Methanausbeuten aber noch dichter zusammen, in der ersten Gruppe in einem Bereich von 383 I_N/kg_{OTS} - 374 I_N/kg_{OTS}, in der zweiten von 359 I_N/kg_{OTS} - 336 I_N/kg_{OTS} und in der letzten 333 I_N/kg_{OTS} - 327 I_N/kg_{OTS}.

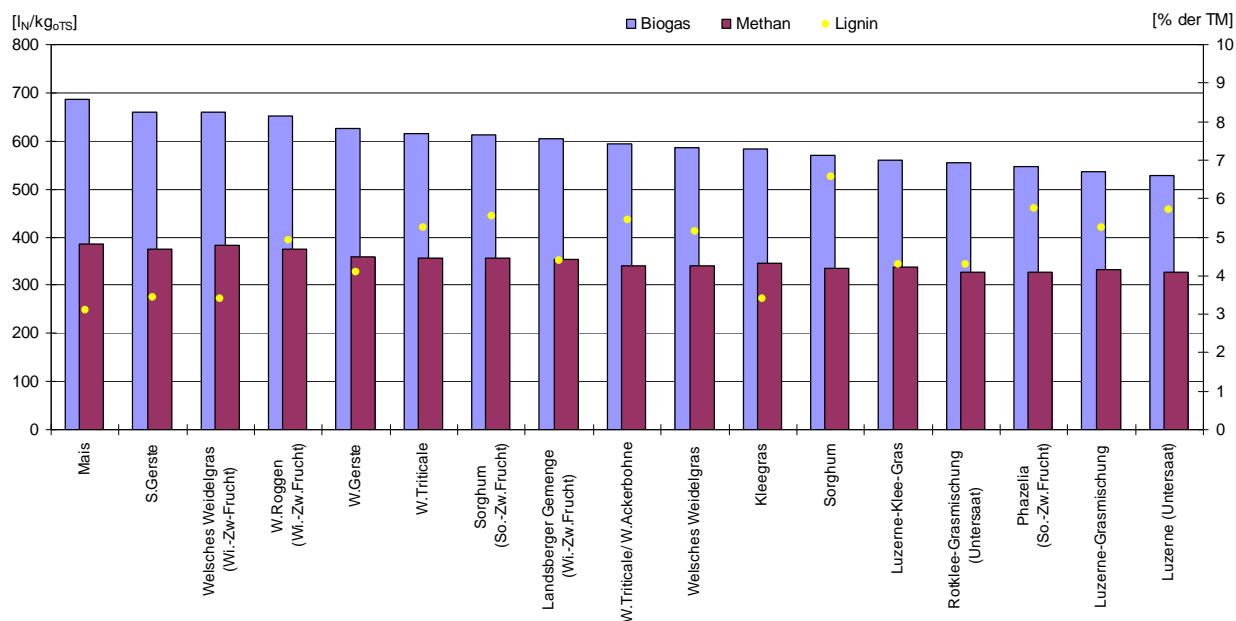


Abbildung 3: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der bisher untersuchten Fruchtarten aus EVA III; nach absteigender Biogasausbeute geordnet (n=104)

Tabelle 2: Mittlere spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie mittlere Ligningehalte der bisher untersuchten Fruchtarten aus EVA III; nach absteigender Biogasausbeute geordnet (n=104)

Fruchtart	n	Ligningehalt [% TS]	V _{BG, spez.} [N/kg _{OTS}]	V _{CH₄, spez.} [N/kg _{OTS}]
Mais	19	3,1	687	386
S.Gerste	3	3,4	661	374
Welsches Weidelgras (Wi.-Zw.Frucht)	6	3,4	660	383
W.Roggen (Wi.-Zw.Frucht)	8	4,9	653	375
W.Gerste	3	4,1	627	359
W.Triticale	5	5,2	615	355
Sorghum (So.-Zw.Frucht)	3	5,6	612	357
Landsberger Gemenge (Wi.-Zw.Frucht)	3	4,4	605	353
W.Triticale/ W.Ackerbohne	5	5,5	595	341
Welsches Weidelgras	2	5,1	587	340
Kleegrass	9	3,4	583	346
Sorghum	6	6,6	572	336
Luzerne-Klee-Gras	18	4,3	559	337
Rotklee-Grasmischung (Untersaat)	4	4,3	554	327
Phazelia (So.-Zw.Frucht)	2	5,7	548	327
Luzerne-Grasmischung	4	5,3	537	333
Luzerne (Untersaat)	4	5,7	527	328

Die Abhängigkeit der Gausausbeute vom Ligningehalt der Pflanzenproben zeigt sich bei den EVA-Proben, allerdings bei den Biogausausbeuten nicht so stark. Hier werden stellenweise trotz erhöhter Ligninwerte hohe Gasausbeuten erreicht (siehe Endbericht 2013 [2]).

EVA-Fruchtarten nach Fruchtfolgestellung der Fruchtarten im Jahr

Zu den einzelnen Fruchtarten können dabei zum Teil genauere Angaben, wie z.B. Fruchtfolgestellung oder Schnittzeitpunkt sowie zu einzelnen Pflanzenteilen, gemacht werden (Abb. 4, Tab. 3). Dabei sind die Aussagen aufgrund der z.T. geringen Probenanzahl mit Vorsicht zu betrachten.

Klee gras erreicht z.B. mit dem 1. Schnitt die höchste Biogas- und auch Methanausbeute aller untersuchten Fruchtarten, die weiteren Schnitte fallen in Reihenfolge mit der Biogausausbeute ab. Aufgrund der geringen Stichprobenanzahl von jeweils n=1, müssten jedoch noch weitere Untersuchungen folgen. Bei Mais erreichen die beiden Fruchtfolgestellungen die zweithöchsten Biogausausbeuten, wobei die Hauptfruchtstellung die höhere von beiden Varianten liefert. Für die Luzerne-Klee-Gras Mischung können wie bei Klee gras unterschiedliche Ausbeuten für die einzelnen Schnittzeitpunkte ausgemacht werden. Dabei erreicht der 1. Schnitt die höhere Ausbeute innerhalb der Fruchtart, allerdings erzielen nachfolgend der 4. und 5. Schnitt höhere Biogausausbeuten als der 2. und 3. Schnitt.

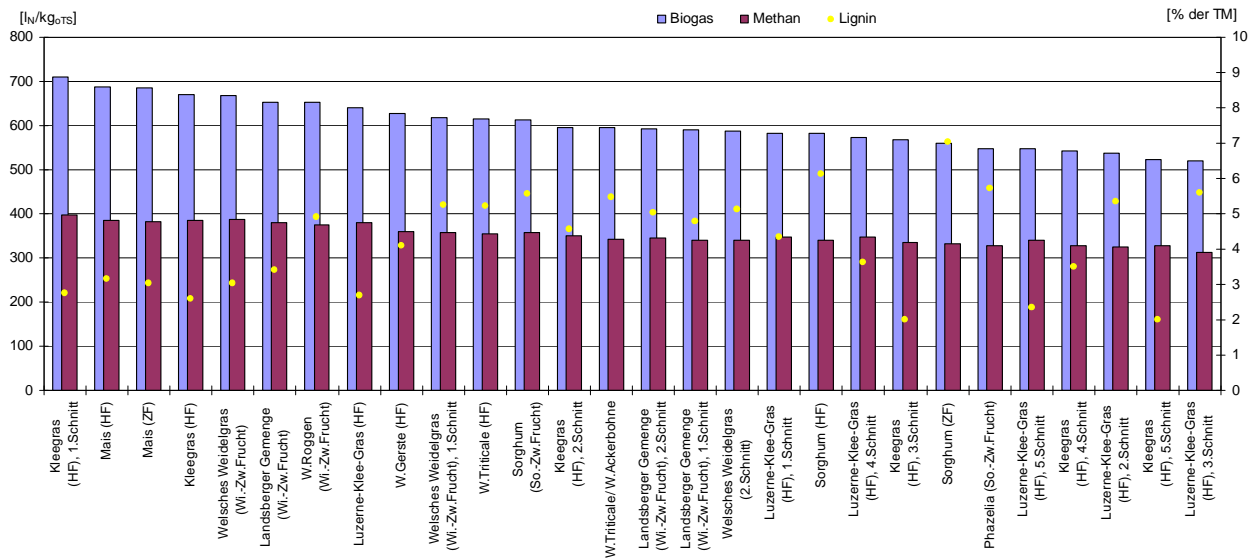


Abbildung 4: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der untersuchten Fruchtartengruppen aus EVA III unterteilt nach Erntezeitpunkt bzw. Fruchtfolgestellung; nach absteigender Biogausausbeute geordnet (n=86)

Höhere Biogausausbeuten erreicht auch Sorghum als Sommerzwischenfrucht im Verhältnis zu Sorghum als Haupt- bzw. Zweitfrucht, wobei die Zweitfrucht die geringsten Ausbeuten innerhalb der Fruchtart erreicht. Für Methan verhält es sich genauso, dabei liegen die Ausbeuten der unterschiedlichen Stellungen allerdings etwas dichter zusammen.

Unterschiede sind auch beim Welschen Weidelgras zu verzeichnen, dort erzielt der 2. Schnitt geringere Biogas- und Methanausbeuten gegenüber der Stellung als Winterzwischenfrucht bzw. dem 1. Schnitt.

Tabelle 3: Mittlere spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie mittlere Ligningehalte der bisher untersuchten Fruchtarten nach Fruchtfolgestellung aus EVA III (n=86)

Fruchtart	n	Ligningehalt [% TS]	V_{BG, spez.} [l _N /kg _{oTS}]	V_{CH₄, spez.} [l _N /kg _{oTS}]
Kleegras (HF), 1.Schnitt	1	2,7	710	397
Mais (HF)	13	3,1	688	386
Mais (ZF)	3	3,0	685	384
Kleegras (HF)	1	2,6	671	384
Welsches Weidelgras (Wi.-Zw.Frucht)	5	3,0	669	388
Landsberger Gemenge (Wi.-Zw.Frucht)	1	3,4	653	381
W.Roggen (Wi.-Zw.Frucht)	8	4,9	653	375
Luzerne-Klee-Gras (HF)	1	2,7	640	379
W.Gerste (HF)	3	4,1	627	359
Welsches Weidelgras (Wi.-Zw.Frucht), 1.Schnitt	1	5,3	616	357
W.Triticale (HF)	5	5,2	615	355
Sorghum (So.-Zw.Frucht)	3	5,6	612	357
Kleegras (HF), 2.Schnitt	1	4,6	596	351
W.Triticale/ W.Ackerbohne	5	5,5	595	341
Landsberger Gemenge (Wi.-Zw.Frucht), 2.Schnitt	1	5,0	594	345
Landsberger Gemenge (Wi.-Zw.Frucht), 1.Schnitt	1	4,8	589	340
Welsches Weidelgras (2.Schnitt)	2	5,1	587	340
Luzerne-Klee-Gras (HF), 1.Schnitt	4	4,4	583	347
Sorghum (HF)	3	6,1	582	340
Luzerne-Klee-Gras (HF), 4.Schnitt	4	3,6	573	348
Kleegras (HF), 3.Schnitt	2	2,0	568	335
Sorghum (ZF)	3	7,0	561	333
Phazelia (So.-Zw.Frucht)	2	5,7	548	327
Luzerne-Klee-Gras (HF), 5.Schnitt	2	2,3	548	340
Kleegras (HF), 4.Schnitt	2	3,5	543	328
Luzerne-Klee-Gras (HF), 2.Schnitt	4	5,3	537	324
Kleegras (HF), 5.Schnitt	2	2,0	523	327
Luzerne-Klee-Gras (HF), 3.Schnitt	3	5,6	520	312

2.3. Spezifische Gasausbeuten des TLL Projektes „Einsatz alternativer Eiweißquellen in der Wiederkäuerfütterung“

Im Rahmen des Projektes „Einsatz alternativer Eiweißquellen in der Wiederkäuerfütterung“ wurden verschiedene Mischungen von Silagen auf ihr Biogas- und Methanpotential untersucht. In Tabelle 4 und Abbildung 5 sind die Ausbeuten der verschiedenen Mischungen aus Hafer, Triticale und Ackerbohne aufgezeigt. Hafer und Triticale erreichen in Reinform mit 599 $\text{I}_\text{N}/\text{kg}_{\text{OTS}}$ und 585 $\text{I}_\text{N}/\text{kg}_{\text{OTS}}$ die höchsten Ausbeuten, die Ackerbohne mit 515 $\text{I}_\text{N}/\text{kg}_{\text{OTS}}$ die niedrigste. Mit abnehmenden Mischungsverhältnissen von Ackerbohne verbessert sich zunehmend die Biogasausbeute, wobei Triticale den Anteil der Ackerbohne nicht ganz so gut zu kompensieren scheint. Bei den Methanausbeuten verhält es sich ähnlich. Die Ligningehalte sind nicht ganz eindeutig einzuordnen, da der Hafer zwar die Höchsten Gasausbeuten erzielt aber auch einen höheren Ligningehalt aufweist (Tab.4, Abb.5).

Tabelle 4: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der Silagenmischungen Hafer, Triticale und Ackerbohne (n=7)

Fruchtart	n	Ligningehalt [% TS]	$V_{\text{BG, spez.}}$ [$\text{I}_\text{N}/\text{kg}_{\text{OTS}}$]	$V_{\text{CH}_4, \text{ spez.}}$ [$\text{I}_\text{N}/\text{kg}_{\text{OTS}}$]
Hafer (100%)	1	5,2	599	350
Triticale (100%)	1	4,7	585	338
Ackerbohne/Hafer (25%/75%)	1	5,7	580	336
Ackerbohne/Hafer (50%/50%)	1	5,8	558	327
Ackerbohne/Hafer (75%/25%)	1	5,3	550	324
Ackerbohne/Triticale (40%/60%)	1	4,9	546	321
Ackerbohne (100%)	1	5,9	515	306

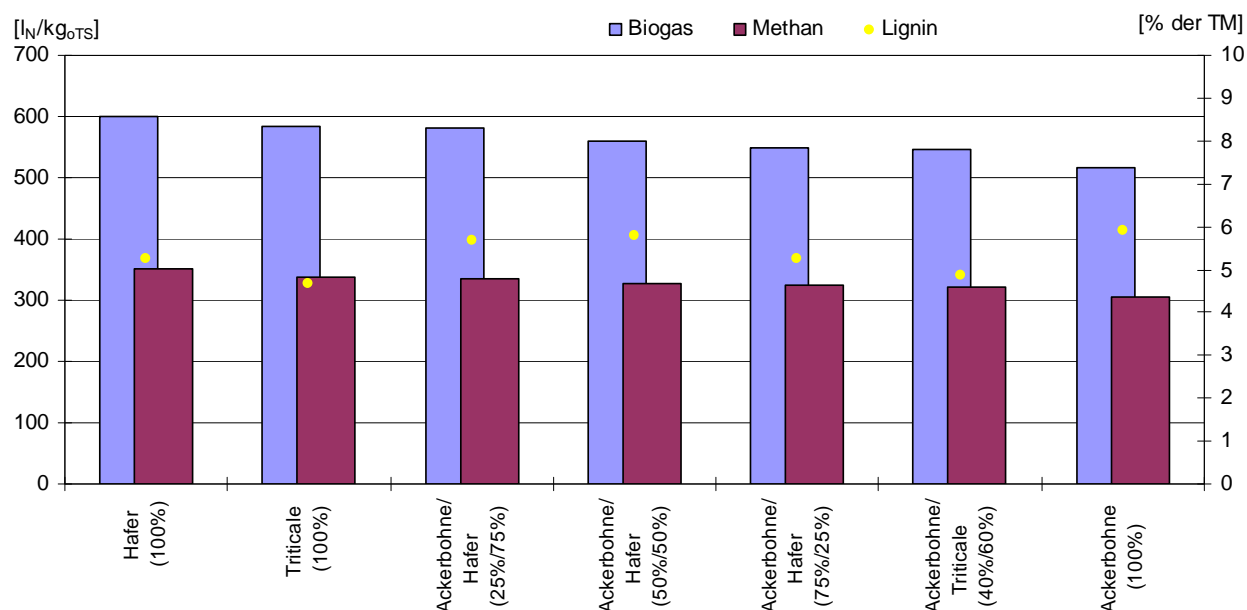


Abbildung 5: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der verschiedenen Silagemischungen von Hafer, Triticale und Ackerbohne (n=7)

Tabelle 5 und Abbildung 6 zeigen die Mischungen von Wintererbse und Wintertriticale. Dabei erreicht Wintererbse ungemischt mit 576 I_N/kg_{OTS} den höchsten und Wintertriticale mit 541 I_N/kg_{OTS} den zweitgeringsten Biogaswert. Das Verhältnis der Mischungen zur Biogasausbeute bzw. Ligningehalt ist bei dieser Gruppe nicht ganz eindeutig, da das Verhältnis 50%/50% die niedrigste Biogasausbeute erzielt, wobei dieser Wert fast gleichauf mit dem der Triticale ist. Zudem liegen die Gasausbeuten bei dieser Gruppe in einem dichten Bereich von 541 I_N/kg_{OTS} - 576 I_N/kg_{OTS} .

Tabelle 5: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der Silagemischungen Wintererbse und Wintertriticale (n=5)

Fruchtart	n	Ligningehalt [% TS]	$V_{BG, spez.}$ [I_N/kg_{OTS}]	$V_{CH_4, spez.}$ [I_N/kg_{OTS}]
Wintererbse (100%)	1	4,5	576	337
Wintererbse/Wintertriticale (25%/75%)	1	5,3	572	334
Wintererbse/Wintertriticale (75%/25%)	1	6,1	550	323
Wintertriticale (100%)	1	4,5	544	308
Wintererbse/Wintertriticale (50%/50%)	1	5,1	541	317

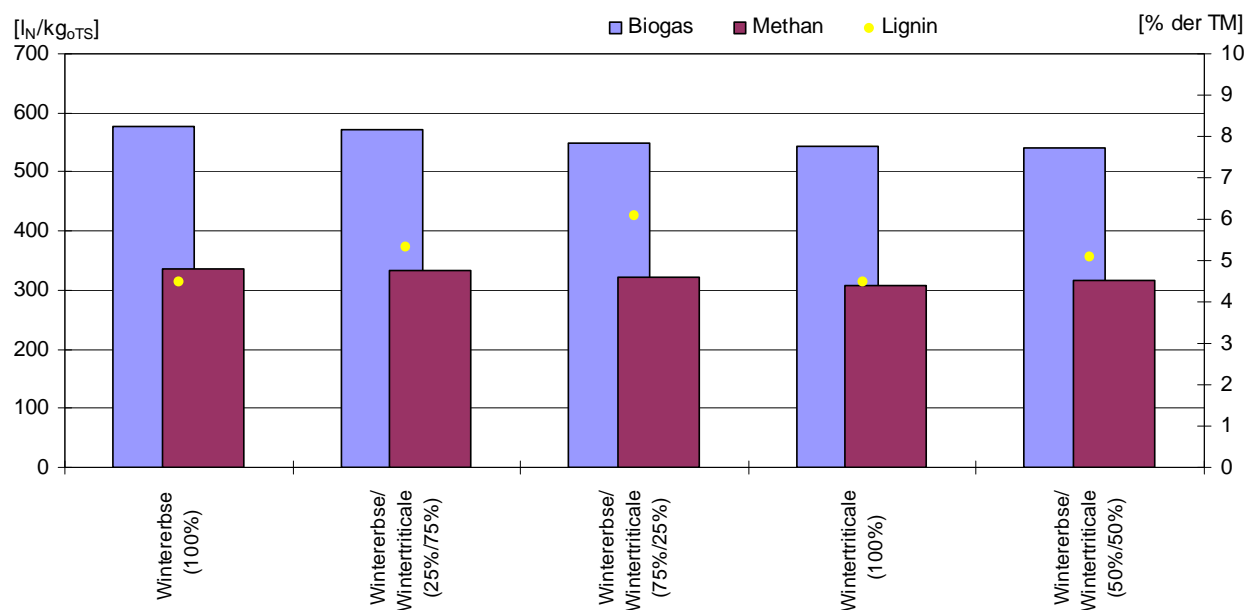


Abbildung 6: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der verschiedenen Silagemischungen von Wintererbse und Wintertriticale (n=5)

Bei den Mischungen aus Wintertriticale und Winterackerbohne sieht das Verhältnis von Mischung und Gasausbeute wieder eindeutiger aus (Tab.6, Abb. 7). Die Gruppe liegt in einem Bereich von 572 I_N/kg_{OTS} - 599 I_N/kg_{OTS} und mit Abnahme der Winterackerbohne in der Mischung steigt auch die Biogas- und Methanausbeute bzw. auch die Ligningehalte.

Tabelle 6: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der Silagemischungen Wintertriticale und Winterackerbohne (n=5)

Fruchtart	n	Ligningehalt	$V_{BG, spez.}$	$V_{CH_4, spez.}$
		[% TS]	[l_N/kg_{oTS}]	[l_N/kg_{oTS}]
Wintertriticale (100%)	1	4,4	599	350
Winterackerbohne/Wintertriticale (25%/75%)	1	4,5	590	343
Winterackerbohne/Wintertriticale (50%/50%)	1	4,7	589	342
Winterackerbohne/Wintertriticale (75%/25%)	1	5,1	572	335
Winterackerbohne (100%)	1	5,7	556	330

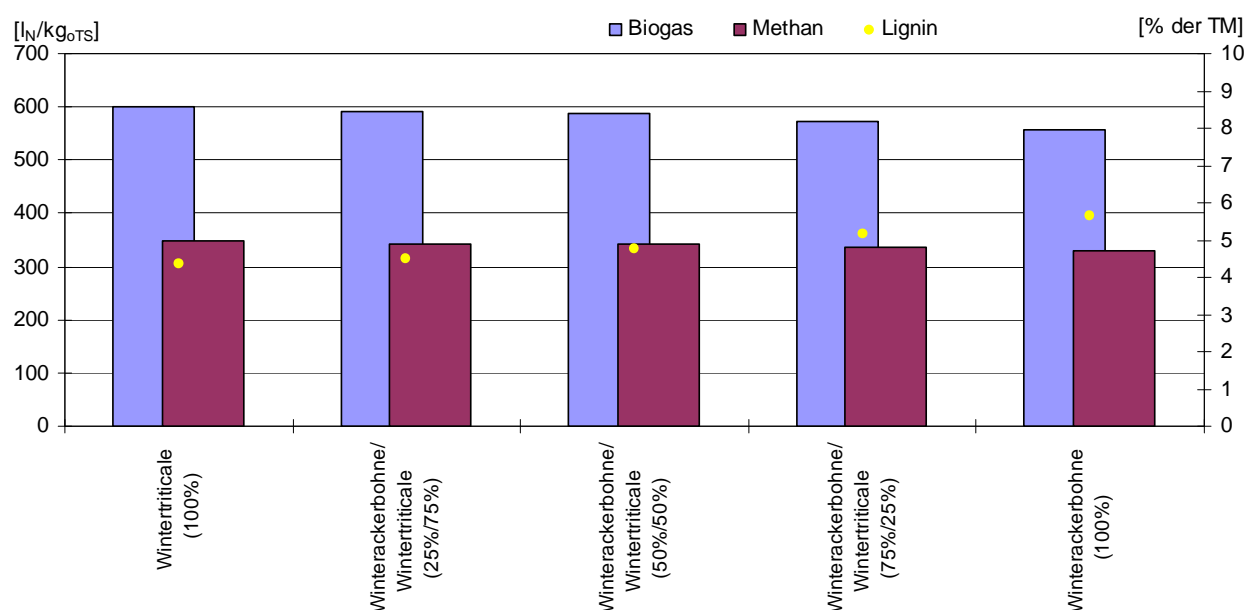


Abbildung 7: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der verschiedenen Silagemischungen von Wintertriticale und Winterackerbohne (n=5)

Bei den Silagemischungen aus Sommergerste, Sommertriticale und Sommerackerbohne erreicht die Gerste die höchste Biogasausbeute, Triticale liegt im Mittelfeld und Ackerbohne bildet den Schluss in einem Bereich von $546 l_N/kg_{oTS}$ - $657 l_N/kg_{oTS}$. Die Gasausbeuten verhalten sich in Bezug zu den abnehmenden Mischungsverhältnissen der Ackerbohne wieder aufsteigend. Die Sommergerste scheint den Anteil der Ackerbohne gut zu kompensieren, da die 50%/50% Variante höhere Ausbeuten als die 100% und 50%/50% Variante von Triticale zu Ackerbohne erreicht. Bei den Methanausbeuten verhält es sich ähnlich und die Ligningehalte sind ebenfalls den Mischungsverhältnissen zuzuordnen (Tab. 7, Abb. 8).

Tabelle 7: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der Silagenmischungen Sommergerste, Sommertriticale und Sommerackerbohne (n=7)

Fruchtart	n	Ligningehalt [% TS]	V _{BG, spez.} [l _N /kg _{oTS}]	V _{CH₄, spez.} [l _N /kg _{oTS}]
Sommergerste (100%)	1	2,5	657	367
Sommerackerbohne/Sommergerste (25%/75%)	1	2,5	655	370
Sommerackerbohne/Sommergerste (50%/50%)	1	3,7	641	364
Sommertriticale (100%)	1	-	618	362
Sommerackerbohne/Sommertriticale (50%/50%)	1	-	592	347
Sommerackerbohne/Sommergerste (75%/25%)	1	3,8	589	339
Sommerackerbohne (100%)	1	5,2	546	326

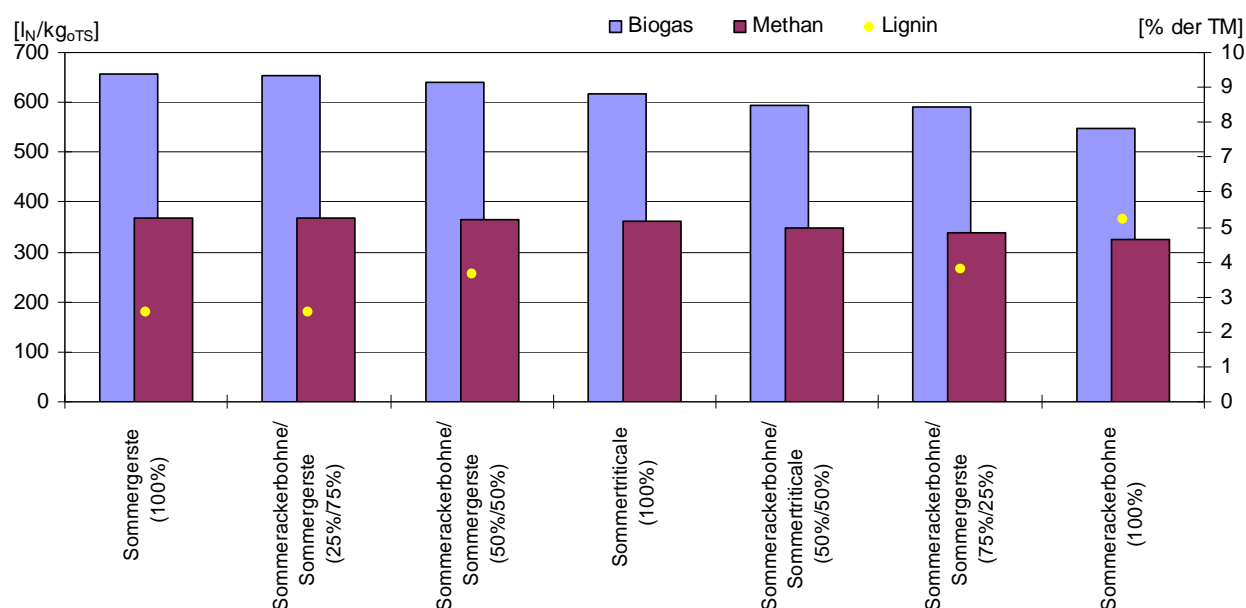


Abbildung 8: Spezifische Biogas- und Methanausbeuten sowie Ligningehalte der verschiedenen Silagemischungen von Sommergerste, Sommertriticale und Sommerackerbohne (n=7)

2.4. Betreuung Bachelorarbeit

Im Zeitraum März bis Juli 2014 wurde die Bachelorarbeit von Herrn Jonas Aniol (FH-Jena) zum Abschluss gebracht. Die Arbeit trug den Titel „Phenolische Säuren in standorttypischen Dauergrünlandaufwüchsen sowie deren Einfluss auf die ruminale Verdaulichkeit und die Biogasausbeute“. Dabei wurde die Frage beantwortet, inwiefern sich die Gehalte an Phenolcarbonsäuren in Grünget auf die Verdaulichkeit sowie die Biogas- und Methanausbeute auswirken. Dazu wurden sieben deutsche, standorttypische Grünlandbestände und deren Silagen, aus drei Versuchsjahren, untersucht. Als bedeutendste Vertreter der Phenolcarbonsäuren wurden p-Cumarsäure und Ferulasäure mittels alkalischer Hydrolyse extrahiert. Die Gehaltsbestimmung erfolgte durch HPLC, die Verdaulichkeiten wurden durch die Menge an enzymlöslicher organischer Substanz bewertet. Die Biogas- und Methanausbeute wurden mittels Systematik des Hohenheimer Biogasertragstest ermittelt [1].

2.5. Teilnahme an Ringversuchen

Das KTBL und der VDLUFA führen in Zusammenarbeit seit einiger Zeit Ringversuche im Bereich Biogas durch. In den Zeiträumen von EVA I und II konnte daran erfolgreich teilgenommen werden. Im Jahr 2013, 2014 und 2015 wurde wieder der KTBL/VDLUFA Ringversuch "Biogaserträge" bzw. die „LfL Biogas-Ringversuche“ der LfL Bayern durchgeführt.

Zur Untersuchung kamen dabei drei unterschiedliche Substrate (Mais, Biertreber, Cellulose) sowie Gärreste zur Restgasbestimmung.

An diesen Ringversuchen konnte seitens der TLL wieder mit Erfolg teilgenommen werden, was auf eine gute Versuchsqualität schließen lässt.

3. Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass zwischen den EVA Fruchtarten und den verschiedenen Schnitten innerhalb einer Fruchtart z. T. deutliche Unterschiede zwischen den Gasausbeuten bestehen. Die aufgezeigten Unterschiede sollten allerdings wegen der z.T. geringen Stichprobengröße mit Vorsicht betrachtet werden. Vor allem wären bei Klee gras, welches gleich hohe bzw. mit dem 1.Schnitt sogar höhere Biogas- sowie Methanausbeuten als der Mais erzielt, weitere Untersuchungen von Interesse. Prinzipiell werden die Ergebnisse, welche im Abschlussbericht von EVA I und EVA II aufgezeigt wurden, bestätigt. Ausnahme bildet hierbei die Fruchtarten Mais, W.Gerste, W.Triticale und S.Gerste. Der Mais und die S.Gerste erzielt etwas höhere Biogas- bzw. Methanausbeuten gegenüber der letzten Auswertung. Bei der W.Gerste und W.Triticale werden hingegen geringere Ausbeuten verzeichnet.

Die Zusammenhänge zwischen Ligningehalt und Biogas- bzw. Methanausbeute konnten wieder aufgezeigt werden. Dabei fiel das Bestimmtheitsmaß allerdings etwas geringer als bei der letzten Auswertung aus (siehe Endbericht 2013 [2]).

Bei den verschiedenen Silagemischungen hat sich gezeigt, dass der Teil mit der geringeren Gasausbeute einen Einfluss auf das Gesamtergebnis der Mischung hat. Prinzipiell kann aber der Mischungspartner mit dem größeren Gaspotential den Verlust gut ausgleichen. Ausnahmen bildet dabei die Mischung Wintererbse/Wintertriticale. Die Ligningehalte zeigen größtenteils die schon angesprochenen Zusammenhänge zu den Gassaubeuten, jedoch gibt es auch wieder einige Ausreißer.

4. Literatur

- [1] Aniol, Jonas (2014): Phenolische Säuren in standorttypischen Dauergrünlandaufwüchsen sowie deren Einfluss auf die ruminale Verdaulichkeit und die Biogasausbeute, Bachelorarbeit, Jena
- [2] TLL Jena (2013): Endbericht, Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die Landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II) - Teilbericht „Hohenheimer Biogasertragstest“, Jena

Ergebnisbericht



Fachhochschule Kiel
Fachbereich Agrarwirtschaft
Grüner Kamp 11
24783 Osterrönfeld

Prof. Dr. Rainer Wulfes
BSc. Ulrike Kath-Petersen

Versuchsfeld Lindenhof

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	2
1 Einleitung	3
2 Standort Lindenhof	3
3 Witterungsverlauf	3
4 Versuchsdurchführung	6
4.1 Versuchsvarianten	6
4.2 Anbaudaten	7
4.3 Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen	7
5 Datenerhebung	7
6 Ergebnisse	8
6.1 TM-Erträge der Fruchtfolgeglieder	8
6.2 Kumulierte TM-Erträge	9
6.3 Weiterführende Ergebnisse und Auswertungen	10
7 Diskussion und Schlussfolgerung	11
8 AI Anhangtabellen	12
9 AI Veröffentlichungen und weiterführende Informationen	15
9.1 Veröffentlichungen	15
9.2 Weiterführende Informationen	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Monatsmittel der Temperatur und monatliche Niederschlagssummen für den Standort Lindenhof 2011 – 2014	5
Tabelle 2:	EVA III Fruchtfolgen am Standort Lindenhof (S-H)	6
Tabelle 3:	TM-Erträge (dt/ha) der einzelnen Fruchtfolgeglieder der Fruchtfolgen 1 bis 4 des Standortes Lindenhof in den Jahren 2013 und 2014	8
Tabelle 4:	TM-Erträge (dt/ha) der einzelnen Fruchtfolgeglieder der Fruchtfolgen 5 bis 14 des Standortes Lindenhof in den Jahren 2013 und 2014	8
Anhang 1:	Bewirtschaftungsdaten und Erträge der 5. Anlage der Fruchtfolgen 1 bis 4 am Standort Lindenhof 2013 und 2014	12
Anhang 2:	Bewirtschaftungsdaten und Erträge der 5. Anlage der Fruchtfolgen 5 bis 14 am Standort Lindenhof 2013 und 2014	13
Anhang 3:	Bewirtschaftungsdaten und Erträge der 6. Anlage der Fruchtfolgen 1 bis 14 am Standort Lindenhof 2014	14

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Witterungsverlauf am Standort Lindenhof für das Jahr 2013	4
Abbildung 2:	Witterungsverlauf am Standort Lindenhof für das Jahr 2014	5
Abbildung 3:	Kumulierte TM-Erträge der Fruchtfolgen der Anlage 5 und 6 des Standortes Lindenhof in den Jahren 2013 und 2014	10

1 Einleitung

Seit 2005 beschäftigt sich der EVA-Forschungsverbund mit Fragestellungen zu "Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands". Der Standort Lindenhof in Schleswig - Holstein ist seit der zweiten Projektphase 2009 dabei.

EVA startete am 01.04.2013 in die dritte Projektphase. Die Ergebnisse aus den Versuchsjahren 2013 und 2014 sollen hier vorgestellt werden.

2 Standort Lindenhof

Der Lindenhof, das landwirtschaftliche Versuchsfeld des Fachbereichs Agrarwirtschaft der Fachhochschule Kiel, befindet sich etwa 12 km östlich von Osterrönfeld in der Gemarkung Osterfeld und liegt somit im Naturraum des ostholsteinischen Hügellandes an dessen westlichem Rand zur Geest. Die Region ist durch die letzte Eiszeit geprägt. Entsprechend finden sich auf den besseren Böden überwiegend Ackerbaubetriebe, auf den anmoorig, sandigen Geestflächen die Grünland-/Futterbaubetriebe mit überwiegender Milchviehhaltung. Im Durchschnitt des Landes nimmt der Mais ca. 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein, davon wird ca. die Hälfte zur Energieproduktion genutzt. Beim Getreideanbau überwiegt auf den besseren Böden der Winterweizen, auf den leichteren ackerfähigen Standorten wird neben Silomais auch Getreide, überwiegend Roggen und Triticale, zur Körner- und GPS-Nutzung, sowie Ackergras angebaut.

Der Bodentyp der Versuchsfelder ist Parabraunerde, die durch Verwitterung auf weichseleiszeitlichem Geschiebelehm entstand. Die Bodenart ist als lehmiger Sand bis sandiger Lehm charakterisiert und ist mit durchschnittlich ca. 50 Punkten bewertet. Der Lindenhof liegt 14 m über dem Meeresspiegel, und die Flächen sind sehr windoffen, deshalb setzen die Bodenerwärmung und der Vegetationsbeginn im Vergleich zu Ostholstein auch erst später ein. Im Mittel der letzten zehn Versuchsjahre fielen jährlich 826 mm Niederschlag, und die Jahresdurchschnittstemperatur betrug 8,8 °C. Die Niederschlagsmengen nehmen von der Nord- zur Ostsee hin deutlich ab, wobei immer häufiger auftretende Vorsommertrockenheiten die Region prägen.

3 Witterungsverlauf

Die Abbildung 1 zeigt den Witterungsverlauf des Jahres 2013. Das Jahr begann mit relativ milden Temperaturen und einer hohen Niederschlagsmenge im Januar. Das kühle Frühjahr mit einer mittleren Temperatur im März von 0 °C und die Frühjahrstrockenheit verhinderten einen frühzeitigen Vegetationsbeginn und stellten auch für die Aussaat der Sommerungen ein Problem dar. In den Versuchen betraf dies vor allem Mais und Sorghum. Im Mai und Juni fiel wieder mehr Niederschlag und im restlichen Jahresverlauf schwankt die monatliche

Durchschnittsmenge zwischen 44 und 84 mm. Die Tagesmitteltemperaturen 2013 schwanken zwischen -11,5 °C (15.01.) und 32,5 °C (02.08.). Der höchste Tagesniederschlag fiel am 21.05. mit 38,1 mm/Tag.

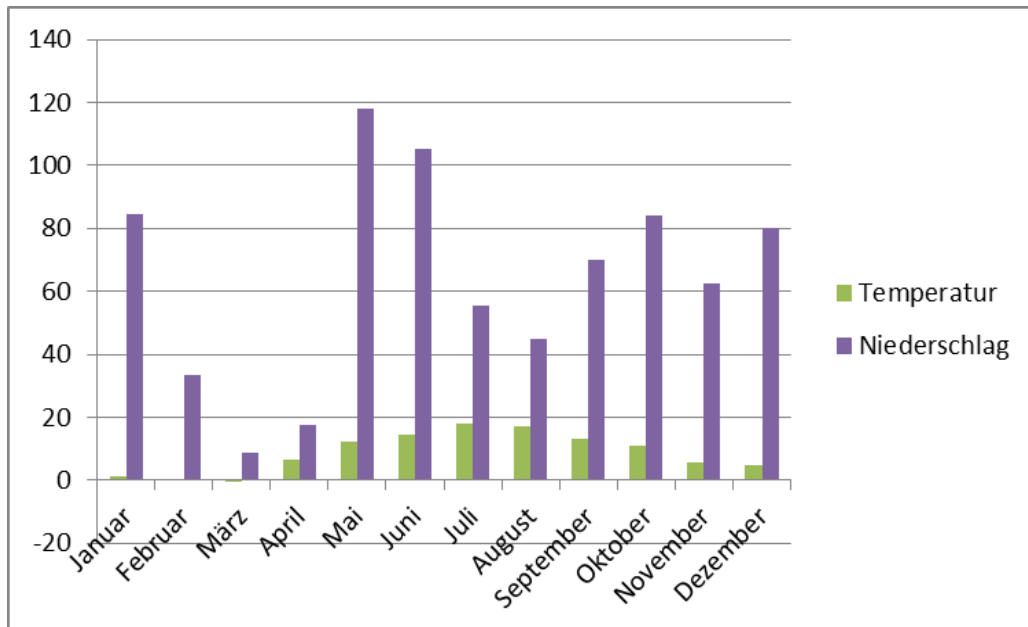


Abbildung 1: Witterungsverlauf am Standort Lindenhof für das Jahr 2013

Die Abbildung 2 zeigt den Witterungsverlauf des Jahres 2014. Auch dieses Jahr begann mit relativ milden Temperaturen im Januar. Der insgesamt milde Winter und das milde Frühjahr führte zu einem deutlich früheren Vegetationsbeginn. Die monatlichen Niederschlagsmengen von Januar bis Juli lagen zwischen 27 und 58 mm. Erst im August fiel relativ viel Niederschlag mit 111,8 mm. Die Tagesmitteltemperaturen 2014 schwanken zwischen -10,5 °C (26.01.) und 30,0 °C (19.08.). Der höchste Tagesniederschlag fiel am 22.12. mit 32,8 mm/Tag.

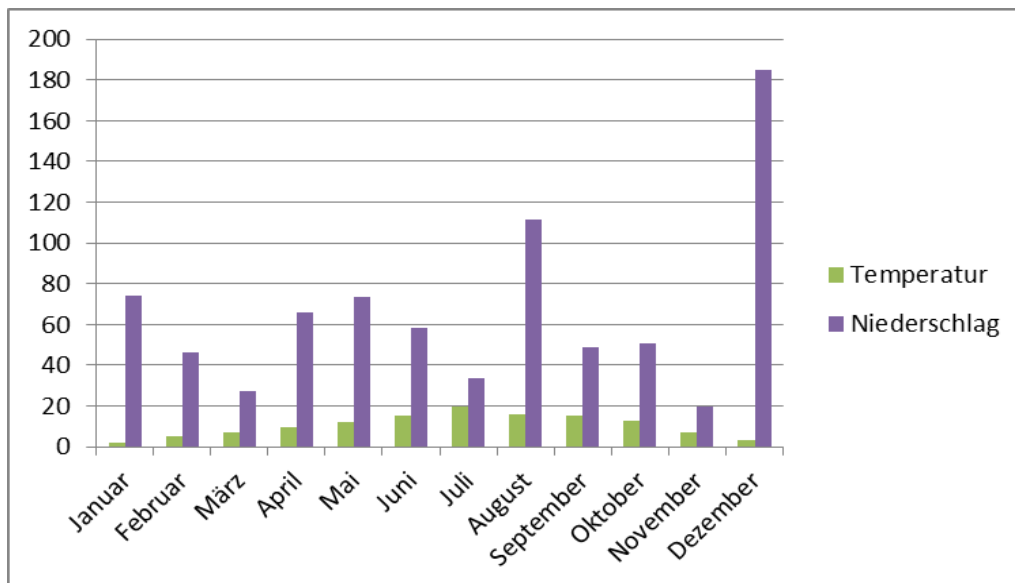


Abbildung 2: Witterungsverlauf am Standort Osterfeld für das Jahr 2014

Die mittleren Werte der monatlichen Temperaturen sowie die Niederschlagsmengen für die einzelnen Monate der Jahre 2011 bis 2014 sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Monatsmittel der Temperatur und monatliche Niederschlagssummen für den Standort Lindenhof 2011 – 2014

Monat	Niederschlag (mm)				Temperatur (°C)			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Januar	48,0	103,3	84,6	74,0	1,1	2,7	1,1	1,7
Februar	60,5	25,5	33,4	46,3	0,8	-0,4	0,3	5,2
März	20,2	9,5	8,5	27,4	3,9	6,6	0,0	6,9
April	5,5	75,6	17,6	66,0	10,7	6,9	6,4	9,6
Mai	41,9	46,2	118,0	73,7	12,8	12,5	12,1	12,1
Juni	114,7	91,7	105,1	58,6	15,9	13,7	14,5	15,3
Juli	110,7	145,5	55,4	33,9	16,4	16,4	17,8	19,5
August	224,8	60,2	44,9	111,8	16,5	17,2	17,3	16,0
September	107,2	63,0	70,1	48,8	14,5	13,4	13,0	15,6
Oktober	70,4	70,2	84,0	51	10,0	9,3	11,0	12,7
November	13,7	51,4	62,5	19,6	5,8	5,9	5,5	7,3
Dezember	143,9	94,0	80,3	184,7	4,3	0,5	4,7	3,4
Jahr	961,5	836,1	764,4	795,8	9,5	8,8	8,6	10,4

4 Versuchsdurchführung

Die Fruchtfolgeversuche der dritten Projektphase wurden als Blockanlage im Freilandversuch angelegt. Pro Versuchsvariante wurden 3 Parzellen (3 m x 12 m) in 4-facher Wiederholung angelegt. Anlage 5 beginnt mit dem Erntejahr 2013, Anlage 6 mit dem Erntejahr 2014. Beide Anlagen laufen über vier Erntejahre und schließen mit der gleichen Kultur Winterweizen ab. Breite Fahrwege zwischen den Blöcken ermöglichen es, jede Parzelle unabhängig voneinander zu bestellen und zu beernten.

4.1 Versuchsvarianten

Der Standort Lindenhof ist in der EVA II Projektphase als Satellit mit den Fruchtfolgen FF1 bis FF3 zum EVA-Projekt hinzugekommen. In der fünften und sechsten Anlage des EVA-Projektes wurden die bestehenden Fruchtfolgen aus EVA II als FF1 bis FF3 weiter geführt. Dazu kommen die weiteren Standardfruchtfolgen FF4 und FF5, die im Vergleich zu EVA II modifiziert wurden. Neu aufgenommen wurden drei Themen orientierte Fruchtfolgen: Eine Mais-Monokultur (FF11), eine N-reduzierte Fruchtfolge (FF12), die der FF3 entspricht, aber mit 25 % geringerem N-Einsatz, sowie eine länderspezifische Gewässerschutzfruchtfolge (FF14). Tabelle 2 listet die Fruchtfolgeglieder der acht Fruchtfolgen auf.

Die verschiedenen Kulturen kommen in unterschiedlichen Fruchtfolgestellungen (Hauptfrucht (HF), Zweitfrucht (ZF), Sommer- und Winterzwischenfrüchte (SZF, WZF) und Untersaaten (US) sowie in unterschiedlichen Fruchtfolgepaarungen zum Anbau. Verschiedene Fruchtarten oder Artenmischungen sind dabei mehrschichtig und teilweise mehrjährig. Dabei kommen verschiedene Nutzungsformen in Frage: Nutzung von Ganzpflanzen oder Pflanzenteilen zur Biogassubstratbereitstellung (Gp), Nutzung als Marktfrucht mit Korn- und Nebenerntegut (Ko), Anbau zur Gründüngung (Gd).

Tabelle 2: EVA III Fruchtfolgen am Standort Lindenhof (S-H)

Ernte-jahr*	Standardfruchtfolgen					Mais-mono	N-reduziert	Gewässer-schutz
	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF11	FF12	FF14
2013 /2014	W.Gerste /Sorghum (SZF)	Sorghum	Mais	Ackerfutter	Wickroggen (Gp)	Mais	Mais	Mais Untersaat Dt. Weidelgras
2014 /2015	Mais (HF)	Grünroggen (WZF) /Mais (ZF)	Grünroggen (WZF) /Sorghum (ZF)	Ackerfutter	Ackergras (WZF) /Mais	Mais	Grünroggen (WZF) /Sorghum (ZF)	Mais Untersaat Dt. Weidelgras
2015 /2016	W.Triticale /Phazelia (SZF-Gd)	W.Triticale (Korn)	W.Triticale (Gp) einj. Weidelgras (SZF)	Mais	Zucker-rüben	Mais	W.Triticale (Gp) einj. Weidelgras (SZF)	Zucker-rüben
2016 /2017	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)	W.Weizen (Ko)

* Anlage 5 / 6

Gp = Ganzpflanze, Gd = Gründüngung, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht,

ZF = Zweitfrucht, Ko = Körner-Nutzung

4.2 Anbaudaten

Die Fruchtfolgeglieder mit den entsprechenden Sorten, Aussaatstärken, sowie Aussaat- und Ernteterminen sind für die bisherigen 2 Versuchsjahre in den Tabellen des Anhangs dargestellt. Die Sortenwahl erfolgte auf Basis der Empfehlungen aus den regionalen Landessortenversuchsergebnissen und Erkenntnissen aus früheren Projekten. In Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen wurden die Aussaattermine zum möglichst optimalen Zeitpunkt gewählt.

Standardmäßig wurde über alle Varianten zur Grundbodenbearbeitung auf 25 cm Tiefe der Pflug eingesetzt. Es folgt vor der Saat eine Bearbeitung mit der Kreiselegge. Anschließend wird mit einer Parzellendrillmaschine auf 3 m Breite gesät. Getreide und Gras werden mit 12 cm Saatreihenabstand ausgesät, Reihenkulturen mit einer Einzelkorndrillmaschine auf 75 cm (Mais) bzw. 37,5 cm (Sorghum) Reihenabstand gelegt. Aussaat und Pflegemaßnahmen erfolgen mit selbstfahrenden Parzellengeräten auf 3 m Arbeitsbreite, so dass die wachsenden Kulturen in den Parzellen nicht befahren werden. Die Kernbeerntung erfolgt mit 1,5 m Breite.

4.3 Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen

Gedüngt wird mit einem 3 m Schmotzer Parzellen-Düngerstreuer. Die Grunddüngung im Versuch erfolgte auf Grundlage der Bodenuntersuchungsergebnisse der jeweiligen Variante. Die Stickstoffgabe wurde auf Grundlage der Sollwert-Methode und der ermittelten N_{\min} -Ergebnisse durchgeführt. Für die Düngung wurden Mineraldünger, überwiegend NPK-Dünger, Kalkammonsalpeter, Kornkali, Kieserit und Triple-Superphosphat, verwendet. Beim Mais wurden grundsätzlich 1,5 dt/ha eines NP-Unterfußdüngers (20/20) eingesetzt, entsprechend 30 kg N/ha und 30 kg P_2O_5 /ha.

Der Pflanzenschutz, der in diesen Versuchen hauptsächlich der Unkrautregulierung dient (Ausnahme Getreide), wird mit einer 9 m druckluftbetriebenen Schmotzer Parzellen-Pflanzenschutzspritze durchgeführt. Der Pflanzenschutz orientierte sich bedarfsorientiert nach dem Schadschwellenprinzip. Die Angaben zur Düngung sowie zum Pflanzenschutz in den jeweiligen Varianten sind ebenfalls den Tabellen des Anhangs zu entnehmen.

5 Datenerhebung

Die Bonituren erfolgten sowohl nach den Richtlinien des Bundessortenamtes als auch nach den aktuellen Vorgaben des EVA-Projektes. Sämtliche Bestandesführungsmaßnahmen wurden separat erfasst, wobei unterschieden wurde zwischen den tatsächlich im Versuch durchgeführten Maßnahmen und den Arbeitsschritten, die für die Praxis relevant sind. Diese Daten fließen dann in die Berechnungen zur Ökonomie ein. Bei der Beerntung der Versuchspartellen wurden grundsätzlich repräsentative Mischproben aus dem Gutstrom

während der Beerntung gezogen. Die Probe wurde bei 70 °C getrocknet und anschließend im Fachbereichslabor auf Inhaltsstoffe untersucht. Eine Teilprobe diente ausschließlich zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes mittels einer Trocknung bei 105 °C. Jeder Aufwuchs in den Fruchtfolgen wurde grundsätzlich geerntet und analysiert, auch wenn dieser anschließend in Form von Gründünger auf der Fläche verblieben ist. Dies ist für die Berechnung vollständiger Nährstoffbilanzen wichtig.

6 Ergebnisse

6.1 TM-Erträge der Fruchtfolgeglieder

Die Tabellen 3 und 4 zeigen die TM-Erträge der einzelnen Fruchtfolgeglieder jeder Fruchtfolge der beiden Anlagen 5 und 6 für die ersten beiden Versuchsjahre der dritten Projektphase.

Tabelle 3: TM-Erträge (dt/ha) der einzelnen Fruchtfolgeglieder der Fruchtfolgen 1 bis 4 der Anlage 5 und 6 des Standortes Lindenhof in den Jahren 2013 und 2014

Jahr	FF1	A5	A6	FF2	A5	A6	FF3	A5	A6	FF4	A5	A6
1	W.Gerste	137,0	155,7	Sorghum	140,1	159,2	Mais	199,1	229,1	Ackerfutter	164,4	147,2
	GPS Sorghum SZF	94,2	99,0	HF								
2	Mais	207,1		Grünroggen	66,3		Grünroggen	69,8		Ackerfutter	117,5	
				WZF			WZF					
				Mais	198,7		Sorghum	166,2				
				ZF			ZF					
Summe	438,3	254,7		405,1	159,2		435,1	229,1		281,9	147,2	

Gp = Ganzpflanze, Gd = Gründüngung, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, Ko = Körner-Nutzung, US = Untersaat

Tabelle 4: TM-Erträge (dt/ha) der einzelnen Fruchtfolgeglieder der Fruchtfolgen 5 bis 14 der Anlage 5 und 6 des Standortes Lindenhof in den Jahren 2013 und 2014

Jahr	FF5	A5	A6	FF11	A5	A6	FF12	A5	A6	FF14	A5	A6
1	Wickroggen	157,0	143,2	Mais	211,1	230,2	Mais	201,0	221,1	Mais	202,4	214,0
	GPS W.Weidel- gras, WZF	29,2										
2	W.Weidel- gras, WZF	57,3		Mais	205,2		Grünroggen	56,5		Mais	222,5	
	Mais	192,0					WZF					
							Sorghum	174,9					US Dt. Wei- delgras, Gd
Summe	435,5	143,2		416,3	230,2		432,4	221,1		424,9	214,0	

Gp = Ganzpflanze, Gd = Gründüngung, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, Ko = Körner-Nutzung, US = Untersaat

Die ertragsstärkste Kultur war der Silomais in Hauptfruchtstellung mit Erträgen zwischen 200 und 230 dt TM/ha in den Fruchtfolgen 1 und 3 sowie in der Mais-Monokultur (FF11) und in der N-reduzierten Variante (FF12). Auch bei der Weidelgras-Untersaat in der Gewässerschutz-Variante (FF14) erreicht der Mais vergleichbare Erträge. In Zweitfruchtstellung nach Grünroggen oder Welschem Weidelgras in den Fruchtfolgen 2 und 5 erreichte der Silomais Erträge zwischen 192 und 199 dt TM/ha und damit ca. 5 % weniger als in Hauptfruchtstellung.

Die TM-Erträge von Sorghum in Hauptfruchtstellung in Fruchtfolge 2 liegen zwischen 140 (Anlage 5) und 160 dt TM/ha (Anlage 6). Damit werden ca. 70 % der Ertragsleistung des Maises in Hauptfruchtstellung erreicht (ca. 80 % bei Mais in Zweitfruchtstellung). Die Sorghumansaat als Sommerzwischenfrucht nach Wintergersten-GPS (FF1) liegen mit 95 – 100 dt TM/ha deutlich hinter Sorghum ohne Winterzwischenfrucht zurück. Sorghum als Zweitfrucht nach Grünroggen (FF3) weist leicht höhere Erträge auf im Vergleich zum Hauptfruchtanbau, auch bei reduzierter N-Düngung (FF12).

Die Winterzwischenfrucht Grünroggen ergänzt mit Erträgen zwischen 56 und 70 dt TM/ha die C₄-Kulturen Mais und Sorghum in den Fruchtfolgen 2, 3 und 12.

Wickroggen-GPS erreicht im Mittel der 2 Versuchsjahre 150 dt TM/ha. Die nachfolgende Winterzwischenfrucht Welsches Weidelgras konnte in der 5. Anlage in der Summe zweier Aufwüchse vor und nach Winter 87 dt TM/ha erzielen. Im Vergleich zum Wickroggen erzielt die Wintergersten-GPS (FF1) nur geringfügig geringere TM-Erträge (im Mittel 147 dt TM/ha).

6.2 Kumulierte TM-Erträge

In Abbildung 3 sind die in den bisherigen 2 Versuchsjahren angefallenen TM-Erträge für beide Anlagen kumulativ dargestellt.

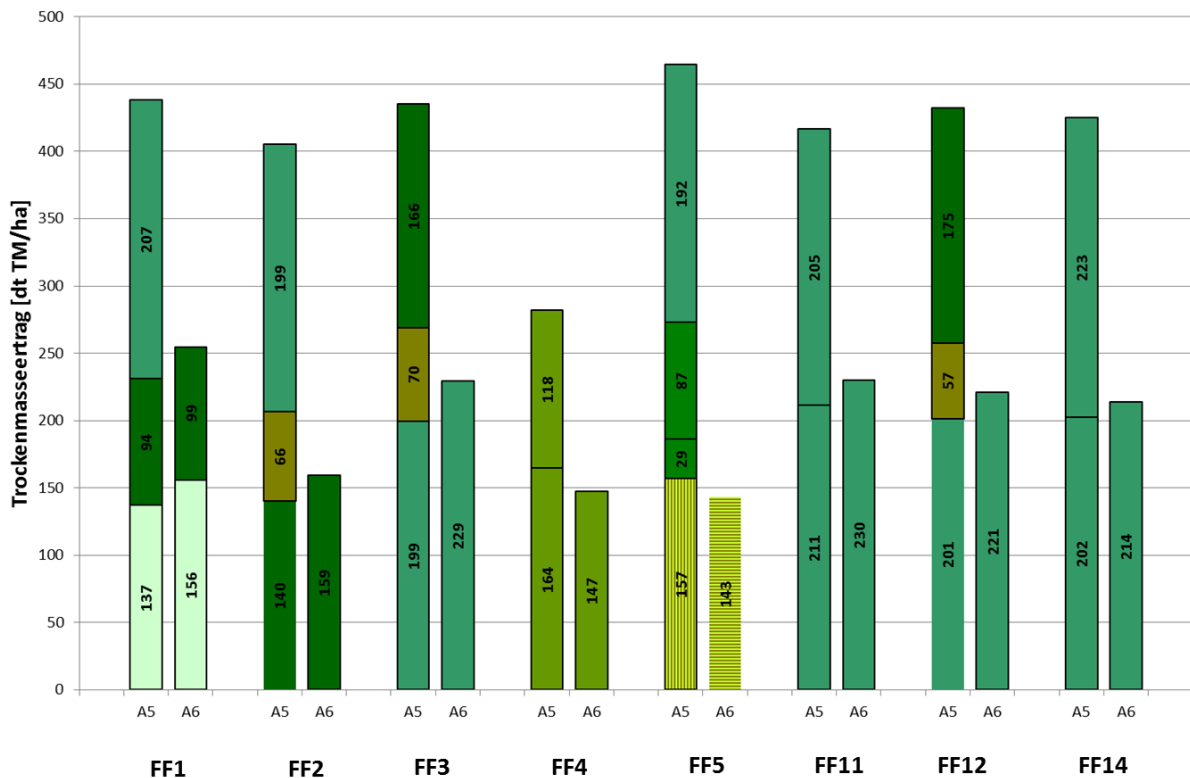


Abbildung 3: Kumulierte TM-Erträge der Fruchtfolgen der Anlage 5 und 6 des Standortes Lindenhof in den Jahren 2013 und 2014

Insgesamt erreichen die Fruchtfolgen, mit Ausnahme der Fruchtfolge 4 (bisher nur Ackergras) sehr hohe Jahreserträge mit im Mittel deutlich über 200 dt TM/ha. In der Anlage 5 differieren die kumulierten TM-Erträge nach den ersten beiden Jahren um 60 dt TM/ha. Dabei ist die Wickroggen-W.Weidelgras-Mais Fruchtfolge (FF5) die ertragsstärkste und die Sorghum-Grünroggen-Mais Fruchtfolge (FF2) die ertragsschwächste Fruchtfolge. Die Mais-Monokultur liegt mit 416 dt TM/ha im Mittelfeld. Die Fruchtfolgen mit einer Winterzwischenfrucht weisen geringfügig höhere Erträge auf als die Mais-Monokultur. Die hinsichtlich der Fruchtfolgeglieder gleichen Fruchtfolgen FF3 und FF12 unterscheiden sich ertraglich kaum, obwohl die N-Menge in FF12 um 25 % reduziert ist. Auch in der Gewässerschutz Fruchtfolge (FF14) sind keine großen Ertragsunterschiede fest zu stellen.

6.3 Weiterführende Ergebnisse und Auswertungen

Weiterführende pflanzenbauliche Ergebnisse und Auswertungen sowie ökonomische und Nachhaltigkeitsbewertungen sind in Arbeit.

7 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die ersten beiden Jahre in der EVA III Projektphase bestätigen die hohen TM-Erträge der Energiepflanzenfruchtfolgen am Standort Lindenhof in Schleswig-Holstein, die in der vorigen Projektphase II schon festgestellt wurden. Dabei führen vielseitige Fruchtfolgen auf der Basis von Silomais, ergänzt durch Winterzwischenfrüchte zu überwiegend höheren Erträgen als Silomais-Monokulturen (Wulfes, 2012a; Wulfes, 2012b; Wulfes et al., 2011a; Wulfes et al., 2011b; Kropf et al., 2011). Getreide-GPS mit Wickroggen oder Wintergerste erreichen durchschnittliche TM-Erträge von 150 dt/ha. Ergänzende Sommerzwischenfrüchte (Sorghum oder Ackergras) mit 80 bis 100 dt TM/ha führen ebenfalls zu Jahreserträgen über 200 dt TM/ha in einer Fruchtfolge. Untersaaten in Maisbeständen beeinträchtigen bisher nicht die Ertragsfähigkeit des Maises, ebenso wie eine Reduktion der N-Düngung. Somit sind Silomais-Monokulturen in Schleswig-Holstein durch vielseitigere Energiepflanzenfruchtfolgen mit mehreren Kulturen durchaus ersetzbar.

Die positiven Auswirkungen auf den N-Haushalt und weitere Kennzahlen zur Nachhaltigkeit des Anbaus der Kulturen sowie ökonomische Auswertungen sind Gegenstand weiterer Untersuchungen der beteiligten Institutionen im EVA-Projekt.

8 AI Anhangtabellen

Anhang 1: Bewirtschaftungsdaten und Erträge der 5. Anlage der Fruchtfolgen 1 bis 4 am Standort Lindenhof 2013 und 2014

Anlage 5		Anbau					Düngung								PSM				
FF	Frucht	Ernte- jahr	Sorte	Saatstärke Kf Kö/m²	Saat- termin	Ernte- termin	TM-Ertrag dt/ha	Datum	Dünger	Menge N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	MgO kg/ha	S kg/ha	Datum	Mittel	Menge l/ha		
FF1	W.Gerste	2013	Lomerit	300	17.09.2012	02.07.2013	137,0	27.02.2013	NPK 15-9-20-2-3	567	85	51	113	11	17	19.10.2012	Herold	0,2 kg	
								28.02.2013	Excello Basis	120	0	0	0	16	0	19.10.2012	Boxer	2,5	
								05.04.2013	KAS 27-4	222	60	0	0	9	0	05.05.2013	Cirkon	0,8	
								15.05.2013	KAS 27-4	148	40	0	0	6	0	16.05.2013	Adexar	1,3	
																	05.05.2013	Moddus	0,3
															05.05.2013	Camposan Extra	0,3		
Sorghum (SZF)	2013	Zerberus	30	03.07.2013	24.10.2013	94,2	09.07.2013	NPK 15-9-20-2-3	600	90	54	120	12	18	30.07.2013	Arrat	0,2 kg		
							09.07.2013	KAS 27-4	111	30	0	0	4	0	30.07.2013	Certol B	0,5		
Mais	2014	Ronaldinio	10	22.04.2014	22.09.2013	207,1	22.04.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	22.04.2014	Laudis	1,5		
							22.04.2014	NPK 17-6-18-2-6	765	130	46	138	15	46	22.04.2014	Gardo Gold	1,5		
																		05.05.2014	Calaris
															05.05.2014	Dual Gold	1,0		
FF2	Sorghum (HF)	2013	Zerberus	30	06.05.2013	07.10.2013	140,1	22.04.2013	Excello Basis	120	0	0	0	16	0	07.06.2013	Certol B	0,5	
								23.04.2013	Kieserit granuliert 25-20	100	0	0	0	25	20	07.06.2013	Gardo Gold	3,0	
								24.04.2013	Korn-Kali 40-6-4-3	100	0	0	40	6	4	02.07.2013	Arrat	0,2 kg	
								08.05.2013	NP 20-20-0-4	300	60	60	0	0	12				
								08.05.2013	NPK 15-9-20-2-3	600	90	54	120	12	18				
Roggen (WZF)	2014	Vitallo	300	08.10.2013	05.05.2014	66,3	26.02.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	250	0	0	100	15	10	10.04.2014	CCC 720	2,0		
							27.02.2014	KAS 27-3	296	80	0	0	9	0	10.04.2014	Moddus	0,2		
							03.03.2014	Triple-Superphosphat 46-	109	0	50	0	0	2					
							07.03.2014	Kieserit granuliert 25-20	100	0	0	0	25	20					
							24.03.2014	KAS 27-3	148	40	0	0	4	0					
Mais (ZF)	2014	Ronaldinio	10	16.05.2013	01.10.2014	198,7	16.05.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	07.06.2014	Calaris	0,6		
							20.05.2014	NPK 17-6-18-2-6	765	130	46	138	15	46	07.06.2014	Dual Gold	0,8		
																	07.06.2014	Milagro Forte	0,3
FF3	Mais	2013	Ronaldinio	10	22.04.2013	02.10.2013	199,1	22.04.2013	Excello Basis	120	0	0	0	16	0	17.05.2013	Gardo Gold	1,5	
								22.04.2013	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	17.05.2013	Laudis	1,5	
								23.04.2013	Kieserit granuliert 25-20	100	0	0	0	25	20				
								23.04.2013	NPK 15-9-20-2-3	800	120	72	160	16	24				
								26.02.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	250	0	0	100	15	10	10.04.2014	CCC 720	2,0	
Roggen (WZF)	2014	Vitallo	300	08.10.2013	05.05.2014	69,8	27.02.2014	KAS 27-3	296	80	0	0	9	0	10.04.2014	Moddus	0,2		
							03.03.2014	Triple-Superphosphat 46-	109	0	50	0	0	2					
							07.03.2014	Kieserit granuliert 25-20	100	0	0	0	25	20					
							24.03.2014	KAS 27-3	148	40	0	0	4	0					
Sorghum (ZF)	2014	Tarzan	30	17.05.2014	02.10.2014	166,2	17.05.2014	NP 20-20-0-4	300	60	60	0	0	12	07.06.2014	Gardo Gold	4,0		
							19.05.2014	NPK 17-6-18-2-6	529	90	32	95	11	32	07.06.2014	Buctril	0,3		
FF4	Ackerfutter 1. HNJ	2013	A3, S1	35 kg/ha	24.08.2012	05.06.2013	57,5	04.03.2013	NPK 15-9-20-2-3	800	120	72	160	16	24				
			A3, S2			18.07.2013	56,1	05.06.2013	NPK 15-9-20-2-3	267	40	24	53	5	8				
			A3, S2						05.06.2013	KAS 27-4	148	40	0	0	6	0			
			A3, S3			29.08.2013	30,4	19.07.2013	NPK 15-9-20-2-3	267	40	24	53	5	8				
			A3, S3						19.07.2013	KAS 27-4	148	40	0	0	6	0			
			A3, S4			18.10.2013	20,4	29.08.2013	KAS 27-4	222	60	0	0	9	0				
			A3, S1						28.04.2013	Excello Basis	120	0	0	0	16	0			
			A3, S1			15.05.2014	56,5	26.02.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	250	0	0	100	15	10				
			A3, S1						07.03.2014	KAS 27-3	237	64,00	0,00	0,00	7,11	0,00			
			A3, S1						07.03.2014	NPK 17-6-18-2-6	333	56,67	20,00	60,00	6,67	20,00			
A3, S2			23.06.2014	39,9	20.05.2014	KAS 27-3	111	30,00	0,00	0,00	3,33	0,00							
A3, S2						20.05.2014	NPK 17-6-18-2-6	294	50,00	17,65	52,94	5,88	17,65						
A3, S3			04.08.2014	21,9	25.06.2014	NPK 17-6-18-2-6	353	60,00	21,18	63,53	7,06	21,18							
A3, S4						07.08.2014	KAS 27-3	148	40,00	0,00	0,00	4,44	0,00						

Anhang 2: Bewirtschaftungsdaten und Erträge der 5. Anlage der Fruchtfolgen 5 bis 14 am Standort Lindenhof 2013 und 2014

Anlage 5		Anbau					Düngung						PSM						
FF	Frucht	Ernte-jahr	Sorte	Saatstärke kf Kö/m ²	Saat-termin	Ernte-termin	TM-Ertrag dt/ha	Datum	Dünger	Menge kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	MgO kg/ha	S kg/ha	Datum	Mittel	Menge l/ha	
FF5	Wickroggen	2013	WR-Minello	108 kg/ha	17.09.2012	11.07.2013	157,0	28.02.2013	NPK 15-9-20-2-3	567	85	51	113	11	17	28.04.2013	CCC 720	1,5	
			W-Welta	12 kg/ha					05.04.2013	KAS 27-4	296	80	0	0	12	0	28.04.2013	Calma	0,2
									28.02.2013	Excello Basis	120	0	0	0	16	0	28.04.2013	Pronto Plus	1,0
	W.Weidelgr.	2013	Sentinel	40 kg/ha	16.07.2013	22.10.2013	29,2	17.07.2013	KAS 27-4	296	80	0	0	12	0				
	W.Weidelgr.	2014	Sentinel				57,3	26.02.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	250	0	0	100	15	10				
								06.03.2014	KAS 27-3	444	120	0	0	13	0				
								07.03.2014	Triple-Superphosphat 46-	109	0	50	0	0	2				
Mais	2014	Ronalдино	10	16.05.2014	01.10.2014	192,0	16.05.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	07.06.2014	Calaris	0,6		
							20.05.2014	NPK 17-6-18-2-6	765	130	46	138	15	46	07.06.2014	Dual Gold	0,8		
															07.06.2014	Milagro Forte	0,3		
FF11	Mais	2013	Ronalдино	10	22.04.2013	02.10.2013	211,1	22.04.2013	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	17.05.2013	Gardo Gold	1,5	
								22.04.2013	NPK 15-9-20-2-3	800	120	72	160	16	24	17.05.2013	Laudis	1,5	
								22.04.2013	Excello Basis	120	0	0	0	16	0				
		2014	Ronalдино	10	22.04.2014	22.09.2014	205,2	22.04.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	05.05.2014	Calaris	0,5	
								22.04.2014	NPK 17-6-18-2-6	765	130	46	138	15	46	05.05.2014	Dual Gold	1,0	
																10.06.2014	Milagro Forte	0,5	
																10.06.2014	Peak	0,16 kg	
FF12	Mais	2013	Ronalдино	10	22.04.2013	02.10.2013	201,0	22.04.2013	NPK 15-9-20-2-3	550	83	50	110	11	17	17.05.2013	Gardo Gold	1,5	
								22.04.2013	Korn-Kali 40-6-4-3	125	0	0	50	8	5	17.05.2013	Laudis	1,5	
								22.04.2013	Excello Basis	120	0	0	0	16	0				
								22.04.2013	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6				
Roggen (WZF)	2014	Vitallo	300	08.10.2013	05.05.2014	56,5	26.02.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	250	0	0	100	15	10	10.04.2014	CCC 720	2,0		
							27.02.2014	KAS 27-3	333	90	0	0	10	0	10.04.2014	Moddus	0,2		
							03.03.2014	Triple-Superphosphat 46-	109	0	50	0	0	2					
							07.03.2014	Kieserit granuliert 25-20	100	0	0	0	25	20					
Sorghum (ZF)	2014	Tarzan	30	17.05.2014	02.10.2014	174,9	17.05.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	07.06.2014	Gardo Gold	4,0		
							19.05.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	100	0	0	40	6	4	07.06.2014	Buctril	0,3		
							19.06.2014	NPK 17-6-18-2-6	529	90	32	95	11	32					
FF14	Mais Dt. Weidelgras	2013	Ronalдино	10	22.04.2013	02.10.2013	202,4	22.04.2013	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	17.05.2013	Callisto	0,8	
			Kubus	12 kg/ha	05.06.2013	Gd													
									22.04.2013	NPK 15-9-20-2-3	800	120	72	160	16	24	17.05.2013	Gardo Gold	1,0
								22.04.2013	Excello Basis	120	0	0	0	16	0				
Mais Dt. Weidelgras	2014	Ronalдино	10	22.04.2014	22.09.2014	222,5	22.04.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	16.05.2013	Callisto	0,5		
							03.06.2014	Gd											
			Kubus	12 kg/ha	03.06.2014	Gd													
								22.04.2014	NPK 17-6-18-2-6	765	130	46	138	15	46	16.05.2013	Gardo Gold	1,0	

Anhang 3: Bewirtschaftungsdaten und Erträge der 6. Anlage der Fruchtfolgen 1 bis 14 am Standort Lindenhof 2014

Anlage 6			Anbau				Düngung							PSM				
FF	Frucht	Ernte-jahr	Sorte	Saatstärke kf Kö/m ²	Saat-termin	Ernte-termin	TM-Ertrag dt/ha	Datum	Dünger	Menge N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	MgO kg/ha	S kg/ha	Datum	Mittel	Menge l/ha	
FF1	W.Gerste	2014	Lomerit	300	19.09.2013	12.06.2014	155,7	25.02.2014	KAS 27-3	222	60	0	0	9	0	07.10.2013	Bacara	0,5
								26.02.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	250	0	0	100	15	10	07.10.2013	Cadou SC	0,2
								03.03.2014	Triple-Superphosphat 46-	152	0	70	0	0	3	11.04.2014	Vegas	0,2
								07.03.2014	Kieserit granuliert 25-20	100	0	0	0	25	20	11.04.2014	Camposan Extra	0,2
								24.03.2014	KAS 27-3	259	70	0	0	8	0	11.04.2014	Moddus	0,3
								24.04.2014	KAS 27-3	148	40	0	0	4	0	11.04.2014	Cirkon	1,0
															25.04.2014	Moddus	0,2	
																25.04.2014	Camposan Extra	0,2
	Sorghum (SZF)	2014	Tarzan	30	13.06.2014	16.10.2014	99,0	13.06.2014	NP 20-20-0-4	300	60	60	0	0	12	18.07.2014	Gardo Gold	4
								18.06.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	250	0	0	100	15	10	18.07.2014	Certral B	0,3
								18.06.2014	KAS 27-3	222	60	0	0	9	0			
FF2	Sorghum (HF)	2014	Tarzan	30	17.05.2014	02.10.2014	159,2	17.05.2014	NP 20-20-0-4	300	60	60	0	0	12	07.06.2014	Gardo Gold	4
								17.05.2014	NPK 17-6-18-2-6	529	90	32	95	11	32	07.06.2014	Buctril	0,3
								17.05.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	75	0	0	30	5	3			
FF3	Mais	2014	Ronaldinio	10	22.04.2014	01.10.2014	229,1	22.04.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	05.05.2014	Calaris	0,5
								22.04.2014	NPK 17-6-18-2-6	765	130	46	138	15	46	05.05.2014	Dual Gold	1
FF4	Ackerfutter 1. HNJ	2014	A3, S1	35 kg/ha	29.08.2013	15.05.2014	62,1	26.02.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	250	0	0	100	15	10			
			A3, S1					06.03.2014	KAS 27-3	237	64	0	0	7	0			
			A3, S1	23.06.2014	56,0	06.03.2014	NPK 17-6-18-2-6	333	57	20	60	7	20					
			A3, S2			20.05.2014	KAS 27-3	111	30	0	0	3	0					
			A3, S2	04.08.2014	29,1	20.05.2014	NPK 17-6-18-2-6	294	50	18	53	6	18					
			A3, S3			25.06.2014	NPK 17-6-18-2-6	353	60	21	64	7	21					
A3, S4	07.08.2014	KAS 27-3	148	40	0	0	4	0										
FF5	Wickroggen	2014	Wickroggen I Roggen+Wicken+W.Weidelgras Conduct (75%), Welta (10%), Ligande (15%)	130 kg/ha	12.09.2013	26.06.2014	143,2	26.02.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	250	0	0	100	15	10	10.04.2014	Alto 240 EC	0,3
								03.03.2014	KAS 27-3	296	80	0	0	9	0	10.04.2014	CCC 720	2
								03.03.2014	Triple-Superphosphat 46-	152	0	70	0	0	3	10.04.2014	Moddus	0,2
								07.03.2014	Kieserit granuliert 25-20	80	0	0	0	20	16	25.04.2014	Camposan Extra	0,2
								25.03.2014	KAS 27-3	315	85	0	0	9	0	25.04.2014	Moddus	0,2
															07.05.2014	Seguris	1	
																07.05.2014	Karate Zeon	75 ml
	W.Weidelgr.	2014	Ligande		12.09.2013	22.10.2014		07.07.2014	KAS 27-3	296	80	0	0	9	0			
								07.07.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	150	0	0	60	10	6			
FF11	Mais	2014	Ronaldinio	10	22.04.2014	22.09.2014	230,2	22.04.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	05.05.2014	Dual Gold	1
								22.04.2014	NPK 17-6-18-2-6	765	130	46	138	15	46	05.05.2014	Calaris	0,5
																10.06.2014	Milagro Forte Pe	0,5
FF12	Mais	2014	Ronaldinio	10	22.04.2014	01.10.2014	221,1	22.04.2014	NPK 17-6-18-2-6	706	120	42	127	14	42	05.05.2014	Dual Gold	1
								22.04.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	05.05.2014	Calaris	0,5
								24.04.2014	Korn-Kali 40-6-4-3	125	0	0	50	8	5	10.06.2014	Milagro Forte Pe	0,5
FF14	Mais Dt. Weidelgras	2014	Ronaldinio	10	22.04.2014	22.09.2014	214,0	22.04.2014	NP 20-20-0-4	150	30	30	0	0	6	16.05.2014	Callisto	0,5
								22.04.2014	NPK 17-6-18-2-6	765	130	46	138	15	46	16.05.2014	Gardo Gold	1,0

9 All Veröffentlichungen und weiterführende Informationen

9.1 Veröffentlichungen

- Wulfes, R., 2012a: Was bringen Winterzwischenfrüchte? Ackergras und Grünroggen in intensiven Maisanbausystemen. LOP Landwirtschaft ohne Pflug, 8, 27 – 33.
- Wulfes, R., 2012b: Mais als Zweitfrucht oder als Hauptfrucht? Bauernblatt für Schleswig-Holstein, 11, 30 – 35.
- Wulfes, R., Ott, H. und R. Hünerjäger, 2011a: Leistungsfähigkeit von Energiepflanzenanbau-systemen mit Mais und Sorghum in Schleswig-Holstein. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 23, 276.
- Wulfes, R., Ott, H. und R. Hünerjäger, 2011b: Einfluss von Winterzwischenfrüchten auf die Ertragsleistung von Mais- und Sorghumkulturen in Schleswig-Holstein. In: Kalzendorf, C. und G. Riehl (Hrsg.): Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung. 55. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Ges. für Pflanzenbauwiss., Oldenburg. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 12, 152 – 158. http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2011_wulfes_et_al.pdf
- Kropf, U., Wulfes, R., Ott H. und R. Hünerjäger, 2011: Steigert Grünroggen die Produktivität? Bauernblatt für Schleswig-Holstein, 34, 27 – 30.

9.2 Weiterführende Informationen

Weiterführende Informationen von Kooperationspartnern in Schleswig-Holstein:

Kompetenzzentrum Biomassenutzung Schleswig-Holstein:

<http://www.biomassenutzung-sh.de>

Institut für Pflanzenbau und –züchtung der CAU Kiel:

<http://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de/de/startseite>

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein:

<http://www.lksh.de/startseite/>



Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Ergebnisbericht

Berichtszeitraum 2013 bis 2015

Thema: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands – Phase III (EVA III)

Teilprojekt 1: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen im Fruchtfolgeregime (Land Brandenburg)

Satellitenprojekt: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau

Laufzeit: 04/2013 – 11/2015 (Antrag vom 16.11.2012)

Förderkennzeichen: 22006012

Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Projektträger: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow

Beteiligte Bearbeiter / Institutionen:

G. Ebel (Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. - Koordinator),
E. Walter (Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg),
J. Eckner (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft),
D. Schubert und M. Grieb (Technologie und Förderzentrum Straubing),
C. Rieckmann (Landwirtschaftskammer Niedersachsen)

Potsdam, August.2016

Dr. M. Heiermann
Projektleiter

Dr. G. Ebel
Bearbeiter

1 EINLEITUNG

Die gesellschaftlichen/politischen Rahmenbedingungen für den Energiepflanzenanbau und die in dem Zusammenhang diskutierten Restriktionen aus Sicht des Gewässerschutzes (z. B. Saldo nicht größer als 60 kg N/ha bzw. Diskussion weitere Saldoabsenkung nach Entwurf Novellierung DVO) erfordern vertiefende Untersuchungen. Diesbezüglich wurden innerhalb der EVA-Versuche¹ im Satellitenprojekt „Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau“ an fünf verschiedenen Standorten Deutschlands praxisfähige Lösungsansätze erarbeitet. Folgende offene Fragen standen im Fokus der Untersuchungen:

- Wie wirkt sich der Anbau von abfrierenden und winterharten Zwischenfrüchten auf die N-Aufnahme der Pflanzen sowie auf die N-Verlagerung im Boden über Winter aus?
- Wie kann die N-Verlagerung im Winter minimiert werden?
- Gewährleistet die Bodendeckung im Sickerzeitraum eine Verminderung der Stickstoffverlagerung?
- Welche Kostenunterschiede bestehen zwischen den Varianten mit bzw. ohne Zwischenfruchtanbau?
- Wie hoch ist die Minderung des Deckungsbeitrages bei diesen wasserschutzrelevanten Maßnahmen?
- Welcher Förderbeitrag wäre notwendig, um mögliche monetäre Defizite auszugleichen?

Basis des Satellitenprojektes war ein Versuch mit Zwischenfrüchten (2012/13 bis November 2015). Im Folgenden werden in Kurzform pflanzenbauliche Ergebnisse vorgestellt.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 VERSUCHSKONZEPTION ZWISCHENFRÜCHTE (WINTERBEGRÜNUNG)

Etablierung von abfrierenden und winterharten Zwischenfrüchten (Winterbegrünung) nach Getreide bzw. Mais: Basis war ein orthogonaler Kern an den fünf Standorten (Tab. 2), der durch standortabhängige Zusatzprüfglieder ergänzt wurde (Tab. 1).

Tabelle 1: Etablierung von abfrierenden und winterharten Zwischenfrüchten (Winterbegrünung) nach Getreide bzw. Mais

Faktor	Stufen
A: Vorfrucht (Pflanzenart/ Erntetermin)*	a1: Getreide Korn (Winterweizen oder Winterroggen) a2: Mais früh (S180 bis S200) a3: Mais mittelfrüh bis mittelspät (S240 bis S260)
B: Zwischenfrucht (zeitlich versetzte Aussaat in Abhängigkeit der Vorfrucht Getreide, Mais bzw. Sorghum)	b1: ohne Winterbegrünung (Kontrolle) b2: Grünschnittroggen b3: Senf b4: winterharte Zwischenfrucht (standortdifferenziert)

* Baden-Württemberg Mais planmäßig mit höherer Siloreifezahl (ca. um 40)

Ziel dieses Versuchs war es, nach unterschiedlichen Ernteterminen von Getreide bzw. Mais (Reifegruppen und/oder Saattermin) einen Einfluss auf die Etablierung der Zwischenfrucht als Nachfrucht festzustellen.

¹ EVA = „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ FNR – FKZ: 22002305; 22013008 und 22006012 (vgl. <http://www.eva-verbund.de>) Projektträger: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. - finanziert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

2.2 STANDORTE

Die Versuche wurden an den Institutionen: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam/Bornim e.V. (ATB – Brandenburg – BB); Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ – Baden-Württemberg – BWB); Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ-Straubing Bayern); Landwirtschaftskammer Niedersachsen (NiS); Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL – TH) mit zwei Anlagen in den Zeiträumen 2012-14 und 2013-15 durchgeführt (vgl. Tab. 2). Durch das Projektende EVA 3 im November 2015 konnte die geplante und bereits im Feld stehende dritte Anlage weder zu Ende geführt noch umfassend ausgewertet werden.

Tabelle 2: Versuchsstandorte - Zwischenfruchtversuch

Versuchsstandorte: mj. Mittel	Forchheim (BWB)	Ascha (Bayern)	Werlte (NiS)	Burkersdorf (TH)	Güterfelde (BB)
Ackerzahl	45 (35-55)	47	30-40	36	29-35
Niederschlag (mm)	881	807	768	642	545
Temperatur (°C)	9,8	7,5	9,0	7,1	9,1

2.3 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG / DATENERHEBUNG

Die Zwischenfrüchte wurden pfluglos nach den Vorfrüchten etabliert. Nur die Zwischenfruchtvariante mit Ertragsfunktion (Grünschnittroggen b2 – Bewertung als Ganzpflanze/Bio-gassubstrat) ist mit 60 kg N/ha gedüngt worden. Senf (b3) und Winterrübsen (b4, Bsp. Standort Güterfelde) erhielten keine N-Düngung und wurden als Gründüngungsfrüchte gewertet. Die N-Düngung der im Versuch betrachteten Vorfrüchte erfolgte standortüblich (nach Entzug bzw. nach N-Sollwert). Für die Grunddüngung wurde die Gehaltsklasse C angestrebt. Der hier vorgestellte Versuchsansatz hatte explizit das Anbausystem und die daraus bedingte zeitlich veränderte Etablierung der Fruchtarten und nicht die Düngungseffekte im Fokus. Ein zusätzlicher Faktor der Gärrestdüngung würde hier wiederum die Auswertung (Nachwirkung organischer Dünger) deutlich erschweren. An den Standorten mit dem Gärrestversuch (Satellitenprojekt Gärrest innerhalb des EVA-Gesamtprojekts) ist ein Quervergleich möglich.

Die Untersuchungsparameter sind folgend aufgelistet:

Nmin und Bodenwasser (vor Saat, Vegetationsanfang, Vegetationsende, nach Ernte; 0-30, 30-60, 60-90 cm; bei den Zwischenfrüchten alle 4 Wochen Zeitraum: 15.10.-15.04. - wenn frostfrei),

Makronährstoffe Boden (vor Vegetationsbeginn im Frühjahr P, K, Mg, pH und Nt),
Biomasseschnitte der Zwischenfrucht (Nt-Pflanze vor Vegetationsende der Zwischenfrucht),

Ertrag/TM-Gehalt: Getreide-Korn/Strohertrag, TM-Ertrag Gesamtpflanze Mais (Sorghum) sowie Zwischenfrüchte,

Bestandesentwicklung und –merkmale (Entwicklungsstadien, Wuchshöhe, Deckungsgrad, Massenbildung bei Zwischenfrüchten),

Makronährstoffe Pflanze: Nt, P, K, Mg für Entzug/ Bilanzen,

Ökonomische Auswertung (Justus Liebig Universität Gießen),

Ökologische Auswertung (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg e.V. - ZALF).

Der Versuch ist ein Beitrag für die Gesamtbewertung Gewässerschutz im Projekt EVA und darüber hinaus. Eine umfassende Bewertung kann erfolgen. So war durch das Teilprojekt Ökonomie die Ermittlung der für die Regionen ökonomisch günstigsten Variante („Was kostet Gewässerschutz?“) geplant. Die Versuche liefern weitere detaillierte Daten für die ökologische Begleitforschung bezüglich der Auswertung Gewässerschutz (ZALF Müncheberg, und der Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt (IGLU Göttingen).

3 KURZDARSTELLUNG ERGEBNISSE UND FAZIT

An den Standorten (Tab. 2/3) ergaben differente z. T. extreme Witterungsbedingungen in der Vegetationsperiode 2013 stark abweichende Vorfruchterträge. Die Folge waren unterschiedlich hohe N-Entzüge und Rest-N_{min} Mengen im Boden.

So wurde z. B. auf dem im Mittel der Jahre ertragsschwachem Standort Güterfelde (Frühjahrs- und vorsommertrockener sandiger Standort Nordostdeutschlands; vgl. EVA-Teilbericht Brandenburg EBEL & HEIERMANN, 2016). Ertragsmaxima durch eine günstige Niederschlagsverteilung im Mai und Juni bei geringen Boden-N_{min} in 0-90 cm (≤ 10 kg/ha) nach der Ernte der Vorfrüchte 2013 und 2014 erreicht. Die flächendeckende Vorwinterentwicklung der Zwischenfrüchte mit entsprechenden Nährstoffentzügen begründete tolerable Boden-N_{min}-Mengen (< 30 kg/ha in 0-90 cm) im Mittel als auch zu jedem Probenahmetermin des Zeitraums 10/2013 bis 05/2014 (Tab. 3; bzw. Anhang < 40 kg Nitrat-N/ha im Zeitraum 10/2014 bis 04/2014).

Tabelle 3: Zwischenfruchtversuch, Standorte und Ergebnisse 2013/14

	Güterfelde	Forchheim	Ascha	Werlte	Burkersdorf
Ackerzahl	29-35	45	47	40	36
Niederschlag mm/a	545	881	807	768	642
mittlere Temp. °C	9,1	9,8	7,5	9,0	7,1
Einfluss Witterung 2012/13 auf Vorfrucht (VF)	+++	+	---	+	---
Ertrag Vorfrucht Getreide/Mais	94 / 188	76 / 188	105 / 106	90 / 205	83 / 72
N-Entzug durch Vorfrucht	+++	+	-	+++	---
N _{min} nach Vorfrucht (kg/ha)	≤ 10	< 25	50 / >150	$< 30 / 70$	$< 30 / > 100$
Zwischenfrucht nach Getreide/Mais	++/+	-	+/-	+/-	+/-

Ähnliche Tendenzen ergaben sich im Versuch in Forchheim (Körnermais-Region, Rheintal, Baden-Württemberg). Dagegen verursachten sehr geringe Maiserträge in Ascha (Verwitterungsböden der Vor- und Mittelgebirgslagen, Bayern) und Burkersdorf (Thüringen) deutlich geringere N-Entzüge und relativ hohe N_{min}-Mengen nach der Maisernte.

Die Entwicklung der Zwischenfrucht nach Mais war vor Winter an den Standorten Werlte (Futterbau-Veredlungsregion, Niedersachsen) und Ascha nur bedingt möglich (schlechter Aufgang). In Burkersdorf wurde bei der Variante ohne Winterbegrünung eine um ca. 80 kg/ha höhere N_{min}-Menge als bei Senf bzw. Grünschnittroggen nach Mais im Januar 2014 ermittelt. Der Nährstoffentzug der Winterbegrünung bewirkte in Güterfelde eine dreifach geringere N_{min}-Menge.

Da überwiegend Nitratstickstoff dominiert, besteht insbesondere in Fällen mit hohen N_{min}-Mengen z. B. nach Mais ohne Begrünung über Winter (s.o.) die Gefahr einer stärkeren Nitratverlagerung - vgl. Bsp. Anhang höhere Nitrat-N-Mengen ohne Bewuchs in Bodenschichten unter 30 cm bis zum Frühjahr 2013 bzw. im Februar 2014).

Zusammenfassung / Fazit:

- Eine ungünstige Witterung kann zu erhöhten Nachernte-Nmin-Mengen führen.
- Bewuchs im Zeitraum Herbst bis Frühjahr vermindert das Risiko einer Nitratverlagerung.
- Je zeitiger der Zwischenfruchtanbau und dessen erfolgreiche Etablierung erfolgt, desto günstiger wirkt sich diese auf das N-Aufnahmepotenzial / geringeres Verlagerungsrisiko aus. Hierbei ist allerdings die Saatbettqualität / Vorhandensein Pflanzenrückstände der Vorfrucht mit entscheidend. Eine verzögerte Entwicklung der Zwischenfrüchte kann in Wechselwirkung trockene Witterung (August/September) und Einarbeitung Stroh der Getreidevorfrucht auftreten.
- Der Mineralisierungsprozess durch die Bearbeitung ist zu berücksichtigen – z.B. erhöhte Nmin-Mengen 20 bis 30 Tage nach Aussaat von Grünschnittroggen und Senf.
- Senf mit Aussaat im August nach der Getreideernte ist in Abhängigkeit der Arten innerhalb der Fruchtfolge insbesondere nach Strohabfuhr (Einstreu innerhalb des Betriebs) zu empfehlen. Innerbetrieblich kann das Vorhandensein von Direktsaatmaschinen Vorteile aus ökonomischer/ökologischer Sicht erbringen (mögliche Reduzierung der Mineralisierung durch Minimalbodenbearbeitung).
- Winterrüben und Landsberger Gemenge sind mit Aussaat nach Mais Anfang September mögliche Fruchtarten, die den Boden noch ausreichend bedecken und Nährstoffe aufnehmen (gute Etablierung vorausgesetzt). Beide können mit entsprechender Bestandesführung im Folgejahr eine Ertragsfunktion (Gründüngung/ Futter) erbringen.
- Eine erfolgreiche Etablierung von Zwischenfrüchten bzw. gras- und getreidefreien Zwischenfruchtmischungen nach dem 15.09. ist schwierig. Dieses wird ebenfalls für Greeningmischungen für den möglichen Aussaatzeitraum Mitte September bis 30.09. eingeschätzt.
- Grünschnittroggen kann auch noch nach Maisernten bis Ende September gedreht werden, mit dem Ziel der Nmin Aufnahme im Herbst, milden Winter bis hin zum Frühjahr. Nach entsprechender Bestandesführung und Standortgüte erfüllt Grünschnittroggen als Vorfrucht im Zweitfruchtssystem eine Produktionsfunktion.

Für die Bewertung der Entwicklung des mineralischen Bodenstickstoffs in Anbaufolgen mit Zwischenfrüchten sind neben den Faktoren: Standort, Düngung, Witterung, ... die Anbausysteme (Bodenbearbeitung/ Fruchtfolgen) stärker für die Bewertung des mineralischen Boden-N heranzuziehen. Die Bewertung einzelner Nmin-Daten ohne Betrachtung des Anbausystems ist fahrlässig. Die EVA-Fruchtfolgeversuche am Standort Güterfelde haben gezeigt, dass trotz der gegen Null tendierenden N-Bilanzen in verschiedenen Anbausystemen Zeiträume mit höheren Nmin Werten aufgetreten sind (vgl. EBEL et. al., 2016). Zum Beispielen waren in Fruchtfolgen mit Leguminosen ein, zwei, ... Jahr(e) nach Umbruch die Boden-Nmin-Mengen zu den Nachfrüchten systemimmanent erhöht. Für die in EVA 3 betrachtete Anbaufolge Luzernegras mit der Nachfrucht Mais (Luzernegras/Winterroggen) kann die Nmin-Entwicklung über mehrere Jahre nach Umbruch des Luzernegrases aufgrund der Einstellung der Versuche = unvollständige Fruchtfolgerotation nicht mehr vorgenommen werden. Gleiches gilt für die hier beschriebenen Zwischenfruchtversuche. Eine geplante dritte Anbauperiode konnte nur bis zur Hauptfrucht ausgeführt werden. Die Entwicklung des mineralischen Bodenstickstoffes der folgenden Zwischenfruchtvarianten wurde aufgrund der Einstellung der Finanzierung

nicht mehr betrachtet und bewertet. Interessant wäre hier der Zusammenhang: - der Einfluss des verminderten Hauptfruchtertrages mit entsprechend geringeren Entzügen auf die Boden-Nmin-Entwicklung der Zwischenfrüchte - gegensätzlich zu den Vorjahren einiger Standorten gewesen. Die Wertung der Ergebnisse zweijähriger Anbauperioden ist nur bedingt geeignet.

In den letzten 3 Jahren wurden zum Thema Zwischenfruchtanbau folgende Beiträge veröffentlicht (weiteres ist dem Brandenburger EVA3-Bericht zu entnehmen).

POSTER

Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau; September 2015

BEITRÄGE

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2015): Nachhaltige Ganzpflanzengetreideproduktion in Nordostdeutschland. 127. VDLUFA Kongress in Göttingen, 2015, Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. 8 Seiten in Druck.

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. In: Tagungsband – Thüringer Bioenergetag in Jena am 26.02.2015, Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, S. 6-15

EBEL, G.; D. ZANDER; E. WALTER; J. ECKNER; C. RIECKMANN (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. In: Biogas in der Landwirtschaft. Stand und Perspektiven. Tagungsband des FNR/KTBL-Kongress in Potsdam am 22.-23.09.2015, Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Schrift 508, Darmstadt, S. 334-335.

EBEL, G.; D. ZANDER; E. WALTER; J. ECKNER; C. RIECKMANN (2015): Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. EVA informiert. Juli 2015, www.eva-verbund.de

VORTRÄGE

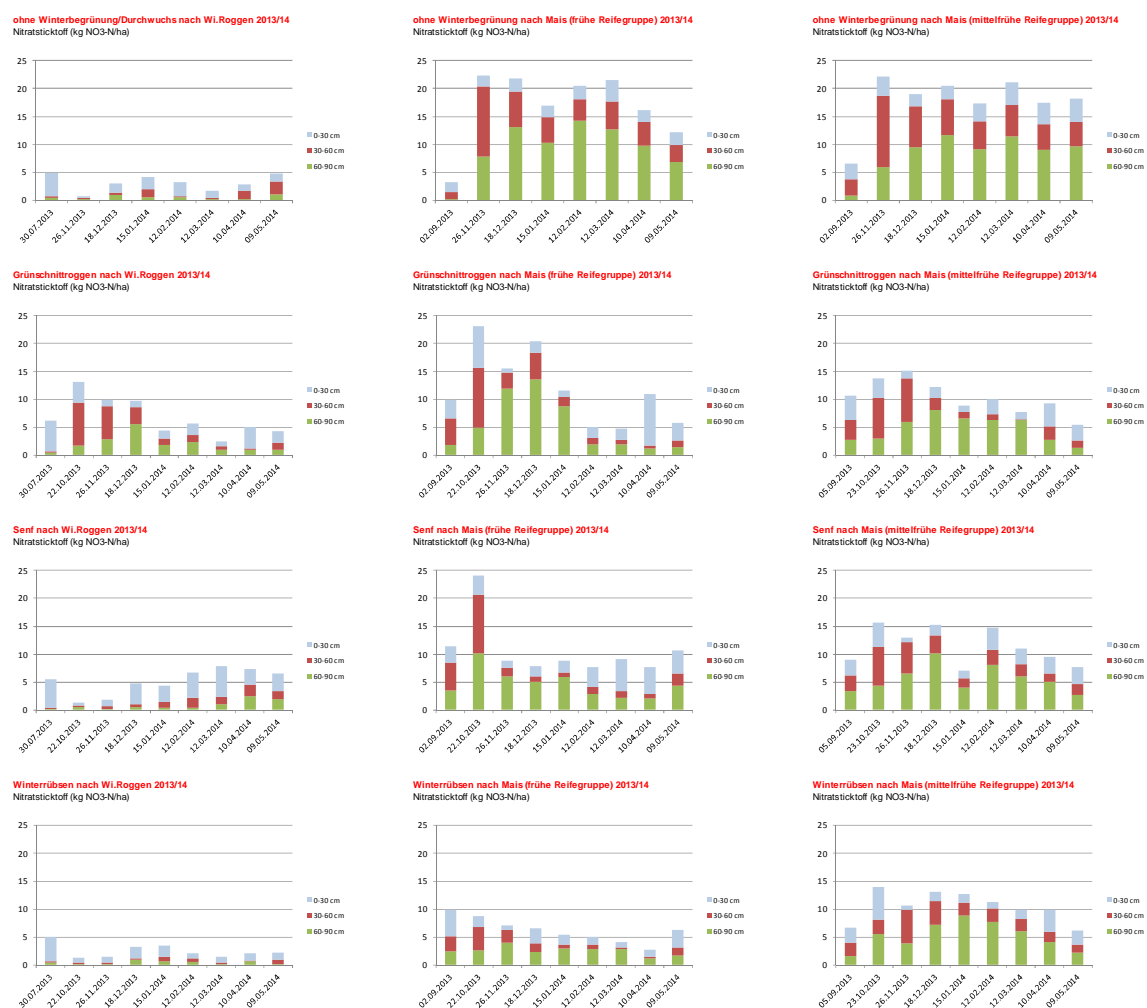
EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. Vortragsveranstaltung „Thüringer Bioenergetag“ in Jena am 26.02.2015

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. Feldtag zu alternativen Biogasmischungen und zur regionalen Vermehrung von Wildkräutern. Schmergow bei Phöben am 18.06.2015

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. ZANDER; C. RIECKMANN: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau. Feldtag „Energiepflanzen, Körnermais und Sonnenblumen“ in Ruhlsdorf und Güterfelde am 20.08.2015

EBEL, G.: Zwischenfrüchte – Vielfalt in Fruchtfolgen. 16. Raminer Futterbautag (Mecklenburg-Vorpommern) am 07.10.2015

EBEL, G.; J. ECKNER; E. WALTER; D. SCHUMANN; C. RIECKMANN: Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau - mehrjährige Entwicklungen des mineralischen Bodenstickstoffes in unterschiedlichen Fruchtfolgen. EVA-Projekttreffen in Freyburg/Unstrut am 21.10.2015



Anhang 1: Zwischenfruchtversuch Standort Güterfelde, Entwicklung des Nitrat-N (kg NO₃-N/ha) in der Schicht 0-90 cm 09/2013-05/2014 nach Vorfrucht Winterroggen und Zwischenfruchtaussaat August (10.09. Grünschnittroggen) - links; nach Vorfrucht Mais und Zwischenfruchtaussaat Anfang Sept. (20.09. Grünschnittroggen) – Mitte; nach Vorfrucht Mais und Zwischenfruchtaussaat Mitte Sept. (30.09. Grünschnittroggen) – rechts



Anhang 2: Zwischenfruchtversuch Standort Güterfelde, Entwicklung des Nitrat-N (kg NO₃-N/ha) in der Schicht 0-90 cm 09/2014-04/2015 nach Vorfrucht Winterroggen und Zwischenfruchtaussaat August (10.09. Grünschnittroggen) - links; nach Vorfrucht Mais und Zwischenfruchtaussaat Anfang Sept. (20.09. Grünschnittroggen) – Mitte; nach Vorfrucht Mais und Zwischenfruchtaussaat Mitte Sept. (30.09. Grünschnittroggen) – rechts

Empfehlung zum Anbau von Kulturpflanzen zur Biogaserzeugung unter besonderer Betrachtung des Gewässerschutzes auf Grundlage der langjährigen Versuchstätigkeit in Baden-Württemberg zur Verbesserung des Gewässerschutzes*

Agentur für Nachhaltige Nutzung von Agrarlandschaften

Dr. Y. Morgenstern und T. Hölscher

Bearbeitungszeitraum: 1.5.2015-31.8.2015

Überarbeitete Version vom 12.10.2015

Etliche Fehler durch LTZ behoben, 04.11.2015, E. W.

(Siehe I:\Sachgebiet NaWaRo\Projekt EVA\EVA III\Gewässerschutz_Sekundärauswertung\ANNA\3Zu_ANNA\Dokumentation_Änderungen von Original zu Fehler_z_T_behoben.docx)

Vorab an Herrn Ebel am 09.11.2015, nicht zur Weitergabe bestimmt



* Titel vom Auftraggeber vorgegeben

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	III
1. Einleitung und Ziel.....	1
2. Versuche zum gewässerschonendem Anbau in Baden-Württemberg.....	2
Versuche zu Anbauverfahren.....	2
Düngung.....	3
Zwischenfrüchte incl. Untersaaten.....	5
Bodenbearbeitung.....	6
Fruchtfolgen.....	7
3. Gärrestdüngung.....	9
Was sind Gärreste?.....	9
Anfall von Gärresten.....	10
Düngerwert von Gärresten.....	12
Lagerung von Gärresten.....	12
Düngeplanung.....	12
Ausbringung.....	13
4. Ergebnisse und Entwicklungen in Baden-Württemberg.....	16
4.1 Boden-Nitratgehalte im Herbst nach Kulturarten.....	16
4.2 Regionale Entwicklung von Silomais, GV-Besatz und Biogasanlagen in Baden-Württemberg.....	16
5. Fazit zur Verringerung des Stickstoffeintrags ins Grundwasser.....	27
5.1 Grundlagen für Handlungsempfehlungen.....	27
5.2 Fruchtfolgen zur Biogas-Substraterzeugung.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
5.3 Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Energiefruchtfolgen in Baden-Württemberg in Bezug auf den Gewässerschutz.....	30
Hauptkulturen versus Gewässerschutz.....	32
Bodenbearbeitung.....	32
Gärrestdüngung.....	32
Anbau im Zweikultur-Nutzungssystem.....	33
Zwischenfrüchte und Untersaaten.....	33
5.4 Handlungsempfehlungen zur Anbauoptimierung wichtiger Energiepflanzen in Baden-Württemberg in Bezug auf den Gewässerschutz.....	35

6. Literaturverzeichnis.....	42
Anhang	49
Rechtliche Rahmenbedingung bei der Biogasproduktion.....	49
Rechtsvorschriften im Wasserbereich	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stickstoffkreislauf im Biogasbetrieb	9
Abbildung 2: Trockenmasseerträge, Humuswirkung und Humusbilanz einiger Haupt-, Zwischen- und Zweitfrüchte am Standort Ettlingen (FNR, 2013 (S. 58))	11
Abbildung 3: N-Effizienz aus organischen Flüssigdüngern abhängig von Kulturart und Ausbringungszeitpunkt (FNR., 2013).....	13
Abbildung 4: Nitratgehalte im Herbst in den Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs verschiedener Kulturen, Mediane 0-90 cm, Daten aus 2004-2012 (Finck et al., 2013).....	16
Abbildung 5: Entwicklung der Rinderzahlen, Silomaisflächen und der Gesamtleistung Biogasanlagen in Baden-Württemberg seit 1979 (Finck et al., 2014-1)	17
Abbildung 6: Anzahl der Biogasanlagen in Baden-Württemberg auf Landkreisebene 2014 (LEL, 2015)	18
Abbildung 7: Entwicklung der Anzahl von Biogasanlagen 2004 (oben) und 2011 (unten) auf Landkreisebene (LEL, 2015)	19
Abbildung 8: Entwicklung der installierten elektrischen Leistung von Biogasanlagen 2004 (oben) und 2011 (unten) auf Landkreisebene (LEL, 2015)	20
Abbildung 9: GV je ha LF 2003 auf Gemeindeebene.....	21
Abbildung 10: GV je ha LF 2010 auf Gemeindeebene.....	21
Abbildung 11: GV je ha LF, Differenzkarte 2010 minus 2003	22
Abbildung 12: Anteil Silomais in % je ha LF in 2003	23
Abbildung 13: Anteil Silomais in % je ha LF in 2010.....	23
Abbildung 14: Anteil Silomais je ha LF, Differenzkarte 2010-2003.....	24
Abbildung 15: Risikokarte (rot=GV-Besatz stetig >1 GV je ha LF, Silomaisanteil steigend) auf Gemeindeebene bzgl. des potentiell erhöhten Stoffeintrages in die Grund- und Oberflächengewässer in Baden-Württemberg.	25
Abbildung 16: Betriebsstrukturen in Baden-Württemberg 2010 (www.atlas-agrarstatistik.de)	26
Abbildung 17: Restriktionen für die Gärrestaufbringung (DVGW, 2013)	49
Abbildung 18: Einteilung der Wasserschutzgebiete nach der Grundwasserbelastung (Deller, 2008)	51
Abbildung 19: Restriktionen für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung in den Wassergebietszonen (Deller, 2008)	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitpunkt und Nährstoffzugabe einiger Hauptkulturen (Haber et al., 2008, S.65), Rohdichte bei Gärresten 1,0 t/m ³ (t/ha=m ³ /ha).....	14
Tabelle 2: Vor- und Nachteile von Biogaskulturen (Grunewald, J. und Jäkel, K. , 2014)	29
Tabelle 3: Optimierungsbereiche zur Umsetzung eines grundwasserschonenden Betriebes von Biogasanlagen (v. Buttler et al., 2010)	31
Tabelle 4: Bewertung unterschiedlicher Energiepflanzen im Hinblick auf ihr Gefährdungspotential für den Gewässerschutz (v. Buttler et al. (2009), geändert Walter (LTZ Augustenberg))	35
Tabelle 5: Übersicht zu Geltungsbereichen relevanter Rechtsbestimmungen (DLG 2014).....	50

Abkürzungsverzeichnis

DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DS	Direktsaat
DüngeG	Düngegesetz
DÜV	Düngeverordnung
DüMV	Düngemittelverordnung
EVA	Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands
FF	Fruchtfolge
FM	Festmasse
FNR	Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe
GL	Grünland
GPS	Ganzpflanzensilage
GR	Gärrest
GrwV	Grundwasserverordnung
GV	Großvieheinheit
K	Kalium
LF	Landwirtschaftliche Fläche
LTZ	Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
MDÄ	Mineraldüngeräquivalent
Mg	Magnesium
MLR	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg
N	Stickstoff
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NID	Nitratinformationsdienst
NH ₄	Ammonium
N _{min}	Mineralisierter Stickstoff
NO ₃ /l	Nitratgehalt pro Liter
NPK	Nitrat-Phosphor-Kalium
P	Phosphor
PF	Pflug Frühjahr
PW	Pflug Winter
PSM	Pflanzenschutzmittel
RF	Reihenfrässaat
SchALVO	Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung
TM	Trockenmasse

TrinkwV	Trinkwasserverordnung
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSG	Wasserschutzgebiet
ZF	Zwischenfrüchte

1. Einleitung und Ziel

Die Zahl der Biogasanlagen ist in den letzten Jahren auch in Baden- Württemberg stark angestiegen. Damit verbunden ist ein vermehrter Anbau von Energiepflanzen in den letzten 10 Jahren (plus 50.000 ha), die auf Kosten der ab 2009 entfallenen Stilllegungsflächen (minus 40.000 ha) und der Sommergerste (minus 35.000 ha) gingen (Finck, 2014-1). So bauten Biogasbetriebe auf 40 % ihrer Ackerflächen Silomais an (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2014). Obwohl die Nitratgehalte im Grundwasser in Baden-Württemberg in den letzten Jahren rückläufig waren (LUBW, 2014), könnten durch die derzeit gängige Düngepraxis als auch durch die Ausbringung von Gärresten im Umkreis der Biogasanlagen die Nitratgehalte im Grundwasser wieder steigen.

Die Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen bietet das Potential zu einer dezentralen und bedarfsgerechten Energieversorgung von Strom, Gas und Wärme. Die weitere Intensivierung der Landwirtschaft sowie die steigende Zunahme von Mais v.a. zulasten von Getreide- und Grünlandflächen in der Vergangenheit führen dabei zur Verschlechterung des Grundwasserschutzes und sollte deshalb vermieden werden. Denn bei Grünland- und Brachenumbruch steigen die Nitratgehalte durch die zusätzliche Mineralisation (ca. 250-500 kg N/ha und Jahr). Ein gezielter Anbau von Energiepflanzen in Biogasfruchtfolgen und die bedarfsgerechte Düngung der Kulturen sind notwendig, um einerseits den Ertrag zu optimieren und andererseits die Umwelt zu schonen.

In Baden-Württemberg wurden in den letzten 25 Jahren zahlreiche Feld- und Laborversuche mit dem Ziel durchgeführt, den Nitratreintrag in das Grundwasser zu reduzieren. Insbesondere in den Wasserschutzgebieten, die einen Anteil von 26,4 % (9400 km²) der Landesfläche einnehmen (Statistisches Landesamt). Dabei wurden unter anderem die bedarfsgerechte Düngung, der Einfluss der Bodenbearbeitung, der Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten sowie der Einfluss von Fruchtfolgen untersucht.

Aus einer Auswahl von circa 60 Publikationen wurden die Kernaussagen zusammengefasst und sofern möglich, darüber hinausgehende, regionale Handlungsempfehlungen für Baden-Württemberg abgeleitet. Diese bauen auf den Versuchsergebnissen zum gewässerschonenden Pflanzenanbau bzw. der Erzeugung von Biomasse auf. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einem gewässerschonenden Anbau von Energiepflanzen für die Biogasanlagen.

2. Versuche zum gewässerschonendem Anbau in Baden-Württemberg

Insgesamt wurden ca. 45 Publikationen vom LTZ für den Bericht priorisiert. Zunächst wurden 20 Publikationen zur ersten Sichtung ausgesucht. 25 weitere Publikationen wurden nach Absprache mit in die Literaturlauswertung aufgenommen. Soweit digital verfügbar sind alle verwendeten Publikationen im Ordner: \Literatur_digital abgelegt. Der Inhalt der Publikationen wurde in eine Excel-Tabelle übersichtlich dokumentiert (**Versuchsübersicht.xlsx**). Dabei konnte zum Teil auf die Vorarbeiten des LTZ zurückgegriffen werden. Die Excel-Tabelle enthält neben den Publikationsdaten (Autor, Titel, Jahr, etc.) auch Schlagwörter, die Versuchsfrage bzw. das Ziel der Untersuchung und das Fazit der Ergebnisse. Des Weiteren wurden die Publikationen in die Kategorien bzgl. der Versuche für Bodenbearbeitung, Fruchtfolgen, Düngung und Zwischenfrüchte zugeordnet, so dass sich über die Filterfunktion Versuche zu den verschiedenen Themengebieten schnell zusammenstellen lassen. Die vorhandenen Spalten zur Versuchsbeschreibung, Lage des Standortes, Verfügbarkeit der Publikation wurden, soweit es möglich war, ergänzt.

