



Verfügbarkeit der Mikronährstoffe B Cu Mn Zn

Dr. Friedhelm Fritsch, DLR R-N-H, Abt. Landwirtschaft, Bad Kreuznach

Informationstag Mikronährstoff-Düngung am 25. November 2004

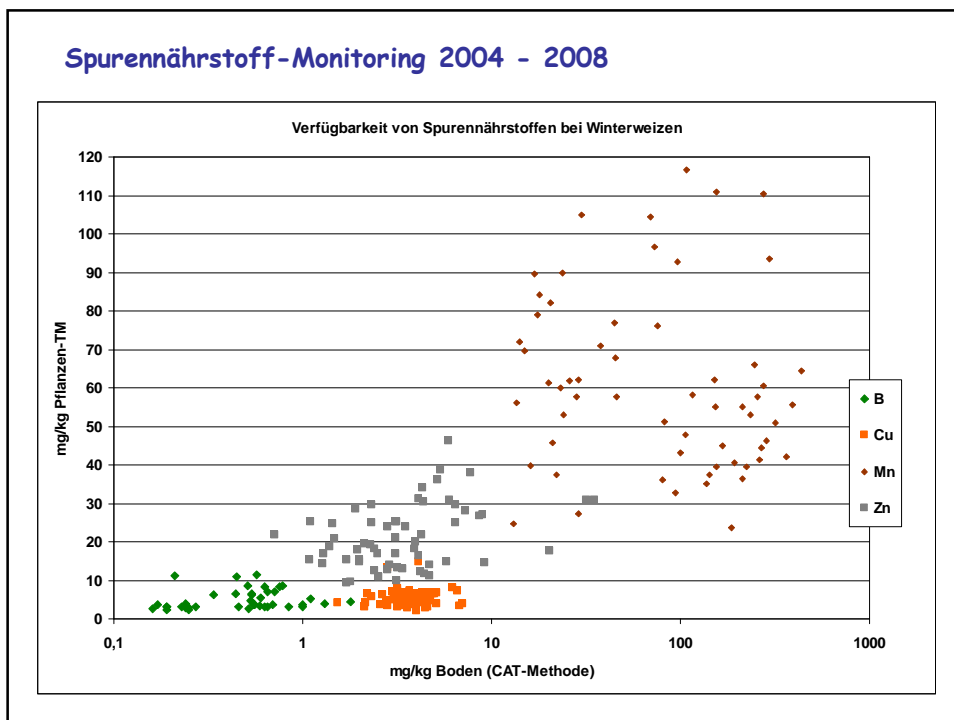
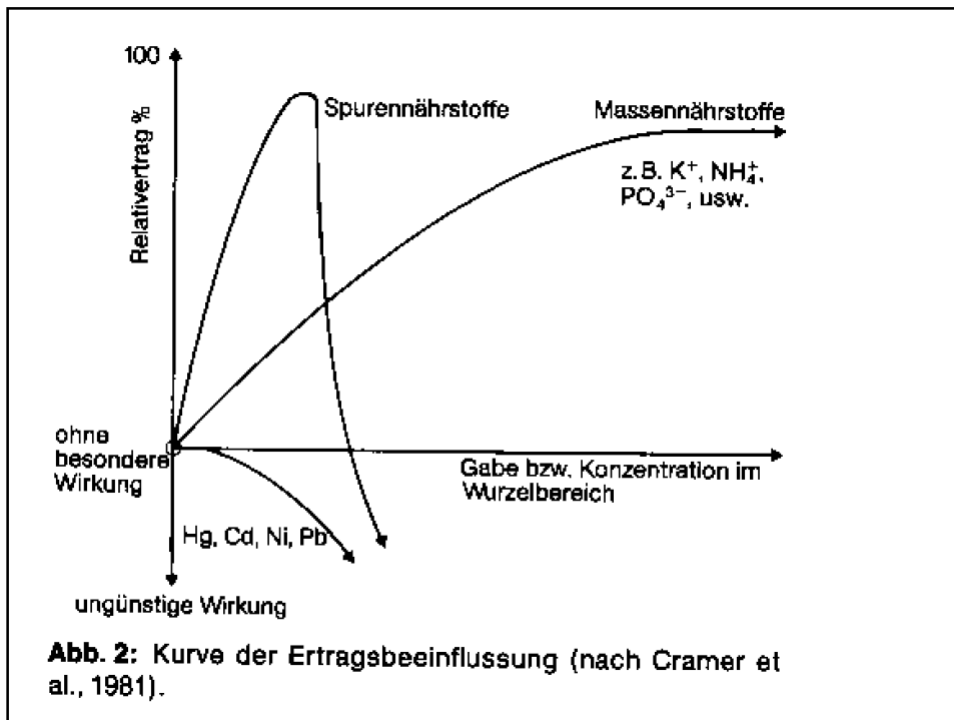
"Diagnose der Mikronährstoff-Versorgung"



Mikronährstoffe: Vorrat – Verfügbarkeit – Entzug (Relationen)

Element	Gesamtgehalt im Boden (0-30 cm) (g)	davon „verfügbar“ (DTPA) (0-30 cm) (g)	Entzug einer Ernte (g)
Fe	60.000.000	(g) 60.000	1000
Mn	6.000.000	15.000	500
Zn	600.000	6.000	200
Cu	60.000	3.000	50
B	60.000	3.000	25
Mo	6.000	300	2

E. Schnug, 2004