Versuche zu Anbauverfahren

Vier der ausgewählten Publikationen beschäftigen sich mit allgemeinen Anbauverfahren zur Reduzierung des Nitrateintrags ins Grundwasser. **Ritz et al. (1996)** untersuchten den Einfluss der agrarischen Nutzung auf ein Einzugsgebiet (Bewirtschaftung, Entwicklung der Kulturpflanzen und der Nährstoffflüsse) und kamen unter anderem zu der Erkenntnis, dass die Nährstoffversorgung als auch die bessere Wasserversorgung von Kuppen- zu Tallagen zunimmt. Damit ist die Entwicklung der Pflanzen in Tallagen besser. Der Nmin-Verlauf ist von der Witterung, der Fruchtfolge und der Bewirtschaftung abhängig. Die höchsten Nmin-Werte gab es bei Sommerungen (Mais, Zuckerrüben, Sonnenblumen), die durch den späten Saattermin, das Düngemanagement und die Bodenbearbeitung verursacht wurden. Sowohl am Hangfuß als auch in den Kuppenlagen gab es eine ausgeprägte Nmin-Dynamik, die Maximalwerte der Ausschläge waren dabei am Oberhang höher als am Hangfuß. Bei gleicher Düngemenge erfolgten somit eine bessere Abschöpfung der Nährstoffvorräte am Hangfuß und ein N-Überschuss in den Kuppenlagen, wo die Zielderträge nicht immer realisiert werden konnten. Dennoch war die N-Bilanz am Hangfuß nicht ausgeglichen, da durch den zeitweiligen Stauwassereinfluss eine Verdünnung bzw. Abtransport von Nitrat möglich war. Es lagen gute Denitrifikationsbedingungen vor, was durch die relativ hohen Ammoniumgehalte im Vergleich zu den Nitratgehalten bestätigt wurde. **Vetter et al. (1995)** prüften inwieweit die Umsetzung der SchALVO in der betrieblichen Praxis möglich ist, insbesondere die Stickstoffdüngung bei Mais. Sie stellten in den WSG Hausen und Dreisamtal (Region Oberhein) beispielhaft fest, dass auch unter den Auflagen der SchALVO der Maisanbau rentabel und umweltschonend sein kann. So ist eine Ertragssteigerung bei gleichzeitig sinkenden Nitrateinträgen aufgrund kombinierter Maßnahmen möglich (2. Hacke zum späten Nachdüngetermin, Einführung von Untersaaten, Mulchsaat zur Folgekultur nach Mais, streng kontrollierte Düngung). Die Bodenbeprobung im 3.-5. Blattstadium des Mais hat sich für die Nachdüngung bewährt. Ein pflugloser Anbau der Folgekultur nach Mais wird empfohlen. Die Bewässerung begünstigt die Nitratverwertung. Eine Reduzierung der Humusgehalte ist notwendig (Dreisamtal) z.B. durch Reduzierung des Viehbesatzes und Änderung der Fruchtfolgen. Auch **Feldwisch et al. (2010)** beschäftigten sich mit der Umsetzung der SchALVO. Im WSG Mannheim-Rheinau prüften sie optimierte Anbauverfahren. Sie stellten eine abnehmende Tendenz der Stickstoffbilanzen (2004-2007) bei Ackerland, außer bei Spar-

gel, fest. Bei Kulturen mit erhöhten N-Salden sollte eine reduzierte Bodenbearbeitung und Begrü-
nung eingesetzt werden. Der Zwischenfruchtanbau bei Getreide wirkte sich positiv auf die N-min-
Werte im Herbst aus. **Vetter et al. (1999)** gingen dem Aspekt nach, inwiefern der ökologische
Landbau von vieharmen Betriebe einen Beitrag zur Nitratreduzierung in Wasserschutzgebieten
leisten kann. Im ökologischen Landbau werden schon zahlreiche Anbaumethoden genutzt, die
eine grundwasserschonende Bewirtschaftung erlauben. Die Hoftorbilanzen der untersuchten Be-
triebe im Oberrheingebiet waren überwiegend ausgeglichen. Die sehr geringen Stickstoffauswa-
schungen von 10 kg N/ha konnten durch Kopplung vieler Maßnahmen erreicht werden. Dazu zähl-
ten unter anderem der Verzicht auf Grasumbruch, Kartoffel- oder Gemüseanbau, konsequenter
Zwischenfruchtanbau, kein Einsatz organischer Düngemittel und Bodenbearbeitung zu Somme-
rungen erst im Spätwinter oder Frühjahr. Die Autoren kommen zu der Erkenntnis, dass konventi-
onelle Maßnahmen zum Grundwasserschutz mit hohen Zusatzkosten verbunden sind, der ökolo-
gische Landbau dagegen wäre ein Landnutzungssystem, das in den vieharmen bis viehlosen Be-
trieben der Oberrheinebene auch als kostengünstigeres Instrument für großflächigen Grundwas-
serschutz eingesetzt werden könnte. Für den Anbau von Biogassubstraten sind die Erkenntnisse
besonders zum Zwischenfruchtanbau interessant.

Düngung

Die ausgewählten Publikationen beschäftigen sich überwiegend mit dem Einsatz von Gärresten.
Haber et al. (2008) untersuchten die Inhaltsstoffe von Gärresten. Sie stellten fest, dass der Anteil
von organischen Substanzen und von Calcium zu gering ist. Somit wird der Humusbedarf nicht
ausreichend gedeckt und es erfolgt kein Anstieg des pH-Wertes im Boden. Die düngerelevante
Nährstoffzufuhr von N, P, K und Mg deckt im Mittel den Düngbedarf der Pflanzen. Für Nährstoff-
kalkulationen im Rahmen der Düngebilanz können für Stickstoff, Ammonium-N, Kalium und
Schwefel ca. 30-40 % und für Phosphor und Magnesium zu ca. 40-50 % angerechnet werden. Da
die Nährstoffe unterschiedlich löslich sind, stehen sie der Pflanze auch nur zum Teil zur Verfö-
gung. Gut löslich sind Kalium mit 100 %, Ammonium-N mit 80-90 % und Phosphor mit 60-70 %.
Nur Magnesium mit weniger als 20 % ist weniger gut löslich. Der Ammonium-N-Anteil, der ca. 60
% des Gesamt-N beträgt, ist kurzfristig voll düngewirksam. Der restliche Stickstoffanteil der über-
wiegend organisch gebunden ist, wird relativ schnell mineralisiert, da ein sehr enges C/N-
Verhältnis von 6-6,5/1 vorhanden ist. Da es oft eine große Streuung bei den Analysenwerten gibt,
ist eine zeitnahe Einzeluntersuchung der Gärreste (GR) vor der Ausbringung sinnvoll, um mög-
lichst eine optimale Nährstoffzufuhr berechnen zu können. Die Schwermetallgehalte sind in der
Regel kein Problem. Eventuell könnten Kupfer und Zink etwas erhöht sein. Dies sollte aber kein
Ausschlusskriterium für GR sein, da diese Metalle essentielle Spurennährstoffe sind. Eine zuver-
lässige Seuchenhygiene ist erst bei Temperaturen von 60-65 °C erreicht, sonst besteht erhöhte
Salmonellengefahr und der Anteil keimfähiger Samen könnte zu hoch sein. In der Praxis werden
diese Temperaturen eher selten erreicht, was die Wahrscheinlichkeit von keimfähigen Samen
größer 2 Samen/L FM erhöht. Es wurde kein Unterschied zwischen Gülle und GR bei Keimzahlen
zu Clostridien festgestellt und es gab auch keine Probleme mit pathogenen Keimen. Die Anwen-
dung von GR als organischer NPK-Dünger ist daher möglich, wenn folgendes beachtet wird: die
Gabenhöhe sollte stets an den Nährstoff- und Düngbedarf der Pflanze ausgerichtet sein, eine
Überdüngung sollte vermieden werden (Boden- u. Grundwasserschutz!), die zeitliche Nährstoffzu-
fuhr muss dem Pflanzenwachstum angepasst werden, Sperrfristen sind einzuhalten und eine ver-
lustarme Ausbringung ist zu gewährleisten (Technik, Boden- und Witterungsbedingungen beach-
ten, Teilgaben, N-bindende Zusätze verwenden).

Mokry (2014-1/2) untersuchte die Gärreste bezüglich ihrer Konsistenz und stellte fest, dass die pH-Werte der Feststoffe nach Separierung höher als die der flüssigen Gärreste sind. Die Ammoniumanteile frisch separierter Feststoffe liegen im Mittel bei 50 %. Die N-Verluste in Form von Ammoniak können besonders im Lager, aber auch bei der Ausbringung sehr hoch sein. Ökologisch und ökonomisch betrachtet, ist es zwingend erforderlich, die Lager der Feststoffhaufen abzudecken. Mit einer Düngergabe nach guter fachlicher Praxis könnten Kalk- und Humusverluste mit der Feststoff-Fraktion vollständig kompensiert werden. Alle im Rahmen des Monitorings untersuchten Gärreste sind aus seuchenhygienischer Sicht im Rahmen des Untersuchungsprogrammes des LTZ (*E. coli*, Summenparameter Clostridien, Salmonellen) als unbedenklich einzustufen.

Eine weitere Studie **von Mokry et al. (2012)** zeigt, dass die Maisdüngung allein mit Gärresten möglich ist. Allerdings ist hierbei die Witterung nach der Ausbringung der Gärreste mit Schleppschlauch und unverzüglicher Einarbeitung stärker ertragsentscheidend als bei der mineralischen Düngung. Das Ertragspotential hängt dabei stärker von den Bodenverhältnissen (Wasserhaushalt, Mineralisationspotential) und der Niederschlagsverteilung ab. Die Düngungshöhe von 100 % NID ist für gute Erträge ausreichend und liefert im Gegensatz zur überhöhten Düngung ein geringeres Auswaschungspotential.

Beim Einsatz organisch-mineralischer Flüssigdünger, wie Gülle oder Gärreste im Maisanbau, stellt das System „Unterflur-Depot“ eine sehr effektive Möglichkeit dar (**Mokry et al., 2013**). Die N-Verluste in Form von Ammoniak werden bei der Ausbringung reduziert. Die hochkonzentrierten Stickstoff-, aber auch Phosphat-Depots waren bis weit in die Hauptwachstumsphase stabil. Die Versorgung der Maispflanzen war optimal. Dadurch konnten höhere Maiserträge erzielt und die Nährstoffbilanzen verbessert werden. Bei Zugabe von Phosphor zum Unterflur-Depot war eine zusätzliche Ertragssteigerung von 10-20 % möglich. Mit Depotdüngern (Harnstoff-Ammonium-Sulfat-Lösung mit 20 % Stickstoff (14 % Harnstoff und 6% Ammonium) und 6 % Schwefel) und der Entwicklung eines Verfahrens zur Injektion des Depots beschäftigten sich **Maier et al. (2011)** und **ARVALIS (2014)**. Die Entwicklung eines neuen praxistauglichen serienreifen Präzisionsinjektionsgerätes mit ausreichender Arbeitsbreite für eine hohe Schlagkraft konnte im Projekt INDEE erreicht werden. Die Vorteile des neuen Gerätes sind geringe Kontaktfläche des Düngers mit dem Boden, geringere Zugkraftbedarf durch das Bodenbearbeitungswerkzeug, ein geschlossenes und konzentriertes Düngerdepot, eine ausreichende, exakte und konstante Tiefenführung sowie ein kompletter Schlitz- bzw. Hohlraumverschluss.

Elsäßer (2011-1) untersuchte, welche Ausbringraten auf Grünland mit Gülle oder Gärresten sinnvoll sind. Die Ergebnisse zeigten, dass eine zweimalige Ausbringung auf Grünland ausreichend und kostengünstiger ist. Es gab keine Trockenmasseunterschiede im Vergleich zur fünfmaligen Ausbringung. Weiterhin untersuchte **Elsäßer (2011-3)**, ob die Düngung mit Biogasresten unterschiedlicher Herkunft eine Auswirkung auf die Erträge und Pflanzenbestände von Dauergrünland hat. Gärreste aus pflanzlichen Substraten sind auf Grünland gut geeignet. Obwohl sich die Nährstoffgehalte der Substrate in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat stark unterschieden, hatten sie kaum Einfluss auf das Ertragspotential. Da der gemessene N-Entzug über das Erntegut höher als die N-zufuhr war, waren die Unterschiede zwischen Art der Gärreste und der Ausbringungszeitraum nicht so relevant. **Elsäßer (2011-2)** war der Frage nachgegangen worden, welche Unterschiede es bei nährstoffgleichen mineralischen und organischen Düngern auf die Erträge und die botanische Zusammensetzung bei Dauergrünland gibt und wie die Nährstoffverhältnisse im Aufwuchs sind. Bei Dauergrünland unter Schnittnutzung ist die Nitratauswaschung unproblematisch.

Es gab keine signifikanten Unterschiede bezüglich der verschiedenen N-Dünger, nur der Anteil der Leguminosen war bei Versuchen mit Gülle höher als bei nährstoffgleichen Mineraldüngern.

Zur Bilanzierung der Nährstoffflüsse und zur verbesserten Nitrat-Emissionskontrolle ist die Hoftorbilanz nach Meinung von **Scheck et al. (2008)** besser geeignet als die Feld-Stall Methode. **Kreins et al. (2009)** entwickelten ein Analysetool, das die Nährstoffsituation eines Einzugsgebietes abbildet. Das Modell ist übertragbar und soll Maßnahmenprogramme analytisch begleiten, den Handlungsbedarf regional anpassen und Begleitmaßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge in die Gewässer aufzeigen.

Mit Hilfe von GIS-gestützten Modellrechnungen lassen sich zulässige Stickstoffüberschüsse unter landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Stickstoffbilanzen und Herbst Nmin-Werten vergleichen (**Schuler, 2005**). So konnte für das WSG im Donauried ein N-Überschuss festgestellt werden, der auf die dort ungünstigen Standortbedingungen (47 % Mineralböden, 24 % Anmoorböden und 29 % Niedermoorböden – hohe Sickerwasserraten) zurückzuführen war. Eine Reduktion der N-Überschüsse um 30 % wäre notwendig, um den Grenzwert von 50 mg NO₃/l im Grundwasser zu erreichen.

Zwischenfrüchte incl. Untersaaten

Mit kostengünstigen Zwischenfrüchten nach Winterweizen sowie der Prüfung verschiedener Methoden und Mischungen beschäftigten sich **Kansy et al. (1995)**. Die Bereitstellung von Biomasse für Biogasanlagen war zwar seinerzeit nicht Zielsetzung der Untersuchungen, die Ergebnisse lassen sich aber auf den Zwischenfruchtanbau vor Mais, Sorghum, Sonnenblume und sonstigen Sommerungen zur Nutzung in Biogasanlagen anwenden. Der Aufgang der Untersaaten war stark von Witterungseinflüssen und vom Schneckenfrass abhängig, ebenso bei Stoppelsaat. Nur die Senf-Ölrettich Mischung war schneckenresistent. Bei einer Andüngung mit 40 kg N/ha entwickelten sich die Zwischenfrüchte deutlich besser. Die Stickstoffgabe von 40 kg N/ha führte auch zu höheren N-Aufnahmen. Die höchste N-Aufnahme wurde bei der Senf-Ölrettich-Mischung mit 193 kg N/ha festgestellt. Die Untersaat von Senf in den abreifenden Weizenbestand ist ein kostengünstiges Verfahren in Fruchtfolgen ohne Raps und bringt einen Entwicklungsvorsprung gegenüber Stoppelsaaten. Bei nachfolgender Stilllegung sind überwinternde Gras- oder Kleegras-mischungen zu wählen.

Schweiger et al. (2004) untersuchten den Trockenmasse (TM)-Ertrag und wie viel Stickstoff in Zwischenfrüchten gespeichert werden kann. Senf, Winterraps und Weidelgras nach Körnererbsen konnten bis zum Ende der Vegetationszeit (Anfang Dezember) eine oberirdische Trockenmasse von 6 - 7 t/ha erreichen. Der TM-Ertrag bei Phacelia, Ölrettich, Winterrüben und Grünroggen lag bei 5 - 6 t/ha. Hinzu kommt jeweils eine Wurzelmasse von 1 – 2 t/ha, die lediglich bei Weidelgras etwas höher war. Die N-Gehalte in der grünen Pflanzenmasse lagen zwischen 1.6 – 3 % N i.d.TM, in Ausnahmefällen auch etwas höher. In der Wurzelmasse nur 1 – 2 % N i.d.TM. In der Summe ergab sich eine N-Menge in der Biomasse von 150 – 220 kg N/ha bei Gelbsenf, Winterraps, Winterrüben, Grünroggen und Weidelgras (bei günstigen Verhältnissen), etwas weniger 150 – 170 kg N/ha bei Phacelia, Ölrettich und Winterroggen. Der Anteil in den Wurzeln betrug nicht mehr als 20-30 % der N-Aufnahme, bei winterharten Sorten höher als bei abfrierenden Kulturen.

Schweiger et al. (2004), **Fasler et al. (2008/1)**, **Fasler et al. (2008/2)** und **LTZ (2015-1)** beschäftigten sich mit der Frage: „Wie gut können verschiedene Gründüngungspflanzen bzw. Zwischen-

früchte den Stickstoff aufnehmen, über den Winter konservieren und der Folgefrucht zur Verfügung stellen?“. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass abfrierende Kulturen im Winter deutlich an Trockenmasse und Stickstoff verlieren, trotzdem verhindern sie die N-Auswaschung im Herbst bis zum Dezember. Bei günstiger Witterung kann der Stickstoff dennoch den Hauptkulturen zur Verfügung stehen. Am meisten konservierten die winterfesten Kulturen, besonders Weidelgras und Grünroggen. Bei Raps und Rübsen war die N-Konservierung eingeschränkt. Die überwinternde Begrünung nimmt den Stickstoff auch über den gesamten Winter bis zum April des Folgejahres aus dem Boden auf und konserviert ihn in der Pflanzenmasse. Dadurch verhindern die überwinternden Pflanzenarten eine N-Auswaschung im gesamten auswaschungsgefährdeten Zeitraum. Während der Vegetationsperiode kann dann der in den Pflanzen fixierte Stickstoff der Folgefrucht wieder zur Verfügung stehen. Die Einarbeitung der Zwischenfrüchte sollte daher nahe am Aussattermin erfolgen. Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten können somit Düngerkosten eingespart werden. Eine Aussaat der Zwischenfrüchte erst Mitte September ergab im Vergleich mit Aussaat Mitte August erhebliche geringere Biomassebildung und N-Entzüge der Zwischenfrüchte. Allerdings reagierten die verschiedenen Pflanzenarten auf einen späteren Saattermin in ihrer Ertragsleistung sehr unterschiedlich (**Walter, 2014**).

Besonders bei Lössböden, wie sie im Kraichgau vorzufinden sind, helfen Zwischenfrüchte die häufig auftretende Bodenerosion zu vermindern und die Bodenstruktur zu verbessern, indem sie gut durchwurzeln und eine hohe Regenwurmpopulation fördern (**Kern, 2014**). Die Ausbringung der Zwischenfrüchte im Vorsaatverfahren (10 Tage vor der Ernte) führte zu einem guten Aufgang. Der Einsatz von Pneumatikstreuern war besser geeignet als Schleuderstreuer (zu ungleichmäßig). Auch im Direktsaatverfahren waren eine gute Keimung und ein guter Auflauf der Zwischenfrüchte möglich. Im Allgemeinen sind durch den Anbau von Zwischenfrüchten weniger Unkräuter vorhanden. Das Verfahren ist zudem wassersparend, da eine extensive Bodenbearbeitung erfolgt. Die reduzierte Bodenbearbeitung (kein Pflug) führt somit auch dazu, dass die problematische Verdichtung von Lössböden bei der Bodenbearbeitung vermindert wird. Des Weiteren fördern Zwischenfrüchte die Mykorrhizapilze, was sich positiv für Folgekultur auswirkt. Nur Senf weist eine zu geringe Wurzeleistung auf und trägt daher weniger zur Verbesserung der Bodenstruktur bei.

Bodenbearbeitung

Mit der Frage, welche Bodenbearbeitung die Stickstoffauswaschung bei Silomais am besten reduzieren kann, beschäftigten sich **Unterseher et al. (2003)**. Bei der Gesamtbetrachtung (N-Auswaschung, TM-Erträge, Kosten, Befahrbarkeit und Erosionsschutz, Aufwand PSM) lieferte die Reihenfrässaat (RF) die besten Ergebnisse, danach folgten die Varianten Pflug im Frühjahr (PF), Direktsaat (DS) und Pflug im Winter (PW). Bei Direkt- und Reihenfrässaat liegen die Beträge der Maschinenkosten deutlich niedriger als bei den Pflugvarianten. Dem stehen jedoch bei den variablen Kosten z.T. höhere Aufwendungen beim Pflanzenschutzmitteleinsatz gegenüber. Ein Ausgleich der Kosten ist aber u. U. über Agrarumweltprogramme möglich. Bei der Direktsaat werden weniger TM-Erträge erzielt. Insgesamt waren alle Varianten praxistauglich. Auch Hölscher et al. (2007) zeigten in einem dreijährigen Praxisversuch, dass die Reihenfrässaat eine Alternative zum Maisanbau mit Pflug darstellt. Mit diesem pfluglosen Verfahren konnte eine Verbesserung bezüglich der Restnitratgehalte im Boden, der Bodenstruktur und des Erosionsschutzes erreicht werden. Das Verfahren wird daher auch für Betriebe mit Nitratproblemen von den Landwirtschaftsämtern empfohlen.

Die N_{min}-Werte zur Ernte (Mittelwerte über alle Standorte und Jahre (1996-2002)) waren bei der DS mit 35 kg N/ha am höchsten, gefolgt von der RF mit 28 kg N/ha, PF mit 21 kg N/ha und PW mit 19 kg N/ha. Die N_{min}-Werte im Frühjahr waren bei der DS am geringsten (~15 kg N/ha) und bei der PW-Variante am höchsten (~40 kg N/ha). Durch die Bodenbearbeitung erfolgt über den Winter also ein erhöhter Mineralisationsprozess, so dass mehr Stickstoff freigesetzt wird. **Kansy et al. (2008)** vergleichen verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren in den Jahren 1998-2007 an den Standorten Hausen und Biengen. Die N_{min}-Werte zum SchALVO-Termin lagen im Mittel bei der Variante Pflug im Herbst bei 52 kg N/ha, Scheibenegge im Frühjahr und im Herbst bei 54 kg N/ha, Pflug im Frühjahr bei 59 kg N/ha und Flügelscharrubber im Herbst bei 60 N kg/ha. Der Mittelwert über alle Standorte und Varianten betrug 57 kg N/ha und ohne das extreme Trockenjahr 2003 45 kg N/ha.

Die Effektivität der Zwischenfruchtarten hängt unter anderem vom Umbruchtermin ab. So ermittelten **Burtin et al. (1999)** erkennbare Merkmale zur Festlegung des Umbruchtermins. Bei Senf ist der Umbruch bis zum Winterbeginn sinnvoll und bei Rübsen ist der Umbruch erst im Frühjahr notwendig. Die Höhe der Senfsaat kann ein grobes Maß für die Stickstoffaufnahme sein. Bei milden Wintertemperaturen kann es zu einer schnellen Mineralisation des Stickstoffs der Zwischenfrüchte kommen. Eine Minderung der Nitratauswaschung kann dann nur durch eine späte Pflugfurche im Frühjahr erreicht werden. Die Auswirkungen der Zwischenfrüchte auf die Erträge der Folgekultur sind nicht einheitlich. **Finck et al. (2013)** stellen fest, dass eine verringerte Bodenbearbeitung besonders nach Silomais sinnvoll ist, um eine Reduzierung des Nitrat-Stickstoffs im Boden zu erreichen. Am besten ist es, erst kurz vor der Aussaat mit der Bodenbearbeitung zu beginnen.

Eine gravierende Belastung des Sickerwassers mit Nitrat stellte **Rohmann (1989)** bei Grünlandumbruch im Lysimeterversuch unter Freilandbedingungen fest. Je eine Umbruchsvariante von gedüngtem und ungedüngtem Grünland wurden mit der dazugehörigen naturbelassenen Variante verglichen. Im ersten Jahr stieg die NO₃-Konzentration um den Faktor 140 (ungedüngt) bzw. 300 (gedüngt) und im zweiten Jahr noch um den Faktor 80 bzw. 120 im Vergleich zu der naturbelassenen Variante (kein Umbruch) mit Werten von 3,8 und 3,2 mg/l im Sickerwasser. Es wurde ein wellenförmiger Verlauf der Nitratkonzentrationen in den Jahren 1987-1989 mit mittleren Nitratwerten von 522 mg/l (ungedüngt) und 980 mg NO₃⁻/l (gedüngt) im ersten Jahr beobachtet. Ein Anstieg von Chlorid und Sulfat war ebenfalls zu verzeichnen, aber nicht ganz so hoch.

Fruchtfolgen

Im Projekt EVA (Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortsbedingungen Deutschlands) werden seit 2005 Versuche zu viergliedrigen Fruchtfolgen in ganz Deutschland untersucht (**Mastel et al. 2008, Walter et al. 2013**). In Baden-Württemberg wurden die Versuche am Standort Ettlingen (Vorbergzone des nördlichen Schwarzwaldes in der Nähe des Rheintals, 170 m ü.NN, Lössboden, terrassierte Hanglage) durchgeführt. In der ersten Projektphase (2005-2008) wurde untersucht, ob Fruchtfolgen mit wechselnden Haupt- und Zwischenfrüchten, die einerseits als Lebensmittel andererseits als Energiepflanze Anwendung finden, eine nachhaltige Anbaualternative darstellen. Insgesamt wurden 9 Fruchtfolgen am Standort Ettlingen getestet, die alle mit einer Marktfrucht (Winterweizen) endeten. 5 Standard-Fruchtfolgen wurden in ganz Deutschland getestet. Die Ergebnisse liefern eine wichtige Grundlage für die Beratung in den verschiedenen Anbauregionen Deutschlands. Bei Betrachtung der vorliegenden Erträge (sowohl Biomasse- als

auch Energieerträge) kann für die Anbauregion „Körnermais-Sonnenblumen“ (Standort Ettlingen) festgehalten werden, dass sich der Anbau von C4 -Pflanzen aufgrund der nahezu optimalen Anbaubedingungen, mit warmen und langen Sommern bei gleichzeitig guter Wasserversorgung (hoher nutzbarer Feldkapazität des Bodens), am ertragreichsten darstellt. Fruchtfolgen, die einen hohen Anteil an Mais bzw. Sorghumarten besitzen, können in Kombination mit einem vorhergehenden Anbau von Wintergetreide zur GPS-Nutzung die höchsten Erträge realisieren. Der Silomais-Anbau weist den positivsten ökonomischen Effekt auf, jedoch müsste die negative Humusbilanz mit einer geeigneten Fruchtfolge und Gärresten ausgeglichen werden. Im zweiten Projektabschnitt EVA2 (2009-2013) wurden die Fruchtfolgen etwas modifiziert. Es wurden umfassende Analysen der unterschiedlichsten Fruchtfolgen durchgeführt, bezüglich ihrer Biomasse- bzw. Methanerträge sowie eine Evaluierung ihrer ökologischen bzw. ökonomischen Effekte in Abhängigkeit der Anbauregion. Es zeigte sich, dass die Mais- bzw. Sorghum-basierte Fruchtfolgen höchste Erträge erzielten. Maximale jährliche Trockenmasse-Erträge liefert im Versuch der Zweifruktanbau von Winterroggen kombiniert mit Mais (23 t TM/ha). Mit abnehmendem Ertrag schließen sich an: der alleinige Maisanbau, die Zweikulturnutzung von Wintergetreide mit Sorghumhirsen und der alleinige Anbau von Sorghumhirsen. Der Anbau von Wintergetreidearten und Winterraps als Winterzwischenfrüchte kann unter agrarökologischen Gesichtspunkten (Grundwasser- und Erosionsschutz) bedeutsam werden, vor allem aber Luzernengras mit dem zusätzlichen Effekt einer stark verbesserten Humusbilanz.

3. Gärrestdüngung

Was sind Gärreste?

Gärreste aus Biogasanlagen (Vergärung von Substraten aus landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben, auch gemischt mit tierischen Ausscheidungen, Bioabfälle) sind organische Düngemittel und sind somit als Wirtschaftsdünger zu behandeln. Sie werden überwiegend im Ackerbau und der Grünlanddüngung eingesetzt. Laut Düngemittelverordnung beträgt der Grenzwert für die Ausbringung von Gärresten aus Tierhaltung 170 kg N/ha. Stickstoff aus pflanzlichen Substraten ist noch nicht inbegriffen (Novellierung der Düngemittelverordnung steht an). Die Phosphorbilanz von max. 20 kg P₂O₅/ha*a muss im Mittel von sechs Jahren eingehalten werden.

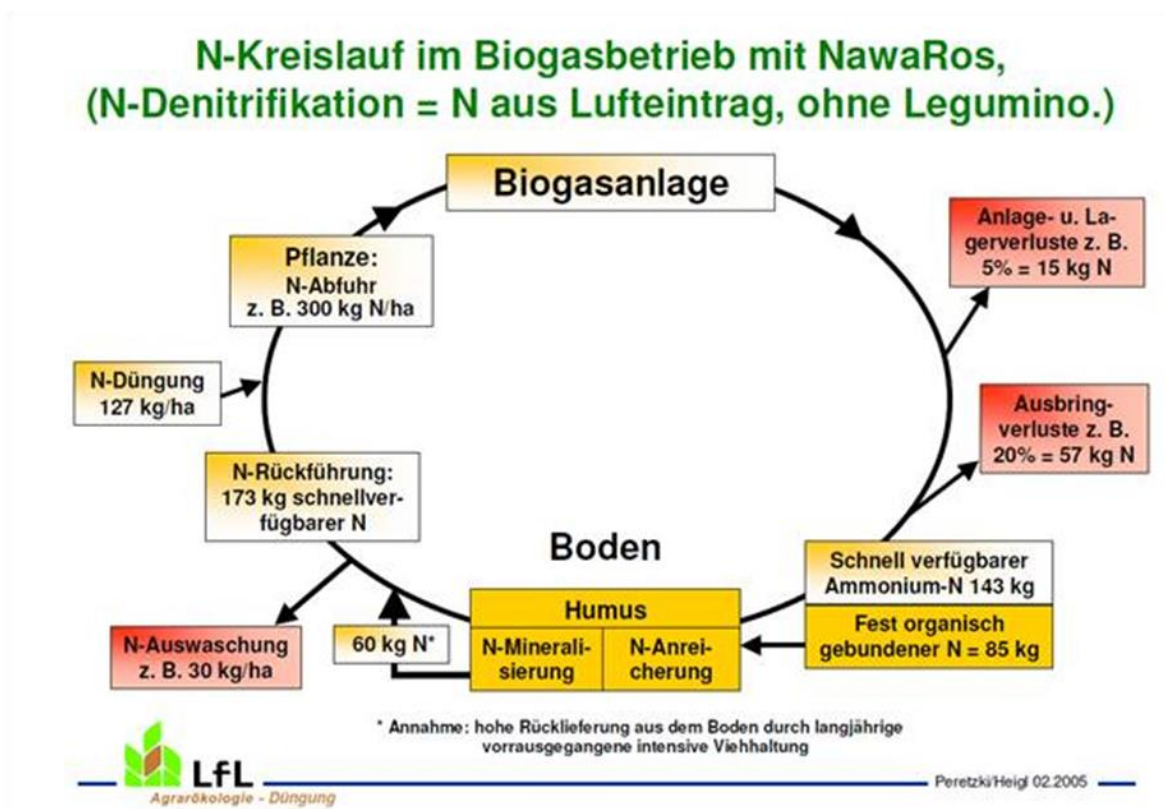


Abbildung 1: Stickstoffkreislauf im Biogasbetrieb

Vorteile der Gärrestdüngung

- ➔ Klimafreundlich durch weitgehend geschlossener Nährstoffkreislauf (Abbildung 1), da über die Gärreste Nährstoffe zurückgeführt werden. Beim Stickstoff entstehen allerdings im Gesamtprozess in Summe ca. 30-50 % Verluste innerhalb der Biogasanlage, durch Lager- und Ausbringungsverluste und durch Auswaschung ins Grundwasser. Beim Kohlenstoff gehen ca. 20-30 % Humus-C über Gärrest zurück, 70-80 % werden zu Biogas (Methan) umgebaut.
- ➔ weniger mineralischer Dünger notwendig
- ➔ weniger humuszehrend durch ausgebrachte organische Substanz
- ➔ Gärreste sind wertvolle organische Düngemittel mit nach DüMV maßgebenden Gehalten an Stickstoff, Phosphor und Kalium, die aufgrund ihrer allgemein guten Pflanzenverfügbarkeit einen wesentlichen Beitrag zur Düngung leisten (Haber et al., 2008)

- Aufgrund des engen C/N-Verhältnisses (im Mittel 6/1) und des hohen Ammoniumanteils (rd. 60 %) verfügen Gärreste über eine zügige und kurzfristige wirksame Stickstoff-Düngewirkung (Haber et al, 2008).
- Phosphor und Kalium sind in Gärresten allgemein gut pflanzenverfügbar und haben eine sehr gute Düngewirkung, häufig besser als die von Gülle. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Gesamtgehalte stark vom Substratmix abhängen. Kurzfristig deutlich weniger pflanzenverfügbar ist Magnesium, da es schwer löslich ist.
- Aufgrund der guten Düngewirkung sind alle Nährstoffzufuhren der Gärreste in der Nährstoff- und Düngebilanz voll anzurechnen
- Durch den Gärprozess verbessern sich die verfahrenstechnischen Eigenschaften von Gärresten im Vergleich zur Gülle. Die Fließfähigkeit nimmt zu, womit die Haftung an Pflanzenbeständen zurückgeht. Auch die Pumpfähigkeit ist daher besser. Ein schnelles Abtropfen von der Pflanze führt auch zu weniger Ammoniakverlusten und Pflanzenschädigungen sowie zu einer schnellen Aufnahme des Düngers im Boden (DLG, 2014).
- Der Säuregehalt nimmt deutlich ab, damit kann eine Verätzung der Pflanzenbestände beim Ausbringen vermieden werden (Haber et al., 2008).
- Die Geruchsemissionen werden im Vergleich zur Gülle deutlich reduziert (DLG, 2014).
- Reduzierung von Krankheitserregern durch Biogasprozess (Methangärung), Verbesserung der hygienischen Situation in der Landwirtschaft (Lebhuhn, M. et al., 2012).
- Bei Einarbeitung des Gärrestes kann das Risiko von N-Verlusten und Klimabelastung verringert werden, allerdings ist u.U. auch eine höhere Stickoxidemissionen durch die Verbringung des Gärrestes in den Boden möglich.

Nachteile und Risiken der Gärrestdüngung

- Bei langjährigen organischen Düngungen können erhebliche Stickstoffmengen organisch gebunden vorliegen und ein schwer zu kalkulierendes Nachlieferungspotenzial bergen.
- Die N-Zufuhr mit Gärresten bildet (neben Phosphor) den begrenzenden Faktor für die Gabenhöhe (Haber et al., 2008).
- hohe Ammoniakverluste aufgrund von hohen Ammoniumgehalten und hohen pH-Wert möglich
- hohe Lachgasemissionen und N-Auswaschung beim Ausbringen der Gärreste möglich (Optimierung der Ausbringtechnik notwendig)
- In der aktuellen Düngeverordnung (DÜV) ist die Obergrenze für Wirtschaftsdünger aus tierischer Herkunft auf 170 kg N/ha begrenzt. Somit müssen Wirtschaftsdünger aus pflanzlicher Herkunft bzw. dem Anbau von Energiepflanzen bisher nicht angerechnet werden. Dies kann zu einer Verschärfung des Nitratproblems führen. Mit der Novellierung der DÜV soll dies neu geregelt werden (Wüstenholz et al., 2014).
- Hohe Lagerkapazitäten für Gärrestsubstrate (mind. für 8 Monate, besser 10 Monate) notwendig, um eine bedarfsgerechte Düngung zu realisieren

Anfall von Gärresten

Lokal werden durch den Biogasanlagenbau große Nährstoffmengen gebündelt. Eine ausreichende Flächenausstattung für Gärrestrückfuhr ist aus Wasser- und Umweltschutzsicht unerlässlich. Werden zusätzlich zu den NawaRos (Nachwachsende Rohstoffe) Wirtschaftsdünger, Hühnerkot oder Abfälle vergoren, so kommt es zu einer Erhöhung der hektarbezogenen Nährstofffrachten gegenüber reiner NawaRo-Vergärung. Bei reinen NawaRo-Gärresten und grundwasserscho-

nenden Düngevorgabe von z.B. 120-150 kg N/ha kann die Rückfuhrfläche für die Gärreste deutlich über der Anbaufläche liegen. Bei Mischanlagen zeigt sich ein nochmals erhöhter Flächenbedarf bis zum doppelten der Anbauflächen. Eine differenzierte Flächenplanung ist daher notwendig und sollte betriebsindividuell erfolgen. Durch die Gärrestseparierung steigt die Transportwürdigkeit der Gärreste und kann somit zur Entlastung in WSG und Nährstoffüberschussgebieten beitragen (v. Buttler et al., 2010).

Abbildung 2 zeigt einen Überblick über mögliche Trockenmasseerträge, Humuswirkung und Humusbilanz einiger Haupt-, Zwischen- und Zweitfrüchte am warmen Standort Ettlingen.

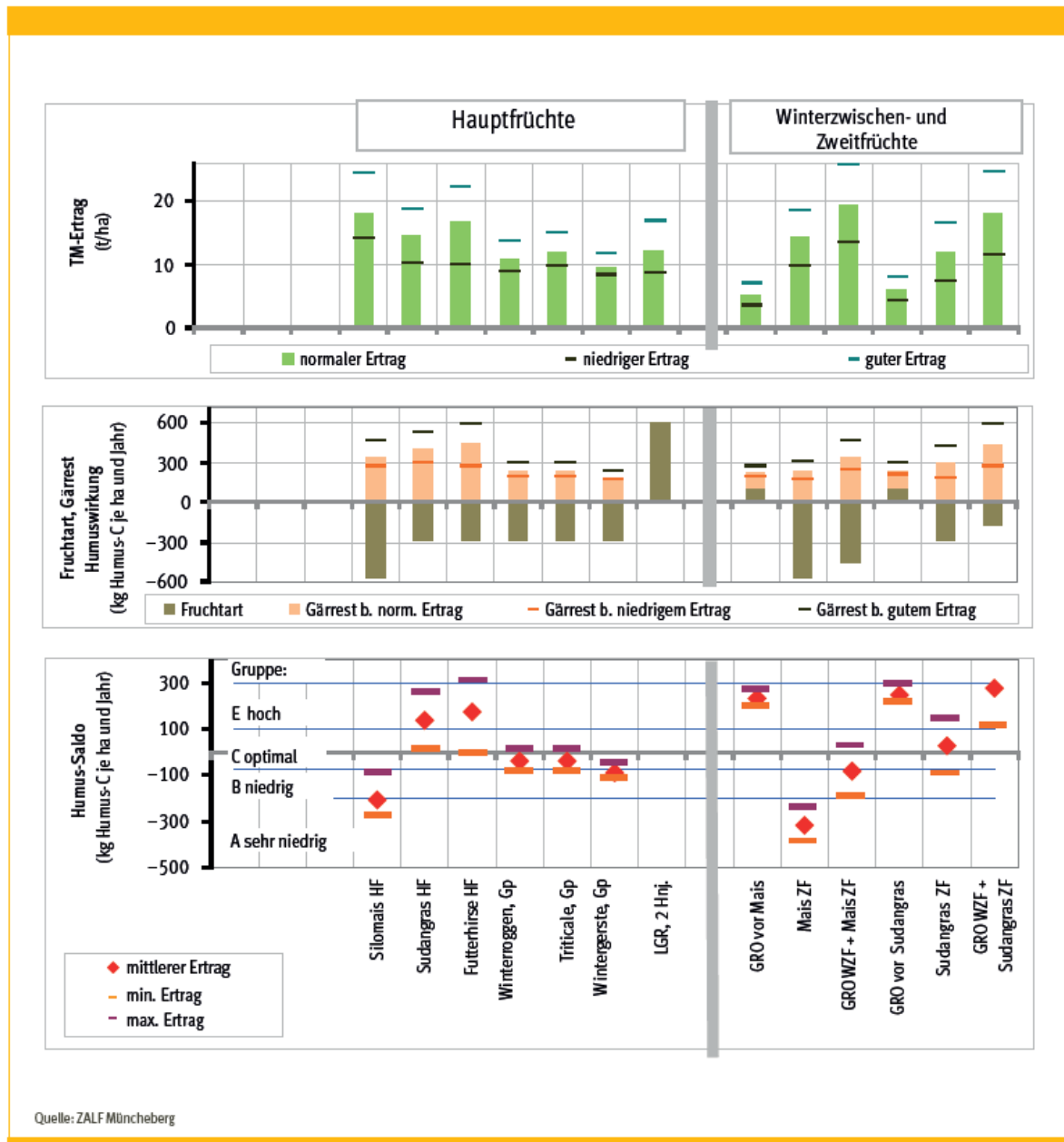


Abbildung 2: Trockenmasseerträge, Humuswirkung und Humusbilanz einiger Haupt-, Zwischen- und Zweitfrüchte am Standort Ettlingen (FNR, 2013 (S. 58))

Düngerwert von Gärresten

(v. Buttler et al., 2010)

- Bei der Gärrestdüngung ist ein vergleichbarer Ertrag mit 80 % Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) im Vergleich zu mineralischer Düngung erzielbar.
- Auf Standorten mit langjähriger Wirtschaftsdüngerzufuhr sollte dabei die standortspezifische N-Nachlieferung vollständig berücksichtigt werden (z.B. regelmäßiger Spät NID).
- Für Winterungen wird gegenwärtig die 70 %ige Anrechnung bei der Frühjahrsdüngung empfohlen. Da eine Anrechnung der Herbstdüngung schwierig ist, sollte diese vermieden werden. Kulturartenspezifische Details dazu sind in der Düngeverordnung geregelt.
- Anmoorige Standorte mit langjähriger Wirtschaftsdüngerzufuhr zeigen deutlich höhere und längere N-Freisetzen. Hier sollten Gärreste mit 100 % MDÄ berücksichtigt werden.
- Im MDÄ sind neben der Ammoniumverfügbarkeit auch die Ausbringverluste berücksichtigt.
- Phosphat, Magnesium, Kalium und Calcium sind immer zu 100 % ihres Nährstoffgehaltes anzurechnen.

Lagerung von Gärresten

(v. Buttler et al., 2010)

Eine optimierte Lagerung sollte die rechtlichen Gegebenheiten, insbesondere in Wasserschutzgebieten, schon bei der Lagerraumplanung berücksichtigen. Damit die Gärrestausbringung zum pflanzenphysiologisch optimalen Zeitpunkt und gewässerschonend erfolgen kann, ist eine Lagerkapazitäten von mindestens 8 bis 10 Monaten notwendig (besonders bei fehlenden Ausbringflächen, Sommerungen ohne Nachbau, ungünstiger Witterung). Es wird eine Abdeckung von Gärrestlagern empfohlen, um die N-Verluste zu reduzieren. Nur eine optimierte Lagerraumplanung ermöglicht eine effiziente Verwertung. Mit Hilfe von Lagerraumprogrammen können Applikationen entwickelt und damit Lagerraum besser nutzbar gemacht werden. Eine effiziente Lagerraumbewirtschaftung wirkt sich neben den umwelttechnischen Vorteilen auch positiv auf den wirtschaftlichen Ertrag einer Anlage aus (v. Buttler et al., 2010).

Düngeplanung

Für eine gute Düngesteuerung ist eine genaue Kenntnis der Inhaltsstoffe des Gärrestes erforderlich. Das könnte dazu führen, dass nur geringe Menge von Gärresten ausgebracht werden dürfen. Soll nach Wasserschutzvorgaben bewirtschaftet werden, so werden Stickstoff- und Phosphorgehalte schnell zum limitierenden Faktor. Besonders bei viehstarken Betrieben kann die Einhaltung der P-Bilanzen schnell problematisch werden. Beim Maisanbau ist zu berücksichtigen, dass der Hauptnährstoffbedarf erst ab dem 6. Blattstadium besteht. Bei Gärresten mit hohem Ammoniumanteil sollte daher im Maisanbau der N-Bedarf nicht vollständig über die Gärrestdüngung zur Saat abgedeckt werden. Gärreste sollten dort eingesetzt werden, wo schnell verfügbarer Stickstoff gebraucht wird (v. Buttler et al., 2010). Kulturen mit langer Vegetationsperiode (z. B. Mais) eignen sich besonders für Gärrestdüngung, weil sie die schnelle N-Wirkung und auch die N-Nachlieferung aus organischer Substanz der Gärreste nutzen. Ein Ausbringkalender hilft bei der bedarfsgerechten Düngeplanung (Abbildung 3).

Kultur	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN
W-Weizen, -Triticale, -Roggen												
Wintergerste												
Hafer, Futtergerste												
Winterraps												
Silo-, Körnermais												
Zucker-, Futterrüben												
Kartoffeln												
Feldgras												
Wiesen, Mähweiden												
Zwischenfrüchte												

Quelle: KTBL, 2009a; geändert

N-Effizienz ■ gering ■ mittel ■ gut

Abbildung 3: N-Effizienz aus organischen Flüssigdüngern abhängig von Kulturart und Ausbringungszeitpunkt (FNR, 2013)

Eine optimale Düngeplanung mit Gärresten ist insbesondere aus Sicht des Gewässerschutzes notwendig und sollte folgendes beinhalten: Ausbringungsvorhaben, Pflanzenbedarf, Nährstoffgehalte in den Düngesubstraten, Wechselspiel von P-N-K und Humus-C, Ausbringungszeitpunkte, Ausbringungstechnik und richtiges Verhältnis von Gärrestmenge zu Ausbringungsfläche.

Bei der Bemessung der organischen und mineralischen N-Düngung muss der Nmin-Vorrat im Frühjahr berücksichtigt werden (entweder selbst ermittelte Werte oder regionale, fruchtspezifische Durchschnittswerte von der zuständigen Landwirtschaftsverwaltung).

Hinzu kommen Zu- und Abschläge für bestimmte standorts bzw. bewirtschaftungsspezifische Merkmale (z.B. in Abhängigkeit von der Vorfrucht, des Zwischenfruchtanbaus, etc.).

Bei einer langjährigen organischen Düngung können zudem zusätzlich 30-60 kg N/ha aus der Mineralisation angerechnet werden. Beispiele bieten Leitfäden oder Programme zur Berechnung der N-Düngebedarfs und zur Durchführung von Nährstoffvergleichen:

http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1034631_11/index1215773518694.html

Ausbringung

Durch einen hohen pH-Wert und Ammoniumgehalte von rund 60 % im Gärrest besteht bei unterbleibender sofortiger Einarbeitung die Gefahr von gasförmigen Stickstoffverlusten (Ausgasung), die andernorts als sogenannte diffuse Einträge wieder ausfallen. Insbesondere durch hohe Temperaturen und Sonneneinstrahlung und Wind wird diese Gefahr verstärkt. Eine zügige Einarbeitung der Gärreste ist daher notwendig.

Bei der Ausbringung von Gärresten ist folgendes zu beachten (Lorenz et al., 2011, Haber et al., 2008):

- Der Einsatz verlustarmer Ausbringungstechnik (Schleppschuh, Schleppschlauch, Gülletrac) ist durch den leicht flüchtigen Ammoniumanteil von Gärresten unbedingt geboten. Die gasförmigen N-Verluste wirken nicht nur klimaschädigend, sondern kommen als unkon-

trollierte N-Emissionen in die Böden und Gewässer zurück. Neben der Technik sind auch die Boden- und Witterungsbedingungen bei der Ausbringung zu beachten. Weitere Optimierung können durch Ausbringung als Injektionsdüngung und Stickstoff stabilisierende Zusätze zu Gärresten erzielt werden (Haber et al., 2008). Die Ausbringung mit Schleppschuh und Schlitzen auf Grünland zeigten im Mittel der Witterungs- und Standortsverhältnisse deutlich geringe Ammoniakverluste (70-90 % weniger), bessere Stickstoffwirkung und höhere Erträge als die Techniken Breitverteilung in jeglicher Form und Schleppschlauch (nur 25-30 % Verluste). Aus wirtschaftlicher Sicht lohnt sich das Schleppschuhverfahren erst bei mehr als 1000 m³ Gülle/Jahr (Lorenz et al., 2011).

- Da der Stickstoff im Gärrest in Form von Ammonium und in organisch gebundener Form vorliegt, muss er erst mineralisiert werden. Eine zusätzlich mineralisch Düngung könnte daher notwendig sein, um eine optimale Versorgung im Anfangsstadium zu gewährleisten (z.B. bei Mais)
- Überdüngung vermeiden (Boden- und Grundwasserschutz!)
- Vor der Frühjahrs- und Herbst-Düngegabe ist eine Analyse der Gärreste durchzuführen, damit die Inhaltsstoffe richtig in der Düngplanung angerechnet werden können. Damit werden N-Austräge vermieden und Mineraldünger eingespart (Haber et al., 2008)
- zeitliche Nährstoffzufuhr dem Pflanzenwachstum anpassen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zeitpunkt und Nährstoffzugabe einiger Hauptkulturen (Haber et al., 2008, S.65), Rohdichte bei Gärresten 1,0 t/m³ (t/ha=m³/ha)

Bestände	Zeitpunkt	Gabe in t/ha	kg NH ₄ -N/ha	Mit N-Stabilisierung
Wintergetreide	Zu Vegetationsbeginn	10-15	30-45	Evtl.
	Schossergabe	10-15	30-45	
Sommergetreide (Ausnahme Braugerste):	vor Saat	10-20	30-60	
Winterraps und Wintergerste	Nach der Saat	Max. 40		ja
	Vegetationsbeginn (2. N.Gabe)	15-20	45-60	ja
Grünland	Je Aufwuchs	10-15	30-45	
Mais	vor Saat	20-30	60-90	ja
	Im 6.-8. Blatt-Stadium	10-20	30-60	m. Einarbeitung
Strohrotte	Gemäß Dünge-Verordnung		Max. 40	

- Die Frühjahrsausbringung sollte zum größten N-Bedarf erfolgen. Bei Winterungen, Zwischenfrüchten, Feldgras und Dauergrünland vorwiegend zu Vegetationsbeginn. Bei Sommerungen unmittelbar vor der Saat. Bei Grünland und Feldgras bis maximal Mitte September (v. Buttler et al., 2010). Nach FNR (2013) sollte allerdings Grünland und Feldgras nur bis zum 15.8. mit Gärresten gedüngt werden, da danach die N-Effizienz als gering eingestuft wird (Abbildung 3). Die gesetzlichen Sperrfristen sind einzuhalten.
- Auf Flächen mit langjähriger Wirtschaftsdüngerzufuhr ist generell auf die Herbstbegüllung und auf die Strohdüngung zu verzichten.

Detaillierte Hinweise zur Gärrestdüngung verschiedener Energiekulturen und Marktfrüchte (Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben, Getreide, Winterraps, Hirse, Sudangras, Grünland) sind in Möller et al. (2009) zusammengefasst. Die Aussagen stimmen in der Tendenz mit den Ergebnissen aller Versuche in Baden-Württemberg überein und finden Aufnahme in den Handlungsempfehlungen.

4. Ergebnisse und Entwicklungen in Baden-Württemberg

4.1 Boden-Nitratgehalte im Herbst nach Kulturarten

Im Rahmen der SchALVO (siehe Anhang Rechtsvorschriften im Wasserbereich) werden unter anderem jedes Jahr im Herbst die Nitratgehalte im Boden in den Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs analysiert. Abbildung 4 spiegelt die Herbstnitratgehalte verschiedener Kulturen wieder und zeigt auf, welche Kulturen besonders viel Nitrat im Boden nach der Ernte hinterlassen.

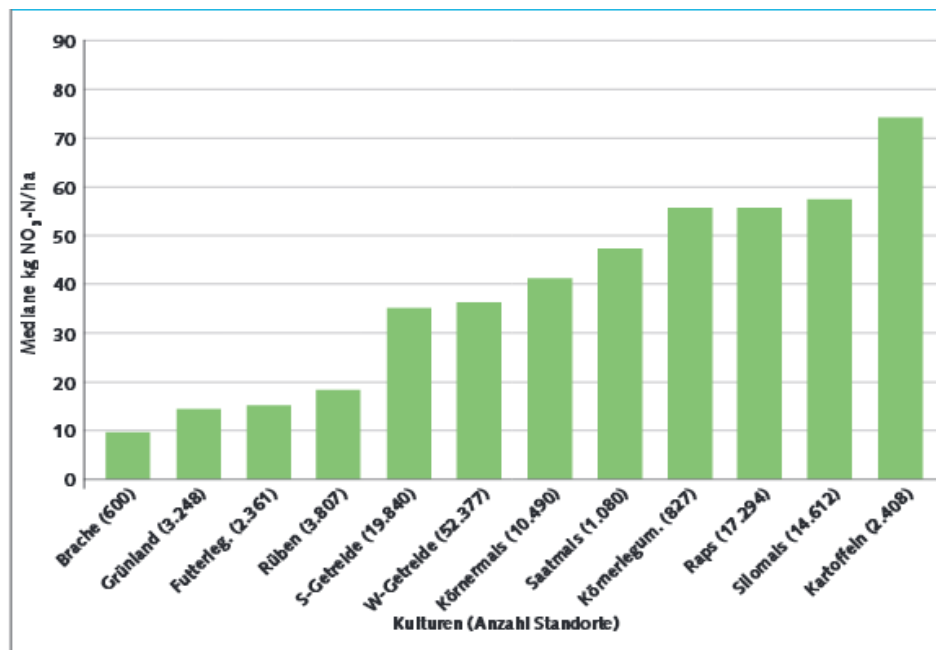


Abbildung 4: Nitratgehalte im Herbst in den Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs verschiedener Kulturen, Mediane 0-90 cm, Daten aus 2004-2012 (Finck et al., 2013)

Gerade beim weit verbreiteten Maisanbau kann das Gefährdungspotential deutlich reduziert werden. Aus pflanzenbaulicher Sicht kann Mais mit niedrigen N-Flächenbilanzen und geringen Herbst-Nmin angebaut werden (Vetter et al., 1995, Koller et al., 2001, Mokry, 2013, Mokry et al., 2012).

4.2 Regionale Entwicklung von Silomais, GV-Besatz und Biogasanlagen in Baden-Württemberg

Mit einem Anteil von 24 % der Ackerfläche (200.000 ha) ist der Maisanbau in Baden-Württemberg 2014 die zweitstärkste Kultur und macht dem Weizen (230.000 ha) Konkurrenz. Das geht zu Lasten von Anbauflächen, die vorher mit Sommer- und Wintergerste bestellt waren (154.000 ha) (Hartmann, 2014). Der Silomais wurde bisher überwiegend als Futterpflanze für Rinder genutzt. Zwar nimmt der Rinderbestand in den letzten 30 Jahren kontinuierlich ab, aber der Anbau von Silomais seit 2004 wieder zu (Abbildung 5). Mit der Förderung von alternativen Energieressourcen nahm der Bau von Biogasanlagen stetig zu und hat im Jahr 2014 eine installierte elektrische Leistung von 319.181 kW aus insgesamt 893 Biogasanlagen in Baden-Württemberg erreicht (LEL, 2015, Abbildung 6). Da der Silomais eine gute Silierfähigkeit und eine hohe Methanausbeute aufweist, wird der „Energienmais“ an erster Stelle zur Bestückung von Biogasanlagen verwendet (Hartmann, 2014). Die größte Biogasanlagendichte befindet sich im Südosten von Baden-Württemberg. Diese Regionen weisen bereits eine hohe Rinderbestandsdichte auf. Entweder nut-

zen die Landwirte den Silomais für Biogasanlagen als zweites Standbein oder als Alternative zur Rinderhaltung.

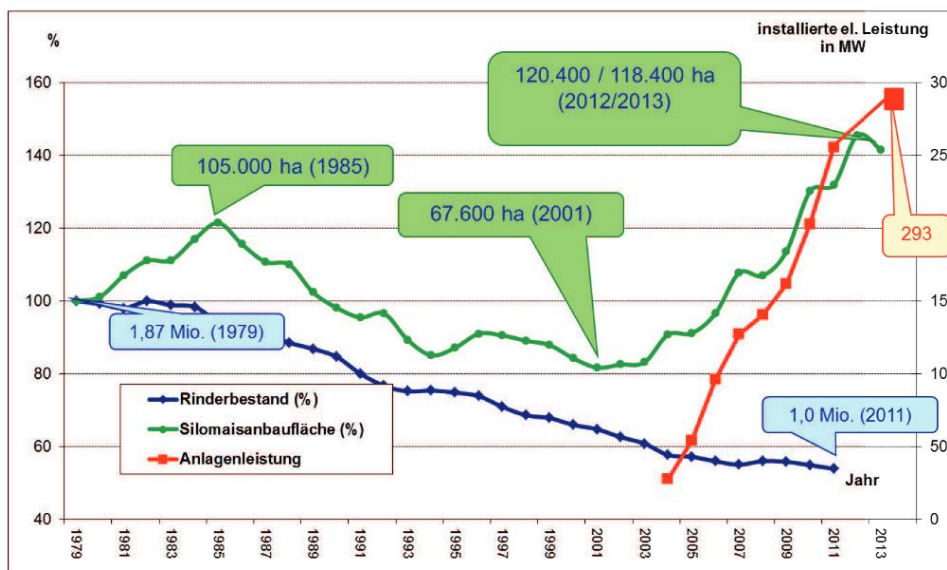


Abbildung 5: Entwicklung der Rinderzahlen, Silomaisflächen und der Gesamtleistung Biogasanlagen in Baden-Württemberg seit 1979 (Finck et al., 2014-1)

Die meisten Anlagen standen im Jahr 2014 in den Landkreisen Schwäbisch Hall mit 56, Ulm mit 76, Biberach mit 91 und Ravensburg mit 108 Anlagen (Abbildung 6). In diesen Regionen ist auch der Tierbesatz sehr hoch, so dass diese Anlagen stark güllebasiert sind (Anfall großer Güllemengen je ha) (Statistisches Landesamt Baden Württemberg, 2014).

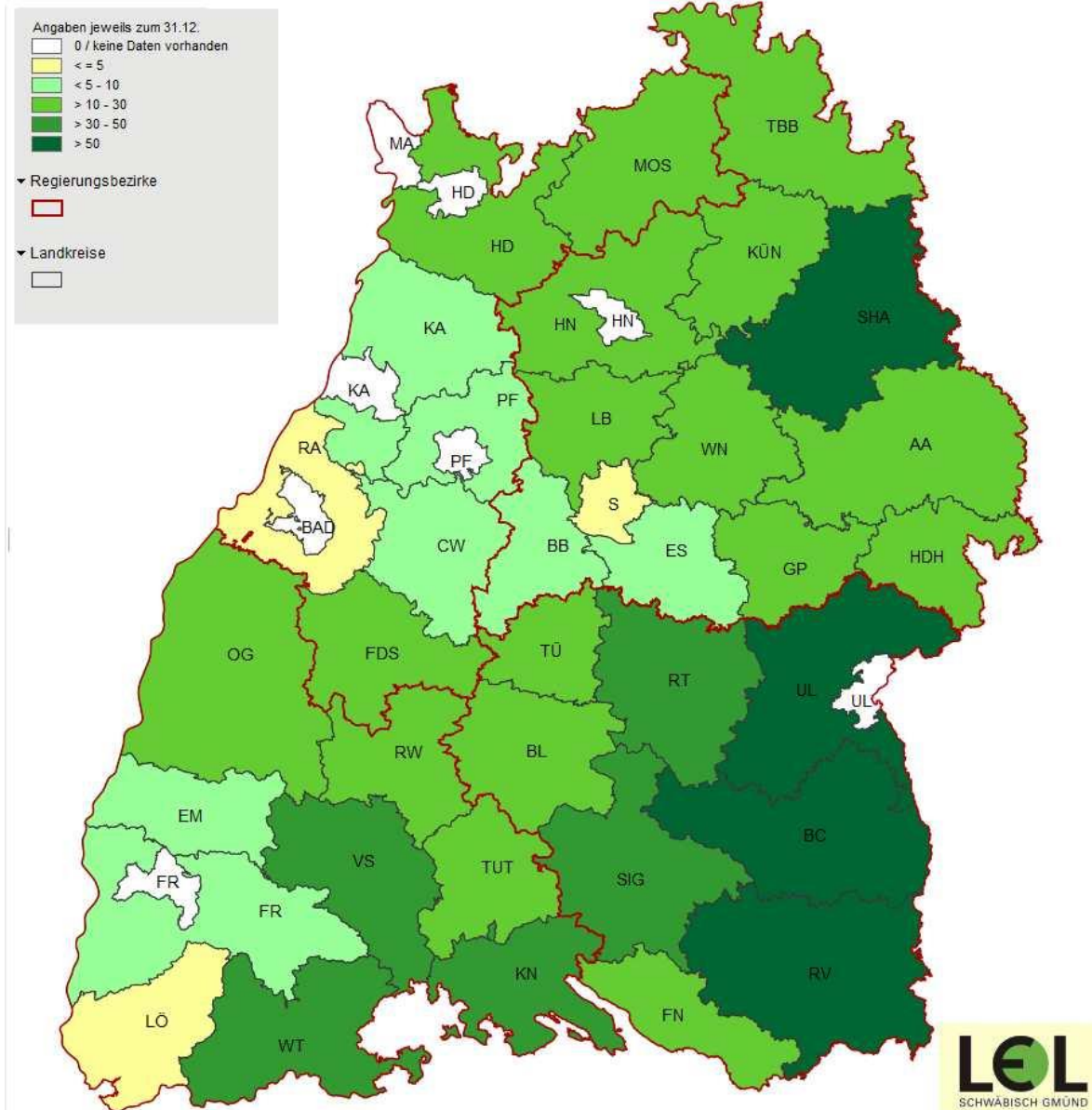


Abbildung 6: Anzahl der Biogasanlagen in Baden-Württemberg auf Landkreisebene 2014 (LEL, 2015)

„In Baden-Württemberg gab es 2013 nach Feststellungen des Statistischen Landesamts knapp 900 landwirtschaftliche Betriebe mit eigener Biogasanlage. Sie sind damit vergleichsweise selten: Bezogen auf alle landwirtschaftlichen Betriebe erreichen sie lediglich einen Anteil von gut 2 Prozent. Die Betriebe mit Biogasanlage unterscheiden sich aber in mehrfacher Hinsicht von den meisten landwirtschaftlichen Betrieben. Sie sind deutlich größer und in ihrer landwirtschaftlichen Bodennutzung erkennbar auf die Erzeugung erneuerbarer Energie ausgerichtet.“ (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2014). Außerdem existieren noch einige meist größere Anlagen, die nicht im Eigentum landwirtschaftlicher Betriebe sind, sondern von diesen ihr Substrat zukaufen und Gärreste in die Landwirtschaft zurückführen.

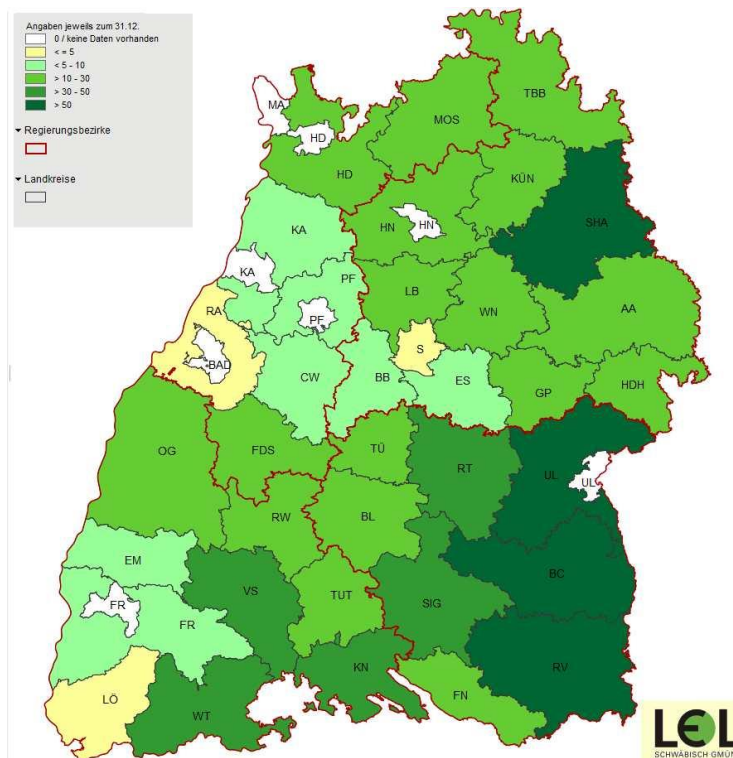
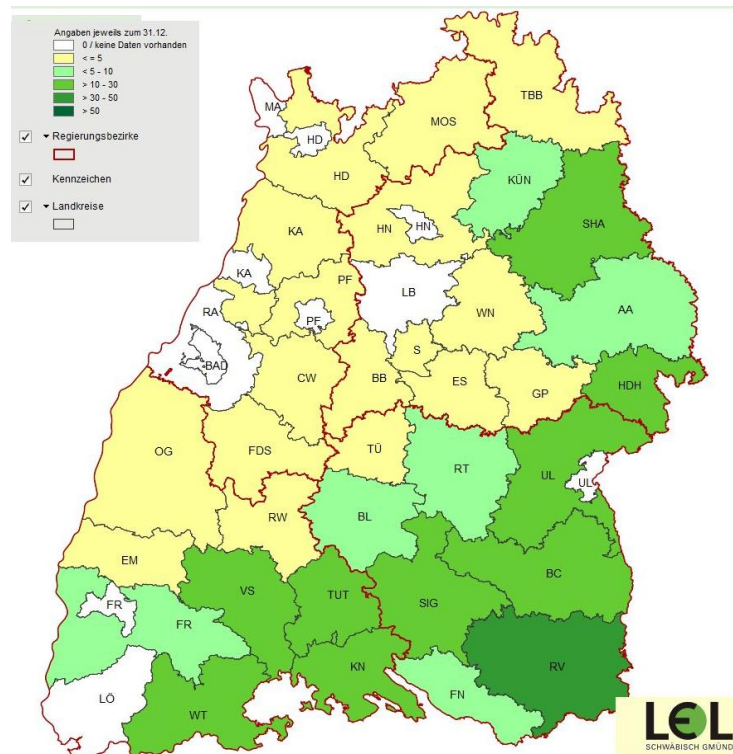


Abbildung 7: Entwicklung der Anzahl von Biogasanlagen 2004 (oben) und 2011 (unten) auf Landkreisebene (LEL, 2015)

Die Entwicklung der Biogasanlagen (Anzahl) und installierte elektrische Leistung zeigen die Abbildung 7 und Abbildung 8 von 2004 und 2011. Die Jahre korrespondieren mit der Landwirtschaftserhebung, die 2003 und 2010 vorgenommen wurde. Die Erträge dieser Jahre stehen den Biogasanlagen in dem Folgejahr zur Verfügung.

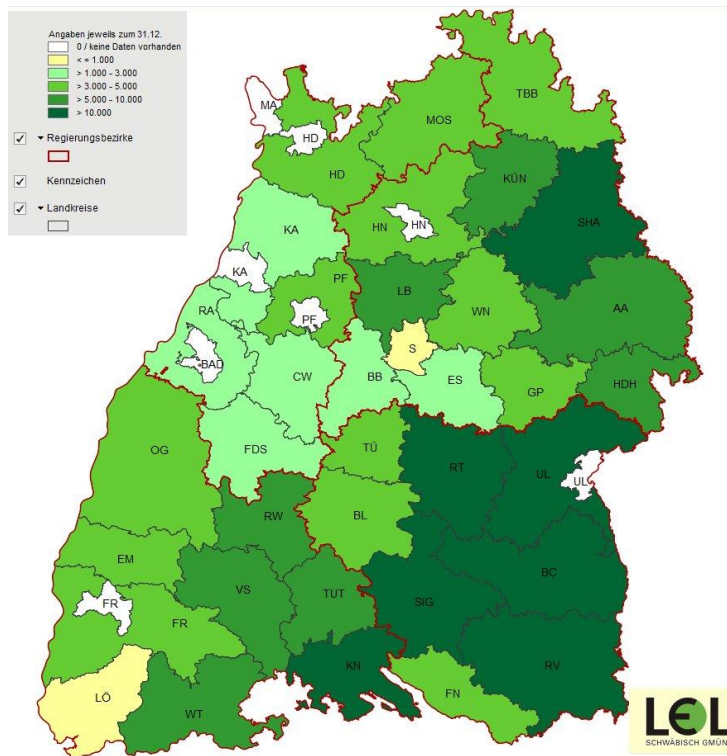
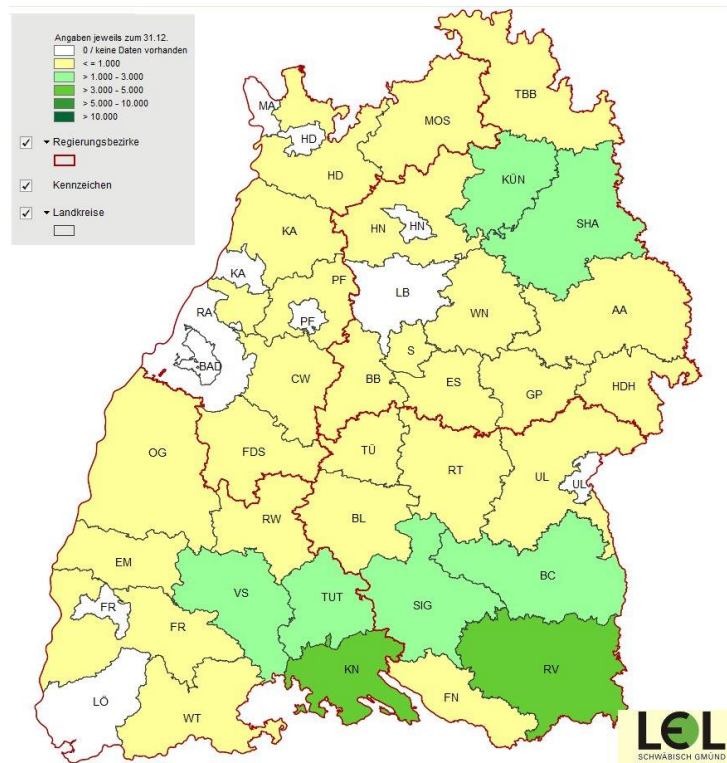


Abbildung 8: Entwicklung der installierten elektrischen Leistung von Biogasanlagen 2004 (oben) und 2011 (unten) auf Landkreisebene (LEL, 2015)

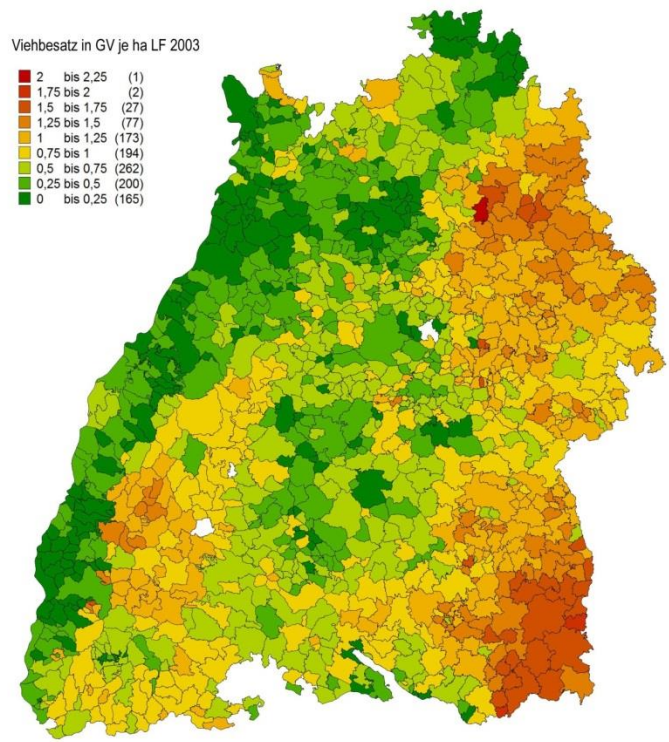


Abbildung 9: GV je ha LF 2003 auf Gemeindeebene

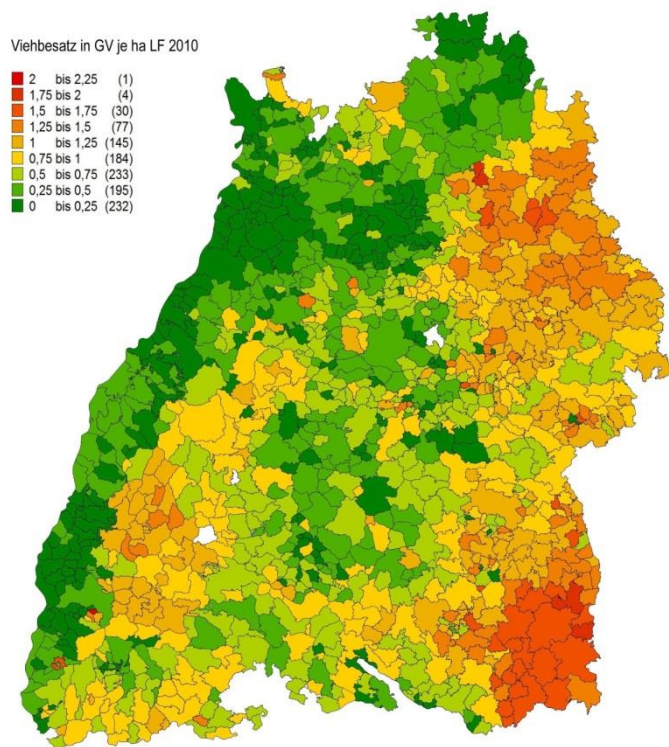


Abbildung 10: GV je ha LF 2010 auf Gemeindeebene

Abbildung 9 bis Abbildung 14 sind eigene Kartendarstellungen und basieren auf der Landwirtschaftserhebung 2003 und 2010 vom Statistischem Landesamt. Sie stellen den Viehbesatz (in GV je ha/LF) pro Gemeinde sowie die Verteilung der Silomaisanbaufläche pro Hektar Landwirtschaftsfläche (LF) dar. In den Entwicklungskarten sind die Differenzen zwischen den Jahren 2003 und 2010 berechnet. Somit lassen sich die Gemeinden identifizieren, die einen Anstieg der Siloanbau-

flächen bei gleichbleibend hohem GV-Bestand (> 1 GV/ha LF) aufweisen (Abbildung 15). Diese Gemeinden könnten ein erhöhtes Risikopotential bzgl. eines erhöhten Stoffeintrages ins Grundwasser darstellen. Insbesondere für diese 177 Gemeinden wären standortsorientierte Handlungsempfehlungen sinnvoll.

Eine hohe Viehdichte (GV) pro Hektar ist im Osten und Südosten von Baden-Württemberg vorzufinden, besonders in den Landkreisen Ravensburg, Biberach, Schwäbisch Hall, Ostalbkreis und Ulm liegt der GV-Besatz >1 . Entlang der Oberrheinebene dominiert der Körnermaisbau, so dass diese Region durch eine vieharme Bewirtschaftung geprägt ist. Tendenziell ist eine geringe Abnahme des GV-Besatzes von 2003 bis 2010 zu erkennen. Abbildung 11 verdeutlicht, dass die Zu- und Abnahmen relativ gleichmäßig über das Land verteilt sind.

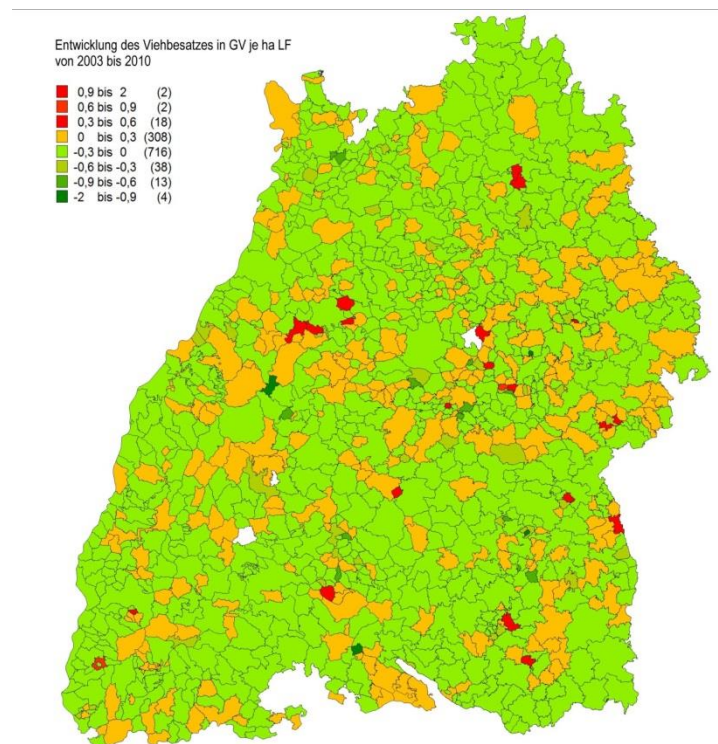


Abbildung 11: GV je ha LF, Differenzkarte 2010 minus 2003

Nur in einigen wenigen Gemeinden ist eine deutliche Zunahme zu verzeichnen. Eine Zunahme von mehr als 0,6 GV/ha weisen die Gemeinden Ohmden im Landkreis Emmendingen, Niedernhall und Weißbach im Hohenlohekreis sowie Badenweiler im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald auf. Anders sieht es bei der Zunahme der Silomaisanbauflächen aus (Abbildung 14).

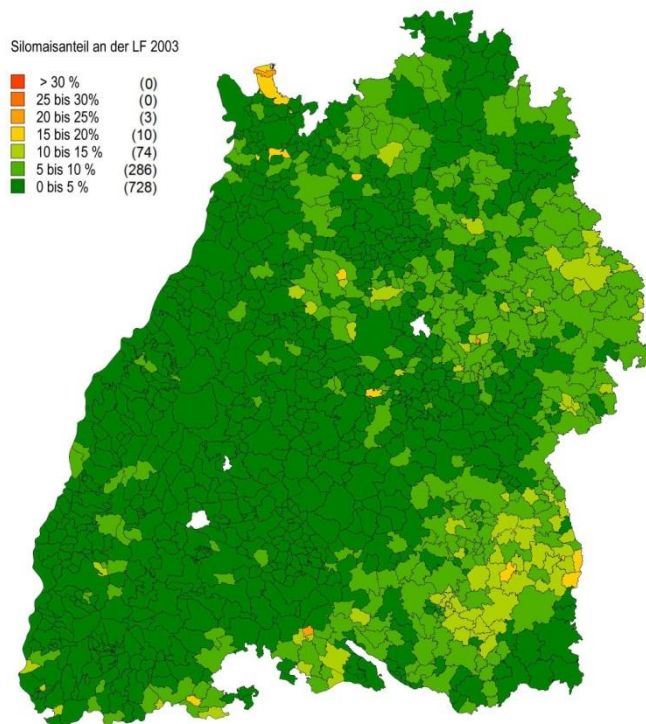


Abbildung 12: Anteil Silomais in % je ha LF in 2003

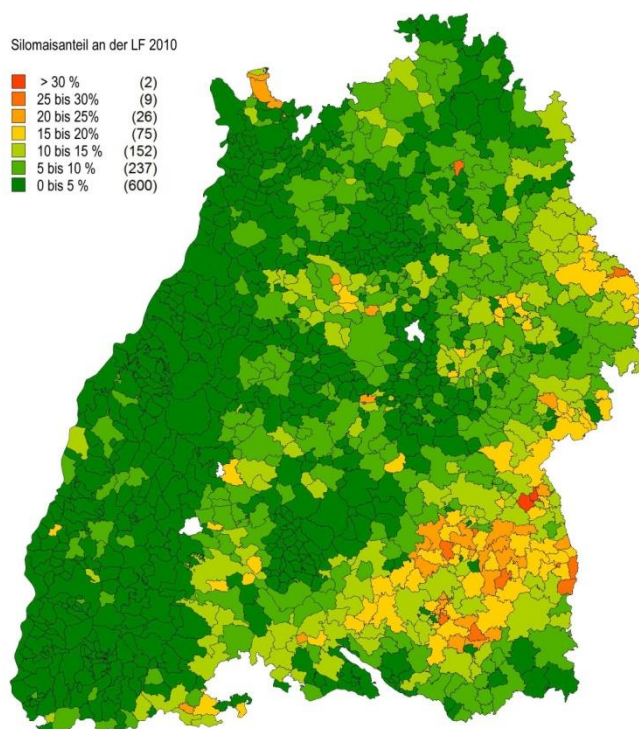


Abbildung 13: Anteil Silomais in % je ha LF in 2010

2003 war weitgehend unauffällig. Die Differenzkarte (Abbildung 14) zeigt eine leichte aber flächenhafte Zunahme des Maisanbaus (0 bis 5 %, Darstellung in gelb) und darüber hinaus eine deutliche Zunahme der Siloanbauflächen im Südosten von Baden-Württemberg.

Entwicklung des Silomaisanteils an der LF
von 2003 bis 2010

- > 25 % (1)
- 20 bis 25 % (3)
- 15 bis 20 % (11)
- 10 bis 15 % (37)
- 5 bis 10 % (148)
- 0 bis 5 % (699)
- -5 bis 0 % (178)
- -10 bis -5 % (19)
- -15 bis -10 % (3)
- < -15 % (2)

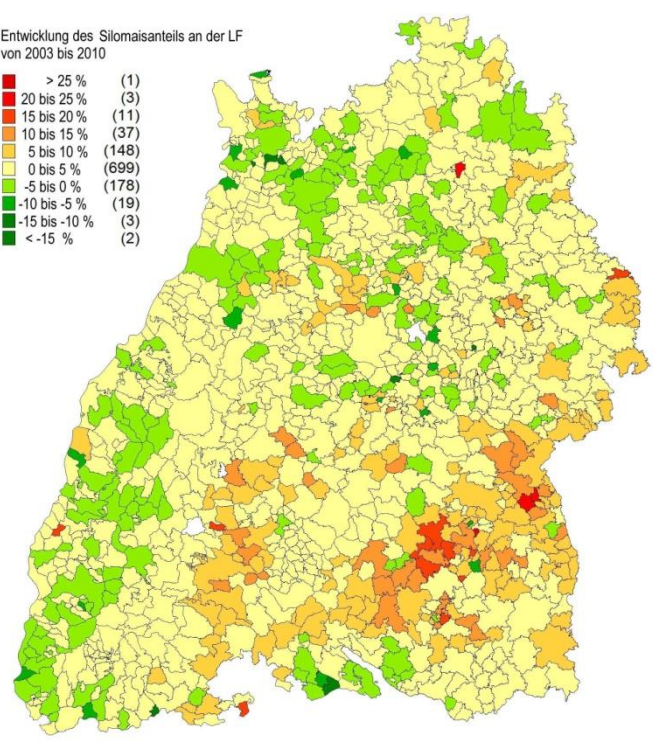


Abbildung 14: Anteil Silomais je ha LF, Differenzenkarte 2010-2003

Die „Hot Spot-Karte“ in Abbildung 15 mit den Kriterien „stetig mehr als 1 GV/ha“ und gleichzeitig „steigendem Anteil Silomais zwischen 2003 und 2010“ ergab 177 Gemeinden (rote Flächen in Abbildung 15). Zu den bereits viehstarken Regionen im Osten und Südosten fallen einige Gemeinden im Südwesten (Waldshut, Emmendingen, Breisgau-Hochschwarzwald, Ortenaukreis) auf, die aber nur eine schwach steigende Tendenz bei der Zunahme der Silomaisanbauflächen haben (maximal 6 % ha). Dagegen ist der Anstieg der Silomaisanbauflächen von mehr als 15 % in vielen Gemeinden in den Landkreisen Biberach, dem Ostalbkreis und im Alb-Donaukreis zu verzeichnen. Im Landkreis Ravensburg zeigt sich flächenhaft eine Zunahme des Silomaisanteils um 2-13 % bei Viehbesatzdichten zwischen 1 und 1,85 GV/ha LF.

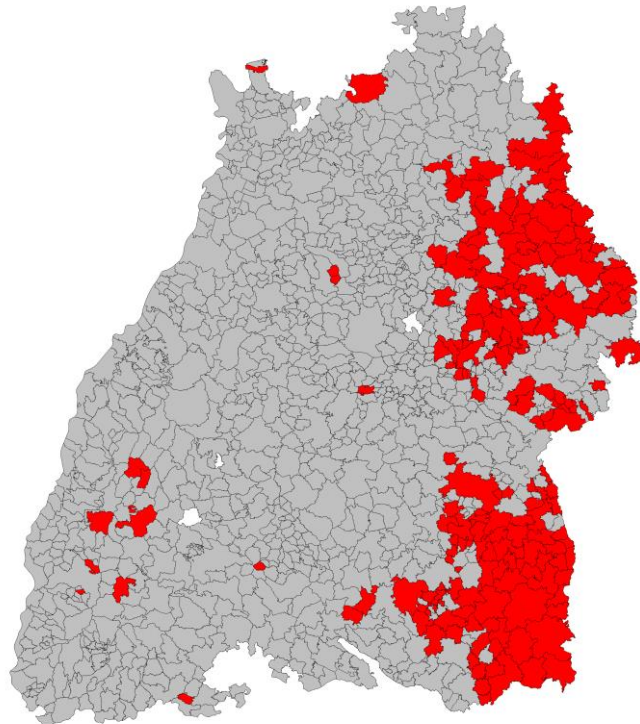
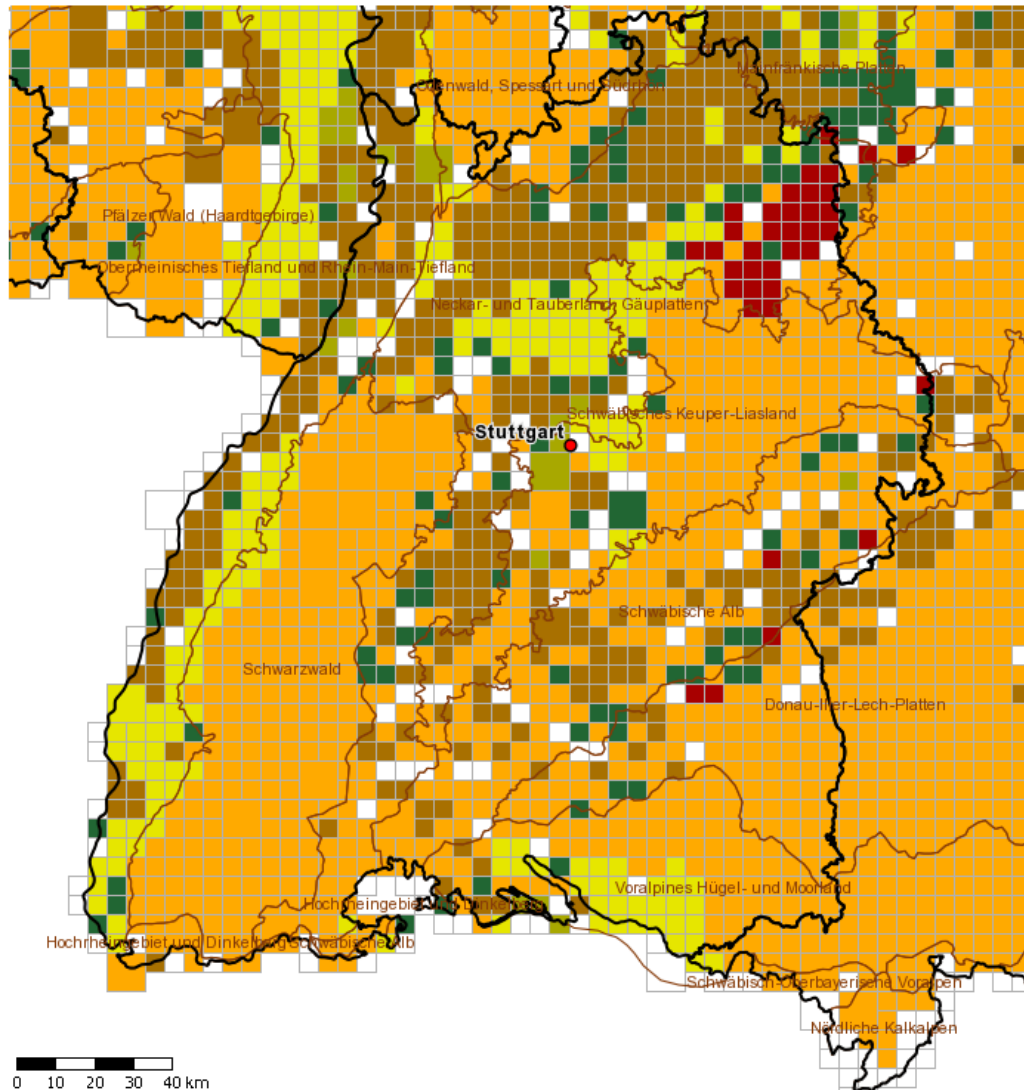


Abbildung 15: Risikokarte (rot=GV-Besatz stetig >1 GV je ha LF, Silomaisanteil steigend) auf Gemeindeebene bzgl. des potentiell erhöhten Stoffeintrages in die Grund- und Oberflächengewässer in Baden-Württemberg.

Vorherrschende betriebswirtschaftliche Ausrichtung landwirtschaftlicher Betriebe 2010 in einem Raster mit 5 bzw. 10 km Weite



Vorherrschende betriebswirtschaftliche Ausrichtung

- | | |
|---|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> Keine vorherrschende BWA oder geheim zu halten | ~ Bundesländer |
| <input type="checkbox"/> Ackerbaubetriebe | ~ Kreise |
| <input type="checkbox"/> Gartenbaubetriebe | ~ Gemeinden |
| <input type="checkbox"/> Dauerkulturbetriebe | ~ Naturräume |
| <input type="checkbox"/> Futterbaubetriebe (Weidevieh) | ~ Flüsse |
| <input type="checkbox"/> Veredlungsbetriebe | ~ Planungseinheiten |
| <input type="checkbox"/> Pflanzen- und/oder Viehhaltungsverbundbetriebe | ~ Flussgebietseinheiten |

Hinweis:
Die hier dargestellten Daten werden am Betriebsstamm der landwirtschaftlichen Betriebe nachgewiesen. Dies ist i.d.R. das Grundstück, auf dem sich die wichtigsten Wirtschaftsgebäude des Betriebs befinden. Dadurch kann die lageichtige Darstellung der Merkmale nur eingeschränkt erfolgen. Dies gilt insbesondere für Flächen- und Tiermerkmale.

Fachdaten:
Statistische Ämter des Bundes und der Länder
Verwaltungsgrenzen, Hauptstädte:
© GeoBasis-DE / BKG 2013
Naturräume:
© BfN 2011
Flussgebietseinheiten:
© BfG 2009

Abbildung 16: Betriebsstrukturen in Baden-Württemberg 2010 (www.atlas-agrarstatistik.de)

Von den 43.300 Betrieben in der Landwirtschaft entfielen im Jahr 2010 36 % auf Futterbaubetriebe, 20 % auf Ackerbaubetriebe, 21 % auf Dauerkulturbetriebe, 21 % auf Verbundbetriebe und 4 % auf Veredlungsbetriebe (LEL, 2012).

5. Fazit zur Verringerung des Stickstoffeintrags ins Grundwasser

5.1 Grundlagen für Handlungsempfehlungen

Ursachen für zu hohe Nitratgehalte zum Beginn der Auswaschungsperiode im Herbst

Baumgärtel et al., 2014:

- Zu hohe oder nicht termingerechte Düngung
- Rasche Mineralisierung großer Mengen stickstoffreicher Ernterückstände (z.B. Winterraps, Leguminosen, allgemein: Pflanzen mit geringem C/N-Verhältnis 10:1)
- Beeinträchtigung der Stickstoffaufnahme der Pflanzen (z. B. Witterung,, Ertragseinbußen durch Schädlinge und Krankheiten)
- Anbau von Pflanzen, die zum Erntetermin und nach der Ernte einen hohen N_{min} -Wert im Boden hinterlassen können (z.B. Kartoffeln, Leguminosen)
- Anbau flach wurzelnder Kulturen
- Anbau schwach zehrender Kulturen

Durch die veränderte Flächennutzung ist ein erhebliches Risikopotential für Gewässerbelastung gegeben. Der verstärkte Grünlandumbruch, die Ausweitung des Maisanbaus und die Intensivierung der Produktion haben auch in einigen Regionen Baden-Württembergs zu einseitigen Anbaustrukturen geführt. Beim Maisanbau kann es zu einer überhöhten organischen Düngung und einem erhöhten Einsatz von Pflanzenschutzmittel kommen, insbesondere bei konventionellen Anbauverfahren zusätzlich zu einer verstärkten Bodenerosion. Durch gezielte Maßnahmen kann das Gefährdungspotential reduziert werden, so dass auch im Energiepflanzenbau eine gewässer- und bodenschonende Bewirtschaftung möglich ist.

Kriterien zur Bewertung der Nitratauswaschungsfahr, zumindest teilweise beeinfluss- oder kalkulierbar, ausgewogene Nährstoffversorgung der Pflanzen und Pflanzenschutzmaßnahmen vorausgesetzt (Walter, 2015):

- Kulturarten- und Fruchtfolge-N-Bilanzen: N-Düngung minus N-Entzug.
- Menge, Anteil, Art und Zeitpunkte der organischen Düngung in der Fruchtfolge
- Intensität (Durchmischung, Tiefe) und Zeitpunkte der Bodenbearbeitung
- N-Menge und Stärke der N-Festlegung in Wurzeln und Ernteresten der Hauptfrucht
- Intensität und Zeitpunkte der Zerkleinerung und der Einarbeitung von Biomasse (Hauptfrucht, Zwischenfrucht) in Verbindung mit der Qualität der Biomasse
- Deckung des N-Bedarfs zur Zersetzung der Erntereste aus Humusvorrat oder mittels zusätzlicher N-Düngung (organisch, mineralisch)
- Wurzeffekte auf N-Mineralisation (Verstärkung, Hemmung)
- N-Menge und Stärke der N-Festlegung nach Ernte in Biomasse von folgenden Haupt- oder Zwischenfrüchten
- Zeitlicher Abstand des N_{min} -Probenahmetermins für die N-Dügeberechnung vom tatsächlichen Düngetermin (Genauigkeit des anrechenbaren N_{min} -Wertes)
- Zeitlicher Abstand der N-Düngung zum Haupt-N-Bedarf der Kulturpflanze
- Verfügbarkeit des N-Düngers für Pflanzen und Mikroorganismen durch zeitliche und räumliche Verteilung (Streuung oder Platzierung von Oberfläche bis in tiefere Bodenschichten, zugesetzte Hemmstoffe der Nitrifikation)

- Dazu N-Formen (z. B. organisch, Harnstoff, Ammonium, Nitrat) und deren Anteile im Dünger (Auswaschungsstabilität)
- N-Nachlieferung aufgrund von Fruchtfolge (längerfristige Vorfruchtwirkungen) und Bodeneigenschaften (z. B. Bodenart)

Detaillierte Steckbriefe für Hauptkulturen sind der Publikation (DVGW, 2013, S. 360- 364) zu entnehmen, z. B für Mais (Energiemais), Raps, Grünland/Grassilage und Getreide. Es wird die Problematik beim Anbau, bei der Düngung, zum N-Bedarf, zu weiteren Vorgaben und den Einsatz von Pflanzenschutzmittel beschrieben. Diese Steckbriefe sind hinsichtlich des Grundwasserschutzes ausbaufähig und für baden-württembergische Verhältnisse anzupassen.

Eine Vorstellung der Energiepflanzen (Standort, Ertrag, Düngung, ZF, FF), wie Energiemais, Getreide zur Ganzpflanzennutzung, Zuckerhirse/Sudangras, Gras und Klee gras, Sonnenblume, Zuckerrübe, Durchwachsene Silphie, Topinambur und Wildpflanzenmischungen, ist in der Publikation „Energiepflanzen für Baden-Württemberg“ (FNR, 2013) zu finden. Einen Überblick der wesentlichen Biogaskulturen mit ihren Vor- und Nachteilen ist in der Tabelle 3 zusammengestellt. Allerdings ist der Aspekt des Gewässerschutzes noch nicht berücksichtigt. Dennoch bietet die Zusammenstellung einen guten und sinnvollen Überblick.

Tabelle 2: Vor- und Nachteile von Biogaskulturen (Grunewald, J. und Jäkel, K., 2014)

<u>Kulturart</u>	<u>Vorteil</u>	<u>Nachteil</u>
Mais	<ul style="list-style-type: none"> • Ökonomisch beste Fruchtart • gutes Abreifeverhalten • Gute Silier- und Vergäreigenschaften • C4-Pflanze (Anpassung an Klimawandel) • Guter Gülle- und Gärrestverwerter 	<ul style="list-style-type: none"> • Regional gehäufter Anbau bis Monokultur • Zunahme von Pflanzenschädlingen • Nährstoff- und Humuszehrer
Sorghumhirse	<ul style="list-style-type: none"> • Für leichte, trockene Standorte geeignet • C4-Pflanze (Anpassung an Klimawandel) • Als Zweitfrucht geeignet (frühreife Sudangrashybriden) • Hoher Trockenmasse-Ertrag 	<ul style="list-style-type: none"> • Nährstoff- und Humuszehrer
Getreideganzpflanzen	<ul style="list-style-type: none"> • Geringste Ertragsschwankungen • Doppelnutzungssorten (Biomasse, Korn) • Gutes Abreifeverhalten • Für Gemenge (mit Leguminosen) geeignet • Frühzeitig vom Feld, Zwischenfrüchte möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Nährstoff- und Humuszehrer • regional gehäufter Anbau von Getreide für Nahrungsmittel- und Futterproduktion
Leguminosen-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> • Stickstofffixierung, reduzierte Düngung • >1 Schnitte/Jahr, Arbeitsspitzen-Entzerrung • Ökologisch beste Fruchtart (Nitrat austrag, Nährstoff- und Humushaushalt) 	<ul style="list-style-type: none"> • TS-Gehalt (Transportkosten) • Erntekosten
Biogasrüben	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Biomasse-Ertrag • Doppelnutzung (Biomasse, Futter) • Hohe Methanausbeute (viele leicht verdauliche Kohlenhydrate) • Kraut als Viehfutter 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftlichkeit (TS-Gehalt (Transportkosten), Aufreinigung, Zerkleinerung)
Silphie (mehrjährig)	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Trockenmasseertrag • Aufwertung des Landschaftsbildes • Ganzjährige Bodenbedeckung • Einmalige Anbaukosten (Pflanzenschutz, ..) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pflanzung (bis jetzt) unumgänglich • langfristige Flächenbindung

5.2 Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Energiefruchtfolgen in Baden-Württemberg in Bezug auf den Gewässerschutz

Ziel eines nachhaltigen Anbaus von Energiepflanzen sollte es sein, standortangepasste Fruchtfolgen oder Fruchtfolgeglieder anzubauen, welche den vielschichtigen Belangen hinsichtlich Ökonomie und Ökologie gerecht werden. Dazu gehören insbesondere (MLR, 2014):

- hoher, stabiler und kostengünstig erzeugter Biomasseertrag
- Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit
- ausreichend Lagerraumbedarf für Silage und Gärreste
- Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer
- Beitrag zur biologischen Vielfalt im Ackerbau
- Brechung von Arbeitsspitzen
- Risikominimierung (Witterungsextreme/Klimaanpassung)

Ein Großteil der Untersuchungen zur Biomasseerzeugung berücksichtigt Erträge und die wirtschaftliche Machbarkeit, so dass die Möglichkeit einer Umsetzung in der Praxis sichergestellt ist.

Der Anbau von Biogaskulturen insgesamt muss nicht zwingend eine Verschlechterung der Sickerwasserqualität zur Folge haben. Insbesondere durch den Ersatz des vorherrschenden Maisanbaus durch vielfältige, wasserschutzorientierte Biogas-Fruchtfolgen zusammen mit konsequentem Anbau von Zwischenfrüchten kann die Nitratbelastung erheblich verringert werden. Dabei sollte ein Fruchtartenwechsel sowie Winterungen und dauerhafte Begrünung berücksichtigt werden. Eine weitere Optimierung ließe sich durch die weitest mögliche Anwendung von standortgerechten Verfahren der pfluglosen Bodenbearbeitung und die Etablierung von Untersaaten erzielen (Kern, 2014; Unterseher et al. 2003; Übelhör et al., 2009; Vetter, 1995; Schulze et al, 1999; Kaatz et al. 2003, FNR, 2013; Burtin et al 1999-2, Kläy 1984).

Die folgenden Kernaussagen einzelner Autoren auf Basis ihrer Versuche fassen die bereits in der Literatur getroffenen Handlungsempfehlungen zum Gewässerschutz auf Ebene der Energiefruchtfolgen zusammen:

- Für alle geprüften Biogaskulturen gilt, dass bei sachgemäßer Bewirtschaftung und bedarfsgerechter N-Düngung eher geringe Nitrat-Werte im Boden nach der Ernte auftreten (Stolzenburg, 2014).
- Zur Minimierung des N-Austrages ins Grundwasser sind Maßnahmen, wie eine vielfältige Fruchtfolge, Untersaaten, Zwischenfrüchte, reduzierte Bodenbearbeitung, lange Lagerkapazitäten für Gärreste und die Optimierung von Düngungsmaßnahmen zu nennen. Sie sind standortspezifisch und betriebsindividuell miteinander zu kombinieren und zu realisieren (FNR, 2013).
- In der Praxis stellt sich der Maisanbau häufig problematisch dar. Durch Maßnahmen der Bestandesführung sowie weitere Optimierungsmaßnahmen sind jedoch auch im **Maisanbau** zumindest mittlere Herbst-Nmin-Werte möglich (Vetter 1995, Kansy 1999, Maier 2011, Koller 2001, Mokry 2012, Finck, 2013).
- Auf stark nachliefernden Standorten (langjährige Wirtschaftsdüngerzufuhr) mit einem N-Sollwert von max. 150 kg N/ha kann ohne Ertragseinbußen grundwasserschonend Bio-

masse erzeugt werden. Bei höheren N- Gaben steigt das N-Verlagerungsrisiko deutlich an (v. Buttler et al., 2010).

- Mehrjahres- und Dauerkulturen sind für den Wasserschutz günstig zu bewerten. Gras als Substrat für Biogasanlagen sollte im Interesse des Wasserschutzes verstärkt eingesetzt werden (Stolzenburg, 2014, FNR, 2013). Grundwasserschonende Effekte sind auch beim Anbau von Gras und Klee gras, Durchwachsene Silphie sowie Wildartenmischungen zu erwarten, da sie bis zur Ernte Stickstoff aufnehmen und nach der Ernte erneut austreiben. Somit können diese Kulturen zusätzlich Stickstoff vor und/oder über Winter aufnehmen (Walter et al. in FNR, 2013).
- Insbesondere der Getreideanbau und der Feldgrasanbau ist zur Erlangung niedriger Herbst-Nmin-Werte und somit als Alternative oder Ergänzung zum Maisanbau geeignet (Finck et al., 2014-1).
- Die Durchwachsene Silphie könnte z.B. aufgrund der großen Wasserspeicherkraft und des moderaten N-Bedarfs in Zukunft eine Bedeutung erlangen (Stolzenburg, 2014).
- Die Düngungshöhe von 100 % NID (Empfehlung des Nitratinformationsdienst) ist für gute Erträge ausreichend und liefert im Gegensatz zur überhöhten Düngung ein geringeres Auswaschungspotential (Mokry et al., 2012).
- Zur Bilanzierung der Nähstoffflüsse und zur verbesserten Nitrat-Emissionskontrolle ist die Hoftorbilanz nach Meinung von Scheck et al. (2008) besser geeignet als die Feld-Stall-Methode.
- Die neuen Sommerungen, wie Sorghumarten und Sonnenblumen, bieten ebenfalls ein Optimierungspotenzial. Weitere Untersuchungen zur Festigung der Aussagen sind hier erforderlich. Ebenso sind züchterische Fortschritte im Hinblick auf bessere und stabilere Erträge eine Voraussetzung für die Akzeptanz in der Praxis. In der Perspektive wäre eine Prüfung weiterer Kulturen insbesondere Dauerkulturen mit Vergärungseignung unter Wasserschutzgesichtspunkten von Interesse (v. Buttler et al., 2010).

Einen Überblick zur Optimierung der Prozesse beim Betrieb einer Biogasanlage hinsichtlich einer grundwasserschonenden Bewirtschaftung fasst Tabelle 3 zusammen. Geeignete Förderprogramme können die grundwasserschonende Bewirtschaftung beschleunigen.

Tabelle 3: Optimierungsbereiche zur Umsetzung eines grundwasserschonenden Betriebes von Biogasanlagen (v. Buttler et al., 2010)

Optimierungsbereiche zur Umsetzung eines grundwasserschonenden Betriebes von Biogasanlagen und Energiepflanzenanbaus			Steuerungsinstrumente:
Betriebsebene:	Anlagenebene:	Gebietsebene:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fruchtfolgegestaltung ▪ Sorten/Artenwahl ▪ Düngesteuerung ▪ Gärrestmanagement ▪ Ausbringtechnik ▪ Bodenschonende Anbauverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rückverfolgbarkeit der Biomasse- und Gärrestströme ▪ Regelmäßige Überprüfung der Genehmigungsvorgaben ▪ Optimierung der Silagelagerung ▪ Verlängerte Lagerzeiträume für Gärreste 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhaltung extensiver Nutzungsformen auf sensiblen Standorten ▪ Begrenzung des Anteils auswaschungsgefährdeter Kulturen ▪ Erhalt des Grünlandanteils ▪ Steuerung der Nährstofffrachten durch Monitoring 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ordnungsrecht, ▪ Richtlinien, ▪ Merkblätter, Empfehlungen ▪ Beratung ▪ Zertifizierung/ Audit ▪ Einbezug in die Raumplanung

Hauptkulturen versus Gewässerschutz

Silomais hat nach Kartoffeln die höchsten Herbstnitratgehalte bei den Ackerbaukulturen. Im Vergleich zu Körnermais sind die Nitratgehalte ca. 15 kg N/ha höher, im Vergleich zu Getreide ca. 25 kg N/ha. Ursachen hierfür sind der Einfluss der langjährige organischen Düngung in viehhaltenden Regionen, die fehlende N-Aufnahme durch Folgekulturen/Zwischenfrüchte/Untersaaten im Herbst und die tendenziell erhöhten Nitratgehalte im Umfeld von Biogasanlagen. Für eine gewässerschonende Bewirtschaftung sind daher Hauptkulturen und Zwischenfrüchte zu verwenden, die den Nitratreintrag ins Grundwasser minimieren. Des Weiteren sollte nur eine bedarfsgerechte Düngung erfolgen, die sich an den Bodennitratgehalten im Frühjahr und den zu erwartenden Erträgen orientiert. Bei der Wahl der Zwischenfrüchte sind winterharte Sorten zu bevorzugen, da die Stickstoffaufnahme bis ins Frühjahr erfolgt.

Bodenbearbeitung

Durch eine intensive Bodenbearbeitung (Pflug, Grubber) werden Mineralisationsprozesse im Boden gefördert und Stickstoff freigesetzt. Daher ist aus Gewässerschutzaspekten eine extensive Bodenbearbeitung (Mulchen, Direktsaat) zu wählen. Die Reihenfrässaat ist dem Pflug und der Direktsaat vorzuziehen. Unter Dauergrünland sind große Mengen Kohlenstoff und Stickstoff gebunden, die bei einem Umbruch des Dauergrünlandes freigesetzt werden. Daher gilt in Baden-Württemberg seit 2011 ein bis 2015 befristetes Umbruchverbot für Dauergrünland und die Entwässerung von Dauergrünland ist genehmigungspflichtig.

Gärrestdüngung

Die wasserwirtschaftliche Fachbehörde (LUBW) führte in den fünf untersuchten Landkreisen (Alb-Donau-Kreis, Biberach, Regensburg, Sigmaringen und Rottweil) ergänzend Sonderauswertungen zur Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser durch. In diesen Landkreisen ist die Biogasdichte so hoch, dass eine flächendeckende Ausbringung mit Gärresten möglich wäre. Bislang konnten aber keine eindeutigen Belege für einen Anstieg der Nitratbelastung aufgrund der gestiegenen Biogaserzeugung gefunden werden. Tendenzuell nahmen die Bodennitratwerte mit der Entfernung zur Biogasanlage ab. Da die Nitratwerte nach Silomais im Vergleich zu Getreide anderen Kulturarten relativ hoch sind, hat die Zunahme der Anbauflächen für Silo-/Energimais in den letzten 10 Jahren und die damit verbundene Düngung mit Gärresten, zu einem erhöhtem Nitratauswaschungspotential geführt. Auch wenn nach der Novellierung des EEG (2014) keine Zunahme der Anbauflächen für Biogasanlagen mehr zu erwarten ist, sollten alle Maßnahmen zur

Minimierung des Nitratauswaschungsrisikos, insbesondere die sachgerechte Ausbringung der Gärreste, die bedarfsgerechte Düngung und die Etablierung von Untersaaten oder alternative Biogasfruchtfolgen, ergriffen werden. (Finck et al., 2014-1).

Anbau im Zweikultur-Nutzungssystem

(v. Buttler, 2010; FNR, 2013)

Durch die Zweikulturennutzung kommt es auf warmen und gut wasserversorgten Standorten zu einem langen Stickstoffentzug und damit zu niedrigeren Herbst-N_{min}-Werten und N-Bilanzen.

Anbau: Entscheidend in der Zweikultur-Nutzung ist der Ganzjahresertrag von Erst- und Zweitkultur. In Frage kommen Kombinationen von Getreide, insbesondere Roggen als Erstkultur mit Mais, Sonnenblumen oder Sorghumarten als Zweitkultur. Die Erstkultur räumt zur Milch- bis Teigreife bis Ende Mai das Feld und es folgt im Anschluss die Sommerung, deren Ernte Anfang Oktober erfolgt. Beide Kulturen haben eine verkürzte Vegetationszeit, wobei die massebildende, vegetative Phase jeweils abgeschlossen sein sollte. Durch zwei Ernten pro Jahr werden hohe Biomasseerträge und eine maximale Ausnutzung der Vegetationszeit mit langer Bodenbedeckung erwartet. Die Wahl der Kulturen muss stark auf den Standort abgestimmt werden, um hohe Gesamterträge zu erzielen und somit Akzeptanz in der Praxis zu erlangen. Der Deckungsbeitrag ist aufgrund höherer Produktionskosten i.d.R. dennoch niedriger als im Hauptfruchtanbau der Zweitkultur (5-7 t Trockenmasse an Mehrertrag sind für den gleichen Deckungsbeitrag erforderlich). Der Wasserbedarf ist hoch, daher kann auf leichten Böden Beregnungsbedarf bestehen.

Kurzbewertung Wasserschutz: Durch die Zweikultur-Nutzung werden Herbst-N_{min}-Werte zwischen 25 – 40 kg N/ha ermöglicht. Die Maßnahme kann daher auf Standorten mit hohem Mineralisationspotential bedingt durch langjährige Wirtschaftsdüngerzufuhr oder auf Umbruchflächen optimierend eingesetzt werden. Im Hinblick auf die Gärrestverwertung wird durch die Zweikulturennutzung ein weiteres Ausbringfenster während der Vegetationszeit geöffnet und somit der Druck zur späten Herbstausbringung gemindert.

Zwischenfrüchte und Untersaaten

Zwischenfruchtanbau ermöglicht die Erzeugung von nährstoffreicherer Biomasse, die in einer Biogasanlage nutzbringend eingesetzt werden kann. Dabei werden Gärreste mit insgesamt hohem Nährstoffgehalt erzeugt, die wiederum optimal für den Einsatz zur Frühjahrsdüngung geeignet sind. Hat der Gärrest durch hohe Nährstoffgehalte eine höhere Transportwürdigkeit, ist eine Gärrestdüngung auch von anlagenferneren Standorten für den Landwirt interessant.

Abfrierende Zwischenfrüchte sollten aufgrund des hohen Wassergehaltes im Herbst und der schwachen Gasausbeute besser zur Gründüngung auf dem Feld verbleiben. Die Einarbeitung sollte nicht vor dem Winter sondern im Frühjahr kurz vor dem Aussattermin der Nachfrucht erfolgen, da sonst die Mineralisierung der Zwischenfrüchte gefördert wird.

Winterharte Zwischenfrüchte können eingearbeitet oder alternativ zur Biogaserzeugung genutzt werden. Weidelgras kann insbesondere in Gegenden mit guter Frühjahrserwärmung gute Erträge im Frühjahr bringen. In niederschlagsarmen Regionen kann der Wasserbedarf des Weidelgrases vor der Maisaussaat allerdings die Gefahr von Trockenstress der Folgekultur Mais im Sommer verstärken. Hier sollte die Möglichkeit des Anbaus von Sorghum-Arten geprüft oder im Falle des Nachbaus von Mais großer Wert auf wassereffiziente Sorten gelegt werden.

Der Anbau von Zwischenfrüchten gelingt am besten, je schneller diese nach der Hauptfruchternte ausgesät werden, denn nach Räumung der Hauptfrucht trocknet der Boden bei entsprechender Witterung sehr schnell aus. Dies gilt besonders in Trockengebieten. Auch das Vorsaatverfahren (10 Tage vor Ernte) hat sich bewährt, da die Zwischenfrüchte im Schutz der Hauptfrucht aufgehen können und einen Vorsprung zu unerwünschten Unkräutern haben (Kern, 2014). Als spätestster Aussattermin für eine Zwischenfrucht gilt der 15. September.

In der Regel ist nur nach früh räumenden Früchten wie Winterraps oder Getreide eine nitratzehrende gut entwickelte Zwischenfrucht möglich. Kartoffeln werden zum einen teilweise spät geerntet, zum anderen wird bei dieser Tätigkeit die Bodenkrume stark gelockert bzw. gesiebt, was sehr viel Sauerstoff in das Bodengefüge bringt und die Mineralisierung stark anregt. Bei früh geernteten Kartoffeln wäre Sorghum als Zweitfrucht möglich. Züchter bieten Sorten mit rd. 90 Tagen Reifezeit. Spätestens Mitte Juli sollte für einen guten Bestand ausgesät sein.

Winterweizen und Winterroggen können dagegen zwischen Aussaat und Probenahme (N_{min}) nur wenig Nitrat aufnehmen, was einen sehr hohen Nitratwert im Boden zur Folge haben kann. Winterraps hat im Aussaatjahr niedrige N_{min}-Werte. Im Folgejahr nach der Ernte besteht dagegen die Gefahr von sehr hohen N-Werten (Erntereste, Erntezeitpunkt, Bodenbearbeitung vor Wintergetreide).

Späte Untersaaten können zum späteren 4-6-Blattstadium des Maises mit dem Striegel ausgesät werden. Auch mit dem Mais-Engsaatverfahren (35 cm Reihe) ist eine frühe Aussaat von Untersaaten möglich. Die Untersaaten hatten in den Versuchen keinen negativen Einfluss auf den Maisertrag.

Düngung: Die Düngung von flüssigen oder separierten festen Gärresten zu Zwischenfrüchten stellt eine umweltfreundliche und effiziente Verwertung von Gärresten zu einem relativ fortgeschrittenen Zeitpunkt in der Vegetationsperiode dar. Eine gut entwickelte Zwischenfrucht kann über 100 kg N/ha aufnehmen. Eine Andüngung von 40 kg N/ha führt zu einem guten Aufgang der Zwischenfrucht (Kansy, 1995), erhöht aber die Gefahr der Nitratauswaschung.

Bei Verwendung eines Gülletrac mit gleichzeitiger Einarbeitung und der Aussaat von Gräsern kann die Ausbringung von Gärresten (maximal 20 m³/ha) und die Aussaat in einem Arbeitsgang erfolgen (gleichzeitige Ausbringung von Gärrest und Grassamen), sofern die Gärreste bei der Ausbringung eingearbeitet werden. Durch die Gärrestausrückführung mit gleichzeitiger Zwischenfruchtaussaat wird neben der Zeitersparnis ein zügiger Aufgang der Zwischenfrucht gewährleistet.

Kurzbewertung Wasserschutz: Zwischenfrüchte entziehen dem Boden Stickstoff vor und über den Winter je nach Winterhärte der Pflanzen und Jahreswitterung. Damit wird der Stickstoff in der Biomasse konserviert und kann nicht ausgewaschen werden. Während der Wachstumsphase können Zwischenfrüchte bis zu 160 mm Wasser aufnehmen, so dass der Boden im Winter wesentlich später bzw. in Ausnahmefällen gar nicht wassergesättigt wird. Somit steht weniger Wasser zur Versickerung und für die Nitratauswaschung zur Verfügung. Winterharte Zwischenfrüchte (Weidelgras, Winterraps, Winterrübsen sowie GPS-Winterroggen und Grünroggen) sind den abfrierenden Zwischenfrüchten (Senf, Phacelia oder Ölrettich) vorzuziehen, da sie über den gesamten Winter Stickstoff aufnehmen und konservieren. Abfrierende Zwischenfrüchte verhindern die N-Auswaschung primär im Herbst bis einschließlich Dezember (Fasler et al., 2008-1, Mastel et al., 2004). Die Reduzierung der Herbst-N_{min}-Werte beträgt bei Gräsern 20-35 kg/ha sowie bei Ölrettich und Rübsen ca. 50 kg/ha (Vetter et al., 1995). Allerdings sollte man die N-Bindung nicht überbewerten. Sie führen in jedem Fall aber zur Verbesserung der Befahrbarkeit, der Bodenstruktur und der Mikrofauna.

5.3 Handlungsempfehlungen zur Anbauoptimierung wichtiger Energiepflanzen in Baden-Württemberg in Bezug auf den Gewässerschutz

In 35 der insgesamt 60 gesichteten Publikationen wurden Aussagen auf Basis von Versuchen getroffen (Liste vgl. Kap. 3, Details im Anhängenden Excel-Dokument), die in diesem Kapitel zu Handlungsempfehlungen abgeleitet wurden. Die Versuche beschäftigen sich teilweise mit Gewässerschutz, zu einem anderen Teil mit der Erzeugung von Biomasse. Insbesondere die umfassenden Versuche zu Mais und dessen Düngung belegen, dass die Umweltwirkung der Erzeugung von Gärsubstrat nicht ausschließlich, u.U. nicht einmal primär von der Kultur abhängig ist, sondern stark von der Anbaustrategie in Zusammenhang mit den Standorteigenschaften beeinflusst wird.

Tabelle 4 gibt einen Überblick der Biogaskulturen bezüglich des Gefährdungspotentials für den Gewässerschutz mit indikativem Charakter, da die tatsächliche Auswirkung stark vom Standort abhängig ist.

Tabelle 4: Bewertung unterschiedlicher Energiepflanzen im Hinblick auf ihr Gefährdungspotential für den Gewässerschutz (v. Buttler et al. (2009), geändert Walter (LTZ Augustenberg))

Wasserschutz-Risiko durch	Mais**	Sonnenblumen**	Sorghumarten**	GPS-Getreide	Ackergras	Leguminosen-gras	Zwischenfrucht*	Grünland
Höhe N-Düngung			?					
Herbst-Nmin-Wert		?						
N-Saldo								
PSM-Austrag								
N-Auswaschung insges.		?	?					
Gefahr durch Humusbilanz			?					
Bodenerosion								
***Wasseranspruch	mittel	mittel	gering	mittel	hoch	hoch - mittel	mittel	hoch - gering
***Temperaturanspruch	hoch - mittel	mittel	hoch	gering	gering	gering - mittel	gering	gering - sehr gering
***Energieertrag	hoch	gering	mittel	mittel - hoch	mittel	mittel - gering	gering	mittel
* Als Optimierung des Hauptfruchtanbaus							Risiko für den Wasserschutz	
** Optimierung u.a. durch reduzierte Bodenbearbeitung, Engsaat								
*** weitere Eigenschaften der Kulturarten							bis	
? Forschungsbedarf								

Mais

Die Optimierung des Silomaisanbaus als derzeit bedeutendste Kultur zur Biogaserzeugung unter Wasserschutzgesichtspunkten ist ein zentrales Anliegen.

Düngung: Die Untersuchungen zeigten, dass die Standortgegebenheiten und die Witterungsverhältnisse die standortbedingte Ertragshöhe maßgeblich beeinflussen, während die Höhe der N-Düngung einen relativ geringen Einfluss auf den Biomasseertrag hatte.

Die besten Maiserträge werden auf tiefgründigen Böden mit guter Krümelstruktur und ausreichendem Wasser- und Nährstoffspeichervermögen erzielt. Während in der Praxis oft deutlich über dem empfohlenen N-Sollwert gedüngt wird, zeigten Versuche, dass das betriebsübliche Ertragsniveau i.d.R. bei einer N-Düngegabe von 180 kg N/ha (incl. N_{min}) erreicht wird. In guten Maisjahren kann bereits bei einer N-Düngegabe von 150 kg N/ha das Ertragsoptimum erreicht werden. Aus Wasserschutzsicht sollte die Düngegabe nach Möglichkeit in zwei Gaben aufgesplittet werden, sofern keine N-Injektionsdüngung durchgeführt wird. Die Grundversorgung sollte in organischer Form erfolgen. Auf Basis einer späten N_{min}-Beprobung kann dann das N-Niveau der Ergänzungsdüngung bestimmt werden (siehe Merkblatt der LTZ, 2014). Diese sollte in Marktfuchtgebieten mit geringem Tierbesatz vorzugsweise als mineralische Düngung erfolgen. In Wirtschaftsdünger-Überschussgebieten sollte der Mineraldüngerzukauf (und damit der Nährstoffimport in die Region) möglichst weitgehend reduziert und durch die weitestgehende Nutzung von Gärrest ersetzt werden. Bei der späten Düngung mit Gärrest sollte der Gefahr von Ausgasung durch geeignete Technik (Injektion) und Durchführung der Arbeiten bei geeigneter Witterung entgegen gewirkt werden.

Auf diesen Standorten ist eine späte N_{min}-Beprobung zur Überprüfung der N-Gabe empfehlenswert. Für niedrige Herbst-N_{min}-Werte ist ein organisches Düngemanagement ausschlaggebend. Die Ausbringung von Depotdüngern zeigte in den ersten Praxisversuchen gute Ergebnisse bei den Erträgen und den Nährstoffbilanzen.

Gärrestdüngung zu Mais

- Mais hat einen hohen N-Bedarf und eine lange Wachstumsperiode und kann deshalb eine organische Düngung gut verwerten. N-Düngebedarf kann bei langjährig organischer Düngung niedrig sein.
- Verlustmindernde Ausbringungstechniken (z.B. Gülleinjektionstechniken oder Gülletrac) vor der Maisaussaat bis zum Beginn des Längenwachstums verbessern die N-Ausnutzung.
- N-Sollwerte: je nach Ertrag ca. 180-200 kg N/ha.
- Nach Abzug des N_{min}-Vorrats im Boden und von anderen Zu- und Abschlägen verbleibt in der Regel ein N-Düngebedarf von gut 100-120 kg N/ha. Eine N-Unterfußdüngung ist ggf. anzurechnen.
- Aufteilung der organischen Düngung zu Mais (Ausbringung von Gärresten vor der Aussaat im Mai und als Kopfdünger z.B. mittels Schleppschlauchverfahren in den wachsenden Bestand im 4-6-Blattstadium).

Kurzbewertung Wasserschutz: Auf Mais-Grenzstandorten ist neben der Höhe der Düngung auch die Sortenwahl maßgeblich für eine grundwasserschonende Bewirtschaftung. Der Zielertrag als Basis für die Düngerbedarfsrechnung sollte dem Ertragspotenzial des jeweiligen Standortes realistisch angepasst sein. Darüber hinaus sollten robuste, wenig wassereffiziente Sorten gewählt werden. Frühreifende Sorten ermöglichen den Anbau von Zwischenfrüchten. Eine Bodenbearbeitung sollte - sofern es die Bodenart zulässt - grundsätzlich erst im Frühjahr erfolgen, um den Mineralisationsprozess und somit die potentielle Nitratauswaschung zu minimieren. Bei stark tonhaltigen

Böden kann eine Frühjahr-Bodenbearbeitung problematisch sein. (Landesanstalt für Pflanzenbau, 2002 Merkblatt „Umweltschonender Maisanbau“)

Sorghum zur Hauptfruchtnutzung

Sorghumarten sind wärmeliebende, wassereffiziente C4-Pflanzen mit einem niedrigen Transpirationskoeffizienten. Der Anbau kann unter trockenen Anbaubedingungen, in Zweitfruchtstellung sowie unter dem Aspekt des Klimawandels erfolgen. In Versuchen wurde jedoch deutlich, dass Sorghum sudanense und Sorghum bicolor hohe Ansprüche an ackerbauliche Maßnahmen, insbesondere an die Saatbettbereitung (kleines Saatkorn) und an den Pflanzenschutz (Gräserkonkurrenz) stellen. Darüber hinaus sind für eine gute und zügige Keimung sowie Jugendentwicklung entsprechende Temperaturbedingungen (hohe Kälteempfindlichkeit) und ausreichende Bodenfeuchte notwendig. Aufgrund der unsicheren und wechselhaften Ertragsleistung von Sorghumarten können derzeit keine anbau- oder kulturartbedingte Vorteile hinsichtlich der Herbst-Nmin-Werte festgestellt werden.

Düngung: Bei zu starker Düngung reagiert Sorghum mit zu schnellem Wachstum und es besteht die Lagergefahr. Deshalb wird eine N-Versorgung mit maximal 120-140 kg N/ha empfohlen.

Kurzbewertung Wasserschutz: Hohe Ertragsschwankungen erschweren eine bedarfsorientierte Düngung, was das Auswaschungsrisiko erhöht. Andererseits ergaben die SchALVO-Kontrollen in 2013 Stickstoffhinterlassenschaften von nur 20 kg N/ha (Finck et al. (2014-3)). Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass Sorghum aufgrund der Lagergefahr im Gegensatz zu Mais weniger überdüngt wird.

Zur Fruchtfolgeauflockerung und aus phytosanitären Aspekten sollte dem Sorghumanbau weiterhin Beachtung zukommen.

Sudangras

Sudangras kann einschnittig oder zweischnittig angebaut werden. Bei zweischnittigem Sudangras wird im Juni/Juli erstmals geerntet; dadurch besteht eine zusätzliche Möglichkeit zur Gärrestaubringung im Sommer (weiterer N-Bedarf des zweiten Aufwuchses, da der Boden nach der ersten Ernte vollständig entleert ist).

Getreide-Ganzpflanzensilage (GPS)

Getreidearten eignen sich als Energiepflanzen besonders für mittlere bis schwache Standorte (kühlere feuchtere) und zur Fruchtfolgeaufweitung. Der Anbau fördert niedrige Herbst-Nmin-Werte, geringe Sickerwasserbelastungen und eine geringe Erosionsanfälligkeit bei relativ hoher Ertragssicherheit.

Der Anbau von Winterungen als Ganzpflanzengetreide, insbesondere Wintertriticale und Winterroggen, eignen sich auch für Mais-Grenzstandorte und bieten neben einer niedrigen Auswaschungsgefährdung bei geringen Wasser- und Anbauansprüchen sichere Erträge und niedrige Produktionskosten.

Für Standorte mit guter Wasserführung bietet sich die Einbindung von Feldgras in die Fruchtfolge an. Niedrige Herbst-Nmin-Werte und mehrjährig Nutzung sind von Vorteil.

Wintergerste und Grünroggen

Es kann mit einer verbesserten N-Festlegung im Oberboden, einer Verminderung der N-Auswaschung und der Bodenerosion, einer Verbesserung der Humusbilanz sowie einer zusätzlichen Biomasseernte gerechnet werden.

Düngung:

Eine Andüngung im Herbst ist nicht sinnvoll. Insbesondere auf Flächen mit langjähriger Wirtschaftsdüngerzufuhr sollte darauf verzichtet werden. Stattdessen ist eine frühestmögliche Ausbringung im Folgejahr anzustreben, da die Herbstausbringung die N-Auswaschungsgefahr steigert und keine optimale Nährstoffverwertung ermöglicht.

Wintergerste und Grünroggen bzw. Roggen-GPS beginnen im Frühjahr deutlich früher zu wachsen als andere. Wintertriticale und Winterweizen eignen sich neben Grünland zu einer sehr frühen Gärrestausbringung.

Der Anbau von Zwischenfrüchten spielt eine wichtige Rolle, nicht nur, um die N-Verlagerung über Winter zu reduzieren und die Humusbilanz zu verbessern, sondern auch, um z.B. mit einer Grünroggenernte zwischen Ende April und Mitte Mai schon im zeitigen Frühjahr ein Substrat für die Biogasanlage zu ernten. Es folgt z.B. der Silomais als Hauptfrucht zum regulären Aussaattermin Anfang April (frühe Standorte am Oberrhein) bis Mitte Mai.

Kurzbewertung Wasserschutz: Nimmt im Herbst noch 30 – 40 kg N/ha auf mit entsprechender Sickerwasserentlastung, eine N-Fixierung im Oberboden über den Winter und eine Erosionsminderung möglich, wobei auf mineralisationsstarken Standorten auf eine Herbstandüngung zu verzichten ist (v. Buttler, 2010).

Triticale GPS (Ganzpflanzensilage)

Auf ertragsstarken Standorten kann Getreide-GPS ergänzend zum Maisanbau in die Fruchtfolge aufgenommen werden. Für diese besseren Standorte bietet sich aufgrund des leicht höheren Ertragsniveaus im Vergleich zu Grünroggen und der geringeren Lagergefahr Triticale zum Anbau an. Durch die Ernte Mai bis Ende Juni bleibt Zeit zum Anbau einer Zweitfrucht oder Sommerzwischenfrucht. Auch die Kombination mit einer Gräseruntersaat ist möglich.

Auf Grenzstandorten sollte Roggen-GPS oder Grünroggen angebaut werden. Auf diesen Standorten stellt Getreide-GPS eine ertraglich und wirtschaftlich gute Alternative dar.

Düngung: Wintergetreide nimmt im Herbst nur einen geringen Teil seines Nährstoffbedarfes auf (z.B. Wintergerste ~40 kg N/ha und Winterroggen: ~20 kg N/ha; Winterweizen: 5 bis 10 kg N/ha). Auch Grünland ist nicht in der Lage, Gülle- bzw. Gärrestgaben im Zeitraum September bis einschließlich November effizient zu nutzen; der optimale Düngungszeitpunkt für Gülle und flüssige Gärreste ist auch hier das zeitige Frühjahr. Zur Biomasseerzeugung ist im Spätwinter/zeitigem Frühjahr eine N-Düngung zu GPS von ca. 20 kg/ha unter dem Sollwert für Körnernutzung ausreichend, da anders als bei der Körnerproduktion keine Qualitätsgaben erforderlich sind.

Kurzbewertung Wasserschutz: Getreideganzpflanzensilage ist aus Wasserschutzaspekten eine sehr geeignete Kultur mit Herbst-Nmin-Werten um die 30 kg N/ha, geringem Auswaschungs- sowie Erosionsrisiko. Auch der Pflanzenschutzmittelbedarf ist bei der energetischen Nutzung gering.

Ackergras

Ackergras als Biogassubstrat kann ein bis max. drei Jahre genutzt werden, wobei im 3. Nutzungsjahr die Ertragsleistung deutlich absinkt. Ackergras kann als Ergänzung zum Mais die Fruchtfolge auflockern und die Humusbilanz deutlich verbessern. Mit dem Ackergrasanbau sind niedrige Herbst-Nmin-Werte von ca. 30 kg N/ha möglich. Der Wasserbedarf der Kultur ist jedoch im Vergleich zu C4-Gräsern relativ hoch, so dass ein Anbau nur in Regionen mit ausreichender Wasserversorgung wirtschaftlich interessant ist.

Für Milchviehbetriebe bietet sich die Koppelnutzung an, wobei die ersten Schnitte zu Futterzwecken genutzt werden und spätere Ernten als Biogassubstrat Verwendung finden.

Durch die energetische Verwertungsrichtung kann der Ackergrasanbau in Zukunft auch in Regionen ohne Viehhaltung interessant werden. Voraussetzung für ein hohes Ertrags- und Biogaspotential von Ackergras ist eine ausreichende Wasserversorgung, die Anpassung der Stickstoffdüngung an den N-Entzug sowie eine optimale Bestandsführung (u. a. Nachsaat).

Kurzbewertung Wasserschutz: Für eine grundwasserschonende Bewirtschaftung ist eine angepasste N-Düngung notwendig, insbesondere in Jahren mit ungünstigen Witterungsbedingungen. Nach der Aussaat des Ackergrases im Herbst sollte aus Wasserschutzsicht auf eine Stickstoffdüngung verzichtet werden.

Dauergrünland

Ziel ist es, regionale Grünlandaufwüchse zu nutzen und dabei artenreiches und FFH-Grünland zu erhalten. Erreichbar ist dieses Ziel durch (MLR, 2014):

- Abgestufte Grünlandnutzung gemäß standörtlicher und ökologischer Bedingungen. Förderung und Optimierung der Grünlandnutzung zur Substratproduktion auf intensiv nutzbaren Standorten.
- Kein Umbruch von Dauergrünland. Generell liefern Dauergrünlandflächen wertvolle Ökosystemdienstleistungen (z.B. Kohlenstoff-Akkumulation, Grundwasser- und Erosionsschutz), die durch Grünlandumbruch verloren gehen. Außerdem kann die Mobilisierung von Stickstoff durch einen Grünlandumbruch zu einem massiven Stickstoff-Eintrag in das Grundwasser führen.
- Keine Intensivierung von artenreichen Grünlandflächen. Nährstoffzufuhr und Erhöhung der Nutzungsfrequenz verringern zwangsläufig die Artenzahl. Die Vorverlegung des ersten Schnittes führt je nach Standort zu einem deutlich geringeren Blütenangebot und hat damit negative Auswirkungen auf Insekten und Bienen sowie auf die Reproduktion bei spezialisierten Wiesen brütenden Vogelarten. Im Fall von Mähwiesen in FFH-Gebieten wird durch Intensivierung gegen das Cross-Compliance-relevante Verschlechterungsverbot verstoßen.
- Extensiv erzeugte Aufwüchse von naturschutzfachlich hochwertigen Wiesen können anteilmäßig mit vergoren werden. Es ist aber bis auf Weiteres keine Gärrestückführung auf diese Flächen möglich (betriebliche Gärrestumverteilung). In größerem Umfang ist eine Vergärung solcher Aufwüchse nur nach chemischem, enzymatischem und/oder mechanischem Aufschluss möglich.
- Optimierung der Nutzungshäufigkeit: Der für die Biogasnutzung entscheidende höchste TM-Ertrag kann im Gegensatz zur höchsten Aufwuchsqualität für die Verfütterung mit einer Schnittnutzung weniger pro Jahr erzielt werden. Bei mittleren bis guten Standortver-

hältnissen ist daher aus wirtschaftlicher Sicht häufig die 3-Schnitt-Nutzung am interessantesten.

Die Grünlandnutzung für die Futterbereitstellung oder zur Erzeugung von Biogas-Substrat erfolgt meist auf kühlen, feuchteren Standorten, an denen die Maisüberlegenheit nicht mehr gegeben ist, und bewirkt bei angepasster Düngung sehr zuverlässig niedrige N_{min}-Werte. Für Milchviehbetriebe bietet sich auch die Koppelnutzung des Grasschnittes zu Futterzwecken (1.-2. Schnitt) und als Biogassubstrat (weitere Schnitte) an.

Düngung: Auf Grünlandflächen kann die Substratrückführung frühzeitig ab Anfang Februar auf schnee- und frostfreie sowie auf trag- und aufnahmefähige Böden ausgebracht werden.

Leichte, auswaschungsgefährdete Standorte sollten nicht vor Mitte Februar begüllt werden. Gärrestgaben im Herbst sind erlaubt, bergen aber ein verstärktes Risiko für Nitratverlagerung. Diese Mengen sollten unbedingt bei der Bemessung der Frühjahrsdüngung angerechnet werden.

Kurzbewertung Wasserschutz: Als eine Maßnahme zum Gewässerschutz und gleichzeitig zum Grünlanderhalt ist deshalb insbesondere in vieharmen Regionen die energetische Nutzung des Aufwuchses anzuraten. Spezielle Energie-Gräsermischungen werden mittlerweile von den Züchtern angeboten. Die Erfahrungen aus der Wasserschutzberatung zeigen, dass mit zunehmender Schnittnutzung die N-Überschüsse sinken.

6. Literaturverzeichnis

- ARVALIS (2012-2014): INDEE – Injektion von N-Düngern in Depotform für mehr Effizienz und geringere Emissionen in der Umwelt. Projektkurzbeschreibung, EU-Projekt Interreg „C29“, 3 Seiten.
- Baumgärtel, G. und Olf, H.-W. (2014): Nitratauswaschung - Ursachen und Maßnahmen zur Minimierung, aid-Broschüre 0347, aid-Infomationdienst für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V..
- Burtin, M. L. und Nußbaumer, H. (1999): ITADA Abschlussbericht zum Projekt A1.2 - Optimierung des Zwischenfruchtanbaus. EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd.
- Deller, B. (2008): Die Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung, Praktische Umsetzung im Ackerbau und auf Grünland. Merkblätter für die Umweltgerechte Landwirtschaft Nr. 20 (4. Aufl.) Dez. 2008. LTZ Augustenberg, Baden-Württemberg.
- DLG (2014): Gärreste im Ackerbau effizient nutzen - Merkblatt 397 http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_397.pdf (29.6.2015). DLG e. V. Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft.
- DVGW (2013): Abschlussbericht - Potentialstudie zur nachhaltigen Erzeugung und Einspeisung gasförmiger, regenerativer Energieträger in Deutschland (Biogasatlas). <http://www.dvgw-innovation.de/die-projekte/archiv/biogaspotenzialatlas/> (8.7.2015). DVGW-Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V..
- DWA (2010): Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes. Regelwerk M 907, DWA- Deutsche Vereinigung von Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V..
- Elsäßer, M., (2011-1): Effekte unterschiedlich häufig ausgebrachter Gülle in Kombination mit unterschiedlicher mineralischer Stickstoffdüngung. In: Gülle 11 - Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, Tagungsband, LAZ BW, Seite 56-60.
- Elsäßer, M., (2011-2): Vergleichende Wirkung nährstoffgleicher mineralischer und organischer Stickstoffdüngung auf Erträge, botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnisse im Boden. In: Gülle 11 - Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, Tagungsband, LAZ BW, S. 91-96.
- Elsäßer, M., (2011-3): Effekte unterschiedlich häufig ausgebrachter Gülle in Kombination mit unterschiedlicher mineralischer Stickstoffdüngung in: Gülle 11 Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. In: Gülle 11 - Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, Tagungsband, LAZ BW, S.102-103.
- Fachverband Biogas e.V. (2013): Hintergrundpapier H-001 - Wasserschutz beim Anbau von Energiepflanzen für Biogasanlagen. Fachverband Biogas e.V., Stand Juli 2013. 24 Seiten.

- Fasler, B., Grimm, S., Mastel, K., Mokry, M., Monkos, A., Nüßlein, F. und Schneider-Götz, N. (2008/1): Versuch Gründüngung 2002/2003. Informationen für die Pflanzenproduktion Heft 11/2008 - Ergebnisse der produktionstechnischen Versuche 2007 in Baden-Württemberg, LTZ Augustenberg, Baden-Württemberg.
- Fasler, B., Grimm, S., Mastel, K., Mokry, M., Monkos, A., Nüßlein, F., Schneider-Götz, N. (2008/2): Versuch Gründüngung (2003/04 + 2004/05). Informationen für die Pflanzenproduktion Heft 11/2008 - Ergebnisse der produktionstechnischen Versuche 2007 in Baden-Württemberg, LTZ Augustenberg, Baden-Württemberg.
- Feldwisch, N., Friedrich, C., Lendvaczy, T., Peter, M., Preis, M. (2010): Pilotprojekt "Erfolgskontrolle von Maßnahmen des Grundwasserschutzes in SchALVO-Sanierungsgebieten am Beispiel des Wasserschutzgebietes Mannheim-Rheinau". Abschlussbericht. MVV Energie AG, Mannheim.
- Finck, M., Grimm, S. und Mokry, M. (2013): Ist Mais gleich Mais? mais 3/2013 (40. Jg.), S.122-117.
- Finck, M., Übelhör, W., Hartwig, H. (2014-1): Einschätzungen zum Einfluss von Biogasanlagen auf das Nitratauswaschungsrisiko anhand von Bodennitratwerten der SchALVO Herbstkontrollaktion. VDLUFA-Schriftenreihe Pflanzliche Produktion, Band 70. http://www.vdlufa.de/download/KB2014_web_gross.pdf (20.7.2015)
- Finck, M., Hartwig, H. und Übelhör, W. (2014-3): SchALVO Nitratbericht - Ergebnisse der Beprobung 2013. LTZ Augustenberg, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg.
- Finck, M., Kunoth, M., Wöllhaf, F., Riedel, M., Rupp, D. und Rather, K. (2014-2): Vergleichsflächen gemäß SchALVO - Acker-, Garten- Obst- und Weinbau Berichtszeitraum 2011/2012. LTZ Augustenberg, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg.
- FNR (2013): Energiepflanzen für Baden-Württemberg. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. <https://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/energiepflanzen/regionalbroschuren/energiepflanzen-fur-biogasanlagen-regionalbroschure-baden-wuerttemberg.html> (21.7.2015).
- Grunewald, J. und Jäkel, K. (2014): Energiepflanzen für Biogasanlagen, Vielfalt auf dem Acker, Teil 2, LfUG Sachsen (Verbundprojekt EVA). <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23318> (3.8.2015)
- Haber, N., Kluge, R., Mokry, M., Dederer, M. und Messner, J. (2008): Inhaltsstoffe von Gärprodukten und Möglichkeiten zu ihrer geordneten pflanzenbaulichen Verwertung. LTZ Augustenberg Baden-Württemberg, Abschlussbericht.
- Hartmann, A. (2014): Mais – Anbautrend ungebrochen. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 9/2014. https://www.statistik-bw.de/Veroeffentl/Monatshefte/PDF/Beitrag14_09_04.pdf (25.6.2015).

- Hölscher, T., Müller-Sämann, K. und Selz, M. (2007): Reihenfrässaat als Alternative zum Maisanbau mit Pflug. Endbericht zum Projekt „Einführung der Reihenfrässaat und Untersuchung der bodenphysikalischen Langzeiteffekte unter Praxisbedingungen im Gebiet Freiburg-Dreisamtal“. Endbericht. Innovationsfond Klima- und Wasserschutz der badenova AG & Co.KG.
- Kaatz, C., Eichinger, E. und Haakh, F. (2003): Reduzierung der Mineralisierung bei stickstoffreichen ackergenutzten organogenen Böden in Wasserschutzgebieten zur Minimierung der Nitratbelastung des Grundwassers, Kurztitel: "Optimierte Ackernutzung". LW-Schriftenreihe 2003, Beitrag4, S.28-44.
- Kansy, F.J., Vetter, R., Juncker-Schwing, J. und Koller, R. (1999): Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen. ITADA Abschlussbericht zum Projekt A1.1. EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd.
- Kansy, G. und Lasserre, D. (1995): Winterweizen: Zwischenfrüchte nach Winterweizen zur Nitratbindung und zur Vorbereitung auf die Flächenstilllegung - Prüfung verschiedener Methoden und Mischungen. ITADA Projekt 6. Zusammenfassender Bericht über die Versuchsjahre 1994 und 1995, INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd.
- Kansy, F.J. (2008): Ergebnisse des Vergleichs von Bodenbearbeitungsverfahren und der Optimierung der N-Düngung in Hausen und Biengen. Maistagung Emmendingen – Hochburg 12.02.2008, Tagungsband: Vorstellung der Versuchsergebnisse 2007 und Anbaufragen 2008, Regierungspräsidium Freiburg.
- Kern, R. (2014): Mehrjährige Erfahrungen mit Zwischenfruchtmischungen im Kraichgau. LOP 7/2014 Zwischenfrüchte S. 42-51.
- Kläy, R. (1984): Untersaaten zu Mais : gegenseitige Beeinflussung von Unterkultur und Mais, sowie Auswirkungen auf Bodenstruktur, Nitratauswaschung, Stickstoff-Fixierung und die Entwicklung der Folgekulturen. Dissertation Nr. 7530, ETH Zürich.
- Koller, R., Juncker-Schwing, F., Kansy, F.J. (2001): Stickstoffmanagement bei Mais. ITADA Abschlussbericht Projekt 2.1.3 (1999-2001). INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd.
- Kreins, P., Behrendt, H., Gömann, H., Heidecke, C., Hirt, U., Kunkel, R., Seidel, K., Tetzlaff, B. und Wendland, F. (2009): Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser. Endbericht. Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- Landesanstalt für Pflanzenbau (2002): Merkblatt 23 „Umweltschonender Maisanbau“ <http://www.ltz-bw.de/pb/Lde/Startseite/Service/Merkblatt+fuer+die+umweltgerechte+Landbewirtschaftung?QUERYSTRING=umweltgerechte+Landbewirtschaftung> (6.10.2015)
- LEL (2012): Agrarstruktur in Baden-Württemberg. http://www.ltz-bw.de/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/recht/pdf/2/2012-08-03_Gr%C3%BCnes%20Heft%202012_kl.pdf (30.7.2015).

- LEL (2015): Online-Kartendienst zu Biogasanlagen in Baden-Württemberg auf Gemeindeebene 2004-2014. Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL). https://www.lel-web.de/app/ds/lel/a3/Online_Kartendienst_extern/Karten/45971/index.html (25.7.2015)
- Lorenz, F. und Steffens, G. (2011): Entwicklung und Überprüfung von Techniken zur Gülleausbringung auf Grünland mit geringer Ammoniak- und Geruchsfreisetzung, geringer Nitratauswaschung und guter Ertragswirkung. In Gülle 11, Gülle und Gärrestdüngung auf Grünland, Tagungsband. S. 51-55.
- LTZ (2014): Merkblatt zur Düngeverordnung. https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Pflanzenbau/D%C3%BCngung/Rechtlicher%20Rahmen/Merkblatt%20zur%20D%C3%BCngeverordnung.pdf (6.10.2015)
- LTZ (2015-1): Prüfung abfrierender und winterharter Zwischenfrüchte bzgl. N-Aufnahme der Pflanzen und der N-Verlagerung im Boden über Winter mit dem Ziel der Minimierung der N-Verlagerung. http://ltz-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Pflanzenbau/Fruchtfolge%20Zwischenfr%C3%BCchte/ZwischenfrFruchtfolgeDoks_DL/Kurzinfo%20Zwischenfr%C3%BCchteVorMais2014/FF%2014-04%20Kurzinfo%202014ZwischenfruechteVorMais.pdf (24.07.2015)
- LTZ (2015-2): Wasserschutz und Landwirtschaft <http://ltz-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Arbeitsfelder/Wasserschutz+und+Landwirtschaft> (24.07.2015)
- LUBW (2014): <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239468/> (5.9.2015)
- Maier, J., Müller-Sämann, K., Hölscher, T., Bischoff, W-A. und Schwarz, A. (2011): Platzierung von Harnstoff-Ammoniumsulfat-Lösung bei Mais und Kartoffel am Oberrhein: Neue Wege der Stickstoffdüngung bei Mais und Kartoffel – mehr Effizienz für Landwirtschaft und Umwelt mit dem CULTAN-Verfahren. Endbericht zum Projekt Nr. 2008-2. Badenova AG & CO. KG Innovationsfond Klima- und Wasserschutz.
- Mastel, K. und Kruse, S. (2008): Endbericht (2005-2008): Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime in vom Klima begünstigte Lagen. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- MLR (2014) : Nachhaltige Biogaserzeugung in Baden-Württemberg, Leitfaden, http://www.nachhaltigkeitsstrategie.de/fileadmin/Downloads/informieren/projekte_2007-2011/Nachhaltige_Biogaserzeugung_Baden-Wuerttemberg_Maerz_2014.pdf (25.6.2015). Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg.

- Mokry, M., Schneider-Götz, N. und Rothfuß, B. (2012): Düngung mit Gärresten aus Biogasanlagen zu Mais 2006-2008. Informationen für die Pflanzenproduktion Heft 15/2011, Ergebnisse produktionstechnischer Versuche zur Düngung 2006 bis 2010 in Baden-Württemberg.
- Mokry, M. (2013): Unterflurdüngung mit organischen Flüssigdüngern zu Mais. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg.
- Mokry, M. (2014-1): Monitoring zur Erhebung der Stoffströme in Biogasanlagen nach Gärrest-Separierung Teil 1. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg.
- Mokry, M. (2014-2): Monitoring zur Erhebung der Stoffströme in Biogasanlagen nach Gärrest-Separierung (Teil 2 Tabellenanhang). Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg.
- Möller, K., Schulz, R. und Müller, T. (2009): Mit Gärresten richtig Düngen. Aktuelle Informationen für Berater. Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenernährung.
- Ritz, D., Mokry, M., Eigner und U. (1996): Weiherbach-Projekt "Prognosemodell für die Gewässerbelastung durch Stofftransport aus einem kleinen ländlichen Einzugsgebiet" Bodennutzungserhebung sowie pflanzen- und ackerbauliche Untersuchungen zur Bilanzierung landwirtschaftlich relevanter Stoffe im Untersuchungsgebiet (Teilprojekt 10b), Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg.
- Rohmann, U. (1989): Umsetzungen im Boden nach Umbruch von Dauergrünland und Auswirkungen des Grünlandumbruches auf die Zusammensetzung von Sicker- und Grundwasser. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben PW 86022 DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe (TH).
- Schweiger, P. und Mastel, K. (2004): N-Konservierung durch den Anbau von Gründüngungspflanzen. LAP Forchheim.
- Scheck, R., Haakh, F., Kaatz, C., Selz, M., Betting, D., Ball, T. und Kiefer, J. (2008): Vergleichende Untersuchung von Hoftorbilanzen und N_{min}-Werten zur Verbesserung der Nitrat-Emissionskontrollen in Wasserschutzgebieten Kurztitel: Verbesserung der N-Emissionskontrollen. DVGW-Forschungsvorhaben W1/01/03-A-B, Endbericht, Projektlaufzeit: 7/2003-3/2008, LW-Bericht 2008-2.
- Schuler, S. (2005): GIS-gestützte Modellrechnungen zum Vergleich zulässiger Stickstoffüberschüsse unter landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Stickstoffbilanzen und Herbst N_{min}-Werten: Eine Beurteilung der Nitratbelastungssituation in Wasserschutzgebieten der Landeswasserversorgung. Diplomarbeit im Rahmen des Forschungsprojektes "N-Salden" beim Zweckverband Landenwasserversorgung Stuttgart. Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, LW-Bericht 2005-4.
- Schulze, R., Schweiger, P. und Klotz, F. (1999): Gesamtbericht Versuche 1993-1997 "Aktion 001 - Umbruch der Begrünung". Ministeriums Ländlicher Raum Baden-Württemberg.
- Schweiger, P. (2004): Oberirdische und unterirdische Aufwüchse von Gründüngungspflanzen und deren N-Gehalt. LAP Forchheim, Stand: 30.07.04.

- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Betriebe mit Biogasanlagen überdurchschnittlich groß. Statistikportal Pressemitteilung 114/2014 <http://statistikportal.de/Pressemitt/2014114.asp?Landwirtschaft> (25.6.2015).
- Steinfatt, K. (2008): Biogaserzeugung - Praxisprojekt Biogasbetrieb und Wasserschutz am Beispielsbetrieb Kramer, Stühlingen-Mauchen. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg.
- Stolzenburg, K. (2014): Aktuelle Ergebnisse der Energiepflanzenversuche zur Biogasnutzung. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg.
- Übelhör, W., Bechtold, K., Hartwig, H. und Finck, M. (2009): Auswertung aus 20 Jahren SchALVO-Herbstkontrollaktion in Baden-Württemberg. VDLUFA Schriftenreihe 65, „Pflanzliche Produktion Kongressband 2009“. S. 42 – 51.
- Unterseher, E. und Kansy, F.J. (2003): Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitung zu Silomais auf den Gehalt mineralischen Stickstoffs im Boden und den Ertrag. Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung, Müllheim.
- Vetter, R. und Kansy, F.J. (1995): Demonstrationsprojekt überbetriebliche Maisflächenbewirtschaftung in den Wasserschutzgebieten Hausen und Dreisamtal. Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung, Müllheim.
- Vetter, R., Miersch, M., Weissbart, J. und Freyer, K. (1999): Stickstoffversorgung und -dynamik in Fruchtfolgen vieharmen Betriebe des ökologischen Landbaus. Abschlussbericht zum ITA-DA Arbeitsprogramm II 1.5. <http://www.itada.org/ap2-deutsch/projekta15.shtm>(25.6.2015)
- von Buttlar, C., Kräling, B., Rode, A., Mund, H. und Reulein, J. (2009): Modell- und Pilotvorhaben Untersuchung zur Optimierung des Biomasseanbaus sowie des Betriebs von Biogasanlagen unter den Anforderungen des Gewässerschutzes zur Sicherung einer nachhaltigen Nutzung von Bioenergie. Studie im Auftrag des NLWKN Aurich, erstellt durch die Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt, Göttingen.
- von Buttlar, C., Kräling, B., Rode, A., Mund, H. und Roskam, A. (2010): Niedersächsisches Modell- und Pilotvorhaben, Energiepflanzenanbau, Betrieb von Biogasanlagen und Gärrestmanagement unter den Anforderungen des Gewässerschutzes. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Grundwasser Heft 10.
- Walter, E. und Zürcher, A. (2013): Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime in vom Klima begünstigte Lagen. Endbericht (2009-2013). Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg.
- Walter, E. (2014). „Anpassung von Biogasfruchtfolgen an Greening und FAKT - Versuchsergebnisse des Projektes EVA“. http://www.ltz-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Service/Nachlese_Biogas-Workshop_2014.

Walter, E. (2015): Wasserschutz im Ackerbau – Mögliche Vorgehensweise bei der Erstellung von Handlungsempfehlungen für den Biogaspflanzenanbau. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, 2014, geändert 2015, unveröffentlicht.

Wüstenholz, R.; Auburger, S. und Bahrs, E. (2014): Konsequenzen aus der Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft auf die N-Ausbringungsobergrenze organischer Düngemittel und auf die Derogation – Status quo und Empfehlungen. Berichte über Landwirtschaft, Band 92, Heft 3, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. <http://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/58> (25.6.2015)

Weitere interessante Weblinks zur regionalen Entwicklung in Baden-Württemberg:

<https://www.statistik-bw.de/Veroeffentl/803314103.pdf> Landwirtschaft und Umwelt in BW, Reihe Statistische Analysen, 03/2014.

www.altlas-agrarstatistik.de: 5 km-Raster für Deutschland, Datenbasis nur 2010 (Informationen zu Maisflächenanteil, Dichte GV, Dauergrünland, Weizenflächen, Rapsflächen, Ökolandbau, Betriebswirtschaftliche Ausrichtung)

Anhang

Rechtliche Rahmenbedingung bei der Biogasproduktion

Zahlreiche Gesetze und Verordnungen auf Europa, Bundes- und Landesebene regeln die Biogasproduktion, wie:

- ➔ den Anbau von Energiepflanzen
- ➔ die Genehmigung und den Betrieb von Biogasanlagen
- ➔ die Landwirtschaftliche Produktion
- ➔ die Gärrestverwertung und
- ➔ den Schutz des Wassers, des Bodens und der Natur

Einen Überblick der wesentlichen Regelungen bei der Gärrestaufbringung, die die Rechtsbereiche Wasser, Boden und Hygiene betreffen, fasst Abbildung 17 zusammen.

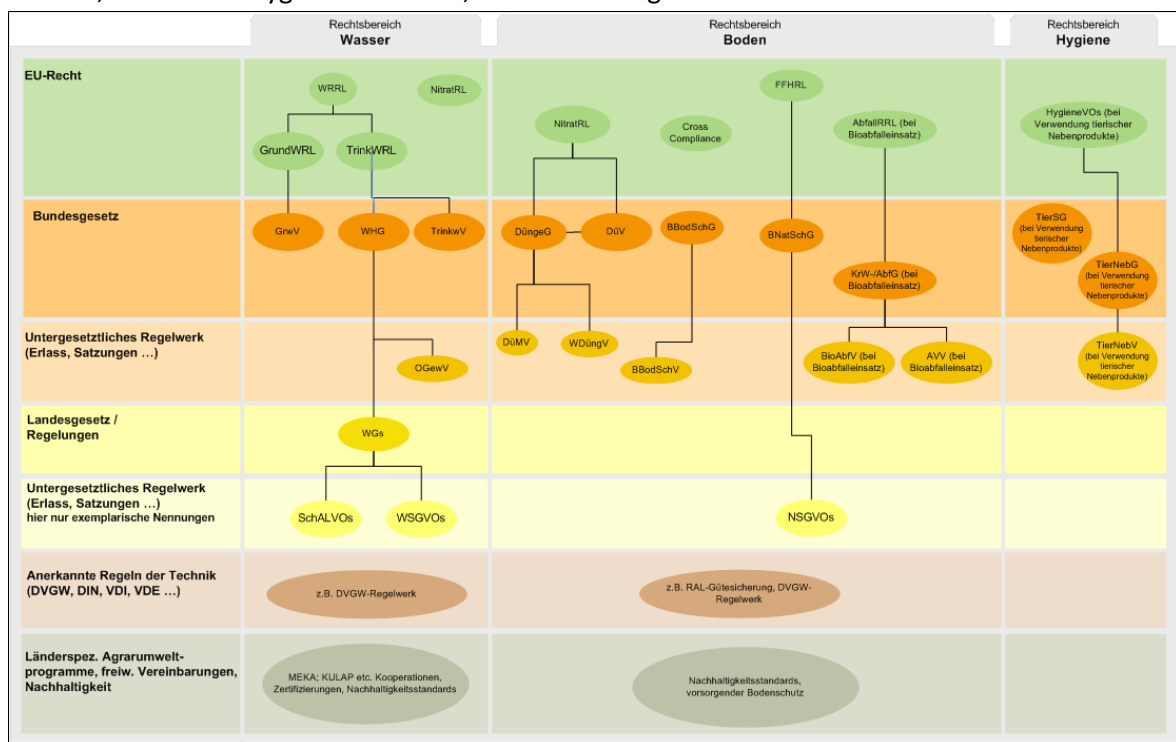


Abbildung 17: Restriktionen für die Gärrestaufbringung (DVGW, 2013)

Je nach Ausgangsmaterial der verwendeten Rohstoffe für die Biogasanlage gelten unterschiedliche Rechtsvorschriften. Tabelle 5 gibt einen Überblick der relevanten Rechtsbestimmungen in Abhängigkeit des Ausgangssubstrates wieder. So regelt das **Düngegesetz** (DüngeG) seit 2009 auf Bundesebene das Inverkehrbringen von Düngemitteln und auch das Düngen selbst. Es regelt die Ernährung von Nutzpflanzen, die Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit sowie der Vorbeugung von Gefahren für die Gesundheit von Mensch, Tier und des Naturhaushaltes. Die **Düngeverordnung** (DüV) ist eine Umsetzung der **Europäischen Nitratrichtlinie** (91/676/EWG). Sie regelt unter anderem, dass die Ausbringung von Wirtschaftsdünger tierischen Ursprungs, maximal 170 kg /ha Gesamtstickstoff betragen darf. Bei Grünland und Feldgras liegt der maximale Wert bei 230 kg/ha. In der **Düngemittelverordnung** (DüMV) werden die Zulassung und Kennzeichnung der

Düngemittel geregelt. Auch Gärreste aus den Biogasanlagen, die ausschließlich aus landwirtschaftlichen Nebenprodukten stammen, werden als Wirtschaftsdünger deklariert.

Tabelle 5: Übersicht zu Geltungsbereichen relevanter Rechtsbestimmungen (DLG 2014)

Verwendete Rohstoffe für das Gärsubstrat	betriebs eigene Dünger	betriebsfremde Dünger
Gülle Stallmist, Jauche oder andere Wirtschaftdünger Energiepflanzen (z. B. Silomais)	Düngegesetz Düngeverordnung EU-Hygieneverordnung 1069 Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung	zusätzlich: Düngemittelverordnung Wirtschaftsdüngerverbringungsverordnung Kreislaufwirtschaftsgesetz
Getreidespelzen, Lebensmittelabfälle, Biotonne, Garten- und Parkabfälle oder andere pflanzliche Bioabfälle	Düngegesetz Düngeverordnung Düngemittelverordnung Bioabfallverordnung	
Speisereste Lebensmittelabfälle Magen- und Darminhalte oder andere Abfälle tierischer Herkunft	Düngegesetz Düngeverordnung Düngemittelverordnung EU-Hygieneverordnung 1069/2009 Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung	

Rechtsvorschriften im Wasserbereich

Die **Europäische Wasserrahmenrichtlinie** (Richtlinie 2000/60/EG, WRRL) dient der Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. In dieser werden Qualitätsziele definiert und Maßnahmen vorgegeben, die zur Erreichung einer guten Gewässerzustandes führen sollen. So sind die Mitgliedsstaaten dazu verpflichtet, durch geeignete Maßnahmen eine Verschlechterung aller Wasserkörper zu verhindern. 2002 wurde das **Wasserhaushaltsgesetz** (WHG) an die WRRL angepasst. Es gilt für die oberirdischen Binnengewässer, die Küstenmeere und das Grundwasser. Hauptziele des WHG sind die ordnungsgemäße Nutzung und der nachhaltige Schutz des Wassers. In der **Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer** werden ebenfalls Anforderungen der WRRL umgesetzt. Mit Hilfe von festgesetzten Umweltqualitätsnormen werden die Gewässer bzgl. Schadstoffen und Sedimentfrachten auf ihren ökologischen Zustand hin beurteilt.

Mit der **Europäischen Richtlinie 98/83/EG „Qualität von Trinkwasser“** wird die menschliche Gesundheit geschützt, indem Gesundheits- und Reinheitsparameter für Trinkwasser festgelegt werden. Dies wird in Deutschland durch die **Trinkwasserverordnung** umgesetzt (TrinkwV 2001).

Die **Europäische Grundwasserrichtlinie** (Richtlinie 2006/118/EG) regelt den Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. Dazu werden Grenzwerte bzw. Qualitätsnormen festgelegt, die den Grundwasserzustand in gut oder schlecht klassifizieren. So beträgt der Grenzwert für Nitrat im Grundwasser 50 mg NO₃/l und für Pestizide 0,1 µg/l (Einzelwert) und 0,5 µg/l (Summenwert über alle nachgewiesenen Pestizide und Abbauprodukte). 2010 wurde diese Richtlinie in nationales Recht durch die **Grundwasserverordnung** (GrwV) umgesetzt. Bei einer Verschlechterung des Grundwasserkörpers ist eine Trendumkehr durch geeignete Maßnahmen zu bewirken, dies gilt bereits bei einer Nitratkonzentration von ≥ 37,5 mg/l.

Das Landeswassergesetz von Baden-Württemberg wurde zum 1.1.2014 neu geregelt. Zum Schutz der Oberflächengewässer wurde ein Gewässerrandstreifen von fünf Metern festgelegt, auf welchem der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln nicht erlaubt ist. Ab 1.1.2019 ist auf diesem Gewässerrandstreifen nur noch eine Grünlandnutzung erlaubt. Da das Wassergesetz nicht für die landwirtschaftliche Düngung im üblichen Umfang gilt, jedoch die Gebiete zum Teil stark mit Nitrat belastet sind, gelten weitere Verordnungen für die Landwirtschaft. In Baden-Württemberg regelt die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) den Schutz der Rohwässer in Wasserschutzgebieten vor Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge aus der Landbewirtschaftung. Die SchALVO gilt seit 1988 und wurde erstmals 1991 und noch einmal 2001 umfassend novelliert. Seitdem werden die Bewirtschaftungsauflagen in Abhängigkeit von der Nitratbelastung des Grundwassers differenziert. Die Wasserschutzgebiete werden demnach wie folgt klassifiziert: „Normalgebiete“, „Problemgebiete“ und „Sanierungsgebiete“ (Abbildung 18). Mit der Novellierung 2001 wurden zudem zahlreiche Maßnahmen und Regelungen für Sanierungs- (3 %) und Problemgebiete (19 %) angepasst, wie

Abbildung 19 zu entnehmen ist. In Problem- und Sanierungsgebieten sowie in der Zone II von Wasserschutzgebieten werden Ausgleichszahlungen für landwirtschaftlich und in Ausnahmefällen für forstwirtschaftliche genutzte Flächen gezahlt. Jedes Jahr im Herbst erfolgt eine Beprobung der Böden auf Stickstoffgehalte nach der Ernte (Nmin-Werte). Insgesamt werden ca. 17.000 Standorte in Baden-Württemberg beprobt. Somit können einerseits die Bewirtschaftungsauflagen kontrolliert und andererseits der Erfolg von zielgerichteten Maßnahmen dokumentiert werden.

Zunehmend werden auch Wasserschutzgebiete mit dem Energiepflanzenanbau und der Gärrestdüngung konfrontiert. Deshalb gibt es bezüglich des Gewässerschutzes weiteren Steuerungsbedarf (DVGW, 2013), wie:

- beim gewässerschonenden Anbau (unabhängig von der energetischen Verwendung)
- bei der Lagerung, Ausbringungsmenge und Anrechnung von Gärrückständen
- bei der Überwachung von Nährstoffströmen im Zusammenhang mit Biogasanlagen
- beim Grünlandschutz

Einteilung nach Nitrat-Belastung		
Nitratkonzentration mg/ Liter Rohwasser im Mittel von 2 Jahren	Trend Anstieg in mg/ Liter Roh- wasser im Mittel von 5 Jahren	Gebiet
unter 25	unter 0,5 über 0,5	(ogL) Normalgebiet (ogL) Normalgebiet
25 - 35	unter 0,5 über 0,5	(ogL) Normalgebiet Problemgebiet
35 - 40	unter 0,5 über 0,5	Problemgebiet Problemgebiet
40 - 50	unter 0,5 über 0,5	Problemgebiet Sanierungsgebiet
über 50	unter 0,5 über 0,5	Sanierungsgebiet Sanierungsgebiet

Abbildung 18: Einteilung der Wasserschutzgebiete nach der Grundwasserbelastung (Deller, 2008)

Zonen	in allen Gebieten (Normal-, Problem-, Sanierungsgebiete)
I (Fassung)	<ul style="list-style-type: none"> ● nur Grünland-Mähnutzung erlaubt
II (engere Schutzzone)	<ul style="list-style-type: none"> ● Verbot flüssiger Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft ● Verbot von Sekundärrohstoffdüngern (ausgenommen rein pflanzliche) ● auf A-Böden <ul style="list-style-type: none"> ▢ nur Rottemist zulässig ▢ Verbot von Tierpferchen ▢ Weidenutzung nur bei angepasstem Tierbesatz ohne nachhaltige Narbenzerstörung und mit Versetzen der Viehtränken
II, III (engere und weitere Schutzzone)	<ul style="list-style-type: none"> ● Kein Umbruch von Dauergrünland ● Keine Anwendung von Terbuthylazin oder Tolyfluanid ● Einhaltung ordnungsgemäßer Landbewirtschaftung

Abbildung 19: Restriktionen für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung in den Wassergebietszonen (Deller, 2008)

Außerdem gelten das Düngegesetz, die Dünge-, Düngemittel- und die Verbringverordnung zur Ausbringung von Düngern, wie z.B. Gärresten.

Des Weiteren werden von der **EU Fördermittel** (Direktzahlungen) bereitgestellt, die seit 2005 auch an die Einhaltung von Vorschriften in den Bereichen Umwelt, Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit sowie Tiergesundheit und Tierschutz (**Cross Compliance**) geknüpft sind. Bei Verstoß gegen die Auflagen werden Kürzungen der Direktzahlungen vorgenommen. Die Cross Compliance-Auflagen betreffen: Erosionsvermeidung, Erhalt der organischen Substanz im Boden und Schutz der Bodenstruktur, Instandhaltung von aus der landwirtschaftlichen Erzeugung genommenen Flächen, Schutz von Landschaftselementen und Erhalt von Dauergrünland. Mit der EU-Agrarförderperiode (2014 - 2020) werden ab 2015 weitere Elemente zur Umsetzung einer umweltgerechteren Landbewirtschaftung eingeführt. So werden 30 % der Direktzahlungen aus der 1. Säule (marktbezogene Ausgaben und Direktbeihilfen) an **Greening**-Auflagen gebunden, die direkt zum Schutz des Grundwassers, der Oberflächengewässer, der Umwelt und des Klimas beitragen. Das Greening besteht aus den drei Maßnahmen: Erhalt von Dauergrünlandflächen (Wiesen und Weiden), Vielfalt beim Anbau von Kulturen auf Ackerflächen und Bereitstellung „ökologischer Vorrangflächen“ auf 5 % des Ackerlands, z.B. Stilllegungsflächen, Terrassen, Pufferstreifen, Hecken, Knicks oder Baumreihen (LTZ, 2015-2). Mit dem baden-württembergischen Agrarumweltprogramm **FAKT** (Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl) wird den Landwirten ein finanzieller Ausgleich für Maßnahmen ermöglicht, welche die Grundanforderungen an Düngung und Pflanzenschutz (Fachrecht) sowie die Cross Compliance- und Greening-Auflagen übersteigen. FAKT ist Teil des Maßnahmen- und Entwicklungsplans Ländlicher Raum Baden-Württemberg 2014 - 2020 (MEPL III) und wird aus den Mitteln der EU (2. Säule), des Bundes und des Landes finanziert. Die Teilnahme am Programm ist weiterhin freiwillig und beinhaltet dann in den meisten Fällen einen Verpflichtungszeitraum von 5 Jahren. Die gewässerschonende Landbewirtschaftung wird im Programm FAKT insbesondere durch Einzelmaßnahmen des Maßnahmenbereichs E (Umweltschonende Pflanzenerzeugung und Anwendung biologischer/biotechnischer Maßnahmen) und Maßnahmenbereich F (Freiwillige Maßnahmen zum Gewässer- und Erosionsschutz) unterstützt. Für jeden Betrieb können jeweils geeignete Teilmaßnahmen nach dem Baukastenprinzip ausgewählt und miteinander kombiniert werden (LTZ, 2015-2).

Versuche zum Zwischenfruchtanbau in Thüringen

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena
Julia Lindner

1. Einleitung

GULLICH UND BISCHOFF (2009)

Aus dem optimal angewendeten Zwischenfruchtanbau können sich für den Landwirt viele Vorteile ergeben. Die positiven Auswirkungen auf den Boden können so auch die Bedingungen für Folgefrüchte verbessern. Zwischenfrüchte nehmen den von Vorfrüchten hinterlassenen Stickstoff auf und binden ihn in ihrer Biomasse. Diese verbleibende und besonders bei Einarbeitung leicht abbaubare organische Substanz erhöht die biologische Bodenaktivität. Das Wurzelwachstum der Pflanzen sorgt für biologischen Verbau von Lockerstrukturen und Durchporung kompakter Bodenzonen. Dies führt, neben der Bodendeckung des Aufwuchses, zur Minderung von Wasser- und Winderosion und fördert außerdem das Mikroklima des Bodens. Konkurrenzstarke Zwischenfrüchte sorgen außerdem für eine zusätzliche, kostengünstige biologische Unkrautregulierung. In engen Fruchtfolgen tragen sie zur Erhaltung und Verbesserung der Bodengesundheit bei, indem sie die Entwicklungskreisläufe von Pflanzenkrankheiten unterbrechen.

Als ein großer limitierender Faktor des Erfolges im Zwischenfruchtanbau hat sich in den letzten Jahren die Verfügbarkeit von Wasser erwiesen. Der hohe Ertrag der Hauptfrüchte hinterlässt oft zu geringe Mengen an Bodenwasser für die Etablierung einer Zwischenfrucht. Durch die Klimaveränderung hin zu immer längeren Trockenphasen sind die Pflanzen auf vorhandenes Bodenwasser angewiesen.

Die Anbauversuche in Thüringen müssen nun die Vor- und Nachteile des Zwischenfruchtanbaus unter heutigen klimatischen Bedingungen eruieren, in Verbindung mit der Anbauoptimierung der erfolgreichsten Varianten.

2. Optimierung des Anbaus von Zwischenfrüchten

2.1. Versuche zum Vergleich verschiedener Winterzwischenfrüchte

2.1.1. Vergleich verschiedener Fruchtarten

STEIKHARDT (1961)

In den Jahren 1951 bis 1958 wurden in Thüringen vielfältige Versuche durchgeführt, um die Ertragsleistung verschiedener Winterzwischenfrüchte vergleichen zu können. Um mögliche Einflüsse von Klima, Boden und Höhenlage auf den Ertrag feststellen zu können, wurden die Versuche in den drei Bezirken Erfurt, Gera und Suhl platziert.

Tab. 1: Winterzwischenfruchterträge und mittlere relative Ertragsabweichung (bezogen auf die Grünmasse) 1951-1958 (Mittel aus 94 Versuchen) [STEIKHARDT (1961)]

Fruchtart	Grünmasse [dt/ha]	Ertragsabweichung [rel.]	TM [dt/ha]
Rübsen	195	23	20,9
Raps	123	32	14,3
Petkuser Roggen	224	8	35,8
Wickroggen	279	13	40,8
Landsberger Gemenge	228	21	31,5

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die einzelnen Fruchtarten in ihren Erträgen stark unterscheiden (Tab. 1). Laut STEIKHARDT (1961) sind die guten Erträge des Wickroggens, Futterroggens und Landsberger Gemenges auf deren befriedigende Winterfestigkeit und spezifische Leistungsfähigkeit zurückzuführen. Die eher schlechten Ergebnisse des Rapsanbaus werden mit Auswinterung bzw. mangelhafter Vorwinterentwicklung begründet. Auch die Ertragsschwankungen zwischen den einzelnen Anbaujahren fielen bei Roggen und Wickroggen wesentlich geringer aus als bei Raps, Rübsen und Landsberger Gemenge (Tab. 1). Die Ertragsverhältnisse der geprüften Fruchtarten konnten laut STEIKHARDT (1961) an allen Standorten abgebildet werden, auch mehrjährige Versuche bestätigten die ersten Ergebnisse.

2.1.2. Vergleich verschiedener Roggensorten

STEIKHARDT (1961)

Aufgrund der positiven Eigenschaften des Roggens, wie Anspruchslosigkeit, Sicherheit und Leistungsfähigkeit, wurden Versuche angelegt, um verschiedene Sorten prüfen zu können: Bernburger Futterroggen, Petkuser Roggen, Tetraroggen und Grünschnittroggen. Ziel der Versuche war es, die Ertragsleistung der Roggensorten zu verschiedenen Schnittzeitpunkten zu erfassen, wobei die Erntetermine jeweils dem optimalen Erntezeitpunkt der verschiedenen Sorten entsprachen. Auffallend war vor allem, dass sich die Sorten hinsichtlich der Grünmasseerträge kaum unterschieden, wohl aber hinsichtlich ihrer Nährstoffgehalte. So nahm der Ligningehalt in den Pflanzen mit späterem Erntezeitpunkt zu (unabhängig vom Entwicklungsstadium). Die Ergebnisse zeigten zudem, dass die Sorten zum jeweiligen Ährenschieben die höheren Erträge brachten im Vergleich zu den später schossenden Sorten, die zum gleichen Zeitpunkt geerntet wurden. Der frühzeitig nutzbare Bernburger brachte jedoch insgesamt die niedrigsten Erträge, der zuletzt gereifte Grünschnittroggen die höchsten. Sowohl Saatzeit als auch Höhenlage hatten einen Einfluss auf den Ertrag. Dabei reagierten Bernburger und Grünschnittroggen am empfindlichsten auf verspätete Aussaat. Diese beiden Sorten zeigten außerdem auf tiefer gelegenen Standorten bessere Erträge als in höheren Gebieten.

2.1.3. Roggentrespe als Winterzwischenfrucht

STEIKHARDT (1961)

Die Roggentrespe wurde aufgrund ihrer Eigenschaften als Zweit-, Stoppel- und Winterzwischenfrucht empfohlen. Die von 1958 bis 1959 durchgeführten Versuche sollten ihre Ertragsleistung im Vergleich zu Roggen, sowie ihre Eignung als Gemengepartner für Winterwicken untersuchen. Da ihre optimale Schnittzeit hinter der des Roggens liegt, war ein Vergleich nur schwer möglich. Der Trockensubstanzgehalt war höher, der Gehalt an Eiweiß und Stärke niedriger als bei Roggen. Als ein Vorteil der Trespe erwies sich ihr dichter Wuchs, der unkrautunterdrückend wirkte. Weder das Wicken-Trespe-Gemenge, noch die Mischung mit Wicke und Welschem Weidelgras erreichten die Ertragswerte des Wickroggens. Ein Vergleich zwischen Trespe-Reinsaat und –Gemenge zeigte, dass der Anbau des Gemenges zu höheren Eiweißerträgen führte.

Ein Vergleich des Anbaus auf verschiedenen Böden hatte zum Ergebnis, dass die Trespe auf leichten Böden bessere Erträge bringt als auf schwereren.

2.1.4. Phacelia im Vergleich zu anderen Zwischenfrüchten und Stoppelsaaten

STEIKHARDT (1963_2)

In 8 Versuchen zwischen 1958 und 1960 wurden die Erträge der Phacelia mit denen von Buchweizen und Einjährigem Weidelgras verglichen. Dabei zeigte Phacelia signifikant höhere Grün- und Trockenmasseerträge als die anderen beiden geprüften Arten. Besonders die Buchweizenerträge wurden stark durch die Witterung (Kälteempfindlichkeit von Buchweizen) beeinflusst.

Auch Vergleiche mit Futtererbse (Versuche zwischen 1960 und 1962) hielt Phacelia stand und zeigte im Mittel der Jahre bessere Leistungen. Der Grund sei die Entwicklungshemmung der Futtererbse durch die trockene Witterung.

2.2. Versuche zu verschiedenen Aussaatbedingungen

2.2.1. Aussaatzeitenversuche bei Futterroggen

STEIKHARDT (1961)

Aufgrund von Beobachtungen in Feldversuchen hinsichtlich der Abhängigkeit der Ertragsleistung des Futterroggens vom Aussaatzeitpunkt, wurden in zwei aufeinander folgenden Jahren (1958 und 1959) Bernburger und Petkuser zu jeweils zwei verschiedenen Saatzeiten miteinander verglichen. Es zeigte sich, dass der Petkuser allgemein höhere oder mindestens vergleichbare Ertragsleistung brachte und spätsaatverträglicher war als der Bernburger (Mitte bis Ende September). Dieser zeigte bei früher Aussaat die besseren Erträge.

KNOCH ET. AL. (1967)

1963 wurden Versuche zu drei verschiedenen Aussaatzeiten angelegt, um den optimalen Anbauzeitpunkt der zwei vorwiegend verwendeten Sorten Petka und

Bernburger zu bestimmen. Dazu wurden Termine gewählt, die in 20-tägigem Abstand zueinander lagen, beginnend Anfang September und endend Mitte Oktober. Beide Sorten zeigten bei früher Aussaat die besten Erträge, der Bernburger entwickelte sogar nur bei Aussaat Anfang September einen befriedigenden Bestand. Bei verspäteter Aussaat zeigten beide Sorten Mängel in der Bestandesentwicklung und –dichte, welche durch Auswinterungsschäden und Älchenbefall begründet wurden.

2.2.2. Versuche mit Wickroggen-Gemengen

STEIKHARDT (1961)

In den zwischen 1955 und 1959 durchgeführten Versuchen wurden sowohl verschiedene Saatzeitpunkte als auch Saatmethoden überprüft. Zunächst einmal bestätigten die Versuche die bereits bekannte ertragliche Überlegenheit des Gemenges gegenüber dem reinen Futterroggen. Im Vergleich der verschiedenen Aussaatmethoden erwies sich die getrennte Aussaat als am besten geeignet, wobei die Winterwicke 2-3 Wochen vor Aussaat des Roggens gesät wurde, um somit eine geeignete Vorwinterentwicklung zu ermöglichen. Nachteilig dabei war allerdings der zweimalige Arbeitsaufwand. Bei gleichzeitiger Frühaussaat beider Gemengepartner konnten zwar vergleichbare Eiweißerträge erzielt werden, allerdings bei geringen Trockensubstanzgehalten. Bei gleichzeitiger Spätaussaat verbesserte sich zwar der Trockensubstanzgehalt, allerdings verminderte sich der Eiweißgehalt durch die mangelnde Entwicklung der Wicken.

In einer parallelen Versuchsdurchführung von 1956 bis 1957 wurden Wickroggen-Gemenge verschiedener Zusammensetzung verglichen. Dabei zeigte sich, dass Wickroggen im Mischungsverhältnis 2:1 einen erhöhten Rohproteingehalt aufweist (verursacht durch die Wicken), wohingegen ein Gemenge mit dem Mischungsverhältnis 1:2 hohe Trockensubstanzgehalte liefert (begründet durch den weitgehend verhärteten Roggen).

Die von 1958 bis 1959 durchgeführten Versuche zur Untersuchung verschiedener Roggensorten hinsichtlich ihrer Eignung als Mischungspartner ergaben, dass der Tetraroggen aufgrund seiner Spätentwicklung zu geringeren Trockensubstanz- und Eiweißgehalten führt im Vergleich zu Petkuser.

2.2.3. Versuche zu Futterroggen mit Untersaaten

STEIKHARDT (1963)

In diesen Versuchen wurde die Einsaat eines Klee-Grasgemisches (Rotklee mit Welschem Weidelgras) in Futterroggen zu zwei verschiedenen Zeitpunkten untersucht. In der einen Variante wurde das Gemisch im Frühjahr in die Deckfrucht gedrillt, die andere Variante sah eine Trennung der Gemengepartner vor, wobei das Gras im Herbst und der Rotklee im Frühjahr ausgebracht wurden. Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre erbrachte der Futterroggen befriedigende Leistungen. Die Frühjahrsaussaat des Gemenges hatte auf den Ertrag des Roggens keinen erkennbaren Einfluss. Jedoch erhöhte die Grasaussaat im

Herbst in allen Jahren die Eiweißgehalte des Erntegutes. Die gemeinsam ausgebrachte Kleegrasmischung erreichte die Schnittreife zu einem späteren Zeitpunkt als die getrennt ausgebrachten Partner, brachten aber im Vergleich gleiche Grün- und Trockenmasseerträge.

2.2.4. Phacelia im Vergleich zu anderen Zwischenfrüchten und Stoppelsaaten bei später Aussaat STEIKHARDT (1963_2)

Die von 1957 bis 1960 durchgeführten Versuche sollten das Wachstumsvermögen der Pflanzen bei später Aussaat untersuchen. Dabei wurde Phacelia unter anderem mit Senf, Grünmais, Sonnenblume, Futtererbse, einjährigem Weidelgras, Sommerroggen, Winterrüben und Raps verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass Phacelia, ebenso wie Senf und Sommerroggen, auch bei verkürzter Wachstumsperiode zu den leistungsfähigsten Pflanzen zählt. Sie erreichte die besten Grünmasseerträge, fiel jedoch auch durch einen verhältnismäßig geringen Trockensubstanzgehalt auf (9 bis 10 %).

Weiter, zwischen 1960 und 1962 durchgeführte Versuche mit den Schwerpunkten Saatstärken, Aussaattermine und Vegetationszeiten zeigten, dass sich die Saatstärken je nach Saatzeit bzw. zur Verfügung stehender Wachstumszeit auf den Ertrag auswirkten. So ergaben sich bei späterer Aussaat deutlichere Unterschiede zwischen den verschiedenen Saatstärken, als bei früherem Drilltermin. Auch allgemein war ein Einfluss des Saatzeitpunktes auf die Ertragsleistung erkennbar, da die frühe Aussaat Ende Juli um bis zu 40 dt/ ha höhere Grünmasseerträge (und bis zu 4 dt/ ha mehr Trockenmasse) bewirkten. Auch die Länge der Wachstumszeit hatte einen erheblichen Einfluss. Bei 89 Tagen Vegetationszeit spielte die Saatstärke kaum eine Rolle, im Gegensatz zur Entwicklung bei 70 Tagen Periodenlänge. Hier führte die höhere Saatstärke zu erheblicher Mehrleistung.

2.3. Versuche zu Düngungs- und Erntebedingungen

2.3.1. Versuche zu Stickstoffdüngung und Schnittzeiten STEIKHARDT (1961)

Über drei Jahre wurden in Komplexversuchen zwei Düngungsvarianten in Kombination mit jeweils zwei verschiedenen Schnittzeiten zu drei verschiedenen Zwischenfrüchten Rüben, Futterroggen und Wickroggen getestet. Zur Düngung wurden 60 oder 100 kg N/ha nach Vegetationsbeginn im Frühjahr ausgebracht. Geerntet wurden die Rüben entweder im Knospenstadium oder zu Blühbeginn, der Futterroggen während des Schossens oder Ährenschiebens und der Wickroggen entweder zum Ährenschieben des Roggens oder zu Blühbeginn der Wicken.

Zuerst einmal konnten durch die höhere Stickstoffgabe mit 100 kg N/ha Mehrerträge von bis zu 20-40 dt/ha Grünmasse beziehungsweise 2-4 dt/ha Trockenmasse erzielt werden. Dies ließ einen Rückschluss auf die Verbesserung der Rohproteinleistung zu. Allerdings gab es zwischen den einzelnen Zwischenfrüchten Schwankungen in der

Ertragssteigerung. Roggen und Wickroggen zeigten sich leistungsfähiger als die Rüben. Hinsichtlich der Inhaltsstoffe konnte eine Beeinflussung durch die erhöhte Stickstoffgabe festgestellt werden. So erhöhte sich zwar der Eiweißgehalt in den Pflanzen, der Trockensubstanzgehalt war jedoch rückläufig. Diese Effekte wurden damit begründet, dass die reichliche Stickstoffverfügbarkeit zu gesteigertem Pflanzenwachstum führte, die Pflanzenentwicklung jedoch verzögert wurde.

Im Vergleich der beiden Schnittzeiten konnten Mehrerträge zum 2. Schnitt festgestellt werden. Den größten Zuwachs zeigte dabei der Futterroggen. Allerdings konnte auch eine starke Witterungsabhängigkeit der Effekte festgestellt werden. Dem Mehrertrag gegenüber standen die Veränderungen der Inhaltsstoffe zum 2. Schnitt. Der Trockensubstanzgehalt nahm um 2-3% zu, der Rohproteingehalt ging deutlich zurück.

2.3.2. Stickstoffdüngung zu Futterroggen

KNOCH ET. AL. (1967)

Versuche zur Stickstoffdüngung zu Futterroggen wurden bereits zwischen 1952 und 1962 von STEIKHARDT ausgewertet und beurteilt. In den hier vorgestellten Versuchen wurde die Auswirkung einer erhöhten Düngergabe im Frühjahr zu bereits im Herbst schwach gedüngtem Roggen untersucht. Mit Petka wurde eine von Natur aus ertragreiche Sorte gewählt, deren Trockenmasseertrag jedoch durch eine Gabe von zusätzlich 120 kg N/ha im Frühjahr im Vergleich zu einer alleinigen Düngergabe von 20 kg N/ha im Herbst um bis zu 40% gesteigert werden konnte. Auch bei einer zweiseitigen Düngergabe von 20 + 60 kg N/ha in Herbst und Frühjahr kam es bereits zu einem Mehrertrag von 20%. Im Allgemeinen wurde der Ertrag an Grün- und Trockenmasse mit zunehmender Düngermenge gesteigert, der Trockensubstanzgehalt nahm ab. Allerdings konnte gleichzeitig festgestellt werden, dass sich eine geteilte Düngemittelgabe nicht annähernd so günstig auf den Ertrag auswirkte, wie eine einmalige Frühjahrsdüngung (trotz Vorfrucht Getreide).

Letztendlich empfahl KNOCH ET. AL. (1967), eine Herstdüngung zu Futterroggen nur bei schlechtem Kulturzustand des Bodens oder ungünstiger Vorfrucht anzuwenden. Der Vorteil einer erhöhten Düngergabe im Frühjahr zeige sich in der Vorverlegung des Schnittzeitpunktes und somit in einem vorverlegten Bestelltermin für die Zweitfrucht mit verbesserter Entwicklung und höheren Erträgen.

2.3.3. Vergleich von Doppelnutzung und alleiniger Frühjahrsernte verschiedener Zwischenfrüchte

STEIKHARDT (1963)

Die von 1961 bis 1962 durchgeführten Versuche verglichen einerseits die Ertragsunterschiede zwischen Doppelnutzung und einfacher Ernte bei Bernburger Roggen und Petka, sowie 1962 zusätzlich die Abweichungen der Erträge zwischen alleiniger Zwischenfrucht und zusätzlicher Aussaat einer Stoppelfrucht. Die Ergebnisse zeigten, dass durch Doppelnutzung der Roggensorten höhere Erträge erzielt werden konnten (Bernburger: +15 dt/ ha Trockenmasse; Petka: +6 dt/ha Trockenmasse; gemessen 1961), als durch den Anbau als normale Zwischenfrucht. Die Versuche zeigten jedoch auch, dass die Erfolge der Doppelnutzung stark witterungsabhängig sind, da die

Erträge 1962 durch Herbsttrockenheit und Insektenbefall stark gemindert wurden. So lieferten beide Roggensorten in diesem Jahr als reine Winterzwischenfrucht höhere Erträge. Allerdings verfrucht der Bernburger Futterroggen im Gegensatz zum Petka in beiden Jahren die Doppelnutzung besser. Der gemeinsame Anbau von Senf und Phacelia mit Bernburger Futterroggen brachte in beiden Jahren überdurchschnittliche Leistungen. Allerdings erreichte der Anbau von Senf und Phacelia als Stoppelfrucht höhere Trockensubstanzerträge, sowohl im Vergleich zum kombinierten Anbau als auch zum Herbstschnitt des Roggens. Letztendlich konnte sich der konventionelle Anbau, bei Stoppel- als auch Winterzwischenfruchtanbau, in der Gesamtleistung nicht gegen Doppelnutzung und Gemengeanbau durchsetzen.

3. Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässer- und Bodenschutz

3.1. Wasser- und N-Entzug durch Zwischenfrüchte

KNOBLAUCH ET. AL. (2015)

Zwischenfrüchte vermindern die Bodenerosion und verbessern durch die auf der Fläche verbleibende Biomasse die Bodenfruchtbarkeit. Zudem werden sie oft angebaut, um der N-Auswaschung aus dem Wurzelraum vorzubeugen. Allerdings beeinflusst der Anbau von Zwischenfrüchten den Bodenwasserhaushalt, da die Pflanzen Wasser für ihr Wachstum verbrauchen. KNOBLAUCH (2011) konnte jedoch anhand von Messungen belegen, dass die Böden im Thüringer Becken in fünf von sechs Jahren zu Vegetationsbeginn bereits Bodenfeuchtedefizite aufweisen (-26 bis -192 mm in tiefgründigen Lössen). Die Befürchtung besteht somit, dass ein Anbau von Zwischenfrüchten den Wasservorrat für die Hauptfrüchte weiter verringert. Des Weiteren existiert aufgrund der auftretenden Trockenphasen im Sommer die Schwierigkeit, die ausgebrachte Saat von Sommerungen zum Auflaufen zu bringen. Die im Folgenden vorgestellten Versuche von KNOBLAUCH (2015) verglichen im ersten Teil die Verdunstung einer Sommerzwischenfrucht-Mischung (AquaPro) und einer mit Ausfallgetreide bewachsenen Brache, um die Vermutungen bezüglich der Bodenfeuchtedefizite zu untersuchen. Dabei zeigte sich, dass bei Zwischenfruchtanbau die Evapotranspiration deutlich höher ausfällt als bei Ausfallgetreide. So verbrauchte der Zwischenfruchtbestand auf Lössboden 28 bis 33 mm mehr Wasser als der Bewuchs der Brache. Dieser Mehrbetrag konnte jedoch als akzeptabel im Hinblick auf die Schonung des Bodenwasservorrats bewertet werden, zumal es auch durch andere Quellen (z. Bsp. Ausfallraps) zu Verdunstungsverlusten kommen kann. Als positiv hingegen wurde der erwirtschaftete Trockenmasseertrag der Zwischenfrüchte, sowie der damit einhergehende Stickstoffentzug von 32,3 bis 39,7 kg/ ha eingestuft. Dies ist somit ein bedeutender Beitrag zur Minderung der Stickstoffauswaschung ins Grundwasser. Der zweite Teil der Versuche befasste sich mit dem Einfluss verschiedener Anbauverfahren von Sommerzwischenfrüchten auf Feldaufgang, Trockenmasseertrag und N-Entzug (s. Tab. 2). Hier wurde nur die Variante F6 mit 66 dt N/ ha Stickstoff gedüngt.

Tab. 2: Trockenmasseertrag und N-Entzug von Sommerzwischenfrucht-Mischungen unter dem Einfluss verschiedener Anbauverfahren [KNOBLAUCH ET. AL. (2015)]

Variante		F1	F2	F3	F4	F5	F6
		Stroh breit			Strohabfuhr		
		ohne Stoppelsturz				Stoppelsturz	Güllegrubber
		Direktsaat mit Universalsämaschine Ultima CS				Drillmaschine Solitair 12	
		Phacelia	Universal	Aqua Pro			
Boden-N _{min} -Gehalt nach Ernte 0...60cm	kg/ha	45	74	32	49	46	62
Aufgang		2.9.	5.9.	3.9.	3.9.	30.8.	30.8.
Bedeckungsgrad 50%		20.9.	23.9.	23.9.	23.9.	20.9.	18.9.
Bestandeshöhe zur Ernte	cm	40	46	41	55	59	58
Trockenmasseertrag	dt/ha	15,3	14,8	12,0	16,0	20,2	20,1
GD _{Takey, 5%}	dt/ha	9,5					
N-Entzug	kg/ha	39,8	47,3	34,0	48,2	56,1	65,6

Wie die Ergebnisse zeigten, beeinflusste die Wahl des Anbauverfahrens direkt die Pflanzenentwicklung. So ging die Zwischenfruchtmischung AquaPro im Anbauverfahren Strohabfuhr/ Stoppelsturz oder Güllegrubber (66 kg N/ ha)/ Drillmaschine 5 Tage eher auf als bei den Direktsaatverfahren Dies setzte sich auch bis zum Erreichen von 50 % Bodendeckung fort. Der frühe Aufgang der Zwischenfrüchte bei intensiverer Bodenbearbeitung führte außerdem zu höheren Trockenmasseerträgen mit um die 20 dt/ ha. Nach der Direktsaat mit Strohabfuhr wurden 16 dt/ ha geerntet. Nachteilig wirkte sich der Verbleib des Strohs auf dem Acker aus mit darauffolgender Direktsaatvariante, die nur 12 dt/ ha Ertrag brachten. In allen Varianten war der Trockenmasseertrag der Zwischenfrüchte eng mit dem Stickstoffentzug verknüpft. Er erreichte in den Ausführungen ohne N-Düngung 34 bis zu 56 kg N/ ha und kann somit als relevant für den Gewässerschutz erachtet werden. Bei der Variante F6 entsprach der Stickstoffentzug der Zwischenfrucht der Höhe der ausgebrachten N-Düngung. Im Vergleich der drei Zwischenfruchtvarianten erschienen die Phacelia-Reinsaat, sowie die Universal-Mischung aus Rauhafer, Phacelia und Alexandrinerklee ertragsstärker als die Mischung AquaPro, wobei die Ertragsunterschiede jedoch nicht signifikant waren. Verminderte Verdunstungsverluste durch Verbleiben des Strohs auf der Fläche führte in diesem Versuch nicht zu ertraglichen Vorteilen, was möglicherweise an überdurchschnittlichen Niederschlägen im Versuchsjahr lag. Die Autoren begründeten die Mindererträge der Variante Stroh breit/ Direktsaat dadurch, dass das Stroh die Ablage der Körner in den Boden behindert hätte. Des Weiteren würde die mikrobielle Umsetzung des Strohs den für die Entwicklung der Zwischenfrüchte benötigten Stickstoff aufzehren.

Um die Ergebnisse und Erkenntnisse des einjährigen Versuches festigen zu können, wird dieser in zwei weiteren Jahren wiederholt.

Zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Thüringen wurden zwischen 2009 und 2012 in 43 Landwirtschaftsbetrieben Erosionsgefährdungsanalysen und Beratungen zum Bodenerosionsschutz durchgeführt. Der Hintergrund dazu war, den Abtrag des Bodens und, damit verbunden, den Eintrag diffuser Stickstoff- und Phosphorauswaschungen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen in Grund- und Oberflächenwasser so weit zu verringern, dass eine akzeptable Stufe der Erosionsgefährdung (Einstufung der Erosionsgefährdung (E) nach DIN 19708 (2005)) erreicht werden kann. Die in den untersuchten Landwirtschaftsbetrieben erhobenen Standort-, Anbau- und Bewirtschaftungsdaten bildeten mit der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) die Grundlage für die Berechnung des langjährigen mittleren Bodenabtrags. In Kombination mit der ArcView/ ArcGIS-Erweiterung AVErosion konnte anschließend der zu erwartende Bodenabtrag bei unterschiedlichen Bewirtschaftungsszenarien (siehe Tab. 3) ermittelt werden.

Tab. 3: Erosionsgefährdung in den beiden Projektregionen (Nord- und Ostthüringen) auf Grundlage der mittleren flächengewichteten Bodenabtragswerte in t/ ha/ Jahr und im Vergleich zur aktuellen Nutzung in % (aktuell = 100%) für die geprüften Szenarien [PERNER ET. AL. (2013)]

Region	Parameter	aktuell	gepflügt	pfluglos	pfluglos + optim. Fruchtfolge	Zwischenfrüchte	Mulchsaat	Schlagteilung	Zwischenfrüchte + Mulchsaat	Zwischenfrüchte + Schlagteilung	pfluglos + optim. Fruchtfolge + Schlagteilung	Mulchsaat + Schlagteilung	Zwischenfrüchte + Mulchsaat + Schlagteilung
NORD	A_{gewicht} in t/ha Jahr	4,5	5,1	4,0	3,9	-	2,2	3,4	-	-	-	-	-
	A_{gewicht} in %	100	113	88	87	-	49	77	-	-	-	-	-
OST	A_{gewicht} in t/ha Jahr	5,2	6,0	4,5	3,8	4,0	2,5	4,0	1,7	3,1	2,9	1,9	1,4
	A_{gewicht} in %	100	114	85	72	76	47	77	33	60	56	37	26

Ein Vergleich der beiden Regionen Thüringens zeigte, dass die Erosionsgefährdung in Ostthüringen um 15% erhöht ist, im Gegensatz zu Nordthüringen. Allerdings bewirtschafteten viele Betriebe zum Zeitpunkt der Untersuchung ihre Böden bereits erosionsmindernd, was der Vergleich zwischen aktueller (5,2 t/ ha/ Jahr Bodenabtrag) und gepflügter Bodenbearbeitung (6,0 t/ ha/ Jahr) zeigte. Alle anderen geprüften Szenarien zeigten gegenüber der aktuellen Bodenbearbeitung eine Verbesserung der Erosionsgefährdung. Besonders die Kombination mehrerer Methoden, wie zum Beispiel der Anbau von Zwischenfrüchten mit Mulchsaat und Schlagteilung, brachte erhebliche Verbesserungen. So konnte der jährliche Bodenabtrag auf bis zu 1,4 t/ha reduziert werden. Die Bewertung der Potentiale ackerbaulicher und raumstruktureller Maßnahmen ergab, dass für Fruchtfolgeoptimierungen aufgrund des insgesamt eingegengten Kulturspektrums in der Zukunft nur wenig Spielraum besteht. Dem

gegenüber wurde dem Zwischenfruchtanbau angesichts der teilweise erheblichen Reduktionen des Erosionsrisikos eine große Bedeutung im Erosionsschutz eingeräumt. Gleiches galt für Mulch- oder Direktsaatverfahren. Besonders in Zusammenhang mit dem Zwischenfruchtanbau bestünde hier ein großes Potential für den Anbau von Sommerungen. Ausblickend betrachtet erachten die Autoren Kompromisse bei der Bodenbearbeitung als Mittel des Erosionsschutzes als unumgänglich. Des Weiteren wird, ihrer Meinung nach, auch in Zukunft Bodenerosion aufgrund von extremen Niederschlagsereignissen, nicht vermeidbar, aber doch eingrenzbar sein bei korrekt angewendeten Erosionsschutzmaßnahmen.

4. Literatur

Gullich und Bischoff (2009): Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – ein Beitrag zu Bodenfruchtbarkeit und Gewässerschutz?

Knoblauch et. al. (2015): Wasserverbrauch und Etablierung von Zwischenfrüchten im Thüringer Becken. Aus: 16. Gumpensteiner Lysimetertagung 2015, 71-78. ISBN 13: 978-3-902849-19-9.

Knoch et. al. (1967): Bericht über die Versuche der Jahre 1963 bis 1966. Institut für Landwirtschaft beim Bezirkslandwirtschaftsrat Gera, Arbeitsgruppe Versuchswesen.

Perner et. al. (2013): Erosionsgefährdungsanalysen in Landwirtschaftsbetrieben Thüringens unter Nutzung der ABAG. Aus: 5. Sächsisch-Thüringische Bodenschutztag am 19./ 20. Juni 2013 in Altenburg.

Steikhardt (1961): Zwischenfruchtanbau. Aus: Bergmann (1961): Bericht über die Versuche der Jahre 1957-1959. Institut für Landwirtschaftliches Versuchs- und Untersuchungswesen Jena der Deutschen Akademie der Landwirtschaften zu Berlin.

Steikhardt (1963): Organisation und Durchführung des Zwischenfruchtanbaues in Groß-LPG des Bezirkes Gera zur Verbesserung der Futtergrundlage (Ausführlicher Abschlussbericht).

Steikhardt (1963_2): Untersuchungen über Anbau und Verwertung der Phacelia (Ausführlicher Abschlussbericht).

Verbundprojekt

Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA-Projekt)



FNR-FKZ 22006012

Zwischenbericht

Zwischenfruchtanbau als ein Beitrag zum Gewässerschutz im Energiepflanzenanbau

Nachauftragsnahme-Projekt der Humboldt-Universität zu Berlin

Beteiligte Wissenschaftler der Humboldt-Universität zu Berlin:

Dr. K. Schmalzer (FG Acker- und Pflanzenbau)

Projektnummer an der Humboldt-Universität zu Berlin: 20101122

Kooperationen mit Einrichtungen im Inland:

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg

Geplanter Förderzeitraum: 01.04.2013 bis 30.11.2015

Berlin, März 2014

Inhalt

Einleitung und Zielstellung	1
Bedeutung und Formen des Zwischenfruchtanbaus	3
Material und Methoden	11
Ergebnisse	13
Trockenmasse und nachgewiesene N-Mengen der Zwischenfrüchte.....	13
N _{min} -Gehalte im Boden	23
Ertrag und N-Entzug von Silomais	25
N-Bilanz und N-Verluste	26
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	27
Ausblick.....	29
Literatur	30
Anhang.....	31
Veröffentlichungen	31
Tabelle A1: Arten des Zwischenfruchtanbaus.....	35
Tabelle A2: Agrotechnische Termine zum Zwischenfruchtanbau (Ölrettich)	37
Tabelle A3: Agrotechnische Termine zum Zwischenfruchtanbau (Winterraps, Winterrüben)....	38
Tabelle A4: Dokumentation zur Herkunft des Datenmaterials und zur Förderung der Versuchsprogramme (1990 bis 2014)	39

Einleitung und Zielstellung

Der Silomais als derzeit wichtigste Energiepflanze für die Biogaserzeugung vermag das im Boden vorhandene N-Angebot sehr effektiv zu nutzen. Trotz dieser Fähigkeit gibt es aus verschiedenen Anbaugebieten Deutschlands immer wieder Hinweise, dass es durch hohe Stickstoffgaben vor allem über den Gülleeinsatz zu Nitrat-Verlagerung mit dem Sickerwasser kommen kann. Da Nitrat hauptsächlich während der winterlichen Hauptsickerperiode verlagert wird, empfiehlt es sich, das Nitratangebot des Bodens vor Winter weitestgehend abzuschöpfen. Der Anbau von Zwischenfrüchten in Fruchtfolgen mit Mais kann dabei eine wirksame Maßnahme sein.

Dieser Frage wurde unter den Bedingungen der trockneren Standorte Nordostdeutschlands in den Jahren 1992 bis 1998 nachgegangen (Richter et al. 1999). Das Ziel von hierfür angelegten Versuchen zum Zwischenfruchtanbau vor Silomais bestand darin, das Leistungsvermögen verschieden winterharter Kruziferen zur N-Speicherung in der pflanzlichen Biomasse im Zeitraum von Herbst bis zur Maisaussaat zu ermitteln. Dabei wurde in den Jahren 1992 bis 1998 der Einfluss der Zwischenfrüchte auf die N-Inkorporation in die pflanzlichen Biomasse, auf die N_{\min} -Gehalte im Boden und auf die N-Nachlieferung aus Bodenvorrat und Mulchschicht während des Maiswachstums untersucht (Vor –und Nachwinter-Bilanz, N-Nachlieferung von der Maissaat bis zur Ernte, N-Bilanzen in der Fruchtfolge Silomais-Winterweizen-Wintergerste).

Ein zweiter Komplex dieses Versuchsprogramms bezog sich auf die treffsichere Abschätzung des N-Angebotes des Bodens, das bei der N-Düngung Berücksichtigung finden muss. Hierunter ist die Summe der im Frühjahr verfügbaren N_{\min} -Menge und die während der Vegetation aus dem organischen N-Vorrat des Bodens freigesetzten N-Menge zu verstehen. Dieser N-Vorrat des Bodens schließt den Mulch-Pool mit ein, den die Zwischenfrüchte gebildet haben. Für die Optimierung der Maisdüngung müssen außerdem die standortabhängige Ertragsleistung und die Nitrat-Restmenge nach der Ernte berücksichtigt werden. Diesen Fragestellungen wurde in den Versuchen mit einer nach Menge und Applikationstermin variierten N-Düngung nachgegangen.

In die erweiterte Auswertung sollen Ergebnisse aus dem Zeitraum 1990 bis 2013 zum Zwischenfruchtanbau und zur Maisfruchtfolge einbezogen werden. Diese Fruchtfolge wurde beginnend mit dem Jahr 2002 um einen Springschlag mit Luzerne erweitert. Der Springschlag trägt seit 2012 die Versuchsanlage mit verschiedenen Ansaatverfahren zu Luzerne und Leguminosengras (Satellitenversuch im EVA 3-Projekt).

Bedeutung und Formen des Zwischenfruchtanbaus

Die Bedeutung des Zwischenfruchtanbaus für die Verminderung der Nitratverlagerung vor der Maisaussaat und zum Schutz des Grundwassers in Maisfruchtfolgen steht im Vordergrund der vorliegenden Auswertung. Zwischenfrüchte werden darüber hinaus aber weitaus umfangreicheren Zielstellungen gerecht, die einführend erläutert werden sollen.

Zwischenfrüchte werden in der Fruchtfolge zwischen zwei Hauptfrüchten angebaut. Sie wurden früher fast ausschließlich als Futterpflanzen genutzt. Sie dienen der Verlängerung der Frischfutterperiode und als Futterreserve bei Futtermangel. Zwischenfrüchte liefern bei Schnitt- bzw. Weidenutzung das erste Grünfutter im Frühjahr und das letzte Futterangebot bis weit in die Herbst- und Wintermonate hinein. Durch die Zwischenfrüchte kann die Hauptfruchtfutterfläche verringert werden. Bei Futternutzung kann man mit Trockenmasseerträgen von 30 bis 60 dt/ha kalkulieren. Die Futterqualität der Zwischenfrüchte ist meist durch hohe Energiegehalte sowie eine hohe Verdaulichkeit

gekennzeichnet. Diese ursprünglich futterwirtschaftliche Bedeutung des Zwischenfruchtanbaus ist seit etwa 25 Jahren zunehmend anderen Zielstellungen gewichen. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Artengruppen des Zwischenfruchtanbaus dargestellt. Die ausführliche Auflistung in Tabelle A1 im Anhang enthält eine kurze Charakteristik der wichtigsten Zwischenfrüchte und Hinweise zu deren Einsatzmöglichkeiten im Zwischenfruchtanbau. Aus Tabelle 2 geht deren Anteil an der Fläche hervor, welcher in den Jahren 2003 und 2007 noch einer futterwirtschaftlichen Nutzung gedient hatte.

Tabelle 1: Artengruppen der Zwischenfrüchte nach der Erhebung des Statistischen Bundesamtes

Artengruppen		Beispiele
Klee und kleeartige Pflanzen		Luzerne, Serradella, Klee gras, gemischter Anbau von Kleearten
Gräser und Getreide zur GrÜnnutzung		Kurzlebige Weidelgras, GrÜnroggen, Wickroggen, GrÜnhafer, GrÜnmais
Kreuzblütler	Raps	Raps, auch im gemischten Anbau mit Gräsern, Senf, Ölrettich, Rübsen, Chinakohl
	Herbstrüben	Herbstrüben (Stoppelrüben), Kohlrüben (Steckrüben), Futterkohl (Markstammkohl)
Grobleguminosen		Bohnen, Erbsen, Wicken, Lupinen Auch im gemischten Anbau Landsberger Gemenge, Mündener Gemenge
Sonstige Zwischenfrüchte		Phacelia, Sonnenblumen, Malven, Buchweizen

Datenquelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, R 3.1.8, 2007

Die Nutzung für Futterzwecke konzentriert sich auf den Anbau der klein- und großkörnigen Leguminosen, die Gräser und das zur GrÜnnutzung angebaute Getreide. Der Einsatz von kruziferen und sonstigen Arten in der Fütterung hat dagegen nur noch einen ganz geringen Stellenwert in der Fütterung. Gegenwärtig sind die Eigenschaften der Zwischenfrüchte in den Vordergrund gerückt, welche die Bodenfruchtbarkeit positiv beeinflussen. Die Beschattung des Bodens, das Inkorporieren von Nährstoffüberhängen der Vorfrucht, die Minderung der Erosionsgefahr, die Förderung der Bodengare, die Verbesserung der bodenbiologischen Aktivität und Bodenstruktur und die Hinterlassenschaft an Wurzel- und Stoppelmasse bei Ernte und Abfuhr bzw. der gesamten Biomasse bei Gründüngung sind wertvolle Aspekte des Boden-, Grundwasser- und Umweltschutzes geworden. Der hohe Anteil der Zwischenfruchtfläche für die Gründüngung im Jahre 2010 geht aus Abbildung 1 hervor. Zwischenfrüchte weisen in den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen die derzeit größten Anbauflächen auf. Seit etwa 10 Jahren - mit Einführung des Erneuerbaren Energiengesetzes im Jahre 2004 (EEG) - wird ein Teil der Zwischenfruchtfläche für die Energiegewinnung genutzt.

Tabelle 2: Anteil (%) der Fläche zur Futtergewinnung an der Sommer- und Winterzwischenfruchtfläche (insgesamt und nach Artengruppen, Jahre 2003 und 2007)

Artengruppen		Sommer-ZF 2003	Winter-ZF 2003	Sommer-ZF 2007	Winter-ZF 2007
insgesamt		11	10	13	12
Klee und kleeartige Pflanzen		38	36	33	24
Gräser und Getreide zur Grünnutzung		63	46	61	42
Kreuz- blütler	Raps	21	15	17	10
	Herbstrüben	4	2	5	4
Grobleguminosen		24	15	20	9
Sonstige Zwischenfrüchte		4	3	12	7

Datenquelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, R 3.1.8, 2007

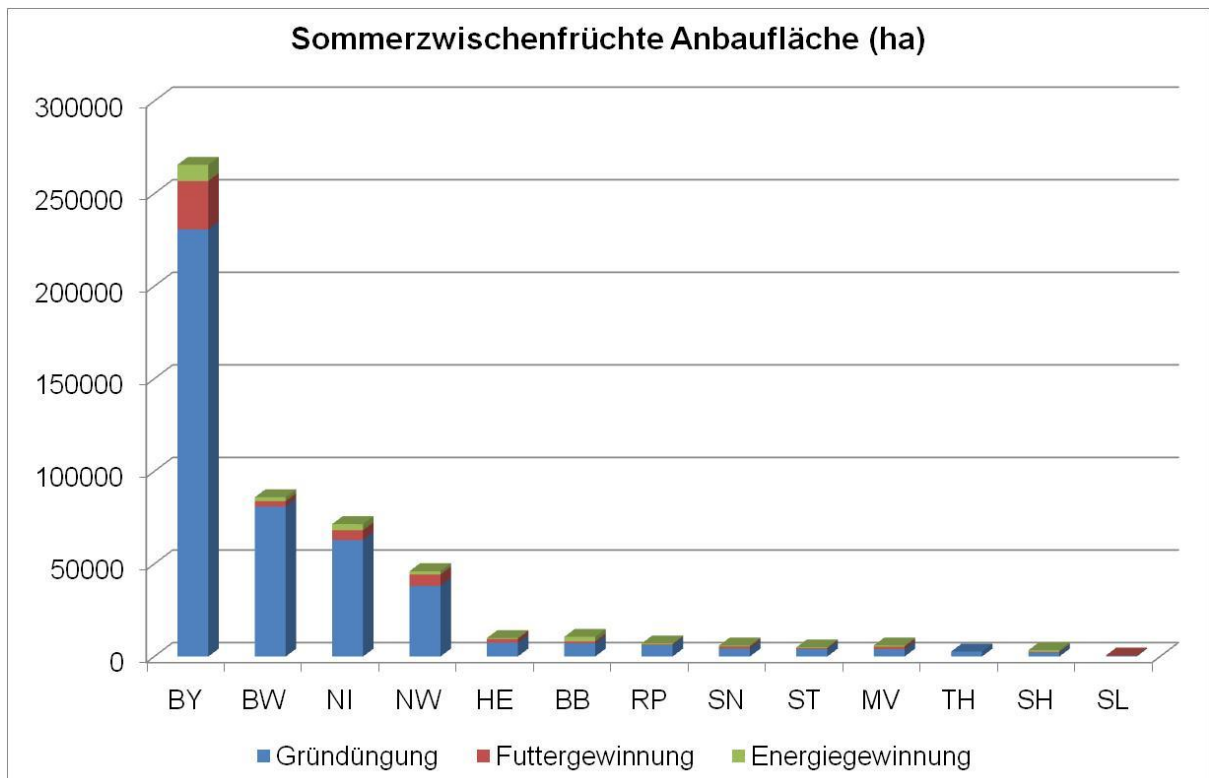
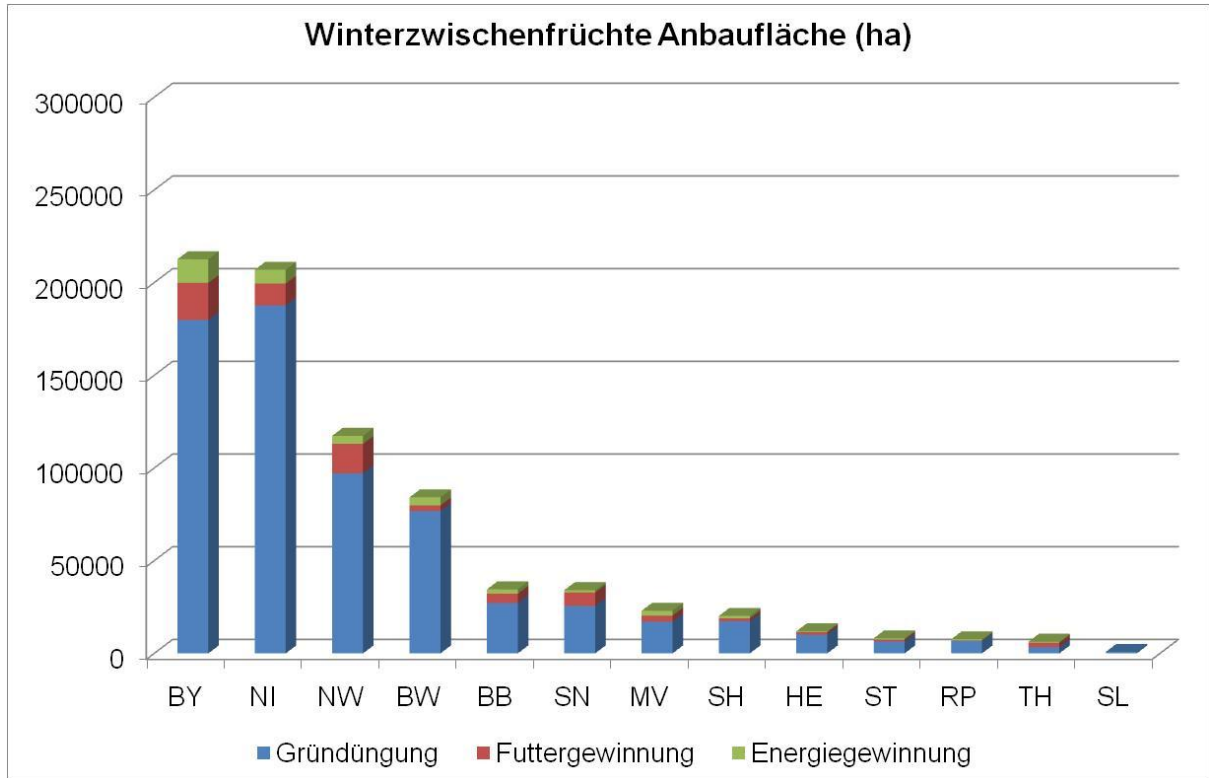
Für diese Verwendung dürften sich vor allem die ertragsstärkeren Winterzwischenfrüchte eignen (Gräser und Wintergetreidearten zur Grünnutzung, dabei teilweise Ganzpflanzennutzung der Getreidearten). Eine detaillierte Aufteilung auf die verschiedenen Artengruppen des Zwischenfruchtanbaus nach Tabelle 1 liegt für diese Erhebung aus dem Jahre 2010 nicht vor.

Besonders geeignet für den Zwischenfruchtanbau sind die leichten und mittleren Böden. Hier reifen die Vorfrüchte zeitiger. Die Flächen sind längere Zeit befahrbar. Die Zufuhr organischer Substanz ist hier besonders wichtig. Auf trockenen und sandigen Böden eignen sich kruzifere und legume Zwischenfrüchte besonders gut, bei ausreichendem Wasserangebot kommen Grasuntersaaten in Betracht. Durch die Zwischenfrüchte werden Teilbrachen zur zusätzlichen Biomasseproduktion verfügbar.

Die Ausdehnung der Zwischenfruchtanbaufläche ging zunächst von den getreidestarken Fruchtfolgen aus, mit dem Ziel, Fruchtfolgekrankheiten zu vermindern und die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern.

Der Zwischenfruchtanbau wird durch die Länge der zur Verfügung stehenden Vegetationszeit begrenzt. Zwischenfrüchte sind in den Fruchtfolgepaaren Getreide – Sommergetreide und Getreide-Hackfrucht/Blattfrucht sicher einstellbar. Je kürzer die Teilbrache-Zeiten ausfallen, desto mehr gewinnen die besonders schnellwüchsigen kruziferen Arten an Bedeutung. Sie dominieren deshalb in den getreidestarken Fruchtfolgen. Bei den kruziferen Arten sind die Verträglichkeitsbeziehungen zu anderen Fruchtarten dieser Pflanzenfamilie in der Fruchtfolge zu beachten. In Fruchtfolgen mit Winterraps sollten gezielt andere Zwischenfruchtarten aus anderen Pflanzenfamilien eingesetzt werden. Die nematodenresistenten Örettich- und Senfsorten eignen sich für Fruchtfolgen mit Zuckerrüben. Bei der Verwendung legumer Zwischenfrüchte sind Anbaupausen zu klein- und großkörnigen Leguminosen im Hauptfruchtbau einzuplanen.

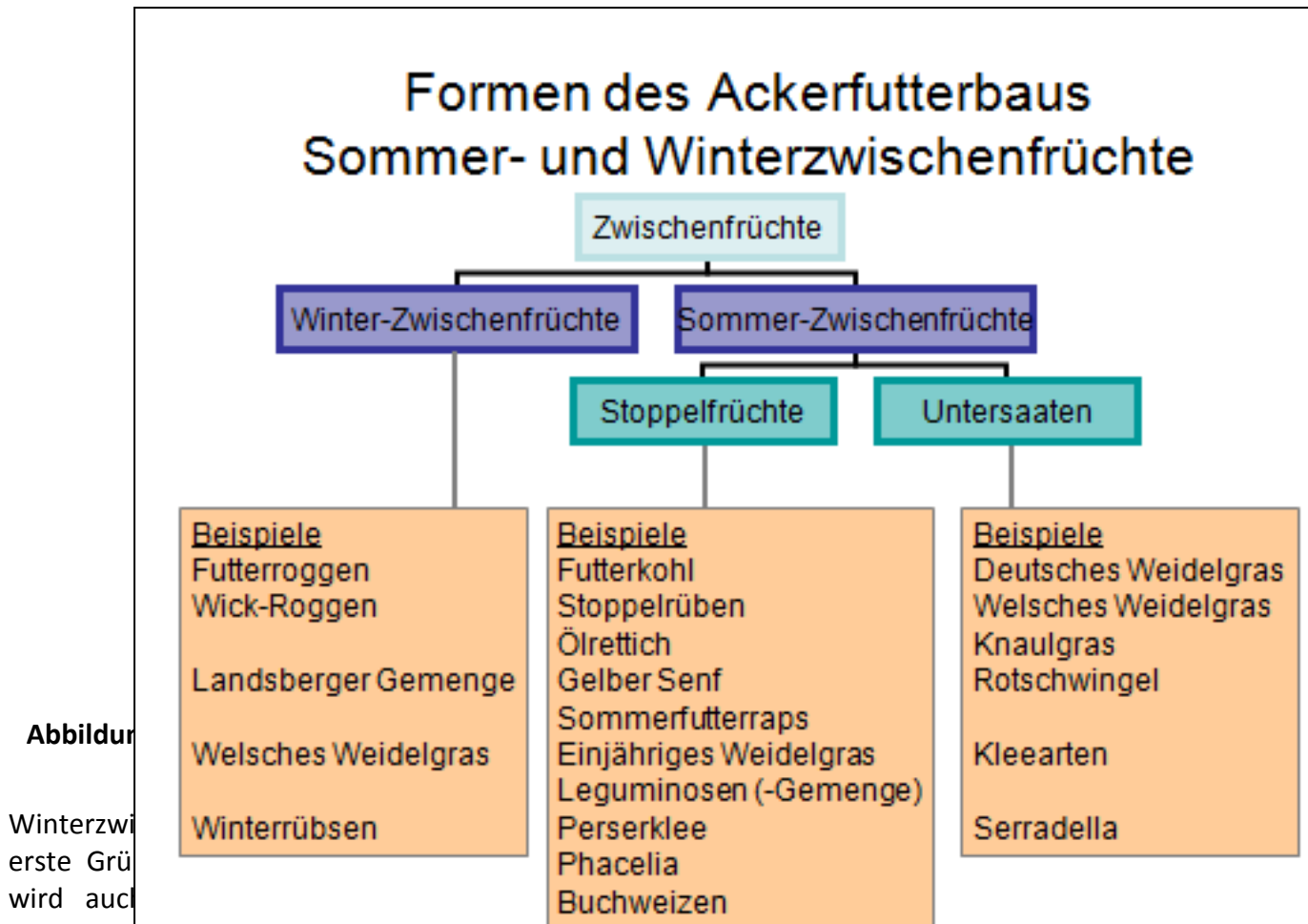
Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten ist durch die erhöhte N-Bereitstellung und die phytosanitären Vorteile eine Erhöhung der Erträge der folgenden Hauptfrüchte zu erwarten.



Datenquelle: Statistisches Bundesamt. Bodennutzung der Betriebe einschließlich Zwischenfruchtanbau – Agrarstrukturerhebung - Fachserie 3, Reihe 2.1.2 - 2010

Abbildung 1: Zwischenfruchtanbau in den Bundesländern (Deutschland 2010) für Grünüdüngung, Futter- und Energiegewinnung

Die Zwischenfrüchte werden nach ihrer Einordnung in die Fruchtfolge in Winter- und Sommerzwischenfrüchte unterteilt. Ausgewählte Beispiele für die verschiedenen Formen des Zwischenfruchtanbaus sind aus Abbildung 2 ersichtlich.



stellen die sicherste und ertragsstärkste Form des Zwischenfruchtanbaus dar, was durch die Ausnutzung der Winterfeuchte und die im Frühjahr ansteigenden Temperaturen begründet ist. Der Anbau muss so organisiert sein, dass der Saat- bzw. Pflanztermin der folgenden Zweitfrucht (Hauptfrucht) nicht verzögert wird. Zweitfrüchte können dann z.B. Silomais, Gemenge mit großkörnigen Leguminosen (Grobleguminosen) und Futterkohl sein. Winterzwischenfrüchte können den Wasserhaushalt am Standort stark beanspruchen und zur Verminderung des Sickerwasseranfalls führen.

Die geringsten Anforderungen an die Standortbedingungen stellt der Futterrübsen. Er ist zeitiger nutzungsreif als Futterroggen. Als Futter muss er im Knospenstadium bis spätestens zu Blühbeginn geerntet werden, da danach der Glucosinolatgehalt steigt, wodurch seine Schmackhaftigkeit stark abnimmt. Der zeitige Erntetermin sichert den Erfolg des Zweitfruchtanbaus.

Der Futterroggen kann auf fast allen Böden angebaut werden, ist ertragsstark und weist eine hohe Futterqualität auf. Aus Qualitätsgründen ist seine optimale Nutzungszeitspanne auf den Zeitraum Schossmittle bis Beginn des Ährenschiebens einzugrenzen. Die Richtwerte für die mineralische N-Gabe im Frühjahr liegen bei 80 bis maximal 120 kg/ha. Güllegaben vor der Saat bzw. zu Vegetationsbeginn etwa ab Ende Februar werden gut verwertet. Bei Frischfuttoreinsatz muss auf eine Gülle-Applikation zu Vegetationsbeginn aufgrund von Geruchsbelästigung und dadurch beeinträchtigter Futteraufnahme verzichtet werden. Futterroggen kann nach dem Vorwelken auf dem Feld und bei Einsatz von Siliermitteln für

Futterzwecke oder als Biogassubstrat einsiliert werden. Futterroggen kann im Gemenge mit Winterwicken oder Welschem Weidelgras angebaut werden. Der spätere Erntetermin dieser Gemenge verkürzt allerdings die Vegetationszeit für die Zweitfrucht gegenüber Futterrüben und Futterroggen.

Bei zu üppiger Herbstentwicklung der Winterzwischenfrüchte kann ein Überweiden vor Winter bei Futterroggen und Welschem Weidelgras in Betracht kommen.

Der Wickroggen und Winterrüben stellen höhere Anforderungen an den Saattermin und sollten bis zur dritten Augustdekade gedrillt werden, Futterroggen und Welsches Weidelgras sollten vorzugsweise in der zweiten Septemberdekade ausgesät werden.

Von den Winterzwischenfrüchten hat der Futter- oder Grünroggen derzeit die größte Anbaubedeutung für die Futter- und Biogasnutzung.

Sommerzwischenfrüchte sind **Stoppelfrüchte**, die nach der Getreide- oder Rapsernte im Juli/August ausgesät und im Spätherbst genutzt werden bzw. **Untersaaten**, die im Herbst gemeinsam mit Wintergetreide ausgesät oder im zeitigen Frühjahr in reifendes Getreide oder Mais eingesät und nach der Ernte der Hauptfrucht noch im selben Jahr genutzt werden. Die Bedeutung des Sommerzwischenfruchtbaus ist stark auf ökologische Ziele ausgerichtet. Sie speichern Nährstoffüberhänge der Vorfrüchte (Catch Crops), mindern damit die Gefahr der Nitratbelastung des Grundwassers und verbessern gleichzeitig das bodenbürtige N-Angebot für die Folgefrucht. Sie liefern die pflanzliche Substanz für die Anwendung von Mulchsaatverfahren zu Silomais und Zuckerrüben und verhindern Bodenabtrag durch Erosion. Dabei können sommerannuelle oder überwinterte Pflanzenbestände zum Einsatz kommen. Die sommerannuellen Bestände frieren bei Frosteintritt ab, werden in witterungsmäßig günstigen Perioden mineralisiert, wobei die Nährstoffe dann der Folgefrucht zur Verfügung stehen. Als Nachteil muss das Auswaschungsrisiko (Nitrat) in Perioden der Grundwasserneubildung genannt werden.

Die winterharten Formen dagegen speichern die Nährstoffe über Winter und wachsen im Frühjahr weiter. Sie müssen dann vor der Aussaat der Folgefrucht abgetötet (Glyphosateinsatz) oder abgeweidet werden, um das Auflaufen der folgenden Saat nicht zu behindern.

Die frühsaatfordernden Arten (Aussaat Mitte Juli bis Anfang August) und die Gemenge mit Grobleguminosene (teures Saatgut, hoher Wärmebedarf in der Jugendentwicklung) dienen vorrangig der Futternutzung. Großkörnige Leguminosene-Gemenge, die in Abhängigkeit von den Standortbedingungen aus unterschiedlichen Arten und Mengenanteilen bestehen können, benötigen also besonders frühräumende Vorfrüchte. Die Saattbettbereitung durch Bodenbearbeitung sichert gegenüber den Direktsaatverfahren höhere Erträge.

Die spätsaatverträglichen Arten (Aussaat ab Mitte August) dienen ökologischen Erfordernissen. Eine zentrale Stellung nehmen dabei die kruziferen Stoppelfrüchte ein. Sie laufen zügig auf und bilden schnell eine geschlossene Pflanzendecke aus. Sie sind Nitratfänger. Ihr Saatgut ist kostengünstig. Der relativ hohe N-Bedarf kann über Gülle abgedeckt werden. Als Nachteile müssen der Glucosinolatgehalt erwähnt werden, der die Futteraufnahme mindert (glucosinolatarme Sorten durch Züchtung, z. B. 00-Raps im Angebot) und ihre Eigenschaft als potenzielle Nitrat-Träger. „Problemfutter“ liegt bei Gehalten $>1,0\%$ NO_3 in der Trockenmasse vor. Dadurch haben die kruziferen Arten trotz ihrer relativ hohen Energiedichte nur noch eine sehr geringe futterwirtschaftliche Bedeutung. Sie weisen geringe TS-Gehalte und geringe Anteile strukturwirksamer Rohfaser auf. Auf Grund des geringen TS-Gehaltes zur Ernte eignen sie sich nicht zur Konservierung.

Zu den leistungsfähigsten Stoppelfrüchten bei Futternutzung zählt der Markstamm- oder Futterkohl. Seine Frostverträglichkeit reicht bis ca. -12 °C und ermöglicht eine Nutzung bis in

den Winter hinein. Er bevorzugt gute Böden in milden Klimagebieten mit hoher Luftfeuchtigkeit. Er liefert ein protein- und mineralstoffreiches Futter, ist aber wie die anderen Kruziferen auch nicht als Alleinfutter geeignet.

Neben den nematodenresistenten Ölrettich- und Senfsorten hat in Rübenfruchtfolgen Phacelia als spätsaatverträgliche Stoppelsaat an Bedeutung gewonnen. Sie ist besonders gut für Mulchsaatverfahren geeignet. Es muss darauf geachtet werden, dass sie bis zum Abfrieren keine Samen ausbilden kann (Durchwuchsrisiko). Zur Verfütterung ist sie nicht zu empfehlen (mangelhafte Futterraufnahme durch raue Blätter und geringe Energiedichte, dagegen aber hervorragende Bienenweide).

Der Sommerzwischenfruchtanbau ist durch die Vielzahl der möglichen Pflanzenarten flexibel auf die Standortbedingungen und auf unterschiedliche Einsatz- und Verwendungszwecke ausrichtbar. Die Auswahl der Fruchtarten hängt maßgeblich vom Erntetermin der Hauptfrucht, von den Anforderungen an erforderliche Vegetationstage sowie Aussaatzeiten ab.

Die Untersaaten sind aufgrund der geringen Saatgutkosten von Vorteil. Außerdem ist keine zusätzliche Bodenbearbeitung notwendig und der Anbau auf Standorten in sommertrockenen Gebieten möglich, wo Stoppelsaaten nur unsicher gedeihen würden.

Sie besitzen einen Wachstumsvorsprung gegenüber Stoppelsaaten und gestatten unmittelbar nach der Ernte der Hauptfrucht den Gülle-Einsatz, weil sie die Tragfähigkeit des Bodens gewährleisten. Untersaaten bieten ebenso wie Stoppelfrüchte Schutz vor Nährstoffverlagerungen.

Nachteile bestehen in der begrenzten Möglichkeit der Unkrautbekämpfung und im Risiko des Einwachsens in reifendes Getreide in feuchten Vorsommerperioden. Dadurch kann ein höherer Kostenaufwand für Reinigung und Nachrocknung des Getreides entstehen. Untersaaten sind nicht vorzusehen auf Standorten mit stärkerem Auftreten von Quecke. Das Gelingen von Untersaaten ist sehr witterungsabhängig. Sie sind die unsicherste Form des Zwischenfruchtanbaus. Die Auswahl der Arten sollte darauf ausgerichtet sein, die Konkurrenz auf die Deckfrüchte möglichst gering zu halten, um Ertragseinbußen ausschließen zu können. Es eignen sich Arten mit einer langsamen Jugendentwicklung, die nicht zu hochwüchsig sind, aber dennoch eine geschlossene Pflanzendecke bilden. Diese Eigenschaften weisen vor allem Knautgras, Rotschwingel und späte Sorten des Deutschen Weidelgrases auf.

Untersaaten im Herbst in Wintergetreide haben den Vorteil, dass sie sich schnell entwickeln und bestocken können, den Boden intensiver durchwurzeln und einen bereits weit entwickelten Pflanzenbestand nach der Ernte der Hauptfrucht aufweisen. Untersaaten im Frühjahr sind zusammen mit der ersten N-Gabe zum Wintergetreide denkbar. Untersaaten mit Serradella eignen sich hier besonders für wachsende Winterroggenbestände. Untersaaten können zeitgleich mit dem Sommergetreide ausgebracht werden. Sie sind witterungsabhängiger und weniger wuchskräftig als Untersaaten aus dem Herbst. Untersaaten in Mais sind in der Zeitspanne vom Maislegen bis etwa 60 cm Wuchshöhe des Maises möglich. Den ökologischen Erfordernissen im Maisanbau werden am besten die Gräser gerecht. Untersaaten für Futterzwecke würden sich gut für das Abweiden empfehlen (Gemenge mit kleinkörnigen Leguminosen, günstiges Protein-Energie-Verhältnis).

Von der Saatgutwirtschaft werden für den Zwischenfruchtanbau gegenwärtig gezielt Gemenge aus verschiedenen Arten angeboten, die sich in ihren Eigenschaften untereinander gut ergänzen sollen. Höhere Erträge, eine bessere Ertragssicherheit, Unkrautunterdrückung, Abwehr von Krankheiten und Schädlingen infolge der effizienteren Nutzung der Wachstumsfaktoren Licht, Wasser und Nährstoffe sind die Vorteile, die von diesen

Gemengen erwartet werden. Sie durchwurzeln den Boden in verschiedenen Horizonten und hinterlassen größere Wurzelmassen. Sie fördern die mikrobielle Aktivität des Bodens und mobilisieren Nährstoffe für nachfolgende Kulturen. Sie verhindern die Bodenerosion und hinterlassen einen Boden, der besonders attraktiv für Regenwürmer ist. Die Bodenfruchtbarkeit wird geschützt und gefördert. Sie bieten gegenüber Reinbeständen eine größere und zeitlich gestaffelte Blütenvielfalt für nektarsammelnde Insekten und eine höhere Biodiversität. Die Attraktivität der Blühelemente für das menschliche Auge soll nicht zuletzt ein wichtiger Aspekt für die bessere Akzeptanz von Agrarlandschaften sein (Abbildung A4 und A5 im Anhang).

Nach BERENDONK (2012) können sich die in den Ansaatmischungen deklarierten Arten weitgehend in den Beständen etablieren. Die Unkrautunterdrückung ist bei den meisten angebotenen Mischungen gewährleistet. Der Ertrag der Mischungen variiert zwischen **30-bis 50 dt/ha Trockenmasse** und die **N-Speicherung zwischen 70 und 100 kg N/ha**. Meistens sind die in den Mischungen verwendeten Sorten nicht deklariert. Bei den kruziferen Arten werden häufig früher blühende und früher abbauende Sorten verwendet. Die Abwehr von Krankheiten und Schädlingen wird intensiv beworben, setzt jedoch voraus, dass auch resistente Arten und Sorten verwendet werden.

Material und Methoden

Im Rahmen eines DFG-Projektes (Richter et al. 1999) wurden in den Jahren 1992 bis 1998 am Standort Berge dreifaktorielle Versuche mit vier Wiederholungen mit Silomais nach verschiedenen winterharten Zwischenfrüchten durchgeführt (Tabelle 3).

Tabelle 3: Prüffaktoren und Prüfstufen

Faktoren	Stufen		
Faktor A Zwischenfruchtart vor Mais	a ₁	Ölrettich	
	a ₂	Winterrübsen	
Faktor B Beregnung zu Mais	b ₁	unberegnet	
	b ₂	Beregnet	
Faktor C N-Düngung zu Mais	c ₁	ohne N-Düngung	
	c ₂	eine Gabe zur Saat	Sollwert 150 kg/ha
	c ₃	zwei Gaben	
		1. zur Saat	Sollwert 100 kg/ha
	2. 6-Blattstadium	Sollwert 150 kg/ha	
	c ₄	zwei Gaben	
1. zur Saat		Sollwert 100 kg/ha	
2. 6-Blattstadium	Sollwert 200 kg/ha		

Bei den Zwischenfrüchten wurden vor und nach Winter auf Probeflächen von 0,5 m² in vier Wiederholungen die Trockenmasse (Spross und Wurzel) und der N-Gehalt nach KJELDAHL bestimmt und auf dieser Basis die in der Zwischenfruchtsubstanz enthaltene N-Menge errechnet. Ergebnisse zur Trockenmassebildung und stofflichen Zusammensetzung der Zwischenfrüchte Ölrettich (*Rhaphanus sativus* L. var. *oleiformis* PERS.) und Winterrübsen (*Brassica rapa* L. var. *silvestris* [LAM.] BRIGGS. f. *autumnalis* [DC.] MANSF.) liegen für den Zeitraum 1990 bis 1999 vor (Tabellen A2, A3 und A4). Die Zwischenfrüchte wurden nach der Vorfrucht Wintergerste gedreht und mit Ausnahme von N-Steigerungsversuchen (1990 und 1991) nicht mit Stickstoff gedüngt. Nach den Zwischenfrüchten wurde Silomais im Mulchsaatverfahren angebaut. Vom Jahre 2000 an wurden die Mulchsaatversuche mit Silomais nur noch mit Ölrettich-Zwischenfrucht weitergeführt. Die Angaben zur Aussaat der Zwischenfrüchte und zu den Vegetationsbedingungen sind in den Tabellen A2 und A3 im Anhang enthalten. Die Zwischenfruchtproben wurden mittels Spaten bis zu einer Tiefe von 25 cm entnommen. Die abgestorbene Biomasse wurde zuvor von der Probefläche gesammelt und der Probe beigefügt. Das gesamte Material wurde gewaschen, in oberirdische Biomasse und Wurzelmasse getrennt, bei 60°C getrocknet und anschließend gewogen. Bei Ölrettich wurde der oberirdische Anteil der Rettiche der Wurzelmasse zugeordnet. Der Feinwurzelanteil wurde mit der Spatenprobe nicht vollständig erfasst. Die ermittelte Trockenmasse (g/0,5 m²) wurde in dt/ha Trockensubstanz umgerechnet und anhand der N-Gehalte die in der pflanzlichen Biomasse nachweisbare N-Menge ermittelt. Die Probenahme fand Ende Oktober bis Anfang November statt. Nach Winter (März/Anfang April) wurden die Proben aufgrund der fortgeschrittenen Zersetzung des Pflanzenmaterials nicht mehr in unter- und oberirdische Biomasse unterteilt.

Von Herbst bis Frühjahr 1998/99 wurden im wöchentlichen bis vierzehntägigem Abstand zusätzlich je 20 Ölrettich- und Winterrübsen-Pflanzen entnommen. Die Spross- und Wurzelbiomasse wurde in vitale (grüne) und abgestorbene Biomasse unterteilt und das Verhältnis dieser Fraktionen an der Trockenmasse der Gesamtpflanze bestimmt.

Es wurde der Einfluss der Zwischenfrüchte auf die Trockenmasseerträge und N-Entzüge des Silomais, auf N_{\min} -Restmengen nach der Ernte sowie auf die Nitratverlagerung vor Mais (Saugsondenmethode) untersucht. Weitere Prüffaktoren waren die N-Düngung und die Beregnung zu Silomais, deren Einfluss auf die Nachfrüchte Winterweizen und Wintergerste ebenfalls Gegenstand der Untersuchungen war. Die Getreidearten wurden in der Fruchtfolge einheitlich behandelt und jeweils zu Vegetationsbeginn mit 50 bis 60 kg/ha Stickstoff gedüngt. Diese aus methodischen Gründen zum Nachweis der Vorfruchtwirkungen gewählte suboptimale N-Düngung zum Getreide wurde in der Fruchtfolge später nicht weiter verfolgt. Die N-Gabenhöhe zu Silomais lag in den Versuchen von 1999 bis 2013 einheitlich bei 100 kg/ha vor der Saat und zu den Getreidearten bei 100 kg/ha (60 kg/ha zu Vegetationsbeginn und 40 kg/ha zu Schossbeginn).

Alle Angaben zur Herkunft des Datenmaterials aus dem DFG-Versuchsprogramm und zu den Versuchen in den Folgejahren sind im Anhang in Tabelle A4 dokumentiert.

Die Ertragsanalyse bei Silomais beruhte auf der getrennten Ernte von Kolben und Restmais, der Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes und N-Gehaltes nach KJELDAHL. Für die Mais-Nachfrüchte Winterweizen und Wintergerste wurden Kornertrag und N-Gehalt im Korn ermittelt.

Die einfache N-Bilanz der Maisfruchtfolge wurde aus der Differenz von N-Input über die mineralische N-Düngung minus N-Output über die N-Entzüge der Ernteprodukte berechnet. N_{\min} -Messungen in 0...90 cm Bodentiefe erfolgten unter Zwischenfrüchten zu den Terminen vor Winter (November) und nach Winter vor der Maissaat (April) sowie unter Silomais zur Maissaat, zum 6...8-Blattstadium und nach der Maisernte.

Nach der Saugsondenmethode (DVWK 1990) wurden unter den **nicht mit Stickstoff gedüngten** Parzellen Bodenwasserproben in 30, 60, 90 und 120 cm Bodentiefe entnommen und der Nitrat-N-Gehalt bestimmt. Die Nitrat-N-Verlagerung wurde folgendermaßen kalkuliert:

$$M = \sum_{t_0}^{t_n} (\text{NO}_3\text{-N})_t S_t$$

M	zugehöriger Massenfluss (N-Fracht)	[g m ⁻²]
(NO ₃ -N) _t	Nitrat-N-Konzentration im Bodenwasser zum Zeitpunkt t	[mg l ⁻¹]
n	Anzahl der Messwerte	
t	Beobachtungszeitraum (wöchentliche Probenahme)	
t ₀ ...t ₁	Beobachtungszeitraum (1. November...31. März)	
S _t	Sickerwassermenge (Wochensummen)	[l m ⁻²]

Tabelle 4: Sickerwassermengen in den Hauptsickerperioden der Jahre 1992/93 bis 1998/99 am Standort Berge

Sickerwasser*	1992/93	1993/94	1994/95	1994/95	1995/96	1997/98	1998/99
Mm	99	226	173	63	55	45	93

(*Kalkulation nach DVWK 1990, VDI 1993, potenzielle Evapotranspiration nach HAUDE 1954)

Die Höhe der Sickerwassermenge in den Hauptsickerperioden (1. November bis 31. März) ist aus Tabelle 4 ersichtlich. Während der Sickerperioden wurden wöchentlich Bodenwasserproben entnommen. Während der längeren Frostperioden in den Wintermonaten 1995/96 und 1996/97 konnten keine Bodenwasserproben entnommen werden. Auf Basis dieser Daten wurden für die Fruchtfolge die Nitrat-Mengen berechnet, die den Boden in 60 cm bzw. 90 cm Tiefe passiert haben und damit das potentielle Verlustrisiko durch die N-Verlagerung kennzeichnen.

Ergebnisse

Trockenmasse und nachgewiesene N-Mengen der Zwischenfrüchte

Die Zwischenfrüchte erreichten einen mittleren Trockenmasseertrag von **26 dt/ha** im oberirdischen Aufwuchs. Die Ergebnisse der Jahre 1991 bis 1998, in denen Ölrettich und Winterrüben orthogonal geprüft wurden, sind in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt. Die Trockenmassebildung der Zwischenfrüchte war signifikant von der Witterung beeinflusst. In der Mehrzahl der Jahre erreichte Ölrettich bis zur Vegetationsruhe eine signifikant höhere **Trockenmasse** als Winterrüben. Dabei verhielt sich die Gesamtbiomasse des **Ölrettichs** zur oberirdischen Sprossbiomasse wie **1,5 zu 1** (1,3 bis 1,8 zu 1). Bei **Winterrüben** verhielt sich die Gesamtbiomasse zur Sprossbiomasse wie **1,3 zu 1** (1,2 bis 1,5 zu 1). Der höhere Anteil der Wurzelbiomasse des Ölrettichs an der Biomasse steht in Beziehung zur Rettichbildung, die bei geringeren Bestandsdichten und in Abhängigkeit von der Sorte stärker ausgeprägt war (Abbildung 3). Die Sorten 'Mator, Matodus und Siletta Nova hatten in den Versuchen meistens nicht bis zum Winter geblüht, aber etwas stärker zur Rettichbildung geneigt. Die Bestände der Sorte Rufus blühten in allen Jahren noch vor Winter, manchmal noch nach den ersten Frösten und bildeten teilweise Schoten aus (Abbildungen A1 bis A3 im Anhang). Die Samen reiften dabei im extrem milden Winter 2006 sogar aus, was zu Aufschlag im Silomais führte.

Den höchsten Trockenmasseertrag erzielte Ölrettich im oberirdischen Aufwuchs mit **79 dt/ha** im oberirdischen Aufwuchs im Jahre 1990 (BERGER 1993) und Winterrüben mit **54 dt/ha** Gesamtbiomasse im Frühjahr 1993 (Abbildung 5).

Zusätzliche Ergebnisse zum Ölrettich liegen für die Jahre 1999, 2000, 2005 und 2012 im Herbst vor. Die Trockenmasseerträge des oberirdischen Aufwuchses lagen in der Reihenfolge der Jahre bei 8, 19, 20 bzw. 35 dt/ha.

Tabelle 5: N-Gehalt (% der Trockenmasse) von Zwischenfrüchten vor und nach Winter

N%	oberirdisch (Spross) vor Winter		Wurzel vor Winter		Gesamtpflanze vor Winter		Gesamtpflanze nach Winter	
	Ölrettich	Winter- rüben	Ölrettich	Winter- rüben	Ölrettich	Winter- rüben	Ölrettich	Winter- rüben
1991/92	2,25	1,13	1,72	1,47	2,08	1,24	2,59	1,92
1992/93	2,28	1,95	1,53	1,59	1,97	1,85	3,20	2,99
1993/94	2,17	1,88	1,30	1,27	1,90	1,75	2,47	2,27
1994/95	2,11	2,30	1,68	1,99	2,02	2,24	2,54	2,13
1995/96	1,85	1,98	1,23	1,36	1,65	1,84	1,41	2,10
1996/97	2,50	2,10	1,76	1,92	2,26	2,06	2,14	2,83
1997/98	2,22	1,94	1,73	2,02	1,97	1,95	2,53	2,93
1998/99	3,08	2,66	1,70	1,69	2,32	2,13	2,19	2,79
Mittelwert	2,31	1,99	1,58	1,66	2,02	1,88	2,38	2,49
LSD 5%	0,25		nicht signifikant		nicht signifikant		nicht signifikant	

Der Vergleich von Vor- zu Nachwinterwert aus Abbildung 5 zeigt, dass bei Ölrettich im Mittel der Jahre 42 % und bei Winterrübsen 91 % von der vor Winter gebildeten Trockenmasse nachweisbar waren. Der Ölrettich speicherte vor Winter im Vergleich zum Winterrübsen die größere N-Menge in der pflanzlichen Biomasse. Das stand in Beziehung zu der höheren Trockenmasse im Wurzelbereich und den signifikant höheren N-Gehalten im oberirdischen Aufwuchs (Tabelle 5).

Die in der gesamten Pflanze vor Winter **nachgewiesene N-Menge** verhielt sich zur N-Menge der oberirdischen Biomasse wie **1,34 zu 1 bei Ölrettich** bzw. wie **1,29 zu 1 bei Winterrübsen** (Abbildung 6). Die im Vergleich zur Trockenmasse etwas stärker zugunsten der oberirdischen Biomasse verschobene Relation ist mit den geringeren N-Gehalten in der Wurzelbiomasse zu erklären (Tabelle 5). Die im Frühjahr nachgewiesene N-Menge verringerte sich bei Ölrettich auf 45 % und erhöhte sich bei Winterrübsen auf 107 % des Vorwinterwertes (Abbildung 7). Dabei hat der Termin der Probenahme nach Winter die Relation von Vor- zu Nachwinterwerten beeinflusst. Bei später Probenahme im April in den Jahren 1994 bis 1996 wurde bei Wiederaustrieb des Rübsens bereits eine deutliche Zunahme von Trockenmasse und N-Menge gegenüber dem Vorwinterwert festgestellt.

Die Höhe der Trockenmasse und nachgewiesenen N-Menge in der Biomasse wurde jeweils signifikant durch die Art, die Jahreswitterung und durch die Wechselwirkung zwischen Jahr und Art bestimmt.



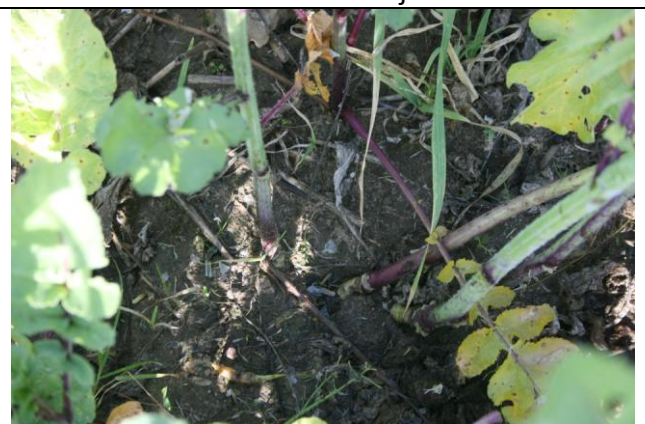
Ölrettich Sorte *Mator* im Frühjahr 1997



Ölrettich Sorte *Mator* im Frühjahr 1997



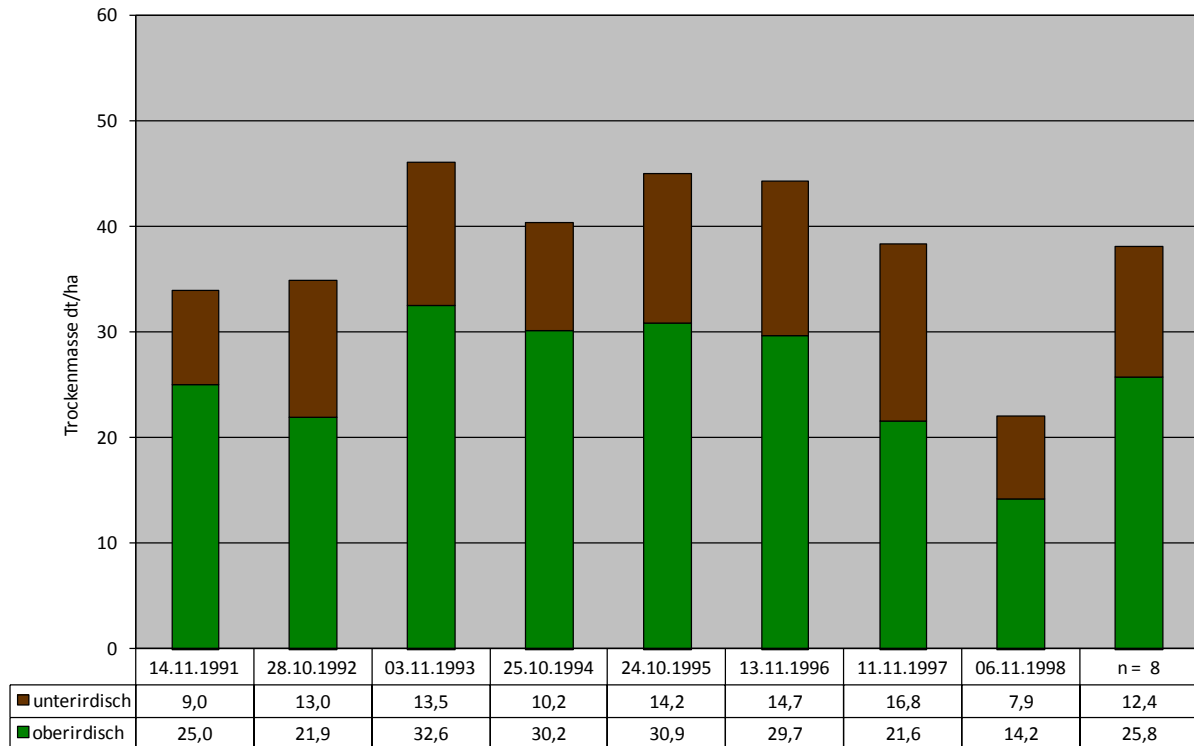
Ölrettich Sorte *Rufus* im Herbst 2012,
Pflanze aus dem Randbereich



Ölrettich Sorte *Rufus* im Herbst 2012,
Stängelbasis von blühende Pflanzen im Bestand

Abbildung 3: Rettichbildung bei Ölrettich

Ölrettich



Winterrüben

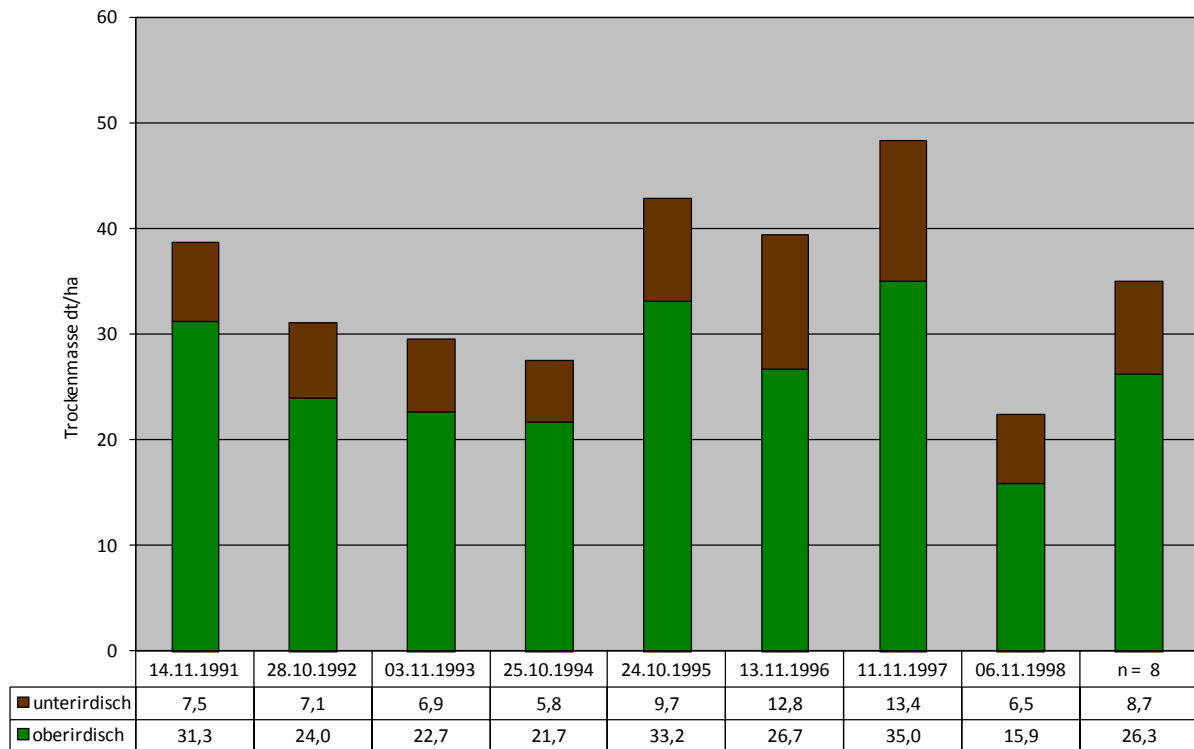
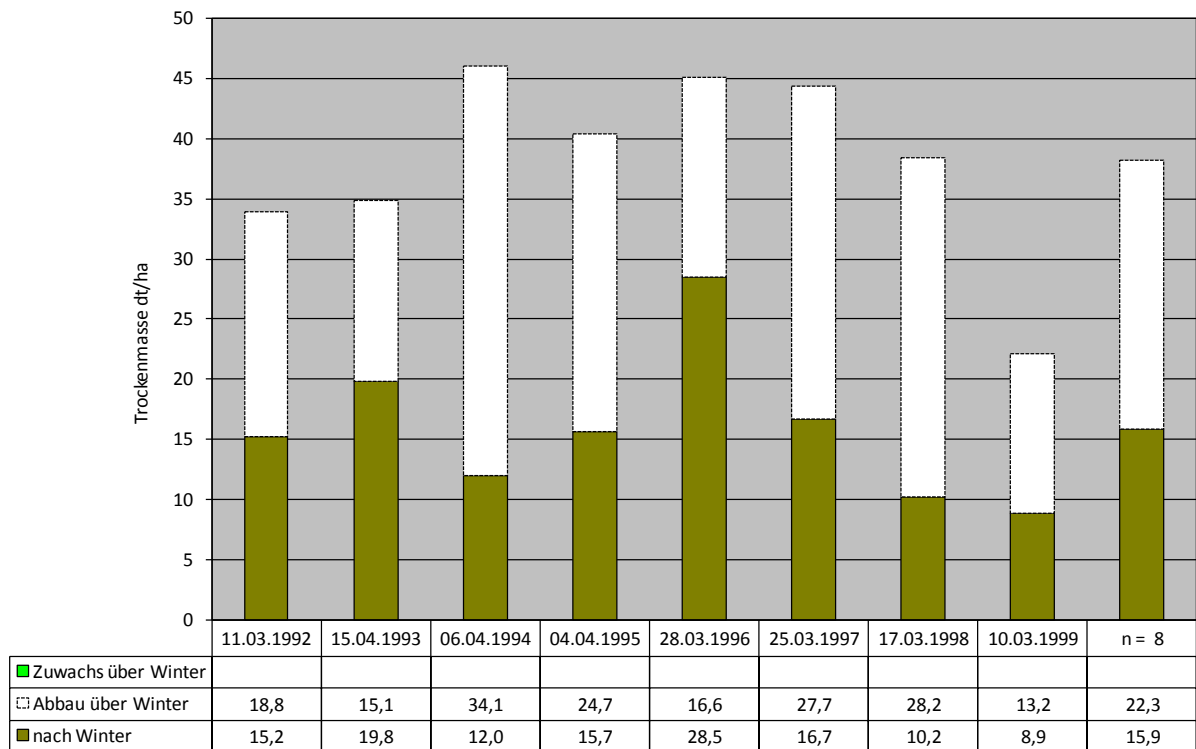


Abbildung 4: Trockenmassbildung von Ölrettich und Winterrüben vor Winter

Ölrettich



Winterrüben

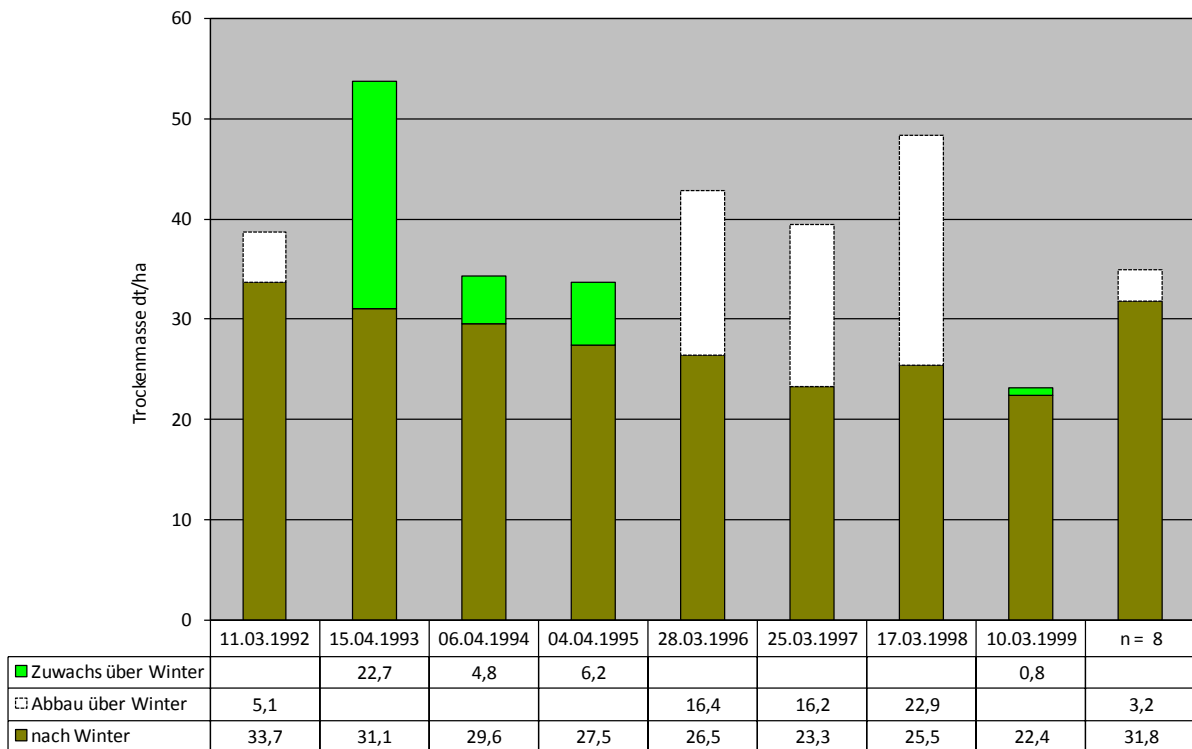
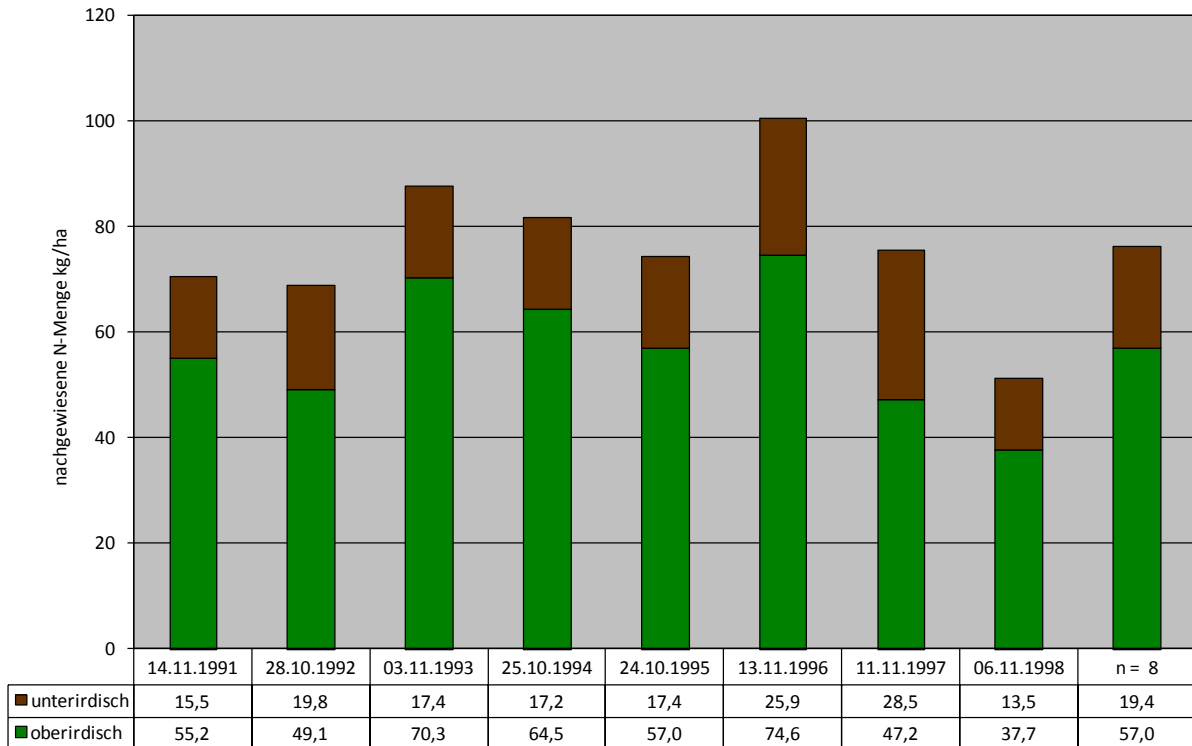


Abbildung 5: Trockenmasse von Ölrettich und Winterrüben nach Winter im Vergleich zum Vorwinterwert

Ölrettich



Winterrüben

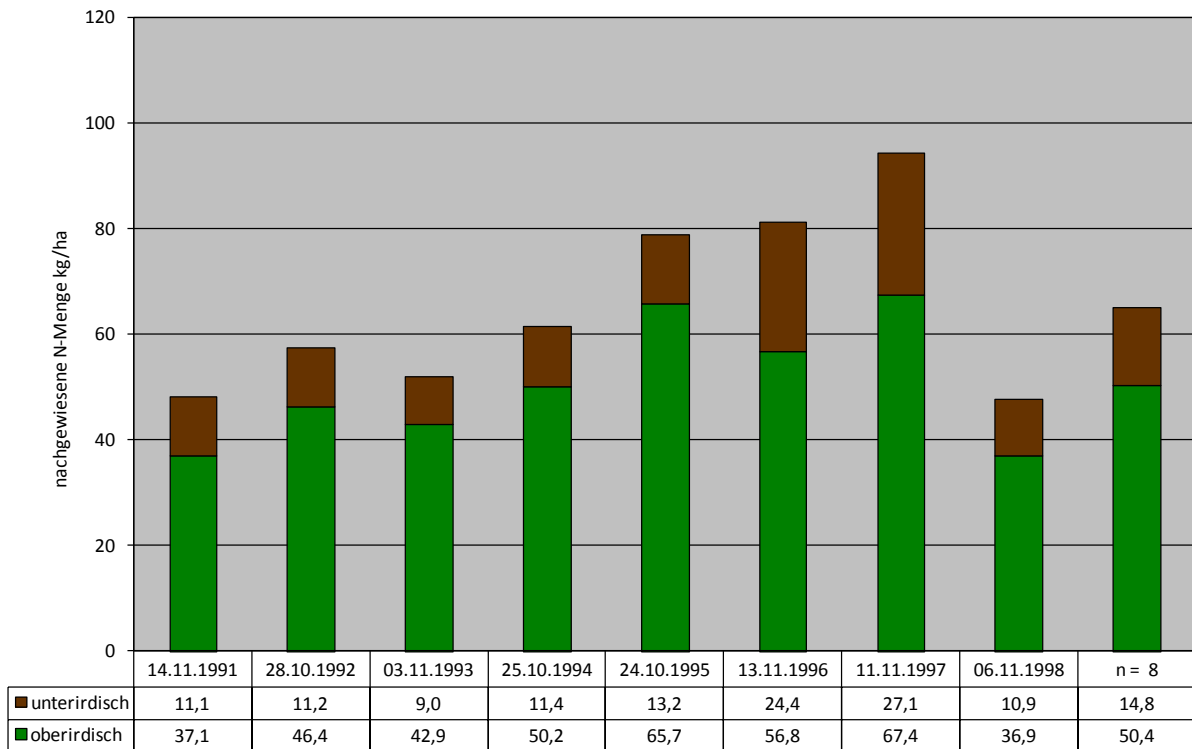


Abbildung 6: N-Aufnahme von Ölrettich und Winterrüben vor Winter

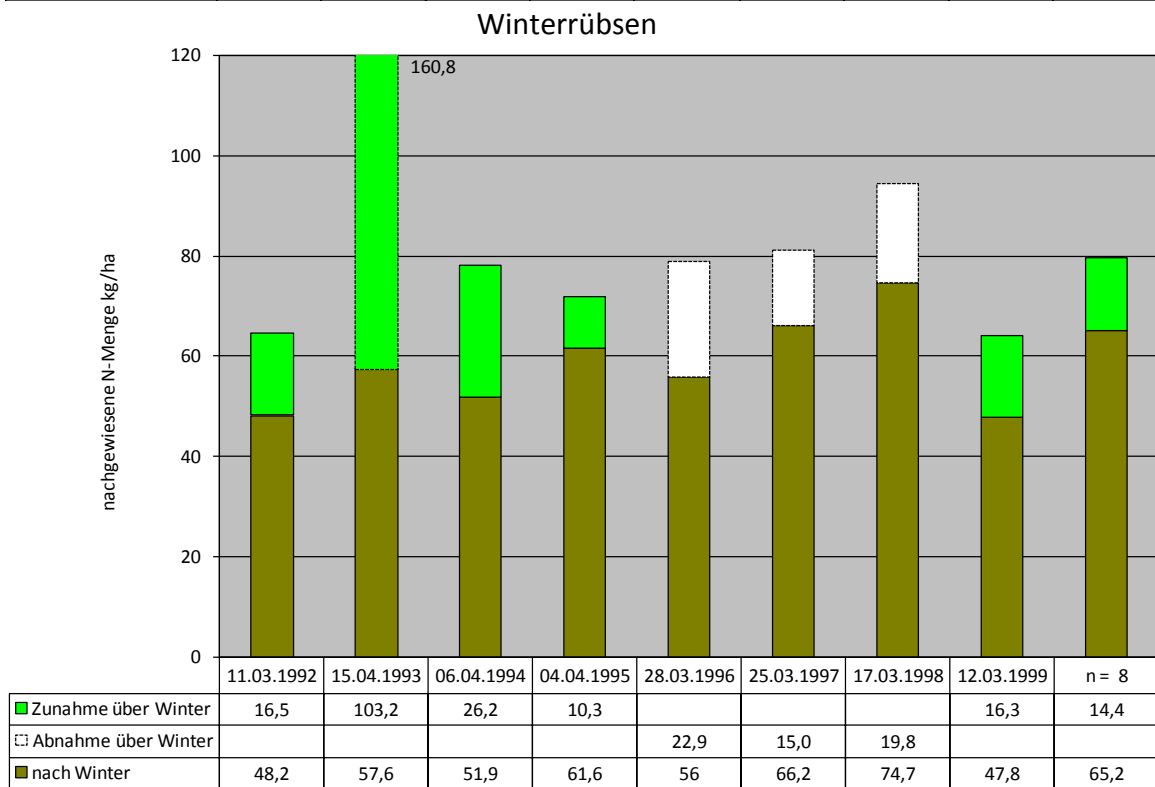
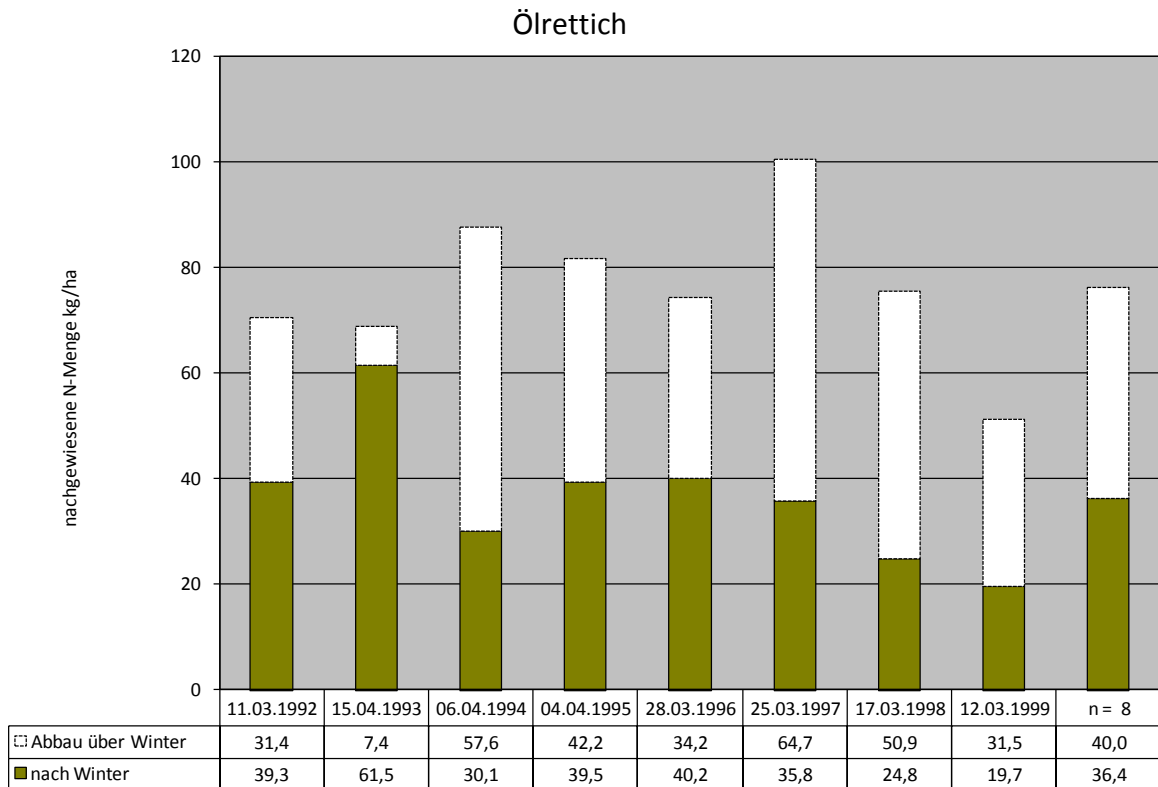


Abbildung 7: Trockenmasse von Ölrettich und Winterrüben nach Winter im Vergleich zum Vorwinterwert



Blattgenerationen von Ölrettich (Dezember 2006)



Äußere abgestorbene ältere Blätter der Blattrosetten (Dezember 1992)

Abbildung 8: Blattgenerationen von Ölrettich und erste Blattverluste vor Winter

Die pflanzliche Biomasse der Zwischenfrüchte bildet den potentiellen Mulchpool. Der Zuwachs an Biomasse der Zwischenfrüchte stagniert bzw. endet mit Eintritt in die Vegetationsruhe (Tageslänge, Temperatur, Frostereignisse) oder bei Eintritt in die Blühphase. Sobald andere Wachstumsfaktoren (Nährstoffe, Globalstrahlung, Wasser) limitiert sind, setzt bei den Zwischenfrüchten das Absterben der älteren Blätter früher ein. Das Absterben der ober- und unterirdischen Biomasse ist vom Entwicklungsstadium der Pflanzen abhängig und die Folge von Alterungsprozessen. Zunächst treten stoffliche Umlagerungsprozesse innerhalb der Pflanze auf. Der Anteil der abgestorbenen Biomasse nimmt nach und nach zu. Bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes steigt sie um den Anteil der abgefrorenen oberirdischen Biomasse an. Bei weiterem Absinken der Temperaturen kann sie um den Anteil der gesamten noch vorhandenen vegetativen Biomasse erhöht werden. Gleichzeitig mit der Entstehung des Mulchpools beginnt die Mineralisierung der abgestorbenen pflanzlichen Biomasse, besonders der Blattbiomasse (Abbildung 8). Bei Unterschreiten von Grenzwerten der Temperatur für die mikrobielle Aktivität im Boden (ca. 5°C) stagniert die stoffliche Umsetzung der abgestorbenen und abgefrorenen Biomasse. Oberhalb dieses Grenzwertes setzt der Abbau der Mulchschicht wieder ein. Die Winterhärte der Zwischenfruchtarten unterscheidet sich (abfrierende, winterharte und intermediäre Arten) und ist vom Unterschreiten bestimmter Schwellenwerte der Temperatur während des Winters abhängig. Winterrüben verträgt Temperaturen von bis zu -15 °C und Ölrettich von bis zu -6 °C (Kahlfröste). In den Versuchen war während des Winters 1995/1996 nicht nur der Ölrettich, sondern auch der Winterrüben fast völlig abgestorben (Abbildung 9). Das Tagesminimum der Lufttemperatur lag in der Reihenfolge der Monate November bis Februar bei -6,4, -14,2, -14,0 und -17,9 °C. Die Dauer und die Häufigkeit der Frostereignisse war die Ursache für diese totale Auswinterung. Ölrettich war sonst nur noch im Winter 1996/97 völlig abgestorben. Auch in diesem Winter waren die Temperaturschwellenwerte mehrfach unterschritten. Das Tagesminimum der Lufttemperatur lag in den Monaten Dezember 1996 und Februar 1997 bei -16,0 bzw. -21,0°C.

Die Besonderheit bei Ölrettich bestand darin, dass Frostereignisse nicht immer sicher zum Absterben des Pflanzenbestandes führten. Ein Anteil von etwa 10 bis 30 % der Pflanzen konnte die Frostereignisse überstehen. Diese Pflanzen wiesen einen starken Verlust an Blattmasse auf, trieben aber mit Temperaturanstieg im Frühjahr wieder aus. Bei verringerter intraspezifischer Konkurrenz setzte in einigen Jahren bei Ölrettich im Frühjahr wieder eine Zunahme der Trockenmasse ein. Der Vegetationskegel ist an diesen Pflanzen nicht zerstört und damit deren Vitalität gut zu bestimmen. Der Anteil von abgestorbenen zu vitalen Pflanzen ist abhängig von der Konstitution der Einzelpflanzen, der Frostabhärtung und dem Mikroklima, das z.B. durch eine unterschiedlich hohe Schneedecke und eine bereits ausgebildete Mulchschicht geprägt wird.

Detaillierte Untersuchungen zur Veränderung der pflanzlichen Biomasse in den Herbst- und Wintermonaten 1998/99 sind in Abbildung 9 dargestellt.

Die Bestandsdichte der Zwischenfrüchte veränderte sich von September bis zur Vegetationsruhe nicht. Anfang März war die Bestandsdichte bei Ölrettich um 14 % und bei Winterrüben um 2 % gegenüber dem Vorwinterwert reduziert. Nur 24 % des vor Winter vorhandenen Pflanzenbestandes war noch grün. Die Ölrettich-Pflanzen wiesen zum Zeitpunkt der Probenahme bereits einen hohen Anteil abgestorbener pflanzlicher Biomasse auf (Abbildung 10).



Abbildung 9: Ölrettich- und Winterrübsen in den Versuchen 1994 und 1995 sowie nach völliger Auswinterung im Frühjahr 1996 bzw. mit starken Auswinterungsschäden an Winterrübsen im Frühjahr 1997

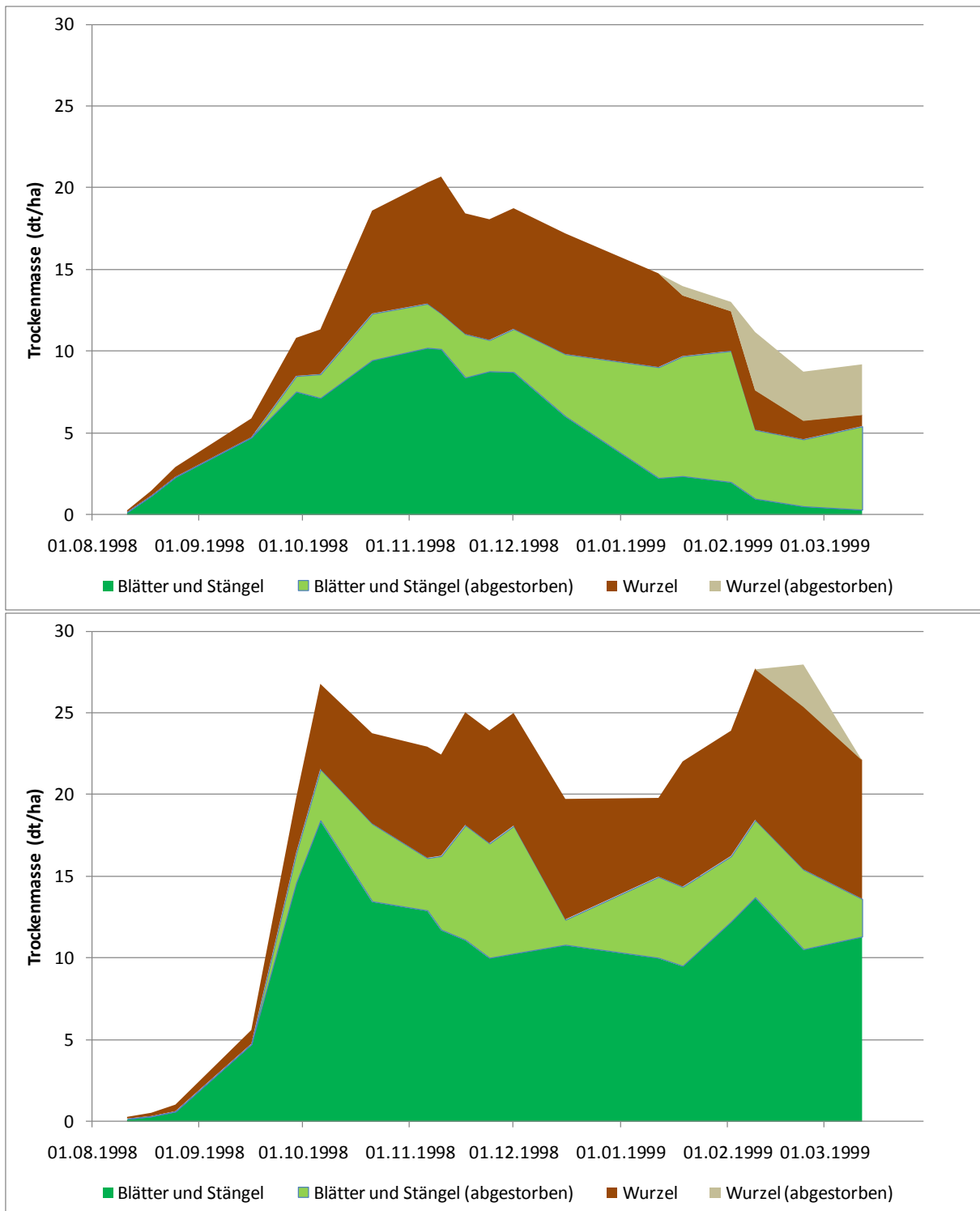


Abbildung 10: Spross- und Wurzel-Biomasse von Örettich und Winterrüben bei Probenahme von Aussaat 1998 bis März 1999

N_{min}-Gehalte im Boden

Der Schutz vor Nitrataustrag durch den Anbau von Zwischenfrüchten wird erst dann wirksam und sinnvoll, wenn die gespeicherte N-Menge (**70 bis 80 kg/ha**) von den Nachfrüchten auch tatsächlich zur Ertragsbildung genutzt werden kann. Damit hängt der Vorfruchtwert der Zwischenfrüchte nicht nur von der in der Biomasse gespeicherten N-Menge, sondern auch von der Geschwindigkeit und dem Zeitraum ihrer Freisetzung, also der N-Verfügbarkeit aus dem Mulch-Pool während der Vegetationsperiode des Silomaises ab.

Die Bemessung der N-Düngergabe nach Höhe und Anwendungszeitraum muss die im Frühjahr im Boden vorhandene N_{min}-Menge sowie die N-Nachlieferung aus dem Boden und dem Mulchpool der Zwischenfrüchte berücksichtigen. Der höchste N-Bedarf von Maispflanzen besteht im Gegensatz zu den Getreidearten relativ spät im Jahr etwa ab Ende Juni, von Beginn des Streckungswachstums bis zum Eintritt in die weibliche Blüte. Um N-Verluste während der langsamen Jugendentwicklung des Maises zu vermeiden, erschien es zunächst zweckmäßig, die N-Gabe auf den Saattermin und auf das 6- bis 8-Blattstadium aufzuteilen.

Die mittleren N_{min}-Gehalte im Boden (ohne N-Düngung zu Zwischenfrüchten und Silomais) sind in Abbildung 11 für Ölrettich und für Winterrüben dargestellt. Von Vegetationsbeginn im Frühjahr bis zur Maissaat zeigte sich, dass Ölrettich im Vergleich zu Winterrüben bereits etwa die Hälfte des vor Winter in der pflanzlichen Biomasse gespeicherten Stickstoffs wieder an den N_{min}-Pool des Bodens abgegeben hatte. Nur in dieser Zeitspanne lagen nach Winterrüben- gegenüber Ölrettich-Zwischenfrucht signifikant geringere N_{min}-Werte im Boden vor (ca. **20 kg/ha** Unterschied).

Die vor der Maissaat und vor dem Erscheinen des 6. Maisblattes erfassten N_{min}-Gehalte wurden in den Versuchen zum Berechnen der N-Düngermenge bei verschiedenen N-Sollmengen herangezogen. Im Mittel der Zwischenfrüchte wurden **vor der Maissaat 50 kg/ha** (bis zur Maisausaat Anstieg auf 80 kg/ha) und **vor dem Erscheinen des 6. Maisblattes 108 kg/ha** mineralischer Stickstoff in der Bodenschicht von 0...90 cm gemessen.

Um eine N-Sollmenge von 150 kg/ha mit einer N-Gabe zur Saat einstellen zu können, müsste Silomais am Standort nach diesen mittleren Werten mit etwa **100 kg/ha** Stickstoff gedüngt werden.

Beim Einstellen eines N-Sollwertes von 100 kg/ha zur Saat und von 150 oder 200 kg/ha im 6-8-Blattstadium wären mit einer ersten N-Gabe ca. 50 kg/ha zu applizieren.

Für den N-Sollwert von 150 kg/ha wäre **keine zweite N-Gabe** im 6-8-Blattstadium des Maises Anfang Juni mehr erforderlich.

Für den höheren N-Sollwert von 200 kg/ha wäre demnach eine zweite N-Gabe von etwa **50 kg/ha** erforderlich.

Diese Werte entsprechen den N-Mengen, die im Mittel der Jahre 1993 bis 1998 in den geprüften N-Stufen appliziert worden sind.

Alle vor der Maisaussaat erfassten N_{min}-Gehalte im Boden sind in Abbildung A6 für den Zeitraum von 1991 bis 2013 ersichtlich. Es handelt sich dabei um die Mittelwerte aller Mulchsaat-Versuche mit Silomais. Die mittlere N_{min}-Menge lag im Frühjahr bei 42 kg/ha und variierte für die Bodenschicht von 0 bis 90 cm zwischen der unteren Nachweisgrenze von 15 kg/ha bis ca. 70 kg/ha.

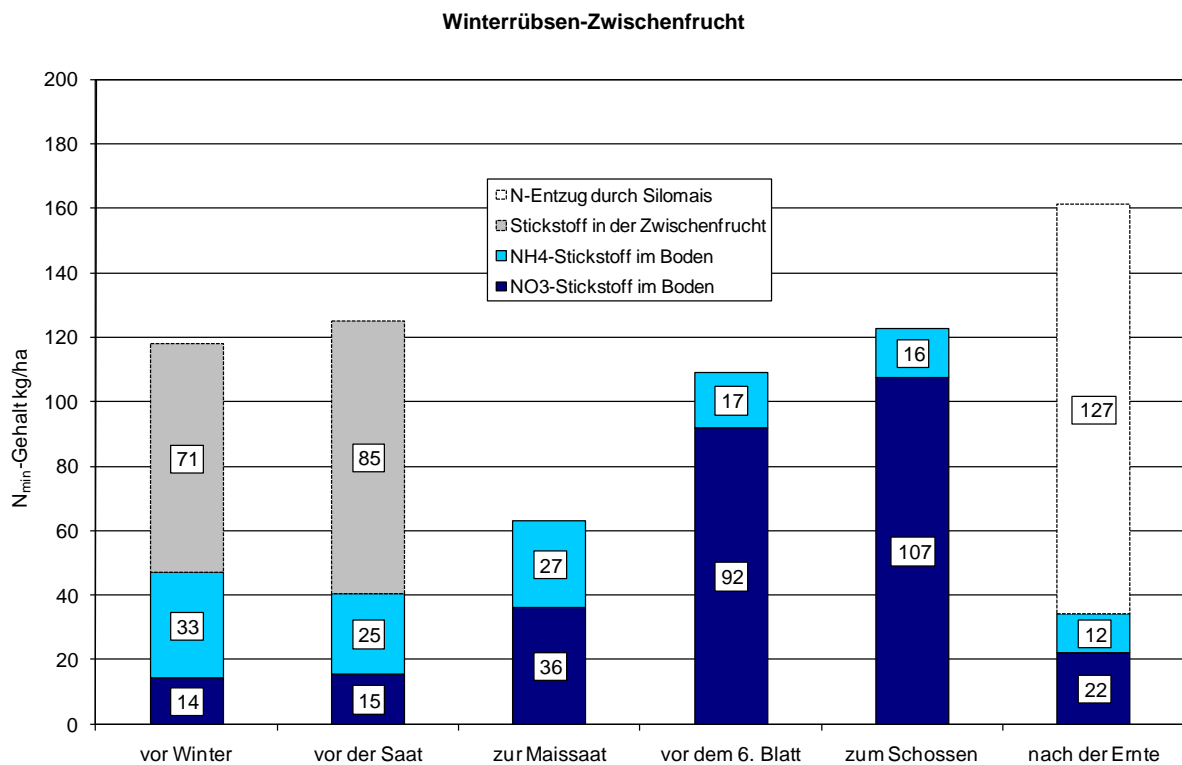
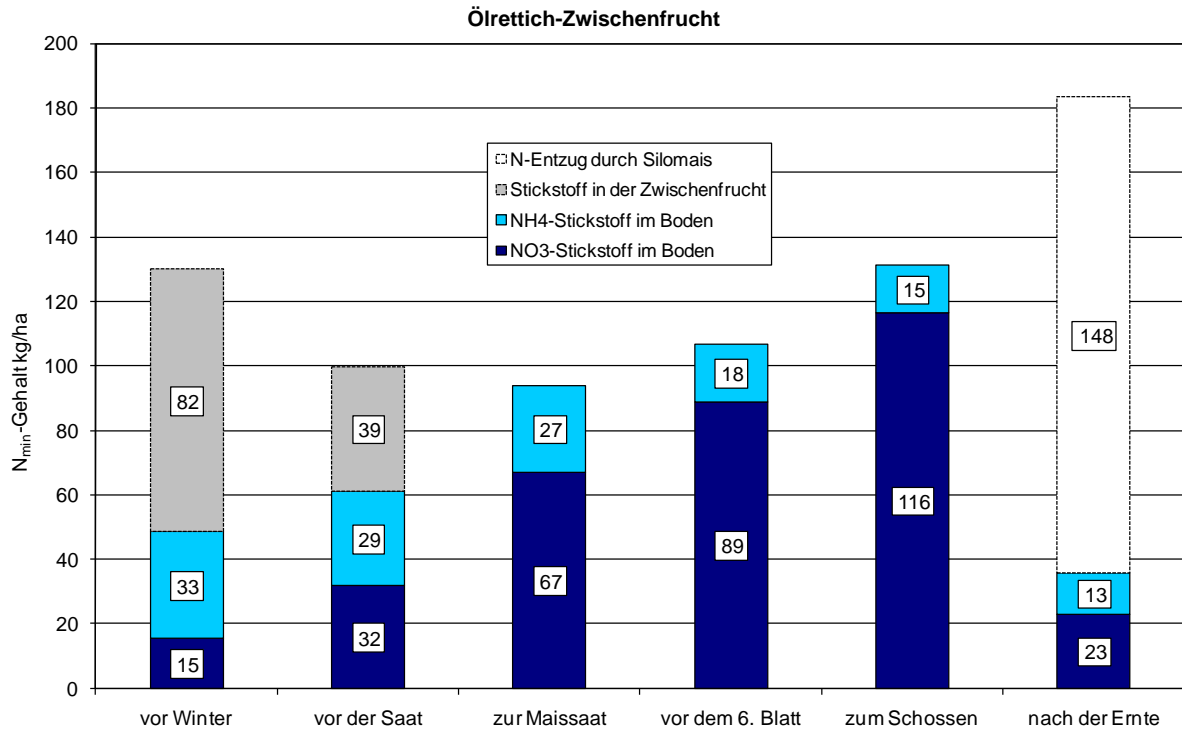


Abbildung 11: N_{\min} -Gehalte im Boden (0...90 cm) bei verschiedenen Zwischenfrüchten vor Silomais, gespeicherte N-Menge in der Zwischenfruchtsubstanz und N-Entzüge von Silomais (Mittelwerte 1993...1998, ohne N-Düngung zu Zwischenfrüchten und Silomais)

Ertrag und N-Entzug von Silomais

Alle Versuchsergebnisse zu den Trockenmasseerträgen des Silomaises und N_{\min} -Nacherntewerten in der Bodenschicht von 0...60 cm sind in Beziehung zum N-Angebot für Silomais in Abbildung 12 dargestellt (Jahre 1993 bis 1998). Das N-Angebot ist dabei die Summe aus der N-Aufnahme des Silomaises (ohne N-Düngung) und der gedüngten N-Menge. Mit steigendem N-Angebot nahmen die Trockenmasseerträge des Silomaises und die N_{\min} -Restmengen nach der Ernte zu. Dabei lagen nicht in jedem Fall die höheren N_{\min} -Restmengen nach der Ernte auch nach einem höheren N-Angebot vor. Unerwünscht hohe N_{\min} -Werte waren auch bei völlig unterlassener N-Düngung aufgetreten, wenn durch lang anhaltende Trockenperioden in den Sommermonaten die Trockenmassebildung mit Erträgen von etwa 100 dt/ha stark eingeschränkt war. Bei effektiver N-Verwertung ist bei hohem Ertragsniveau nicht mit einem Ansteigen der N_{\min} -Restmenge nach der Ernte zu rechnen.

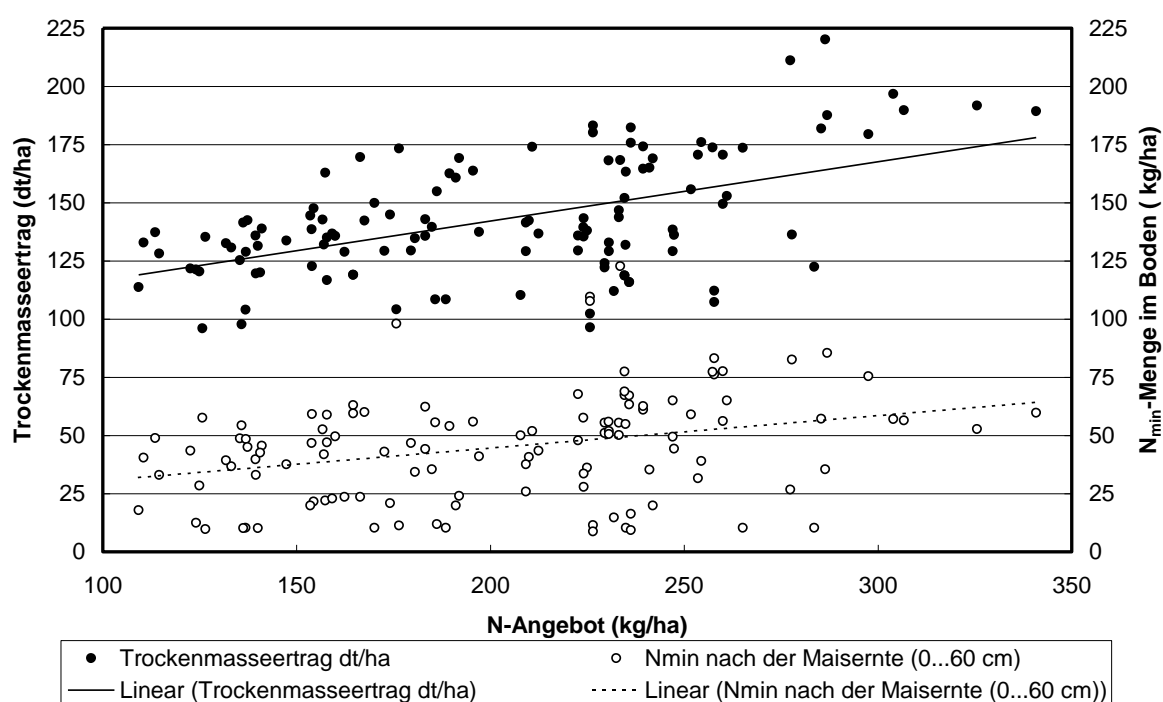


Abbildung 12: Trockenmasseerträge und N_{\min} -Restmengen nach der Ernte in Abhängigkeit vom N-Angebot (N-Entzug ohne N-Düngung + N-Düngung) in Silomaisversuchen am Standort Berge (1993...1998)

In Abbildung A7 sind die N_{\min} -Gehalte (Versuchsmittel) nach der Maisernte über den Zeitraum von 1991 bis 2013 dargestellt. In der Bodenschicht von 0 bis 60 cm lag der mittlere N_{\min} -Restwert bei 38 kg/ha. In etwa 20 % der Jahre blieben dabei die mittleren N_{\min} -Mengen unter 25 kg/ha und in 20 % der Jahre wurden 50 kg/ha überschritten.

Die Ertragsunterschiede durch die N-Düngung waren bei Silomais mit Ausnahme des Vergleichs der gedüngten Stufen zur ungedüngten Kontrolle statistisch nicht zu sichern. Auf Grund der hohen N_{\min} -Gehalte vor dem 6-Blattstadium des Maises konnte bei vorgesehener Aufteilung der N-Gabe in der Mehrzahl der Jahre eine zweite N-Gabe entfallen ohne dass dadurch der Ertrag signifikant abfiel. Diese geringe Differenzierung der Erträge in Abhängigkeit von der N-Düngung ist in Beziehung zum Wasserangebot während des Maiswachstums zu sehen. Die Ertragswirksamkeit der geprüften N-Düngung war von der Witterung beeinflusst. Vor allem nach den niederschlagsarmen Sommermonaten der Jahre

1994, 1995 und 1998 hatte Wassermangel die Ertragsbildung stark limitiert. Unter diesen Bedingungen führte die Beregnung zu Mehrerträgen von bis zu 25 %.

Tabelle 6: Trockenmasseerträge (dt/ha) von Silomais nach verschiedenen Zwischenfrüchten in Abhängigkeit von N-Düngung und Beregnung im Mittel der Jahre 1993 bis 1998

N-Sollmenge zur Saat (kg/ha)	N-Sollmenge zum 6. Blatt (kg/ha)	N-Düngung (kg/ha)	Ölrettich vor Mais unberechnet	Ölrettich vor Mais berechnet*	Winter-rübsen vor Mais unberechnet	Winter-rübsen vor Mais berechnet*
N _{min} -Angebot des Bodens		ohne	128,6	146,8	119,6	140,8
150	-	104	147,6	184,4	142,4	176,4
100	150	59	149,8	175,0	141,1	162,5
100	200	109	147,7	182,9	141,9	175,3

* mittlere Zusatzwassermenge 93 mm im Jahr

In allen N- Stufen lagen die Maiserträge nach Ölrettich um **4 bis 7%** höher als nach Winterrübsen (Tabelle 6). Die Ertragsdifferenzen durch die Zwischenfrucht waren ohne N-Düngung am größten und gingen mit steigender N-Gabenhöhe zurück. Die N-Entzüge des Mais erreichten am Standort Berge mit N-Düngung im Mittel der Jahre 172 bis 195 kg/ha und unter Beregnung bis zu 236 kg/ha (Tabelle 7).

Tabelle 7: N-Entzüge (kg/ha) von Silomais nach verschiedenen Zwischenfrüchten in Abhängigkeit von N-Düngung und Beregnung im Mittel der Jahre 1993-1998

N-Sollmenge zur Saat (kg/ha)	N-Sollmenge zum 6. Blatt (kg/ha)	N-Düngung (kg/ha)	Ölrettich vor Mais unberechnet	Ölrettich vor Mais berechnet*	Winter-rübsen vor Mais unberechnet	Winter-rübsen vor Mais berechnet*
N _{min} -Angebot des Bodens		ohne	148,0	152,3	126,8	147,4
150	-	104	195,2	236,2	184,5	221,1
100	150	59	182,5	205,1	172,1	185,6
100	200	109	190,3	226,8	185,2	224,8

Die N-Entzüge lagen deutlich über dem N-Input durch die N-Düngung. Die mittleren N-Entzüge von 127 bis 148 kg/ha Stickstoff in den nicht gedüngten Varianten kennzeichnen das hohe Aneignungsvermögen des Mais für den Stickstoff aus dem Bodenvorrat. Nach Winterrübsen nahm Silomais in der ungedüngten Kontrolle im Mittel der Jahre 21 kg/ha Stickstoff weniger aus dem Bodenvorrat auf als nach Ölrettich.

N-Bilanz und N-Verluste

Der Zugriff auf den N-Vorrat des Bodens wird aus der einfachen N-Bilanz für die gesamte Fruchtfolge (N-Düngung minus N-Entzug durch die Ernteprodukte) deutlich (Tabelle 8). Die Höhe der N-Verluste durch Nitratverlagerung lag ohne N-Düngung zu Mais und suboptimaler

N-Gabenhöhe zu Winterweizen und Wintergerste in der Maisfruchtfolge über einen Zeitraum von drei Jahren betrachtet bei 54 bis 62 kg/ha.

Tabelle 8: Einfache N-Bilanz (kg/ha) in der Maisfruchtfolge im Mittel der drei Fruchtfolgefelder für die Erntejahre 1994 bis 1996 (Silomais), 1995 bis 1997 (Winterweizen) und 1996 bis 1998 (Wintergerste)

N-Stufe zu Silomais	N-Düngung Fruchtfolge (kg/ha)	Ölrettich vor Mais Beregnung zu Mais		Winterrüben vor Mais Beregnung zu Mais	
		unberegnnet	Beregnnet	unberegnnet	beregnnet
C ₁	116,7	-261,0	-245,9	-235,7	-236,6
C ₂	221,7	-212,3	-233,8	-207,1	-222,1
C ₃	171,7	-245,3	-245,8	-250,9	-231,5
C ₄	221,7	-203,8	-234,1	-210,1	-245,8
N-Verlagerung (60 cm Tiefe)		-55,4	-53,7	-62,7	-60,4

Wie aus Abbildung 13 für die Fruchtarten der Fruchtfolge ersichtlich, war die N-Fracht in 90 cm Tiefe unter den kruziferen Zwischenfrüchten (vor Mais) am geringsten und verblieb in der Mehrzahl der Jahre unter 10 kg/ha und damit an der unteren Nachweisgrenze. Dagegen traten bei der ersten Mais-Nachfrucht Winterweizen höhere mittlere N-Frachten von ca. 30 kg/ha und bei der zweiten Nachfrucht Wintergerste von ca. 20 kg/ha auf.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die kruziferen Zwischenfrüchte Ölrettich und Winterrüben nehmen den verfügbaren Bodenstickstoff in Höhe von 70 bis 80 kg/ha bis zum Herbst auf. Die Nitrat-N-Mengen im Boden wurden damit in den Versuchen von beiden Arten auf das Niveau der unteren Nachweisgrenze von 15 kg/ha reduziert (0 bis 90 cm). Die Zwischenfrüchte speichern den Stickstoff zu einem hohen Anteil über die Wintermonate hinaus in der pflanzlichen Biomasse und in den oberen Bodenschichten. Dabei bietet vor allen der Winterrüben in der zweiten Winterhälfte einen optimalen Schutz vor N-Verlagerung in tiefere Bodenschichten.

Bei einer standortspezifischen N-Düngung des Silomais ist die Abschätzung des aus dem Boden zur Verfügung stehenden N-Angebotes zu berücksichtigen. Die Bemessung der N-Düngermenge muss sich an dem standortabhängigen Ertragspotenzial und der dazu aufzubringenden N-Sollmenge orientieren.

Der Anstieg und die stark zunehmende Variabilität des N_{\min} -Angebots des Bodens verdeutlichen das Problem, dass mit der N_{\min} -Probenahme im Frühjahr, selbst zu einem relativ späten Frühjahrstermin wie dem 6-Blattstadium des Mais, die aus dem Bodenvorrat nachgelieferten N-Mengen nur unvollständig in die Entscheidung über die Höhe der N-Düngung eingehen können. Am Standort betrug die N-Aufnahme von Silomais auf den nicht mit Stickstoff gedüngten Parzellen 148 und 127 kg/ha nach Ölrettich bzw. Winterrüben. Bei dieser N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat wären also bereits zusätzliche N-Gaben in Höhe von 50 bis 70 kg/ha für eine N-Sollmenge von 200 kg/ha ausreichend.

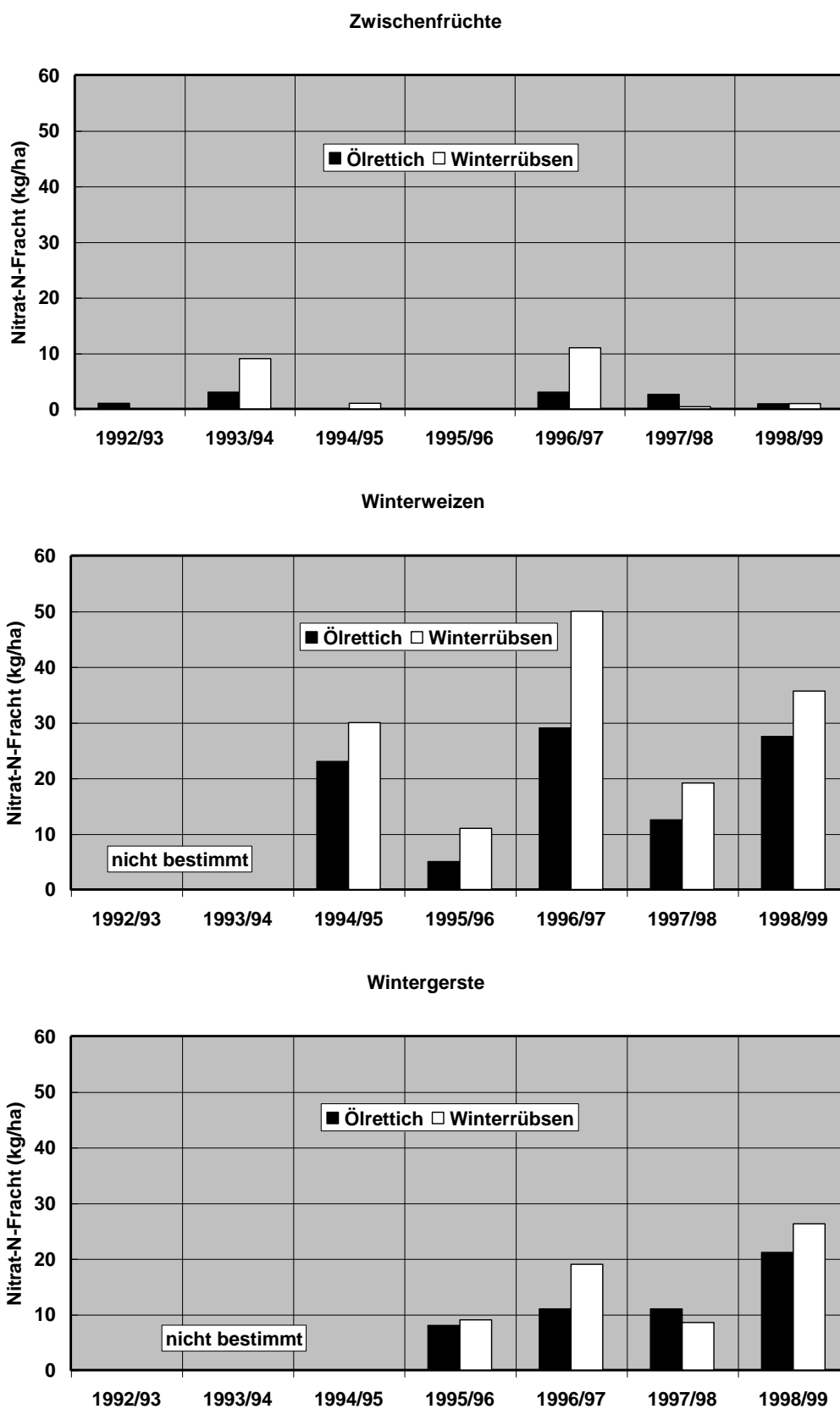


Abbildung 13: Kalkulation der Nitrat-N-Frachten in 90 cm Bodentiefe unter Zwischenfrüchten vor Mais, nach der Maisernte, unter Winterweizen und Wintergerste in den Hauptsickerperioden der Jahre 1992...1999

Aus den N_{\min} -Gehalten im Boden (0...90 cm), die im Frühjahr vor der Maissaat nach Ölrettich- bzw. Winterrübsen-Zwischenfrucht gemessen wurden, leitet sich für Mulchsaaten von Silomais eine N-Gabenhöhe für den Standort von 90 bis 110 kg/ha Stickstoff ab, die bei einer aufzubringenden N-Sollmenge von 150 kg/ha in einer N-Gabe zur Saat zu applizieren wäre. Eine Teilung der N-Düngermenge würde scheinbar eine bessere Anpassung an den zeitlichen N-Bedarf des Maises erlauben, doch ist die Sicherheit einer solchen Maßnahme nur bei einer ausreichenden Wasserversorgung des Maises im Sommer gegeben.

Die N-Stufe, bei der in den Versuchen zur Saat ein N-Sollwert von 100 kg/ha mit einer N-Gabe von 60 kg/ha eingestellt wurde und aufgrund des Anstiegs der N_{\min} -Gehalte auf 109 kg/ha bei der späten Frühjahrsprobenahme vor dem 6-Blattstadium des Maises auf eine zweite N-Gabe verzichtet wurde, ist demnach als Vorzugsvariante anzusehen. Wie bereits zuvor ausgeführt, liegt unter den gegebenen Standortbedingungen das verfügbare N-Angebot (Boden, Mulchpool und N-Düngung) bei 190 bzw. 210 kg/ha.

Die höhere N-Sollmenge von 200 kg/ha zum 6-8-Blattstadium bei Gabenteilung war in den Versuchen auf ein ausreichendes Wasserangebot unter Beregnung ausgerichtet. Mit einer ersten N-Gabe zur Saat und einer zweiten N-Gabe zum 6-Blattstadium sind hierfür jeweils 50 kg/ha zu applizieren. Da aber bei gleicher N-Düngermenge keine Ertragsvorteile gegenüber einer einmaligen N-Düngung zu Maissaat bestanden, ist aus Gründen des Arbeits- und Kostenaufwandes die einmalige N-Applikation zu Saat zu bevorzugen.

Die geringeren Trockenmasseerträge und N-Entzüge der Folgefrucht Silomais deuten bei der nicht winterharten Zwischenfrucht auf eine geringere und in die Sommermonate hinein verzögerte N-Nachlieferung aus der Zwischenfruchtsubstanz und dem Bodenvorrat hin. Eine verzögerte N-Freisetzung wäre an sich nicht von Nachteil. Da in der Mehrzahl der Jahre aber die natürlichen Niederschläge in den Monaten Juli und August zu gering oder ungünstig verteilt waren, wurde der Stickstoff aus der Winterrübsen-Zwischenfrucht offensichtlich erst später, bei wiedereinsetzenden Niederschlägen in den Herbstmonaten mineralisiert. Da die Maisbestände unter diesen Witterungsbedingungen bereits innerhalb der ersten Septemberdekade geerntet werden mussten, konnte dieser später mineralisierte Stickstoff nicht mehr vollständig von der Nachfrucht Winterweizen aufgenommen werden. Dadurch traten häufiger nach Winterrübsen-Zwischenfrucht die etwas höheren Nitratfrachten in der Fruchtfolge auf.

Ausblick

Der Schwerpunkt der bisherigen Auswertung war auf die N-Speicherung durch kruzifere Zwischenfrüchte und deren Beitrag zur Verminderung der Nitratverlagerung in Maisfruchtfolgen ausgerichtet.

Für den vorgesehenen zweiten Teil des Zwischenberichtes sollen die Ergebnisse zu Nitrat-N-Gehalten im Bodenwasser ausgewertet werden. Diese Daten sind bislang nur unter dem Aspekt der bilanzierten N-Verluste in den Hauptsickerperioden über den Zeitraum von 1992 bis 1998 für die Fruchtfolge dargestellt worden. Dieses Datenmaterial war ursprünglich in DBase-Datenbanken gespeichert. Die Einzeldaten müssen neu gesichert und bearbeitet werden. Bei der Auswertung des Datenmaterials geht es um die Darstellung der Nitrat-Dynamik im Bodenwasser in verschiedenen Bodentiefen, um die N-Bilanzen in der Fruchtfolge und um die Beziehungen zu den gemessenen N_{\min} -Gehalten im Boden. Bei der hohen Variabilität von N_{\min} -Werten im Boden in Abhängigkeit von der Witterung, muss deren Anwendung zur Bemessung und Bewertung der Düngepraxis sehr kritisch hinterfragt werden. Es stehen immer wieder Grenzwerte (Nacherntewerte) für den Maisanbau zur Diskussion; dies vor allem im Zusammenhang mit der Umsetzung der EU-Nitrat-Richtlinie

und Wasser-Rahmenrichtlinie. Die Einhaltung von Grenzwerten ist aber nie nur von der Höhe der organischen und mineralischen Düngung oder von dem zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbaren N_{\min} -Angebot abhängig, wie die vorgestellten Ergebnisse für die Fruchtfolge mit Silomais bereits gezeigt haben. Die gemessene N_{\min} -Menge stellt lediglich einen Momentanwert dar und lässt kaum Schlussfolgerungen auf die N-Dynamik und die zu erwartende N-Nachlieferung bis zur Maisernte zu. Selbst bei negativen N-Bilanzen durch die relativ niedrig angesetzte mineralische N-Düngung zu Silomais und Getreide sind wiederholt hohe N_{\min} -Restmengen von >50 kg/ha nach der Maisernte gemessen worden. Eine Nitrat-Verlagerung unter der Nachfucht Winterweizen konnte selbst bei Unterlassen jeglicher N-Düngung zu Mais nie völlig vermieden werden.

Literatur

- BERENDONK, C. (2012): Prüfung von 27 Zwischenfruchtgemengen in Kalkar-Neulouisendorf 2012. Vortrag, www.riswick.de www.landwirtschaftskammer.de, clara.berendonk@lwk.nrw.de
- DVWK Hrsg.(1990): Merkblätter zur Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzenmethode DK 628.112.1, Wassergewinnung, H.217,- Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin.
- HAUDE, W. (1954): Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potenziellen Evapotranspiration. Mitt. Dt. Wetterdienst, Nr.8.
- RICHTER, K. (Hrsg.) 1999: Grundlagen umweltschonender Bodennutzungsstrategien im nordostdeutschen Tiefland. Abschlussbericht des interdisziplinären DFG-Projektes Ri 640. Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät. H. 11, 228 S..
- VDI 3786 BL. 13 (1993): Meteorologische Messungen; Agrarmeteorologische Messstation mit rechnergestütztem Datenbetrieb. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, Dezember 1993.

Anhang

Veröffentlichungen

- BARTHELMES, G., K. SCHMALER und W. PEYKER (2006): Mais: Welche Sorten für Trockenstandorte? Top agrar. H. 3, 86-91.
- BECKER, R., K. SCHMALER und K. RICHTER (1995): Der Einfluss der Bodenbearbeitung beim Anbau winterfester Zwischenfrüchte auf die Ertragsbildung der Folgefrucht Silomais. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften in Freising-Weihenstephan 39, 174-178.
- Berger, G., K. Richter und K. Schmaler (1993): Zur Wirkung des Zwischenfruchtanbaus auf die winterliche N_{\min} -Dynamik im Boden und die N-Konservierungsleistung unter den spezifischen Bedingungen der sandigen Böden des nordostdeutschen Tieflandes. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 6, 37, 21-24.
- BERGER, G., K. RICHTER, K. SCHMALER und A. WURBS (1994): The Influence of Frost Hardiness and Nitrogen Fertilization of Catch-crops on N-Conservation and Nitrogen Leaching on Sandy Soils. Int. Soil Tillage Organization. Proc. of 13th Int. Conference, Vol. I, Aalborg July 24-29 1994, 317-322.
- BERGER, G., K. SCHMALER und K. RICHTER (1996): N-Aufnahme verschiedener Zwischenfrüchte und ihr Einfluss auf die winterliche N_{\min} -Dynamik sandiger Böden. Arch. Acker-Pfl. Bodenkd. 40, 217-229.
- EDOKA, P. N., K. SCHMALER und K. RICHTER (2005): Einfluss der Blattentwicklung bei Silomaisorten der Reifegruppen früh und mittelfrüh auf Trockenmasseertrag und Futterqualität. 49. Jahrestagung vom 25. bis 27. August 2005 in Bad Elster. Mitteilungen Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 7, 65-68.
- RICHTER K. und K. SCHMALER (2000): Bedarfsgerechte N-Versorgung und Verminderung von N-Verlusten bei Silomais. 6. Wissenschaftliche Jahrestagung des Fakultätsschwerpunktes Ökologie der Agrarlandschaften und Abschlusskolloquium der DFG-Forschergruppe vom 4. November 1999. Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät. H. 12, 49-58.
- RICHTER, K. et al. (1999): Grundlagen umweltschonender Bodennutzungsstrategien im nordostdeutschen Tiefland. Abschlussbericht des interdisziplinären DFG Projektes 640-Ri., Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät, Heft 11, 228 S.
- RICHTER, K. et al. (1999): Grundlagen umweltschonender Bodennutzungsstrategien im nordostdeutschen Tiefland. Teilprojekt 1: Bedarfsgerechte N-Versorgung und Verminderung von N-Verlusten bei Silomais. Abschlussbericht zum interdisziplinären DFG-Projekt 640-Ri. 1999. In: Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät. H. 11
- RICHTER, K. und K. SCHMALER (1995a): Hinweise zur N-Düngung von Silomais auf sandigen Böden. Neue Landwirtschaft/ Feldwirtschaft 6/ 36, 32-34.

- RICHTER, K. und K. SCHMALER (1995b): Trockenmasseproduktion und N-Entzug von Silomais nach verschiedenen Zwischenfrüchten und differenzierter N-Düngung. D. wirtschaftseig. Futter 41, 196-207.
- RICHTER, K. und K. SCHMALER (1997): Einfluss von Zwischenfrüchten auf den Ertrag von Silomais und N-Entzüge in der Fruchtfolge. 41. Jahrestagung vom 25.-27.09.97 in Kiel, Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 10, 55-56.
- RICHTER, K. und K. SCHMALER (1998a): Einfluss der mineralischen N-Düngung auf Ertrag, Ertragsstabilität und N-Entzug von Silomais bei Mulchsaat in Zwischenfrüchte. Pflanzenbauwissenschaften 2, H. 2, S. 58-68.
- Richter, K. und K. Schmaler (1998b): Zum Einfluss der Beregnung auf Ertrag und Qualitätsparameter von Silomais. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 11, 151-152.
- RICHTER, K. und K. SCHMALER (1999): Umweltgerechter Ackerfutterbau. Stickstoffdüngung von Silomais nach verschiedenen Zwischenfrüchten. Neue Landwirtschaft 5, 52-56.
- RICHTER, K., K. SCHMALER und R. BECKER (1994): Grundlagen umweltschonender Bodennutzungsstrategien im nordostdeutschen Tiefland. Teilprojekt 1: Bedarfsgerechte N-Versorgung und Verminderung von N-Verlusten bei Silomais. 1. Zwischenbericht zum interdisziplinären. DFG-Projekt 640-Ri. 1994.
- RICHTER, K., K. SCHMALER und R. BECKER (1996): Grundlagen umweltschonender Bodennutzungsstrategien im nordostdeutschen Tiefland. Teilprojekt 1: Bedarfsgerechte N-Versorgung und Verminderung von N-Verlusten bei Silomais. 2. Zwischenbericht zum interdisziplinären. DFG-Projekt 640-Ri. 1996.
- RICHTER, K., K. SCHMALER und U. KRÜGER (2001): 50 Jahre pflanzenbauliche Versuchs- und Forschungstätigkeit am Standort Berge. Langjährige Ergebnisse zur Beregnung von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Hrsg.: Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften. 64 S.
- SCHMALER, K. (2004): Einfluss der Beregnung auf Ertrag und Qualität von Silomais. 4. Brandenburger Beregnungstag, Güterfelde, 27.11.2003, Kurzfassung der Vorträge, 5-15. www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2331/ppbereg4.pdf
- SCHMALER, K. (2008): Ausnutzung des natürlichen Wasserangebots in einer Fruchtfolge mit Silomais und Luzerne. 52. Jahrestagung der AGGF vom 28. August bis 30. August 2008 in Zollikofen. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 9, 340-343.
- SCHMALER, K. und G. BERGER (1992): N_{\min} -Gehalt im Boden nach Umbruch von Leguminosengras sowie Ackergras bei Nachbau von abfrierenden und überwinternden Zwischenfrüchten sowie von Winterweizen. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften in Stuttgart-Hohenheim 36, 204-208.
- SCHMALER, K. und K. RICHTER (1996): Standraumbemessung zu Silomais. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften in Neuruppin und Paulinenaue, 40, 205-208.

- SCHMALER, K. und K. RICHTER (1998): N-Bilanzen in der Fruchtfolge Silomais - Winterweizen - Wintergerste nach verschiedenen Zwischenfrüchten vor Silomais. 42. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften vom 27. bis 29.08.1998 in Gießen 42, 135-138.
- SCHMALER, K. und K. RICHTER (2001): Zur Nitratverlagerung in einer Maisfruchtfolge. 45. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften vom 23. bis 25.08.2001 in Gumpenstein. Mitt. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 3, 89-90.
- SCHMALER, K. und K. RICHTER (2002): Einfluss verschiedener Bewässerungsverfahren auf Ertrag und Qualität von Silomais. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 219-220.
- SCHMALER, K. und K. RICHTER (2002): Verschiedene Verfahren der Bewässerung bei Silomais. 46. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften vom 29. bis 31.08.2002 in Rostock. Mitt. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 102-105.
- SCHMALER, K. und K. RICHTER (2004): Blattflächenentwicklung und Abreifegrad der Blätter von Silomais bei unterschiedlichem Wasserangebot. 48. Jahrestagung vom 2. bis 4. September 2004 in Ettelbrück (Luxemburg). Mitteilungen Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 6, 187-190.
- SCHMALER, K., G. BERGER, und K. RICHTER (1992): Stickstoffkonservierung durch Zwischenfrüchte. Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, R. Agrarwissenschaften 41, 47-52.
- SCHMALER, K., K. RICHTER und R. BECKER (1994): Untersaaten von Gräsern in Silomais auf sandigen Böden. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften in Oberweißbach 38, 186-189.
- SCHMALER, K., R. BECKER und K. RICHTER (1994): Einfluss von Zwischenfrüchten auf den mineralischen Stickstoffgehalt im Boden und auf den Silomaisertrag. 1. Wissenschaftliche Jahrestagung des Schwerpunktes Ökologie der Agrarlandschaften vom 23. und 24. Juni 1994. Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät. H. 1, 103-110.
- SCHMALER, K., U. KRÜGER und H. RICHERT (2003): Ertrag und Qualität von Silomais in Abhängigkeit vom Wasserangebot. Archives of Agronomy and Soil Science 49, 357-374.
- SCHMIDT, O., F. ELLMER und K. SCHMALER (2000): Stoffkonzentrationen in Bodenlösungen bei verschiedenen Fruchtfolgen auf einem sandigen Standort. 2. Mitteilung: Nitratverlagerung. Archives of Agronomy and Soil Science 45, H.1, 35-50.
- SCHMIDT, O., F. ELLMER, K. SCHMALER und B. REICHE (2000): Nährstoffdynamik in der Bodenlösung bei verschiedenen Fruchtfolgen auf einem sandigen Standort. 6. Wissenschaftliche Jahrestagung des Fakultätsschwerpunktes Ökologie der Agrarlandschaften und Abschlusskolloquium der DFG-Forschergruppe vom 4. November 1999. Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät. H. 12, 35-42.

WANG, S. H., K. SCHMALER und K. RICHTER (2000): Blattflächenindex und Lichtnutzungseffizienz bei Silomaisorten mit unterschiedlicher Blattstellung. 44. Jahrestagung vom 24. bis 26. August 2000 in Kiel. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2, 71-74.

Dissertationen

BERGER, G. (1992): Untersuchungen zu Wirkung des Zwischenfruchtanbaus auf die winterliche N_{\min} -Dynamik im Boden und die N-Konservierungsleistung unter spezifischen Bedingungen der sandigen Böden des nordostdeutschen Tieflandes. Diss. Berlin, 103 S.

EDOKA, P. N. (2006): Influence of leaf area development of early and mid-early maturity varieties of silage maize on dry matter yield and forage quality. Diss. Berlin, 129 S.

MÜLLER, R. (1993): Untersuchungen zum Einfluss variiertes Stickstoff- und Wasserversorgung auf Ertrag und Qualität von Silomais auf einem lehmigen Sandstandort. Diss. Berlin, 128 S.

SCHARTOW, M. (1999): Der Einfluss von Bodenbearbeitung und N-Düngung nach Zwischenfrüchten auf die Ertragsbildung von Silomais. Diss. Berlin, 81 S.

WANG, S. H. (2001): Einfluss von Blattstellung und Bestandsdichte auf Ertrag, Qualität, Lichtaufnahme und Blattflächenindex bei Silomaisorten verschiedenen Wuchstyps. Diss. Berlin, 118 S.

Tabelle A1: Arten des Zwischenfruchtanbaus

Familie und Art	Wissenschaftlicher Name	Bemerkung/Einsatz	Winterhärte
Familie Fabaceae			
Alexandrinischer Klee	<i>Trifolium alexandrinum</i> L.	Stoppelsaat	Abfrierend
Perserklee	<i>Trifolium resupinatum</i> L.	Stoppelsaat/Untersaat	Abfrierend
Inkarnatklee	<i>Trifolium incarnatum</i> L.	Winterzwischenfrucht	Winterfest
Schwedenklee	<i>Trifolium hybridum</i>	Winterzwischenfrucht	Winterfest
Großer Vogelfuß oder Serradella	<i>Ornithopus sativus</i> Brot.	Untersaat	Abfrierend
Gelbklee	<i>Medicago lupulina</i> L.	Untersaat	
Futtererbse	<i>Pisum sativum</i> L. (partim)	Stoppelsaat	Abfrierend
Blaue Bitterlupine	<i>Lupinus angustifolius</i> L.	Stoppelsaat	Abfrierend
Pannonische Wicke	<i>Vicia pannonica</i> Crantz ssp <i>pannonica</i>	Stoppelsaat	Abfrierend
Sommer- und Winterwicke	<i>Vicia sativa</i> L. Einjährig bzw. überwinternd einjährig	Stoppelsaat bzw. Winterzwischenfrucht	Abfrierend/ winterfest
Zottelwicke	<i>Vicia villosa</i> Roth. ssp <i>villosa</i>	Winterzwischenfrucht	Winterfest
Familie Brassicaceae			
Ölrettich	<i>Raphanus sativus</i> L. var <i>oleiformis</i> Pers.	Stoppelsaat	Intermediär
Weißer Senf oder Gelber Senf	<i>Sinapis alba</i> L. Erucasäurehaltige und –freie Sorten	Stoppelsaat	Abfrierend
Sareptasenf oder Brauner Senf	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. Erucasäurehaltig	Stoppelsaat	Abfrierend
Futtermaps	<i>Brassica napus</i> L. (partim)	Winterzwischenfrucht Stoppelsaat	Intermediär
Futterkohl/ Markstammkohl	<i>Brassica oleracea</i> L. convar <i>acephala</i> (DC.) var <i>medullosa</i> Thell et var <i>viridis</i> L.	Zweitfrucht/ Stoppelsaat	Winterfest
Winterrüben	<i>Brassica rapa</i> var. <i>silvestris</i> (Lam.) Briggs	Winterzwischenfrucht	Winterfest
Gewöhnlicher Saat-Leindotter	<i>Camelina sativa</i> (L.) Crantz var <i>sativa</i>	Stoppelsaat	Abfrierend

Fortsetzung Tabelle A1: Arten für den Zwischenfruchtanbau

Familie und Art	Wissenschaftlicher Name	Bemerkung/Einsatz	Winterhärte
Familie <i>Linaceae</i>			
Öllein	<i>Linum usitatissimum L.</i>	Stoppelsaat	Abfrierend
Familie <i>Hydrophyllaceae</i>			
Rainfarnblättriges Büschelschön, Borstiger Bienenfreund	<i>Phacelia tanacetifolia Benth</i>	Stoppelsaat	Abfrierend
Familie <i>Polygonaceae</i>			
Echter Buchweizen	<i>Fagopyrum esculentum Moench</i>	Stoppelsaat	Abfrierend
Tatarischer Buchweizen	<i>Fagopyrum tataricum (L.) Gaertn.</i>		
Familie <i>Malvaceae</i>			
Wilde Malve	<i>Malva sylvestris L. ssp sylvestris</i>	Stoppelsaat	Intermediär
Familie <i>Asteraceae</i>			
Unterfamilie <i>Asteroideae</i>			
Gewöhnliche Sonnenblume	<i>Helianthus annuus L.</i>	Stoppelsaat	Abfrierend
Ramtillkraut	<i>Guizotia abyssinica</i>	Stoppelsaat	Abfrierend
Familie <i>Poaceae</i>			
Rau- oder Sandhafer	<i>Avena strigosa Schreb.</i>	Stoppelsaat	Intermediär
Hafer, Schwarzafer	<i>Avena sativa L.</i>	Stoppelsaat	Abfrierend
Futterroggen	<i>Secale cereale L.</i>	Winterzwischenfrucht	Winterfest
Welsches Weidelgras	<i>Lolium multiflorum Lam.</i>	Winterzwischenfrucht	Winterfest (+/-)
Deutsches Weidelgras	<i>Lolium perenne L.</i>	Untersaat in Mais	Winterfest
Rotschwingel	<i>Festuca rubra L.</i>	Untersaat in Mais	Winterfest
Knautgras	<i>Dactylis glomerata L.</i>	Untersaat in Mais	Winterfest

Tabelle A2: Agrotechnische Termine zum Zwischenfruchtanbau (Ölrettich)

Jahr	Saatmenge kg/ha	Sorte	Ernte der Vorfrucht	Saattermin	Aufgang	Vegetationsruhe	Temperatur- summe (K)	Probenahme im Herbst
1990	24	Mator	12.07.1990	16.08.1990	24.08.1990	19.11.1990	566,2	14.11.1990
1991	24	Mator	23.07.1991	19.08.1991	28.08.1991	19.10.1991	534,7	12.11.1991
1992	23	Mator	30.06.1992	18.08.1992	25.08.1992	20.10.1992	454,4	28.10.1992
1993	23	Matodus	08.07.1993	13.08.1993	18.08.1993	29.10.1993	473,7	03.11.1993
1994	23	Matodus	12.07.1994	10.08.1994	15.08.1994	04.10.1994	454,7	25.10.1994
1995	23	Matodus	10.07.1995	10.08.1995	14.08.1995	31.10.1995	722,3	24.10.1995
1996	18	Mator	29.07.1996	20.08.1996	24.08.1996	14.11.1996	495,3	13.11.1996
1997	18	Mator	10.07.1997	14.08.1997	18.08.1997	21.10.1997	644,2	11.11.1997
1998	18	Mator	03.07.1998	12.08.1998	18.08.1998	12.11.1998	551,8	06.11.1998
1999	26	Siletta Nova	09.07.1999	18.08.1999	24.08.1999	11.11.1999	666,4	09.11.1999
2000	26	Siletta Nova +Rufus	23.06.2000	15.08.2000	19.08.2000	16.11.2000	637,8	07.11.2000
2001	22	Siletta Nova	30.07.2001	06.08.2001	11.08.2001	08.11.2001	784,8	Ohne
2002	22	Siletta Nova	10.07.2002	02.08.2002	08.08.2002	02.11.2002	770,8	Ohne
2003	26	Siletta Nova	14.07.2003	30.07.2003	04.08.2003	16.10.2003	790,2	Ohne
2004	26	Siletta Nova	15.07.2004	29.07.2004	04.08.2004	07.11.2004	858,8	Ohne
2005	20	Rufus	14.07.2005	01.08.2005	06.08.2005	13.11.2005	814,0	27.10.2005
2006	20	Rufus	06.07.2006	11.07.2006	14.07.2006	31.10.2006	1322,7	Ohne, EC 89
2007	20	Rufus	20.06.2007	02.08.2007	09.08.2007	19.10.2007	681,9	Ohne
2008	20	Rufus	01.07.2008	31.07.2008	06.08.2008	21.11.2008	765,3	Ohne
2009	20	Rufus	06.07.2009	27.07.2009	07.08.2009	29.10.2009	825,5	Ohne
2010	17	Rufus	15.07.2010	11.08.2010	16.08.2010	16.11.2010	575,1	Ohne
2011	20	Rufus	16.07.2011	10.08.2011	15.08.2011	09.11.2011	711,2	Ohne
2012	20	Rufus	09.07.2012	27.07.2012	02.08.2012	26.10.2012	758,8	05.11.2012
2013	20	Rufus	10.07.2013	31.07.2013	05.08.2013	10.11.2013	773,8	Ohne, EC 65

Tabelle A3: Agrotechnische Termine zum Zwischenfruchtanbau (Winterraps, Winterrüben)

Jahr	Saatmenge kg/ha	Sorte	Ernte der Vorfrucht	Saattermin	Aufgang	Probenahme im Herbst
1990	10	Winterraps Malux	12.07.1990	16.08.1990	20.08.1990	14.11.1990
1991	15	Markina	23.07.1991	19.08.1991	28.08.1991	12.11.1991
1992	15	Markina	30.06.1992	18.08.1992	25.08.1992	28.10.1992
1993	15	Markina	08.07.1993	13.08.1993	18.08.1993	03.11.1993
1994	15	Markina	12.07.1994	10.08.1994	16.08.1994	25.10.1994
1995	15	Markina	10.07.1995	10.08.1995	14.08.1995	24.10.1995
1996	15	Malwira	29.07.1996	20.08.1996	24.08.1996	13.11.1996
1997	15	Malwira	10.07.1997	14.08.1997	18.08.1997	11.11.1997
1998	15	Malwira	03.07.1998	12.08.1998	15.08.1998	06.11.1998

Tabelle A4: Dokumentation zur Herkunft des Datenmaterials und zur Förderung der Versuchsprogramme (1990 bis 2014)

Jahre	Versuchsprogramm	Fruchtfolge	Graduierungsarbeiten	Veröffentlichungen	Förderung
1990 bis 1991	Zwischenfruchtarten und N-Düngung zu Zwischenfrüchten vor Silomais	Silomais Winterweizen Wintergerste Zwischenfrucht (bis 1994)	BERGER (1992) Dissertation	SCHMALER und BERGER (1992) SCHMALER, BERGER und RICHTER (1992) BERGER, RICHTER und SCHMALER (1993) BERGER et al. (1994) BERGER, SCHMALER und RICHTER (1996)	Kooperation mit ZALF Müncheberg
1992 bis 1998	Bedarfsgerechte N-Versorgung und Verminderung von N-Verlusten bei Silomais	(bis 2000)	SCHARTOW (1999) Dissertation	RICHTER, SCHMALER und BECKER (1994) SCHMALER, BECKER und RICHTER (1994) RICHTER und SCHMALER (1995a,b) BECKER, SCHMALER und RICHTER (1995) RICHTER, SCHMALER und BECKER (1996) RICHTER und SCHMALER (1997) RICHTER und SCHMALER (1998a,b) SCHMALER und RICHTER (1998) RICHTER und SCHMALER (1999) RICHTER, K. et al. (1999a,b) SCHMIDT, ELLMER und SCHMALER (2000) SCHMIDT et al.(2000) RICHTER und SCHMALER (2000) SCHMALER und RICHTER (2001)	Kooperation mit ZALF Müncheberg (bis 1993) DFG-Projekt FK Ri 640 (Teilprojekt 1)
1999 bis 2000	Maissorten und Beregnung zu Silomais	(bis 2002)	WANG (2001) Dissertation	WANG, SCHMALER und RICHTER (2000) RICHTER, SCHMALER und KRÜGER (2001)	Haushalt
2001 bis 2003 (2005)	Verfahren der Bewässerung zu Silomais, Maissorten unterschiedlicher Reifezahl	Luzernespringschlag (2002 bis 2004)	EDOKA (2006) Dissertation	SCHMALER und RICHTER (2002a,b) SCHMALER, KRÜGER und RICHTER (2003) SCHMALER (2004) SCHMALER und RICHTER (2004) EDOKA, SCHMALER und RICHTER (2005)	Haushalt

Fortsetzung Tabelle A4: Dokumentation zur Herkunft des Datenmaterials und zur Förderung der Versuchsprogramme (1990 bis 2014)

Jahre	Versuchsprogramm	Fruchtfolge	Graduierungsarbeiten	Veröffentlichungen	Förderung
2004 bis 2010 (2012)	Bewässerung von Silomais, Maissorten, unterschiedlicher Reifezahl, Erntetermin	Springschlag (2005 bis 2008) (2009 bis 2011)		BARTHELMES, SCHMALER und PEYKER (2006) SCHMALER (2008)	Kooperation mit LELF Brandenburg FNR-FKZ 22002305 FNR-FKZ 22013008 Satellitenprojekte Ackerfutter
Seit 2011	Landessortenversuche Silomais, Bewässerung zu Silomais				Kooperation mit LELF Brandenburg Referenzversuche zu Satellitenprojekt Ackerfutter
Seit 2012	Ansaatverfahren von mehrschnittigem Ackerfutter	Springschlag (seit 2012)			FNR-FKZ 22006012 Satellitenprojekt Ackerfutter



Abbildung A1: Entwicklung von Ölrettich (August bis September 2008)



Abbildung A2: Entwicklung von Ölrettich (Oktober bis Dezember 2008)



Abbildung A3: Entwicklung von Örettich (Januar 2009 bis April 2009)

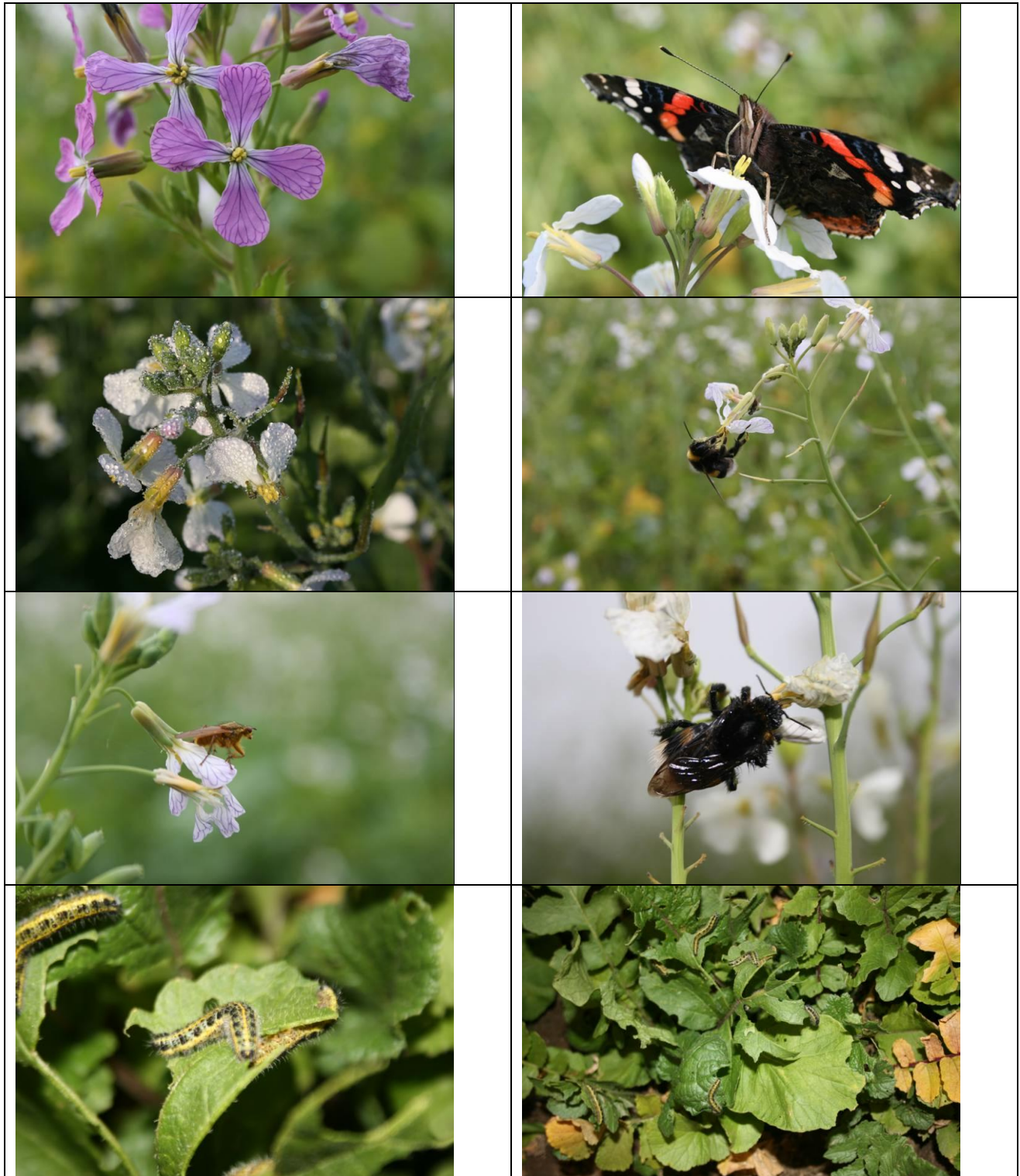


Abbildung A4: Weiß- bis lilafarbene Blüten des Ökrettichs, Nektar- und Nahrungsangebot für viele Insekten, Raupenfutterpflanze des Großen Kohlweißlings (*Pieris brassicae*)



Abbildung A5: Lebensraum Örettichfeld, blühende Bestände im Spätherbst 2011, 2012 und 2013, blühende Pflanzen im Januar 2014, Deckung für Rehe im abgestorbenen Örettich im März 2013 (unten)

N_{min}-Mengen (kg/ha) in den Bodenschichten 0-30, 30-60 und 60-90 cm

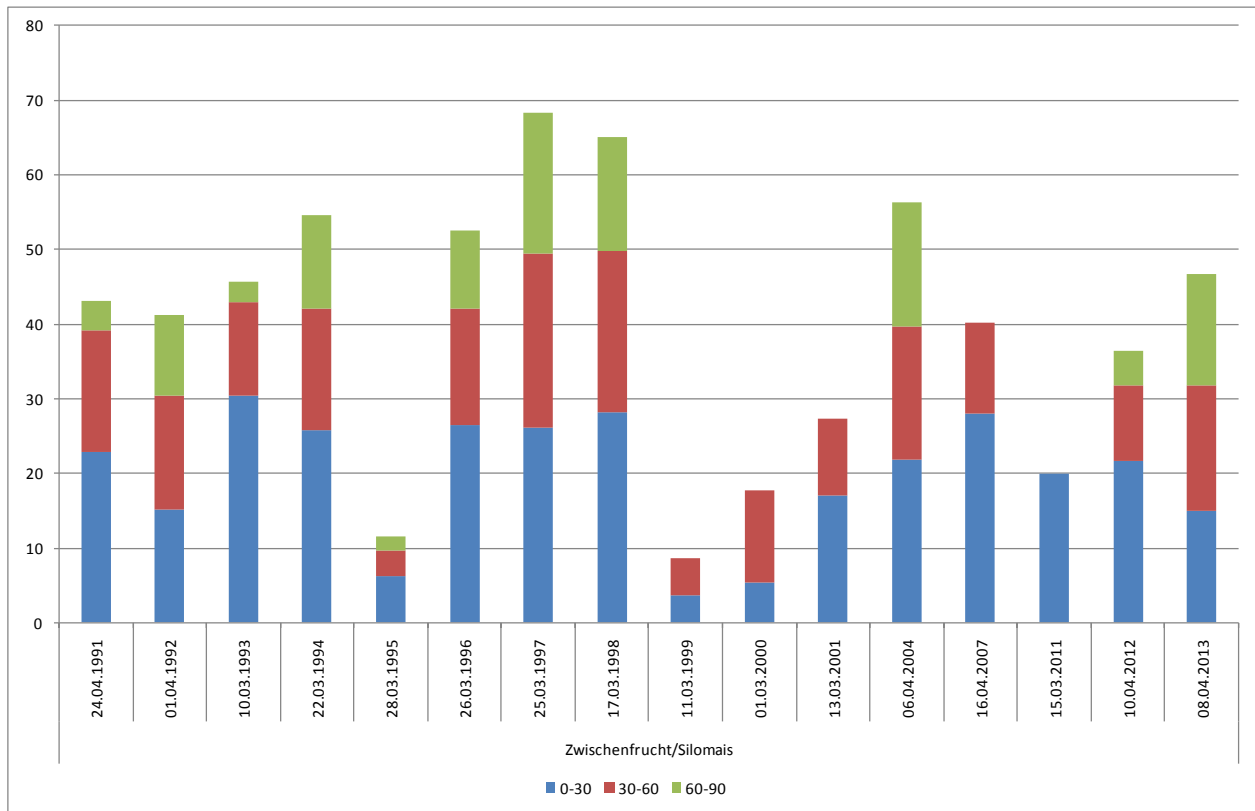
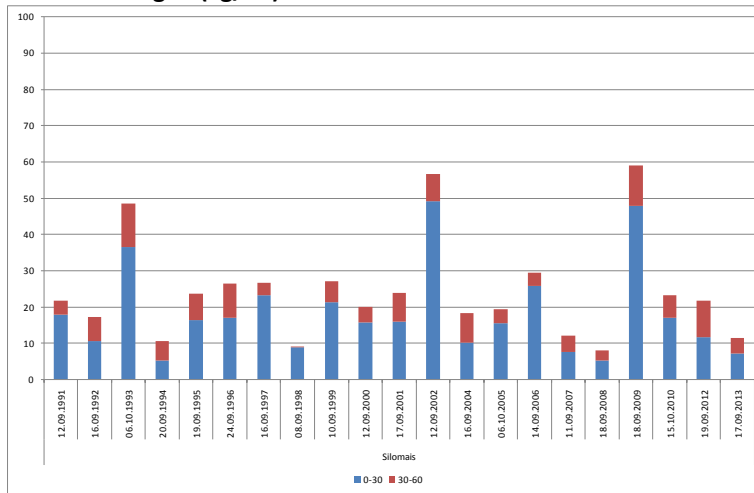
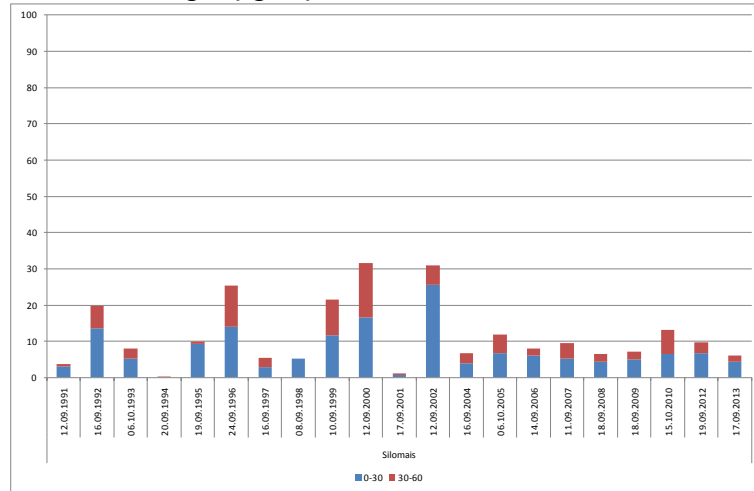


Abbildung A6: N_{min}-Gehalte im Frühjahr vor der Maisaussaat (Versuchsmittelwerte aus dem Zeitraum von 1991 bis 2013; Messwerte 0 bis 60 cm Bodentiefe in 1999, 2000, 2001 und 2007, Messwerte 0 bis 30 cm in 2011)

Nitrat-N-Mengen (kg/ha) in den Bodenschichten 0...30 und 30...60 cm



Ammonium-N-Mengen (kg/ha) in den Bodenschichten 0...30 und 30...60 cm



N_{min}-Mengen (kg/ha) in den Bodenschichten 0...30 und 30...60 cm

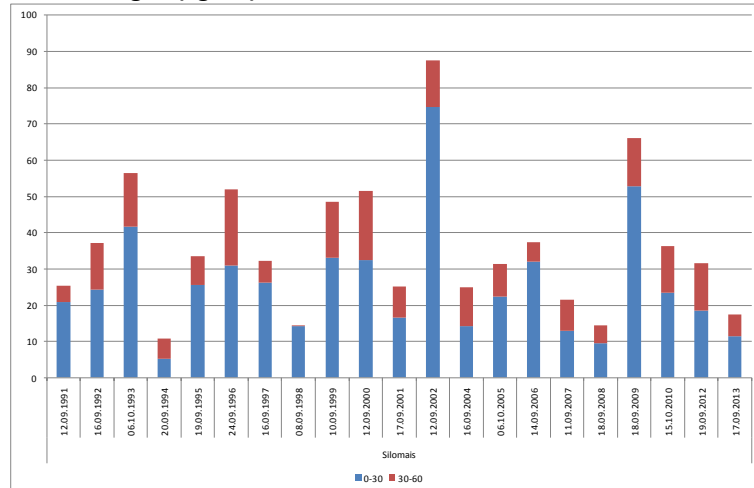


Abbildung A7: N_{min}-Restmengen nach der Ernte in Silomaisversuchen am Standort Berge (Versuchsmittel der Jahre 1991...2013, ohne Probenahme in 2003 und 2011)

EVA III Gärreste - Endbericht



Satellitenversuch Kleiner und Großer Gärrest

Entwicklung und Optimierung von standortangepassten
Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Endbericht

Autoren:

Jonas Haag (TFZ), Dr. Maendy Fritz (TFZ)

Projektkoordination:

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

Projektpartner:

Jens Eckner (TLL), Dr. Andreas Gurgel (LFA),
Ina Fleischer (LFA), Regina Bock (LFA), Dr. Ernst Walter (LTZ),
Frerich Wilken (LWK NI), Jana Grunewald (LfULG)

Vorwort

2015 geht der dritte und letzte Teil des Verbundprojektes EVA zu Ende. Eine angemessene Auswertung der in den Feldversuchen bisher erhobenen Daten ist in diesem Bericht leider nicht möglich. Auch das Beenden der bestehenden pflanzenbaulichen Versuchsanlagen und Fruchtfolgen ist nicht möglich und die Aussagekraft der bisher erarbeiteten Ergebnisse dadurch leider geschmälert.

Unser besonderer Dank für die gute Zusammenarbeit gilt allen Satellitenprojektpartnern: Jens Eckner (TLL); Andreas Gurgel, Regina Bock und Ina Fleischer (LFA); Ernst Walter und Karin Wunsch (LTZ); Frerich Wilken (LWK NI) sowie Jana Grunewald und Robert Grubitzsch (LfULG). Für die großartige Durchführung der Feldarbeiten in Ascha danken wir Heidelinde Lummer und Stefan Wiesent. Für die Planung der Feldversuche in Ascha gilt unser Dank Franz Heimler. Für die hilfreichen Diskussionen danken wir Daniela Schumann und Michael Grieb. Darüber hinaus danken wir dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) für die Projektförderung.

Inhaltsverzeichnis

	Abbildungsverzeichnis	9
	Tabellenverzeichnis.....	11
1	Einleitung	13
2	Problemstellung	13
3	Stand des Wissens.....	14
4	Zielsetzung.....	16
5	Material und Methoden	17
5.1	Beteiligte Standorte und Witterungsverlauf	17
5.2	Gärrestdüngung.....	20
5.3	Kleiner Gärrest	20
5.4	Großer Gärrest	21
5.5	Zielgrößen in den Versuchen.....	23
5.6	Datengrundlage und Abweichungen.....	24
6	Ergebnisse Kleiner Gärrest	25
6.1	Ascha	28
6.2	Dornburg	29
6.3	Ettlingen	30
6.4	Gülzow	31
6.5	Trossin.....	32
6.6	Werlte.....	33
7	Ergebnisse Großer Gärrest	35
7.1	Ascha	36
7.2	Dornburg	40
7.3	Forchheim	42
7.4	Gülzow	44
7.5	Werlte.....	46
8	Quellenverzeichnis.....	49
9	Anhang	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtskarte der Standorte.....	17
Abbildung 2:	Monatliche Niederschlagssummen der Versuchsjahre 2014 und 2015 (bis Okt.) im Vergleich zur langjährigen Niederschlagssumme in Ascha	19
Abbildung 3:	Monatliche Lufttemperaturen im Mittel der Versuchsjahre 2014 und 2015 (bis Okt.) im Vergleich zum langjährigen Mittel in Ascha	19
Abbildung 4:	Weidelgrasbestand im Kleinen Gärrest in Ettlingen (Bild: Ernst Walter)	25
Abbildung 5:	Treibhausgasemissionen Kleiner Gärrest.....	26
Abbildung 6:	Humusbilanz Kleiner Gärrest, hellgrüner Querbalken markiert Klasse C.....	27
Abbildung 7:	Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Ascha, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen	28
Abbildung 8:	Wintertriticale in Anlage III in Ascha. Links Gärrestdüngung, rechts gemischte Düngung (Bild: Jonas Haag)	29
Abbildung 9:	Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Dornburg, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen	29
Abbildung 10:	Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Ettlingen, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen	30
Abbildung 11:	Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Gülzow, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen	31
Abbildung 12:	Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Trossin, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen	32
Abbildung 13:	Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Werlte, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen	33
Abbildung 14:	Sorghumbestand mit Herbizidschäden in Werlte (Bild: Frerich Wilken)	34
Abbildung 15:	Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Ascha.....	36
Abbildung 16:	N_{\min} -Gehalt in 0-90 cm der dritten Anlage Großer Gärrest Mais in Ascha	37
Abbildung 17:	Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Ascha	38
Abbildung 18:	Weidelgras nach Großem Gärrest Mais/Sorghum in Ascha (Bild: Jonas Haag)	38

Abbildung 19: N_{\min} -Gehalt in 0-90 cm der zweiten Anlage Großer Gärrest Mais in Ascha 39

Abbildung 20: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Dornburg 40

Abbildung 21: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Dornburg..... 41

Abbildung 22: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Forchheim 42

Abbildung 23: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Forchheim..... 43

Abbildung 24: Weidelgras nach Großem Gärrest Triticale in Forchheim (Bild: Ernst Walter) 43

Abbildung 25: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Gülzow 44

Abbildung 26: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Gülzow..... 45

Abbildung 27: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Werlte 46

Abbildung 28: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Werlte 47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Witterungsverlauf 2014 / 15.....	18
Tabelle 2:	Kulturen im Kleinen Gärrest, Kulturen in Klammern können nicht mehr angebaut werden	21
Tabelle 3:	Düngevarianten Großer Gärrest Mais/Sorghum	22
Tabelle 4:	Düngevarianten Großer Gärrest Triticale	23
Tabelle 5:	Trockenmasseerträge Winterroggen nach Großem Gärrest Mais/Sorghum	51
Tabelle 6:	Trockenmasseerträge Weidelgras nach Großem Gärrest Triticale.....	51
Tabelle 7:	Trockenmasseerträge Winterraps nach Großem Gärrest Triticale	51

1 Einleitung

Die Landwirtschaft erfüllt neben der Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln traditionell auch die Aufgabe des Rohstoffproduzenten. Die produzierten nachwachsenden Rohstoffe sind die Grundlage der Bioökonomie [1]. Die durch Photosynthese gebildete Biomasse kann einer energetischen und stofflichen Nutzung zugeführt werden. Für die Bildung von Biomasse benötigen Pflanzen verschiedene Haupt- und Spurennährstoffe, die über Wurzeln und Blätter aufgenommen werden. Bei der Ernte werden diese Nährstoffe mit der Biomasse vom Acker abgefahren. Eine Möglichkeit für die Nährstoffrückführung bietet die Gärrestdüngung. Gärreste entstehen als Koppelprodukt bei der Vergärung von Energiepflanzen und tierischen Exkrementen in Biogasanlagen und enthalten große Teile der von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffe. In der Anwendung sind Gärreste jedoch nicht mit industriell hergestelltem Mineraldünger vergleichbar. Durch unterschiedliche Einflussfaktoren wie Ausgangsmaterial, Substratqualität, Verweildauer in Fermenter/Lagerbehälter sowie die Aufbereitungstechnik besitzt jedes Gärprodukt eine spezifische Inhaltsstoffzusammensetzung. Weiterhin charakterisieren sich Gärreste durch einen geringen Trockenmassegehalt und einen hohen Anteil an flüchtigen Stickstoffverbindungen. Aufgrund ihres Gehalts an mineralischen und organischen Bestandteilen zählen Gärreste zu den Wirtschaftsdüngern. Wirtschaftsdünger werden insbesondere im Zusammenhang mit der Nitratanreicherung im Grundwasser kritisch diskutiert. Diese ist in einigen Regionen Deutschlands ein akutes Problem. Gesetzliche Vorgaben für die Ausbringung organischer Düngemittel werden deshalb zukünftig verschärft und auch die Gärrestdüngung wird weiter angepasst, um möglichen Nitrataustrag zu vermeiden. Neben der Gefahr der Grundwasserverunreinigung kann die Mobilität von Stickstoffverbindungen aus Wirtschaftsdüngern klimaschädliche Treibhausgasemissionen verursachen. Moderne Einarbeitungsmethoden reduzieren das Risiko dieser Emissionen, sind allerdings nicht in unbeschränkter Pflanzbeständen möglich. Da Mineraldünger mit hohem Energieaufwand und damit verbundenen Treibhausgasemissionen hergestellt werden, kann ein organisches Substitut in der Gesamtbilanz trotz der genannten Unwägbarkeiten klimafreundlicher sein. Während Mineraldünger reine Nährstoffe liefern, enthalten Wirtschaftsdünger zusätzlich organische Substanz. Diese spielt für das Bodenleben eine wichtige Rolle und sorgt in gut versorgten Böden für eine optimale Nährstoff- und Wasserspeicherkapazität. Ob somit Gärreste aus nachwachsenden Rohstoffen als Mineraldüngersubstitut höchste Erträge ökonomisch und ökologisch sinnvoll erwirtschaften können, soll weiter wissenschaftlich untersucht werden.

2 Problemstellung

Wirtschaftsdünger wie Gärreste leisten einen Beitrag zur ressourcenschonenden und klimafreundlichen Kreislaufwirtschaft, da vorhandene Nährstoffe wieder genutzt werden. Gärreste zählen zu den Wirtschaftsdüngern, unterscheiden sich jedoch deutlich von den traditionellen Wirtschaftsdüngern aus der Tierhaltung. Deshalb stellen sich einige Fragen, die durch Anbauversuche wissenschaftlich beantwortet werden können.

Für den Landwirt ist die drängendste Frage die nach den kurz- und längerfristigen pflanzenbaulichen Auswirkungen der Düngung mittels Gärresten. Hier interessieren insbesondere die Ertragseffekte, also ob mit Gärrestdüngung die hohen Erträge einer mineralischen Düngung erreicht werden, und ob Ertragsschwankungen durch nicht beeinflussbare Bedingungen reduziert oder verstärkt werden. Qualitätsunterschiede, die im Marktfruchtbau sehr relevant sind, sind bei Rohstoff- und Energiepflanzen weniger ausschlaggebend.

In der gesellschaftlichen Betrachtung sollte die nachhaltigste Lösung ausschlaggebend sein [2]. Ein entsprechend ganzheitlicher Vergleich kann anhand der drei Säulen der Nachhaltigkeit durchgeführt werden: Aus ökonomischer Sicht muss zur Gärrestausbringung in Infrastruktur und Technik investiert werden. Langfristig fallen Einsparungen bei den Düngerkosten an. Deshalb stellt sich die Frage, ob sich ökonomische Vorteile am einzelnen Standort bieten. Die ökologische Betrachtung vergleicht die Auswirkungen der Gärrestdüngung und des Mineraldüngers auf ein festgelegtes System. Das Risiko von Umweltemissionen flüchtiger und auswaschbarer Stickstoffverbindungen ist bei Wirtschaftsdüngern eine größere Gefahr, während mineralische Dünger weniger positive Auswirkungen auf das Bodenleben und Humusgehalte haben. Für die soziale Sichtweise werden die Auswirkungen auf das soziale Geflecht betrachtet. Das Schließen von Kreisläufen durch Gärrestdüngung kann die Menge zugekaufter Mineraldünger reduzieren und zu einer verbesserten regionalen Wertschöpfung führen. Die Gewichtung der verschiedenen Güter und Teilbetrachtungen kann nicht gänzlich objektiv erfolgen, spielt jedoch für die Gesamtbetrachtung die entscheidende Rolle.

3 Stand des Wissens

Eine Vielzahl Untersuchungen wurden bereits zu den Problemstellungen des Gärreisteinsatzes veröffentlicht. Im Folgenden soll deshalb der aktuelle Stand des Wissens dargestellt werden.

Im Pflanzenbau ist Stickstoff (N) der Nährstoff mit den größten Ertrags- und Qualitätseinflüssen [3]. Da Gärreste Stickstoffverbindungen und weitere Nährstoffe enthalten, ist eine Substitution von Mineraldünger möglich. Allerdings unterscheiden sich die Stickstoffverbindungen in Gärresten von den industriell hergestellten Mineraldüngern. Deshalb ist eine Umrechnung des mineralischen Stickstoffdüngesollwertes in die äquivalente Menge Gärreststickstoff für die Praxis nötig. Dieses Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) berücksichtigt Verluste und gibt somit die tatsächlich pflanzenverfügbaren Stickstoffverbindungen im Jahr der Düngung an [4]. Lichti untersuchte organische Dünger auf zwei Standorten bei Puch und Bayreuth über den Zeitraum von zwei Jahren und kommt zu einem MDÄ von 56 % des Ammoniumstickstoffs ($\text{NH}_4\text{-N}$) für Wintertriticale-GPS beziehungsweise einem $\text{NH}_4\text{-N-MDÄ}$ von 91 % für Silomais [4]. Bezogen auf den Gesamtstickstoff ergibt sich daraus ein MDÄ von 36 und 59 %. In der Beratung werden, zum Beispiel durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen und den Erzeugerring für Pflanzenbau Niederbayern e.V., auch höhere MDÄ-Werte bis 70 % empfohlen. Dies verdeutlicht, wie unsicher die Beratung zur Bemessung der organischen Düngung in Form von Gärresten

noch ist und welcher Bedarf besteht, die auszubringenden Stickstoffmengen im Sinn des Gewässerschutzes genauer zu untersuchen. Organisch gebundener Stickstoff wird durch Mineralisierung mittels Ammonifikation und Nitrifikation pflanzenverfügbar. Durch Messung der Bodenatmung konnte Wragge eine verstärkte mikrobielle Aktivität nach Gärrestdüngung im Vergleich zur mineralisch gedüngten Kontrolle feststellen [5]. Im Dauerversuch konnte Hartmann eine Anpassung der Mikrobenstruktur an das mineralische beziehungsweise organische Düngeregime feststellen [6], allerdings wurde im Versuch Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung eingesetzt. In Labor- und Feldversuchen wirkten hohe Gärrestkonzentrationen eher toxisch auf Regenwürmer [5]. Unter Praxisbedingungen konnten Burmeister und Walter dagegen keine kurzfristigen Beeinträchtigungen von Bodentieren durch Gärreste erkennen [7]. Veränderungen im Bodenleben benötigen eine Betrachtung über viele Jahre. Die Wirkung von Wirtschaftsdüngern aus der Tierhaltung wird seit vielen Jahren in Langzeitversuchen wissenschaftlich untersucht [8]. Die Ergebnisse werden der praxisorientierten Beratung in Form von Humusbilanzen und Simulationsmodellen verfügbar gemacht. Zur Gärrestdüngung fehlen diese Ergebnisse bisher. Durch das im Vergleich zu Gülle engere Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis (C/N-Ratio) gelangt bei gleich hoher N-Düngemenge durch Gärreste in der Regel weniger, jedoch stabilere organische Substanz auf die Fläche [5]. Für die Bodenfruchtbarkeit spielt Humus eine wesentliche Rolle. Organische Dünger reduzieren generell die Humuszehrung des Energiepflanzenbaus, bei dem die Ganzpflanze geerntet wird und im Vergleich zu Druschfrüchten nur wenige Ernterückstände auf dem Feld bleiben. Auch durch Gärrestdüngung wird mit der Rückführung der enthaltenen organischer Substanz die Humuszehrung gemindert [9]. In Kombination mit einer optimierten Fruchtfolge kann so ein ausgeglichener Humussaldo erreicht werden [10]. Gärprodukte enthalten außerdem Phosphor- (P) und Kalium- (K) Verbindungen und essentielle Makro- und Mikronährelemente wie Magnesium, Calcium und Schwefel [11]. Die am Stickstoff orientierte Düngeplanung birgt die Gefahr von Nährstoffüberschüssen, da Stickstoffverbindungen während Lager, Ausbringungen sowie im Boden eher flüchtig sind bzw. der Auswaschung unterliegen als beispielsweise Phosphor. Die Stickstoffverluste bei Gärrestdüngung können reduziert werden, die wichtigste Rolle spielen hierbei die Bemessung der Düngermenge und das Ausbringverfahren. Nach aktuellem Stand der Technik wird mit Gülleinjektion oder Güllegrubbern eine direkte Einarbeitung vorgenommen. Dadurch können Ammoniakemissionen um bis zu 90 % gemindert werden [11]. Bei Ausbringung im Pflanzenbestand sind diese Verfahren oft nicht einsetzbar. Hier spielt die Stabilisierung der flüchtigen Stickstoffverbindungen eine wichtige Rolle. Diese kann chemisch durch Nitrifikationshemmer erfolgen [12]. Die Düngung von Fruchtfolgen mit dem Nitrifikationshemmer Entec zeigte im EVA-Projekt am Standort Ascha Erträge vergleichbar zu reiner KAS-Düngung (siehe Zwischenbericht EVA TP1).

Ein Einfluss auf Kulturmängel durch Gärreste wurde bisher nicht nachgewiesen. Bei ausreichend langer Verweildauer im Fermenter ist keine Verschleppung von Krankheitserregern durch Gärreste zu erwarten [13]. Untersuchungen des ZALF zeigen, dass die Gärrestdüngung die Treibhausgasemissionen einer angebauten Fruchtfolge im Vergleich zur mineralischen Düngung praktisch halbieren [14]. Dies liegt in der energieaufwändigen Herstellung des sonst benötigten Mineraldüngers begründet. Die bisherigen Ergebnisse

aus EVA II zeigen, dass alle angebauten Kulturen die Nährstoffe einer organischen Düngung mit Gärresten gut verwerten können. Dabei spielen die Standortbedingungen wie Witterung, Bodenverhältnisse und Produktionstechnik eine wesentliche Rolle, ebenso wie die Nährstoffeigenschaften der Gärreste, die stark variieren. Während trockene Bedingungen nach der Gärrestdüngung zu generell schlechtem Pflanzenwachstum und einer eher geringen Nährstoffausnutzung führten, entstanden aufgrund verzögerter Einarbeitungszeiten hohe gasförmige N-Verluste oder aufgrund starker Niederschläge erhöhte Nährstoffauswaschungen. Da die Nährstoffgehalte der Gärreste sogar zwischen zwei Düngeterminen teils starken Schwankungen unterlagen, ergaben sich Schwierigkeiten, die gewünschten Nährstoffmengen tatsächlich auszubringen. Mehrmalige Gaben innerhalb einer Kultur, wie z. B. bei Weidelgras oder Wintergetreide, führten durch die besseren Anpassungsmöglichkeiten an den Wachstumsverlauf oftmals zu gesteigerten Ertragsleistungen der organischen Varianten im Vergleich zur rein mineralischen Düngung. Die Kombination von mineralischem und organischem Dünger zeigte sich oft als die ertragreichste Variante, da hier kurz- und langfristige Düngewirkungen für eine durchgehende Nährstoffversorgung der Pflanze über die ganze Vegetationsperiode hinweg sorgten. Darüber hinaus lassen sich durch gezielte Mineraldüngergaben, die vor allem als Qualitätsdüngungen bei Getreide eine ertragssteigernde Wirkung erzielen können, Nährstoffschwankungen der Gärreste ausgleichen.

4 Zielsetzung

In den EVA-Gärrestversuchen werden praxisorientierte Fragestellungen zur Gärrestdüngung untersucht. Ziel ist es, verschiedene Möglichkeiten der Gärrestdüngung mit mineralischer Stickstoffdüngung in den Vergleich zu setzen.

Im Kleinen Gärrest soll primär überprüft werden, ob sich die vollständige oder teilweise organische Düngung mit Gärrest auf den Ertrag der vierjährigen Fruchtfolge auswirkt. Als Kontrolle dient die standortangepasst mineralisch gedüngte Fruchtfolge 3 des Grundversuches.

Der Große Gärrest wird mit den Zielsetzungen untersucht, Aussagen zum optimalen Ausbringtermin am Standort und Aussagen über die jeweilige Nährstoffausnutzung zu liefern, da die bisherige Erkenntnislage dazu noch eingeschränkt ist. Daneben werden die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen einer Entlastung des Gärrestlagers im Herbst und die Aufnahme/Festlegung überschüssigen Stickstoffs durch Zwischen- oder Folgefrüchte je Standort überprüft. Das Ziel ist hierbei eine Risikominimierung des Nitrataustrags bei Versorgung der Pflanzen und bestmöglicher Ausnutzung arbeitswirtschaftlicher Vorteile. Damit sollen zwei der drei Säulen der Nachhaltigkeit, die ökologische sowie die ökonomische Säule, bewertet und möglichst verbessert werden. Die dritte, soziale, Säule bleibt im Rahmen der in EVA III durchführbaren pflanzenbaulichen Versuche außerhalb der Bewertung. Die Ergebnisse aller Versuche sollen als fundierte, standortangepasste Beratungsempfehlungen für die Praxis zur Verfügung stehen.

5 Material und Methoden

5.1 Beteiligte Standorte und Witterungsverlauf

Die Gärrestversuche werden an sechs Standorten durchgeführt, um ein möglichst breites Spektrum an standortspezifischen Eigenschaften wie Klima und Bodenbeschaffenheit abzudecken. Am Großen Gärrest sind die fünf Standorte Ascha (BY), Dornburg (TH), Gülzow (MV), Ettlingen (BW) und Werlte (NI) beteiligt. An diesen Standorten und zusätzlich in Trossin (SN) wird auch der Kleine Gärrest durchgeführt. Abbildung 1 zeigt die Lage der Standorte und einige Kennzahlen.

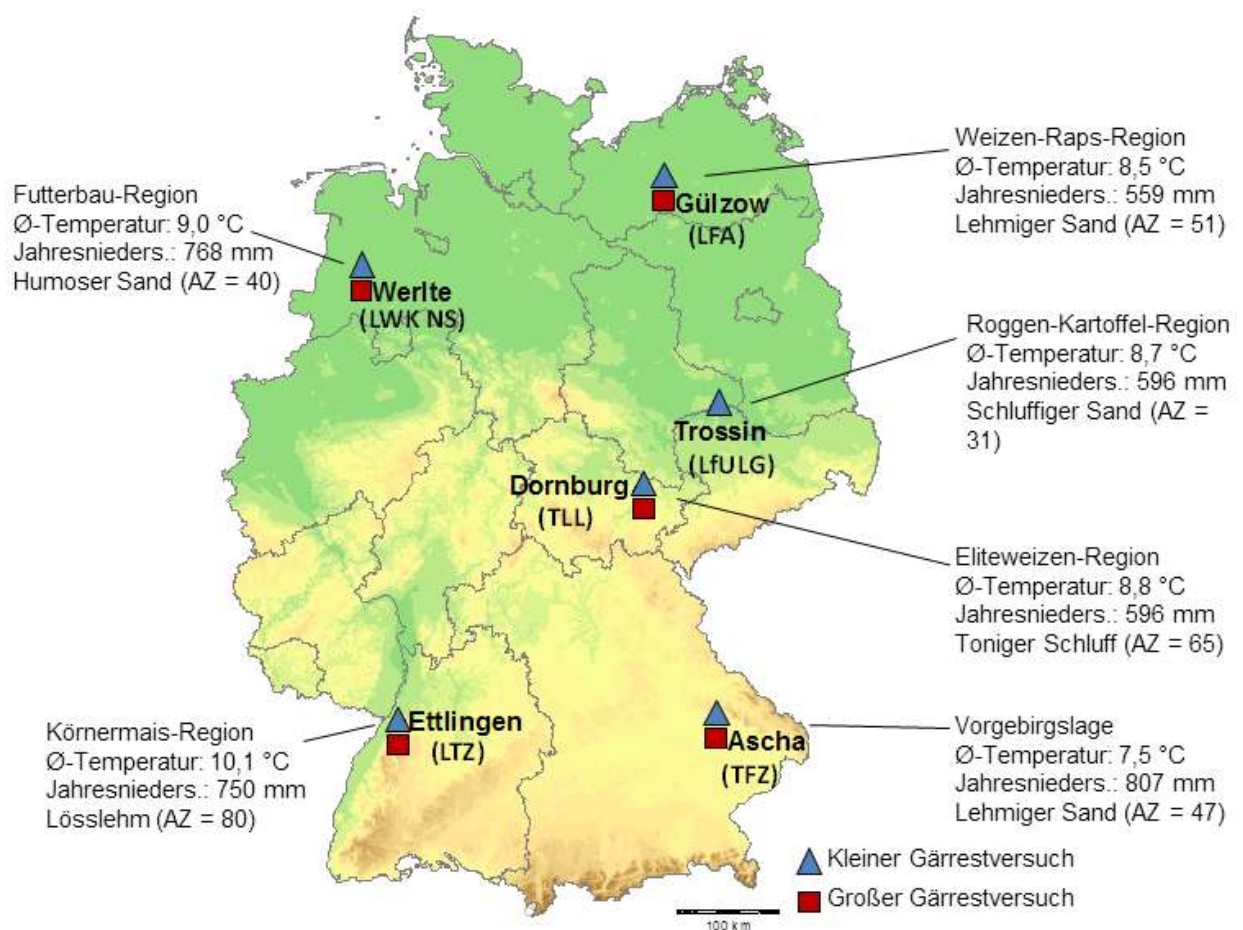


Abbildung 1: Übersichtskarte der Standorte

Eine große, nicht beeinflussbare Rolle spielt bei pflanzenbaulichen Versuchen der Witterungsverlauf am Standort. Durch mehrjährig wiederholte Anlagen werden die Versuchsergebnisse abgesichert. Die folgende Darstellung in Tabelle 1 dient der Einordnung der in diesem Bericht gezeigten Ergebnisse.

Tabelle 1: Witterungsverlauf 2014 / 15

Standort	Herbst '14	Winter '14 / '15	Frühjahr '15	Sommer '15
Ascha	Kühl und feucht	Mild und feucht	Kalte Nächte und Schneefall Ende März	Heiß und trocken
Dornburg			Moderat und trocken	Sehr heiß und einsetzende Niederschläge
Ettlingen	Mild	Durchschnittlich und trocken	Durchschnittlich und trocken	Heiß und etwas trocken
Forchheim	Mild	Mild und trocken	Warm und trocken	Heiß und trocken
Gülzow	Warm und feucht	Warm und feucht	Mild, April und Mai kühl	Starkregenereignisse, gute Wasserversorgung
Trossin	Warm und feucht	Sehr mild, kein Schnee	Kühle Nächte und trocken	Sehr warm und erst trocken, ab August gutes Wasserangebot
Werlte	Mild und feucht	Mild und feucht	Kühl und trocken	Durchschnittlich und feucht ab Juli

Am Standort Ascha kann der Witterungsverlauf mit monatlicher Niederschlagssumme in Abbildung 2 und Lufttemperatur in 2m Höhe (Abbildung 3) detaillierter betrachtet werden. Dabei wird der fehlende Niederschlag im Jahr 2015 in den Monaten Juli bis September deutlich. Die Kombination mit überdurchschnittlichen Temperaturen in diesen Monaten sorgte für außergewöhnlichen Trockenstress, wodurch sich die absolute Aussagekraft für die Kulturen schmälert, die zu diesem Zeitpunkt im Versuch standen. Dies betrifft bei den Gärrestversuchen insbesondere Mais und Sorghum.

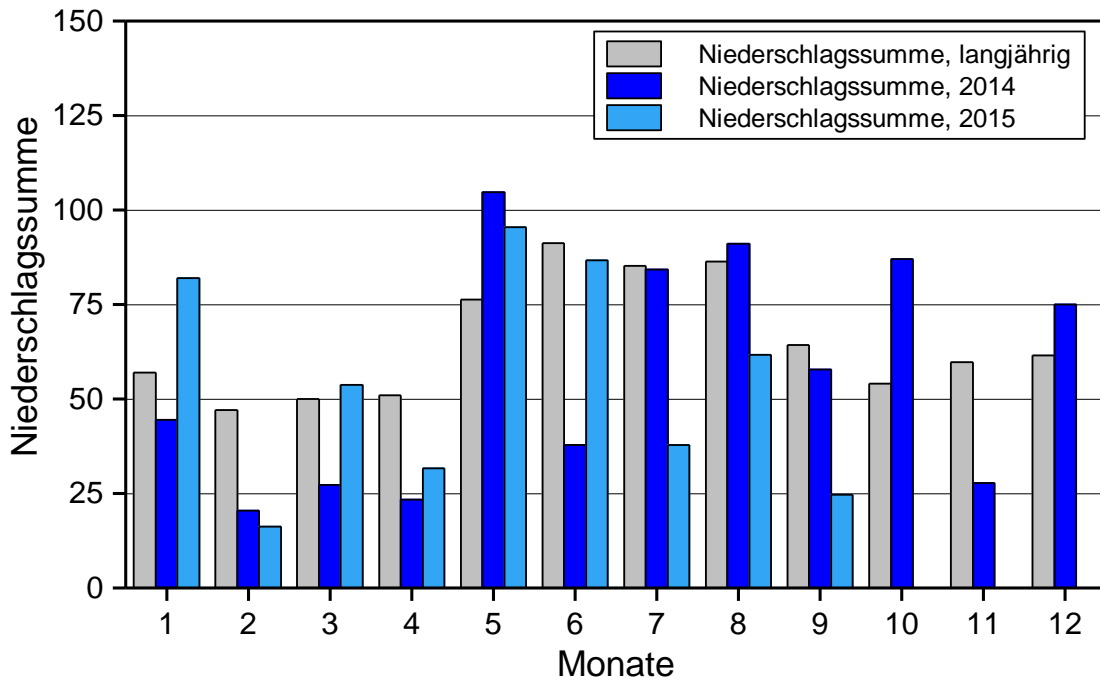


Abbildung 2: Monatliche Niederschlagssummen der Versuchsjahre 2014 und 2015 (bis Okt.) im Vergleich zur langjährigen Niederschlagssumme in Ascha

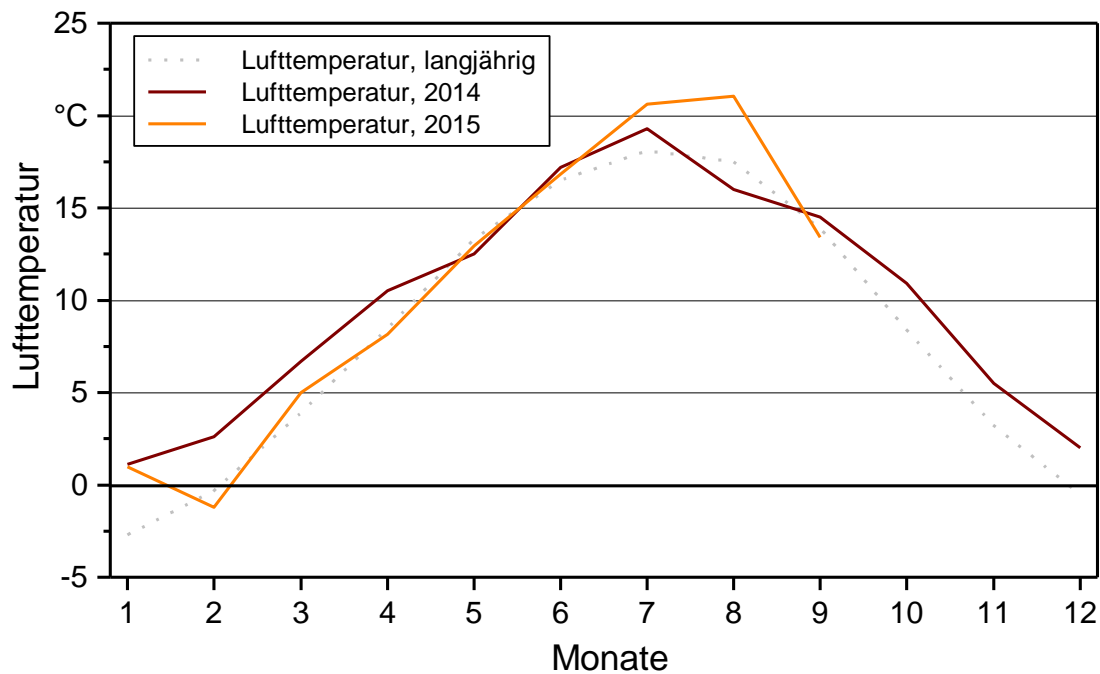


Abbildung 3: Monatliche Lufttemperaturen im Mittel der Versuchsjahre 2014 und 2015 (bis Okt.) im Vergleich zum langjährigen Mittel in Ascha

5.2 Gärrestdüngung

Die verwendeten Gärreste stammen von standortnahen Biogasanlagen aus der Fermentation von nachwachsenden Rohstoffen oder aus Kofermentation mit Rindergülle. Stickstoff ist der Nährstoff mit den größten Ertrags- und Qualitätseinflüssen [3]. Deshalb wird in diesen Versuchen der Stickstoffgehalt als Bezug für die Düngemengenberechnung verwendet. Mittels Vorab-Proben werden die Gärreste vor Ausbringung auf ihren Gesamtstickstoffgehalt (Nges) im Labor untersucht. Eine weitere Probe wird zur Ausbringung genommen und nach anerkannten Methoden auf weitere Parameter (pH, C, NH₄, Nges, P, K, Mg) untersucht [15]. Die mineralische Düngung wird wie in der Praxis üblich als Saldo aus dem N-Sollwert unter Abzug des Nmin-Vorrats im Boden berechnet [3].

Für die Berechnung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs wird weiterhin das in EVA II festgesetzte Mineräldüngeräquivalent (MDÄ) von 70 % des Gesamtstickstoffs (Nges) beibehalten, jedoch werden nun in EVA III zusätzlich 15 % Ausbringverluste für den Großen Gärrest angerechnet. In der Berechnung der Gärrestgaben ersetzt dann folglich 1 kg Gärrest-Nges 0,7 kg mineralischen Stickstoff im Kleinen Gärrest und 0,55 kg mineralischen Stickstoff im Großen Gärrest. Die Ausbringung erfolgt per Schleppschlauchtechnik mit sofortiger Einarbeitung mittels Grubber. Am Standort Gülzow kommt bei Mais und Sorghum ein Injektionsverfahren zum Einsatz.

5.3 Kleiner Gärrest

Der Kleine Gärrest wird seit 2009 kontinuierlich an sechs Standorten durchgeführt. Durch die parzellentreue Düngung in drei Varianten wurden nach Abschluss der Anbauversuche erste Erkenntnisse zur Langzeitwirkung von Gärresten erwartet, was durch die Beendigung der Versuche Ende 2015 fraglich ist.

Folgende Düngeregime werden im Versuch verglichen:

- reine Gärrestdüngung (100 % Gärrest-N)
- gemischte Düngevariante (50 % mineralisches und 50 % Gärrest-N)
- die mineralischen Grundvariante der EVA-Fruchtfolge 3 (100 % mineralisches N)

Der Anbau von Winterroggen und Sorghum auf Anlage III bzw. von Mais auf Anlage IV bezeichneten Fläche erfolgte entsprechend der Versuchsplanung 2014. Alle Kulturen, die in der Fruchtfolge 3 angebaut werden, sind in Tabelle 2 je Anlage und Erntejahr aufgeführt. Die Kulturen werden zur Ganzpflanzensilage (GPS) zur Biogasproduktion geerntet, Winterweizen wird abschließend als Marktfrucht angebaut.

Tabelle 2: Kulturen im Kleinen Gärrest, Kulturen in Klammern können nicht mehr angebaut werden

Erntejahr	Anlage III	Anlage IV
2013	Mais	
2014	Winterroggen Sorghum	Mais
2015	Wintertriticale Einj. Weidelgras	Winterroggen Sorghum
2016	(Winterweizen)	(Wintertriticale) (Einj. Weidelgras)
2017		(Winterweizen)

Fett gedruckte Kulturen werden als Biogassubstrat angebaut.

5.4 Großer Gärrest

Die Fragestellung im Großen Gärrest hat sich in EVA III geändert. Wurden in EVA II noch verschiedene N-Mengen verglichen, so rückt nun der optimale Düngezeitpunkt in den Fokus der Untersuchungen. Offene Fragen bestehen zu den optimalen Ausbringterminen zu Hauptfrüchten sowie zu dem Stickstoffaufnahmevermögen von Folge- bzw. Zwischenfrüchten, das aus Gründen des Gewässerschutzes zu klären ist. Gleiches gilt für die Frage, ob eine organische Düngung der Folge- und Zwischenfrüchten eine sinnvolle Entlastung der Gärrestlager darstellen kann, ohne eine Risikoerhöhung des Nitrat austrags über Winter hervorzurufen.

Bei der dominierenden Biogaskultur Mais im Hauptfruchtanbau ist die Ausbringung und Einarbeitung der Gärreste im Frühjahr vor der Aussaat praxisüblich. Da aber im Gärrest ein höherer, schnellverfügbare Ammoniumanteil enthalten ist als z. B. in Rindergülle, könnte eine Ausbringung in den Bestand (BBCH 30) zu einer besseren N-Ausnutzung führen. Hierbei sollte der Gärrest entweder direkt in den Boden appliziert (Schlitz- oder Injektionsverfahren) oder gleich nach der bodennahen Ausbringung eingearbeitet werden (z. B. Maschinenhacke). Je nach Standortausstattung wurde das Ausbring- bzw. Einarbeitungsverfahren festgelegt. Durch die Prüfung verschiedener Ausbringtermine in Mais können über die entsprechenden Ertragsleistungen Aussagen über die Nährstoffausnutzung des Gärrestes getroffen und somit Praxisempfehlungen für den optimalen Ausbringzeitpunkt je Standort abgeleitet werden.

Tabelle 3: *Düngevarianten Großer Gärrest Mais/Sorghum*

Var.	ZF	Düngung	Kultur	N-Düngung	Zwischenfrucht
1	-----	-----	Mais	mineralisch	-----
2	Senf	-----	Mais	Gärrest vor Saat	-----
3	Senf	-----	Mais	Gärrest in den Bestand (BBCH 30)	-----
4	Senf	-----	Mais	-----	W.Roggen
5	Senf	-----	Mais	mineralisch	W.Roggen
6	Senf	-----	Mais	Gärrest vor Saat	W.Roggen
7	Senf	-----	Mais	Gärrest in Bestand (BBCH 30)	W.Roggen
8	Senf	-----	Sorghum	mineralisch	W.Roggen
9	Senf	-----	Sorghum	Gärrest vor Saat	W.Roggen
10	Senf	-----	Sorghum	Gärrest in den Bestand (BBCH 30)	W.Roggen

Der Große Gärrest konzentriert sich in einem Teilversuch außerdem auf die in weiten Teilen Deutschland dominierende Biogaskultur Mais im Vergleich zu Sorghum. Hier wurde vor Aussaat der Hauptkulturen Senf angesät (mit Ausnahme einer Kontrollvariante ohne Senf). Im Frühjahr wurden dann entsprechend des Versuchsplans die Düngergaben zu Mais und Sorghum ausgebracht (Tabelle 3). Dabei durfte eine mineralische Unterfußdüngung erfolgen, deren N-Menge auf die insgesamt zu düngende Stickstoffmenge angerechnet wird. Anschließend wurde bzw. wird bei einigen Varianten Winterroggen ausgesät und auf sein Stickstoffaufnahmevermögen geprüft, während bei den Vergleichsvarianten 1 bis 3 eine Brache folgt.

In dem zweiten Teilversuch wird Wintertriticale (Tabelle 4) ebenfalls mit mineralischer und organischer Düngung zu verschiedenen Terminen angebaut. Dabei erhalten zwei Varianten organische Gärrest-Teilgaben im Herbst, während die anderen Varianten nur im Erntejahr gedüngt werden. Die Düngung im Erntejahr erfolgt wiederum mit einer organischen Teilgabe im zeitigen Frühjahr und einer späteren, standortangepassten mineralischen Teilgabe. Die regionalspezifisch gewählte Folgefrucht wird in den Varianten 5 bis 7 im Sommer/Herbst mit einer ersten Gärrestgabe versorgt, während diese Düngung in den anderen Varianten unterbleibt. Im Wintergetreide als zweitwichtigste Biogaskultur steht die Frage im Vordergrund, ob der Stickstoff einer Gärrestdüngung im Herbst, der durch Wintertriticale aufgenommen wird, sich in der Biomasseleistung im Frühjahr widerspiegelt und somit zu einer sinnvollen Entlastung der Gärrestlager im Herbst führen kann. Dabei gilt es, die Stickstoffaufnahmen durch die Pflanze sowie N-Verlagerungen und Verluste im Boden über Winter zu dokumentieren und diese vor dem Hintergrund der Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und deren Umsetzung zu bewerten. Darüber hinaus wird geprüft, ob durch die organische Teildüngung im Herbst insgesamt ein höherer Ertrag erzielt werden kann, als durch Düngung der gesamten Stickstoffmenge im Frühjahr.

Tabelle 4: Düngevarianten Großer Gärrest Triticale

Var.	Kultur	N-Düngung	Kultur	N-Düngung
1	W-Triticale	-----	Folgefrucht	-----
2	W-Triticale	Mineralisch	Folgefrucht	-----
3	W-Triticale	Gärrest Herbst + gemischt Frj.	Folgefrucht	-----
4	W-Triticale	Gemischt Frj.	Folgefrucht	-----
5	W-Triticale	Mineralisch	Folgefrucht	Gärrest Sommer
6	W-Triticale	Gärrest Herbst + gemischt Frj.	Folgefrucht	Gärrest Sommer
7	W-Triticale	Gemischt Frj.	Folgefrucht	Gärrest Sommer

Überwinternde Folgefrucht: BY + NI + BW = Weidelgras; TH + MV = Winterraps

Dadurch könnten N_{min}-Werte reduziert, das Risiko der Nitratauswaschung minimiert und somit ein wichtiger Beitrag zum Gewässerschutz geleistet werden. Gleichzeitig könnten die Zwischenfrüchte eine Möglichkeit bieten, die Gärrestlager zu entlasten, indem die laut bisheriger DüV erlaubten Stickstoffmengen vor Winter ausgebracht werden (40 kg NH₄ oder 80 kg Gesamt-N). Auch wenn von einem geringen Nährstoffbedarf einer nach Mais und im Oktober gesäten Winterzwischenfrucht ausgegangen wird, ist die Herbstdüngung zur Lagerentleerung bisher praxisüblich (Möller 2011) und soll daher im Rahmen dieses Projekts auf ihre ökologischen und ökonomischen Auswirkungen hin untersucht werden. Hierbei sollen die Ertragsunterschiede sowie N_{min}-Werte und N-Nachlieferungen im Folgejahr durch den Zwischenfruchtanbau, mit und ohne Düngung, verglichen werden. Die jeweiligen Zwischen- oder Folgefrüchte wurden dabei je regionaler Bedeutung bzw. je Standortverhältnissen gewählt.

5.5 Zielgrößen in den Versuchen

Bodenproben werden im Kleinen Gärrest immer zu Vegetationsbeginn und im Großen Gärrest jeweils vor Aussaat der Wintertriticale sowie vor Mais zu Vegetationsbeginn gezogen und auf N_{min}, P, K, Mg und pH analysiert, welche in die Düngeplanung mit einbezogen werden. Zur Dokumentation der Stickstoffflüsse werden weitere N_{min}-Proben jeweils nach Ernte und zu Vegetationsende, sofern die Witterung dies zulässt, gezogen. Darüber hinaus erfolgt im Großen Gärrest bei Mais und Sorghum ein Probeschnitt mit gleichzeitiger N_{min}-Untersuchung zu BBCH 65, bzw. für Sorghum nach der gleichen Anzahl Tage von der Düngung bis zum Probeschnitt bei Mais. Im KIGV werden analog zum Grundversuch zu festgelegten Wuchsstadien (siehe Methodenhandbuch der Projektkoordination) Bestandsdichten und -höhen bestimmt, sowie Unkraut-, Krankheits-

und Mängelbonituren durchgeführt. Beim GrGV werden ebenfalls Aufgangsbonituren bzw. Bestimmungen der Bestandsdichte und Höhenmessungen zu bestimmten Terminen durchgeführt. Darüber hinaus erfolgen Krankheits- oder Schädlingsbonituren bei Auftreten. Teilweise sind bei Zwischenfrüchten im Großen Gärrest Biomasseschnitte (sofern ein „erntwürdiger Bestand“ vorhanden ist) oder eine optische Bonitur zu Vegetationsende und –beginn vorgesehen, wodurch eine unterschiedliche Pflanzenentwicklung bzw. N-Aufnahme je Düngevariante dokumentiert werden soll. Bei Mais erfolgt zusätzlich ein Biomasseschnitt zu BBCH 65 sowie bei Sorghum in entsprechendem Zeitabstand zur Düngung, der ebenfalls auf N-Gehalt untersucht wird. Wenn nötig, wird zur Ernte eine Lagerbonitur durchgeführt. Bei der Ernte werden die Frischmasse-Erträge je Ernteparzelle mit automatischer Wiegevorrichtung des Grünguternters bzw. Häckslers erfasst und repräsentative Pflanzenproben zur Trockensubstanz- und Inhaltstoffbestimmung entnommen.

5.6 Datengrundlage und Abweichungen

Für die Auswertung der Versuche wurden die von den Standortbetreuern in die EVA-Datenbank eingegebenen Werte herangezogen. Dabei wurde das Datenbankextrakt vom 08.10.2015 verwendet. Daten aus Ascha und Werlte wurden manuell ergänzt.

Folgende Abweichungen vom Versuchsplan sind festzuhalten:

Am Standort Werlte konnte die Kultur Sorghum im Kleinen und Großen Gärrest 2015 aufgrund starker Herbizidschäden nicht geerntet werden.

Der Große Gärrest Mais/Sorghum kann aufgrund nur einer voll wertbaren Anlage II im Jahr 2014/15 nicht wissenschaftlich ausgewertet werden. Die vorangegangene Anlage wies witterungsbedingt auf einigen Standorten einen nicht repräsentativen Maisertrag auf. Die aufgrund der Mindererträge unüblich hohen N_{\min} -Gehalte im Boden hatten Auswirkungen auf die Zwischenfrucht Winterroggen 2014. Die Anlage III konnte durch das Projektende November 2015 nicht zu Ende geführt werden.

Die Folgefrucht im Großen Gärrest Triticale ist an den Standorten Dornburg und Gülzow Winterraps. Dieser wurde nicht – wie geplant – bis zur Kornreife angebaut, sondern schon im Grünschnittstadium geerntet. Die Begründung hierfür war die notwendige Kosteneinsparung an den Standorten. Damit wird allerdings die Aussagekraft dieser Versuchsvarianten eingeschränkt.

In Forchheim wurde der Versuch Großer Gärrest Mais/Sorghum 2015 zu drei Terminen im Juli und August aufgrund der Witterung mit 30 mm/ha Wasser beregnet. Eine Ertragsbeeinflussung aufgrund von Abdrift benachbarter Beregnung lässt sich nicht ausschließen. Zwei Parzellen Sorghum wurden aufgrund von Schäden nicht für die Ertragsermittlung vorgesehen. Im Großen Gärrest Triticale wurde am selben Standort die Folgefrucht Weidelgras beregnet. Ein erntwürdiger Bestand wurde dennoch nicht erreicht.

In Ettlingen war das gesäte Weidelgras im September nicht vorhanden, stattdessen Suda-grasdurchwuchs und Unkrauthirsen erkennbar auf Abbildung 4.



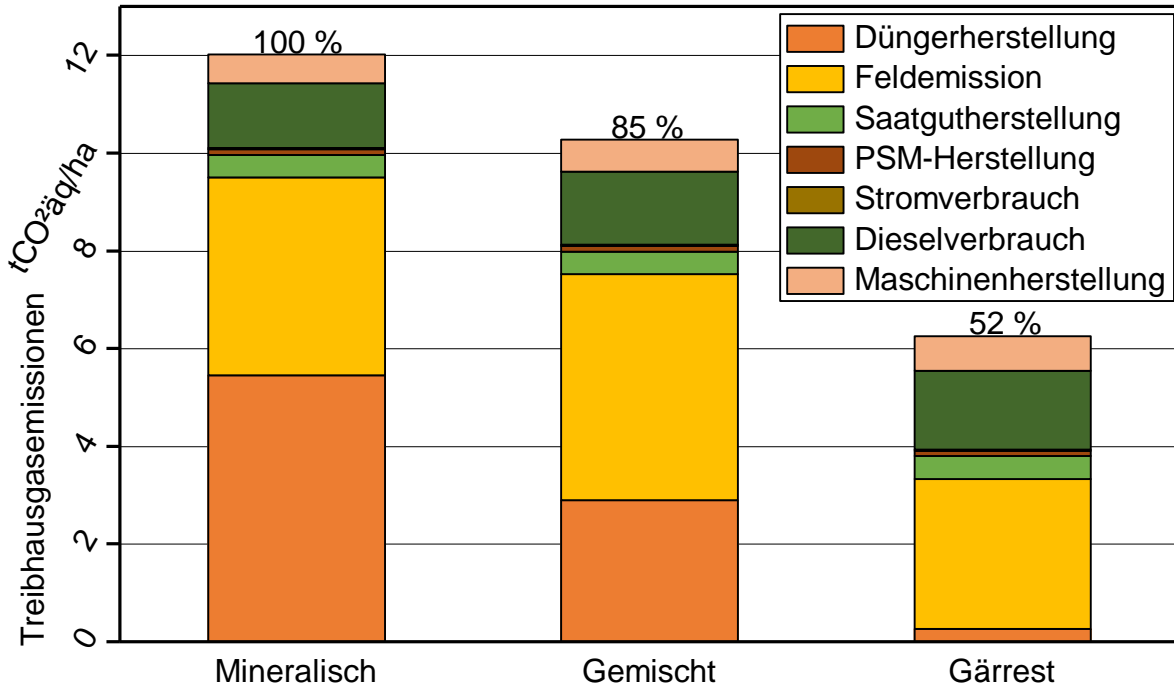
Abbildung 4: Weidelgrasbestand im Kleinen Gärrest in Ettlingen (Bild: Ernst Walter)

6 Ergebnisse Kleiner Gärrest

Im Kleinen Gärrest werden an sechs Standorten bundesweit die Effekte unterschiedlicher Düngung auf eine identische Fruchtfolge untersucht. Die Fruchtfolge besteht aus Mais, Winterroggen, Sorghum, Wintertriticale, Einjährigem Weidelgras und Winterweizen zur Kornnutzung als Abschluss. Aufgrund der Nichtverlängerung des EVA III Projektes wurde die Fruchtfolge nicht abgeschlossen. Dieser Bericht beschränkt sich auf die bis 08.10.2015 eingegangenen Erträge der Standorte, da die Projektlaufzeit am 30.11.2015 endet und deshalb auch die Berichtslegung und Auswertung enden musste.

Es zeigte sich bei Getreide (Winterroggen und Wintertriticale) im Versuch eine Tendenz zugunsten mineralischer Düngung, während die C4-Pflanzen Mais und Sorghum nach Düngung mit reinem oder anteiligem Gärrest tendenziell mehr Ertrag lieferten. Durch den vergleichbar späten Stickstoffbedarf von Mais und Sorghum aufgrund ihrer langsamen Jugendentwicklung kann der dann mineralisierte Stickstoff aus organischer Quelle effektiv genutzt werden. Dies bestätigte sich durch die parzellentreue Fortführung des Versuches aus EVA II und dem dadurch gegebenen Nachlieferungspotential. In den im folgenden dargestellten standortspezifischen Ergebnissen zeigte sich die entsprechende statistische Signifikanz von Mehrerträgen einzelner Düngevarianten.

Die Bilanzen der Treibhausgasemissionen wurde mit dem Modell MiLA, entwickelt am ZALF in Müncheberg [16], erstellt und zeigen in



deutliche Unterschiede zwischen den Düngevarianten.

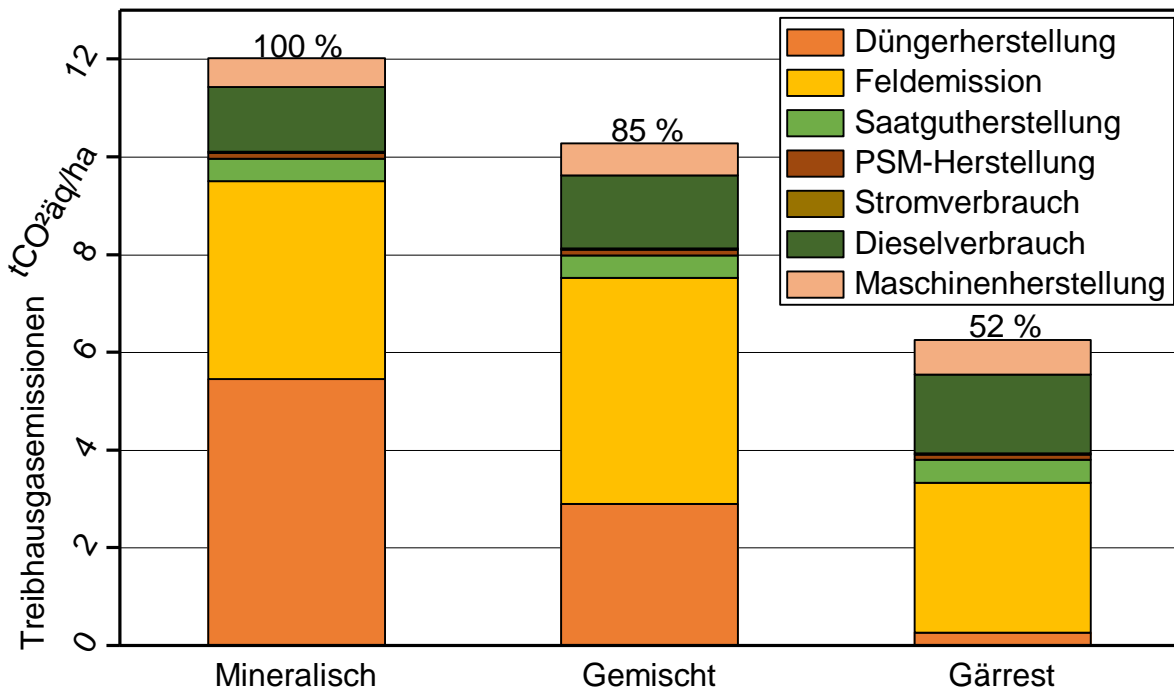


Abbildung 5: Treibhausgasemissionen Kleiner Gärrest

Das Modell betrachtet alle direkten und indirekten Treibhausgasemissionen, die während des Anbaus der Energiepflanzen bis zum Festfahren der Silage entstehen. Die Düngherstellung von Mineraldünger ist energetisch aufwendig und erzeugt deshalb beträchtli-

che Treibhausgasemissionen. Gärrest verursacht in der Herstellung geringere Emissionen, da er als Nebenprodukt der Biogaserzeugung mit geringen Lagerungsemissionen entsteht. Der etwas höhere Dieserverbrauch entsteht durch zusätzliche Überfahrten zur notwendigen Einarbeitung der Gärreste und aufgrund des höheren Gewichtes.

Eine ausgeglichene Nährstoffbilanz unter Betrachtung der Stickstoff- und Phosphat-Bilanz konnte auf allen Standorten in den meisten Anbaujahren erreicht werden. Dies spricht für die gewissenhafte Düngeplanung der Versuchsansteller, insbesondere bei Betrachtung der Inhaltsstoffschwankungen der eingesetzten Gärreste.

Die betrachtete Energiepflanzenfruchtfolge ist ertragsoptimiert und sorgt deshalb in Kombination mit der bei Biogassubstrat üblichen Abfuhr der Ganzpflanzen für hohe Humuszehrung. Mit einer angepassten Version der VDLUFA-Humusbilanz konnte gezeigt werden, dass diese Humuszehrung bereits in der gemischten Düngevariante durch die zurückgeführte organische Substanz ausgeglichen werden kann, siehe Abbildung 6. Der hellgrün-transparente Bereich zeigt dabei den Bereich der optimalen Klasse C, in dem eine Fruchtfolge langjährig liegen sollte.

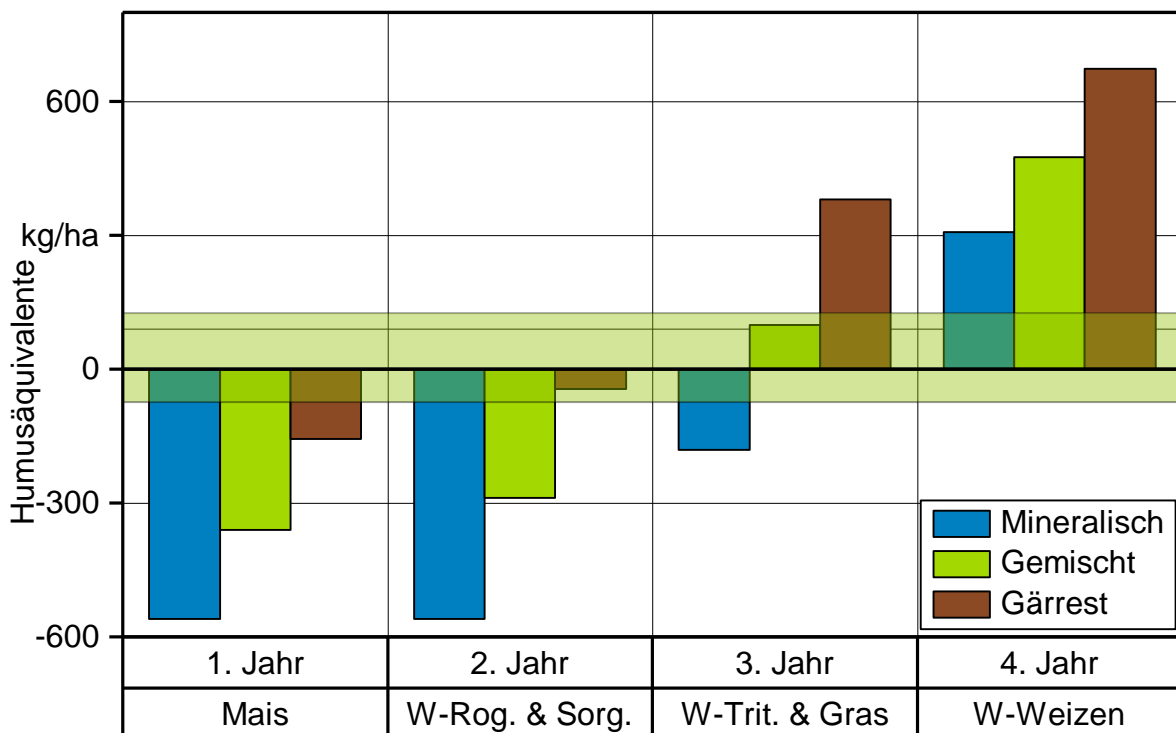


Abbildung 6: Humusbilanz Kleiner Gärrest, hellgrüner Querbalken markiert Klasse C

Für die vier Fruchtfolgejahre zusammen, liegt die mineralisch gedüngte Variante mit einer jährlichen Humuszehrung von 248 kg Humusäquivalenten in Klasse A. Die gemischt gedüngte Variante liegt mit einer Humuszehrung von 19 kg jährlich in Klasse C. Die mit Gärrest gedüngte Variante liegt in Klasse D mit einer jährlichen Humusmehrung von 214 kg. Standort- und witterungsbedingte Einflüsse werden von der VDLUFA-Humusbilanz nicht erfasst.

Im folgenden Teil werden nun die Trockenmasseerträge am jeweiligen Standort verglichen. Die Signifikanz wurde hierfür nach Tukey getestet [17].

6.1 Ascha

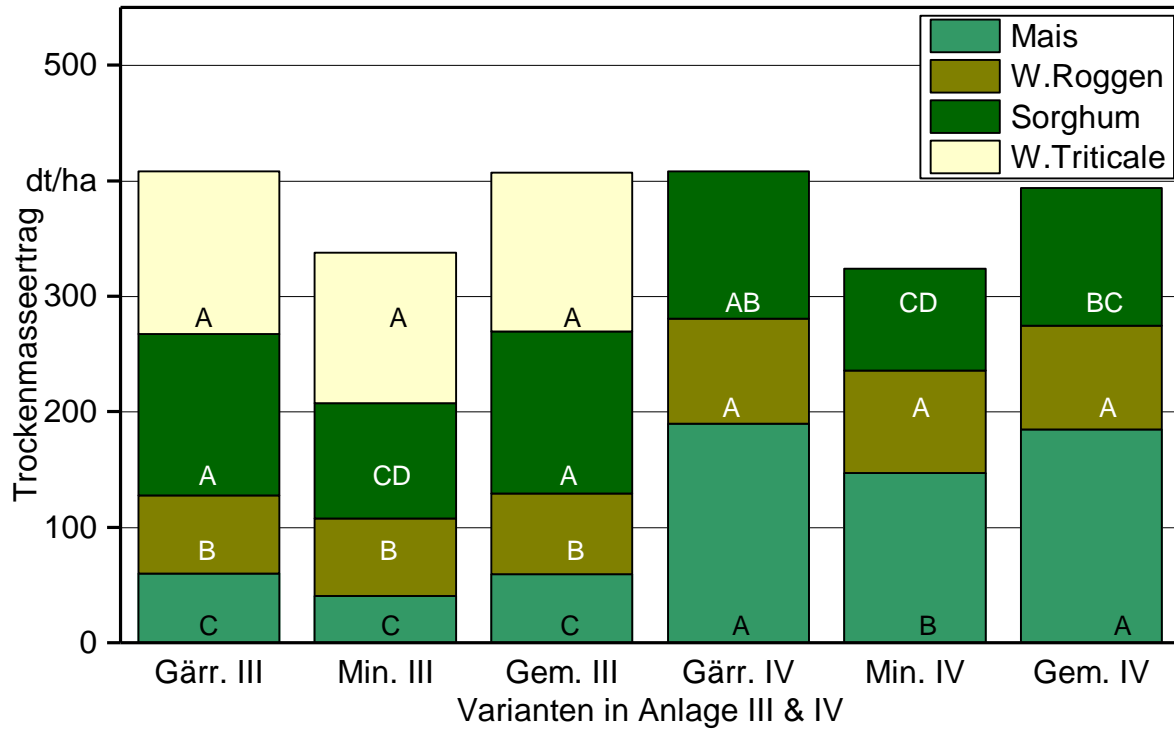


Abbildung 7: Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Ascha, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen

In Ascha sorgte die Witterung mit sehr nassem Frühjahr und trockenem und heißem Sommer in 2013 für einen äußerst geringen Maisertrag in Anlage III, ersichtlich in Abbildung 7. In Anlage IV war der Maisertrag in 2014 hingegen für den Standort sehr gut. Dabei zeigte sich ein signifikanter Mehrertrag der Kulturen Sorghum in Anlage III und IV sowie Mais in Anlage IV bei vollständiger und teilweiser Gärrestdüngung. Der Winterroggenertrag unterschied sich dagegen nur im Vergleich der beiden Anlagejahre signifikant. Wintertriticale wurde bis Projektende nur in einer Anlage angebaut, dabei zeigten sich keine signifikanten Einflüsse der Düngevarianten. Abbildung 8 zeigt die nebeneinander liegenden Parzellen mit Gärrestdüngung und gemischter Düngung. Beide Bestände sind zum Aufnahmedatum 11.06.2015 gut entwickelt und im Entwicklungsstadium BBCH 71.



Abbildung 8: Wintertriticale in Anlage III in Ascha. Links Gärrestdüngung, rechts gemischte Düngung (Bild: Jonas Haag)

6.2 Dornburg

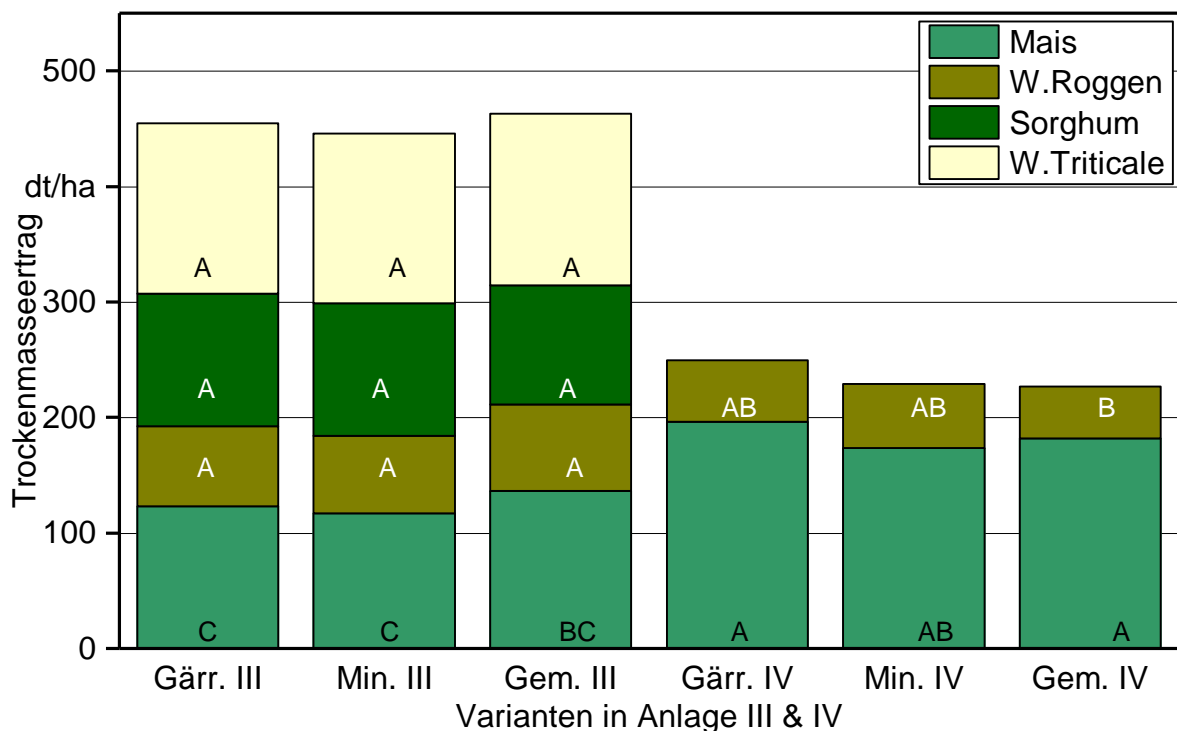


Abbildung 9: Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Dornburg, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen

Auch in Dornburg fielen in 2013 die Maiserträge in Anlage III witterungsbedingt geringer als erwartet aus, zu sehen auf Abbildung 9. Signifikante Ertragsunterschiede innerhalb der jeweiligen Anlage waren in Dornburg nicht zu verzeichnen. Der Maisertrag in Anlage III wies eine nicht signifikante Tendenz zugunsten der gemischten Düngung aus Mineraldünger und Gärresten auf. In Anlage IV waren die Maiserträge bei Gärrestdüngung und gemischter Düngung tendenziell höher und der Winterroggenertrag gemischt gedüngt tendenziell niedriger. Die Sorghumerträge aus Anlage IV waren zum Zeitpunkt der

Berichtslegung (Datenbankextrakt 08.10.2015) nicht auswertbar. Triticale kam mit gutem Entwicklungsstatus aus dem Winter. Die Erträge bestätigten die in den Bonituren festgestellten Unterschiede. Die gemischt gedüngte Variante hatte sich in den Bonituren am besten entwickelt, gefolgt von der Gärrestvariante. Das Weidelgras konnte aufgrund fehlender Niederschläge und gleichzeitiger starker Unkrautkonkurrenz nicht geschnitten werden. Die massigere Entwicklung des Roggens in der Gärrestvariante in Anlage IV zu BBCH 31 am 13.04.15 schlug sich nicht in höherer Ertragsleistung nieder. Bei Sorghum war nach Aussaat ein zeitlich verzögerter Aufgang aufgrund starker Trockenheit zu beobachten. Die teilweise angekeimten Samen im Boden entwickelten sich nach Aufgang trotz Trockenheit relativ gut.

6.3 Ettlingen

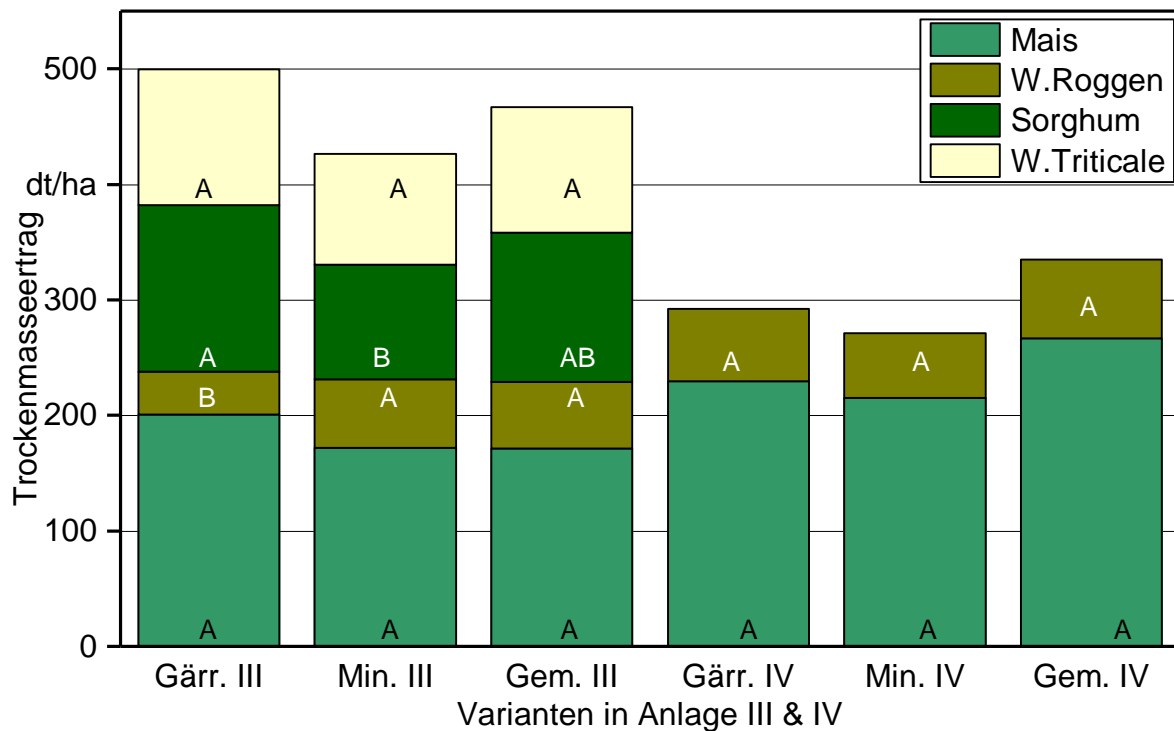


Abbildung 10: Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Ettlingen, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen

Auf Abbildung 10 sind die Erträge am Standort Ettlingen dargestellt. Der Gunststandort erreichte ausgesprochen hohe Maiserträge bis zu 267 dt/ha Trockenmasse gegenüber einem Ertragsdurchschnitt aller beteiligten Standorte von 210 dt/ha. Die erkennbaren Unterschiede waren dabei nicht signifikant. Der Sorghumertrag war mit Gärrestdüngung signifikant höher als mit mineralischer Düngung. Der Winterroggenertrag hingegen war gärrestgedüngt signifikant geringer als die anderen beiden Varianten. Die Sorghumerträge

ge aus Anlage IV waren zum Zeitpunkt der Berichtslegung (Datenbankextrakt 08.10.2015) nicht auswertbar.

6.4 Gülzow

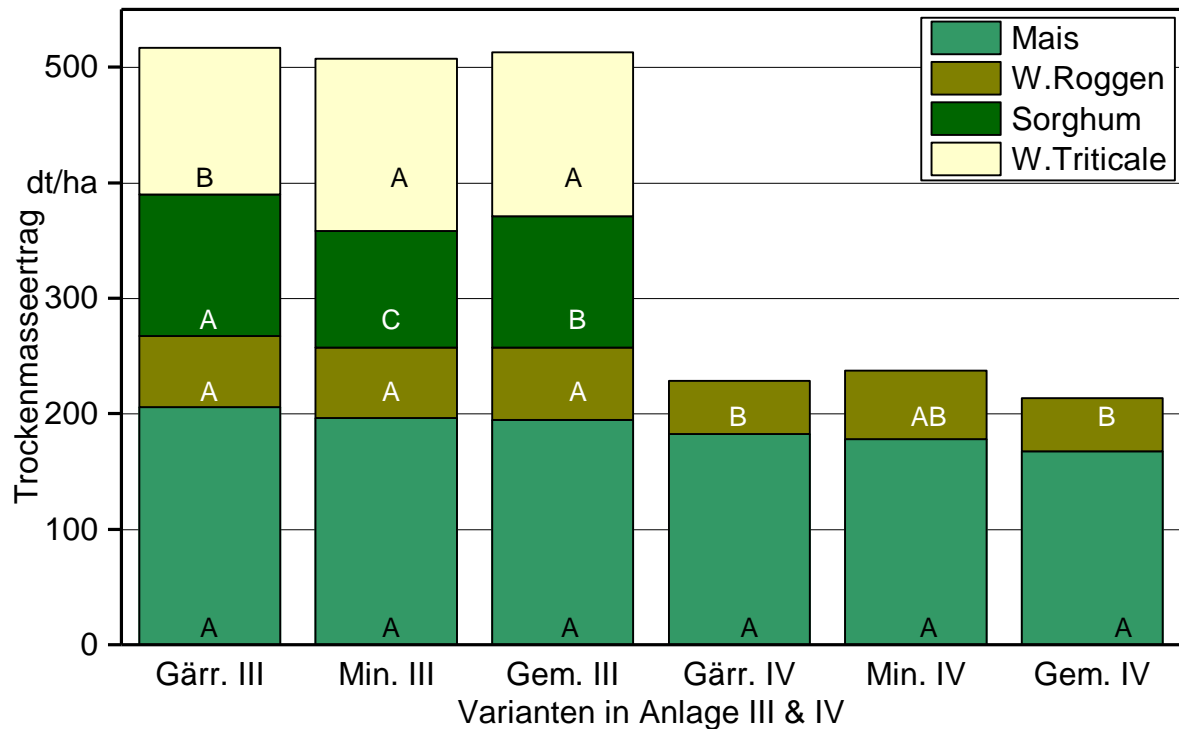


Abbildung 11: Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Gülzow, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen

In Gülzow zeigten sich laut Abbildung 11 nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Anlagen. Für die Kultur Sorghum war eine klare Signifikanzabstufung möglich: Gärrest lag vor gemischter Düngung gefolgt von mineralischer Düngung. Wintertriticale erbrachte hingegen signifikant weniger Ertrag unter Gärrestdüngung als die anderen Varianten. Der Ertrag lag dennoch auf überjährigem Standortniveau. Eine Tendenz zugunsten mineralischer Düngung zeichnete sich bei Winterroggen in Anlage IV ab, diese war jedoch nicht signifikant. Die Sorghumerträge aus Anlage IV waren zum Zeitpunkt der Berichtslegung (Datenbankextrakt 08.10.2015) nicht auswertbar.

6.5 Trossin

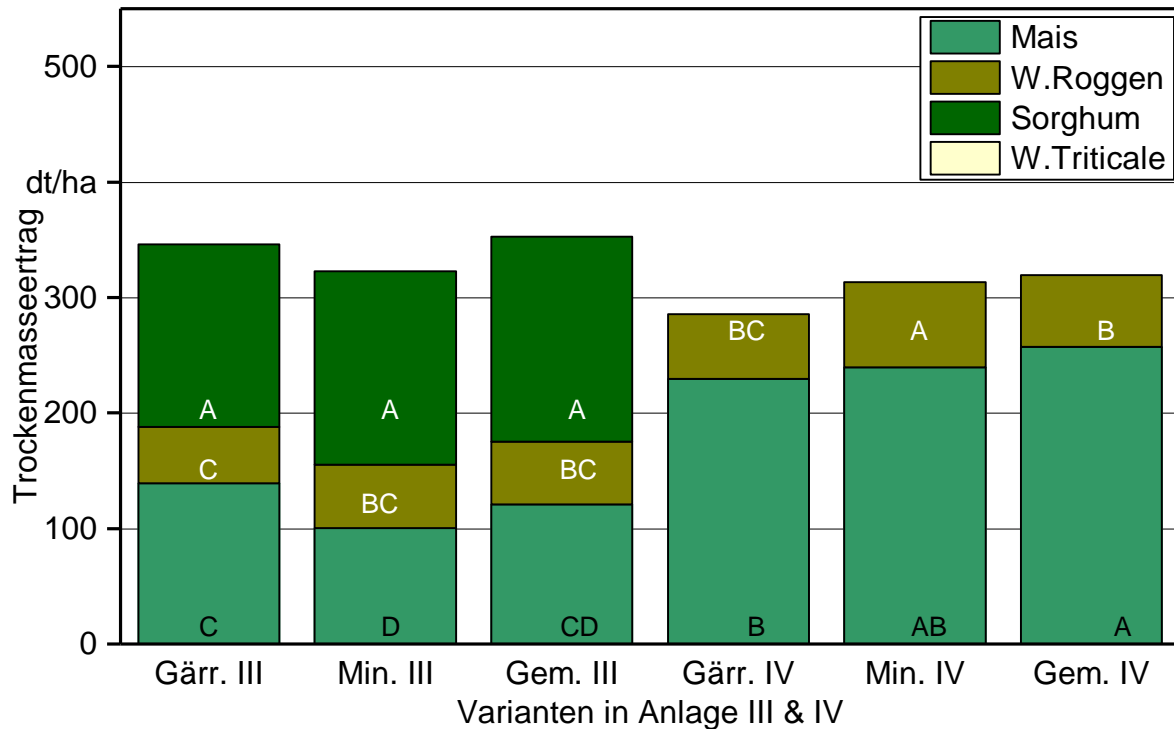


Abbildung 12: Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Trossin, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen

In Trossin waren, wie in Abbildung 12 dargestellt, hohe Mais- und Sorghumerträge im Jahr 2014 (Anlage IV bzw. III) zu verzeichnen. Mais war in Anlage III gärrestgedüngt signifikant ertragsstärker als bei mineralischer Düngung. In Anlage IV war dagegen die gemischt gedüngte Variante signifikant ertragsstärker als die Gärrestvariante. In Anlage IV zeigte der Winterroggen einen guten Feldaufgang und auch eine gute Bestandsentwicklung. Mitte Mai wurde standortüblich spät geerntet. Der Ertrag war insgesamt überdurchschnittlich. Eine eindeutige und signifikante Tendenz zugunsten mineralischer Düngung ist am Signifikanzunterschied ersichtlich. Dies kann mit der eingeschränkten Mineralisierung aufgrund des sehr trockenen Frühjahres und der sehr kurzen Wachstumszeit nach Düngergabe im März bzw. April begründet werden, da Stickstoff aus mineralischem Dünger sofort zur Verfügung steht. Die Sorghumerträge aus Anlage IV waren zum Zeitpunkt der Berichtslegung (Datenbankextrakt 08.10.2015) nicht auswertbar.

6.6 Werlte

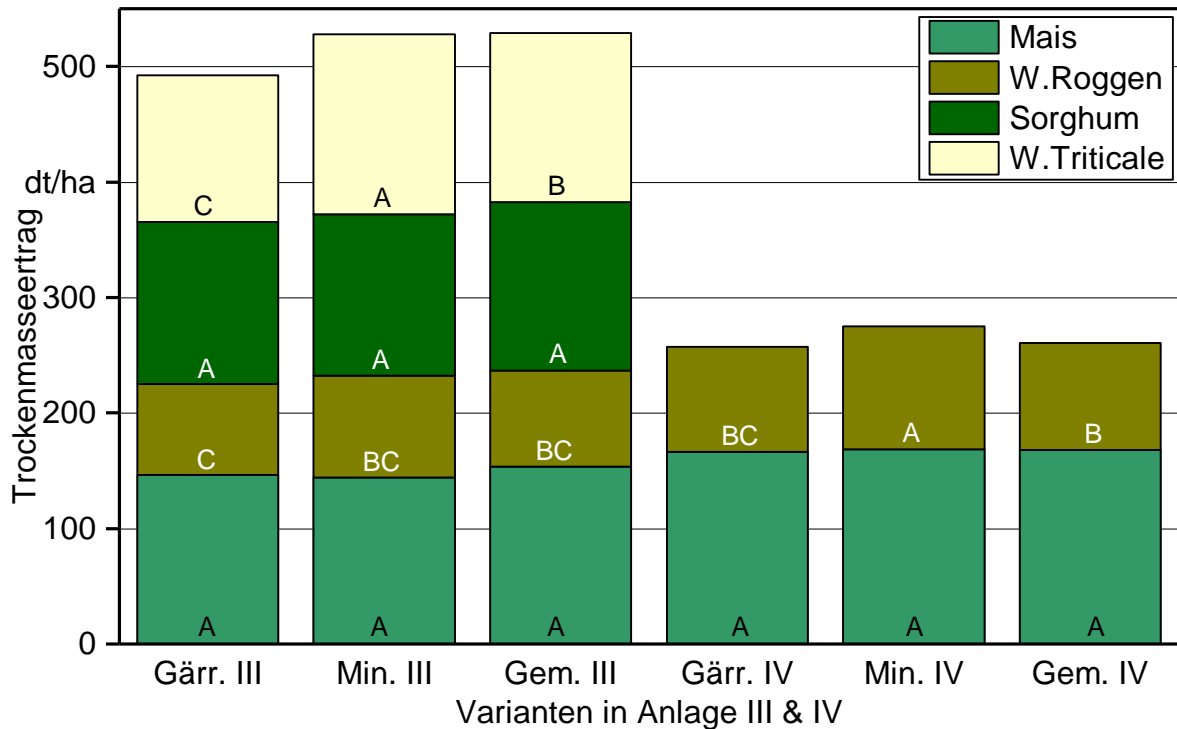


Abbildung 13: Trockenmasseerträge Kleiner Gärrest in Werlte, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einer Kultur über beide Anlagen

Für Standort Werlte sind in Abbildung 13 sehr einheitliche Erträge über alle Varianten und Anlagen zu sehen. Sorghum konnte in Anlage IV aufgrund starker Herbizidschäden nicht geerntet werden. Kältebedingt war die Jugendentwicklung aller Sorghumbestände sehr zögerlich, Unkräuter und Gräser konnten sich massiv entwickeln. Die Hirse wurde mit Gardo Gold plus Certrol B gespritzt. Sie vertrug diese Spritzung leider nicht. Danach wurde eine leichte Bodenbearbeitung (um die Gärrestdüngung nicht zu verzerren) durchgeführt. Die wiederholte Aussaat ging auch ein, da die Herbizide aufgrund der Trockenheit mit dem beginnenden Regen beim Auflaufen der zweiten Aussaat wieder richtig wirkten, siehe Abbildung 14. Winterroggen und Triticale zeigten signifikant höhere Erträge bei mineralischer Düngung als in der mit Gärrest gedüngten Variante.



Abbildung 14: Sorghumbestand mit Herbizidschäden in Werlte (Bild: Frerich Wilken)

7 Ergebnisse Großer Gärrest

Der Große Gärrest besteht aus einem Versuch mit den Kulturen Mais/Sorghum und Winterroggen als nachfolgende Winterzwischenfrucht sowie einem Versuch mit Wintertriticale und Weidelgras/Raps als Folgefrucht.

Im Teilversuch Mais/Sorghum werden unter verschiedenen Düngeregimen sieben Varianten der Kultur Mais und drei Varianten der Kultur Sorghum verglichen. Die vierte Variante der Kultur Mais dient dabei als ungedüngte Kontrolle. Mais und Sorghum setzten die organisch gedüngten Nährstoffe gut um. An den Standorten Ascha und Werlte sorgte die Nachlieferung des Bodens für eine gleichmäßige Ertragshöhe bei gedüngten und ungedüngten Varianten. Dies liegt im Versuchsdesign aufgrund der kurzen Projektlaufzeit begründet. Dadurch konnte ein geeignet langer Vorfruchtanbau zur ausreichenden Reduzierung der Bodennachlieferung nicht gewährleistet werden. In einigen Anlagen waren nach Ernte der Hauptfrucht hohe N_{min} -Werte zu verzeichnen. Eine Fixierung durch den folgenden Winterroggen konnte nur teilweise beobachtet werden.

Im Teilversuch Triticale werden sieben Düngewarianten der Kultur Triticale verglichen. Die erste Variante dient als ungedüngte Kontrolle. Die Varianten mit organischer Herbstdüngung zu Triticale weisen zum Vegetationsende erhöhte N_{min} -Gehalte im Boden auf. Eine gute Stickstoffaufnahme der Kultur war optisch nachweisbar. Am Ertrag waren standortübergreifend keine Unterschiede erkennbar. Da die Stickstoffgaben in vergleichbarer Menge erfolgten, ist von einer guten Verfügbarkeit von Gärreststickstoff auch für die Kultur Triticale auszugehen.

7.1 Ascha

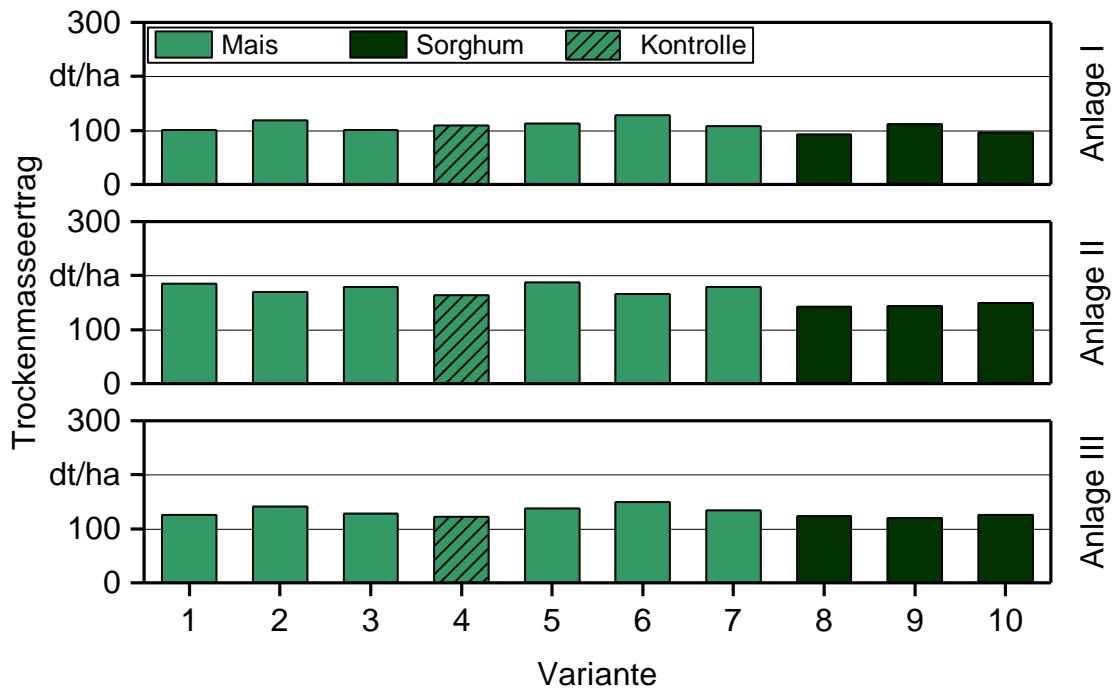


Abbildung 15: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Ascha

In Ascha erreichte Sorghum auch bei suboptimalen Witterungsbedingungen in Anlage I und III das Maisertragsniveau, sichtbar in Abbildung 15. Eine anlagenübergreifend ertragsstärkere Düngevariante war nicht nachweisbar. Die ungedüngte Kontrollvariante erreichte in jeder Anlage das Ertragsniveau der gedüngten Varianten. Dies kann durch die gute Nährstoffnachlieferung des Bodens begründet werden und mindert die Aussagekraft des Versuches in Bezug auf die unterschiedlichen Düngeregime.

Die Betrachtung der N_{\min} -Gehalte in Abbildung 16 ergibt kein einheitliches Bild. Ausgehend von einem relativ hohen Wert über 100 bis 150 kg/ha zur Maissaat sanken die Werte zum Probeschnitt Ende Juli zum größten Teil auf ein niedrigeres Niveau unter 100 kg/ha ab und stiegen schließlich bis zur Ernte Mitte September auf teilweise extreme Werte über 250 kg/ha an. Eine mögliche Begründung könnte die Mineralisierung während der langen Hitze- und Trockenperiode liefern. Unerklärlich ist jedoch der ebenfalls starke Anstieg der ungedüngten Kontrollvariante. Der Unterschied zwischen im Bestand und zur Saat ausgebrachtem Gärrest könnte durch stärkere Ausgasung der Ausbringung im Bestand begründet werden. Die Maiserträge liefern hierzu keine weitere Erklärung. Eine fortführende Betrachtung zur Winterzwischenfrucht wie geplant wäre sinnvoll, ist aufgrund der Nichtfortführung des Projektes aber nicht möglich.

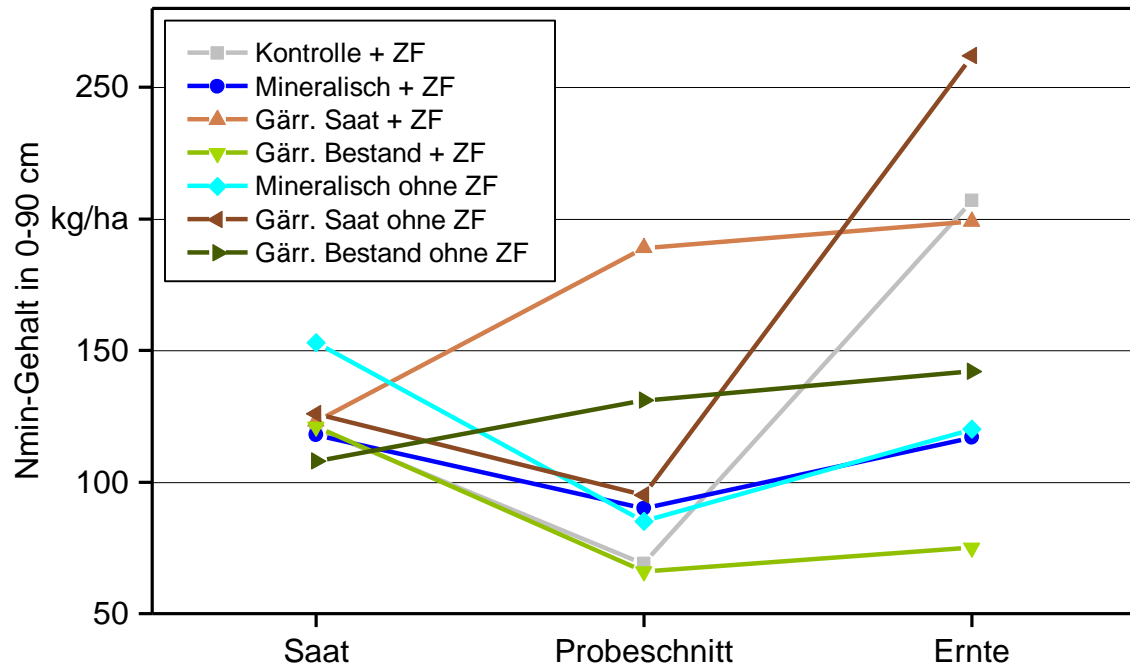


Abbildung 16: N_{min} -Gehalt in 0-90 cm der dritten Anlage Großer Gärrest Mais in Ascha

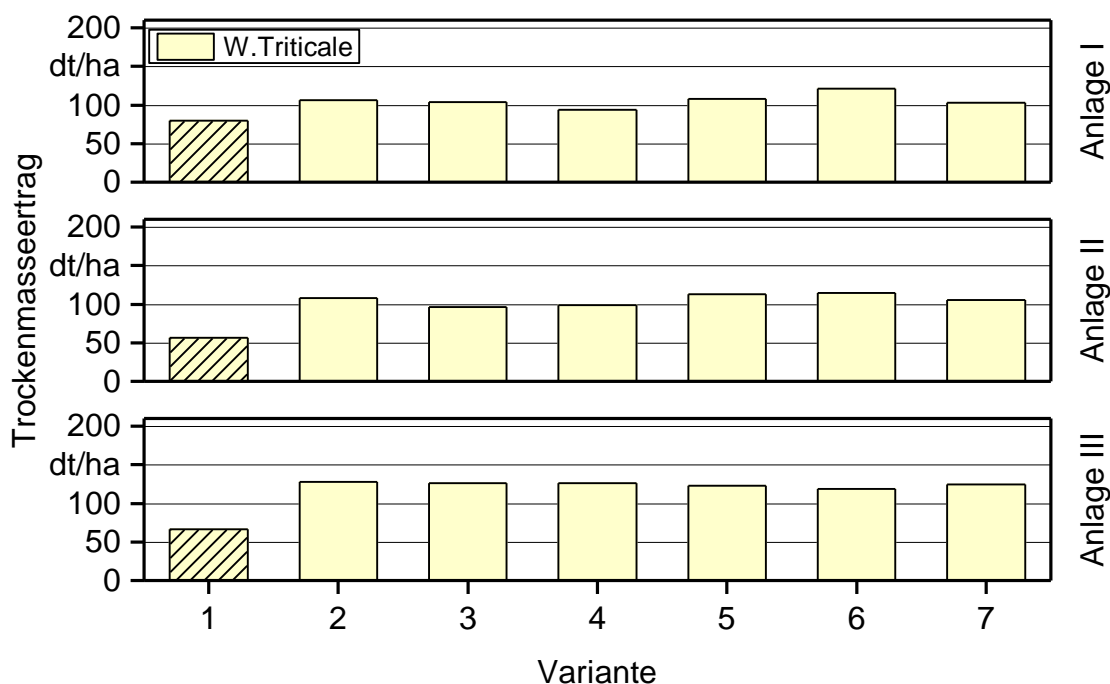


Abbildung 17: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Ascha

Im Teilversuch Triticale wurde diese als Ganzpflanze für die Silage geerntet. Die ersten beiden Anlagen Triticale in Abbildung 17 waren witterungsbedingt ertragschwächer als die dritte Anlage. Die Kontrolle wies in jeder Anlage den geringsten Ertrag auf, während die anderen Varianten auf einem Niveau lagen. Die Folgefrucht Weidelgras war aufgrund der anhaltenden Trockenheit bis zur Berichtslegung nicht erntewürdig und wurde deshalb nicht geschnitten (Abbildung 18 vom 08.10.2015).



Abbildung 18: Weidelgras nach Großem Gärrest Mais/Sorghum in Ascha (Bild: Jonas Haag)

Die Betrachtung der dieses Jahr abgeschlossenen zweiten Anlage bezüglich der enthaltenen N_{\min} -Gehalte in 0-90 cm in Abbildung 19 zeigt die sehr gute Folgefruchtwirkung des Weidelgrases. Die zu Triticaleernte eher hohen N_{\min} -Gehalte reduzieren sich wäh-

rend der Folgefrucht deutlich. Der Anstieg in der Gärrest + gemischt gedüngten Variante (brauner Punkt) ist durch die verzögerte Mineralisierung erklärbar.

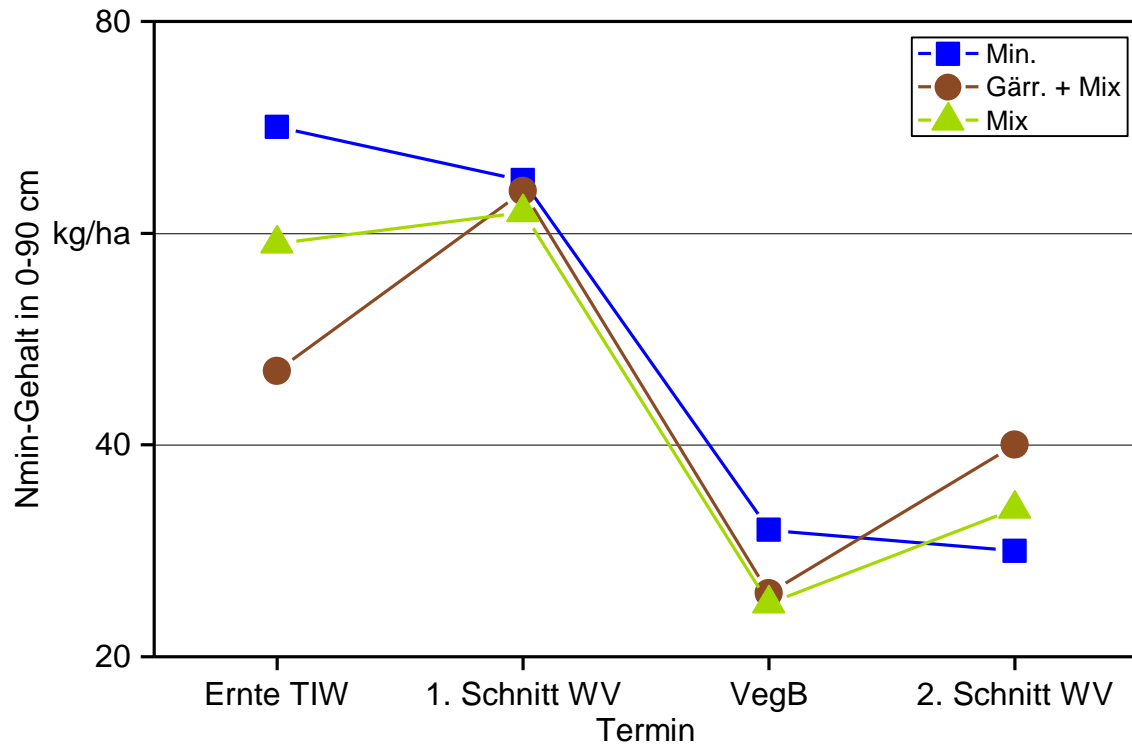


Abbildung 19: N_{min} -Gehalt in 0-90 cm der zweiten Anlage Großer Gärrest Mais in Ascha

7.2 Dornburg

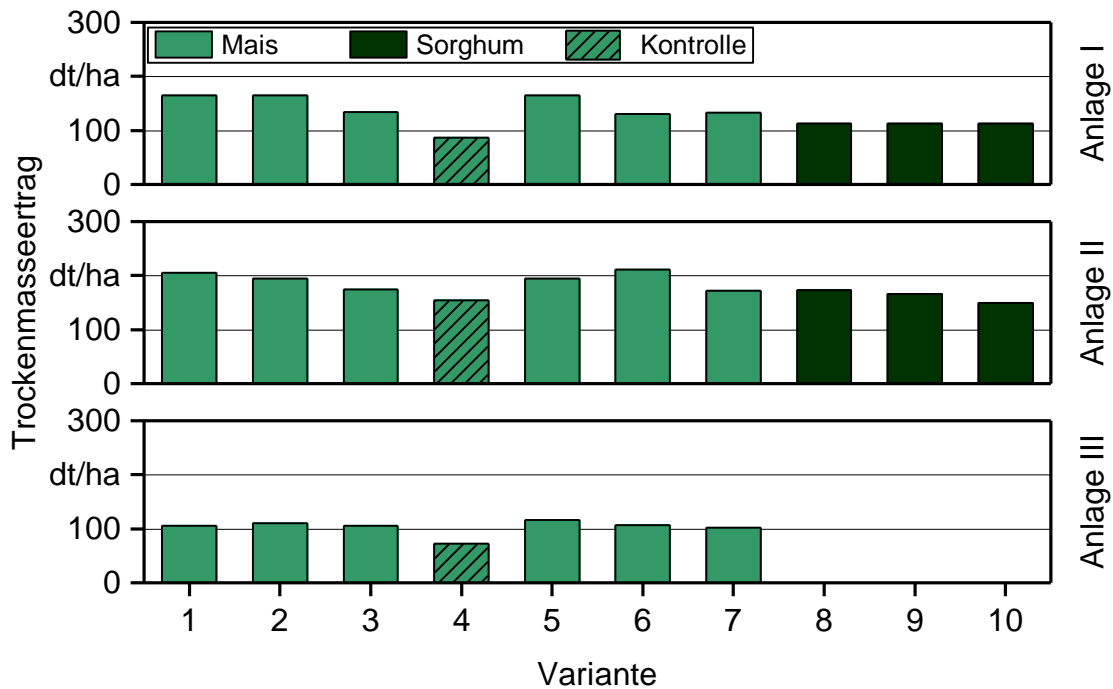


Abbildung 20: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Dornburg

In Dornburg war die ungedüngte Kontrollvariante in Abbildung 20 in allen Anlagen am Minderertrag gut zu erkennen. Die zweite Anlage hatte aufgrund der guten Witterung den höchsten Ertrag. In der dritten Anlage sorgte die lange Trockenphase in der Vegetationszeit für äußerst niedrige Maiserträge. Dies begann 2015 mit ungleichmäßigem Aufgang je nach Saatbett und Bodenschluss. Mit einsetzenden Niederschlägen zeigte sich verhaltene Entwicklung, welche bei späteren Hitzeperioden einhergehend mit Wassermangel weitestgehend stagnierte. Gleichzeitig waren Trockenstresssymptome wie Trockenstarre und teilweises Vergilben sichtbar. Dabei war die Kornbildung stark beeinträchtigt. In der Folge kam es bei niedrigen Wuchshöhen zu einer frühen Abreife bei vergleichsweise geringen Erträgen. Sorghum (nicht dargestellt) zeigte nach verspäteter Saatbettbereitung, aufgrund starker Trockenheit und Klutenbildung, Aufgang erst nach Niederschlagsereignissen mehr als 20 Tage nach der Aussaat. Danach entwickelte sich die Kultur trotz Trockenheit gut, wobei kaum Trockenstresssymptome sichtbar wurden. Die Erträge waren für Sorghum normal bis hoch.

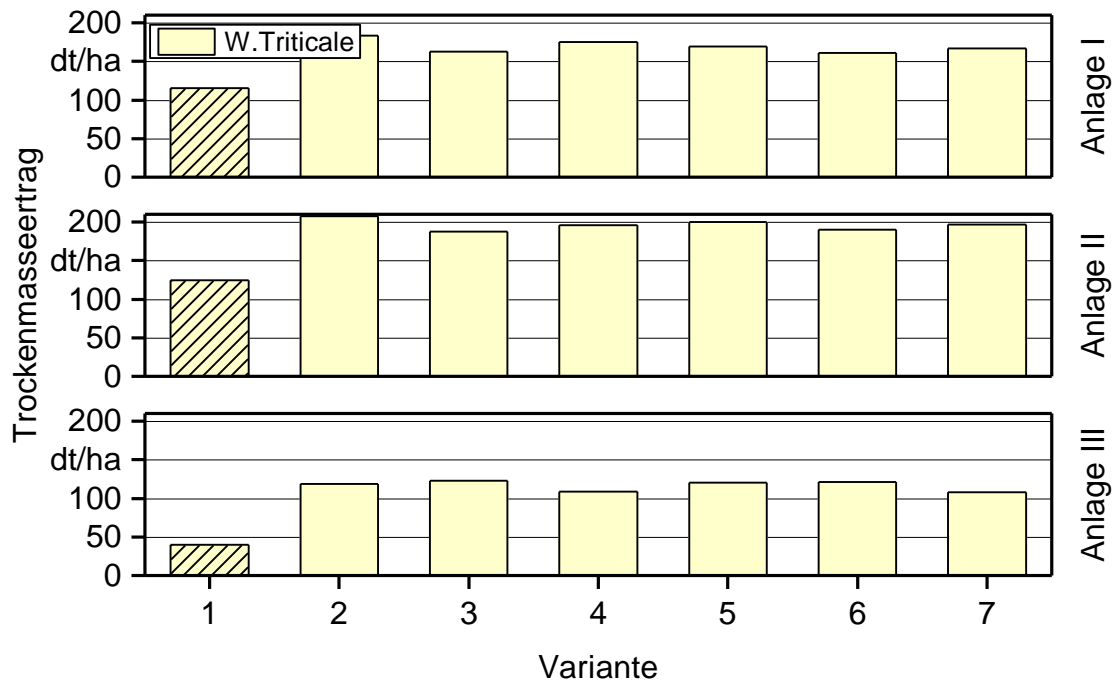


Abbildung 21: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Dornburg

Am Eliteweizenstandort Dornburg waren in Abbildung 21 die Triticaleerträge in den ersten beiden Anlagen erwartungsgemäß auf sehr hohem Niveau, bei bis zu 207 dt/ha Trockenmasse. Die schwachen Erträge in Anlage III lagen im trockenen Witterungsverlauf 2015 und der damit verbundenen geringen Grünmassebildung begründet. Die Triticale kam gut entwickelt ohne Auswinterungsschäden aus dem Winter. Die nachfolgende extreme Trockenheit sorgte für Triebreduktionen und dennoch gute Entwicklung. Diese lag wahrscheinlich an der guten Tiefenwurzelentwicklung der Bestände. Die moderaten Erträge lagen unterhalb des langjährigen Mittels 2005-2013 von 146 dt/ha Trockenmasse im Grundversuch.

7.3 Forchheim

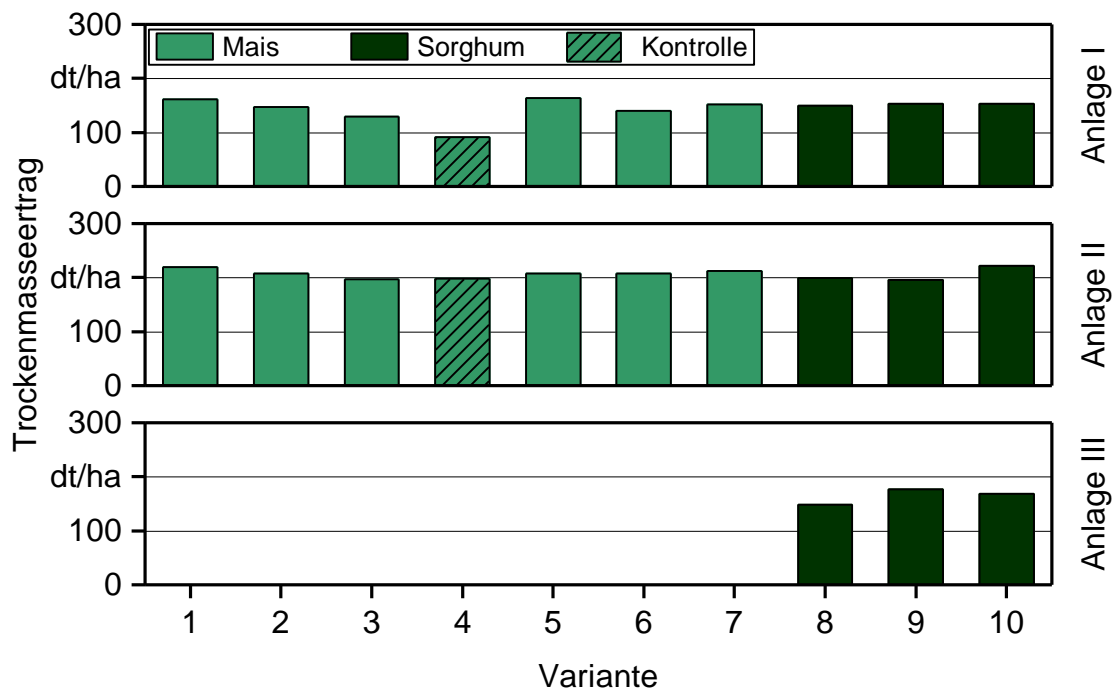


Abbildung 22: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Forchheim

Sorghum zeigte in Forchheim laut Abbildung 22 sehr gute Ertragswerte, die auf dem Niveau der Kultur Mais lagen. In der ersten Anlage zeigte die Kontrollvariante die erwarteten schwächsten Erträge, während in der zweiten Anlage alle Varianten unabhängig von Düngung und Kultur um 200 dt/ha Trockenmasseertrag lagen. Den höchsten Ertrag erreichte dabei Sorghum mit Gärrestdüngung in den Bestand mit 222 dt/ha Trockenmasse. In der dritten Anlage fand die Maisernte nach Berichtslegung statt und konnte deshalb nicht analysiert werden. Die zuvor starke Variante 10 wurde hier knapp von Variante 9 mit Gärrestdüngung vor Saat übertroffen.

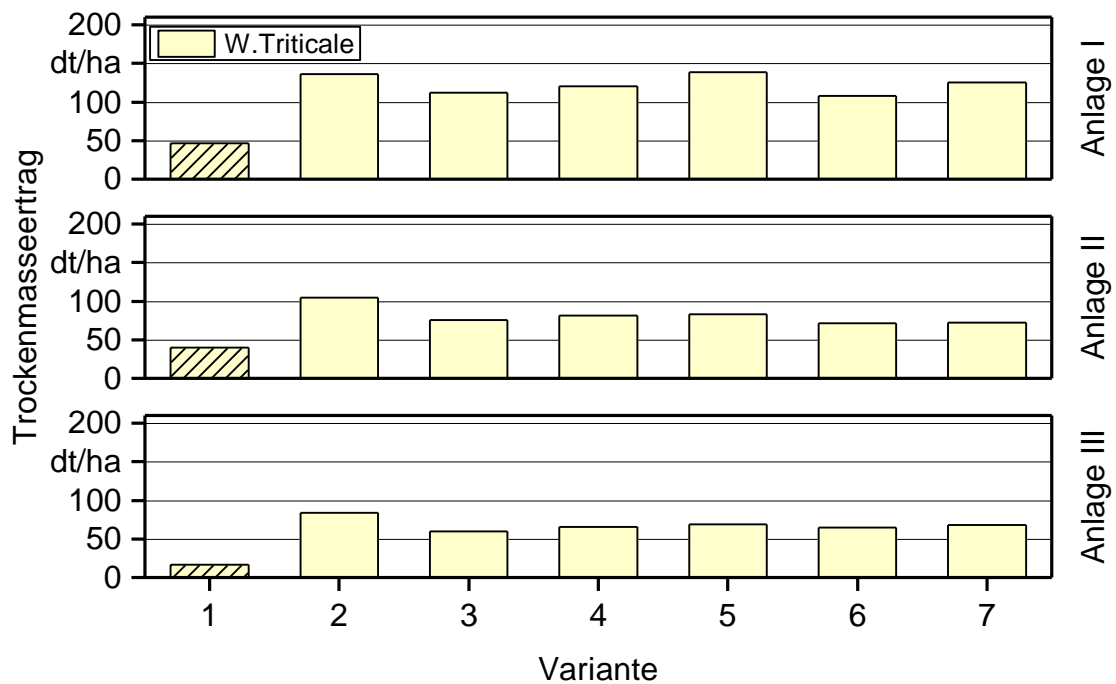


Abbildung 23: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Forchheim

Der Versuch mit Triticale zeigte wie in Abbildung 23 gezeigt in der ersten Anlage gute Erträge, die witterungsbedingt 2014 und 2015 in den Anlagen II und III nicht wiederholt werden konnten. Die Variante 2 mit mineralischer Düngung war anlagenübergreifend tendenziell am ertragsstärksten. Die Folgefrucht erreichte trotz Beregnung in Forchheim keinen erntewürdigen Bestand (Abbildung 24).



Abbildung 24: Weidelgras nach Großem Gärrest Triticale in Forchheim (Bild: Ernst Walter)

7.4 Gülzow

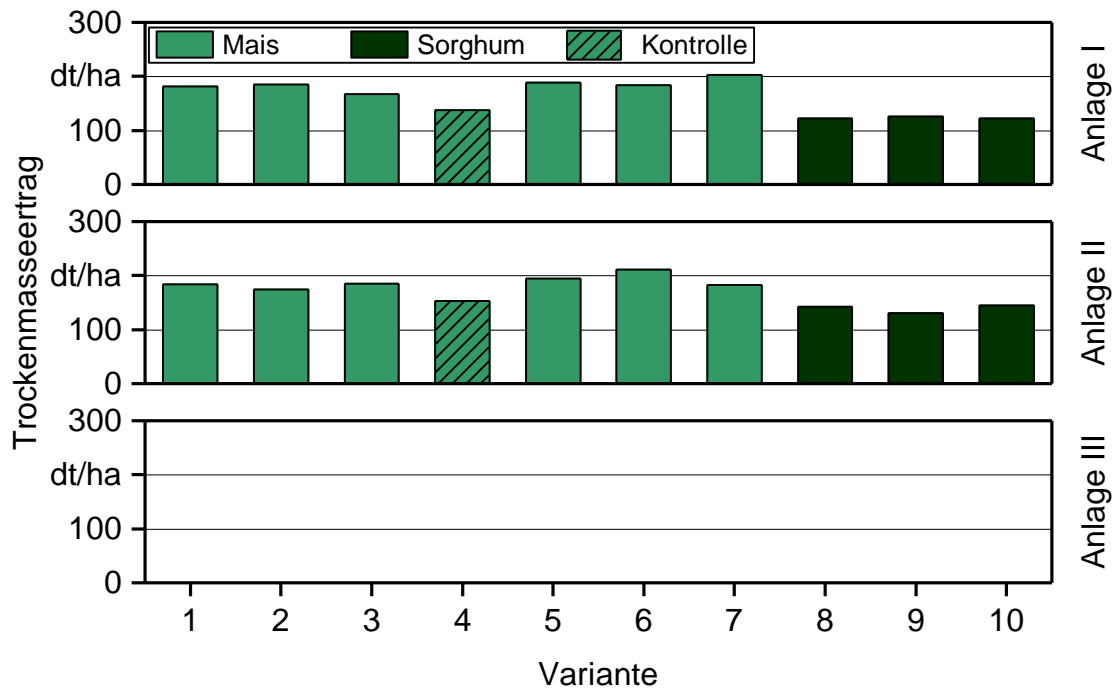


Abbildung 25: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Gülzow

In Gülzow war bei Sorghum in Anlagen I und II ein niedrigeres Ertragsniveau als bei der Kultur Mais zu verzeichnen, siehe Abbildung 25. Die ungedüngte Kontrollvariante übertraf in beiden Jahren die gedüngten Varianten der Kultur Sorghum. Anlage III war zum Zeitpunkt der Berichtslegung aufgrund relativ später Ernte und deshalb fehlender Datensätze nicht auswertbar.

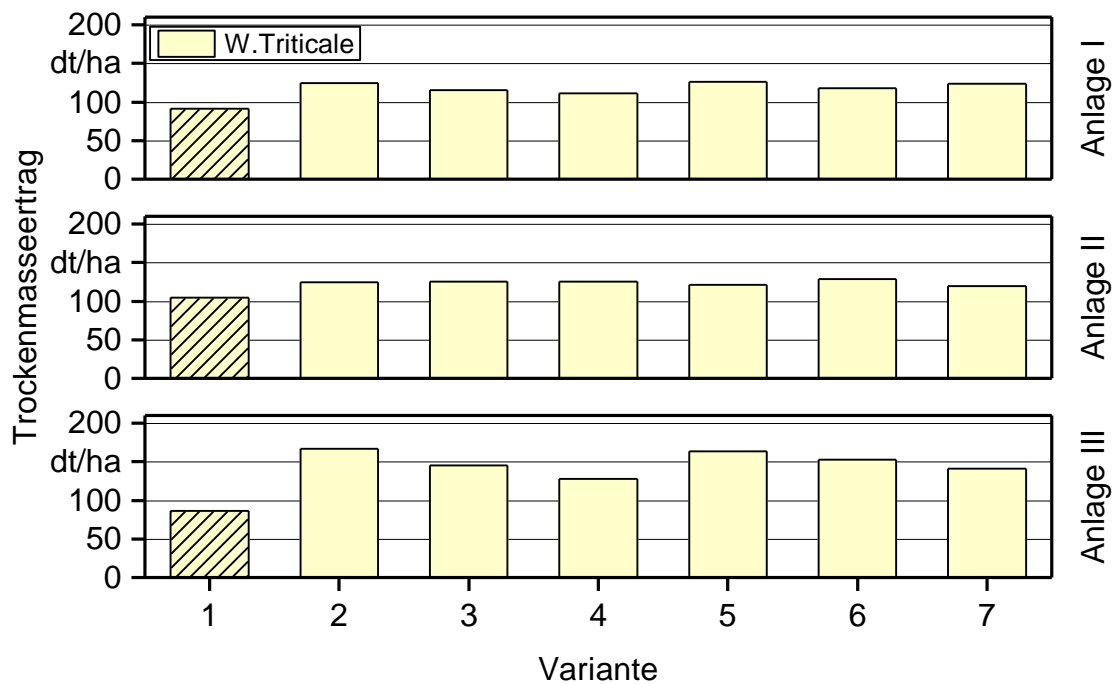


Abbildung 26: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Gülzow

Die Kultur Triticale zeigte Erträge über 100 dt/ha Trockenmasse in den ersten beiden Anlagen (Abbildung 26). In der zweiten Anlage erreichte die ungedüngte Variante fast das Ertragsniveau der anderen Varianten. In Anlagen I und III sind die mineralisch gedüngten Varianten 2 und 5 tendenziell am stärksten.

7.5 Werlte

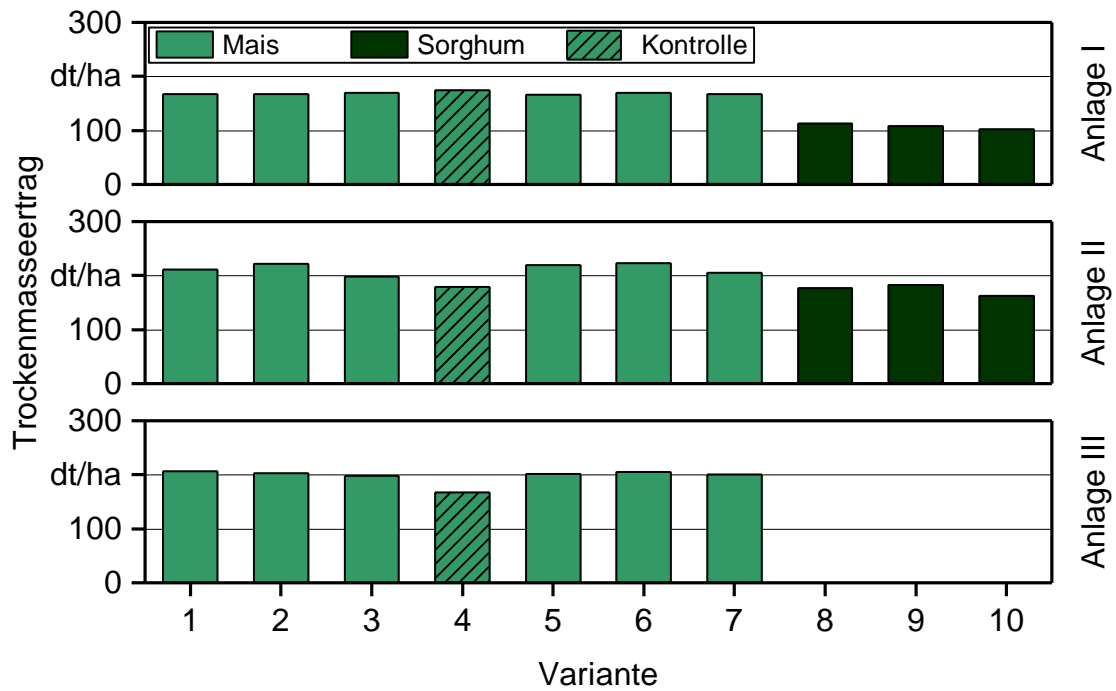


Abbildung 27: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Mais/Sorghum in Werlte

In Werlte waren die Erträge über alle Varianten, wie in Abbildung 27 sichtbar, sehr gleichmäßig. In Anlage III zeichnete sich die ungedüngte Kontrollvariante 4 deutlich ab. In derselben Anlage konnte Sorghum aufgrund von starker Schädigung durch Herbizideinsatz nicht geerntet werden. Genauere Beschreibung siehe Kapitel 6.6 Ergebnisse Kleiner Gärrest Werlte.

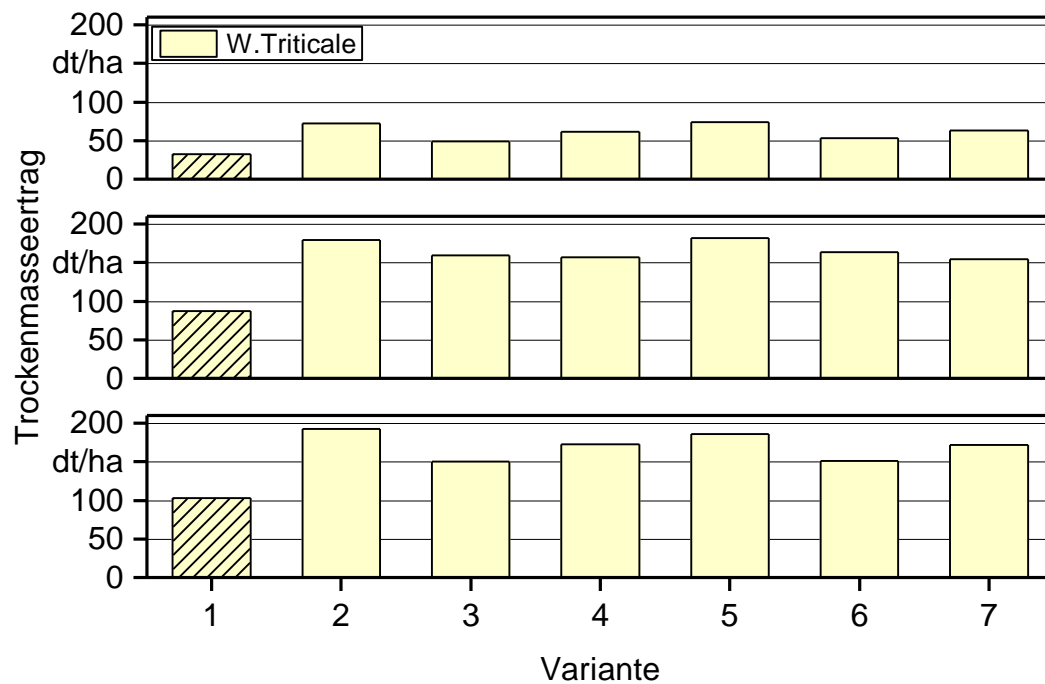


Abbildung 28: Trockenmasseerträge Großer Gärrest Triticale in Werlte

In Werlte war das Ertragsniveau der Anlagen sehr heterogen, siehe Abbildung 28. Anlage I erreichte keine 100 dt/ha Trockenmasse, wobei die mineralisch gedüngten Varianten 2 und 5 den höchsten Ertrag lieferten. In Anlage II und III erreichten alle gedüngten Varianten im Minimum 150 dt/ha Trockenmasse, wobei ebenfalls die beiden mineralisch gedüngten Varianten am ertragreichsten waren.

8 Quellenverzeichnis

- [1] BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF), ED, Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030: *Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft*. Bonn.
- [2] WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, ED, *Our common future*. Oxford: Oxford University Press, 1990.
- [3] BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL), ED, Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland: *Stand: November 2012*, 10th ed. Freising-Weihenstephan.
- [4] LICHTI, F.; WENDLAND, M.; SCHMIDHALTER, U.; OFFENBERGER, K, "Biogasgärrest effizient und nachhaltig einsetzen," in *Agrarforschung hat Zukunft*, Freising: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2013, pp. 123–132.
- [5] WRAGGE, V, "Gärprodukte aus Biogasanlagen im pflanzenbaulichen Stoffkreislauf," Dissertation, Landwirtschaftliche-Gärtnerische Fakultät, HUMBOLDT-UNIVERSITÄT, Berlin, 2013.
- [6] HARTMANN, M.; FREY, B.; MAYER, J.; MÄDER, P.; WIDMER, F, "Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming," (ENG), *The ISME journal*, 2014.
- [7] BURMEISTER, J.; WALTER, R, "Biogasgärreste und Bodentiere," *Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt*, vol. 203, no. 18, pp. 36–37, 2013.
- [8] KÖRSCHENS, M, "The importance of long-term field experiments for soil science and environmental research—a review," *Plant Soil Environment*, no. 52 (Special Issue), pp. 1–8, 2006.
- [9] WILLMS, M, "Humusbilanzen im Energiepflanzenanbau," *Mais - die Fachzeitschrift für Spezialisten*, vol. 40, no. 2, pp. 64–68, 2013.
- [10] KOLBE, H, "Humusbilanz im Maisbau: Wie kann die Humusreproduktion gestaltet werden?," *Innovation - Das Magazin für die Landwirtschaft*, vol. 2014, no. 4, pp. 19–23, 2014.
- [11] BECKER, C.; DÖHLER, H.; ECKEL, H.; FRÖBA, N.; GEORGIEVA, T.; GRUBE, J.; HARTMANN, S.; HAUPTMANN, A.; JÄGER, P.; KLAGES, S.; KRÖTZSCH, S.; SAUER, N.; NAKAZI, S.; NIEMANN, A.; ROTH, U.; WIRTH, B.; WULF, S.; XIN, Y, *Faustzahlen Biogas*. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), 2007.
- [12] EBERTSEDER, T, "Den Stickstoff der Gülle stabilisieren: Organische Düngemittel vor Nährstoffverlust schützen," *Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt*, no. 11, pp. 44–45, 2009.
- [13] LORENZ, H.; FISCHER, P.; PRÖTER, J.; LIEBETRAU, J, "Einfluss des Biogasprozesses auf die hygienische Qualität von Gärresten," in *Pflanzenbauliche Verwertung von*

Gärrückständen aus Biogasanlagen: Tagungsunterlagen, Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 2015, pp. 1–27.

- [14] WILLMS, M.; PETER, C.; PRESCHER, A.-K.; PLATEN, R.; GLEMNITZ, M, “Standortabhängige Bilanzierung ökologischer Faktoren beim Einsatz von Gärrückständen,” in *Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen: Tagungsunterlagen*, Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 2015, pp. 1–14.
- [15] HENKELMANN, G.; MEYER ZU KÖCKER, K.; GRONAUER, A.; EFFENBERGER, M.; HEUWINKEL, H.; LEBUHN, M, “Schlüsselparameter zur Kontrolle des Gärprozesses: Laboranalytik,” Freising III, 2010.
- [16] GLEMNITZ, M.; WILLMS, M.; PLATEN, R.; SPECKA, X.; PETER, C.; PRESCHER, A.-K.; VON BUTTLAR, C.; KRÄHLING, B, Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenbaus EVA II, Endbericht, Teilprojekt 2. Müncheberg, 2013.
- [17] DUFNER, J.; JENSEN, U.; SCHUMACHER, E, Statistik mit SAS, 3rd ed. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2004.

9 Anhang

Tabelle 5: Trockenmasseerträge Winterroggen nach Großem Gärrest Mais/Sorghum

Standort	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7	Var. 8	Var. 9	Var. 10
dt/ha Trockenmasse							
Ascha I	25	48	52	33	30	34	30
Ascha II	56	62	62	59	51	55	55
Dornburg I	27	45	35	52	34	41	45
Dornburg II	30	58	41	37	37	37	23
Forchheim I	6	6	6	6	6	6	6
Forchheim II	19	21	22	22	19	23	22

Tabelle 6: Trockenmasseerträge Weidelgras nach Großem Gärrest Triticale

Standort	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7
dt/ha Trockenmasse							
Ascha I	6	5	6	5	10	9	8
Ascha II	20	15	21	21	25	28	28
Ascha III	*	*	*	*	*	*	*
Forchheim I	2	2	4	4	7	8	8
Forchheim II	10	10	11	12	20	26	24
Werlte I	8	6	8	7	8	10	10
Werlte II	12	13	16	14	22	19	18

* kein erntewürdiger Bestand

Tabelle 7: Trockenmasseerträge Winterraps nach Großem Gärrest Triticale

Standort	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7
dt/ha Trockenmasse							
Dornburg I	61	63	73	58	90	83	76
Dornburg II	*	*	*	*	*	*	*
Gülzow I	*	*	*	*	*	*	*
Gülzow II	*	*	*	*	*	*	*

* zum 08.10.2015 keine Datenbankeinträge

Endbericht

Verbundvorhaben: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands – Phase III (EVA III)

Satellitenprojekt: Etablierung von mehrschnittigem Ackerfutter in Fruchtfolgen mit Energiepflanzen



Zuwendungsempfänger:

FKZ: 22006012

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Geschäftsbereich Landwirtschaft

Fachbereich Grünland und Futterbau

Projektkoordination: Herr Dr. Matthias Benke

Mars-La-Tour-Str. 1-13

26121 Oldenburg

Laufzeit des Vorhabens:

vom 01.04.2013 bis 30.11.2015

Berichtszeitraum:

vom 01.04.2013 bis 30.11.2015

Bearbeiter:

Tobias Glauert

Projektpartner:

- Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
- Humboldt-Universität zu Berlin (HU)
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)
- Technologie- und Förderzentrum Straubing (TFZ)
- Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
- Fachhochschule Kiel – Fachbereich Agrarwirtschaft
- Universität Rostock – Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Das Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
Anhangverzeichnis	III
1 Einleitung	1
2 Methodik	2
2.1 Charakteristik der Versuchsstandorte	2
2.2 Versuchsaufbau	5
3 Ergebnisse und Diskussion	6
3.1 Ertragsdarstellungen einzelner Standorte	6
3.1.1 Niedersachsen	7
3.1.2 Schleswig-Holstein	26
3.1.3 Mecklenburg-Vorpommern	33
3.1.4 Brandenburg	37
3.1.5 Thüringen	45
3.1.6 Bayern	59
4 Zusammenfassung	71
5 Anhang	73

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Standorte des Satellitenversuchs Ackerfutter	4
Abb. 2 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Werlte (NI).....	10
Abb. 3 TM-Erträge der Spätsommeransaaten und Frühjahrsansaaten in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Werlte (NI).....	13
Abb. 4 TM-Erträge der Blanksaaten nach GPS und nach Körnernutzung 2013 - 2015, Standort Werlte (NI)	14
Abb. 5 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Otterham (NI)	16
Abb. 6 TM-Erträge der Spätsommeransaaten und Frühjahrsansaaten in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Otterham (NI)	18
Abb. 7 TM-Erträge der Blanksaaten nach GPS und nach Körnernutzung 2013 - 2015, Standort Otterham (NI).....	19
Abb. 8 Rotkleegrasmischung als Einsaat in Mais, Standort Poppenburg (NI).....	20
Abb. 9 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Poppenburg (NI).....	22
Abb. 10 TM-Erträge der Spätsommeransaaten und Frühjahrsansaaten in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Poppenburg (NI).....	24
Abb. 11 TM-Erträge der Blanksaaten nach GPS und nach Körnernutzung 2013 - 2015, Standort Poppenburg (NI)	25
Abb. 12 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Lindenhof (SH).....	28
Abb. 13 TM-Erträge der Spätsommeransaaten und Frühjahrsansaaten in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Lindenhof (SH).....	31
Abb. 14 TM-Erträge der Blanksaaten nach GPS und nach Körnernutzung 2013 - 2015, Standort Lindenhof (SH).....	32
Abb. 15 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 + 2013, Standort Rostock (MV)	34
Abb. 16 TM-Erträge der Spätsommeransaaten, Frühjahrsansaaten, Blanksaaten nach GPS und nach Körnernutzung 2013 + 2014, Standort Rostock (MV).....	36
Abb. 17 Rotklee gras als Untersaat in Mais 2012, Standort Berge (BB),SCHMALER.....	38
Abb. 18 Ansaaten von Luzerne mit dem Saatpartner Sommergerste nach Trockenheit 2012, Standort Berge (BB), SCHMALER	39
Abb. 19 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaat und Einsaat im Mais 2012 - 2015, Standort Berge (BB)	40
Abb. 20 TM-Erträge der Spätsommeransaat in Getreide, Frühjahrsansaat in So-Gerste und Blanksaat nach GPS 2012 - 2015, Standort Berge (BB).....	41

Abb. 21 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaat und Einsaat im Mais 2012 - 2015, Standort Prenzlau (BB).....	43
Abb. 22 TM-Erträge der Spätsommeransaat in Getreide, Frühjahrsansaat in So-Gerste und Blanksaat nach GPS 2012 – 2015, Standort Prenzlau (BB)	44
Abb. 23 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Burkersdorf (TH).....	47
Abb. 24 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Burkersdorf (TH)	50
Abb. 25 TM-Erträge der Frühjahrsansaat in So-Gerste und Blanksaaten nach GPS 2012 - 2015, Standort Burkersdorf (TH)	51
Abb. 26 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Haufeld (TH).....	54
Abb. 27 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Haufeld (TH)	57
Abb. 28 TM-Erträge der Frühjahrsansaat in So-Gerste und Blanksaaten nach GPS 2012 - 2015, Standort Haufeld (TH)	58
Abb. 29 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2013 - 2015, Standort Ascha (BY).....	61
Abb. 30 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Ascha (BY).....	63
Abb. 31 TM-Erträge der Blanksaaten nach Wi-Roggen-GPS und Ansaaten in bzw. nach Wi-Triticale-GPS 2013 - 2015, Standort Ascha (BY).....	64
Abb. 32 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2013 - 2015, Standort Grub (BY).....	66
Abb. 33 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Grub (BY).....	69
Abb. 34 TM-Erträge der Blanksaaten nach Wi-Roggen-GPS und Ansaaten in bzw. nach Wi-Triticale-GPS 2013 - 2015, Standort Grub (BY).....	70

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Standortangaben des Satellitenversuchs Ackerfutter	2
Tab. 2 Versuchsaufbau	6

Anhangverzeichnis

Anh. 1 Ansaatverfahren an den Prüfstandorten.....	73
---	----

1 Einleitung

In diesem auf drei Hauptnutzungsjahre ausgelegten Versuchsvorhaben sollte untersucht werden, wie Ackerfuttermischungen unter optimaler Ausnutzung der Vegetationszeit in bestehende „Biogasfruchtfolgen“ integriert werden können. Die Frage nach geeigneten Mischungen und deren Ertragssicherheit stand in EVA I und II im Vordergrund. Im Satellitenprojekt im Rahmen von EVA III lag der Fokus auf der Prüfung der effizienten Etablierung von den in den unterschiedlichen Regionen bereits erfolgreich geprüften Ansaatmischungen. Die Integrierung von mehrschnittigem Ackerfutter in Energiepflanzenfruchtfolgen hat vor dem Hintergrund positiver Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität eine große Bedeutung. Derartige Fruchtfolgeglieder unterstützen die Humusproduktion, ein wichtiger Aspekt in den zumeist humuszehrenden Energiepflanzenfruchtfolgen. Ein besonderes Potenzial liegt in Gemischtbetrieben, die die Aufwüchse sowohl in der Viehfütterung als auch als Substrat in der Biogasanlage nutzen möchten. Des Weiteren können reduzierte Kosten bei der verminderten Bodenbearbeitung durchaus einen Vorteil darstellen. Hinzu kommt die gesetzliche Vorgabe aus dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) 2012. Dort ist die sogenannte „Maisdeckelung“ festgeschrieben, bei Neuanlagen darf der Mais einen Massenanteil von 60 % nicht überschreiten.

Es wurde unterschiedlichen Fragestellungen nachgegangen. Zum einen, inwiefern sich Einsaaten in Mais und Getreide etablieren lassen und zum anderen, welche Ansaatmischungen für derartige Verfahren am besten geeignet sind. Es wurden schwerpunktmäßig Mischungen geprüft, die sich schon in den vorhergegangenen Projektphasen als leistungsstark gezeigt haben. Im Zentrum der Betrachtung lagen Leguminosen-Mischungen (Kleegras, Luzernegras), die im EEG 2012 in der sogenannten Einsatzstoffvergütungsklasse (ESK) II geführt werden. Ein ökonomischer Anreiz ist für den Landwirt aber nur gegeben, wenn der Anbau nicht ausschließlich als Zwischenfrucht, sondern auch als überjähriger Ackerfutterbau förderungswürdig ist.

In EVA III wurde für den Bereich Ackerfuttermischungen ein neues Konzept begonnen. Im Vordergrund des Ackerfuttersatelliten im Rahmen von EVA III stehen die sichere Etablierung von Ackerfuttermischungen und optimale Ausnutzung der Vegetationszeit innerhalb von Biogasfruchtfolgen.

Diesbezüglich wurden klassische Blanksaatverfahren von Ackerfuttermischungen mit unterschiedlichen Getreidevornutzungen (GPS/ Körner) sowie zeitlich differenziert Ein- bzw. Untersaatvarianten in Getreide geprüft. Maisuntersaaten komplettierten den Bereich. Um eine überjährige Nutzung zu gewährleisten, mussten z.B. die Untersaaten in Getreide bis

2014 beerntet werden. Eine 3-malige Anlage aller Ansaatvarianten war nötig um eine abschließende Bewertung durchführen zu können. Das Gesamtprojekt wurde allerdings nicht über den 30.11.2015 verlängert. Somit konnte die 3. Anlage nicht bis 2016 weitergeführt werden.

Die Konzeption des Satellitenprojektes beruhte auf dem EEG 2012, in dem es noch die Einsatzstoffvergütungskategorie II für Leguminosen und Leguminosenmischungen gab. Obwohl diese Vorgaben inzwischen überholt sind, ist im Rahmen von Greening-Maßnahmen der Part Untersaaten nach wie vor von großer Bedeutung, weil im Gegensatz zum Zwischenfruchtanbau Untersaaten im Folgejahr genutzt werden dürfen. Neben der reinen Ertragsleistung spielen weitere positive Aspekte, wie Nährstoffspeicherung über Winter, zeitlich differenzierte Gärrestaubsbringung und effiziente Ausnutzung der Vegetationszeit, sowie durch die Anbaudiversifizierung eine breiter aufgestellte Substratversorgung eine große Rolle.

2 Methodik

2.1 Charakteristik der Versuchsstandorte

Die 11 beteiligten Versuchsstandorte (s. Tab. 1 und Abb. 1) verteilen sich auf sechs Bundesländer und repräsentieren unterschiedliche Boden- und Klimaregionen Deutschlands. Es handelt sich größtenteils um bekannte Standorte, an denen auch schon in den vorherigen Projektphasen Prüfungen durchgeführt wurden.

Tab. 1 Standortangaben des Satellitenversuchs Ackerfutter

Bundesland		Höhe [m ü. NN]	Bodenart	Ackerzahl	Jahresdurchschnitts- temperatur [°C], lj. Mittel	Jahresnieder- schlags- summe [mm], lj. Mittel
Ort	Kreis					
Niedersachsen						
Werlte	Emsland	32	hum. Sand	40	9,0	768
Otterham	Aurich	1	Seemarsch	80	9,1	837
Poppenburg	Hildesheim	64	Lehm	85	8,2	600
Schleswig-Holstein						
Lindenhof	Rendsburg-Eckernförde	15	lehm. Sand / sand. Lehm	50	8,8	826
Mecklenburg-Vorpommern						
Rostock	Rostock	21	lehm. Sand	48	8,1	593
Brandenburg						
Berge	Havelland	40	D/ lehm. Sand	40	9,3	502
Prenzlau	Uckermark	30	sand. Lehm	52	8,3	498
Thüringen						
Burkersdorf	Saale-Orla-Kreis	440	sand. Lehm	36	7,0	642
Haufeld	Saalfeld-Rudolstadt	430	Lehm	31-68	7,0	635
Bayern						
Ascha	Straubing-Bogen	339	lehm. Sand	47	7,5	807
Grub	Ebersberg	525	sand. Lehm	54	8,9	857

Die in **Niedersachsen** ausgewählten Versuchsstandorte stehen stellvertretend für die wichtigsten Standortgruppen bzgl. der Bodenart. Als Beispielstandort für die humosen Sandböden in einer Futterbau-Veredelungsregion steht **Werlte** im niedersächsischen Emsland. **Otterham** fungiert als Vertreter für die jungen Marschböden maritim geprägter Klimaräume. Neu hinzugekommen ist **Poppenburg** in der Hildesheimer Börde als Repräsentant der besseren Böden in der südhannoverschen Ackerbauregion.

Das Versuchsfeld **Lindenhof** der Fachhochschule Kiel in **Schleswig-Holstein** steht beispielhaft für die maritim geprägten Klimaregionen, mit über 826 mm Niederschlag und durchschnittlichen Temperaturen von 8,0° C. Die Bodenart ist lehmiger Sand bis sandiger Lehm und ist durchschnittlich mit 50 Punkten bewertet. Der Vegetationsbeginn setzt hier, bedingt durch die Lage von 14 m über dem Meeresspiegel und der daraus resultierenden Windoffenheit, relativ spät ein.

Der Versuchsstandort **Rostock** in **Mecklenburg-Vorpommern** ist charakterisiert durch eine langjährige Durchschnittstemperatur von 8,1 °C bei einer Jahresniederschlagssumme von 593 mm. Bei der vorherrschenden Bodenart handelt es sich um anlehmigen bis stark lehmigen Sand. Das Klima unterliegt einem stark maritimen Einfluss.

Die Standorte **Berge** und **Prenzlau** in **Brandenburg** gelten als eher trockene Standorte mit durchschnittlich 500 mm Jahresniederschlag und mit einer langjährigen Durchschnittstemperatur von 9,3 °C (Berge) bzw. 8,3 °C (Prenzlau). Am Versuchsstandort Berge herrschen lehmige Sande mit einer Ackerzahl von 40 vor. In Prenzlau ist vornehmlich sandiger Lehm mit Ackerzahl von 52 vorzufinden. Er ist repräsentativ für die lehmigen Sandstandorte Ostdeutschlands.

Als Standorte in **Thüringen** wurden **Burkersdorf** als sogenannter futterwüchsiger Übergangstandort zum Vorgebirge und **Haufeld** als klassischer Luzernestandort, der oftmals von Sommertrockenheit geprägt ist, ausgewählt.

Das Bundesland **Bayern** ist mit zwei Versuchsstandorten vertreten. Der Standort **Ascha** im vorderen Bayrischen Wald, steht für die Standorte mit lehmigen Sanden und Ackerzahlen über 40. Als zweiter Prüfstandort wurde **Grub**, im oberbayrischen Landkreis Ebersberg bei München ausgewählt, der mit 850 mm die höchste durchschnittliche Niederschlagssumme aufweist.



Abb. 1 Standorte des Satellitenversuchs Ackerfutter

2.2 Versuchsaufbau

In diesem Versuchsvorhaben sollte geprüft werden, welche Ansaatverfahren für die Etablierung unterschiedlicher Ackerfuttermischungen in Kombination einer Fruchtfolgegestaltung mit Mais und Getreideanbau möglich sind. Dabei standen neben dem Blanksaatverfahren auch verschiedene Untersaatverfahren zur Überprüfung. Zur Auswahl standen verschiedene Ansaatmischungen, neben reinen Gräsermischungen auch Leguminosenmischungen bzw. Luzerne-Reinsaat. Die Bemessung der Stickstoffdüngung war dabei arten- und standortspezifisch durchgeführt worden. Der Versuchsaufbau ist in Tabelle 2 dargestellt.

Die Anlage der Versuche sollte möglichst mit der Blanksaat der Mischungen sowie mit der Aussaat des Maises und anschließender Einsaat im Frühjahr 2012 beginnen. Dieser vorzeitige Maßnahmenbeginn konnte nicht an allen Standorten realisiert werden, was in den Ergebnisdarstellungen in Kapitel 3 deutlich wird. Im Frühjahr bzw. Herbst 2012 wurde Mais bzw. Wintergetreide angelegt, in denen Einsaatvarianten im Vergleich zu Blanksaatvarianten geprüft werden. Die Variante „Frühjahrsblanksaat“ konnte an den drei niedersächsischen Standorten schon 2012 angelegt und 3-schnittig beerntet werden. In den anderen Bundesländern erfolgte der Projektbeginn im Herbst mit der Getreideaussaat (inkl. Untersaat).

Nach der Getreideernte (GPS und Korn) folgte die Nutzung der Gräser bzw. Leguminosen (ca. 2 Schnitte) in 2013, die als Untersaaten bzw. Blanksaaten bestellt wurden. Danach sollen alle Varianten in wenigstens einem Hauptnutzungsjahr geerntet werden.

Auf eine unterschiedliche Schnittnutzung wurde bis auf den Standort Berge in Brandenburg verzichtet. Das bedeutet, dass die Ackerfuttermischungen ertragsbetont (ca. 3 bis 4 Schnitte pro Hauptnutzungsjahr) beerntet wurden. Lediglich in Berge wurde der Faktor Schnittnutzung geprüft, um unter anderem Probenmaterial verschiedener Schnittregime für Silage- und Batch-Untersuchungen am ATB Potsdam-Bornim zur Verfügung zu stellen.

Da die Etablierung von Ackerfuttermischungen im Vordergrund stand, wurde die Versuchsanlage mit Vorfrucht und anschließender Nutzung des Ackerfutters bis zu dreimal wiederholt (3 Rotationen). Am Standort Berge und Prenzlau werden die Versuche nur einmalig angelegt und durchlaufen nur eine Rotation.

Die Versuche sind nur teilrandomisiert angelegt worden, wobei die Ansaatverfahren bei Mais bzw. Getreide als Großparzellen anzusehen sind. Als Einzelparzellengröße ist von 4,50 m Breite und mind. 6 m Länge auszugehen.

Eine detailliertere Aufstellung der an den einzelnen Standorten angelegten Ansaatvarianten und Mischungen ist im Anhang zu finden.

Tab. 2 Versuchsaufbau

Faktor	Stufen
A: Saatverfahren	Frühjahrsblanksaat*
	Einsaart in Mais*
	Spätsommeransaart mit Getreide*
	Frühjahrsansaart in Wi.-Roggen
	Blanksaat nach GPS (Spätsommer)*
	Blanksaat nach Körnernutzung Getreide
	Einsaart in Mais zum 2. Termin (nur BY)
	Frühjahrsansaart in So.-Gerste (nur TH und BB)
B: Mischung	Rotkleeegrasmischung (A3 + RK)*
	Luzernegras (LG)*
	Luzerne-Reinsaart (L)
	Welsches Weidelgras plus Bastardweidelgras (WW + WB)
C: Schnittregime	ertragsbetonte Biogasnutzung (ca. 3-4 Schnitte)*
	früher Schnitt (BBCH 49-51) wiederkäuergerecht
Referenz:	GPS ohne Untersaat
	Mais ohne Untersaat

* = orthogonale Varianten, werden auf allen Standorten geprüft

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ertragsdarstellungen einzelner Standorte

Zur Ertragsbestimmung wurden an den Prüfstandorten zu jedem Schnitt Frischmasseproben aus den angebauten Varianten gezogen und zur Trockenmassebestimmung (TM) bis zur Gewichtskonstanz im Trockenschrank getrocknet. Aus den ermittelten Werten erfolgte die Bestimmung des Trockenmasseertrages je Hektar (dt TM/ha).

Im Folgenden werden die Erträge der einzelnen Standorte des Ackerfuttersatelliten über den Projektzeitraum dargestellt. Eine gemeinsame Darstellung aller Standorte ist schwierig, weil sich zum einen die Aussaatvarianten und angebauten Mischungen unterscheiden und zum anderen die Anlagen nicht zeitgleich begonnen wurden. Hinzu kommt, dass die 3. Rotation aufgrund des Projektendes in 2015 nicht zum Abschluss (Beerntung bis 2016) gebracht werden konnte sowie an einzelnen Standorten nur eine einmalige Anlage der Ansaatvarianten erfolgte. Darauf wird in den einzelnen Länderkapiteln eingegangen.

3.1.1 Niedersachsen

In Niedersachsen konnte der Projektbeginn auf den drei Prüfstandorten (**Werlte**, **Otterham** und **Poppenburg**) in 2012 realisiert werden. Im Frühjahr 2012 erfolgte die Aussaat/Ernte der Frühjahrsblanksaaten sowie die Maisaussaat/-ernte und Einbringung der Untersaaten im 5-6-Blattstadium des Maises. Die Aufwüchse der Mais-Untersaaten konnten im Anlagejahr aufgrund der nicht ausreichenden Etablierung noch nicht beerntet werden. Im Herbst wurden abschließend alle vorgesehenen Getreidevarianten ausgesät.

Im Jahr 2013 wurde im März mit der Einbringung der Einsaaten in den Winterroggen der sogenannten Variante „Frühjahrseinsaat in Wi-Roggen“ (1. Anlage) begonnen. Anschließend erfolgte synchron zur 1. Anlage in 2012 die 2. Anlage der Frühjahrsblanksaaten mit den vier Ackerfuttermischungen (s. Tab. 2) und die 2. Anlage der Maisvarianten. Im weiteren Vegetationsverlauf wurden die GPS-Varianten im Juni beerntet, sowohl die Varianten mit und ohne Untersaaten. Des Weiteren stand die weitere Vegetationszeit für das Wachstum und die Beerntung der Einsaaten zur Verfügung. Die Beerntung des Winterroggens in der Variante „Spätsommerblanksaat nach WR-Körnernutzung“ erfolgte zur Druschreife im August 2013) mit anschließender Aussaat der Ackerfuttermischungen. Im Herbst folgte die Anlage der 2. Rotation der Getreidevarianten.

Im Jahr 2014 wurden ähnlich zum Vorjahr die Einsaaten im Getreide (2. Anlage) realisiert sowie die letztmalige Aussaat der Frühjahrsblanksaaten (3. Anlage) und die des Maises sowie der Untersaaten vollbracht. Im weiteren Jahresverlauf fanden die Beerntung der GPS-Körner- und Maisvarianten sowie die mehrmaligen Ackerfutterschnitte statt. Im Herbst wurden die Getreidevarianten im Rahmen der 3. Anlage ein letztes Mal angelegt.

2015 wurden die letztmaligen Beerntungen (Wi-Roggen-GPS der 3. Anlage, Ein-/ Ansaaten im/nach Getreide-GPS/Körnernutzung der 2. Anlage, Frühjahrsblanksaaten, Untersaaten in Mais der 3. Anlage) vorgenommen. Eine Aussaat erfolgte nicht mehr.

Werlte

Auf dem Versuchsstandort in Werlte wurde mit dem Satellitenversuch „Ackerfutter“ wie an allen niedersächsischen Standorten mit einem vorzeitigen Maßnahmenbeginn in 2012 begonnen. Die Frühjahrsblanksaaten und die Maisaussaat erfolgte Ende April. Die Getreidevarianten wurden Anfang Oktober desselben Jahres angelegt.

Die Frühjahrsblanksaaten konnten in ihrem Etablierungsjahr dreischnittig beerntet werden. Ein Vorteil ist bei der Etablierung und den Erträgen der Gräsermischung (WW + WB) zu erkennen, die besonders mit den ersten beiden Schnitten den größten Teil ihres

Jahresertrages (112 dt TM/ha) generieren konnte. Nur die Kleeegrasmischung erreichte mit 92 dt TM-Ertrag ein ähnliches Ergebnis. Die Luzernegrasmischung sowie die Luzernereinsaat überzeugten nur im ersten Aufwuchs auf einem Niveau mit der B 1 und B 4, nahmen aber im weiteren Verlauf der Entwicklung ab. Zur Ernte in 2013, die vierschnittig vollzogen wurde, ergab sich ein ähnliches Bild (s. Abb. 2).

Bei der 2. Anlage (2013) der Frühjahrsblanksaaten (2013) war eine ähnliche Rangierung zugunsten der Gräsermischung zu erkennen. Von den Frühjahrsblanksaaten aus 2013 konnte im 2. Nutzungsjahr die Weidelgras betonte Mischung (Welsches u. Bastardweidelgras) mit 156 dt TM/ha die besten Erträge liefern. Aber auch die A 3 plus Rotklee Mischung erreichte 133 dt TM/ha. Die Luzernegrasmischung und die reine Luzerne hingegen erzielten geringe Leistungen, weil insbesondere die Luzerne sich zunehmend schwächer entwickelte. Diese schlechte Etablierung der Luzerne ist im Übrigen auch in den weiteren Ansaatverfahren festzustellen. In der Summe beider Nutzungsjahre konnten die Weidelgrasmischung bzw. A 3 plus Rotkleeegrasmischung 252 bzw. 230 dt TM/ha erzielen, wobei das zweite Nutzungsjahr wesentlich ertragsstärker war, weil die Bestände entsprechend etabliert waren (s. Abb. 2).

In der Frühjahrsblanksaat 2014 erreichte die Weidelgrasmischung mit 129 dt TM/ha im Anlagejahr bereits sehr gute Erträge. Die übrigen Ansaaten lagen auf dem Ertragsniveau der Anlage 2013. Im letzten Versuchsjahr sind die Rotkleeegrasmischung und Gräsermischung hervorzuheben, die in 2015 die höchsten Jahreserträge im Vergleich zu den ersten beiden Anlagen erreichten (s. Abb. 2).

Beim Mais der Anlage 1 in 2012 wurden durchschnittlich 213 dt TM/ha geerntet. Die Etablierung der im Juni eingebrachten Untersaaten verlief sehr zögerlich. Eine Beerntung erfolgte im selben Jahr entsprechend nicht mehr. Im Folgejahr bestätigte sich das schwache Bild der Untersaaten. Infolgedessen wurde entschieden diese aufzugeben und auf die 2. Anlage der Maisuntersaaten in 2013 zu setzen (s. Abb. 2).

Bei der 2. Anlage (Aussaart: 2013) blieb der Etablierungserfolg allerdings auch aus, was zur Folge hatte, dass die Anlage in 2014 ebenfalls aufgegeben wurde.

Im April 2014 erfolgte die Aussaat der 3. Anlage und die Einbringung der Untersaaten im Juni. Der Mais erreichte ein Ertragsniveau von ca. 230 dt TM/ha. Eine Ertragsbeeinflussung durch die Untersaaten war nicht festzustellen. Im Folgejahr (2015) wurden die Untersaaten viermalig beerntet. Die Luzernereinsaat bildete wie in fast allen Jahren und Ansaatvarianten keine guten Bestände aus. Das Luzernegras, bedingt durch den Grasanteil, präsentierte sich

etwas besser. Die Gräsermischung zeigte mit einer Ertragssumme von 204 dt TM/ha Erträge nur 20 bis 30 dt unterhalb des Maisniveaus (s. Abb. 2).

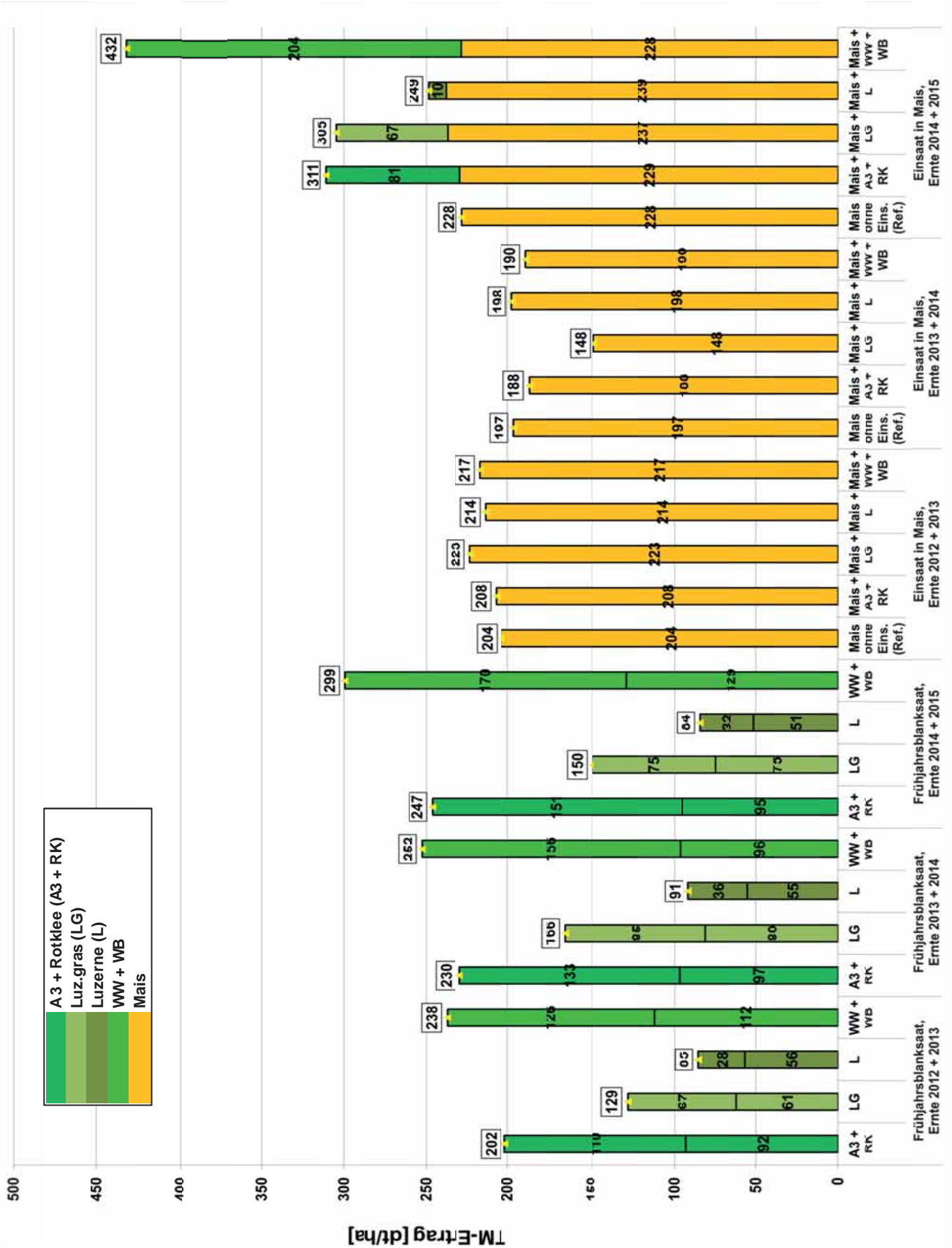


Abb. 2 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Werlitz (NI)

Die Ernte der Getreidevarianten als GPS mit Untersaaten erfolgte vorzeitig (Mitte Juni 2013), um den Ackerfuttereinsaaten mehr Entwicklungszeit einzuräumen. Die Ernte brachte sehr einheitliche Erträge (ca. 125 dt TM/ha) hervor. Die Einsaaten konnten in 2013 zweimal geschnitten werden. Deutlich wurde dabei aber die schwache Etablierung der Luzernereinsaat. Die gräserbetonteren Mischungen, besonders die reine Gräsermischung, konnten mit etwa 60 dt TM-Ertrag den Vegetationszeitraum nach der GPS-Ernte ausnutzen (s. Abb. 3).

In der Variante „Blanksaat nach Winterroggen-GPS“ erzielte das Getreide TM-Erträge von über 160 dt TM/ha und lag damit über den Erträgen der zuvor beschriebenen Getreidevarianten. Das Getreide hatte aber noch einen um zwei Wochen längeren Zeitraum, um Trockenmasse zu bilden. Die nach der GPS-Ernte ausgesäten Mischungen wurden im Anlagejahr noch einmalig beerntet. Auch hier konnte sich die Gräsermischung WW + WB durchsetzen. Die Kornerträge der Variante „Spätsommerblanksaat nach Körnernutzung“ lagen auf einem Ertragsniveau von ca. 108 dt TM/ha (s. Abb. 3).

Im Folgejahr ermöglichten fast alle Aufwüchse vier Schnitte. Die Etablierung der Einsaaten als Frühjahrseinsaat in den stehenden Bestand im Vergleich zur Aussaat parallel zur Getreideaussaat im Herbst schien zumindest in der ersten Anlage erfolgreicher zu sein. Bis auf die Erträge der Luzernereinsaat lagen die Ergebnisse auf einem höheren Niveau. Die Ertragsergebnisse der Aufwüchse als Blanksaat nach GPS bzw. nach Körnernutzung lagen auf einem ähnlichen Ertragsniveau, wobei die Gräsermischung mit 181 dt TM/ha nach der Körnerernte am besten abschnitt (s. Abb. 4).

Im Herbst 2013 wurden die Getreidevarianten erneut angelegt. Das in 2014 geerntete GPS-Getreide zeigte wie schon im Vorjahr, die Möglichkeit eine verlängerte Vegetationszeit in Ertrag umzusetzen. In der Aussaatvariante Blanksaat nach GPS-Nutzung wurde das Getreide eine Woche nach den anderen GPS-Varianten geerntet. In der Summe erreichten die GPS-Erträge ein 10 – 15 dt TM/ha höheres Ertragsniveau im Vergleich zur Spätsommer- und Frühjahrseinsaat. Die Kornerträge lagen bei ca. 95 dt TM/ha. Im selben Jahr konnten noch ein bzw. zwei Ernten der Ackerfutteraufwüchse durchgeführt werden. Mit Ausnahme der Luzernereinsaat konnten sich die Mischungen insgesamt etablieren. Die Luzerne bildete eher lückige Bestände. Die Erträge des Ackerfutters lagen im Etablierungsjahr auf einem gleichmäßigen Niveau. Die dreischnittige Beerntung der Aufwüchse im Hauptnutzungsjahr 2015 brachte wieder die bekannte Ertragsrangierung hervor. Die reine Gräsermischung ist abermals in allen Aussaatvarianten hervorzuheben (s. Abb. 4).

2015 wurde das GPS in drei Aussaatvarianten (3. Anlage) sowie das Ackerfutter in diesen abschließend beerntet. Das sehr hohe Ertragsniveau besonders in der

Spätsommerblanksaat nach Wi-Roggen-GPS mit über 200 dt TM/ha zeigte abermals, dass mit dem GPS-Anbau maisähnliche Erträge möglich sind. In diesem Jahr gelang die Etablierung der Einsaaten aus dem Herbst im Vergleich zu den Frühjahrseinsaaten besser. Die Bestände standen deutlich dichter.

Insgesamt wird auch hier die ertragliche Dominanz des Maises deutlich. Die Ergebnisse machen aber auch auf das Potenzial des Getreide-GPS aufmerksam. Bei den Ackerfuttermischungen konnte in allen Varianten die reine Gräsermischung überzeugen. Für Luzerne sind an diesem Sandstandort keine optimalen Bedingungen gegeben.

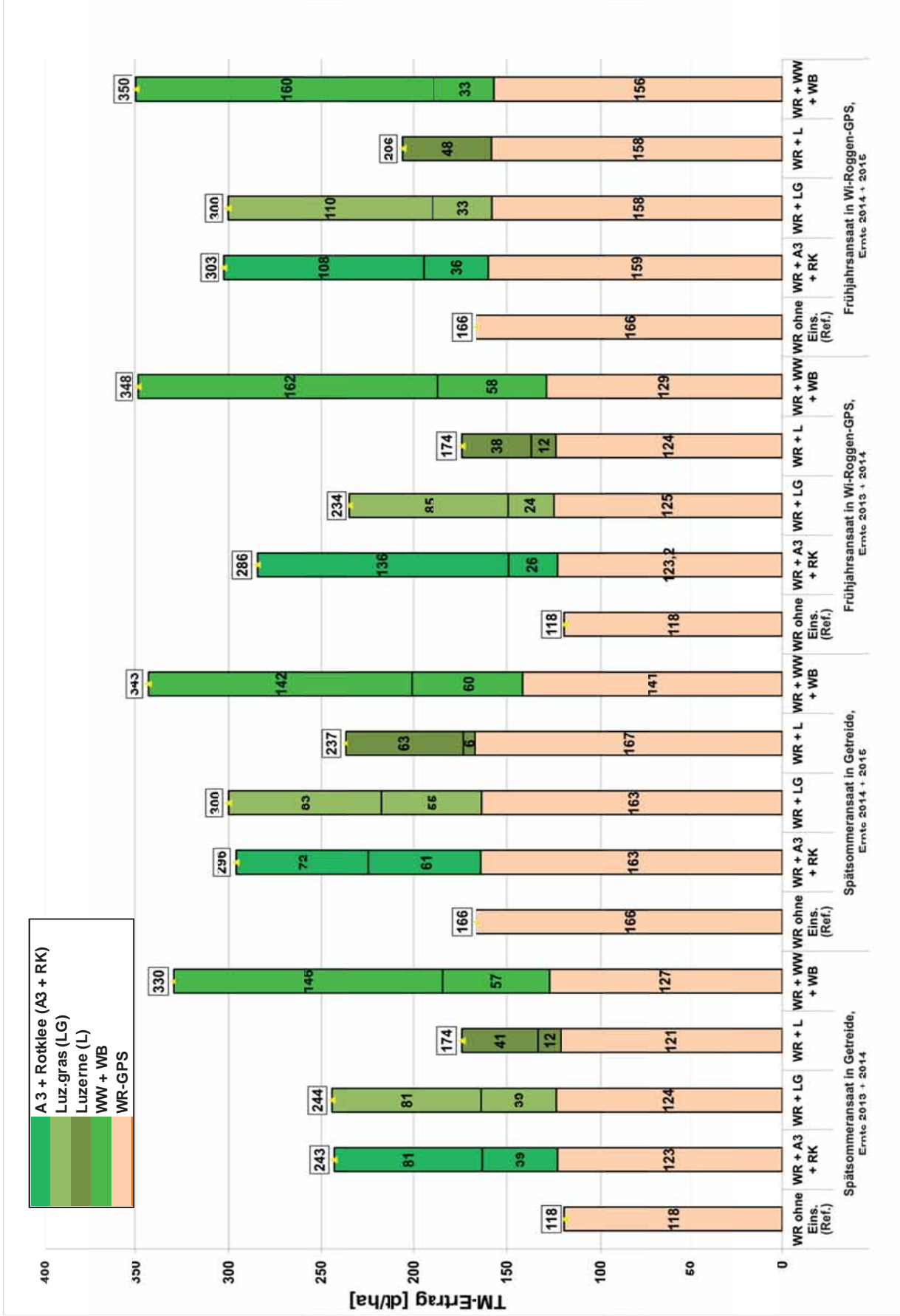


Abb. 3 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Werite (NI)

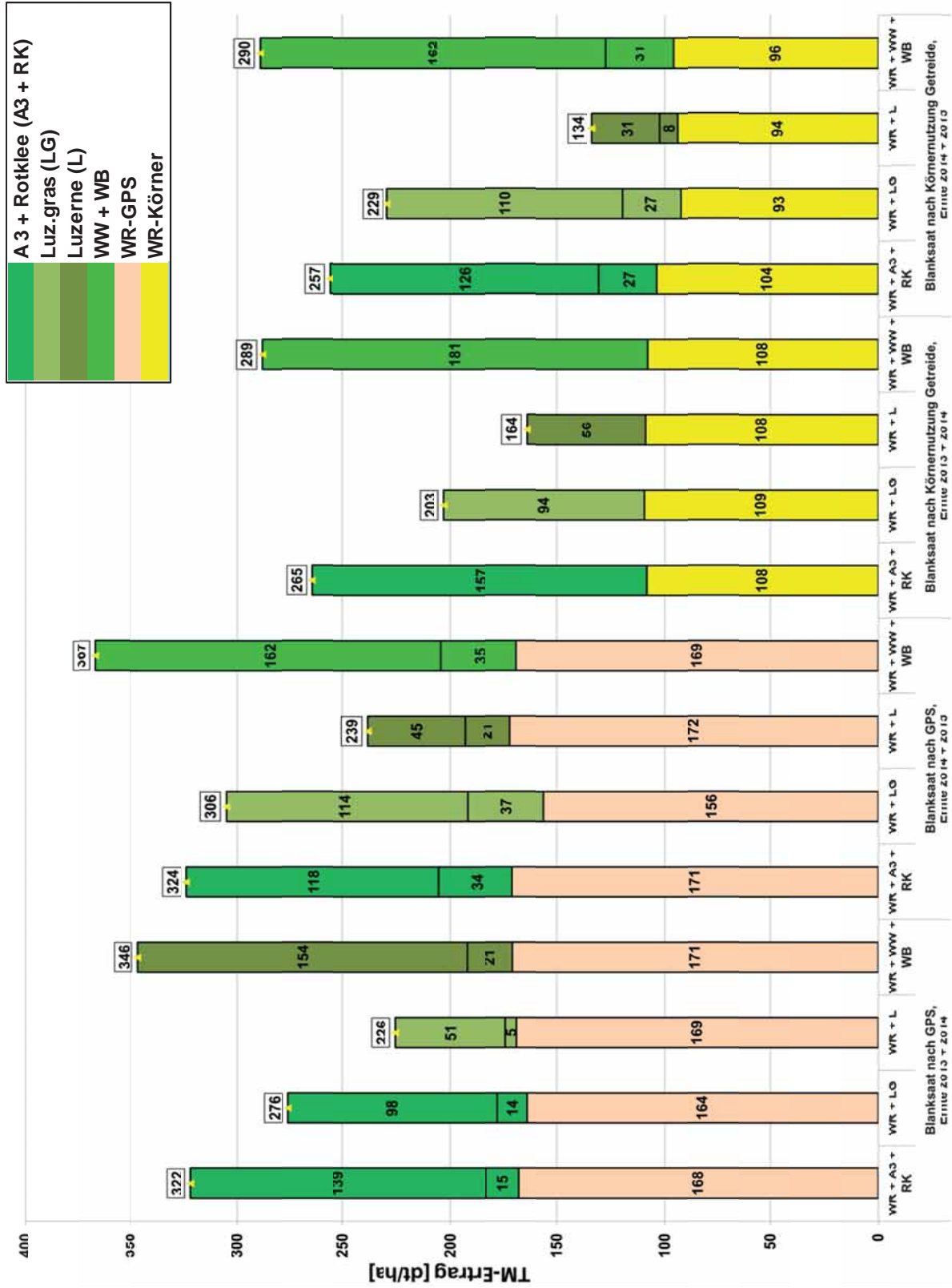


Abb. 4 TM-Erträge der Blanksaaten nach GPS und nach Körnernutzung 2013 - 2015, Standort Werlte (NI)

Otterham

Auch auf dem Marschstandort konnten die Versuche schon 2012 angelegt werden.

Bei den Frühjahrsblanksaaten (Anlage 2012), die im Anlagejahr dreimal geschnitten wurden, konnte sich die reine Gräsermischung ertraglich durchsetzen, wobei sich das Ertragsniveau aller Mischungen beim ersten Schnitt noch sehr einheitlich präsentierte. Von den Temperaturen und Niederschlägen im Juli/August 2012 konnten die Gräser profitieren. Der zweite und dritte Schnitt fiel zugunsten der Gräser aus. In 2013 relativierte sich das Bild etwas. Die Rotkleeegrasmischung holte deutlich auf; die Summe lag nach vier Schnitten bei 163 dt TM-Ertrag. Auch die Luzernegrasmischung und die reine Luzernesaat konnten sich im Hauptnutzungsjahr verbessern (s. Abb. 5).

In 2013 wurde nochmals eine Frühjahrsblanksaat (Anlage 2) angelegt. Bei den Erträgen der drei Schnitte zeigte sich eine ähnliche Rangierung im Vergleich zum Etablierungsjahr der ersten Anlage. Besonders die Luzernereinsaat etablierte sich relativ schwach, der dritte Schnitt blieb bei dieser Variante aufgrund des schwachen Aufwuchses aus. Das bekannte Bild der Ertragsrangierung zeichnete sich auch in 2014 ab, mit deutlichen Ertragsvorteilen beim der Gräsermischung bzw. der Rotkleeegrasmischung (s. Abb. 5).

Eine ähnliche Ertragsverteilung auf die einzelnen Mischungen zeigte sich auch bei der dritten Anlage, wobei sich die ertragliche Dominanz der Gräsermischung erst im Hauptnutzungsjahr (2015) zeigte (s. Abb. 5).

Die im Juni 2012 in die sehr ertragreichen Maisbestände (ca. 215 dt TM/ha) eingebrachten Einsaaten (Anlage 1) konnten sich kaum etablieren. Die Entwicklung der Ackerfuttermischungen im Frühjahr 2013 verlief sehr schleppend. Aufgrund mangelnder Etablierung wurde diese Anlage aufgegeben (s. Abb. 5).

Die erneute Anlage der Maisvarianten im Frühjahr 2013 war erfolgreicher als noch im Vorjahr. Ertragsmäßig lag der Mais mit ca. 140 dt TM/ha allerdings witterungsbedingt deutlich unter dem Ertragsniveau von 2012, die Untersaaten konnten sich aber etablieren. Nur die der Luzernereinsaat blieb bedingt durch Fahrspuren des Maishäckslers aus 2013 in ihrer Entwicklung zurück. Im Folgejahr setzte sich die Gräsermischung 138 dt TM/ha durch (s. Abb. 5).

Die Erträge der dritten Maisanlage lagen bei ca. 170 dt TM/ha. Eine Beerntung der im Juni 2014 eingesäten Mischungen fand nach der Maisernte nicht mehr statt, eine Etablierung konnte aber realisiert werden. Im abschließenden Prüffjahr zeigten sich abermals die marschtypischen Graserträge der reinen Gräsermischung (s. Abb. 5).

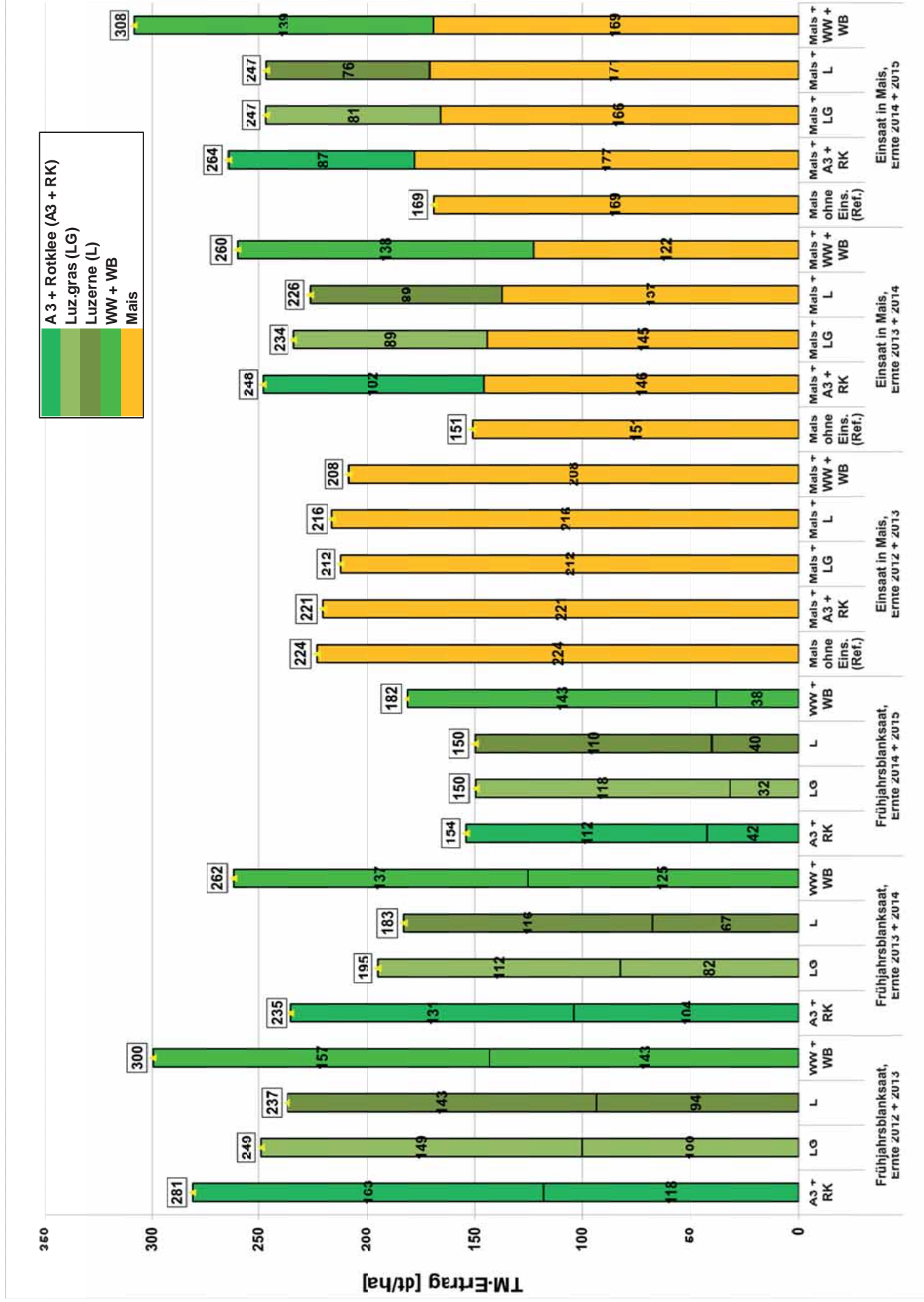


Abb. 5 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einssaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Otterham (NI)

Die GPS-Erträge zeigten sich in 2013 bei allen Varianten mit ca. 150 dt TM/ha auf einem guten Niveau. Bei der gemeinsamen Aussaat mit den Ackerfuttermischungen konnten keine Wechselwirkungen zu den unterschiedlichen Gräser- bzw. Leguminosenmischungen festgestellt werden. Durch die Untersaaten in den GPS-Beständen wurden die Erträge nicht negativ beeinflusst. Dies ist mit den zusätzlichen Aufwüchsen aus den Mischungen zu erklären. Die Etablierung der Gräser und Leguminosen in der Spätsommeransaat mit Winterroggen-GPS und der Frühjahrsansaat in Winterroggen-GPS verlief weniger zufriedenstellend. Der Aufwuchs nach GPS wurde noch mit einem Schnitt beerntet. Dieser fiel aber sehr schwach aus, besonders die Luzerne konnte sich kaum etablieren (5 bzw. 6 dt TM/ha). Bei den anderen Mischungen konnten zumindest ca. 20 dt TM/ha geerntet werden. Die Kornerträge des Roggens erreichten ein Ertragsniveau von ca. 100 dt TM/ha (s. Abb. 6 u. 7).

Die Beerntung der Einsaaten in bzw. nach Getreide im Hauptnutzungsjahr (2014) zeigte folgendes Bild. Der Vorteil von Gräsermischungen unter den feucht-kühlen Standortbedingungen wurde hier wieder deutlich. Die bessere Etablierung der Frühjahrseinsaat, die sich schon im Jahr zuvor andeutete, wurde in 2014 durch die Erträge bestätigt. Sogar die Luzernereinsaat vermochte in diesem Versuchsjahr in dieser Variante zu überzeugen. In den weiteren Varianten zeigte sich die wiederum die Ertragssicherheit beim Anbau von reinen Gräser- bzw. Kleegrasmischungen (s. Abb. 6).

Die Auswertung der Ergebnisse der erneuten Anlage der Getreidevarianten (Erntejahr 2014) ergab ein ähnliches Bild im Vergleich zum Vorjahr. Eine verlängerte Vegetationszeit des Getreides in der Blanksaat nach GPS spiegelte sich in den Erträgen wieder. Diese lagen im Vergleich zu den weiteren Getreidevarianten mit z.T. 20 dt TM/ha über deren Ertragsniveau. In 2014 gelang es über alle Getreidevarianten nicht, erntewürdige Aufwüchse zu produzieren. Erst im letzten Prüfljahr (2015) konnten die Bestände, die sich inzwischen etabliert hatten, beerntet werden. Die reine Gräsermischung erreichte wieder die besten Ergebnisse (s. Abb. 6 u. 7).

Das letzte Versuchsjahr zeigte mit den im kompletten Projektzeitraum höchsten GPS-Erträgen, die zwischen 221 bis 233 dt TM/ha sogar über dem Maisertrag lagen, dass der GPS-Anbau durchaus konkurrenzfähig ist (s. Abb. 6 u. 7).

Die stark unterschiedlichen Ergebnisse der Luzerne an diesem Standort zeigen, dass unter optimalen Bedingungen sehr gute Erträge möglich sind. Zusammenfassend konnten sich besonders die Frühjahrsblanksaaten in dieser traditionell von Grünland geprägten Region als erfolgsversprechend herauskristallisieren.

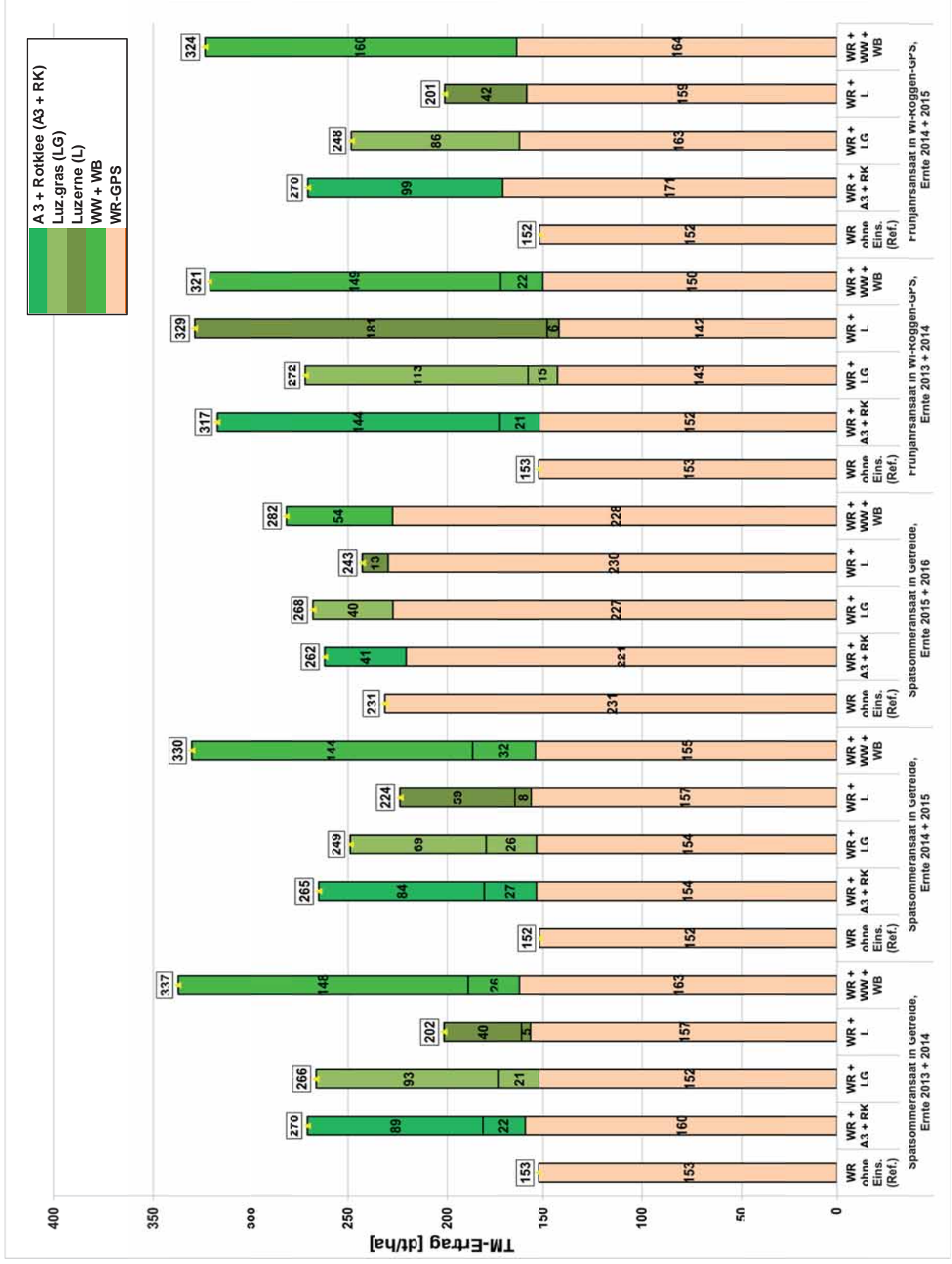


Abb. 6 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Otterham (NI)

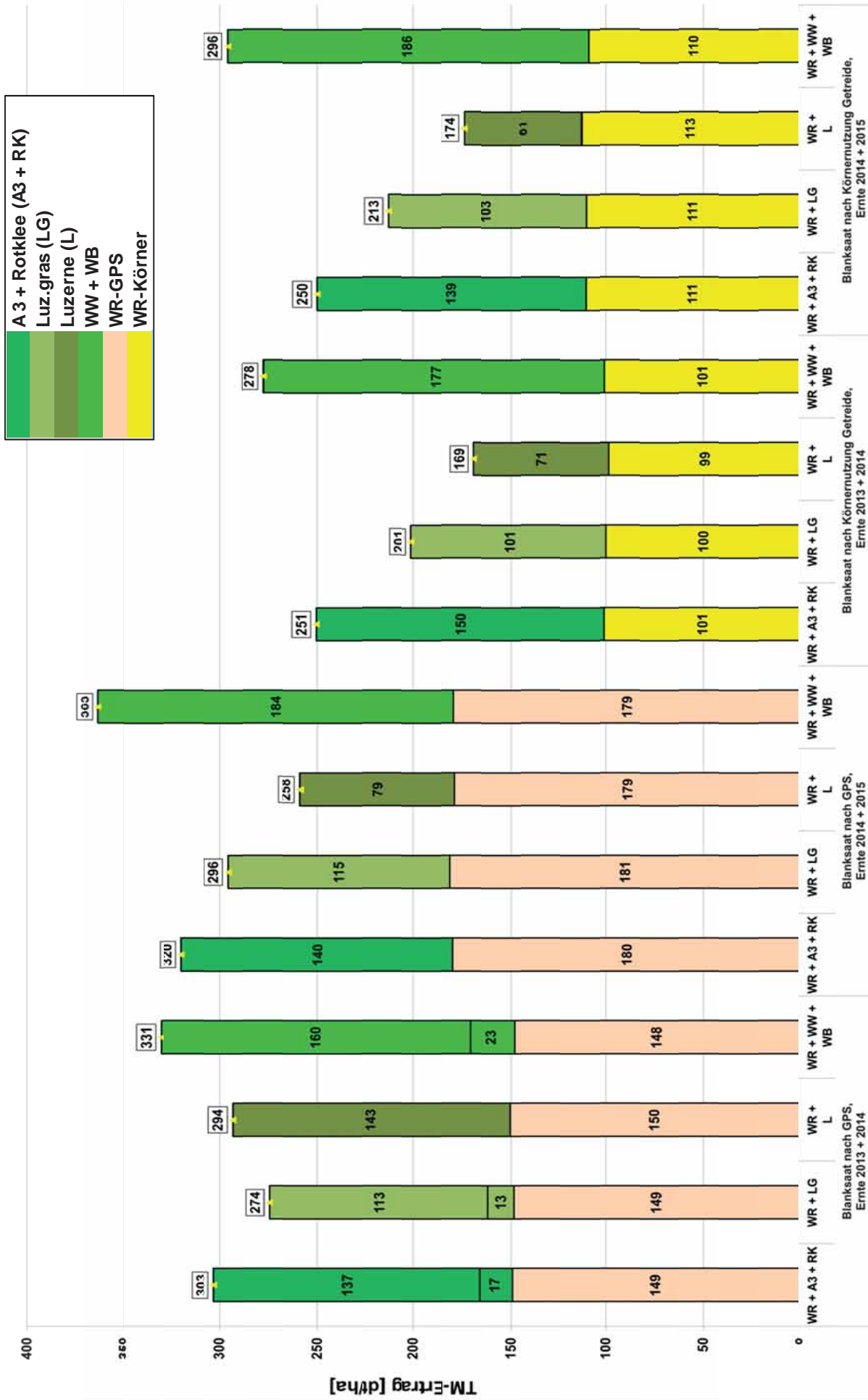


Abb. 7 TM-Erträge der Blankensaat nach GPS und nach Körnernutzung 2013 - 2015, Standort Otterham (NI)

Poppenburg

Die Versuchsanlagen am Standort Poppenburg konnten mit vorzeitigem Maßnahmenbeginn im Frühjahr 2012 angelegt werden. Mitte April wurden die Ackerfuttermischungen der Frühjahrsblanksaat ausgesät. Es folgte Anfang Mai die Maisaussaat für die Untersaatvarianten. Etwa einen Monat später, zum 4-Blattstadium der Maispflanzen, erfolgte die Einsaat mit den vier Ackerfuttermischungen.

Die Frühjahrsblanksaaten der 1. Anlage bewegten sich im Aussaatjahr (2012) auf einem sehr gleichmäßigem Ertragsniveau von ca. 100 dt TM/ha. Im zweiten Jahr (2015) präsentierte sich die Aufwüchse auch einem ähnlichen Ertragsniveau, wobei die Luzernegrasmischung mit 219 dt TM/ha hervorzuheben ist.

Die Neuanlage der Frühjahrsblanksaaten sowie die anschließenden drei Schnitte im selben Jahr zeigten mögliche Vorteile beim Anbau von Klee-Grasgemengen und Gräsermischungen (147 dt TM/ha), aber auch das Ertragspotenzial beim Anbau der Luzerne in Reinsaat oder Beimischung zu Gras mit ca. 120 dt TM/ha. Dieses Anbaupotenzial der Luzerne auf einem derartigen Hohertragsstandort spiegelte auch das Erntejahr 2014 wieder.

Die dritte Anlage der Frühjahrsblanksaaten (Aussaat: 2014, Beerntung: 2014 und 2015) erbrachte insgesamt geringere Erträge, z.T. bedingt durch ungünstigere Witterungsbedingungen und nur zwei Schnitten im Anlagejahr. Die Anbaueignung der Luzerne wurde aber wiederum deutlich (s. Abb. 9).



Abb. 8 Rotklee-Grasmischung als Einsaat in Mais, Standort Poppenburg (NI)

Der Mais der sogenannten Variante „Einsaat in Mais“ wurde Mitte September in Anlagejahr 2012 beerntet. Standortüblich erreichte dieser mit fast 250 dt TM-Ertrag ein sehr gutes Ergebnis. Eine Beeinflussung durch die Untersaaten war nicht festzustellen. Ertragsmäßig bewegten sich alle Varianten inklusive der Referenzvariante ohne Untersaat auf einem ähnlich hohen Niveau. Eine auf anderen Standorten zu erkennende Konkurrenz um Wasser zwischen der Deckfrucht und den Untersaatpartnern ist zumindest hier nicht von Bedeutung. Eine spätere, im Herbst angedachte Beerntung der Untersaaten, wurde in 2012 nicht realisiert. Die Etablierung der Gräser und Leguminosen war nicht weit genug fortgeschritten. Die sich im Folgejahr (2013) entwickelten Bestände

zeigten ein sehr einheitliches Bild. Ertraglich lagen die Aufwüchse bei z.T. über 200 dt TM/ha. Nur die Luzerne blieb etwas zurück (s Abb. 9).

Die Maiserträge lagen bei der Neuanlage 2013 etwa 40 bis 50 dt TM/ha unter dem hohen Ertragsniveau von 2012. Dies war aber generell in den am Standort angelegten Maisversuchen zu beobachten. In 2014 wurden die Untersaaten viermalig beerntet, mit leichten Vorteilen für die Luzernegrasmischung mit 159 dt TM/ha, bei der allerdings das Gras Hauptertragsbildner war. Die Luzernereinsaat zeigte etwas lückige Bestände, evtl. geschädigt durch die Maiserntetechnik im Vorjahr (s. Abb. 9).

Das Prüffjahr 2014 zeigte sich mit teilweise über 230 dt TM/ha wieder als Hohertragsjahr für den Mais. Eine Ernte der Untersaaten war aber erst in 2015 möglich, in der sich wiederum die Luzernegrasmischung mit 144 dt TM/ha hervorhob und sich auch dichte Luzernereinsaatbestände entwickeln konnten (s. Abb. 9).

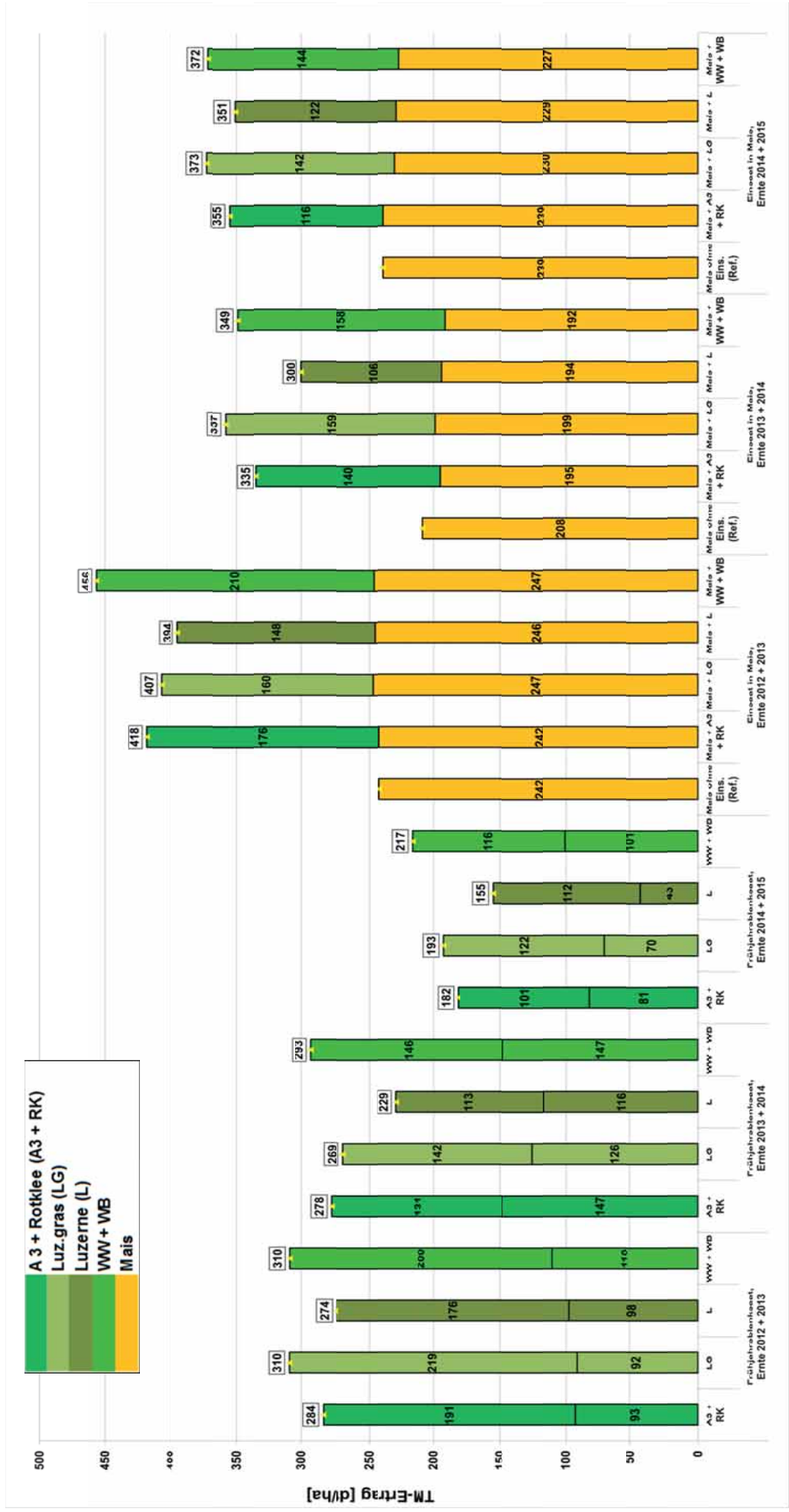


Abb. 9 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einssaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Poppenburg (NI)

Die Ergebnisse der Getreide-GPS-Varianten zeigten die mögliche Beeinflussung des Getreidewachstums bzw. die Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe. Bei der zeitgleichen Beerntung der GPS-Bestände erreichten das Getreide mit Einsaaten im Herbst und Frühjahr ein z.T. mit 30 bis 40 dt TM/ha geringeres Ertragsniveau als die Variante ohne Einsaaten. Die Kornerträge lagen bei knapp unter 100 dt TM/ha. Allerdings konnten die schon im Getreidebestand etablierten Ackerfuttermischungen die längere Vegetationszeit gut umsetzen und in drei Schnitten Erträge liefern. Hervorzuheben sind die Luzernegrasmischung und reine Gräsermischung als Spätsommeransaat im Roggen. Die Ackerfuttoreinsaaten aus dem Herbst konnten insgesamt dichtere Bestände entwickeln. Ein Wachstumsvorsprung der über Winter stehenden Mischungen war besonders im ersten Schnitt, der größtenteils über 50 dt TM/ha erreichte, zu erkennen. Die Frühjahrseinsaaten schnitten bedingt durch dünner stehende Bestände schwächer ab. Unter anderem ließ sich dies auf Fraßschäden durch Mäuse zurückführen. Bei der Ernte der Aufwüchse als Blanksaat nach der GPS-Ernte erreichten die Mischungen in zwei Schnitten durchschnittliche Erträge. Die Luzernereinsaat zeigte sich in 2013 in allen Getreidevarianten am schwächsten. Im Folgejahr (2014) holten die Mischungen der Frühjahrseinsaat deutlich auf und generierten z.T. höhere Trockenmasseerträge als die Einsaaten aus dem Herbst 2012. Die Luzerne konnte sich im abschließenden Jahr besser entwickeln und lieferte Erträge von 126 dt TM/ha. Bei der vierschnittigen Ernte der Aufwüchse im Jahr nach der Körnernutzung konnten insgesamt ähnlich hohe Erträge wie in den anderen Getreidevarianten erzielt werden (s. Abb. 10 u. 11).

Bei der Neuanlage der Getreidevarianten lagen die GPS-Erträge generell auf einem höheren Niveau, größtenteils bei ca. 150 dt TM/ha. Die Entwicklung der Einsaaten aus dem Spätsommer war sehr zögerlich, besonders die Frühjahrseinsaaten waren kaum zu sehen. Die üppigen Getreidebestände ließen keine Etablierung zu, was zu der Entscheidung führte, die Anlage nicht weiterzuführen. Die Anlage des Roggens zur Körnernutzung war vor der Ernte sehr von Lager geprägt. Es wurden keine standorttypischen Erträge erreicht. Die Beerntung im Folgejahr (2015) erfolgte zweischnittig. Sehr gleichmäßig zeigten sich die Blanksaaten nach GPS-Nutzung. Der mittlere TM-Ertrag betrug ca. 118 dt/ha. Bei den Blanksaaten nach Körnernutzung sind die Gräser betonten Mischungen hervorzuheben. Die Luzernereinsaat konnte sich kaum etablieren (s. Abb. 10 u. 11).

Ende 2014 wurden die Getreidevarianten für das letzte Prüfljahr (2015) angelegt. Die GPS-Erträge erreichten ein standorttypisches Niveau von ca. 173 dt TM/ha. In der Folge ließen sich die Ackerfuturaufwüchse noch einmalig ernten (s. Abb. 10 u. 11).

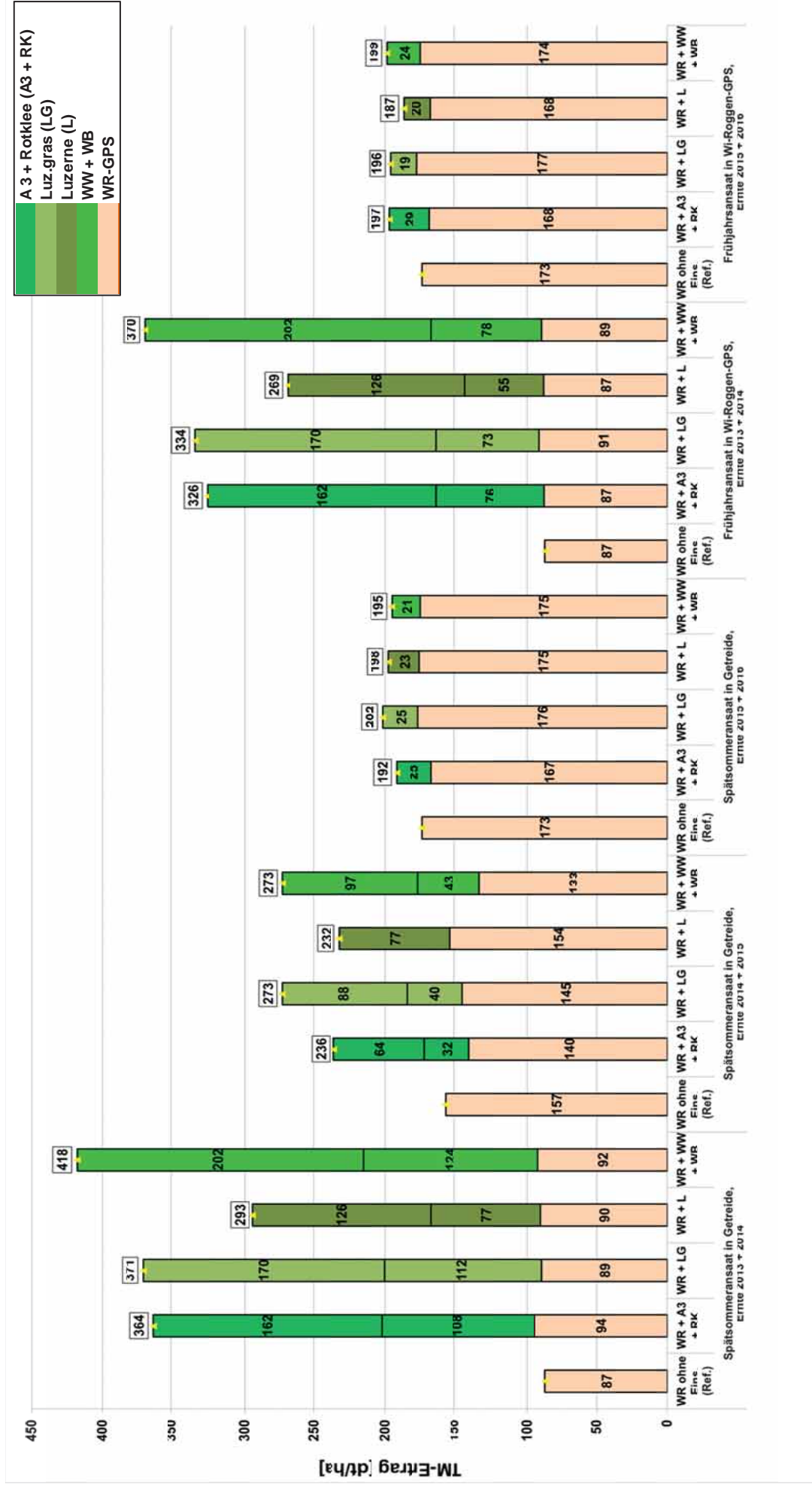


Abb. 10 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Poppenburg (NI)

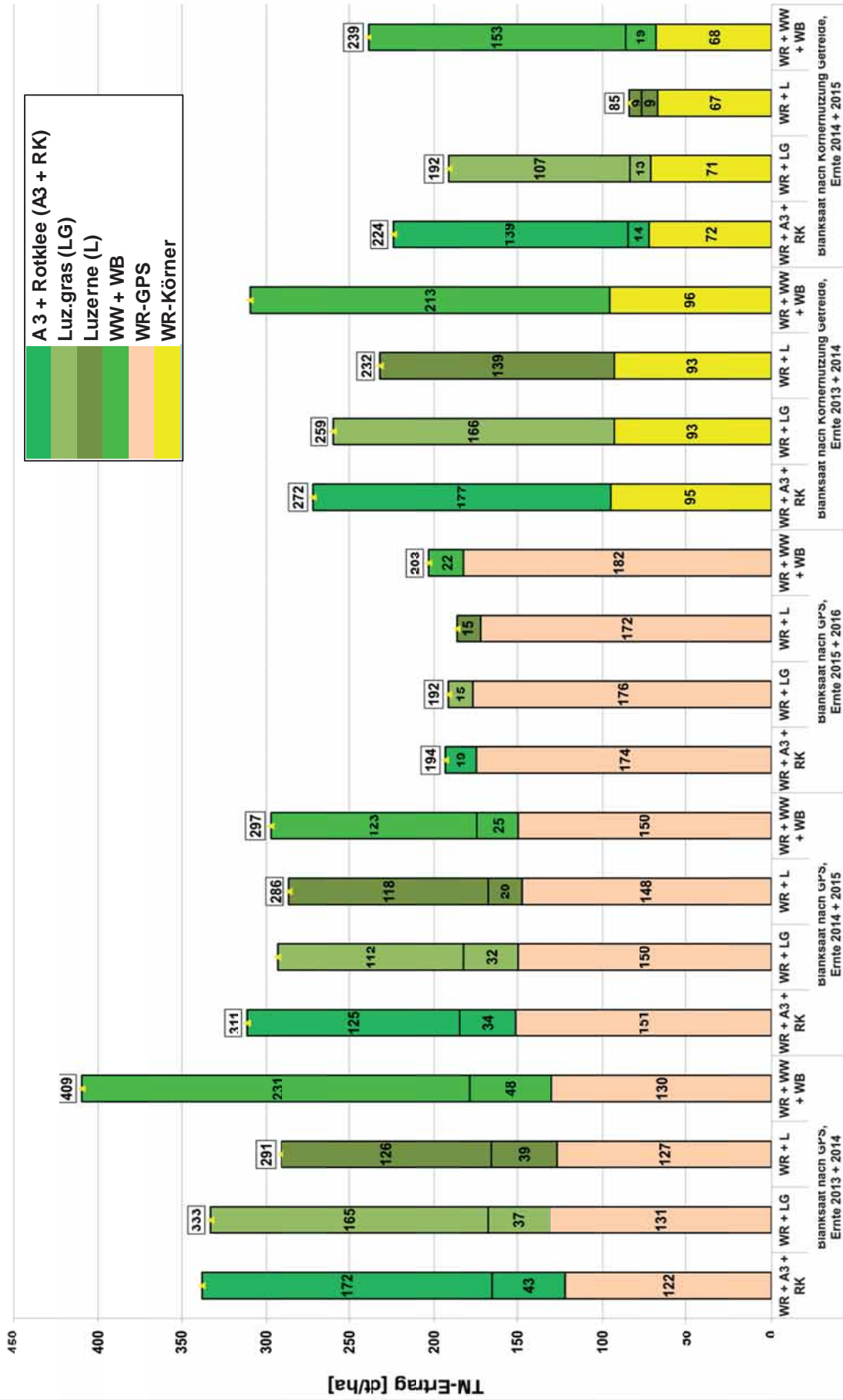


Abb. 11 TM-Erträge der Blanksaaten nach GPS und nach Körnernutzung 2013 - 2015, Standort Poppenburg (NI)

Auf den niedersächsischen Standorten zeigt sich generell die ertragliche Dominanz der Weidelgrasmischung unter unterschiedlichen Aussaatvarianten. Während sich in Werlte auch in 2014 die problematische Etablierung der Luzerne zeigt, konnte sie in Otterham (Marschboden) und in Poppenburg (Löss) wieder vielversprechende Ergebnisse liefern.

3.1.2 Schleswig-Holstein

Das Bundesland Schleswig-Holstein war im Rahmen des Satellitenprojekts mit dem Standort **Lindenhof** der Fachhochschule Kiel vertreten. Der Projektbeginn konnte im Herbst 2012 mit der Aussaat der Getreidevarianten realisiert werden.

Im Folgejahr (2013) konnten im April die Frühjahrsblanksaaten mit den vier Ackerfuttermischungen sowie die Maisvarianten ausgesät werden. Die Einsaat der Mischungen im Wi-Roggen erfolgte ebenfalls. Mit Ausnahme der Aufwüchse der Untersaaten im Mais wurden alle Deckfrüchte und Einsaaten in 2013 beerntet. Im Herbst erfolgte die erneute Anlage der Getreidevarianten.

2014 startete mit der Einsaat der Ackerfuttermischungen in der sogenannten „Frühjahrsansaat in Wi-Roggen“ sowie der zweiten Anlage der Frühjahrsblanksaaten und Maisvarianten. Im weiteren Jahresverlauf fanden die Beerntung der Deckfrüchte (GPS, Körner und Mais) sowie die Biomasseschnitte der Ackerfuturaufwüchse statt. Eine letztmalige Anlage der Getreidevarianten wurde im Herbst realisiert.

Im letzten Projektjahr (2015) wurden keine Aussaaten mehr durchgeführt. Zur Beerntung standen noch die Frühjahrsblanksaaten und GPS-Varianten aus dem Vorjahr an.

Lindenhof

In 2013 konnte die standortbedingten Vorteile eines Anbaus von Gräser betonten Mischungen beobachtet werden. Bei den Frühjahrsblanksaaten konnten vier Schnitte durchgeführt werden. Der erste Schnitt war über alle Mischungen betrachtet noch sehr einheitlich mit 35 bis 45 dt TM/ha. Ein zügiger und dichter Wiederaustrieb war dann aber eher bei den Gräsern zu erkennen. Dies zeigten auch die Folgeschnitte. Mit 83 bzw. 67 dt TM/ha (Jahresertragssumme) schlossen die Rotkleeegrasmischung bzw. die reine Gräsermischung mit einem Mehrertrag von 20 bis 30 dt TM das Vegetationsjahr ab. Die Ernte im Folgejahr (2014) bestätigten die Beobachtungen aus dem Ansaatjahr. Die Gräsermischung kam auf 152 dt TM/ha, die Rotkleeegrasmischung auf 129 dt TM/ha, wobei die Luzernegrasmischung mit allerdings sehr hohen Grasanteilen mit 99 dt TM/ha noch akzeptable Ergebnisse lieferte (s. Abb. 12).

Die Ergebnisse der Neuanlage der Frühjahrsblanksaaten, die in 2014 zweimalig beerntet wurden, zeigten ein etwas höheres Ertragsniveau als die Ansaaten aus 2013 im ersten Nutzungsjahr. Die Rangierung stellt sich allerdings identisch dar, mit Vorteilen bei der Gräsermischung (Welsches und Bastardweidelgras) (s. Abb. 12).

Die Untersaaten im Mais haben sich in 2013 auch gut entwickelt. Für eine Beerntung reichte es aber dennoch nicht aus. Die Untersaaten haben die Maiserträge nicht beeinflusst. Beim Mais konnten Erträge von ca. 182 dt TM/ha ermittelt werden. In 2014 entwickelten sich die eingebrachten Mischungen im Mais gut, zeigten sich allerdings lückig im Bestand, da nur eine Teilfläche zwischen den Maisreihen eingesät wurde. Die Beerntung erfolgte im Hauptnutzungsjahr mit vier Schnitten, mit Ausnahme der Luzernereinsaat, die zumindest zum ersten Schnitt keinen erntewürdigen Bestand hervorbrachte. In der Summe erreichte diese nur 28 dt TM/ha. Das Luzernegras und die Rotklee-Grasmischung wurden im Mittel der Jahressumme mit 80 dt TM/ha geerntet. Die reine Gräsermischung zeichnete sich auch in dieser Ansaatvariante mit dem Höchstertag von ca. 150 dt TM/ha aus. Der Mais wurde 2014 erneut angelegt, eine erntewürdige Etablierung blieb im Aussaat- wie auch im Folgejahr (2015) aus (s. Abb. 12).

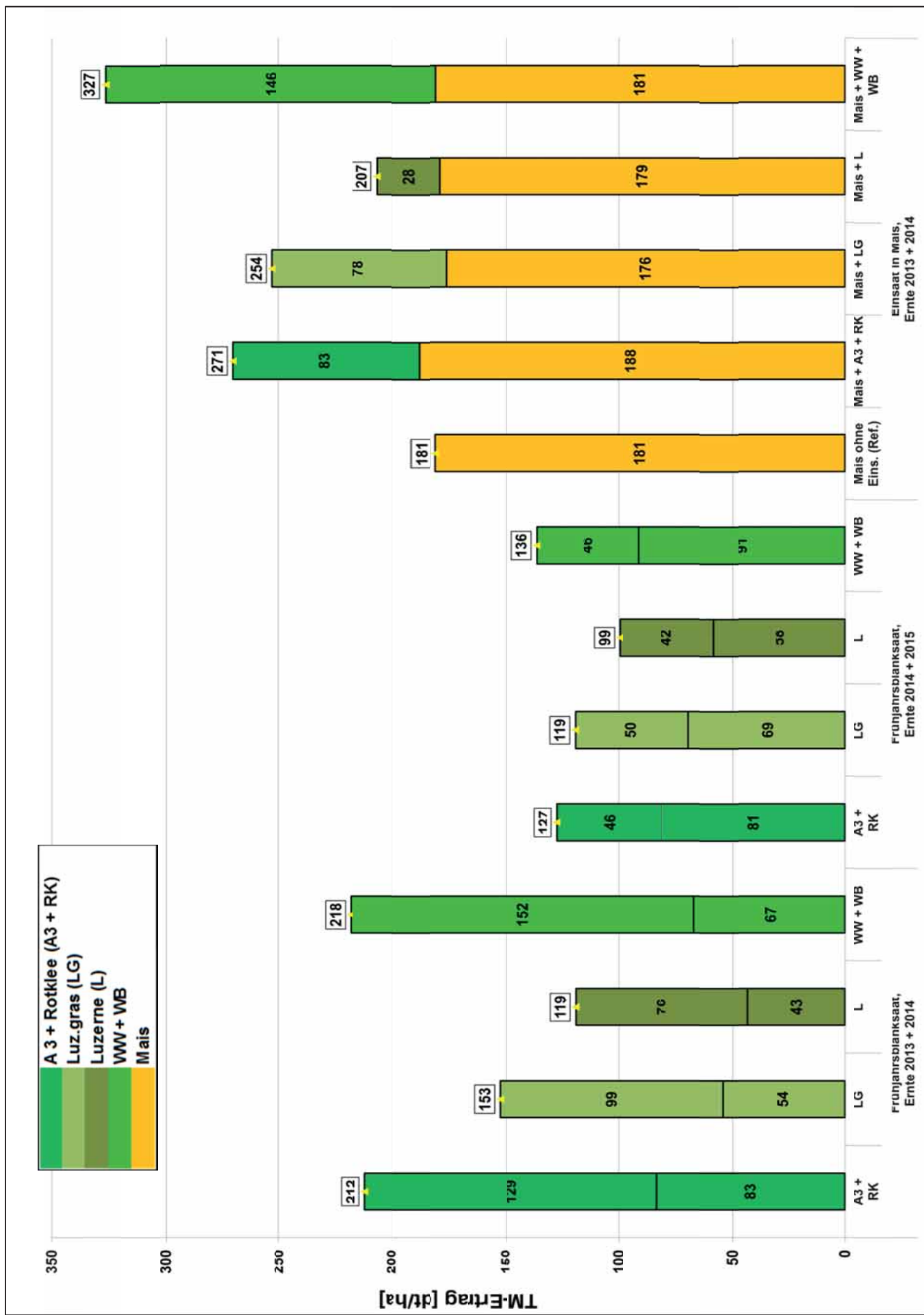


Abb. 12 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Lindenhof (SH)

In 2013 konnte beobachtet werden, dass sich die Untersaaten bei der Herbstuntersaat am besten entwickelten. Die Frühjahrsuntersaat war aufgrund des späten Vegetationsbeginns und der damit verbundenen dann zügig einsetzenden Entwicklung des Roggens sowie aufgrund der Frühjahrstrockenheit deutlich benachteiligt. Die Blanksaaten nach der GPS-Nutzung des Roggens entwickelten sich deutlich besser als nach der Körnernutzung, da die trockenen Bedingungen nach dem Drusch die Jugendentwicklung der Blanksaaten hemmte. Bei der späteren Blanksaat nach der Körnernutzung kümmerte die Luzerne sowohl in den Gemengen als auch in der Reinsaat, was nach der GPS-Nutzung nicht der Fall war. Hier entwickelte sich die Luzerne annähernd normal (s. Abb. 13 u. 14).

Bei den Trockenmasseerträgen der Deckfrucht Roggen war keine Beeinträchtigung durch die Untersaaten zu erkennen.

Auffällig war generell, dass die Untersaaten zum Zeitpunkt der Ernte der Deckfrucht Roggen (GPS und Drusch) kaum in den Stoppeln erkennbar waren und zudem einem starken Unkrautdruck unterlagen. Trotzdem entwickelten sich die Untersaaten insgesamt noch zufrieden stellend. Am besten war die Entwicklung bei den Beständen, die im Herbst in den Roggen eingesät wurden. Hier war eine Nutzungsmöglichkeit im Herbst durchaus gegeben. Die TM-Erträge im Mittel der Mischungen waren dabei höher als bei der besten Blanksaatvariante nach GPS-Nutzung des Roggens (s. Abb. 13 u. 14).

Der Etablierungserfolg der einzelnen Mischungen lässt sich im Mittel über alle Ansaatvarianten (Untersaaten im Roggen und Blanksaat nach Roggen) erkennen. Danach weisen die Rotklee- und Grasreinsaatvariante die höchsten Erträge bei der ersten Nutzung auf, während die Mischungen mit der Luzerne abfallen, besonders die Luzernereinsaaten (s. Abb. 13 u. 14).

Werden die TM-Erträge der Herbstuntersaat mit Roggen GPS-Nutzung als beste Untersaatvariante für den Etablierungserfolg einer Untersaat herangezogen, zeigt sich, dass mit Ausnahme der Luzernereinsaat alle Mischungen für diese Etablierungsmöglichkeit eines Ackerfutterbestandes geeignet sind. Diese Mischungen weisen im Herbst noch einen guten Bestand auf (s. Abb. 13).

Bei den Ansaaten mit Wi-Roggen bzw. als Frühjahrsansaat in Wi-Roggen zeigte sich 2014 jeweils die standorttypische Bevorteilung der reinen Gräsermischung (WW + WB). Mit ca. 150 dt TM/ha konnte diese überzeugen. Am schwächsten schnitt die Luzernereinsaat ab. Falls ein Luzernanbau angestrebt wird, sollte zumindest auf eine Gräserbeimischung (z. B. mit Bastardweidelgras) zurückgegriffen werden (s. Abb. 13).

Die in 2013 als Blanksaaten nach der GPS-Ernte ausgesäten Ackerfuttermischungen konnten sich im Hauptnutzungsjahr 2014 sehr gut entwickeln. Im Vergleich zu den Einsaaten im Getreide schnitten besonders die Rotklee- und die Luzernegrasmischung, mit etwa 130 dt TM/ha, besser ab (s. Abb. 14).

Die nach der Roggen-Körnernutzung ausgesäten Ackerfutterbestände konnten sich ähnlich gut etablieren, liegen ertragsmäßig allerdings unterhalb des Niveaus der Aufwüchse nach GPS-Nutzung (s. Abb. 14).

Aus dem Etablierungsjahr 2013 wurde die Herbstuntersaat mit Roggen-GPS als beste Untersaatvariante für den Etablierungserfolg einer Untersaat am Standort Lindenhof herausgestellt. Das erste Hauptnutzungsjahr 2014 konnte dieses Ergebnis bestätigen, mit Ausnahme der Rotklee-Grasvariante. Hier erreichte die Blanksaat im Frühjahr und nach der Roggen-GPS Nutzung einen ca. 10 % höheren Ertrag als die Untersaatvarianten. Dies war allerdings aufgrund der schwankenden Rotkleeanteile der Bestände nicht immer statistisch absicherbar. Die Luzernebestände waren deutlich geringer im Ertrag als die anderen Varianten, zeigten im Hauptnutzungsjahr aber trotz z. T. schlechter Etablierung noch ansehnliche Erträge.

Bei den 2013 nochmalig ausgesäten Getreide-Varianten zeigte sich bzgl. der Erträge in 2014 keine deutliche Beeinflussung der GPS-Erträge durch die Einsaaten. Die GPS-Ernte der Frühjahrsvariante fiel im Vergleich zur Spätsommeransaat etwas besser aus. Dies ist auf die zumeist üppig entwickelten Einsaaten bei milden Temperaturen im Herbst und Winter zurückzuführen. In 2014 konnten die Aufwüchse der Spätsommer- und Frühjahrseinsaaten noch einmalig beerntet werden. Die Ansaaten der Blanksaaten nach GPS präsentierten sich am besten. Bei zwei Schnitten vermochte besonders die Gräsermischung mit über 110 dt TM/ha wieder zu überzeugen. Im Abschlussjahr 2015 bestätigte sich diese gute Entwicklung der Ackerfuttermischungen. Mit einer Ertragssumme von 195 dt TM/ha schnitt die Gräsermischung als Blanksaat nach GPS am stärksten ab. Die Luzernegrasmischung ist wie schon in der Anlage aus dem Vorjahr erwähnenswert. Die Luzerne konnte sicher wiederum gut etablieren. In der Spätsommer- und Frühjahrsansaat waren nur zwei Schnitte möglich. In beiden Varianten lagen die Erträge der Rotklee- und Luzernegrasmischung mit über 70 dt TM/ha auf einem ähnlichen Niveau. Die Luzernereinsaat konnte sich in der Frühjahrseinsaat besser etablieren. Insgesamt erreichte die Gräsermischung wieder das höchste Ertragsniveau (s. Abb. 13 u. 14).

In Schleswig-Holstein zeigten sich die standörtlich bedingten Vorteile beim Anbau von Gräser betonten Mischungen in allen Ansaatvarianten. Ein größerer Etablierungserfolg von Einsaaten parallel zur Getreideaussaat im GPS-Erntejahr war auch hier zu beobachten.

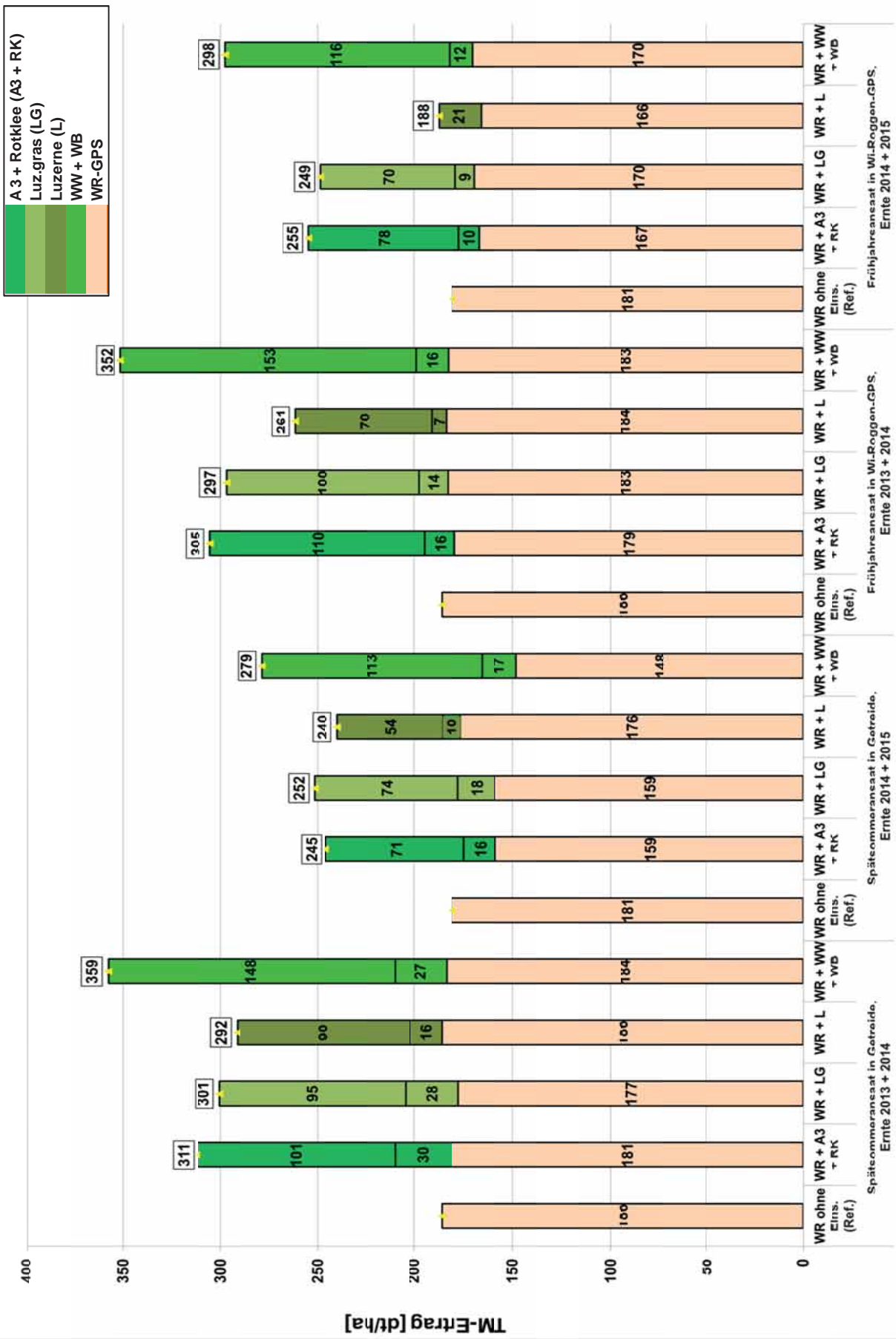


Abb. 13 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Lindenhof (SH)

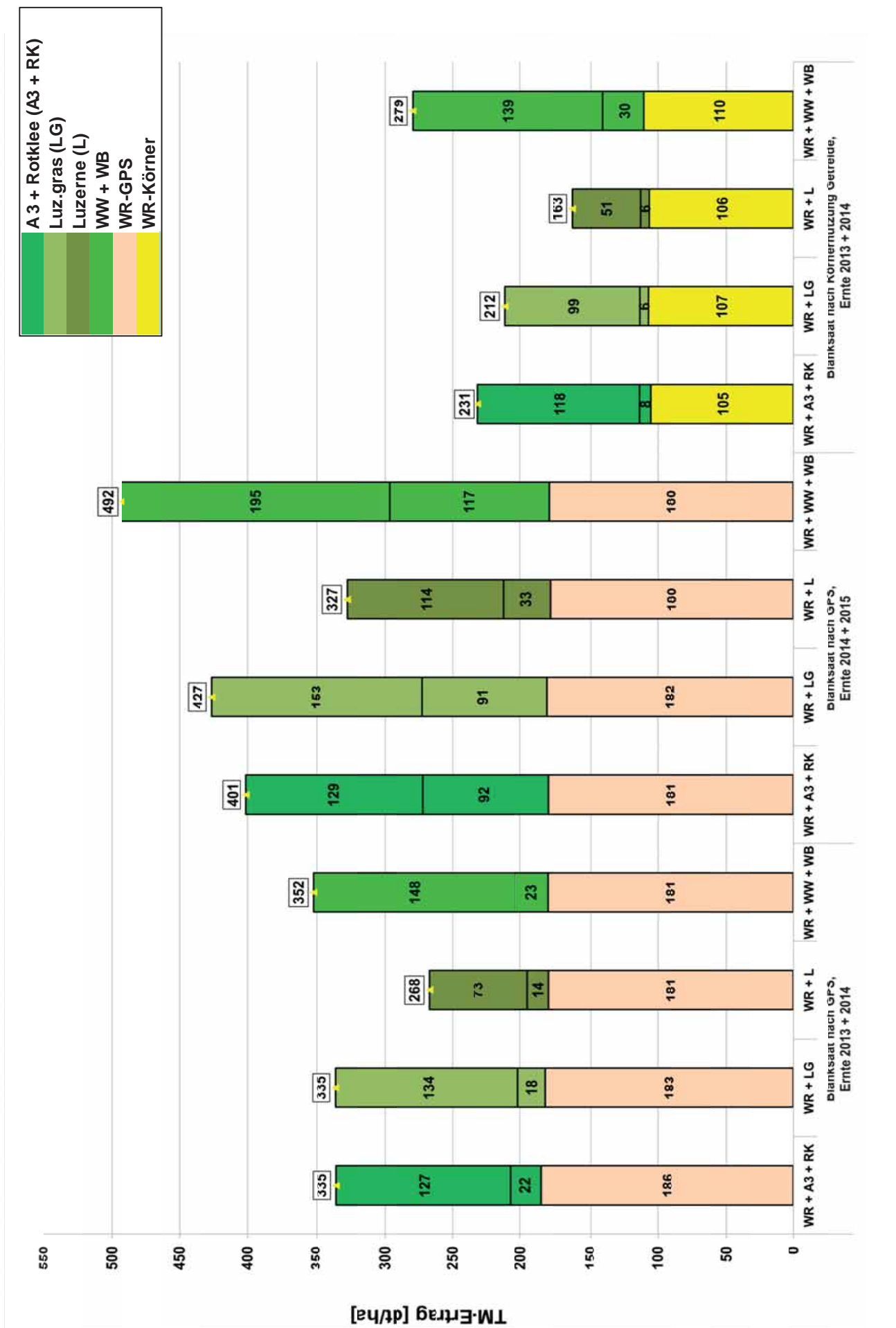


Abb. 14 TM-Erträge der Blanksaaten nach GPS und nach Körnernutzung 2013 - 2015. Standort Lindenhof (SH)

3.1.3 Mecklenburg-Vorpommern

Die Versuche des Satellitenversuchs „Ackerfutter“ im Rahmen von EVA III wurden von der Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, betreut.

Am Standort **Rostock** konnten die Aussaatvarianten einmalig angelegt werden. In 2012 erfolgte Ende April die Aussaat der Maisvarianten und ca. zwei Monate später die Einbringung der Untersaaten. Zeitgleich erfolgte die Aussaat der sogenannten „Frühjahrsblanksaaten“, die sich im Anlagejahr aber nicht mehr erntewürdig entwickelten. Zur Beerntung stand 2012 ausschließlich der Mais an. Den Abschluss bildete die Aussaat der Getreide-Varianten mit und ohne Einsaaten.

Im folgenden Jahr (2013) erfolgte im Frühjahr die Einsaat der Ackerfuttermischungen der „Frühjahrsansaat in Wi-Roggen“, wobei eine ausreichende Etablierung der Einsaaten zur Beerntung in 2013 ausblieb. Die Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais aus dem Vorjahr konnten viermalig beerntet werden. Des Weiteren wurden die Getreide-GPS-Varianten beerntet.

Die Beerntung der Versuchsanlage wurde mit dem Jahr 2014 abgeschlossen. Alle Ansaatvarianten konnten viermalig beerntet werden.

Rostock

Die im Versuchsjahr 2012 erhobenen Daten zur Ernte der Maisparzellen zeigten keine Ertragsbeeinflussung durch die im Juni eingebrachten Untersaaten. Tendenziell zeigte die Untersaatvariante mit der Rotkleegrasmischung die niedrigsten Erträge (121 dt TM/ha). Die höchsten Maiserträge wurden auf den Parzellen mit der reinen Gräsermischung (WW + WB) als Untersaat (134 dt TM/ha) generiert. Während die Erträge der Referenzparzellen (ohne Untersaat) mit 133 dt TM/ha und der Untersaat Luzernegras mit 131 dt TM/ha fast an die ertragreichste Untersaatvariante heranreichten, konnte auf den Parzellen mit der Luzernereinsaat 128 dt TM/ha geerntet werden. Mit Ausnahme der Luzerne als Reinsaat zeichneten sich alle Einsaaten durch ein gleichmäßiges Auflaufverhalten und identisches Höhenwachstum aus. Bei den Reinsaaten bildeten sich ausschließlich sehr unregelmäßig stehende Einzelpflanzen aus. Eine Beerntung der Einsaaten im Anlagejahr 2012 wurde aber dennoch bei keiner Aussaat mangels Erntewürdigkeit mehr durchgeführt. Im Folgejahr (2013) gelangen bei den Ackerfuttermischungen mit Ausnahme der Luzerne ohne Gemengepartner vier Schnitte. Die nicht ausreichende Etablierung der Luzerne (zweischnittige Ernte), besonders hier als Maisuntersaat, bestätigte sich im Vegetationsverlauf. Mit einem Jahresertrag von 72 dt TM/ha erreichte die reine

Gräsermischung den Höchstertrag gefolgt von der Luzernegrasmischung und dem Rotklee-grasgemenge (s. Abb. 15).

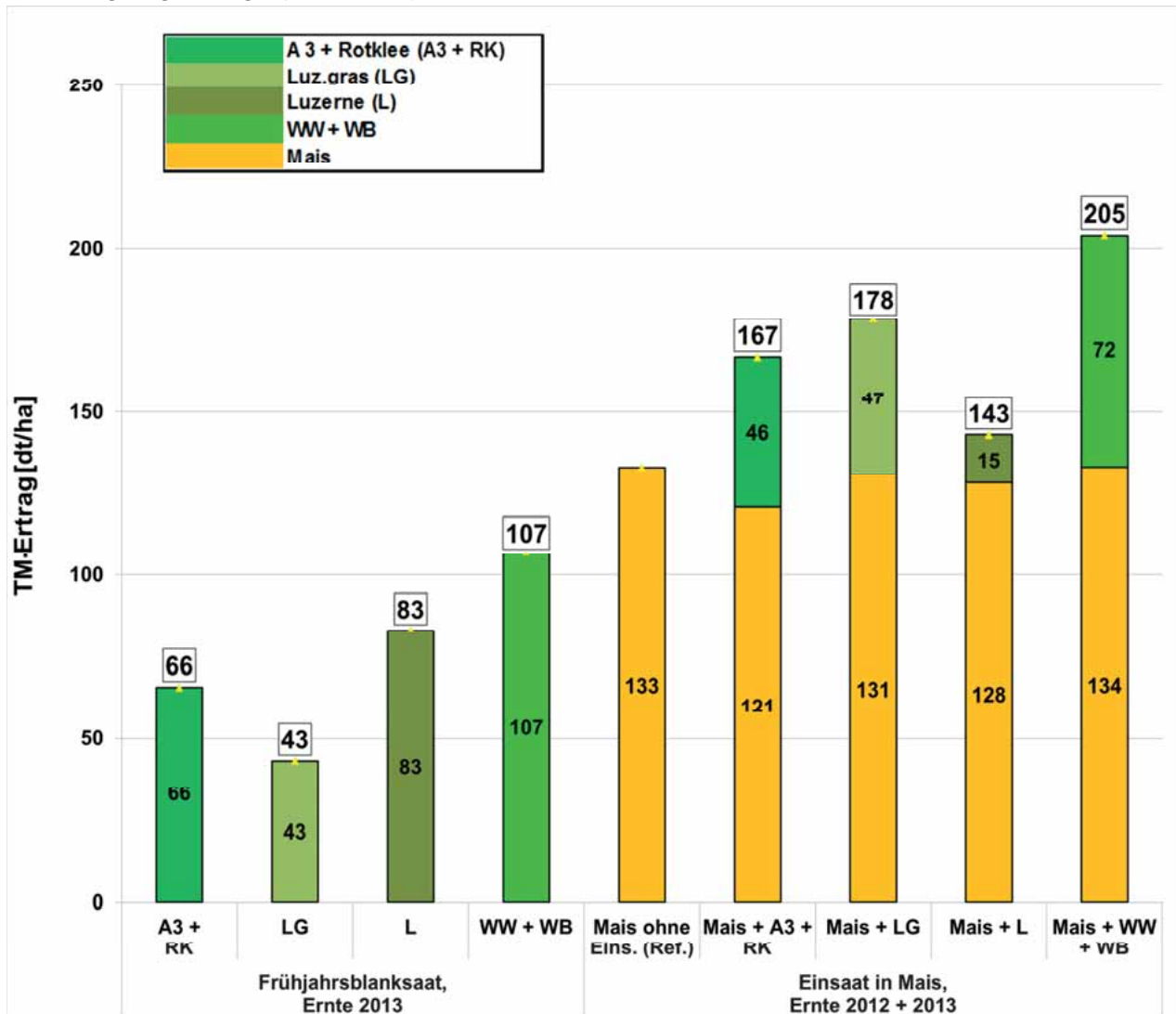


Abb. 15 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 + 2013, Standort Rostock (MV)

Beim GPS-Getreide erzielten die Varianten der Spätsommeransaat mit Wi-Roggen sowie der Spätsommerblanksaat nach GPS ähnliche Trockenmasseerträge im Bereich von 100 dt TM/ha. Im ersten Nutzungsjahr wurden die Aufwüchse der Mischungen - mit Ausnahme der Luzernereinsaat - noch zweimalig geerntet, allerdings jeweils, bedingt durch Trockenschäden, mit nur 3 bis 5 dt TM/ha. Die Luzernereinsaat im Versuchsjahr 2014 hob sich mit einem Spitzenertrag von 128 dt TM/ha besonders hervor. Als Gemengepartner mit Gras konnte sich die Luzerne nicht annähernd so stark etablieren. Das Rotklee-grasgemenge erreichte einen Ertrag von 81 dt TM/ha. Mit der reinen Gräsermischung ließ sich nur ein Ertrag von 68 dt TM/ha generieren (s. Abb. 16).

Die GPS-Erträge der Frühjahrsansaaten bildeten generell schwächere Getreidebestände nach Winter aus. Zu begründen ist dies mit Trockenschäden beim Getreide wie auch bei den Einsaaten. Erntewürdige Aufwüchse bei den Ackerfuttermischungen konnten im Ansaatjahr nicht entstehen. Erst im Folgejahr konnten vier Schnitte realisiert werden. Alle Mischungen bis auf das Luzernegras zeigten mit ca. 90 dt TM/ha ein unerwartetes Ertragsniveau. Die Bestände konnten sich nach den Problemen im Ansaatjahr gut etablieren. Die Erträge des Luzernegrases erreichten knapp 60 dt TM/ha, wobei die Luzerneanteile sehr gering waren (s. Abb. 16).

Die Aussaatvariante der Ackerfuttermischungen nach der GPS-Ernte erbrachte Getreide-GPS-Erträge von ca. 100 dt TM/ha. Zur Ernte der Aufwüchse der Ackerfuttermischungen kam es mangels ausreichender Etablierung im Prüfljahr 2013 nicht mehr. Im Gegensatz zur beschriebenen Variante „Frühjahrsansaat“ erzielte die Luzernereinsaat hier mit 46 dt TM/ha den schwächsten Jahresertrag im zweiten Nutzungsjahr. Die höchsten Erträge erreichten die Gräsermischung sowie das Luzernegras mit 80 bzw. 73 dt TM/ha (s. Abb. 16).

Nach der Körnerernte des Wi-Roggens (ca. 96 dt/ha) im Sommer 2013 wurden die Ackerfuttermischungen auch als Blanksaat angelegt. Die erste Beerntung gelang erst im Folgejahr. Die schwache Etablierung der Luzernereinsaat war schon vor Winter zu erkennen, evtl. das Ergebnis einer zu späten Aussaat. Mit der Rotkleegrasmischung und den Gräsern gelangen Jahreserträge von deutlich über 60 dt TM/ha. Die Luzernegrasmischung lag mit 45 dt TM/ha auf einem geringen Ertragsniveau (s. Abb. 16).

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass am Prüfstandort Rostock die Etablierung von Untersaaten im Mais zumindest um schon im Anlagejahr erntewürdige Aufwüchse zu produzieren, schwierig ist. Festzuhalten ist, dass mithilfe von Untersaatverfahren im 1. Hauptnutzungsjahr Ackerfutterbestände erzeugt werden können, die in der Lage waren mit den Erträgen der Blanksaaten zu konkurrieren. Auch bei der Betrachtung des Gesamtsystems aus Deckfrucht und Untersaat zeigt sich, dass ähnliche Trockenmasseerträge wie Wi-Roggen-GPS und Ackerfutterblanksaaten generiert werden können.

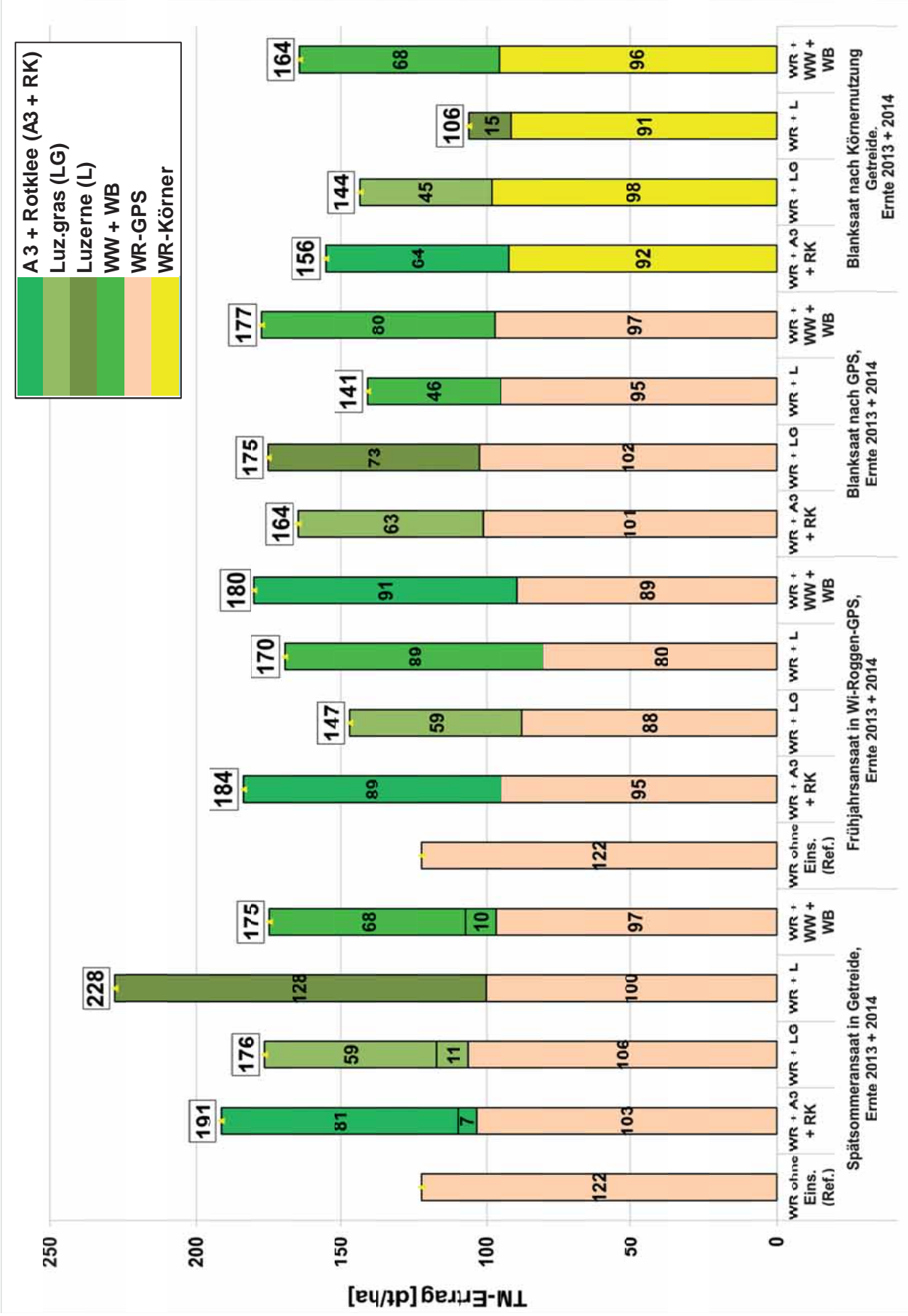


Abb. 16 TM-Erträge der Spätsommeransaat, Frühjahrsansaat, Blanksaaten nach GPS und nach Körnernutzung 2013 + 2014, Standort Rostock (MV)

3.1.4 Brandenburg

Das Land Brandenburg ist mit zwei Versuchsstandorten im Rahmen der Ackerfuttermischungsversuche vertreten. In **Berge** sowie auch in **Prenzlau** erfolgte eine einmalige Anlage der Versuche. Die Versuche wurden allerdings z.T. von 2012 bis 2015 beerntet. Die Ansaatvarianten an den beiden Standorten sind gleich, in Berge wurde neben dem späten Nutzungsregime bei der „Frühjahrsansaat in So-Gerste“ zusätzlich ein frühes Nutzungsregime realisiert.

In 2012 wurde das Versuchsvorhaben mit den Frühjahrsblanksaaten und der Sommergerstenbestellung begonnen. Es folgte im April die Maisaussaat und die Einbringung der Einsaaten im 4-Blattstadium. Im Herbst wurde der Winterroggen ausgesät. Zur Beerntung standen im Anlagejahr die Frühjahrsblanksaaten, der Mais und die Sommergerste sowie die entsprechenden Einsaaten an.

2013 erfolgten die Ernte der GPS-Varianten (Wi-Roggen, So-Gerste) sowie die Biomasseschnitte der Ackerfuttermischungen aller Ansaatvarianten, sogar die Blanksaat nach So-Gersten-GPS wurde noch zweimalig geschnitten.

Das Vegetationsjahr 2014 wurde zu z.T. vier Schnitten der Ackerfuttermischungen genutzt.

Im letzten Jahr des Verbundvorhabens (2015) konnten die Ackerfuttermischungen in allen Varianten noch mindestens dreimal beerntet werden.

Berge

Die Aussaat und Jugendentwicklung im Frühjahr 2012 fand unter ungünstigen Witterungsbedingungen statt. In den Monaten April und Mai herrschte Trockenheit vor. Die Niederschläge im Spätsommer waren ausreichend für das zügige Auflaufen der Ansaaten.

Die sehr hohen Niederschläge jeweils im Mai der Hauptnutzungsjahre 2013 und 2014 führten zum Lagern der Luzerne- und Luzernegrasbestände sowie zu erheblichen Ernteerschwernissen bei der Bergung des spät genutzten ersten Aufwuchses.

Die Einsaaten in Mais waren aufgrund der längeren Aufwuchszeiten im Trockenmasseertrag gegenüber der Etablierung mit dem Saatpartner der Sommergerste und der Frühjahrsblanksaat überlegen. Am ungünstigsten im Trockenmasseertrag schnitt die Frühjahrsblanksaat ab. Die Leguminosen-Gras-Gemenge und die Luzerne unterschieden sich im Trockenmasseertrag nicht voneinander.

Der Mais vermochte sich nicht gegenüber den eingesäten Leguminosen und Gräsern durchzusetzen (s. Abb. 17). Er erreichte nur sehr geringe Pflanzenlängen von ca. 1 m. Die Kolbenausbildung der Maispflanzen ist als sehr verhalten einzustufen (s. Abb. 19).



Abb. 17 Rotklee gras als Untersaat in Mais 2012, Standort Berge (BB),SCHMALER

Mit den Frühjahrsansaaten konnte im Ansaatjahr nicht das Ertragsniveau vom Silomais (inkl. Aufwüchse der Untersaaten) erreicht werden.

Die Einsaaten in Grünroggen wurden bei Erscheinen der Blütenstände des Roggens und damit etwa drei Wochen zeitiger als die ersten Aufwüchse der anderen Ansaatverfahren im ersten Hauptnutzungsjahr 2013 geschnitten. Dadurch sollte der Konkurrenzdruck auf die eingesäten Leguminosen und Gräser möglichst zeitig entfallen. Auf entsprechend höhere Erträge wurde somit allerdings verzichtet (s. Abb. 20).

Als Referenzfrucht lieferte der Roggen bei GPS-Nutzung (ohne Einsaaten) Trockenmasseerträge von etwa 110 dt TM/ha, damit über dem Ertragsniveau der Ackerfuttermischungen im ersten Schnitt bei den Frühjahrsblanksaaten.

Gegenüber der Grünschnittnutzung in diesem frühen Stadium verdoppelten sich die Trockenmasseerträge des Roggens bis zur Ganzpflanzennutzung im Juni, blieben aber in den Hauptnutzungsjahren 2013 und 2014 unterhalb des Ertragsniveaus des Silomaises.



Abb. 18 Ansaaten von Luzerne mit dem Saatpartner Sommergerste nach Trockenheit 2012, Standort Berge (BB), SCHMALER

Die im Spätsommer angesäten Futterbestände blieben im ersten Hauptnutzungsjahr unter dem Ertragsniveau der Frühjahrsansaaten. Der Vorteil der Frühjahrsansaaten kam im ersten Hauptnutzungsjahr (2013) deutlich zum Tragen und führte zu Trockenmasserträgen, die das Silomaisniveau übertrafen. Der Silomais litt im Jahr 2013 allerdings unter der langsamen Jugendentwicklung infolge geringer

Temperaturen und Nässe sowie durch den starken Befall mit Maiszünsler in der Ertragsbildung. Festzustellen ist, dass bei fehlendem Niederschlagsangebot der Saatpartner Sommergerste nur in geringem Umfang zu höheren Erträgen im Vergleich zu Blanksaaten beitragen. Auch im ersten Hauptnutzungsjahr unterschieden sich Rotklee gras, Luzerne gras und Luzerne unabhängig vom Ansaatverfahren im Trockenmassertrag nicht voneinander (s. Abb. 20).

Im zweiten Hauptnutzungsjahr (2014) lieferten die Bestände höhere Trockenmasserträge als im ersten Hauptnutzungsjahr. Aufgrund des hohen Niederschlagsangebots erreichte der Silomais im Landessortenversuch hier ebenfalls sehr hohe Erträge von 202 dt TM/ha.

Die im Frühjahr 2012 ausgesäten Bestände von Luzerne gras und Luzerne wiesen dabei im Jahr 2014 (3 Schnitte) teilweise noch höhere Trockenmasserträge auf als der Silomais. Auch die Rotklee grasmischung erreichte ein Ertragsniveau von 183 dt TM/ha. Die in 2012 eingebrachten Untersaaten im Mais zeigten sich ähnlich stark.

Im Versuchsjahr 2015 wurden die Anlagen nochmalig beerntet. Zur Referenz wurde im Herbst 2014 nochmalig Wi-Roggen ausgesät und im April 2015 Mais ohne Untersaat.

Der Mais zeigte wiederum ein hohes Ertragsniveau mit über 200 dt TM/ha, der Wi-Roggen als GPS geerntet mit 183 dt TM/ha den über alle Versuchsjahre höchsten Ertrag. Bei den Ackerfutteraufwüchsen lieferten unterschiedlichen Ansaatvarianten insgesamt geringere Erträge als in den Hauptnutzungsjahren 2013 und 2014.

Bedingt durch das sehr trockene Frühjahr waren die Bestände sehr gehemmt. Die 2012 angelegten Frühjahrsblanksaaten wiesen in allen Mischungen deutlich geringere Trockenmasseerträge (zwischen 60 und 75 dt) als in den Vorjahren auf. Diese Beobachtung ließ sich bei allen Ansaatvarianten machen.

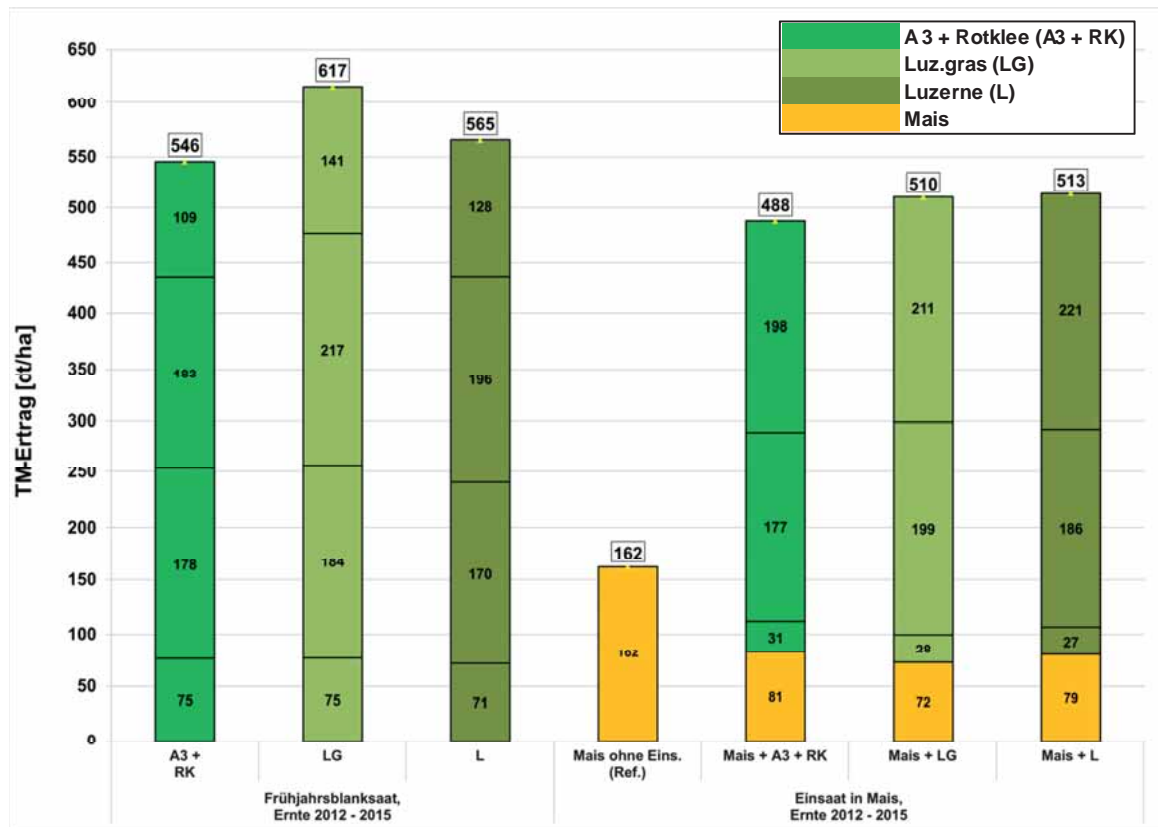


Abb. 19 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaat und Einsaat im Mais 2012 - 2015, Standort Berge (BB)

In den Versuchen hat sich aus Sicht der Trockenmasseerträge in den Hauptnutzungsjahren die Etablierung von Rotklee- und Luzernegras sowie von Luzerne im Frühjahr günstiger erwiesen als die Spätsommeransaaten. Der Saattermin beeinflusste die Jahreserträge im ersten Hauptnutzungsjahr stärker als verschiedene Saatpartner (ohne Saatpartner als Blanksaat, mit Sommergerste oder Einsaaten in Mais und Grünroggen).

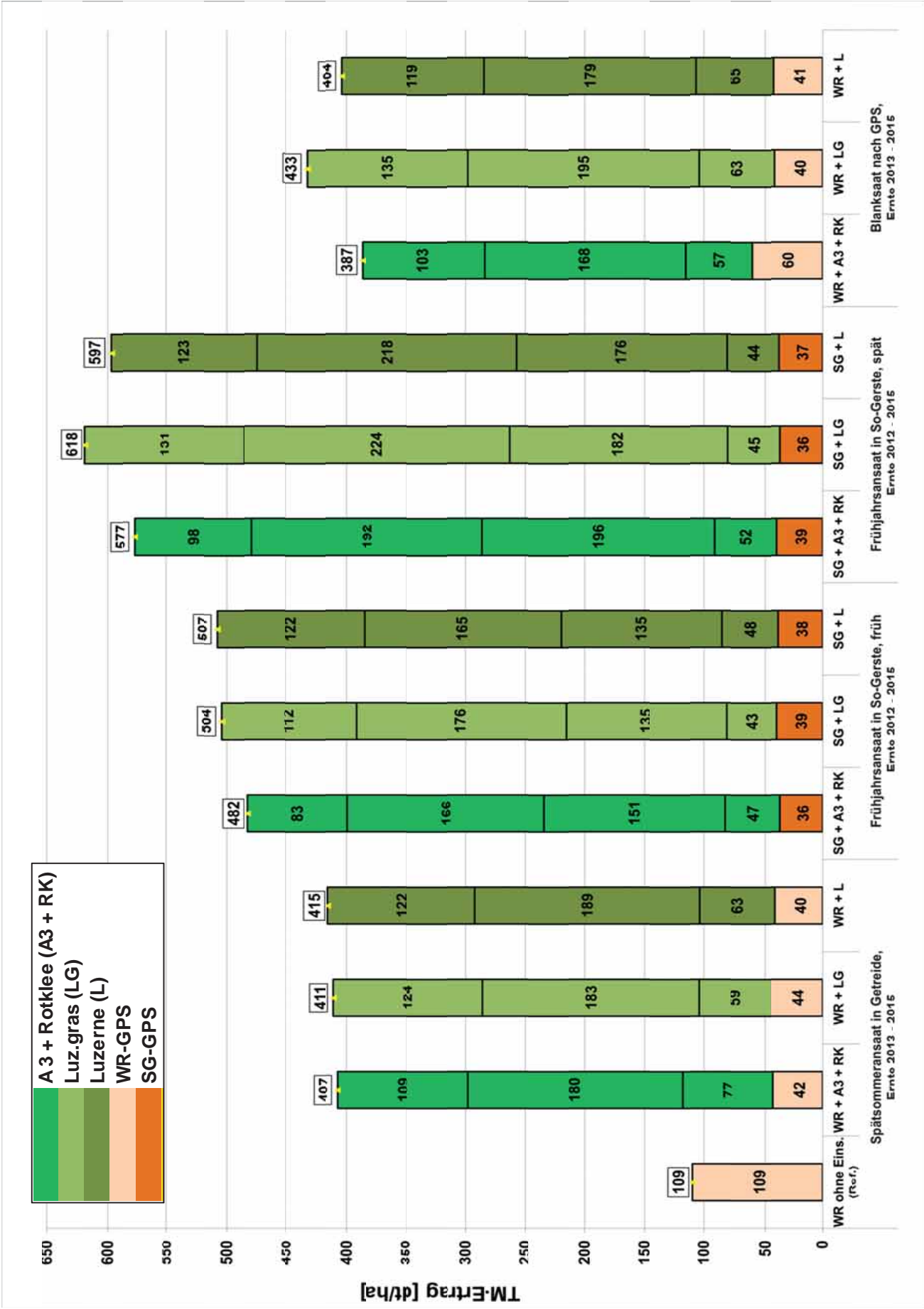


Abb. 20 TM-Erträge der Spätsommeransaat in Getreide, Frühjahrsansaat in So-Gerste und Blanksaat nach GPS 2012 - 2015, Standort Berge (BB)

Prenzlau

Im Versuchsjahr 2012 wurden die Ackerfutteraufwüchse der im April ausgesäten Frühjahrsblanksaaten dreimalig beerntet. Die auf derartigen Trockenstandorten gut zurechtkommende Luzerne zeigte schon im Anlagejahr ihr Ertragspotenzial. Sowohl als Mischung mit Gras als auch als Reinsaatvariante (mittlere Jahresertragssumme: 138 dt TM/ha) schnitt sie über dem Ertrag der Rotkleegrasmischung (122 dt TM/ha) ab. Im Folgejahr (2013) wurden die Aufwüchse dreimalig beerntet und lagen ertragsmäßig auf einem insgesamt ähnlichen Niveau (durchschnittlich 254 dt TM/ha), mit leichten Vorteilen bei der Luzernegrasmischung. Diese Beobachtung war auch in den Folgejahren zu machen. Besonders 2014 profitierten die Bestände von dem sehr frühen Vegetationsbeginn im März. Bedingt durch gut verteilte Niederschläge im Mai/Juni entwickelten sich homogene Bestände (s. Abb. 21).

2015 konnten abschließend noch drei Schnitte realisiert werden. Die Luzernegrasmischung konnte insgesamt am besten abschneiden (s. Abb. 21).

Der im April 2012 angelegte Mais wurde bereits im August geerntet. Damit stand den im Juni eingebrachte Untersaaten noch genügend Vegetationszeit im Anlagejahr zu Verfügung. Das Ackerfutter konnte noch einmalig beerntet werden. Beim Mais waren bedingt durch die verfrühte Beerntung deutliche Ertragseinbußen zu erkennen (mittlerer Ertrag: 135 dt TM/ha). Die Referenzvariante ohne Untersaat wurde später geerntet und lieferte ca. 30 dt TM/ha Mehrertrag. Im darauf folgenden Jahr entwickelten sich bei milden Frühjahrestemperaturen zügig dichte Bestände, die dreimal beerntet wurden, wobei besonders das Luzernegras und die Luzernereinsaat bei den ersten beiden Schnitten mit jeweils über 100 dt TM/ha überzeugten. In den Versuchsjahren 2014 und 2015 zeigte sich ein ähnliches Bild, wobei die Rotkleegrasmischung erwartungsgemäß immer am schwächsten abschnitt. Bei der sommerlichen Trockenheit und dazu hohen Temperaturen in 2014 war die Kompensationsfähigkeit der Luzerne gut zu beobachten, die im Vergleich zu den Gräsern hohe Erträge generieren konnte. Ein ähnliches Bild zeigte sich im Prüfjahr 2015 (s. Abb. 21).

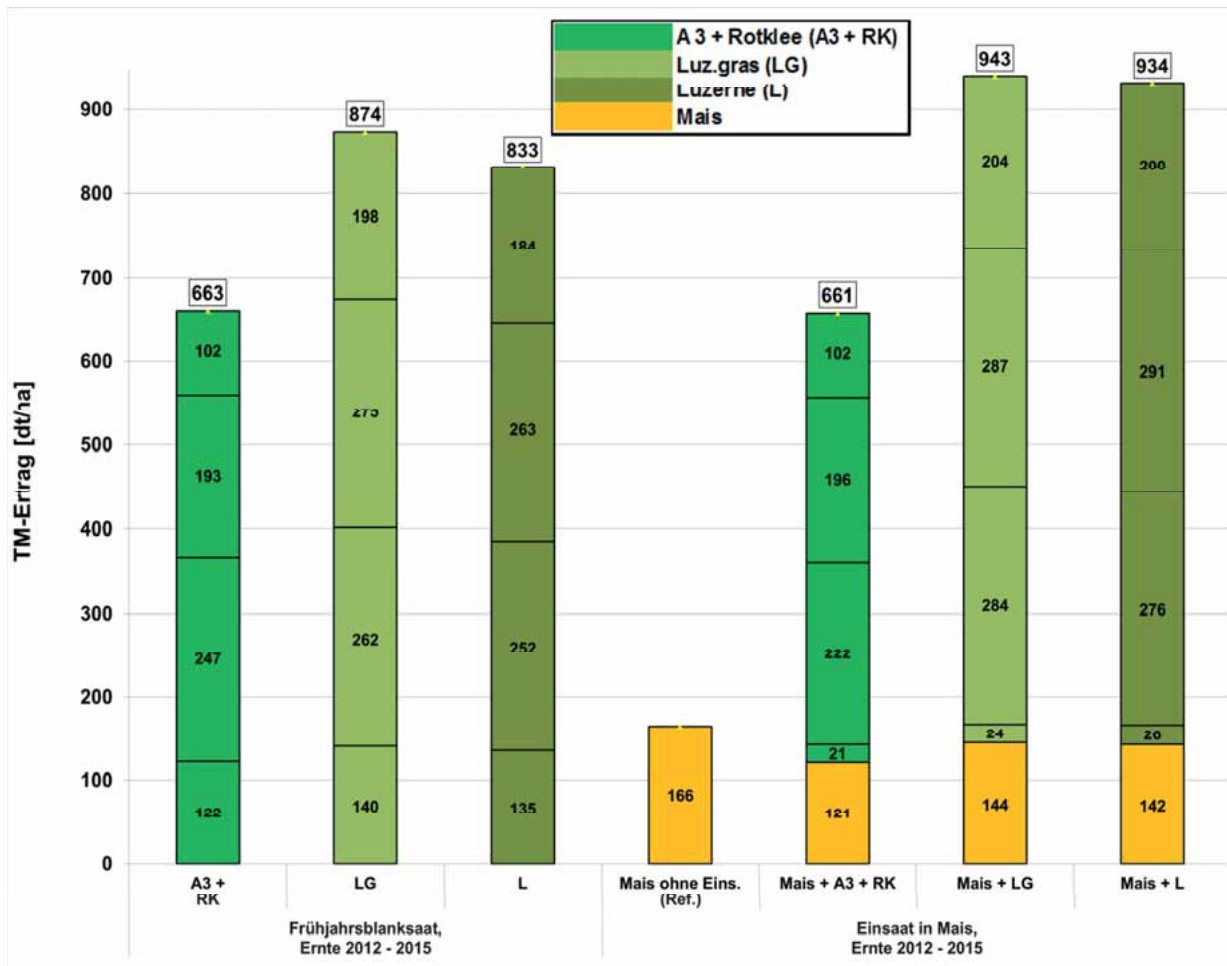


Abb. 21 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaat und Einsaat im Mais 2012 - 2015, Standort Prenzlau (BB)

Das GPS-Getreide der bereits im Herbst 2012 angelegten Variante „Spätsommeransaat mit Wi-Roggen“ wurde 2013 sehr früh geerntet um den Etablierungserfolg der Einsaat zu erhöhen. Der Durchschnittsertrag betrug 51 dt TM/ha. Anschließend konnten die Ackerfuturaufwüchse noch zweimalig geerntet werden. Ertragsmäßig ist im Etablierungsjahr aber noch keine spezielle Mischung hervorzuheben. Erst im ersten Hauptnutzungsjahr 2014 war die Bevorteilung der Luzerne auf trockenen Standorten zu erkennen. Die Rotkleeegrasmischung wurde im Zuge der Sommertrockenheit lückig. Die Kleeanteile nahmen deutlich ab, dies zeigte sich besonders im dritten Schnitt. Das Luzernegras und die Luzernereinsaat erreichten Ertragssummen von über 230 dt TM/ha, die Rotkleeegrasmischung trotz der Wachstumsprobleme im Sommer etwa 200 dt TM/ha (s. Abb. 22).

Die GPS-Erträge der Sommergerste fielen im Vergleich zum Standort Berge höher aus. Zu begründen ist dies damit, dass die Einsaaten zu Zeitpunkt der GPS-Ernte schon so stark vertreten waren, dass ihnen ein Anteil an der Erntemasse zuzuschreiben ist. Im selben Jahr wurden die Aufwüchse danach noch zweimalig beerntet. Deutliche Vorteile einer bestimmten Mischung wurden in diesem Jahr noch nicht deutlich. Eine bestimmte Mischung hat sich auch nach dem Erntejahr 2013 nicht herauskristallisiert. Erst in 2014, bedingt durch die oben genannten Witterungserscheinungen, lag die Luzernegrasmischung mit einem Mehrertrag

von 40 dt TM/ha und die Luzernereinsaat mit einem um 50 dt TM/ha höheren Ertrag im Vergleich zur Rotkleeegrasmischung vorne. Die Ertragsunterschiede wurden 2015 noch größer. Bei der Rotkleeegrasmischung war im dritten Schnitt nur noch ein TM-Ertrag von 7 dt festzuhalten (s. Abb. 22).

2013 erfolgte auch eine Blanksaat nach Sommergerste-GPS. Die GPS-Erträge lagen im Mittel bei 70 dt TM/ha. Bei den zweimalig geschnittenen Folgeaufwüchsen zeigte sich wiederum die standortangepasste Luzerne bzw. Luzernegrasmischung mit einem Mehrertrag von etwa 30 dt TM/ha. Dieses hohe Ertragspotenzial spiegelt sich auch in den Erträgen der Folgejahre (2014 und 2015) jeweils wider (s. Abb. 22).

Die Vorteile der Luzerne als Reinsaat oder als Gemengepartner mit Gras auf derartigen trockenheitsgeprägten Standorten konnte insgesamt immer wieder festgestellt werden.

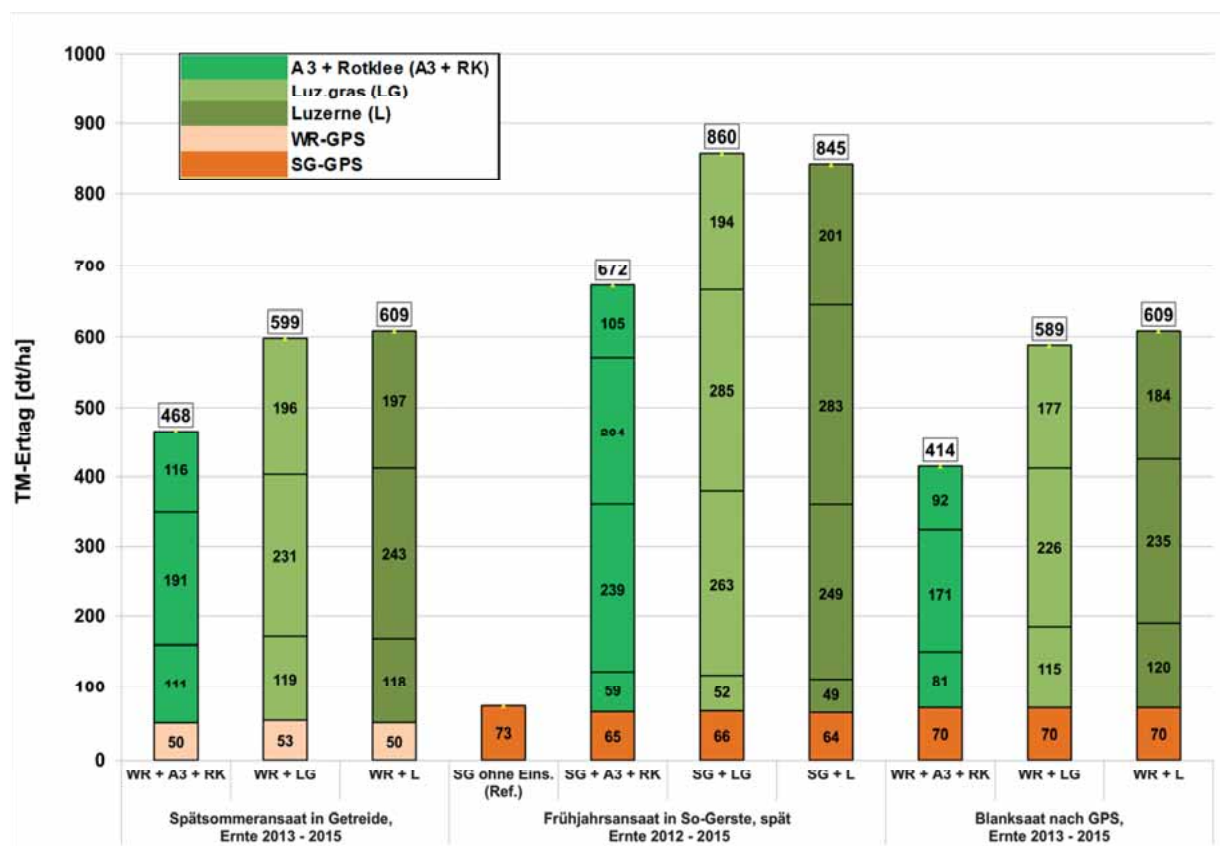


Abb. 22 TM-Erträge der Spätsommeransaat in Getreide, Frühjahrsansaat in So-Gerste und Blanksaat nach GPS 2012 – 2015, Standort Prenzlau (BB)

3.1.5 Thüringen

An den beiden thüringischen Standorten **Burkersdorf** und **Haufeld** wurden im Projektzeitraum die identischen Ansaatvarianten geprüft. Neben der Rotkleeegrasmischung (A3 + Rotklee) wurden das Luzernegras und die Luzernereinsaat geprüft.

In 2012 konnte die Aussaat der Frühjahrsblanksaat sowie eine zweimalige Beerntung realisiert werden. Die Maisvarianten wurden angelegt sowie die Untersaaten eingebracht. Nach der Maisernte im Herbst konnte nur in Haufeld die Luzernereinsaat einschnittig beerntet werden. Die Sommergerste der Variante „Frühjahrsansaat mit So-Gerste“ wurde mit den Ackerfuttermischungen ausgesät und die Sommergerste beerntet. Im Herbst 2012 erfolgte die Aussaat der Getreidevarianten mit und ohne Einsaaten.

Im Versuchsjahr 2013 erfolgte im Frühjahr die erneute Anlage der „Frühjahrsansaat mit So-Gerste“, die Einsaat der Ackerfuttermischungen in Wi-Roggen, die zweite Anlage der Frühjahrsblanksaaten und die erneute Anlage des Mais mit Untersaaten. Die Ackerfuttermischungen der Ansaatvarianten des Vorjahres sowie der Mais und die GPS-Varianten wurden beerntet.

2014 wurden alle Ansaatvarianten aus dem Vorjahr beerntet. Zusätzlich erfolgte die Aussaat der 3. Anlage und die Beerntung der entsprechenden Deckfrüchte und Einsaaten.

Im letzten Versuchsjahr (2015) stand nur noch die Ernte der Ackerfutteraufwüchse der 3. Anlage im Vordergrund.

Burkersdorf

Die erste Anlage der Frühjahrsblanksaat wurde 2012 zweimal beerntet. Am besten abgeschnitten hat dort die Rotkleeegrasmischung mit 50 dt TM/ha im Vergleich zur Luzernegrasmischung bzw. Luzernereinsaat mit jeweils 29 dt TM/ha. Die Luzernegrasmischung und die Luzernereinsaat zeigten im Ansaatjahr sehr lückige Bestände. Im Folgejahr konnten die Bestände dreimal geerntet werden. Die Bestände sahen insgesamt besser aus. Der Jahresertrag bei der Rotkleeegrasmischung lag bei 126 dt TM/ha, die Erträge der Luzernegrasmischung bzw. Luzernereinsaat erreichten Erträge von 115 bzw. 110 dt TM/ha. Besonders die Luzerne konnte sich unerwartet gut etablieren (s. Abb. 23).

Bei der zweiten Anlage (Aussaat Frühjahr 2013) zeigten sich ähnliche Etablierungsschwierigkeiten. Die Aufwüchse waren nur für einen Schnitt erntewürdig, mit leichten Vorteilen bei der Rotkleeegrasmischung. Im Folgejahr konnten Blanksaaten die Frühjahrstrockenheit sowie Starkregenereignisse gut kompensieren und entsprechende

Aufwüchse liefern. Auch bei dieser Anlage lag die Rotkleeegrasmischung mit 154 dt TM/ha vorne. Die Erträge bei der Luzernegrasmischung und Luzernereinsaat erreichten ein mittleres Niveau von 140 dt TM/ha (s. Abb. 23).

Im Versuchsjahr 2012 wurde auch der Mais mit den zeitlich versetzt eingebrachten Untersaaten angelegt. Der Mais entwickelte sich im Vergleich zu den Folgejahren, die sehr von Trockenschäden bei dieser Kultur geprägt waren, sehr gut. Die Erträge im Herbst lagen bei ca. 115 dt TM/ha. Für einen erntewürdigen Aufwuchs der Einsaaten reichte die Vegetationszeit nicht mehr aus. Im Folgejahr erfolgten drei Ackerfutterschnitte, wobei bei der Luzernereinsaat eine Etablierung nahezu völlig ausblieb. Der Bestand war stark unkrautdominiert, nur zum letzten Erntetermin wurden etwa 12 dt TM/ha geerntet (s. Abb. 23).

Die Maisentwicklung der zweiten Anlage war, wie oben beschrieben, stark von der Frühjahrstrockenheit beeinflusst. Daraus resultierend fielen die Erträge sehr gering aus (ca. 62 dt TM/ha). Die Aufwüchse der Untersaaten wurden im Anlagejahr nicht beerntet. Die besonderen Witterungsverhältnisse im Frühjahr 2014 konnten auch die Untersaaten gut kompensieren, besonders die Rotkleeegrasmischung ist dabei hervorzuheben. Diese konnte im vergleichsweise warmen Herbst nach einem eher kühlen August zum letzten Schnitt einen TM-Ertrag von etwa 40 dt/ha generieren (s. Abb. 23).

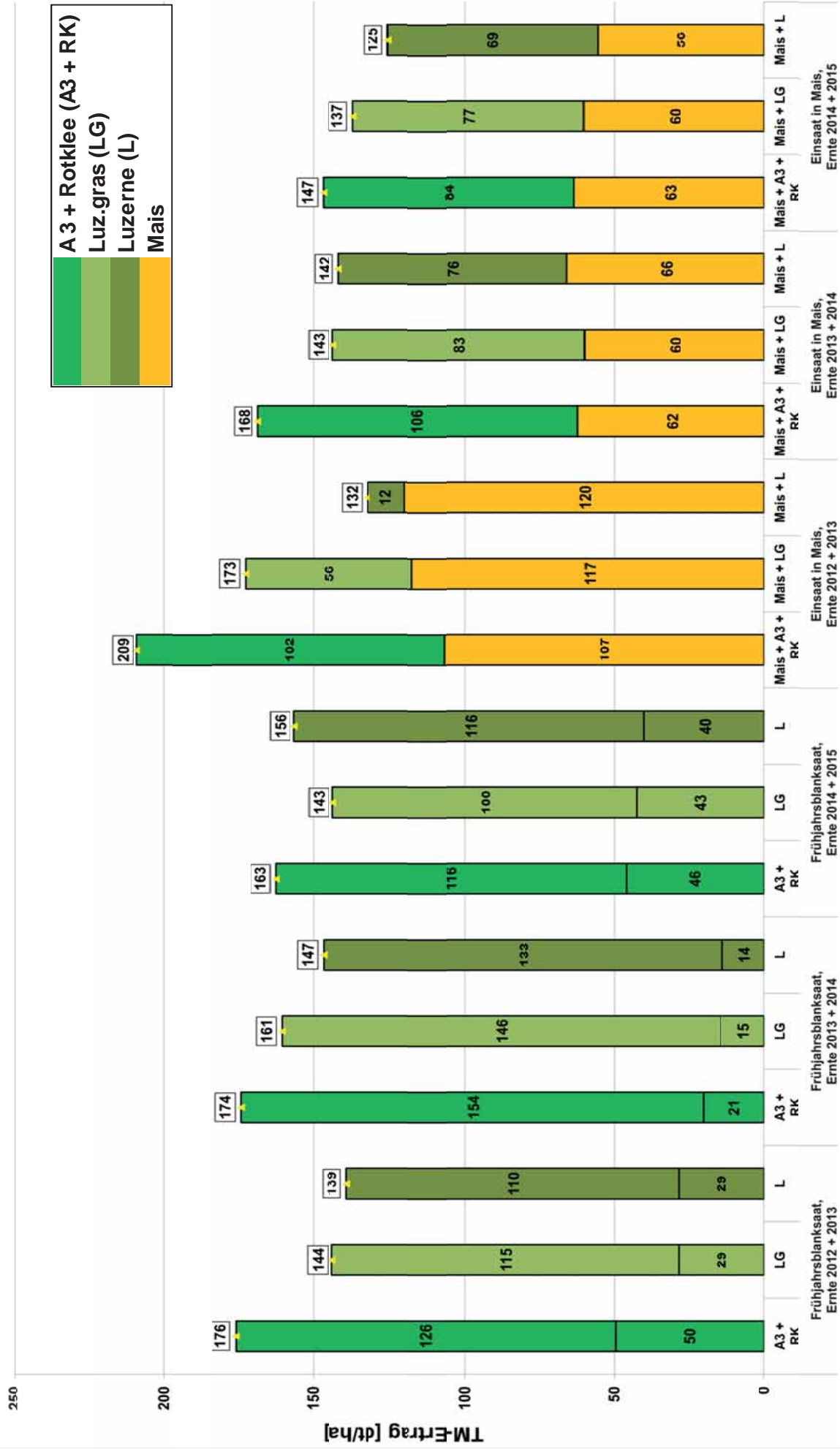


Abb. 23 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2012 - 2015, Standort Burkersdorf (TH)

Die Frühjahrsansaat mit Sommergerste lieferte im Anlagejahr 2012 ortsüblich typische Erträge von durchschnittlich 76 dt TM/ha. Die Etablierung der Einsaaten war aber noch sehr verhalten, somit entwickelten sich noch keine erntewürdigen Bestände. Trotz Frühjahrstrockenheit in 2013 war die Etablierung der Einsaaten zu beobachten. Sogar die ansonsten oftmals lückigen Luzernebestände präsentierten sich gut und hielten zum 2. wie auch zum 3. Schnitt mit den anderen Mischungen mit (s. Abb. 25).

Die Erträge der Sommergerste der 2. Anlage im Jahr 2013 lagen auf einem ähnlichen Niveau wie im Vorjahr. Es folgte eine Beerntung des Aufwuchses der eingebrachten Mischungen, obwohl dies eher einem Schröpfschnitt gleichkam, der das aufkommende Unkraut unterdrücken sollte (s. Abb. 25).

2014 erfolgte die Ackerfutterernte in drei Schnitten, diese ergaben ein ähnliches Ertragsniveau wie die Frühjahrsblanksaaten, als beste Mischung hat sich abermals die Rotkleeegrasmischung herausgestellt.

Der Winterroggen in der Aussaatvariante „Spätsommeransaat mit Wi-Roggen“ wurde 2013 sehr früh beerntet (Mitte Mai) um den Einsaaten eine möglichst lange Vegetationszeit bieten zu können. Dies geschah auf Kosten des Ertragspotenzials des Winterroggens, der im Mittel nur Erträge von 45 dt TM/ha erreichte. Das Ackerfutter wurde noch zweimal beerntet, insgesamt auf einem sehr einheitlichen Niveau über die Mischungen (s. Abb. 24).

Das Hauptnutzungsjahr 2014 war geprägt von widrigen Witterungsbedingungen. Die Untersaaten im Winterroggen entwickelten sich unter hohem Unkrautdruck sehr lückig. Eine dreimalige Beerntung ergab einen mittleren TM-Ertrag von 146 dt TM/ha. Keine der Mischungen vermochte sich dabei gegenüber den anderen durchzusetzen (s. Abb. 24).

Die Anlage der Spätsommeransaat mit Wi-Roggen wurde im Herbst 2013 nochmalig angelegt. Im witterungstechnisch turbulenten Jahr 2014 mit erschwerten Erntebedingungen ermöglichte nach der Roggenernte noch einen Ackerfutterschnitt. Die Erträge lagen etwas höher als in der 1. Anlage (s. Abb. 24).

Im Folgejahr (2015) zeigte sich bei der Rangierung der Erträge bei den Mischungen ein umgekehrtes Bild. Die Rotkleeegrasmischung schnitt schwächer ab als die Luzernereinsaat. Zurückzuführen ist das Ergebnis auf einen starken Unkrautdruck und niedrige Kleeanteile in der Rotkleeegrasmischung.

Die Prüfung der drei Ackerfuttervarianten als Blanksaaten wurde zusätzlich nach Wi-Roggen-GPS durchgeführt. Im Erntejahr 2013 zeigte sich das Potenzial des Wi-Roggens bei einer längeren Vegetationszeit (bis Mitte Juni). Die TM-Erträge lagen durchschnittlich bei 111

dt/ha. Die danach ausgesäten Mischungen konnten nur im Hauptnutzungsjahr 2014 geerntet werden, wobei sich wiederum die Rotkleegrasmischung hervorhob (s. Abb. 25).

Die erneute Anlage der „Spätsommerblanksaat nach Wi-Roggen-GPS“ ergab ähnliche Erträge beim GPS wie schon in der 1. Anlage festzustellen waren. Im Anlagejahr konnte auch noch ein Ackerfutterschnitt realisiert werden. Im Folgejahr (2015) konnten trotz Unkrautdruck, besonders zum ersten und zweiten Schnitt gute Erträge eingefahren werden. Die TM-Erträge des letzten Schnittes fielen wie in den meisten Ansaatvarianten deutlich geringer aus. Die Rotkleegrasmischung lag gegenüber den anderen Mischungen mit 131 dt TM/ha leicht vorne (s. Abb. 25).

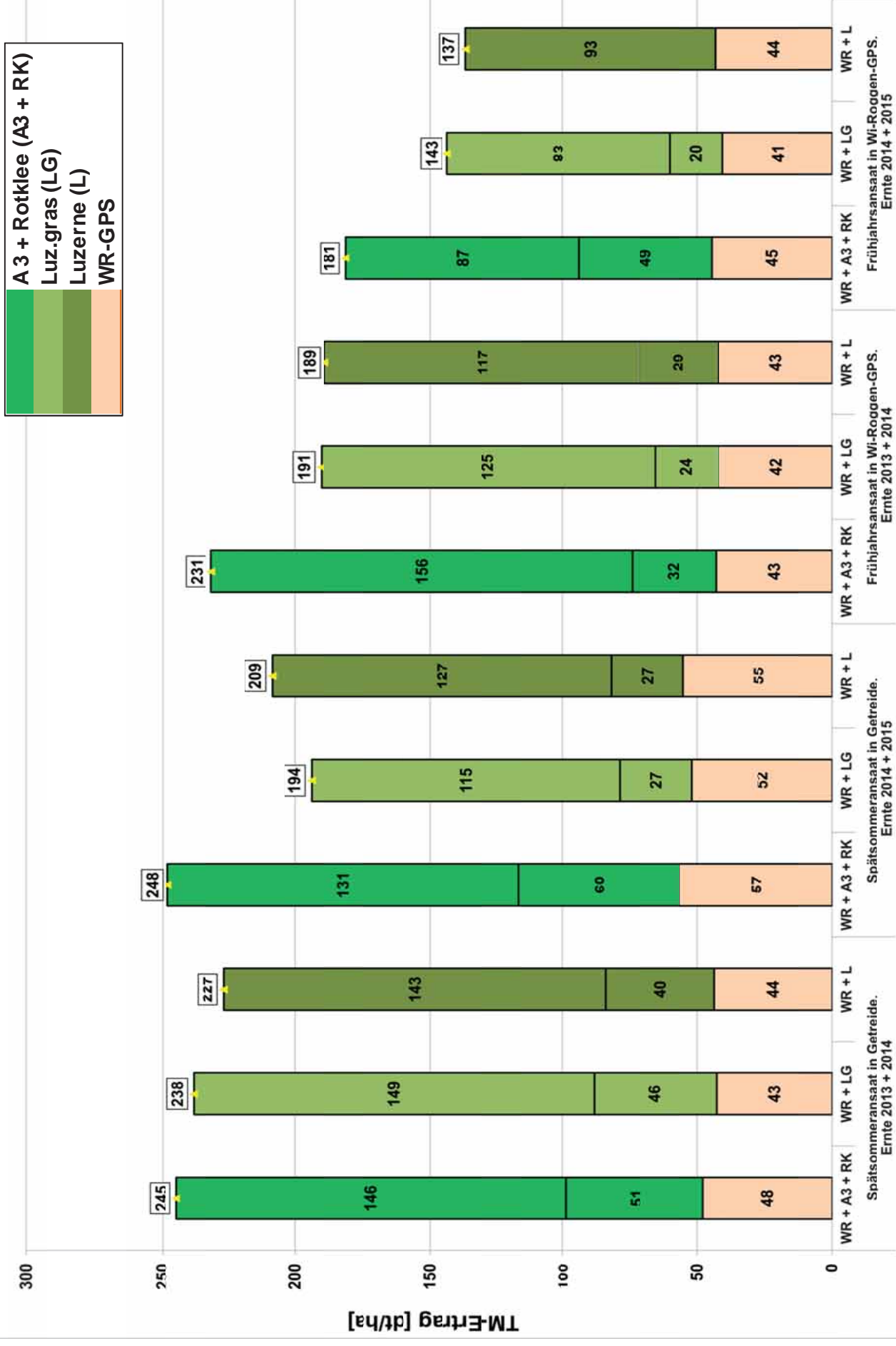


Abb. 24 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Burkersdorf (TH)

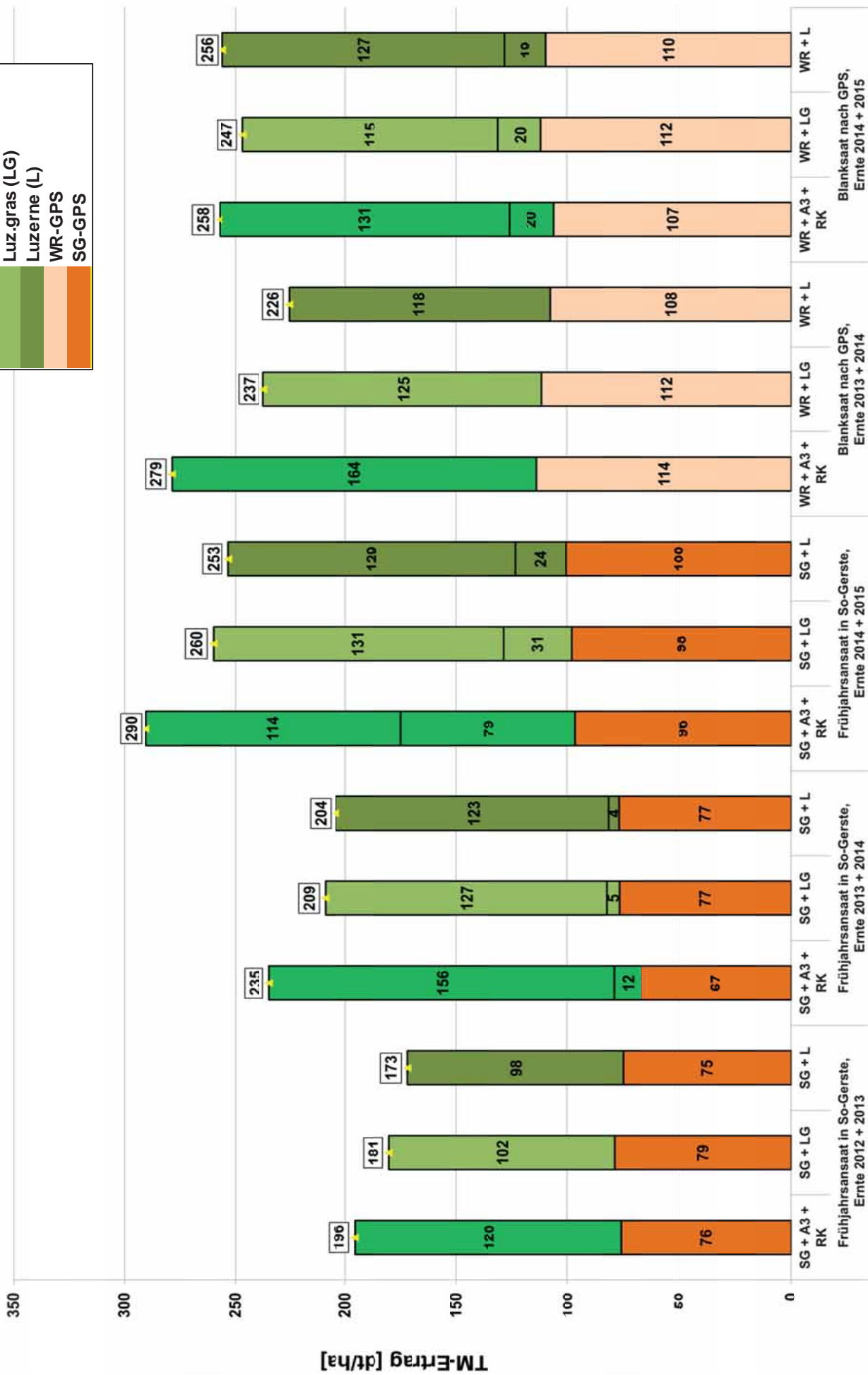


Abb. 25 TM-Erträge der Frühjahrsansaat in So-Gerste und Blanksaat nach GPS 2012 - 2015, Standort Burkersdorf (TH)

Haufeld

Der Versuchsumfang an Standort Haufeld war identisch zum Standort Burkersdorf. Die drei bekannten Mischungen wurden in unterschiedlichen Aussaatvarianten geprüft.

In 2012 wurden u.a. die Frühjahrsblanksaaten ausgesät und zweischnittig beerntet, wobei die Rotkleeegrasmischung das Erntejahr mit leichten Ertragsvorteilen abschloss. Die Luzernereinsaat konnte ihr auf diesem für die Luzerne eigentlich typischen Standort zumindest im Ansaatjahr noch nicht zeigen. Im Folgejahr konnte sich diese als Reinsaat und als Mischungsvariante mit Bastardweidelgras mit einer Ertragssumme von 120 dt TM/ha gegenüber der Rotkleeegrasmischung (100 dt TM/ha) etwas hervorheben (s. Abb. 26).

Die erneute Anlage der Frühjahrsblanksaaten in 2013 lief zunächst weniger zufriedenstellend ab. Die Mischungen waren von starkem Unkrautdruck beeinflusst und konnten nur einschnittig beerntet werden. Im Gegensatz dazu entwickelten sich die Blanksaaten im Folgejahr deutlich besser mit dichten Beständen. Bei den Erträgen lag die Rotkleeegrasmischung mit 207 dt TM/ha vor der Luzernegrasmischung (150 dt TM/ha) und der Luzernereinsaat (144 dt TM/ha). Die Ergebnisse zeigen, dass sich sogar unter den eher ungünstigen Witterungsbedingungen in 2014 gute Bestände entwickeln können (s. Abb. 26).

In 2014 erfolgte eine dritte Anlage der Frühjahrsblanksaaten. Diese entwickelten sich mit den Niederschlägen Ende April, nach einem trockenen März, sehr gut. Besonders die Rotkleeegrasmischung zeigte mit 125 dt TM/ha (zweischnittig beerntet) ein hohes Ertragspotenzial. Dieses Ergebnis wurde im Folgejahr (2015) nur z.T. bestätigt. Die Erträge der Luzernegrasmischung und die der Reinsaat fielen ähnlich aus. Die Luzernereinsaat konnte mit dichteren Beständen ertragsmäßig zulegen (80 dt TM/ha gegenüber 63 dt TM/ha in 2014). Die Rotkleeegrasmischung fiel mit geringeren Kleeanteilen deutlich ab (von 125 auf 63 dt TM/ha) (s. Abb. 26).

Die Anlage der Maisvarianten mit den Untersaaten erfolgte auch bereits in 2012, mit Maiserträgen im Bereich 120 dt TM/ha. Die anschließenden Ackerfutteraufwüchse erwiesen sich als noch nicht erntewürdig. Im Folgejahr wurden die Mischungen dreimal beerntet. Zu beobachten waren allerdings z.T. lückige Bestände besonders bei den Luzernevarianten mit hohem Unkrautdruck (s. Abb. 26).

Bei der erneuten Anlage der Maisvarianten in 2013 erreichte der Mais geringere Trockenmasseerträge als 2012, die Untersaaten entwickeln sich sehr zögerlich unter der Beschattung der Maispflanzen. Das Vegetationsjahr 2014 nutzten die Mischungen ähnlich wie die Frühjahrsblanksaaten und etablierten sich entsprechend gut, wobei sich die Rotkleeegrasmischung mit 146 dt TM/ha wieder durchsetzte (s. Abb. 26).

Bei der dritten Anlage des Maises entwickelten sich die Untersaaten gut. Allerdings litt der Mais zunächst unter Trockenschäden und zusätzlich unter der Konkurrenzsituation durch die Untersaaten bzw. einer starken Unkrautentwicklung. Sehr niedrige Wuchshöhen beim Mais waren die Folge. Dennoch ergab sich durch Niederschlagsereignisse ein Wachstumsschub beim Mais. Mit 134 dt TM/ha erreichte die Variante Mais + Luzerne-Untersaat das beste Ertragsergebnis. Im darauf folgenden Jahr wurden die Untersaaten dreimal beerntet. Die schlechten Bedingungen im Vorjahr und die teilweise lückigen Bestände machten sich auch hier in den Erträgen bemerkbar (s. Abb. 26).

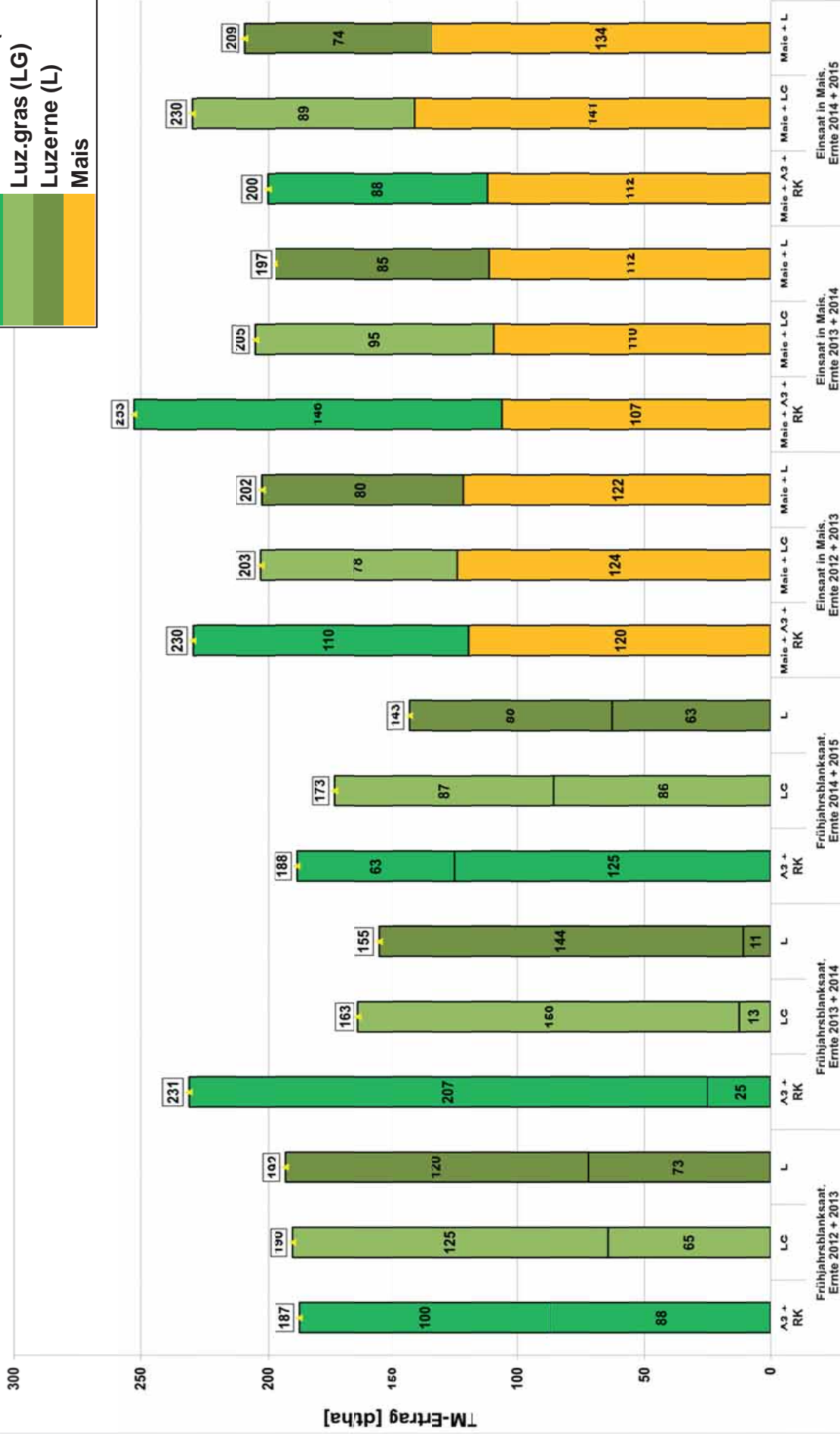


Abb. 26 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaat in Mais 2012 - 2015, Standort Haufeld (TH)

Die Erträge der Sommergerste in der Frühjahrsansaat lagen auf einem ähnlichen Niveau wie in Burkersdorf (ca. 83 dt TM/ha), die Aufwüchse nach der GPS-Ernte waren noch nicht erntewürdig. Insgesamt war die Etablierung sehr verhalten. Auch im Folgejahr (2013) präsentierten sich die Bestände nicht besser. Die sehr lückigen Bestände wurden nur ein- bzw. zweischnittig beerntet. Die Erträge lagen bei durchschnittlich 36 dt TM/ha, ca. 1/3 der Burkersdorf Erträge im Hauptnutzungsjahr (s. Abb. 28).

In der zweiten Anlage mit Sommergerste als Deckfrucht erreichte diese nur ein Ertragsniveau von unter 60 dt TM/ha, beeinflusst durch ausgebliebene Frühjahrsniederschläge. Die Aufwüchse der Ackerfuttermischungen wurden im Anlagejahr nicht mehr beerntet. Im Folgejahr entwickelten sich im Vergleich zur vorherigen Anlage vielversprechende Bestände, besonders bei der Kleeegrasmischung, die mit 164 dt TM/ha ca. 45 dt oberhalb des Ertragsniveaus der Luzernereinsaat und der Luzernegrasmischung (s. Abb. 28) überzeugte.

Im Versuchsjahr 2014 zeigten sich die Erträge der Sommergerste der dritten Anlage etwas ertragsstärker (ca. 90 dt TM/ha) als noch im Vorjahr. Unter den eher ungünstigen Witterungsverhältnissen wurden die Aufwüchse noch einmal beerntet, die Rotkleeegrasmischung lieferte wieder die höchsten Erträge. Die Ergebnisse im Jahr 2015 zeigten keine Dominanz einer bestimmten Ansaatmischung (mittlerer Ertrag: 76 dt TM/ha) (s. Abb. 28).

Die „Spätsommeransaat mit Winterroggen“ wurde erstmalig im Herbst 2012 angelegt. Die Erträge des Getreides fielen sehr gering aus. Die Ackerfutteraufwüchse wurden noch einmal beerntet, wobei die Luzernereinsaat mit 36 dt TM/ha am besten abschnitt. Im Hauptnutzungsjahr 2015 wurden die Aufwüchse nur noch einmal beerntet, die Anlage musste danach wegen zu geringer Pflanzenzahlen aufgeben werden. Zurückzuführen ist dies u.a. auf die Starkregenereignisse im Juni und damit einhergehende punktuelle Verschlammungen (s. Abb. 27).

Im Herbst 2013 wurde die Anlage erneut angelegt. Die ungünstige Witterung in 2014, mit der anfänglichen Frühjahrstrockenheit und den Starkregenereignissen spiegelte sich auch in der Bestandesentwicklung wieder. In der Deckkultur „Getreide“ war oftmals ein pilzlicher Infektionsdruck zu beobachten. Die GPS-Erträge lagen bei ca. 75 dt TM/ha. Die Ackerfuttermischungen etablierten sich danach sehr zögerlich. Auch im Folgejahr vermochten die Bestände nicht zu überzeugen, mit 67 dt TM/ha lag die Luzernegrasmischung etwa 20 dt TM/ha über den Erträgen der beiden anderen Mischungen.

Ähnlich zur oben beschriebenen Ansaatvariante wurde als Vergleich dazu eine Einsaat im Frühjahr in den Wi-Roggen durchgeführt. Die GPS-Erträge rangierten 2013 auf einem Ertragsniveau unterhalb von 70 dt TM/ha. Erntewürdige Ackerfutterbestände blieben im Anlagejahr aus. Die Anlage wurde 2014 aus denselben Gründen aufgegeben wie die Spätsommeransaat mit Wi-Roggen (s. Abb. 27).

Bei der Neuanlage im Erntejahr 2014 wurden leicht erhöhte GPS-Erträge ermittelt sowie ein Schnitt des Ackerfutters durchgeführt. Die Ackerfutterbestände entwickelten sich witterungsbeeinflusst sehr schlecht. Die Erträge lagen bei 24 dt TM/ha (Luzernereinsaat), 37 dt TM/ha (Luzernegras) und 36 dt TM/ha (Rotklee gras). Das letzte Versuchsjahr (2015) zeigte wiederum, dass sich die Rotklee grasmischung als Einsaatvariante in Getreide am besten eignet. Die Erträge dieser lagen bei 84 dt TM/ha und damit 20 bis 30 dt über den Erträgen der Luzerne(grasmischung).

Mit dem GPS-Getreide der Spätsommerblanksaat (nach der Ernte der Deckfrucht) konnten 2013 durchschnittlich 75 dt TM/ha erzielt werden. Hierbei war zu erkennen, dass das Getreide die Vegetationszeit im Frühjahr, ohne eine konkurrierende Einsaat, gut ausnutzen konnte. Auch diese Anlage wurde im Versuchsjahr 2014 nach einem Schnitt aufgegeben (s. Abb. 28).

Die Erträge der Neuanlage bewegten sich auf einem deutlich höheren Niveau als bei der ersten Anlage. Beim GPS konnten 2014 TM-Erträge von ca. 100 dt TM/ha erreicht werden. Die einmalige Beerntung der Ackerfuturaufwüchse ergab beim Rotklee gras einen Ertrag von 51 dt TM/ha, ca. 20 dt TM/ha oberhalb des Ertragsniveaus der Luzernevarianten (s. Abb. 28).

Insgesamt zeigt sich an den thüringischen Standorten, dass die Etablierung von Ackerfuttermischungen in den gängigen Energiepflanzen möglich ist. Die Einsaaten im Frühjahr zeigen allerdings meistens eine schwächere Etablierung im Ansaatjahr und können in diesem oft nicht mehr beerntet werden. Des Weiteren laufen zu lückig stehende Bestände Gefahr zu verunkrauten. Sobald im Folgejahr die Etablierung stattgefunden hat können die Erträge aber durchaus mit drei bis vier Schnitten mit den GPS-Erträgen mithalten.

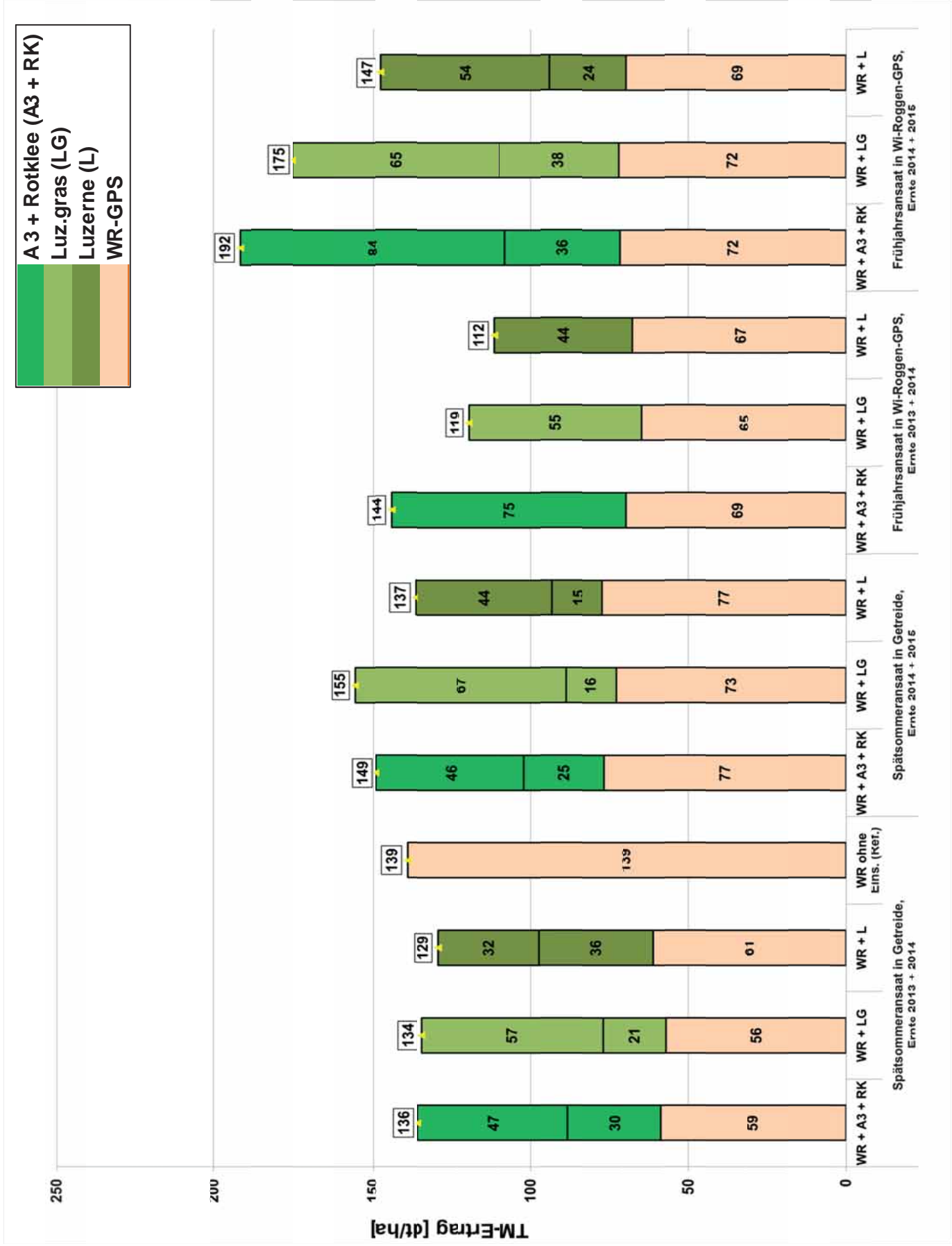


Abb. 27 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Haufeld (TH)

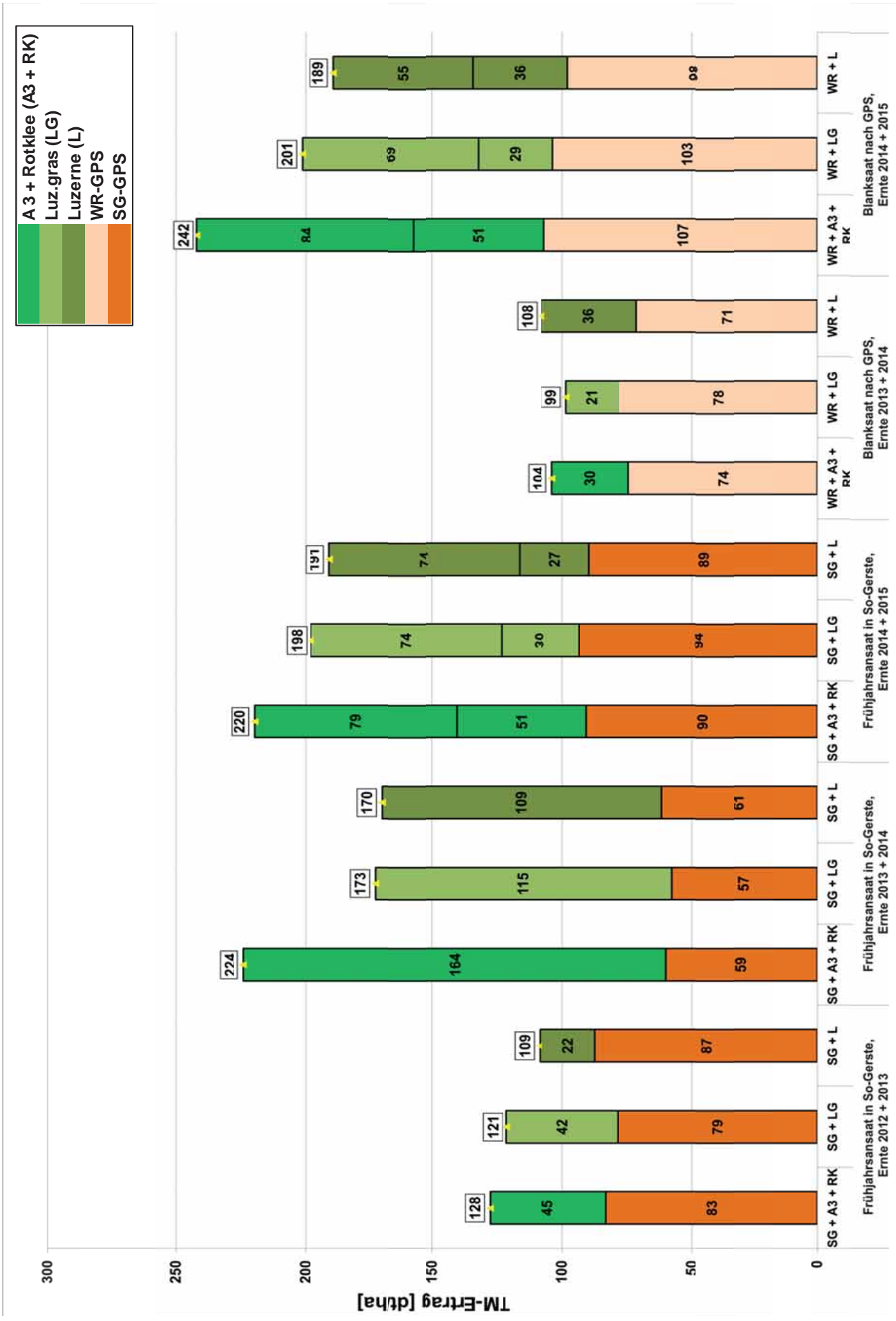


Abb. 28 TM-Erträge der Frühjahrsansaat in So-Gerste und Blanksaat nach GPS 2012 - 2015, Standort Hautfeld (TH)

3.1.6 Bayern

Im Bundesland Bayern wurden die unterschiedlichen Ansaatvarianten im Rahmen des Ackerfuttersatelliten an zwei Standorten (**Ascha** und **Grub**) geprüft. Der Versuchsumfang ist an beiden Standorten identisch.

Zu dem schon von den anderen Standorten bekannten Ansaatvarianten wurden in Bayern weitere Ansaatvarianten integriert. Dazu gehört die Variante einer späteren Einbringung der Untersaat im Mais, um den Etablierungserfolg der Ackerfuttermischungen im schon deutlich weiterentwickelten Mais zu prüfen. Des Weiteren der Anbau von Wintertriticale ähnlich zu den bekannte Wi-Roggen-Varianten mit der Einsaat von Luzernegras im Herbst, im Frühjahr und als Blanksaat nach der GPS-Ernte.

Im Jahr 2012 konnte mit der Aussaat der Getreidevarianten begonnen werden. Mit Ausnahme der Luzernereinsaat wurden die Rotkleeegrasmischung, Luzernegrasmischung sowie die Gräsermischung (Welsches und Bastardweidelgras) geprüft.

Im Versuchsjahr 2013 wurden zunächst die Ackerfuttermischungen in der „Frühjahrsansaat in Wi-Roggen“ eingebracht bevor die Maisausaat (mit zeitlich versetzter Einbringung der Untersaaten) sowie die Aussaat der Frühjahrsblanksaaten folgten. Im weiteren Jahresverlauf wurden die GPS-Varianten (Wi-Roggen und Wi-Triticale) aus dem Vorjahr geerntet sowie das Ackerfutter beerntet. Im Herbst folgte synchron zur 1. Anlage die erneute Anlage der Getreidevarianten der 2. Anlage.

Anlagentechnisch lief das Jahr 2014 ähnlich zu 2013 ab. Entsprechende Einsaaten im Wi-Roggen konnten realisiert werden, es erfolgte die erneute Anlage der Frühjahrsblanksaaten sowie die Neuanlage der Maisvarianten. Das Ackerfutter der Anlagen aus dem Vorjahr konnten größtenteils vierschnittig beerntet werden. Ebenfalls wurde das GPS-Getreide und die Folgeaufwüchse beerntet.

Ascha

Die Frühjahrsblanksaaten der 1. Anlage am Standort Ascha waren im Anlagejahr (2013) geprägt von starkem Unkrautdruck und schlechten Witterungsverhältnissen, es kamen keine erntewürdigen Aufwüchse zustande. Erst Anfang Oktober wurde die Anlage beerntet. Mit der reinen Gräsermischung konnte dort mit leichten Etablierungsvorteilen ein Ertrag von 29 dt TM/ha erzielt werden. Die Variante A 3 + Rotklee (23 dt TM/ha) und das Luzernegras (14 dt TM/ha) blieben hinter den Erwartungen zurück. Im Folgejahr (2014) konnten sich die Bestände gut etablieren. Das Ertragsniveau der Kleeegrasmischung blieb mit drei Schnitten unterhalb von 100 dt TM/ha. Die Luzernegrasmischung und die reine Gräsermischung konnten entgegen der Erwartungen im Vorjahr in 2014 sogar vierschnittig beerntet werden.

Die Gräsermischung erreichte Erträge von ca. 130 dt TM/ha, die Luzernegrasmischung erreichte ein Ertragsniveau von 116 dt TM/ha (s. Abb. 29).

Die 2. Anlage (Aussaat: April 2014) schnitt in ihrem ersten Jahr etwas besser ab als die Anlage 2013 im Aussaatjahr. Allerdings konnten die Frühjahrsblanksaaten nur zweischnittig beerntet werden. Grund dafür war die langsame Entwicklung der Bestände durch das Niederschlagsdefizit in der ersten Jahreshälfte. Im abschließenden Versuchsjahr (2015) konnten zwei Schnitte realisiert werden, die in der Summe gleichmäßige Erträge erbrachten (ca. 100 dt TM/ha). Die Vorteile des Anbaus einer reinen Gräsermischung an diesem Standort konnten somit nicht bestätigt werden (s. Abb. 29).

Bedingt durch das kühle und feuchte Frühjahr erfolgte die Maisaussaat erst Anfang Mai, der Aufgang war erst drei Wochen später festzustellen. Die Maispflanzen reagierten auf den durchnässten Boden mit einem flachen Wurzelwachstum. Eine Hitzewelle führte im Juli/August zu einem sehr zögerlichen Pflanzenwachstum und Trockenschäden. Die Untersaaten konnten in den Maisbestand eingebracht werden, der fehlende Pflanzenschutzmitteleinsatz förderte allerdings den Unkrautdruck im Mais. Ausschließlich die Gräsermischung konnte sich etablieren. Die Klee- und Luzernegrasesaaten waren unter dem Unkrautdruck nur schwer zu erkennen und etablierten sich erst nach der Maisernte zögerlich. Zur Ernte erreichte die Maisreferenz (ohne Untersaat) einen Ertrag von 79 dt TM/ha. Die Maiserträge der Bestände mit Untersaaten, sowohl vom ersten als auch vom zweiten Einsaattermin blieben weiter zurück (58 bis 70 dt TM/ha). Die Untersaaten wurden im Anlagejahr nicht mehr beerntet. Im Hauptnutzungsjahr 2014 profitierten die Mischungen von den schon früh vorherrschenden milden Temperaturen. Ähnlich wie bei den Frühjahrsblanksaaten erreichte die Kleeegrasmischung das geringste Ertragsniveau mit durchschnittlich 87 dt TM/ha zu beiden Einsaatterminen. Beim frühen Einsaattermin überzeugte besonders die reine Gräsermischung mit 142 dt TM/ha. Ein ähnliches Ertragsniveau zeigten die Erträge der Einsaaten beim späten Einsaattermin (s. Abb. 29).

Die Anlage der Maisvarianten im Frühjahr 2014 gelang deutlich besser. Die Witterungsverhältnisse waren wesentlich besser, der Mais entwickelte sich gut. Die Trockenmasseerträge des Mais (1. Termin) lagen bei ca. 170 dt/ha, beim späten Einsaattermin bei ca. 160 dt TM/ha. Ein Ackerfutterschnitt konnte im Anlagejahr in beiden Varianten nicht mehr realisiert werden. Die früheren Einsaaten bildeten insgesamt dichtere Bestände. Diese Beobachtung spiegelte sich auch in den Erträgen in 2015 wieder. Auf einem generell höheren Ertragsniveau schnitt die Gräsermischung des frühen Einsaattermins mit 121 dt TM/ha am besten ab, die Kleeegrasmischung und das Luzernegras erreichten Erträge von 89 bzw. 95 dt TM/ha (s. Abb. 29).

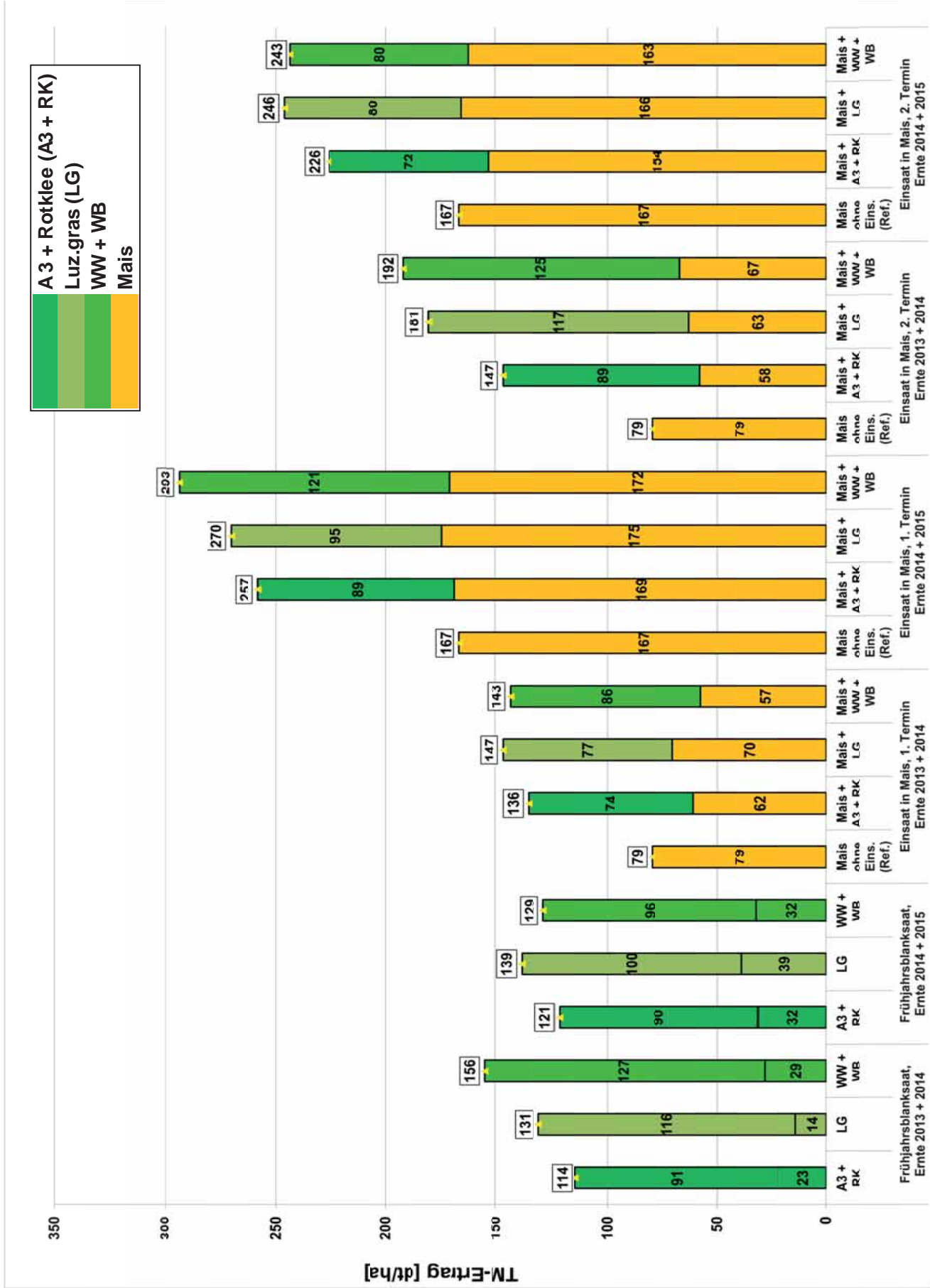


Abb. 29 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einsaaten im Mais 2013 - 2015, Standort Ascha (BY)

Bei den Getreidevarianten war auch der Einfluss der turbulenten Witterungsverhältnisse zu erkennen. Die Spätsommereinsaaten aus 2012 (Wi-Roggen bzw. Wi-Triticale) entwickelten sich am besten. Bei den Frühjahrseinsaaten war eine nur sehr verhaltende Etablierung zu beobachten, u.a. auch wegen des Unkrautdrucks in den Beständen. Die Erträge zur GPS-Ernte fielen sehr heterogen aus. Generell blieben aber die unter dem starken Unkrautdruck beeinflussten Getreidebestände der Frühjahrseinsaat-Variante mit 107 dt TM-Ertrag sehr zurück. In den anderen Getreidevarianten wurden z.T. auch Erträge bis zu 145 dt TM/ha erreicht. Nach der GPS-Ernte stagnierte das Wachstum der Einsaaten aufgrund von ausbleibenden Regenschauern und hohen Temperaturen. Es folgte am 08.10.14 in allen Varianten noch eine Beerntung der Ackerfuttermischungen, in den Erträgen spiegelt sich die schwache Etablierung wieder. Die Ansaatvarianten mit bzw. Wintertriticale erreichten bei der GPS-Nutzung Erträge im Bereich 100 dt TM/ha (s. Abb. 30 u. 31).

Die Ackerfuttermischungen in WR-GPS konnten sich in 2014 schließlich gut entwickeln und vierschnittig beerntet werden. Besonders das Luzernegras überzeugte mit Erträgen über 160 dt TM/ha (Spätsommeransaat in WR-GPS). Das Klee gras sowie die Gräsermischung erreichten Erträge von über 120 dt TM/ha. Bei der Variante Frühjahrsansaat in WR-GPS konnte sich keine Ackerfuttermischung hervorheben. Die Erträge liegen zwischen 137 und 150 dt TM/ha mit leichten Vorteilen bei der Gräsermischung. Insgesamt die höchsten Trockenmasseerträge und beste Etablierung sind bei der Blanksaat nach WR-GPS zu erkennen. Mit jeweils vier Schnitten erzielten die Mischungen einen TM-Ertrag zwischen 156 und 167 dt. Im Hauptnutzungsjahr waren bei der Spätsommeransaat mit bzw. nach Wi-Triticale TM-Erträge beim Luzernegras von über 150 dt erreicht worden (s. Abb. 30 u. 31).

Bei der erneuten Anlage der Getreidevarianten konnte zur Ernte 2014 festgestellt werden, dass unter bestimmten Witterungsbedingungen, in diesem Fall einem trockenen Frühjahr das GPS-Getreide ohne Einsaaten mit etwa 10 dt TM/ha Mehrertrag, etwas bessere Erträge erreichen kann. Eine gute Etablierung der Einsaaten konnte besonders in der Spätsommeransaat mit Wi-Roggen festgestellt werden (s. Abb. 30 u. 31).

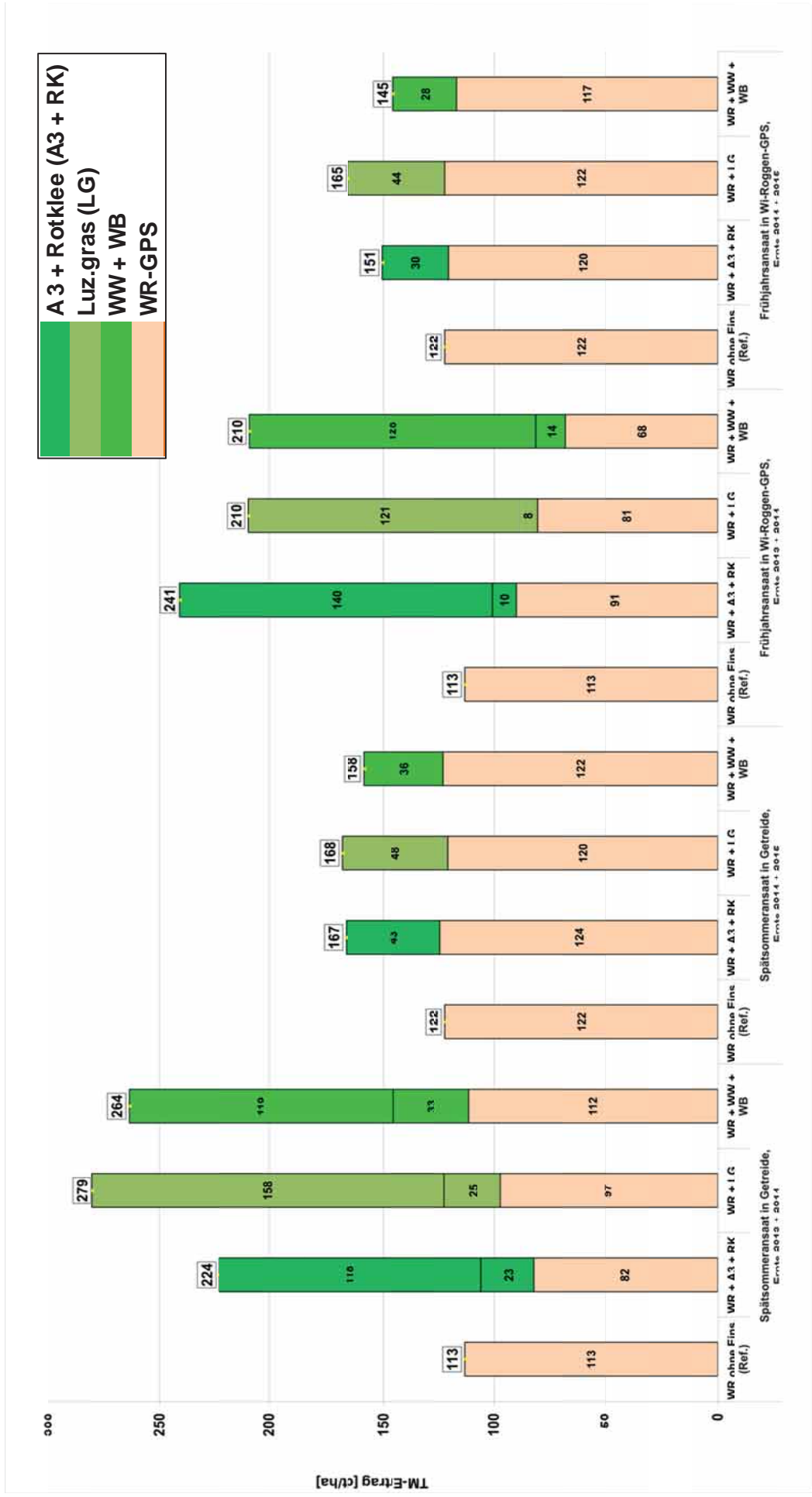


Abb. 30 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahrsansaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Ascha (BY)

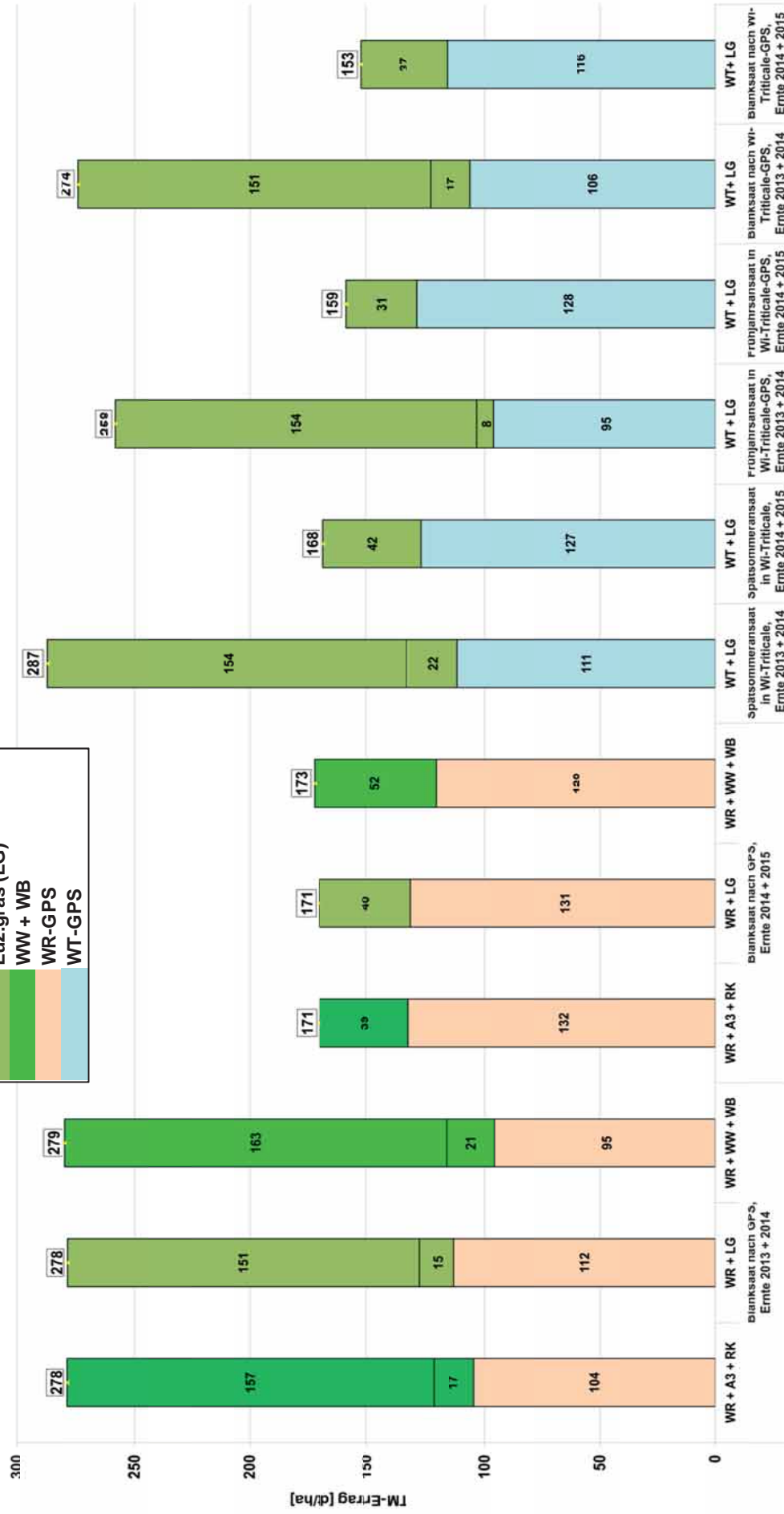
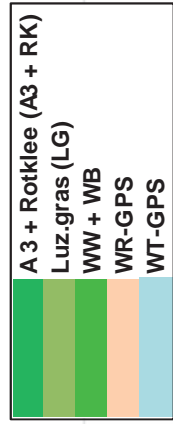


Abb. 31 TM-Erträge der Blanksaaten nach Wi-Roggen-GPS und Ansaaten in bzw. nach Wi-Triticale-GPS 2013 - 2015, Standort Ascha (BY)

Grub

Nach dem langanhaltendem Winter Anfang 2013 wurden am Ende April die Frühjahrsblanksaaten mit den drei Ackerfuttermischungen sowie die Maisparzellen angelegt. Die noch bis in den Mai anhaltenden niedrigen Temperaturen bedingten eine langsame Entwicklung der Saaten. Die Einsaat zum 1. Termin bei der Untersaatvariante im Mais konnte Mitte Mai realisiert werden.

Die Frühjahrsblanksaaten konnten in 2013 dreischnittig beerntet werden. Das Luzernegras wurde mit einer Ertragssumme von 49 dt TM/ha, die reine Gräsermischung mit 57 dt TM/ha beerntet. Das Rotklee gras blieb mit 35 dt TM/ha weit hinter den Erwartungen zurück. Die in 2013 angesäten und etablierten Aussaatvarianten wurden in 2014 ein weiteres Mal beerntet. Sowohl im zweiten Standjahr als auch in der Neuanlage der Frühjahrsblanksaaten in 2014 konnte sich keine Ackerfuttermischung hervorheben (durchschnittlich ca. 108 dt TM/ha). Die Beerntung erfolgte fünfschnittig. Auffällig ist jedoch, dass die Bestandestablierung im Ansaatjahr der erneuten zweiten Anlage (2014) im Vergleich zu 2013 erfolgreicher war. Die Mischungen wurden in 2014 noch 4-schnittig beerntet und erreichten ca. 100 dt TM/ha (s. Abb. 32).

Die Untersaatvarianten im Mais (Aussaat: 2013) entwickelten sich unterschiedlich. Besonders bei den früh eingebrachten Untersaaten zeigte sich der erhöhte Wasserbedarf an den Maispflanzen. Zur Ernte erzielte die Referenzvariante einen TM-Ertrag von 84 dt TM/ha, bei den Untersaatvarianten 48 bis 58 dt TM/ha (1. Termin) bzw. 59 bis 66 dt TM/ha zum 2. Termin. In 2014, dem Hauptnutzungsjahr der Untersaaten zeigte sich die Gräservariante mit 121 dt TM/ha am stärksten (s. Abb. 32).

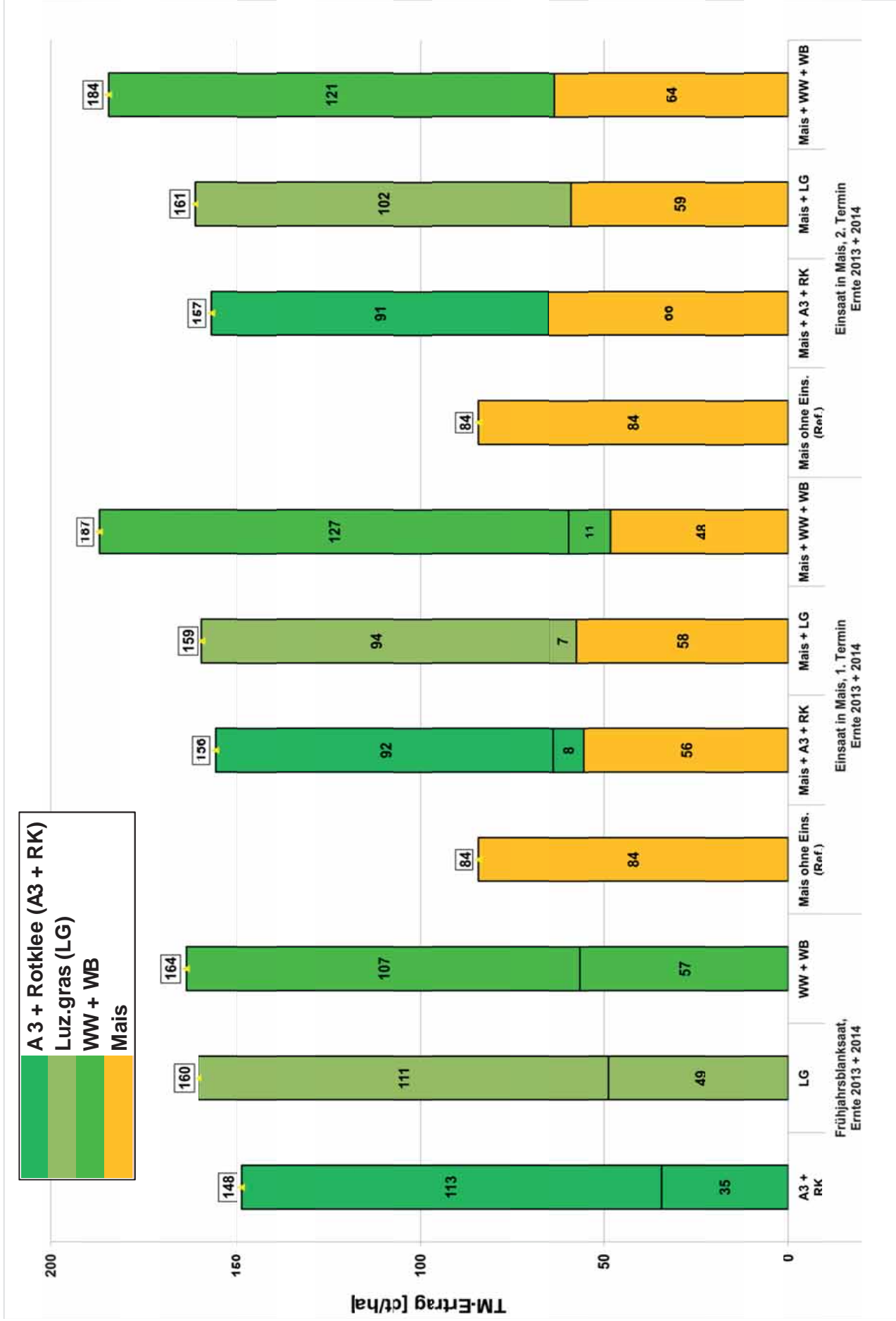


Abb. 32 TM-Erträge der Frühjahrsblanksaaten und Einseaten im Mais 2013 - 2015, Standort Grub (BY)

Auch in Grub wurde im September 2012 mit der Anlage der Getreidevarianten begonnen werden. Trockene Bedingungen nach der Saat verhinderten den gleichmäßigen Aufgang der Gräser und Leguminosen.

Die GPS-Ernte Anfang Juli 2013 brachte besonders bei der Blanksaatvariante nach GPS Erträge im Bereich 150 dt TM/ha. Im Vergleich dazu erreichten die Erträge der Ganzpflanzen der Spätsommer- und Frühjahrsansaat nicht das Niveau. In diesen beiden Aussaatvarianten hatte das Getreide stark unter Unkrautdruck zu leiden, wodurch wiederum die Etablierung der Ackerfuttermischungen nur eingeschränkt ablief. Das Ackerfutter in der Spätsommeransaat konnte noch in zwei Schnitten beerntet (Summe der TM-Erträge der reinen Gräsermischung: 33 dt TM/ha, A 3 + Rotklee: 20 dt TM/ha, Luzernegras: 19 dt TM/ha). Bei der Frühjahrsansaat im Getreide erfolgte nur ein Schnitt, mit deutlich niedrigeren Erträgen bedingt durch eine starke Verunkrautung (s. Abb. 33 u. 34).

Die Spätsommeransaat in WR-GPS (Aussaat 2012) entwickelten sich im milden Frühjahr 2014 entgegen der Beobachtungen in 2013 gut. Aber auch hier konnte sich keine der Mischungen ertragsmäßig von den anderen abheben. Alle erreichten ein Ertragsniveau von ca. 113 dt TM/ha. Im Vergleich dazu wurde die Anlage ein weiteres Mal angelegt (Aussaat 2013). In diesem Fall ließen sich zwei Schnitte realisieren, wobei die Weidelgras betonte Gräsermischung mit 73 dt TM/ha, einen Mehrertrag von ca. 20 dt, als die Klee- und Luzernegrasmischung erzielte (s. Abb. 33).

In der Frühjahrsansaat in WR-GPS erzielte die Luzernegrasmischung mit 121 dt TM/ha (Summe von fünf Schnitten) den besten Ertrag. Die anderen Mischungen erzielten ca. 100 dt TM/ha. Die Folgeanlage (Einsaat in WR-GPS 2014) ist bzgl. der Etablierung der Ackerfuttermischungen erfolgreicher anzusehen. Die Ackerfutterbestände entwickelten im Vergleich zum Vorjahr einen dichteren Bestand und konnte zweimalig beerntet werden. Die bessere Entwicklung ist evtl. mit dem früheren Erntetermin des Winterroggens zu erklären (s. Abb. 34).

Im Versuchsjahr 2014 wurden in Grub noch die Blanksaatvariante nach WR-GPS (Aussaat 2013) beerntet. Ähnlich zur vorher erwähnten Frühjahrsansaat konnte sich auch bei dieser Variante die Luzernegrasmischung mit 127 dt TM/ha durchsetzen. Die Klee- und Luzernegrasmischung erreichte ein Ertragsniveau von 105 dt TM/ha (s. Abb. 34).

Bei dem nur an den bayrischen Standorten angelegtem Luzernegras in unterschiedlichen Aussaatvarianten (Herbstaatsaat mit Wi-Triticale-GPS, Frühjahrsansaat in Wi-Triticale-GPS und Blanksaat nach Wi-Triticale-GPS) konnte sich die Blanksaatvariante durchsetzen. Mit einer 5-Schnittnutzung in 2014 erzielte das Luzernegras eine Ertragssumme von 129 dt TM/ha.

Bei der Herbstvariante wurde ein Ertrag von 103 dt TM/ha, bei der Frühjahrsansaat ein Ertrag von 82 dt TM/ha erreicht (s. Abb. 34).

Die erneute Anlage der Getreide-GPS-Varianten bestätigte das Ergebnis aus dem Vorjahr, dass die GPS-Erträge ohne Einsaaten oftmals besser ausfielen. Andererseits steht den nach der GPS-Ernte ausgesäten Ackerfutmischungen nur noch eine verkürzte Vegetationszeit zur Etablierung und Ertragsbildung zur Verfügung.

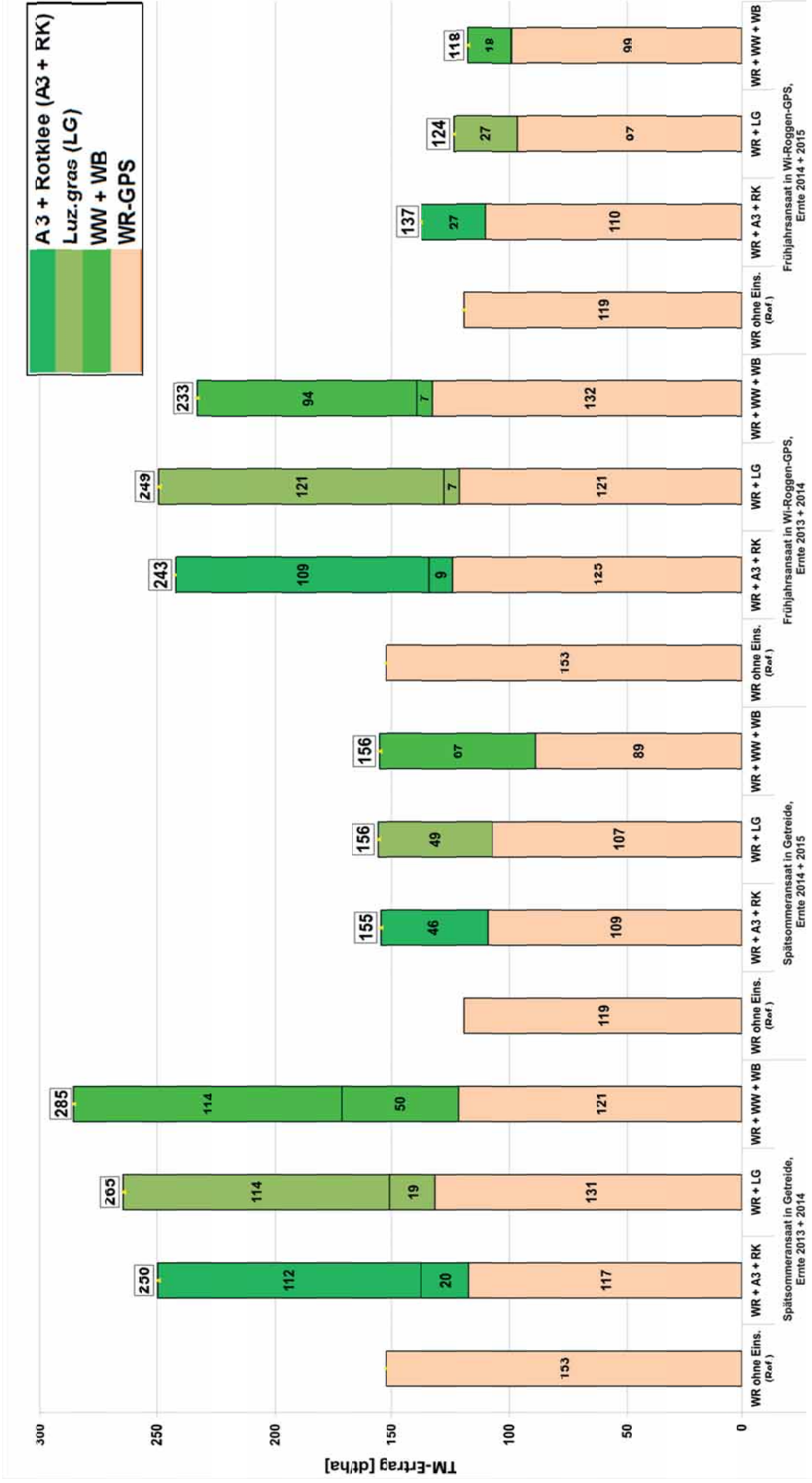


Abb. 33 TM-Erträge der Spätsommeransaat und Frühjahransaat in Wi-Roggen-GPS 2013 - 2015, Standort Grub (BY)

4 Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigten sich wie erwartet standörtliche Unterschiede hinsichtlich der Eignung der unterschiedlichen Anbauverfahren und Mischungen. Auf den meisten Standorten wurde die ertragliche Dominanz des Mais gegenüber möglicher Alternativen bzgl. der Art und Ansaatverfahren wieder deutlich. Dennoch werden dieser Kultur bei z. T. sehr schwierigen Witterungsbedingungen (Nässe und langanhaltende Trockenheit) Grenzen aufgezeigt.

Generell zeigen sich auf frischeren Standorten die Vorteile bei den gräserbetonteren Mischungen. Die Luzerne kommt insbesondere auf trockeneren Standorten sehr gut zurecht. Dies hat sich besonders in den Blanksaatverfahren immer wieder gezeigt. An einigen Standorten konnten die Ertragsleistungen der Frühjahrssaatungen mit den GPS-Erträgen mithalten.

Entscheidend für die ertragreiche, mehrjährige Nutzung von Einsaaten in Mais, ist das Etablierungsjahr. Dabei kann die Wahl einer früh abreifenden Maissorte hilfreich sein, um den Einsaaten im Herbst noch Zeit zur Entwicklung zu geben. Zusätzlich ist bei der Sortenwahl auf Maissorten mit einer steilen Blattstellung zu achten um den Untersaaten schon während der Maiswachstums einen größtmöglichen Lichteinfluss bieten zu können. Des Weiteren sind Herbizide sehr früh anzuwenden um die eingebrachten Untersaaten nicht zu schädigen. In der Anbauplanung ist besonders bei den Untersaaten im Mais davon auszugehen, dass sich hierbei in den meisten Fällen im Anlagejahr keine erntewürdigen Aufwüchse mehr entwickeln. Im Folgejahr, bei erfolgreicher Etablierung sind dann aber bis zu vier Schnitte möglich, die teilweise das GPS-Ertragsniveau erreichen.

Bei den Einsaaten der Ackerfutmischungen in Getreidebestände zeigten sich zum Teil höhere Etablierungserfolge bei der Einsaat im Spätsommer, gemeinsam mit der Getreideaussaat. Die Ackerfutmischungen konnten sich zumeist bedingt durch die längere Vegetationszeit und gute Vorwinterentwicklung deutlich stärker entwickeln. Zu beachten sind bei den Herbstsaaten die sehr eingeschränkten Möglichkeiten des Pflanzenschutzes im Herbst. Entscheidend für den Etablierungserfolg von Herbst- wie auch Frühjahrseinsaaten ist die Wahl von standfesten Getreidesorten sowie die um etwa ein Drittel reduzierte Saatstärke der Deckfrucht. Die gängige Praxis sind Herbstsaaten, vergleichbar mit den Blanksaaten nach WR-GPS oder WR-Körner, um von den deutlichen Mehrerträgen im ersten Hauptnutzungsjahr zu profitieren.

Ökonomisch betrachtet sind konventionelle Anbausysteme, die ausschließlich auf die Nutzung einer Frucht aufbauen, kurzfristig betrachtet, sicherlich für den Landwirt

interessanter. Hinzugezogen werden müssen allerdings auch andere Faktoren, die sich als Vorteile aus der Etablierung von z.B. Untersaaten ergeben. Die Bestandesführung im Hauptnutzungsjahr der im Vorjahr etablierten Untersaaten, unabhängig ob in Mais oder Getreide, beinhalten nur noch die Düngung der Aufwüchse und die Durchführung der Ernte. Durch die eingesparte Bodenbearbeitung werden die Kosten gesenkt. Dies setzt natürlich eine mindestens überjährige Nutzung voraus.

Die Versuche zeigen insgesamt auf, dass es durchaus praktikabel ist, über eine Etablierung von mehrschnittigen Gräsern in Fruchtfolgen mit den gängigen Energiepflanzen (Mais und GPS-Getreide) nachzudenken. Besonders vor dem Hintergrund des knapper werdenden Flächenangebots und der Möglichkeit, die Gesamt-Humusbilanz von humuszehrenden Energiefruchtfolgen zu verbessern, bieten sich derartige Anbausysteme an. Des Weiteren können Betriebe mit Rinderhaltung als auch einer Biogasanlage die Aufwüchse in beiden Nutzungszweigen einsetzen. Mit der Etablierung der überjährig genutzten Ackerfutterbestände lässt sich die Gülleverwertung flexibler gestalten, dennoch sind die Orientierungswerte zur N-Düngung im Sommer/Herbst zu Zwischenfrüchten bzw. Untersaaten einzuhalten. Auch vor dem Hintergrund der Greening-Auflagen ergeben sich Möglichkeiten, diese mittels der beschriebenen Ansaatvarianten zu erfüllen. Die Untersaaten sind in der Lage den Stickstoff in der Pflanzenmasse zu binden und hinterlassen deutlich geringere Rest-N_{min}-Gehalte im Boden. Aus Wasserschutzaspekten sind die geprüften Anbauverfahren von Untersaaten im Mais und Getreide zu empfehlen und z.T. in der Praxis nicht mehr wegzudenken.

5 Anhang

Anh. 1 Ansaatverfahren an den Prüfstandorten

Ansaatverf. Stufe	Deckfrucht/ Saatpartner	Ansaatverfahren	Ackerfüttermischung	Schnittregime früh - spät	NI		SH	MV	BB ¹		TH	BY
					Werite, Otterham, Poppenburg	Lindenhof			Berge, Prenzlau	Haufeld, Burkertsdorf			Ascha, Grub
A 1	kein(e)	Frühjahrsblanksaat	B1 A 3 plus Rotklee	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	kein(e)	Frühjahrsblanksaat	B2 Luzerngras	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	kein(e)	Frühjahrsblanksaat	B3 Luzerne-Reinsaart	- spät	1	1	1	1	1	1	1	-
	kein(e)	Frühjahrsblanksaat	B4 WW + WB	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
A 2	Mais	Einsaart in Mais	B1 A 3 plus Rotklee	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mais	Einsaart in Mais	B2 Luzerngras	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mais	Einsaart in Mais	B3 Luzerne-Reinsaart	- spät	1	1	1	1	1	1	1	-
	Mais	Einsaart in Mais	B4 WW + WB	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
A 7	Mais	Einsaart in Mais, 2.T.	B1 A 3 plus Rotklee	- spät	-	-	-	-	-	-	-	1
	Mais	Einsaart in Mais, 2.T.	B2 Luzerngras	- spät	-	-	-	-	-	-	-	1
	Mais	Einsaart in Mais, 2.T.	B4 WW + WB	- spät	-	-	-	-	-	-	-	1
2	Mais (Referenz)	ohne Einsaat	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1
	Winterroggen-GPS (Referenz)	ohne Einsaat	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1
A 3	Winter-/Grünschnittroggen	Spätsommeransaart mit Getr.	B1 A 3 plus Rotklee	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	Winter-/Grünschnittroggen	Spätsommeransaart mit Getr.	B2 Luzerngras	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	Winter-/Grünschnittroggen	Spätsommeransaart mit Getr.	B3 Luzerne-Reinsaart	- spät	1	1	1	1	1	1	1	-
	Winter-/Grünschnittroggen	Spätsommeransaart mit Getr.	B4 WW + WB	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
A 4	Winter-/Grünschnittroggen	Frühjahrsaat in Wi.-Roggen	B1 A 3 plus Rotklee	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	Winter-/Grünschnittroggen	Frühjahrsaat in Wi.-Roggen	B2 Luzerngras	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	Winter-/Grünschnittroggen	Frühjahrsaat in Wi.-Roggen	B3 Luzerne-Reinsaart	- spät	1	1	1	1	1	1	1	-
	Winterroggen	Frühjahrsaat in Wi.-Roggen	B4 WW + WB	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
A 8	So.-Gerste	Frühjahrsansaart in So.-Gerste	B1 A 3 plus Rotklee	BB fr. spät	-	-	-	-	2/1**	1	1	-
	So.-Gerste	Frühjahrsansaart in So.-Gerste	B2 Luzerngras	BB fr. spät	-	-	-	-	2/1**	1	1	-
	So.-Gerste	Frühjahrsansaart in So.-Gerste	B3 Luzerne-Reinsaart	BB fr. spät	-	-	-	-	2/1**	1	1	-
A 5	WR/So.-Gerste	Spätsommerblanksaat n.GPS	B1 A 3 plus Rotklee	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	WR/So.-Gerste	Spätsommerblanksaat n.GPS	B2 Luzerngras	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
	WR/So.-Gerste	Spätsommerblanksaat n.GPS	B3 Luzerne-Reinsaart	- spät	1	1	1	1	1	1	1	-
	WR/So.-Gerste	Spätsommerblanksaat n.GPS	B4 WW + WB	- spät	1	1	1	1	1	1	1	1
A 6	Winterroggen	Blanksaat n. Körnem.	B1 A 3 plus Rotklee	- spät	1	1	1	1	1	1	1	-
	Winterroggen	Blanksaat n. Körnem.	B2 Luzerngras	- spät	1	1	1	1	1	1	1	-
	Winterroggen	Blanksaat n. Körnem.	B3 Luzerne-Reinsaart	- spät	1	1	1	1	1	1	1	-
	Winterroggen	Blanksaat n. Körnem.	B4 WW + WB	- spät	1	1	1	1	1	1	1	-
	Winterrittricale	Herbtsaat mit Getr.	B2 Luzerngras	- spät	-	-	-	-	-	-	-	1
	Winterrittricale	Frühjahrsaat in Getr.	B2 Luzerngras	- spät	-	-	-	-	-	-	-	1
	Winterrittricale	Blanks.n.GPS-Ernte	B2 Luzerngras	- spät	-	-	-	-	-	-	-	1

Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands („EVA“) – Phase III – Querschnittsaufgabe Risikoabschätzung

Forschungs-Nr.: 3.04

Laufzeit: 04/2013 – 11/2015

verantw.

Themenbearbeiter: Ina Fleischer

Beteiligte Einrichtungen: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Partner des EVA-Verbundprojektes

06.10.2015

Themenbearbeiter

Institutsleiter

GLIEDERUNG

Seite

1	Einleitung.....	1
2	Material und Methoden	1
2.1	Fruchtfolgen und zeitlicher Ablaufplan der Fruchtfolgeglieder	1
2.1.1	Standorte	2
2.1.2	Standortbedingungen in Gülzow – Herbst 2014 bis Herbst 2015	3
2.2	Versuchsdurchführung.....	4
2.2.1	Datenerhebung und Datenauswertung	4
3	Ergebnisse	5
3.1	Erträge am Standort Gülzow.....	5
3.2	Standortübergreifende Auswertung	7
3.2.1	WT-GPS – Verteilung der Werte	7
3.2.2	WT-GPS – Konfidenzintervalle	9
3.2.3	Einfluss des Stichprobenumfangs auf die Streuung	9
4	Fazit	10

Tabellenverzeichnis

Seite

Tabelle 1:	Verteilung der Anbaujahre der vierjährigen Fruchtfolgen auf die Versuchsanlagen von Grundversuch und Risikoversuch von 2011 bis 2015	1
Tabelle 2:	EVA-Fruchtfolgen 01, 02 und 03	2
Tabelle 3:	Standortbedingungen der unterschiedlichen Versuchsstandorte von Grund- und Risikoversuch	2
Tabelle 4:	Mittelwerte und Standardabweichung der Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Versuchsanlage 7 und 8 im Jahr 2015	7
Tabelle 5:	Konfidenzintervalle (95%) der Trockenmasseerträge von WT-GPS für die Zeiträume 2011-2014 und 2011-2015	9
Tabelle 6:	Stichprobenumfänge und Streuungsdaten von Wintertriticale-GPS Trockenmasseerträgen der Standorte Dornburg, Ettlingen, Gülzow und Bernburg	10

Abbildungsverzeichnis

Seite

Abbildung 1:	Temperaturverlauf in Gülzow im Zeitraum Herbst 2014 – Herbst 2015	3
Abbildung 2:	Monatliche Niederschlagsmengen in Gülzow im Zeitraum Herbst 2014 – Herbst 2015	4
Abbildung 3:	Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Anlage 7 im Jahr 2015	6
Abbildung 4:	Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte des Winterweizens der Anlage 8 im Jahr 2015	6
Abbildung 5:	Relative Häufigkeiten der WT-GPS Trockenmasseerträge an den Versuchsstandorten (2011-2015)	8

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
A	Anlage
dt	Dezitonne
FF	Fruchtfolge
GPS	Ganzpflanzensilage
GV	EVA-Grundversuch
ljM	langjähriger Mittelwert
n	Stichprobenumfang
R	EVA-Risikoversuch
s	Standardabweichung
S1/S2	Standardausgleich 1 bzw. 2
StAG	Standardausgleich
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
\bar{x}	arithmetisches Mittel

1 Einleitung

Im EVA-Projekt werden seit 2005 Ertragsdaten verschiedener Ackerkulturen erfasst und ausgewertet. Grundlage hierfür sind die unterschiedlichen Energiepflanzenfruchtfolgen des Forschungsprojektes. Aufgrund des Versuchsdesigns konnten dennoch auf Grundlage der ausgewerteten Datenbasis kaum Aussagen zur Ertragsstabilität der Kulturen gemacht werden, da im bisherigen Versuchsprogramm für keine Fruchtart eine durchgehende Ertragserfassung über mehrere Jahre hinweg möglich war. Aus diesem Grund wurde 2013 ergänzend zum Grundversuch des EVA-Projektes an den verschiedenen Versuchsstandorten der sogenannte „Risikoabschätzungsversuch“ (nachfolgend „Risikoversuch“) angelegt. Dieser ermöglicht für die Kulturen der EVA-Fruchtfolgen 01, 02 und 03 eine durchgehende jährliche Ertragserfassung. Jahreseffekte auf die Ertragsbildung können somit deutlicher werden und die Einschätzung von Ertragsstabilität sowie die Einordnung von Kulturen bezüglich des Risikos von Ertragsausfällen genauer beschrieben werden.

In einer ersten Auswertung von Ertragsdaten von Wintertriticale-GPS (Ganzpflanzensilage) konnten erste Aussagen bezüglich deren Schwankungen und der standorttypischen Mittelwerte gegeben werden (Fleischer, 2015). Diese bedurften jedoch einer Überprüfung und gegebenenfalls Überarbeitung durch die Miteinbeziehung weiterer Daten in die Auswertung. Ebenfalls zeigte sich, dass weitere Daten und die damit verbundene Erhöhung des Stichprobenumfangs für eine statistische Auswertung vonnöten sind. Mit dem Erntejahr 2015 sind diese neuen Erntedaten erhoben worden und können mit den bisherigen Ergebnissen verglichen und in die Auswertung miteinbezogen werden.

Zum Zeitpunkt der Berichtslegung waren nicht die Erntedaten aller Standorte verfügbar, weshalb eine Auswertung einschließlich des Jahres 2015 nur eingeschränkt möglich war.

2 Material und Methoden

2.1 Fruchtfolgen und zeitlicher Ablaufplan der Fruchtfolgeglieder

Der Feldversuch zur Risikoabschätzung (R) ist ergänzend zum Grundversuch (GV) angelegt. Wie dieser werden die vierjährigen Fruchtfolgen auch hier um ein Jahr versetzt in zwei Anlagen (7 und 8) angebaut und ausgewertet. Bei der Versuchsanlage handelt es sich um eine Langparzellenanlage mit Standardausgleich und vier Wiederholungen. Ein Lageplan des Risikoversuches ist im Anhang angefügt (Abbildung A 1). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Versuchsanlagen und die unterschiedlichen Anbaujahre im Zeitraum 2011 bis 2015.

Tabelle 1: Verteilung der Anbaujahre der vierjährigen Fruchtfolgen auf die Versuchsanlagen von Grundversuch und Risikoversuch von 2011 bis 2015

Jahr	Anlage 5 (GV)	Anlage 6 (GV)	Anlage 7 (R)	Anlage 8 (R)
2011	Jahr 3 ¹⁾	Jahr 2 ²⁾	-	-
2012	Jahr 4 ¹⁾	Jahr 3 ²⁾	-	-
2013	Jahr 1	Jahr 4 ²⁾	Jahr 3	Jahr 2
2014	Jahr 2	Jahr 1	Jahr 4	Jahr 3
2015	Jahr 3	Jahr 2	Jahr 1	Jahr 4

¹⁾ Anlage 3, EVA II, ²⁾ Anlage 4, EVA II

Die Auswertung hinsichtlich Ertragsstabilität und Risikoeinschätzung basiert auf den Erträgen der EVA-Fruchtfolgen 01, 02 und 03, deren Fruchtfolgeglieder in Tabelle 2 aufgelistet sind. Aus den Tabelle 1 und Tabelle 2 geht hervor, dass sich mit jedem weiteren Versuchsjahr die Zeitreihen der Erträge der verschiedenen Kulturen verlängern. Somit kann jedes Fruchtfolgejahr der vierjährigen Fruchtfolgen auf einer der vier Versuchsanlagen angelegt werden. Jahreseffekte

durch beispielsweise starke Witterungsereignisse treten somit in allen Kulturarten der Fruchtfolge auf und stellen hierdurch keine Einzelereignisse mehr dar, sondern können mehrjährig und im selben Auswertungszeitraum betrachtet werden.

Tabelle 2: EVA-Fruchtfolgen 01, 02 und 03

FF-Jahr	FF01	FF02	FF03
Jahr 1	WG-GPS/ Sudangras (ZF)	Senf/ Sudangras (HF)	Senf/ Mais (HF)
Jahr 2	Mais (HF)	Grünschnittroggen/ Mais (ZF)	Grünschnittroggen/ Sudangras (ZF)
Jahr 3	WT-GPS/ Phacelia	WT (Korn)	WT-GPS/ Weidelgras
Jahr 4	WW (Korn)	WW (Korn)	WW (Korn)

fett= Nutzung als Biogassubstrat

2.1.1 Standorte

Grund- und Risikoversuch stehen an 8 verschiedenen Standorten in Deutschland. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die einzelnen Standortcharakteristiken.

Tabelle 3: Standortbedingungen der unterschiedlichen Versuchsstandorte von Grund- und Risikoversuch

Standort	Jahres-Niederschlags-summe [mm]	Jahres-durchschnitts-temperatur [°C]	Acker-zahl	Bodentyp	Bodenart
Ascha (BY)	807	7,5	47	Braunerde, Pseudogley	lehmiger Sand
Dornburg (TH)	596	8,8	65	Humus-Parabraunerde	stark toniger Schluff
Ettlingen (BW)	800	10,3	75	Pseudogley-Parabraunerde	lehmig-sandiger Schluff
Gülzow (MV)	559	8,5	51	Pseudogley-Parabraunerde	lehmiger Sand
Güterfelde (BR)	545	9,1	31	Salm- bis Sandtief-lehm, Fahlerde	lehmiger Sand
Trossin (SN)	554	8,9	31	Bänderpara-braunerde	mittelschluffiger Sand
Werlte (NS)	768	9,0	31	humoser Sandboden	lehmiger Sand
Bernburg (ST)	469	9,1	90	Schwarzerde	stark toniger Schluff

Genauere Angaben zu den Witterungsbedingungen im betrachteten Versuchszeitraum können den Berichten der einzelnen Versuchsstandorte entnommen werden. Hier sollen nur die Witterungsbedingungen am Standort Gülzow im Anbaujahr 2014/15 zusammengefasst werden.

2.1.2 Standortbedingungen in Gülzow – Herbst 2014 bis Herbst 2015

Der Herbst des Jahres 2014 wies, wie aus den Abbildung 1 und Abbildung 2 ersichtlich, eine feuchte und überdurchschnittlich warme Witterung auf. Die Winterungen konnten sich hierdurch gut entwickeln. Ein Überwachsen der Bestände trat jedoch nicht ein, da die Wachstumsbedingungen im November durch Trockenheit schlechter wurden und das Wachstum zum Stillstand kam. Da der Winter durchgehend zu mild war, kann jedoch nicht von einer Vegetationsruhe ausgegangen werden. Temperaturen über dem Nullpunkt und überdurchschnittliche Regenfälle während der Wintermonate führten dazu, dass keine Auswinterungsschäden durch Frost festzustellen waren. Es konnte ein starker Anstieg der Schäden durch Mäuse auf den Versuchsanlagen festgestellt werden, wovon die in diesem Bericht ausgewerteten Kulturen jedoch kaum betroffen waren.

Die milde Witterung setzte sich im Frühjahr zunächst fort. Im April und Mai kam es jedoch zu einer Periode kühlerer Witterung verbunden mit geringen Niederschlägen. Hierdurch stagnierte die Entwicklung der Bestände. Besonders die Entwicklung der Sorghumhirse (SZF) nach Wintergerste-GPS (Fruchtfolge 01) erfolgte hierdurch nur sehr langsam. Auch benötigte der Mais 2015 für die Entwicklung von BBCH Stadium 12 bis 31 41 Tage – etwa 3 Wochen länger als im Durchschnitt der Vorjahre (23 Tage). Bei den Sommerzwischenfrüchten (Weidelgras und Phacelia) nach Wintertriticale-GPS wurden in diesem Jahr ebenfalls ein schlechterer Auflauf und eine langsamere Entwicklung verzeichnet. Im Verlauf des Juni und Juli stiegen die Temperaturen wieder über den langjährigen Durchschnittswert und es kam zu einigen Starkregenernissen, wodurch sich die Bedingungen für die Bildung von Biomasse wieder verbesserten. Der Entwicklungsrückstand der Sommerungen im Vergleich zu Vorjahren konnte jedoch nicht aufgeholt werden. Die Ernte der Mähdruschfrüchte konnte termingerecht und ohne witterungsbedingte Probleme vollzogen werden.

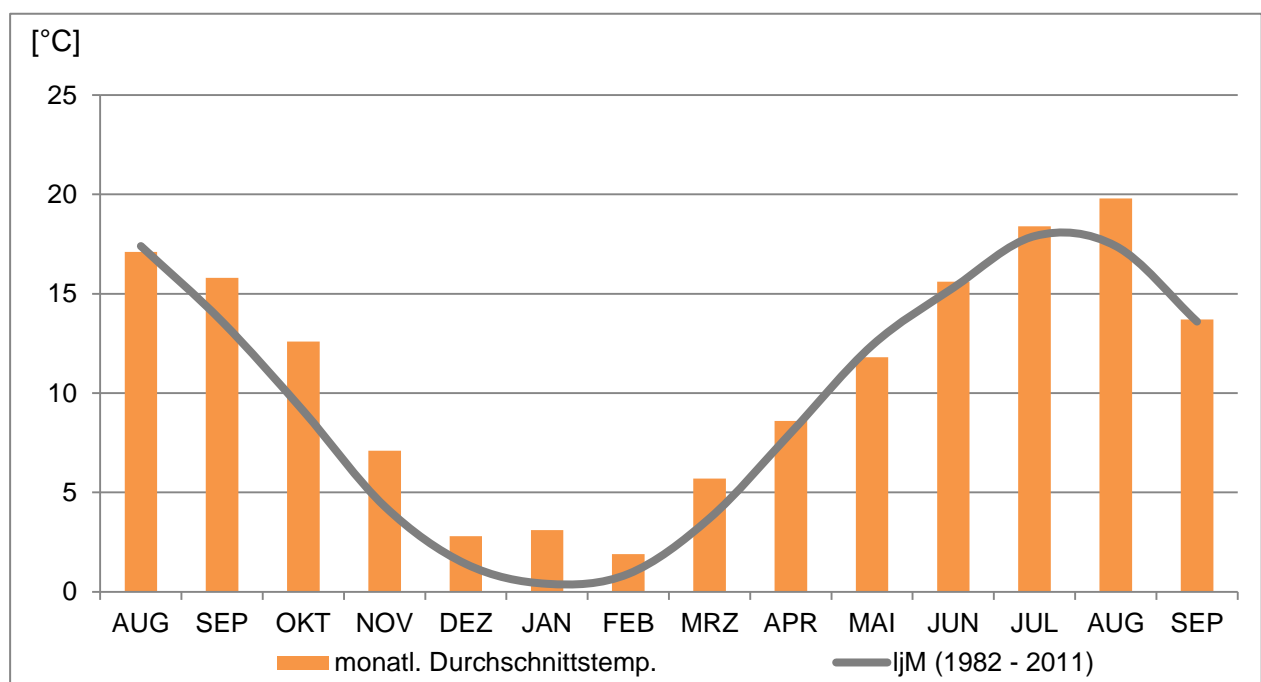


Abbildung 1: Temperaturverlauf in Gülzow im Zeitraum Herbst 2014 – Herbst 2015

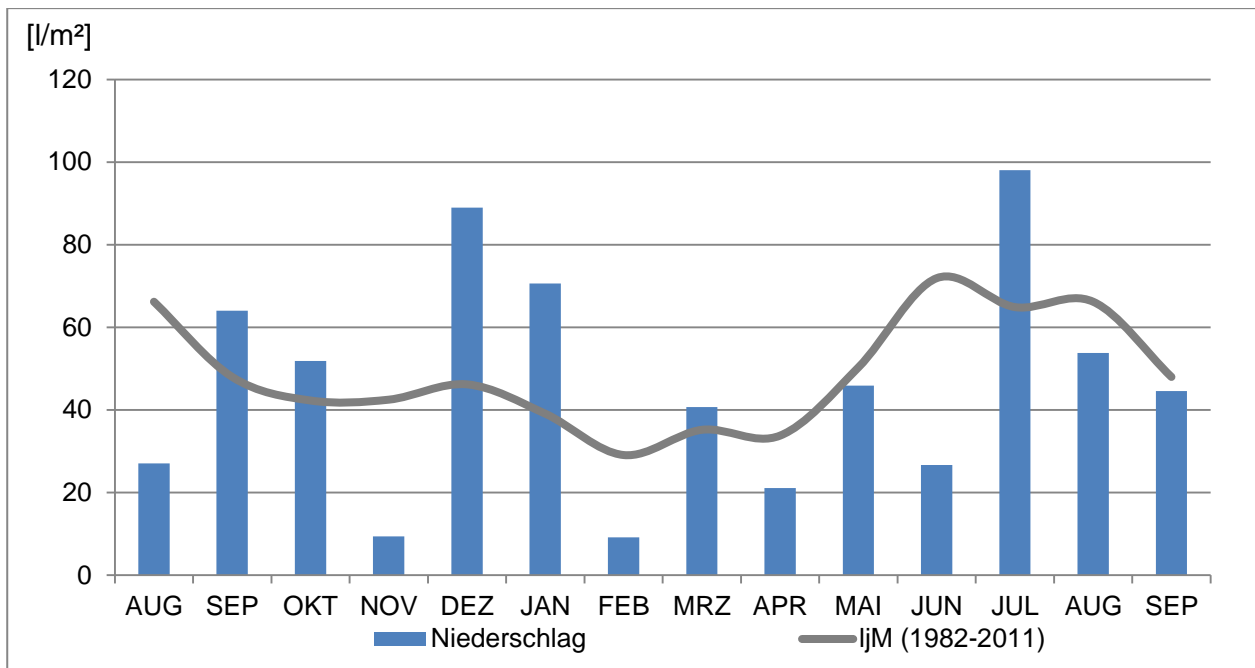


Abbildung 2: Monatliche Niederschlagsmengen in Gülzow im Zeitraum Herbst 2014 – Herbst 2015

2.2 Versuchsdurchführung

Bei der Versuchsdurchführung wird nach den Vorgaben der guten fachlichen Praxis gearbeitet. Genauere Angaben zur Versuchsdurchführung an den einzelnen Versuchsstandorten sind den jeweiligen Zwischen- und Abschlussberichten zu entnehmen.

In Gülzow kam beim „Abschlussweizen“ der Fruchtfolgen nur eine geringe Pflanzenschutzintensität zur Anwendung. Um Fruchtfolgeeffekte im Feld sichtbar zu machen, wurde der Sollwert der N-Düngung außerdem auf 190 kg N/ha, abzüglich N_{\min} , festgelegt. Alle Fruchtfolgen wurden dabei gleich behandelt.

2.2.1 Datenerhebung und Datenauswertung

In der Querschnittsaufgabe Risikoabschätzung des EVA-Projektes geht es hauptsächlich um die Auswertung jahresbedingter Ertragsschwankungen. Die Ertragserfassung erfolgt nach den Vorgaben des EVA-Methodenhandbuches. Datengrundlage ist die EVA-Datenbank.

In diesem Abschlussbericht sollen Erträge der Wintertriticale aus den Fruchtfolgen 01 und 03 dargestellt werden. Die Zugehörigkeit zu unterschiedlichen Fruchtfolgen wird bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Wintertriticale wurde nach Mais (FF01) bzw. nach Sudangras (FF03) angebaut. Es wird davon ausgegangen, dass diese Kulturen eine ähnliche Vorfruchtwirkung auf Wintertriticale haben. An allen Versuchsstandorten wurden zudem die Bestände jeweils zum selben Termin bestellt und beerntet.

Für die Auswertung der Ertragsdaten wurden die Parzellenerträge, nicht die Prüfgliedmittelwerte herangezogen. Die Unterschiede in den Versuchsanlagen wurden hierbei ebenfalls nicht berücksichtigt. Betrachtungszeitraum für die Auswertung sind die Jahre 2011 bis 2015. Somit fließen 2011, 2012 und 2015 die Erträge aus dem Grundversuch und 2013 und 2014 die Erträge aus dem Risikoversuch mit ein. Pro Jahr ergeben sich hierdurch für jeden Standort unterschiedliche Stichprobenumfänge.

Für die Durchführung einer einfaktoriellen Varianzanalyse wurde der Faktor „Umwelt“ (Standort x Jahr) definiert, der für diese Auswertung somit 32 Abstufungen enthält. Die Aussagen zur Ertragsstabilität basieren auf Mittelwerten, Standardabweichung, Standardfehler sowie einem hieraus berechnetem Konfidenzintervall mit $\alpha=0,05$. Hierfür wurde eine studentsche t-Verteilung angenommen. Standardfehler und Konfidenzintervall berechnen sich wie folgt:

$$s_x = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

$$KI = [(\bar{x} - (t_{1-\frac{\alpha}{2};n-1} \times s_x) ; \bar{x} + (t_{1-\frac{\alpha}{2};n-1} \times s_x)]$$

s_x	= Standardfehler
s^2	= Varianz der Stichprobe
n	= Stichprobenumfang
KI	= Konfidenzintervall (nach Mayer, 2009)
\bar{x}	= arithmetisches Mittel der Stichprobe
$t_{1-\frac{\alpha}{2};n-1}$	= t-Quantil der studentschen t-Verteilung

Für die Datenauswertung wurde Microsoft Excel verwendet.

Redaktionsschluss für die ausgewerteten Daten ist der 15.09.2015.

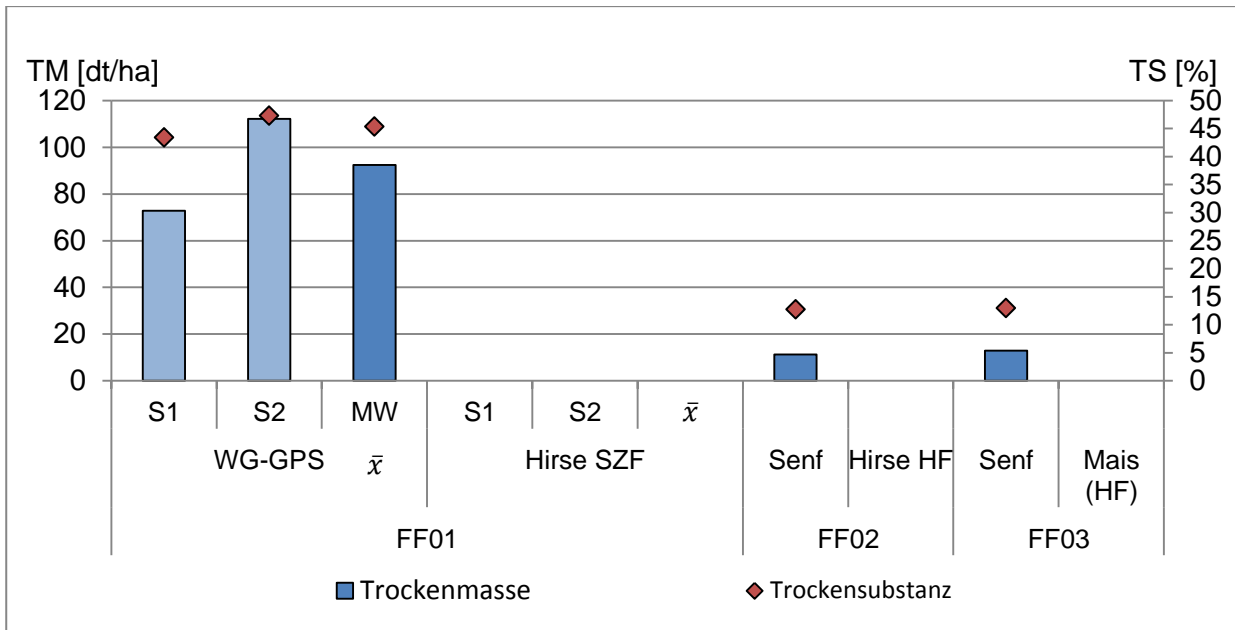
3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Erträge der Risiko-Feldversuchsanlage aus dem Jahr 2015 am Standort Gülzow gezeigt, sowie eine standortübergreifende Auswertung der Erträge von Wintertriticale-GPS. Diese stellt eine Ergänzung zu den Ergebnissen des Zwischenberichtes zur Querschnittsaufgabe Risikoabschätzung des EVA-Projektes aus dem Frühjahr 2015 dar und basiert auf den um die Erträge des Jahres 2015 ergänzten WT-GPS-Ertragsdaten seit 2011. Da bei Redaktionsschluss nicht alle Standorte die Ertragsdaten übermittelt hatten, kann diese ergänzende Auswertung jedoch nur unvollständig erfolgen und muss als Zwischenergebnis angesehen werden.

3.1 Erträge am Standort Gülzow

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich, variierten 2015 die Erträge der Wintergerste-GPS in den zwei Standards der Versuchsanlage 7 stark. Dies ist durch eine starke Windexposition des ersten Standards im Vergleich zu Standard zwei zu erklären. Neben den starken Ertragsunterschieden wurde dies auch bei der Bestandeshöhe deutlich, die sich um etwa 20 cm unterschied. Der gemittelte Wert von 92 dt TM/ha entspricht jedoch dem am Standort üblichen Ertragsniveau. Die Trockensubstanzgehalte sind mit über 40 % jedoch zu hoch. Hohe Temperaturen im Zeitraum der GPS Ernte bedingten 2015 eine sehr schnelle Abreife der GPS-Bestände, weshalb der optimale Erntezeitpunkt bei WG-GPS nicht eingehalten werden konnte.

Der Senf der Fruchtfolgen 02 und 03 ging gut entwickelt in den Winter und erzielte bei den Biomasseschnitten hohe Ertragswerte.



Ernte der Sorghumhirse war zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht erfolgt

Abbildung 3: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Anlage 7 im Jahr 2015

Die Winterweizenerträge auf der Versuchsanlage 8 entsprechen dem standorttypischen Durchschnitt von etwa 75 dt TM/ha. Wie auch schon in vorangegangenen Versuchsjahren erzielten die Abschlussfrüchte der Fruchtfolgen 01 und 03 Erträge auf demselben Niveau, während der Weizen der Fruchtfolge 02 einen niedrigeren Ertrag erbrachte. Im Jahr 2015 fällt der Ertragsunterschied jedoch deutlich niedriger aus als in anderen Versuchsjahren (14 % Ertragsunterschied 2014, 6 % Ertragsunterschied 2015).

Das Korn-Stroh-Verhältnis beträgt in diesem Versuchsjahr einheitlich 1,5 und liegt somit auf einem niedrigeren Wert als im Vorjahr auf der Versuchsanlage 7. Begründet ist dies durch geringere Stroherträge im Jahr 2015, die hauptsächlich auf den Witterungseinfluss während der Schossphase zurückzuführen sind. Ungünstige Bedingungen führten hier zu geringerem Höhenwachstum und somit zu einem im Verhältnis geringeren Strohertrag als 2014.

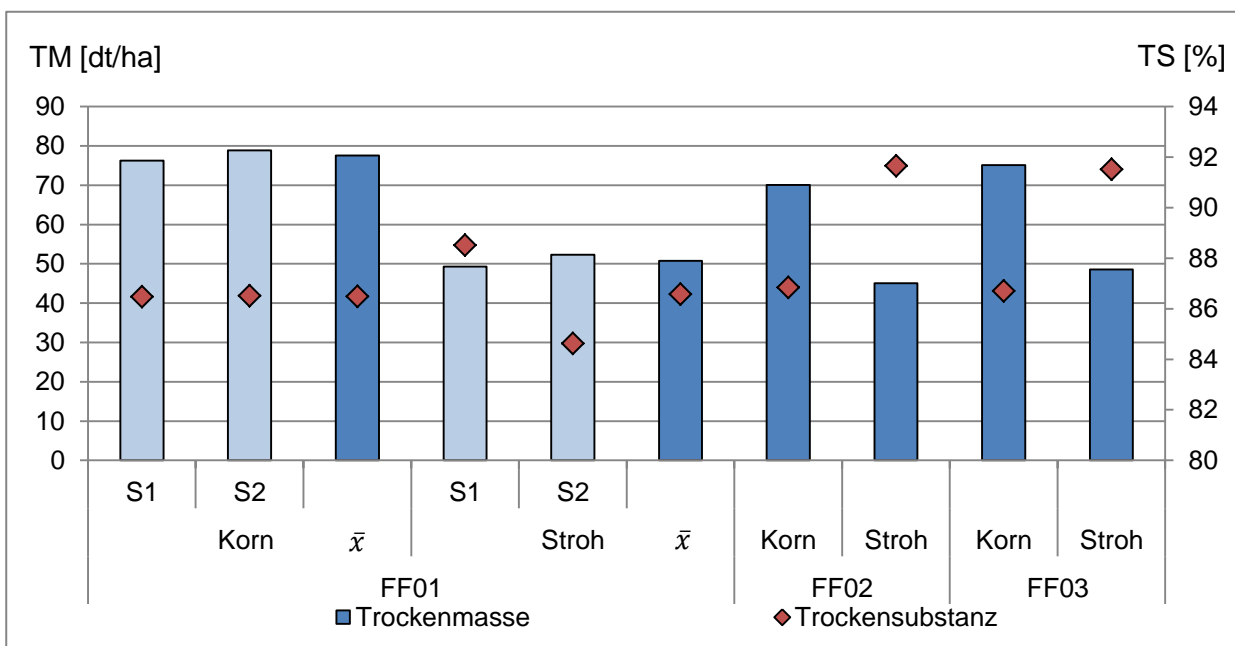


Abbildung 4: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte des Winterweizens der Anlage 8 im Jahr 2015

Die Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der geernteten Kulturen der Versuchsanlagen 7 und 8 sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichung der Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Versuchsanlage 7 und 8 im Jahr 2015

FF	Kultur	StAG	% TS		TM dt/ha	
			\bar{x}	s	\bar{x}	s
Anlage 7						
01	WG-GPS	S1	43,4	1,29	72,8	8,52
		S2	47,3	11,19	112,1	19,38
		\bar{x}	45,3	7,66	92,5	25,17
	Sorghumhirse (SZF)	S1	...	...	...	...
		S2	...	...	...	...
		\bar{x}	...	...	...	...
02	Senf	-	12,7	0,50	11,3	1,98
	Sorghumhirse (HF)	-	...	...	...	...
03	Senf	-	12,9	0,62	12,9	3,01
	Mais (HF)	-	...	...	...	...
Anlage 8						
01	WW (Korn)	S1	86,5	0,09	76,2	8,79
		S2	86,5	0,06	78,8	4,50
		\bar{x}	86,5	0,07	77,5	6,61
	WW (Stroh)	S1	88,5	4,64	49,3	4,48
		S2	84,6	3,63	52,3	2,92
		\bar{x}	86,6	4,38	50,8	3,85
02	WW (Korn)	-	86,8	0,24	70,1	9,07
	WW (Stroh)	-	91,7	2,29	45,1	6,71
03	WW (Korn)	-	86,7	0,28	75,1	8,97
	WW (Stroh)	-	91,5	4,16	48,6	5,92

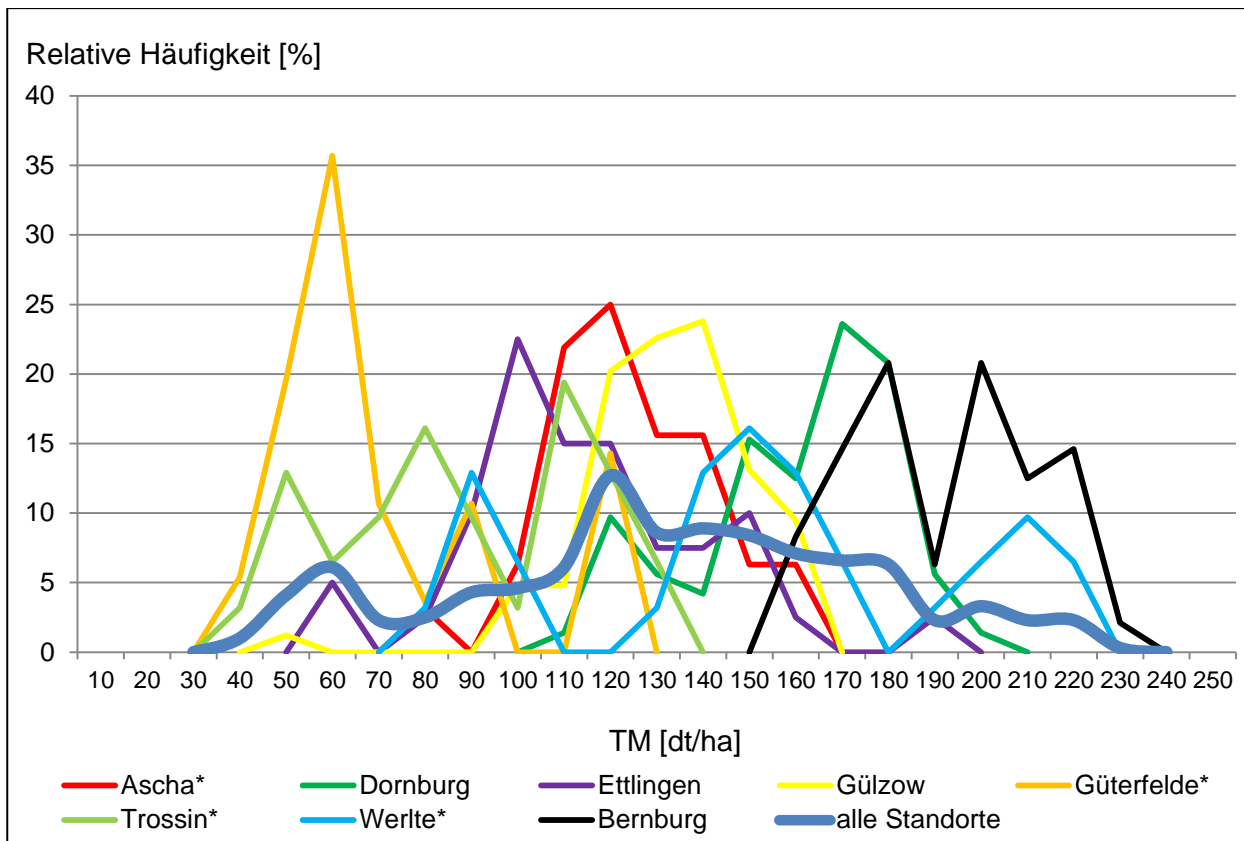
... Ernte von Mais und Sorghumhirse war zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht erfolgt

3.2 Standortübergreifende Auswertung

3.2.1 WT-GPS – Verteilung der Werte

Die Feldversuchsanlagen der EVA-Standorte unterscheiden sich hinsichtlich Randomisierung und Standardisierung. Aus diesem Grund sind die Stichprobenumfänge der Ertragsdaten pro Standort sehr unterschiedlich. Eine Betrachtung der Verteilung der Ertragsdaten mittels absoluter Häufigkeiten würde daher zu falschen Aussagen führen.

Eine Betrachtung der relativen Häufigkeiten berücksichtigt stattdessen die unterschiedlichen Stichprobengrößen der Standorte. In Abbildung 5 sind die relativen Häufigkeiten von WT-GPS-Trockenmasseerträgen der Jahre 2011 bis 2015 aller acht Standorte einzeln und zusammengefasst dargestellt.



(*Erträge 2011-2014)

Abbildung 5: Relative Häufigkeiten der WT-GPS Trockenmasseerträge an den Versuchsstandorten (2011-2015)

Es wird deutlich, dass sich nicht nur die einzelnen Standorte hinsichtlich der Verteilung ihrer Erträge voneinander unterscheiden, sondern dass es bei einigen Standorten zudem auch standortinternen starke Streuungen und Verteilungen gibt, die deutlich von einer Normalverteilung abweichen. Auffällig sind hierbei die Standorte Dornburg, Güterfelde, Trossin, Werlte und Bernburg mit mehr oder weniger stark ausgeprägten 3-Teilungen der Verteilungskurve. Da in die Auswertung fünf Ertragsjahre eingeflossen sind, kann davon ausgegangen werden, dass diese Dreier-Ausschläge nicht allein auf Jahreseffekte zurückzuführen sind. Die Standorte Ascha, Gültzow und Ettlingen zeigen diese Ausprägung kaum oder nur in geringem Maße.

Alle Standorte weisen eine Spanne vom niedrigsten zum höchsten Ertrag auf, die mindestens 100 dt TM/ha beträgt. Für alle Standorte zusammen betrachtet liegt diese Spanne jedoch bei knapp 200 dt TM/ha. Neben dem ungleichmäßigen Verlauf der Verteilungskurve (alle Standorte) ist dies auch ein Hinweis darauf, dass eine standortübergreifende Auswertung nur in sehr geringem Maße möglich ist und Auswertungen sich verstärkt auf einzelne Standorte beziehen sollten. Im Bereich von 30 bis 70 dt TM/ha weist die Verteilungskurve (alle Standorte) einen Peak auf, der hauptsächlich auf Ertragswerte aus Güterfelde und zum Teil aus Trossin zurückzuführen ist. Dies sind auch die Standorte, die die niedrigsten Ackerzahlen in Verbindung mit geringen Niederschlagsmengen aufweisen (vgl. Tabelle 3). Mittels einer Standardisierung der Ertragsdaten pro Standort konnte nicht nachgewiesen werden, dass es sich bei diesen Erträgen um Ausreißerwerte handelt (Differenz zum Mittelwert mehr als 2 Standardabweichungen). Die Ertragswerte von Ettlingen, die ebenfalls in diesem Ertragsbereich auftauchen, konnten anhand dieser Methode jedoch als standortuntypische Ausreißerwerte identifiziert werden.

Aufgrund zeitlicher Einschränkungen für die Berichtslegung konnte nicht abschließend ermittelt werden, inwieweit für die Kurvenausschläge im Bereich 30-70 dt TM/ha von einem Hinweis auf eine regional abgrenzbare separate Grundgesamtheit an WT-GPS-Ertragswerten gesprochen werden kann. Da die Ertragsdaten des Jahres 2015 zum Zeitpunkt der Berichtslegung nicht verfügbar waren, können die Ausschläge daher nur als auffällig bewertet werden.

3.2.2 WT-GPS – Konfidenzintervalle

Analog zu den Konfidenzintervallen, die im vorangegangenen Zwischenbericht vorgestellt wurden, wurde durch Einbeziehung der Ertragsdaten von 2015 ein Konfidenzintervall für den Zeitraum 2011-2015 berechnet (Tabelle 5). Die Spanne der Konfidenzintervall wurde hierbei bei allen ausgewerteten Standorten (Dornburg, Ettlingen, Gülzow, Bernburg) enger. Die Erträge des Jahres 2015 bewirkten keine Erhöhung der Streuung und konnten somit dazu beitragen, die Intervalle einzuengen. Dennoch ist das Erntejahr 2015 differenziert zu betrachten. Bei dreien der vier Standorte lag der mittlere WT-GPS Ertrag 2015 nicht in dem Konfidenzintervall, dass basierend auf den Daten 2011-2014 berechnet wurde. Dieses Konfidenzintervall war somit nicht geeignet, um eine verlässliche Aussage über die Erträge an den Standorten zu geben. Nur am Standort Bernburg lag der durchschnittliche Trockenmasseertrag der WT-GPS 2015 im errechneten Konfidenzintervall (2011-2014).

Dies kann als Hinweis darauf gedeutet werden, dass die Methodik der Ertragsabschätzung mittels Konfidenzintervallen grundsätzlich funktioniert, dies jedoch nur bei einer ausreichenden Einbeziehung von Ertragsdaten, beziehungsweise Erntejahren möglich ist. An den Standorten Dornburg, Ettlingen und Gülzow müssen die Konfidenzintervalle daher weiterhin auf ihre Vorhersagezuverlässigkeit überprüft werden. In Bernburg können kommende Ertragsdaten dazu herangezogen werden, die Zuverlässigkeit des Konfidenzintervalls zu bestätigen.

Tabelle 5: Konfidenzintervalle (95%) der Trockenmasseerträge von WT-GPS für die Zeiträume 2011-2014 und 2011-2015

	KI 2011-2014			KI 2011-2015			KI Spanne enger geworden?	passt \bar{x} 2015 in KI11-14? (Wert)
	von	bis	\bar{x} 2011-2014	von	bis	\bar{x} 2011-2015		
Ascha	112,9	125,2	119,0	...	...	...	...	...
Dornburg	150,1	162,4	156,3	149,8	159,8	154,8	ja	nein (149,8)
Ettlingen	102,8	122,6	112,7	101,7	118,1	109,9	ja	nein (98,7)
Gülzow	118,1	126,8	122,5	123,3	131,0	127,1	ja	nein (142,1)
Güterfelde	59,8	72,3	66,0	...	...	...	...	...
Trossin	73,2	92,8	83,0	...	...	...	...	...
Werlte	132,0	161,6	146,8	...	...	...	...	...
Bernburg	180,4	193,6	187,0	181,1	192,7	186,9	ja	ja (186,3)

... Datenübermittlung 2015 war bis Berichtslegung nicht erfolgt

3.2.3 Einfluss des Stichprobenumfangs auf die Streuung

Bei der Auswertung der Ertragsdaten von 2011 bis 2014 (FLEISCHER, 2015). zeigte sich, dass die Erhöhung des Stichprobenumfangs durch die Anlage des Risikoabschätzungsversuches nicht an allen Standorten dazu führte, dass sich die Streuung verglichen zur Streuung der Werte, die nur aus dem Grundversuch stammten, verringerte. In den meisten Fällen erhöhte sie sich stattdessen

Die Auswertung der Daten von 2011 bis 2015 zeigte jedoch, dass der Stichprobenumfang aus 5 Jahren bei allen ausgewerteten Standorten den erhofften Effekt hatte und die weitere Erhöhung des Stichprobenumfangs dazu führte, dass sich die Standardabweichung der Trockenmasseerträge verringerte. In Tabelle 6 sind die Streuungsdaten der zwei Auswertungszeiträume zusammengefasst. Die Anlage eines weiteren Feldversuchs, ergänzend zu den Anlagen des Grundversuches zur Festigung der Aussagen hinsichtlich Ertragsstabilität und -schwankungen hat sich somit als berechtigte Maßnahme erwiesen.

Tabelle 6: Stichprobenumfänge und Streuungsdaten von Wintertriticale-GPS Trockenmasseerträgen der Standorte Dornburg, Ettligen, Gülzow und Bernburg

	Dornburg	Ettligen	Gülzow	Bernburg
Ertragsdaten 2011-2014				
n	56	32	64	40
s	22,9	27,4	17,5	20,6
s%	14,7	24,3	14,3	11,0
Ertragsdaten 2011-2015				
n	72	40	84	48
s	21,4	25,6	17,8	19,9
s%	13,8	23,3	13,9	10,6
Hat sich die Streuung von Stand 2014 auf Stand 2015 verringert?				
	ja	ja	ja	ja

4 Fazit

Die Auswertung der Ertragsdaten von WT-GPS der Versuchsstandorte im Zeitraum 2011 bis 2015 war nur für einige Standorte möglich.

Der Stichprobenumfang, basierend auf den Daten des Grundversuches, ist durch die Ertragsdaten des zusätzlich angelegten Risikoversuches ergänzt worden. Die somit erfassten Daten von 2011 bis 2014 konnten durch die Werte des Erntejahres 2015 weiter ergänzt werden. Die Auswertung zeigte, dass diese weitere Erhöhung des Stichprobenumfangs, einen positiven Effekt auf die Belastbarkeit der Ergebnisse hatte. So verringerten sich die Standardabweichungen für den Auswertungszeitraum 2011-2015, während sie in kürzeren Auswertungszeiträumen teilweise deutlich höher waren. Somit wurde nachgewiesen, dass für eine Aussage hinsichtlich Ertragsstabilität ein Auswertungszeitraum von mindestens fünf Jahren nötig ist.

Die Nutzungsmöglichkeit eines Konfidenzintervalles für die Prognose standorttypischer Erträge wurde nur durch einen der vier Standorte, die Ertragsdaten des Jahres 2015 bereitstellten, bestätigt. Die Ertragsmittelwerte (2015) der übrigen drei Standorte fielen nicht in die Konfidenzintervalle, die für den Zeitraum 2011-2014 berechnet wurden. Diese Methodik hat sich somit nicht eindeutig als praktikabel erwiesen und sollte weiterentwickelt werden. Zu berücksichtigen sind diesbezüglich jedoch auch die zum Teil extremen Witterungsbedingungen durch lange Trockenperioden von Frühjahr bis Sommer in diesem Jahr.

Standortübergreifend zeigte sich ein Trend zu einer Ertragsspanne, die an allen Standorten mit ca. 100 dt TM/ha, in etwa gleich groß war. Die Ertragsniveaus unterscheiden sich zwischen den Standorten so stark, dass die Ertragsspanne aller Standorte zusammengenommen doppelt so hoch ausfällt und ca. 200 dt TM/ha beträgt.

Die angewandten Methoden zur Beantwortung von Fragestellungen zu Ertragssicherheit und dem Risiko von Ertragsausfällen sind als nicht ausreichend einzustufen. Eine Anzahl an Faktoren, die auf Ertragsbildung und Datenerhebung Einfluss hatten, konnten in dieser Auswertung erneut nicht berücksichtigt werden. Hierzu zählen:

- unterschiedliche Versuchsanlagen an den Standorten, teilweise mit/ohne Standardausgleich
- durch (Nicht-)Anlage von Standards gehen Erträge aus FF01 teilweise häufiger in die Stichprobe ein als Erträge der FF03
- alle Parzellenerträge der Versuchsanlagen wurden bisher als reguläre Wiederholung gewertet
- keine Berücksichtigung von Sortenunterschieden bzw. Sortenwechsel

Die Nicht-Berücksichtigung dieser Faktoren wurde bewusst in Kauf genommen, um die Auswertung der Wintertriticale-GPS durchführen zu können.

Aufgrund des engen zeitlichen Rahmens zur Anfertigung des vorliegenden Berichtes konnten außer der Wintertriticale-GPS keine weiteren Kulturen des Risikoversuches ausgewertet werden. Wie sich bei dieser Auswertung jedoch gezeigt hat, ist dafür auch ein Mindestumfang an Stichproben nötig. Da Wintertriticale-GPS versuchsbedingt die größte Datenmenge bietet, wäre eine Auswertung anderer Kulturen mit weniger Daten vermutlich weniger ergiebig gewesen.

Die Notwendigkeit, mehrjährige Ertragsschwankungen zu erfassen, um Aussagen zur Ertragsicherheit und Risiken des Ertragsausfalles zu geben, ist somit die wichtigste Erkenntnis des EVA-Risikoversuches. Weitere Forschung zu dieser Thematik sollte diesen Umstand berücksichtigen.

Literaturverzeichnis

Fleischer, I.: 2015: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands („EVA“) – Phase III – Querschnittsaufgabe Risikoabschätzung. Zwischenbericht. (nicht veröffentlicht)

Überleitung

Die Überleitung der im Rahmen dieses Forschungsthemas gewonnenen Ergebnisse erfolgte in Form nachfolgender Publikationen und Vorträge:

Veröffentlichungen

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Mais in Energiepflanzenfruchtfolgen. Bauernzeitung. 13/2015, S. 26-29. Deutscher Bauernverlag, Berlin.

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: EVA informiert. 03/15. Pflanzenschutz in Energiepflanzenfruchtfolgen. http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Internes/Eva_informiert_Dateien/EVA_03_2015.pdf, 10.04.2015

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Wintertriticale-GPS - eine sinnvolle Ergänzung in Energiepflanzenfruchtfolgen. 9. Rostocker Bioenergieforum am 18. und 19. Juni 2015 an der Universität Rostock. Tagungsband/Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Band 52, S.319-324

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Bioenergieforum in Rostock – EVA zeigt sich breit aufgestellt. EVA-Newsletter. 07/2015, http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Newsletter_07_15.pdf, 10.07.2015.

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Mais-Besser als sein Ruf. http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Bibliothek/BZ-Mais-Artikel_-_Internet.pdf, 09.09.2015

Vorträge

Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Studentengruppe Humboldt-Universität zu Berlin, Gülzow, 27.05.2015.

Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Mähdruschtag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, 16.06.2015.

Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Besuchergruppe Amt Güstrow-Land, Gülzow, 01.07.2015.

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Wintertriticale-GPS - eine sinnvolle Ergänzung in Energiepflanzenfruchtfolgen. 9. Rostocker Bioenergieforum. Rostock, 19.06.2015

Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Welche Effekte liefern Veränderungen von Fruchtfolgegliedern im Energiepflanzenanbau?. Mais- und Energiepflanzentag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, 02.09.2015.

Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Mais- und Energiepflanzentag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, 02.09.2015.

Anhang

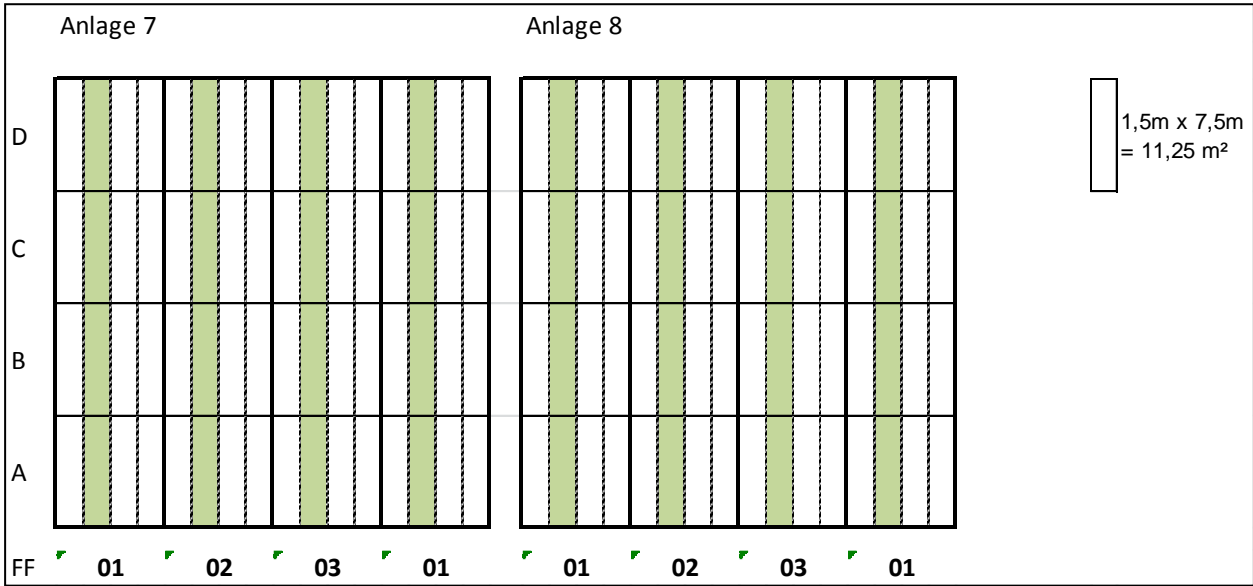


Abbildung A 1: Lageplan des Risikoversuches (Ernteparzellen grün schraffiert)

Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands („EVA“) – Phase III – Querschnittsaufgabe Pflanzenschutz

Forschungs-Nr.: 3.04

Laufzeit: 2013 – 11/2015

verantw.

Themenbearbeiter: Ina Fleischer

Beteiligte Einrichtungen: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Partner des EVA-Verbundprojektes

06.10.2015

Themenbearbeiter

Institutsleiter

GLIEDERUNG

	Seite
1	Einleitung..... 1
2	Material und Methoden 1
3	Ergebnisse 3
3.1	Behandlungsindizes der Fruchtfolgen bei praxisüblichen Anbauverfahren..... 3
3.2	Behandlungsindizes einzelner Kulturen bei praxisüblichen Anbauverfahren 5
4	Fazit 8

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1:	Standortdaten der EVA-Grundversuch Standorte 1
Tabelle 2:	Behandlungsindizes der EVA-Fruchtfolgen (BI_{FF}) bei praxisüblichem Pflanzenschutzmitteleinsatz an den EVA-Standorten (EVA II, 2009-2013) 4
Tabelle 3:	Behandlungsindizes ausgewählter Fruchtarten bei praxisüblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz an den EVA-Standorten sowie gemittelt (EVAII, 2009-2013) veränderte Werte im Vergleich zum BI der versuchsbedingten PSM-Behandlungen rot hinterlegt 5

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1:	Behandlungsindizes (BI_{FF}) der Standortübergreifenden Fruchtfolgen bei praxisüblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz – pro Standort und gemittelt (EVA II, 2009-2013) 5
Abbildung 2:	Behandlungsindizes von Wintertriticale- und Wintergerste-GPS aufgeteilt nach Wirkungsbereichen bei praxisüblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz (EVAII, 2009-2013) 7

Abkürzungsverzeichnis

BI	Behandlungsindex
FF	Fruchtfolge
GD	Gründüngung
GPS	Ganzpflanzensilage
Gr.Schn.R	Grünschnittroggen
HF	Hauptfrucht
StAbw	Standardabweichung
SZF	Sommerzwischenfrucht
PS	Pflanzenschutz
S	Standardabweichung
TM	Trockenmasse
WG	Wintergerste
WR	Winterroggen
WT	Wintertriticale
WZF	Winterzwischenfrucht
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert
ZF	Zweitfrucht

1 Einleitung

Die Qualitätsanforderungen an Biogas-Kosubstrate unterscheiden sich von denen, die an Marktfrüchte gestellt werden. Oftmals frühere Erntetermine sowie der Fokus auf die Gesamtpflanze anstatt auf Körner als alleiniges Ernteprodukt schaffen die grundsätzliche Möglichkeit, im Energiepflanzenbereich den Einsatz an Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren.

Das EVA-Projekt (Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands), das seit 2005 durch das BMEL über die FNR e. V. gefördert wird, bietet die Möglichkeit, Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln in Energiepflanzenfruchtfolgen detailliert zu erfassen und auszuwerten. Hierdurch sind im Zwischenbericht Frühjahr/2015 erstmalig Kennzahlen für verschiedene Standorte Deutschlands ermittelt und ausgewertet worden (FLEISCHER, 2015). Einer der Nachteile dieser Auswertung war, dass sich die Auswertung auf Behandlung im Rahmen von Feldversuchen stützte. Jedoch nicht alle Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln, die im Exaktversuch erfolgten, würden analog in der Praxis durchgeführt werden. Aus diesem Grund konnten im vorangegangenen Zwischenbericht nur Behandlungsindizes berechnet werden, die die Pflanzenschutzintensität in den Kulturen und Fruchtfolgen unter Versuchsbedingungen abbildete. Im vorliegenden Bericht erfolgt nun eine Korrektur der ausgewerteten Daten. Hierbei wurden die versuchsbedingten Behandlungen aus den Datensätzen herausgefiltert und gegebenenfalls praxisübliche Pflanzenschutzmittelanwendungen ergänzt. Der somit korrigierte Datensatz ermöglicht eine Aussage zur Pflanzenschutzintensität bei praxisüblichem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.

2 Material und Methoden

Grundlage der hier dargestellten Ergebnisse sind die chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen, die im Rahmen des EVA-Projektes in der Projektphase II (Erntejahre 2009 bis 2013) im Grundversuch durchgeführt wurden. Eingang finden daher alle Versuchsstandorte des Grundversuches (Tabelle 1).

Tabelle 1: Standortdaten der EVA-Grundversuch Standorte

Standort	Jahres-Niederschlags-summe [mm]	Jahres-durchschnitts-temperatur [°C]	Acker-zahl	Bodentyp	Bodenart
Ascha (BY)	807	7,5	47	Braunerde, Pseudogley	lehmiger Sand
Dornburg (TH)	596	8,8	65	Humus-Parabraunerde	stark toniger Schluff
Ettlingen (BW)	800	10,3	75	Pseudogley-Parabraunerde	lehmig-sandiger Schluff
Gülzow (MV)	559	8,5	51	Pseudogley-Parabraunerde	lehmiger Sand
Güterfelde (BB)	545	9,1	31	Salm- bis Sand-tieflehm, Fahlerde	lehmiger Sand
Trossin (SN)	554	8,9	31	Bänderpara-braunerde	mittelschluffiger Sand
Werlte (NS)	768	9,0	31	humoser Sand-boden	lehmiger Sand
Bernburg (ST)	469	9,1	90	Schwarzerde	stark toniger Schluff

Der Grundversuch des EVA-Projektes besteht aus zwei Versuchsanlagen (3 und 4), die um ein Jahr zeitversetzt angelegt wurden. Die Behandlungen mit Pflanzenschutzmitteln wurden in der EVA-Datenbank erfasst. Diese Rohdaten wurden für jeden Standort ausgelesen, auf Plausibilität geprüft und in Rücksprache mit den jeweiligen Standortbetreuern aufbereitet.

Auf Grundlage dieser Daten wurde für jede angebaute Frucht ein Behandlungsindex (BI) berechnet.

$$BI = \sum \frac{\text{ausgebrachte Aufwandmenge}}{\text{höchste zugelassene Aufwandmenge}} \times \text{Flächenanteil}$$

Die Berechnung entspricht somit dem in der Literatur beschriebenen Vorgehen (z. B. NEPTUN, 2006 und PAPA, 2013). Da in den EVA-Feldversuchen keine Teilflächenbehandlung vorgenommen wird, entspricht der Faktor „Flächenanteil“ dem Wert 1 und musste bei den Berechnungen nicht weiter berücksichtigt werden. Bei mehreren Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln werden die BI der Einzelanwendungen aufsummiert.

Der BI pro Frucht kann nach den Wirkungsbereichen der angewendeten Mittel unterteilt werden. Entsprechend wurden pro Frucht BI für die Wirkungsbereiche Herbizide, Insektizide, Fungizide und Wachstumsregler vorgenommen. Aufsummiert ergeben diese den gesamten BI der Frucht.

$$BI_{\text{Frucht}} = BI_{\text{Herbizid}} + BI_{\text{Insektizid}} + BI_{\text{Fungizid}} + BI_{\text{Wachstumsregler}}$$

Hierbei wurden Anwendungen von Schneckenkorn sowie Maßnahmen zur Mäusebekämpfung aus der Liste der Behandlungen herausgenommen, da diese meist ausschließlich versuchsbedingte Maßnahmen zur Absicherung der Versuchsergebnisse sind, die sich zudem nur schwierig quantifizieren lassen.

Für die Ermittlung eines BI für eine Fruchtfolge (BI_{FF}) wurde im EVA-Verbund eine eigene Methodik entwickelt, die auf den BI der einzelnen Früchte aufbaut und die Summe aller BI_{Frucht} auf die Anzahl der Früchte in der Fruchtfolge bezieht.

$$BI_{FF} = \frac{\sum BI_{\text{Frucht}}}{\text{Anzahl Früchte in der Fruchtfolge}}$$

Der BI_{FF} gibt somit den durchschnittlichen BI der Früchte einer Fruchtfolge an. Konsequenz dieser Berechnungsart ist, dass alle angebauten Früchte gleichermaßen in der BI_{FF} -Ermittlung berücksichtigt werden. Eine Zwischenfrucht wird somit einer mehrjährigen Frucht oder einer Hauptfrucht gleichgestellt. Die zum Teil sehr starken Unterschiede in der Standzeit der Kulturen und ihrem Anteil am Gesamtertrag der Fruchtfolge werden hierbei **nicht** berücksichtigt.

Die Berechnungsmethodik für den BI_{FF} wurde innerhalb des EVA-Verbundes umfassend diskutiert. Die hier vorgestellte Methode ist dennoch nicht ohne Nachteile und kritisch zu betrachten. Im BI_{FF} gehen alle Früchte, die innerhalb einer Fruchtfolge angebaut wurden gleichermaßen ein.

Somit werden Zwischenfrüchte mit Hauptfrüchten gleichgesetzt.

Eine Gewichtung der BI_{Frucht} nach beispielsweise Erträgen, Standzeit oder Fruchtfolgestellung wurde im EVA-Verbund besprochen, jedoch für die Berechnung des BI_{FF} abgelehnt. Da einer der wichtigsten Aspekte der EVA-Fruchtfolgen die Diversität der Fruchtfolgen ist, sollte die Anzahl der angebauten Kulturarten stattdessen stärker in den Fokus gerückt werden.

Die Berechnungsmethode des BI_{FF} kann aus diesem Grund nicht als obligat angesehen werden und sollte weiterentwickelt werden. Aufgrund des sehr engen Zeitrahmens, der für die Erstellung des vorliegenden Abschlussberichts zur Verfügung stand, war eine Anpassung der Methodik in Rücksprache mit dem EVA-Verbund nicht möglich.

Die im Anhang hinterlegten BI_{Frucht} -Werte bieten jedoch die Möglichkeit, BI_{FF} -Werte, nach anderen Berechnungsgrundlagen zu ermitteln.

Der BI_{FF} bezieht sich bei den vierjährigen EVA-Fruchtfolgen immer auf drei Jahre. Da es sich bei den EVA-Fruchtfolgen um Energiepflanzenfruchtfolgen handelt und der Schwerpunkt somit auf der Biomasseproduktion liegt, wurde entschieden, die Abschlussfruchtfolgeglieder Weizen bzw. Roggen in Kornnutzung nicht bei der BI_{FF} -Berechnung miteinzubeziehen. Enthalten die Fruchtfolgen noch weitere Mähdruschfrüchte mit Körnernutzung, so wurde deren BI dennoch berücksichtigt, um eine Vergleichbarkeit der BI_{FF} untereinander zu gewährleisten.

Eine Übersicht der EVA-Fruchtfolgen der Projektphase II ist im Anhang in (Tab. A 1) aufgeführt.

Im EVA-Projekt werden standortangepasst verschiedene Sorghumsorten angebaut:

- Sorghum sudanense, Sorghum bicolor x sudanense („Sudangras“)
- Sorghum bicolor, Sorghum bicolor x bicolor
(„Futter- bzw. Zuckerhirse“, Zuckergehalt i.d.TM < bzw. > 10%)

In der hier vorgestellten Auswertung werden diese Unterschiede nicht berücksichtigt und Sudangras, Futter- und Zuckerhirsen unter der Artbezeichnung „Sorghumhirsen“ (Sorghumh.) zusammengefasst und ausgewertet. Da die Pflanzenschutzmittel bei Sorghumhirsen ausschließlich zu den Herbiziden zählen und der Behandlungserfolg somit nicht durch den Genotyp der Kultur beeinflusst wird, wird davon ausgegangen, dass die Zusammenfassung keine Verzerrung der Aussagen zum Pflanzenschutz in den Kulturen bewirkt.

Die primäre Auswertung beschränkte sich auf Pflanzenschutzmittelanwendungen in Feldversuchen. In dem vorliegenden Bericht wurde eine Korrektur der im Zwischenbericht-Frühjahr 2015 vorgestellten BI_{FF} und BI_{Frucht} vorgenommen. Hierbei wurden Pflanzenschutzmittelanwendungen, die versuchsbedingt erfolgten und nach guter fachlicher Praxis nicht üblich wären, nicht mehr bei der Berechnung berücksichtigt, beziehungsweise zusätzliche Maßnahmen, die versuchsbedingt nicht erfolgen konnten, in der Praxis jedoch üblich sind, in den Datensätzen ergänzt. Dies erfolgte in enger Rücksprache mit den jeweiligen Versuchsstandorten, um eine möglichst genaue Abbildung der standortüblichen Praxisverfahren zu erhalten.

Für die Angabe eines BI_{Frucht} pro Standort sowie für die standortübergreifenden Behandlungsindizes wurde das arithmetische Mittel \bar{x} sowie die Standardabweichung s berechnet.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Da für jede Fruchtfolge an einem Standort ein mittlerer BI_{FF} berechnet wurde, der auf den BI_{FF} der Versuchsanlagen 3 und 4 beruht – der Stichprobenumfang beträgt somit 2 – wurde für die einzelnen BI_{FF} am Standort auf eine Darstellung der Standardabweichung verzichtet.

3 Ergebnisse

Schwerpunkt des vorliegenden Berichtes ist die Darstellung der praxisüblichen Behandlungsindizes der Fruchtfolgen (BI_{FF}) sowie ausgewählter Früchte (BI_{Frucht}) auf Grundlage der korrigierten Bewirtschaftungsdaten des EVA-Projektes (Phase II) (vgl. Kapitel 2 Material und Methoden). Nachfolgend soll vorgestellt werden, inwieweit die Korrektur der zugrundeliegenden Daten die Indexwerte veränderte und welche Behandlungsindizes für die Fruchtfolgen und Kulturen unter der Vorgabe von in der Praxis üblichen Behandlungsmaßnahmen angenommen werden können.

3.1 Behandlungsindizes der Fruchtfolgen bei praxisüblichen Anbauverfahren

Tabelle 2 und Abbildung 1 bieten eine Übersicht zu den korrigierten BI_{FF} Werten. Der BI_{FF} der Fruchtfolge 02 in Ascha verringerte sich um etwa 0,3 von 1,24 auf 0,9. In Trossin waren in den Fruchtfolgen 01 und 04 BI_{FF} -Werte festzustellen, die um 0,2 niedriger lagen als die Berechnung

auf Grundlage der reinen Versuchsdaten ergab. Die stärkste Betragsänderung des BI_{FF} stellte sich in der Fruchtfolge 04 in Werlte ein, in der der BI_{FF} von 1,61 auf 2,00 stieg. Hauptursache hierfür ist die Berücksichtigung von praxisüblichen Pflanzenschutzmaßnahmen im Winterraps. Dieser wurde in der vorangegangenen Berechnung (Versuchsdaten) nicht berücksichtigt, da der Raps keinen erntewürdigen Bestand erbracht hatte und diese Kultur bei der Fruchtfolgebewertung ausgeschlossen wurde. Die Einbeziehung der praxisüblichen Behandlungen in dieser Fruchtart führte daher hier zu einem Anstieg des BI_{FF} . Alle weiteren BI_{FF} -Werte veränderten sich kaum.

Tabelle 2: Behandlungsindizes der EVA-Fruchtfolgen (BI_{FF}) bei praxisüblichem Pflanzenschutzmitteleinsatz an den EVA-Standorten (EVA II, 2009-2013)

FF	Ascha	Dornburg	Ettlingen	Gülzow	Güterfelde	Trossin	Werlte	Bernburg	\bar{x}	s
Standortübergreifende Fruchtfolgen										
01	1,0	1,6	1,2	1,2	1,6	1,1	1,0	1,8	1,3	0,31
02	0,9	1,5	1,1	1,4	1,7	1,5	1,5	1,8	1,4	0,35
03	0,7	0,7	1,2	0,6	1,2	1,2	1,0	1,3	1,0	0,32
04	0,8	2,4	2,9	3,1	3,1	3,5	2,0	3,8	2,7	1,02
05	0,0	0,4	0,9	0,0	0,7	1,3	0,5	1,7	0,7	0,72
Regionalfruchtfolgen										
06	1,0	2,3	1,4	2,3	1,6	2,3	1,0	1,0	-	-
07	0,7	2,1	2,0	0,4	1,5	2,8	1,9	1,1	-	-
08	0,7	0,5 ¹⁾	1,3	3,7	2,2	2,2	1,5	1,0	-	-
09	-	-	1,5	-	1,6	-	-	1,0	-	-

¹⁾ nur Anlage 3

Auch bei den Regionalfruchtfolgen blieben die BI_{FF} -Werte relativ konstant. Größere Betragsänderungen waren in Gülzow und Trossin festzustellen. In Gülzow ist dies hauptsächlich auf Insektizidbehandlungen zurückzuführen, die zur Sicherung der Bestände in den Parzellen der Feldversuche durchgeführt wurden, bei guter fachlicher Praxis jedoch nicht angewandt worden wären. In Trossin war dies hinsichtlich einiger Herbizidbehandlungen der Fall. An beiden Standorten kam es somit zu niedrigeren BI_{FF} -Werten bei praxisüblichen Pflanzenschutzmaßnahmen (Gülzow: FF06 und 07, Trossin: FF 07 und 08).

Die Streuung der Fruchtfolgen 01, 02 und 03 veränderte sich kaum. In der Fruchtfolge 04 nahm sie jedoch stark zu, während sie in Fruchtfolge 05 konstant blieb.

Die geringfügigen Veränderungen des BI_{FF} unter Versuchsbedingungen im Vergleich zum praxisüblichen BI_{FF} hatten keine Auswirkung auf die generellen Aussagen, die bereits im vorangegangenen Bericht zur Querschnittsaufgabe Pflanzenschutz des EVA-Projektes im Frühjahr 2015 gegeben wurden.

Fruchtfolgen mit Schwerpunkt Biomassennutzung weisen niedrigere BI_{FF} auf als Fruchtfolgen mit höherem Anteil an Mähdruschfrüchten. Der BI_{FF} liegt dabei stets unter 2,0. Der BI_{FF} der Fruchtfolgen 01 und 02 liegt auf demselben Niveau, der BI_{FF} der Fruchtfolge 03 etwas niedriger. Bedingt ist dies durch die unterschiedlichen Anteile an Getreide-GPS, Mähdruschfrüchten und Grünschnittroggen: Der zweimalige Anbau von Getreide GPS in Fruchtfolge 01 bedingt einen intensiveren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln als bei Fruchtfolge 03, bei der eine Getreide-GPS-Kultur durch Grünschnittroggen ersetzt ist, der kaum Behandlungen mit Pflanzenschutzmitteln benötigt. In Fruchtfolge 02 führt die Mähdruschfrucht Wintertriticale zu einem höheren BI_{FF} (im Vergleich zu Fruchtfolge 03). Die oben beschriebene Tendenz der BI_{FF} -Werte ist an allen EVA-Versuchsstandorten ähnlich.

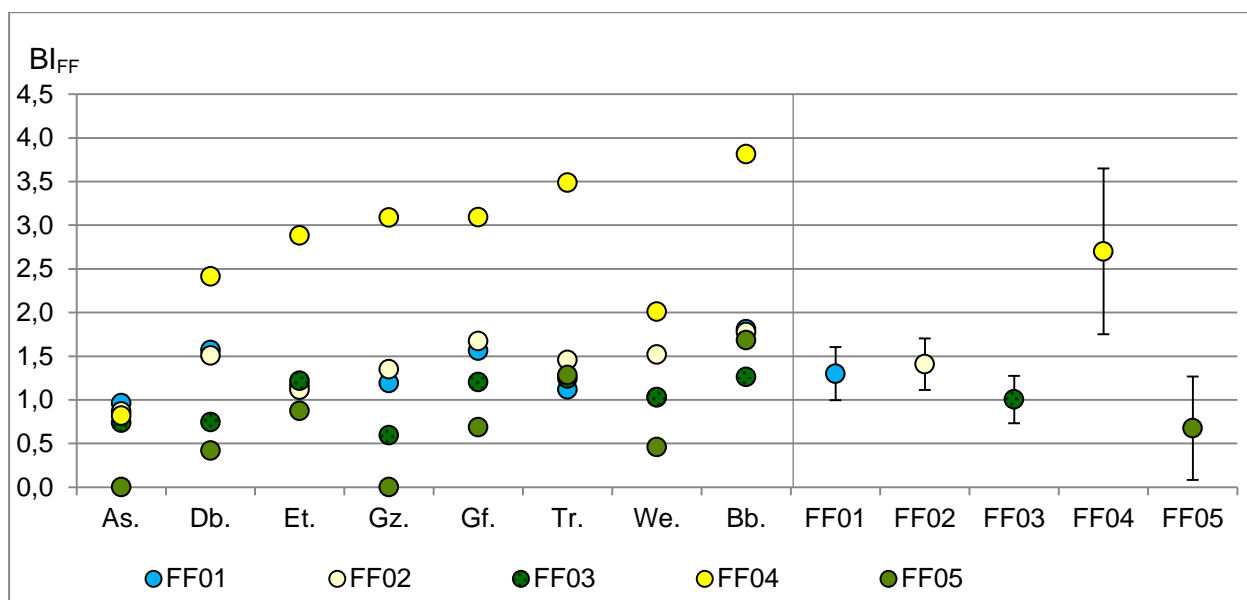


Abbildung 1: Behandlungsindizes (BI_{FF}) der Standortübergreifenden Fruchtfolgen bei praxisüblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz – pro Standort und gemittelt (EVA II, 2009-2013)

3.2 Behandlungsindizes einzelner Kulturen bei praxisüblichen Anbauverfahren

Die in Kapitel 3.1 vorgestellten Veränderungen der BI_{FF}-Werte wurden durch veränderte BI-Werte der Kulturen bedingt. Die Korrektur der ausgewerteten Daten hinsichtlich in der Praxis üblicher Behandlungen mit Pflanzenschutzmittel bewirkte an fast allen Standorten eine Veränderung der BI-Werte. Es kam sowohl zu BI-Erhöhungen als auch zu niedrigeren BI-Werten im Vergleich zur Berechnung, die sich vollständig auf die in den Feldversuchen erfolgten Behandlungen stützen. In Tabelle 3 sind ausgewählte Kulturen und der BI an den unterschiedlichen Standorten sowie über alle Standorte gemittelt dargestellt. Eine Übersicht zu den BI_{Frucht} aller im EVA-Projekt (Phase II) angebauten Kulturen befindet sich im Anhang (Tab. A2).

Tabelle 3: Behandlungsindizes ausgewählter Fruchtarten bei praxisüblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz an den EVA-Standorten sowie gemittelt (EVAII, 2009-2013) veränderte Werte im Vergleich zum BI der versuchsbedingten PSM-Behandlungen rot hinterlegt

	Ascha	Dornburg	Ettlingen	Gülzow	Güterfelde	Trossin	Werlte	Bernburg	\bar{x}	s
Mais HF	1,63	2,20	1,80	1,12	2,86	1,61	1,71	1,00	1,74	0,59
Mais ZF	1,29	0,50	0,57	1,75	2,50	1,48	0,74	0,75	1,20	0,69
Sorghumh. HF	1,00	1,00	0,56	1,00	2,81	1,35	0,85	1,13	1,21	0,68
Sorghumh. ZF	0,88	0,25	2,00	1,00	2,00	0,87	0,89	0,54	1,05	0,63
WT-GPS	1,00	1,48	1,61	1,91	1,13	1,39	1,22	3,50	1,65	0,80
WG-GPS	1,00	3,50	1,25	1,88	2,77	2,11	1,13	3,56	2,15	1,03
GrSchnR	0,82	0,50	1,00	0,00	0,25	1,50	1,19	1,25	0,81	0,52
WR (Korn)	-	-	-	-	2,15	2,66	-	-	2,41	0,36
WT (Korn)	2,00	2,23	2,47	2,65	1,47	1,50	3,13	3,73	2,40	0,78
WW (Korn)	4,37	3,52	5,22	3,40	-	-	2,59	3,48	3,76	0,91
W.Raps (Korn)	1,00	5,50	4,90	5,64	6,50	6,72	3,88	7,17	5,8 ¹⁾	1,14 ¹⁾

¹⁾ ohne Standort Ascha;

In Ascha führte das Wegfallen von Herbizidbehandlungen in Mais und Winterraps zu niedrigeren BI für diese Kulturen. Im Winterweizen blieb der BI hingegen auf demselben Niveau.

Auch in Dornburg sank der BI bei praxisüblichem Pflanzenschutz der Kulturen. Neben Herbizidbehandlungen wurden hier auch Anwendungen von Insektiziden und Fungiziden als nicht praxisüblich eingestuft, wodurch sich die Intensität des Pflanzenschutzes insgesamt reduzierte.

In Ettlingen stieg der BI von Winterweizen an. Unter Praxisbedingungen wäre hier eine zusätzliche Herbizidmaßnahme erfolgt.

Dies trifft auch auf die Sorghumhirsen in Gülzow zu, deren BI ebenfalls bei angepasster Datengrundlage höher ausfallen. Das Auslassen einer Insektizidmaßnahme bewirkte an diesem Standort jedoch niedrigere BI im Mais.

Der BI der Wintergerste-GPS in Trossin führte durch eine zusätzliche Herbizidbehandlung, von der bei praxisüblicher Bewirtschaftung ausgegangen werden muss, zu einem leichten Anstieg des BI. Veränderungen der übrigen Kulturen sind an diesem Standort wiederum auf das Weglassen einer Herbizidmaßnahme zurückzuführen.

Unterschiede des versuchsbedingten zum praxisüblichen BI sind in Werlte auf Veränderungen in der Unkrautbekämpfungsstrategie zurückzuführen. Sie bewirkten niedrigere BI bei Sorghumhirsen (ZF) und Wintertriticale als Mähdruschfrucht sowie eine Erhöhung des Wertes bei Nutzung als GPS-Kultur. Da der Winterraps in Werlte in Versuchsanlage 3 nicht erfolgreich etabliert werden konnte, wurde diese Kultur in der vorangegangenen Auswertung nicht berücksichtigt und nur die Daten aus Anlage 4 ausgewertet. Die Anpassung der Daten an die übliche Praxis bedeutete hier somit die Ergänzung eines kompletten Datensatzes, was bei dem BI-Wert eine im Vergleich zu anderen Wertänderungen stärkere Erhöhung bewirkte. Dieser Werte wurde, anders als in der vorangegangenen Auswertung, mit in die standortübergreifende Auswertung des Winterrapses einbezogen. Die Daten aus Ascha wurden hier nach wie vor nicht berücksichtigt, da die Erträge an diesem Standort sehr niedrig ausfielen und daher nicht als praxisüblich oder standorttypisch angesehen werden. Die Pflanzenschutzmaßnahmen wurden daher ebenso nicht als praxisüblich berücksichtigt.

Die praxisüblichen Behandlungsindizes, die im Rahmen des EVA-Projektes ermittelt wurden, liegen bei den Kulturen, für die dieser Vergleich möglich ist, stets unterhalb der Indizes, die in der Literatur zu finden sind. ROßBERG (2013), der praxisübliche Behandlungsindizes im selben Zeitraum ermittelte, in dem auch die Phase II des EVA-Projektes lag, wies im Rahmen der PAPA-Erhebungen für Winterraps (BI 6,18), Winterweizen (BI 4,86) und Mais (BI 1,89) höhere Behandlungsindizes aus als im EVA-Projekt berechnet wurden. Die von ihm geschilderte Tendenz von Wintertriticale, -roggen und -gerste zu weitgehend ähnlicher Bestandesführung und somit gleicher Behandlungsindizes konnte jedoch anhand der EVA-Daten bestätigt werden. Auch hier weisen Winterroggen und Wintertriticale als Mähdruschfrucht dieselben BI-Werte auf (2,4). Diese liegen jedoch ebenfalls unter dem von Roßberg angegebenen Niveau von 3,78. Die Ähnlichkeit der Behandlungsindizes der Getreidearten gilt jedoch nicht bei einer Nutzung als Ganzpflanzensilage. Wie der Vergleich der BI-Werte von WG-GPS mit WT-GPS im EVA-Projekt in Abbildung 2 zeigt, bestehen hier auffällige Unterschiede. So bewegen sich die Teilindizes für die Behandlungen mit Fungiziden und Wachstumsreglern bei beiden Kulturen in demselben Wertebereich von 0,0 bis 1,0. Beim Einsatz von Insektiziden fällt bei Wintergerste-GPS ein tendenziell höherer Ausschlag der Werte auf, der sich bei der Verwendung von Herbiziden noch einmal verdeutlicht. Wintertriticale wurde weniger intensiv mit Pflanzenschutzmitteln zur Bekämpfung von Unkräutern behandelt als Wintergerste. Dies verdeutlicht sowohl die Lage des Medians (0,89 bzw. 1,15) als auch der Maximalwert (1,22 bzw. 1,77). Zusammengefasst führen alle Behandlungen der zwei Kulturen somit zu einem BI_{Frucht} , der bei Wintergerste etwas höher liegt als bei Wintertriticale (vgl. Tabelle 3).

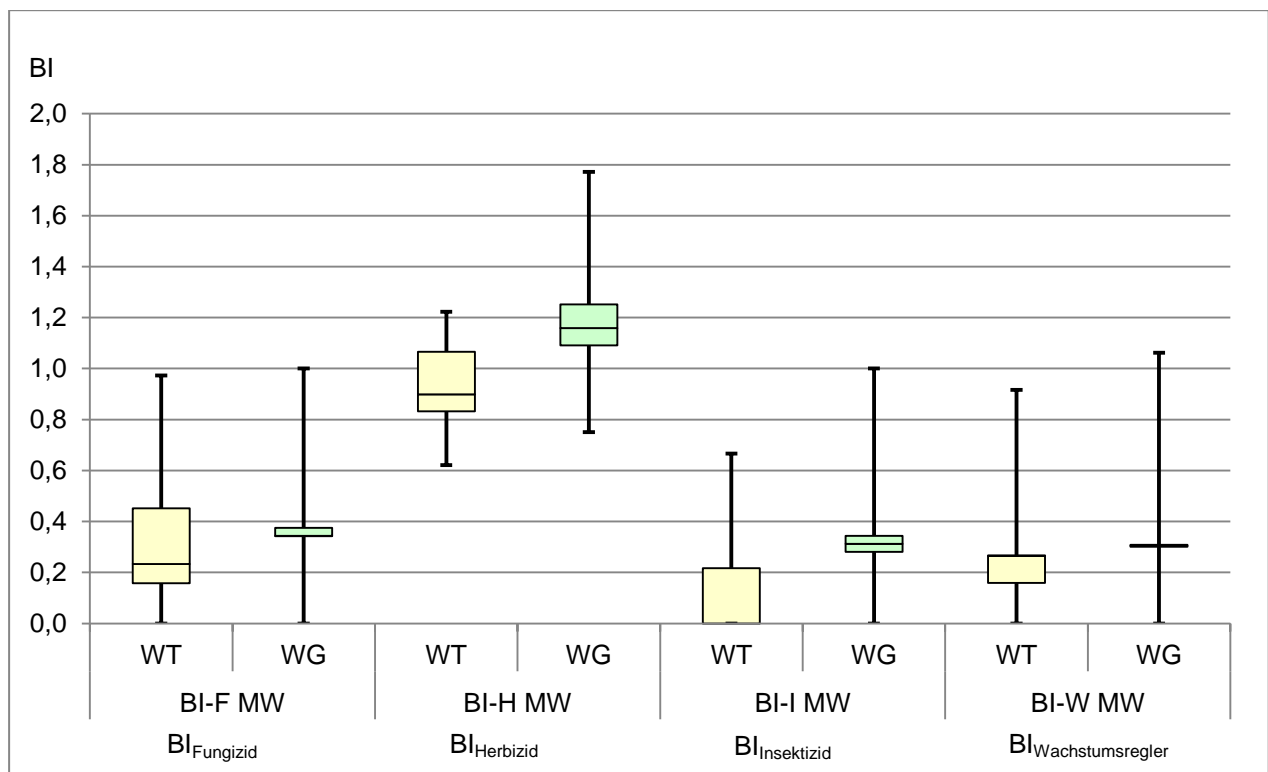


Abbildung 2: Behandlungsindizes von Wintertriticale- und Wintergerste-GPS aufgeteilt nach Wirkungsbereichen bei praxisüblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz (EVAII, 2009-2013)

Dies ist jedoch nicht unbedingt auf Unterschiede in der Bestandesführung zurückzuführen, die darauf beruhen, dass es sich um unterschiedliche Arten handelt. Die verschiedenen Behandlungsindizes sind vielmehr auf die unterschiedlichen Vorfrüchten von Wintertriticale und Wintergerste zurückzuführen. Die Daten der Wintertriticalebehandlungen basieren zum größten Teil auf Daten der Fruchtfolgen 01 und 03, in denen Wintertriticale nach den Vorfrüchten Mais beziehungsweise Sorghumhirse angebaut wird (vgl. Tab. A 1). Die weiteren Vorfrüchte (Hafer-Sortenmischung und Sonnenblume) machen nur einen geringen Anteil der ausgewerteten Daten aus. Wintergerste-GPS kommt nur in der standortübergreifenden Fruchtfolge 01 sowie einer Regionalfruchtfolge vor. Da die Vorfrucht in Fruchtfolge 01 Winterweizen ist, haben Gerste und Triticale somit stark unterschiedliche Vorfrüchte, die ein unterschiedliches Auflaufen von Unkräutern bis zur Saat und zum Vegetationsende bedingen und zudem auch unterschiedliche Saattermine verursachen.

Die unterschiedlichen Behandlungsindizes sind somit auf die Fruchtfolge, in denen Wintertriticale- und Wintergerste-GPS standen, zurückzuführen und ein Effekt der jeweiligen Vorfrüchte.

4 Fazit

Die Auswertungen der korrigierten Daten unter der Vorgabe des praxisüblichen Pflanzenschutzmitteleinsatzes bestätigten Erkenntnisse, die im vorangegangenen Berichtszeitraum gewonnen wurden.

Es konnte nachgewiesen werden, dass Kulturen mit Biomassenutzung wie Mais und Sorghumhirsen in den meisten Fällen einen Behandlungsindex von unter 2,0 aufweisen. Mähdruschfrüchte liegen deutlich über diesem Niveau. Getreidearten in Biomassenutzung ordnen sich hinsichtlich ihres BI zwischen diesen beiden Gruppen ein, was hauptsächlich auf den sehr unterschiedlichen Einsatz von Wachstumsreglern und Fungiziden zurückzuführen ist.

Hohe BI-Werte gehen mit erhöhten Standardabweichungen einher – dies gilt sowohl für einzelne Früchte als auch für die Behandlungsindizes von Fruchtfolgen. Die Tendenz der BI-Werte, die für einzelne Fruchtarten ermittelt wurden, setzt sich in den BI_{FF} fort. Bei den standortübergreifenden Fruchtfolgen weist FF04 (mähdruschfruchtbetont) den höchsten BI_{FF} (2,7), verbunden mit einer hohen Standardabweichung, auf. Die Fruchtfolgen 01, 02 und 03 (Betonung auf Biomassenutzung) zeigen hingegen BI_{FF} -Werte, die nah beieinander liegen und den Wert 1,5 nicht überschreiten. Von diesen drei intensiven Biomassefruchtfolgen wurde für FF03 der niedrigste BI_{FF} mit 1,0 ermittelt, was hauptsächlich auf den Anteil von Getreide-GPS zurückzuführen ist. Eine Betonung des Ackerfutteranteils in der Fruchtfolge kann diesen BI_{FF} noch weiter senken, wie anhand FF05 nachgewiesen wurde.

Aus Sicht einer angestrebten Extensivierung des Pflanzenschutzes ist ausgehend von den hier vorgestellten Ergebnissen die Gestaltung einer Energiepflanzenfruchtfolge mit schwerpunktmäßiger Auslegung auf Biomassenutzung einer Körnernernte vorzuziehen. Eine Biomassefruchtfolge bietet aufgrund des extensiven Pflanzenschutzmitteleinsatzes ein höheres Maß an Umweltschonung. Für das Resistenzmanagement stellt dies einen erleichternden Faktor dar. Der Anbau von Ganzpflanzengetreide ist, verglichen mit Alternativen wie Mais und Sorghumhirsen, vom Standpunkt des Umweltschutzes nur in begrenztem Maße zu empfehlen.

An den unterschiedlichen ausgewerteten Standorten konnten des Weiteren typische Behandlungsstrategien nachgewiesen werden, die zu teilweise starken Unterschieden in der Intensität des chemischen Pflanzenschutzes führten. Besonders im BI der Sommergerste der Fruchtfolge 05 ist dies sehr deutlich geworden.

Die Bereinigung der ausgewerteten Versuchsdaten nach dem Kriterium der Praxisüblichkeit einer Pflanzenschutzmaßnahme bewirkte in den meisten Fällen niedrigere Behandlungsindizes von Kulturen und Fruchtfolgen. Am häufigsten wurden hierbei Herbizidbehandlungen von der Auswertung ausgenommen. Hierdurch konnten in dem vorliegenden Bericht erstmalig Kennzahlen zur Beschreibung der Pflanzenschutzintensität in Energiepflanzenfruchtfolgen vorgelegt werden, die auch mit Praxiswerten verglichen werden können. Die Behandlungsindizes ausgewählter Kulturen wiesen dabei im EVA-Projekt niedrigere Werte auf als Vergleichswerte desselben Erfassungszeitraumes (ROßBERG, 2013, PAPA, 2013).

Anhand von Behandlungsindizes konnte nachgewiesen werden, dass Vorfrüchte die Intensität des Pflanzenschutzes in der Folgefrucht – in diesem Fall Wintertriticale- GPS und Wintergerste- GPS – beeinflussen. Effekte sind hierbei hauptsächlich auf die Zeitspanne zwischen Ernte und Saat sowie den Termin der Saat (früh, spät) zurückgeführt worden. Eine weiterführende Auswertung der Daten hinsichtlich Vorfrüchten und ihrer Effekte auf den Pflanzenschutz in den Folgefrüchte war im zeitlichen Rahmen für die Berichtslegung nicht möglich.

Die Berechnung des BI_{FF} ist nicht frei von methodischen Schwachpunkten und daher diskutabel. Für einen Vergleich der EVA-Fruchtfolgen untereinander stellte sich die Berechnungsmethode als geeignet heraus. Eine Weiterentwicklung für praktikable Vergleiche mit beispielsweise Marktfruchtfolgen ist jedoch anzustreben. Aufgrund der engen zeitlichen Rahmenbedingungen für Datenaufbereitung, -auswertung und Berichtslegung konnte dies im vorliegenden Abschlussbericht jedoch nicht erfüllt werden.

Literaturverzeichnis

- Fleischer, I.: 2015: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands („EVA“) – Phase III – Querschnittsaufgabe Pflanzenschutz. Zwischenbericht. (nicht veröffentlicht)
- Julius-Kühn-Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen Institut für Strategien und Folgenabschätzung – SF, 2013: PAPA, Statistische Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis. <http://papa.jki.bund.de/index.php?menuid=1> (letzter Zugriff: 03.02.2015).
- Pestizid Aktions-Netzwerk e.V. (PAN Germany), 2006: Für transparenten Pflanzenschutz: NEPTUN, Darstellung-Grenzen-Möglichkeiten. Hamburg, ISBN: 978-3-9810186-6-0
- Roßberg, D., 2013: Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis im Jahr 2011. In: Journal für Kulturpflanzen, 2013 (65), S. 141 – 151. Verlag Eugen Ulmer KG, Stuttgart.

Überleitung

Die Überleitung der im Rahmen dieses Forschungsthemas gewonnenen Ergebnisse erfolgte in Form nachfolgender Publikationen und Vorträge:

Veröffentlichungen

- Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Mais in Energiepflanzenfruchtfolgen. Bauernzeitung. 13/2015, S. 26-29. Deutscher Bauernverlag, Berlin.
- Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: EVA informiert. 03/15. Pflanzenschutz in Energiepflanzenfruchtfolgen. http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Internes/Eva_informiert_Dateien/EVA_03_2015.pdf, 10.04.2015
- Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Wintertriticale-GPS - eine sinnvolle Ergänzung in Energiepflanzenfruchtfolgen. 9. Rostocker Bioenergieforum am 18. und 19. Juni 2015 an der Universität Rostock. Tagungsband/Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Band 52, S.319-324
- Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Bioenergieforum in Rostock – EVA zeigt sich breit aufgestellt. EVA-Newsletter. 07/2015, http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Newsletter_07_15.pdf, 10.07.2015.
- Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Mais-Besser als sein Ruf. http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Bibliothek/BZ-Mais-Artikel_-_Internet.pdf, 09.09.2015

Vorträge

- Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Studentengruppe Humboldt-Universität zu Berlin, Gülzow, 27.05.2015.
- Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Mähdruschtag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, 16.06.2015.
- Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Besuchergruppe Amt Güstrow-Land, Gülzow, 01.07.2015.
- Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Wintertriticale-GPS - eine sinnvolle Ergänzung in Energiepflanzenfruchtfolgen. 9. Rostocker Bioenergieforum. Rostock, 19.06.2015
- Fleischer, I., Gurgel, A.: 2015: Welche Effekte liefern Veränderungen von Fruchtfolgegliedern im Energiepflanzenanbau?. Mais- und Energiepflanzentag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, 02.09.2015.
- Fleischer, I.: 2015: Feldführung. Mais- und Energiepflanzentag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, 02.09.2015.

Anhang

Tab. A 1: Fruchtfolgen der EVA-Projektphase II (2009-2013)

Standort	FF	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
Standortübergreifende Fruchtfolgen					
-	01	WG-GPS/ Sorghumh. (SZF)	Mais (HF)	WT-GPS/ Phacelia (SZF-GD)	WW ¹⁾
-	02	Sorghumh. (HF)	GrSchnR. (WZF)/ Mais (ZF)	WT	WW ¹⁾
-	03	Mais (HF)	GrSchnR (WZF)/ Sorghumh. (ZF)	WT-GPS/ einj. Wei- delgras (SZF)	WW ¹⁾
-	04	Hafer-Sorten- mischung-GPS	WT-GPS	W.Raps	WW ¹⁾
-	05	SG-GPS	Ackerfutter	Ackerfutter	WW ¹⁾
Regional-Fruchtfolgen					
Ascha	06	B.Weidelgras/ Mais	Gr.Schn.R (WZF) / Mais (ZF)	Wickroggen/ Buch- weizen.+ Phacelia	WW
	07	WG-Rübsen/ CCM-Mais	WW-GPS	W.Raps-GPS/ Buchweizen	WW
	08	WickR./Mais (Korn)	Weidelgras	WW-GPS/ Erbsen	WW
Dornburg	06	Hafer-GPS	WT-WW-GPS	W.Raps-GPS	WW
	07	Mais (HF)	Mais (HF)	Mais (HF)	WW
	08	Topinambur²⁾	Topinambur²⁾	Topinambur²⁾	WW ²⁾
Ettlingen	06	Sorghumh. (HF)	WG-GPS/ Sorghumh. (ZF)	W.Raps-GPS	WW
	07	Sonnenblume	WT-GPS/ Sorghumh. (ZF)	Zuckerrübe	WW
	08	Mais (HF)	Gr.Schn.R (WZF)/ Mais (Korn)	Mais (HF)	WW
	09	Mais (HF)	Gr.Schn.R (WZF)/ Sorghumh. (ZF)	Mais (HF)	WW
Gülzow	06	Mais (HF)	Gerstgras	W.Raps	WW
	07	Mais (HF)	Gr.Schn.R (WZF)/ Ackergras	Ackergras	WW
	08	WR-WT-GPS	W.Raps	WW	WW
Güterfelde	06	WR-GPS	Senf/ Mais (Korn)	Sorghumh.	WR
	07	Sonnenblume	Senf ²⁾ / Erbse	Gr.Schn.R (WZF)/ Mais (ZF)	WR
	08	Sorghumh.	WR	“Biomax” (WZF)²⁾ / Mais (ZF)	WR
	09	Mais (HF)	WR-GPS	Gr.Schn.R (WZF) / Sorghumh.	WR

1) in Güterfelde und Trossin WR anstatt WW; ²⁾ nur Anlage 3; fett = Nutzung als Biogassubstrat

Fruchtfolgen der EVA-Projektphase II (2009-2013) (Fortsetzung)

Standort	FF	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
Trossin	06	WG-GPS	W.Raps-GPS	Landsb.Gem./ Sorghumh. (ZF)	WR
	07	Mais (HF)	Gr.Schn.R / Sorghumh. (ZF)	Kartoffel	WR
	08	WG-GPS	Senf/ Sonnenblume/ Phacelia (SZF-GD)	Biogasrübe	WR
Werlte	06	Gr.Schn.R (WZF)/ Mais (ZF)	Gr.Schn.R (WZF)/ Mais (ZF)	Gr.Schn.R (WZF)/ Mais (ZF)	WW
	07	Mais (HF)	WT-GPS	WG-GPS	WW
	08	Mais (Korn)	WW-GPS	WR-GPS	WW
Bernburg	06	Mais (HF)	Mais (HF)	Mais (HF)	WW
	07	Gr.Schn.R (WZF)/ Mais (ZF)	Gr.Schn.R (WZF)/ Mais (ZF)	Gr.Schn.R (WZF)/ Mais (ZF)	WW
	08	Sorghumh. (HF)	Sorghumh. (HF)	Sorghumh. (HF)	WW
	09	Gr.Schn.R (WZF)/ Sorghumh. (ZF)	Gr.Schn.R (WZF)/ Sorghumh. (ZF)	Gr.Schn.R (WZF)/ Sorghumh. (ZF)	WW

fett = Nutzung als Biogassubstrat

Tab. A 2: Behandlungsindizes aller in EVA II angebauten Kulturen bei praxisüblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz (EVA II, 2009-2013)

Kultur	FF-Stellung/ Nutzung	Ascha		Dornburg		Ettlingen		Gülzow		Güterfelde		Trossin		Werlte		Bernburg		\bar{x}	s	n
		\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n			
Ackerfutter Ansaatjahr		0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,70	2	0,69	2	0,00	2	0,00	2	0,17	0,32	8
Ackerfutter 1. Jahr		0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	0,00	8
Ackerfutter 2. Jahr		0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	0,00	8
Ackergras Ansaatjahr		-	-	-	-	-	-	0,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	1
Ackergras 1. Jahr		-	-	-	-	-	-	0,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	1
Buchweizen		0,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	1
Buchweizen/Phacelia		0,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	1
Erbse		0,00	2	-	-	-	-	-	-	1,70	2	-	-	-	-	-	-	0,85	1,20	2
Gerstgras		-	-	-	-	-	-	0,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	1
Hafer		-	-	0,83	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83	-	1
Hafer SM		0,46	2	0,83	2	2,25	2	0,83	2	0,97	2	1,88	2	0,92	2	1,70	2	1,23	0,63	8
Kartoffel		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,75	2	-	-	-	-	6,75	-	1
Landsb. Gemenge		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50	2	-	-	-	-	0,50	-	1
Mais	HF-GPS	1,63	2	2,20	10	1,80	12	1,12	8	2,86	8	1,61	6	1,74	6	1,00	10	1,75	0,59	8
	ZF-GPS	0,00	2	0,50	2	0,65	4	1,75	2	2,50	4	1,48	2	0,74	8	0,75	8	1,05	0,80	8
	HF-Korn/CCM	-	-	-	-	-	-	-	-	2,25	2	-	-	1,65	2	-	-	1,95	0,42	2
	ZF-Korn/CCM	1,72	4	-	-	0,43	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,08	0,91	2
Phacelia		0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,40	4	0,00	2	0,00	2	0,05	0,14	8
Senf		-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	3	0,00	2	-	-	-	-	0,00	0	2
S.Gerste	GPS	0,00	2	0,83	2	1,75	2	0,00	2	1,37	2	1,88	2	0,92	2	2,87	2	1,20	0,98	8
Sonnenblume	GPS	-	-	-	-	1,00	2	-	-	1,60	2	1,98	2	-	-	-	-	1,53	0,49	3
Sudangras	HF-GPS	0,50	2	1,00	2	0,56	4	1,00	2	2,81	6	1,35	2	0,85	2	1,13	8	1,15	0,73	8
	ZF-GPS	0,75	2	0,00	2	1,25	4	1,00	2	2,00	4	0,83	6	0,94	2	0,47	8	0,91	0,58	8
	SZF-GPS	1,00	2	0,50	2	1,02	6	1,00	2	2,00	2	1,00	2	0,85	2	0,00	2	0,92	0,56	8

Behandlungsindizes aller in EVA II angebauten Kulturen bei praxisüblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz (EVA II, 2009-2013) (Fortführung)

Kultur	FF-Stellung/ Nutzung	Ascha		Dornburg		Ettlingen		Gülzow		Güterfelde		Trossin		Werlte		Bernburg		\bar{x}	s	n
		\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n			
Topinambur 1. Jahr		-	-	0,50	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	1
Topinambur 2. Jahr		-	-	0,00	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	1
Topinambur 3. Jahr		-	-	0,00	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	1
Weidelgras	SZF	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,50	2	0,00	2	0,50	2	0,13	0,23	8
W.Gerste	GPS	1,00	2	3,50	2	1,25	4	1,88	2	2,77	2	2,11	6	1,13	4	3,56	2	2,15	1,03	8
W.Gerste /W. Rübsen		0,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	1
Wickroggen		0,75	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-	1
W.Roggen	Grünschnitt	0,82	6	0,50	4	1,00	8	0,00	6	0,25	8	1,50	6	1,19	10	1,25	16	0,81	0,52	8
	GPS	-	-	-	-	-	-	-	-	1,29	4	-	-	1,00	2	-	-	1,15	0,21	2
	Korn	-	-	-	-	-	-	-	-	2,15	20	2,66	16	-	-	-	-	2,41	0,36	2
W.Roggen/W.Triticale	GPS	-	-	-	-	-	-	1,90	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	1
W.Roggen/W.Weizen	GPS	-	-	0,50	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	1
W.Raps	GPS	1,00	2	-	-	3,40	2	-	-	-	-	5,44	2	-	-	-	-	3,28	2,22	3
	Korn	1,00	2	5,50	4	4,90	2	5,64	6	6,50	2	6,72	2	3,88	2	7,17	2	5,16	1,99	8
W.Triticale	GPS	1,00	6	1,48	6	1,61	8	1,91	6	1,13	6	1,39	6	1,22	6	3,50	6	1,66	0,80	8
	Korn	2,00	2	2,23	2	2,47	2	2,65	2	1,47	2	1,50	2	3,13	4	3,73	2	2,40	0,78	8
W.Weizen	GPS	0,75	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75	2	-	-	1,25	0,71	2
	Korn	4,37	16	3,52	15	5,22	18	3,40	18	-	-	-	-	2,59	16	3,48	18	3,76	0,91	6
WZF-Gemenge (Biomax)		-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	1	-	-	-	-	-	-	0,00	-	1
Zuckerrübe		-	-	-	-	4,55	2	-	-	-	-	6,66	2	-	-	-	-	5,61	1,49	2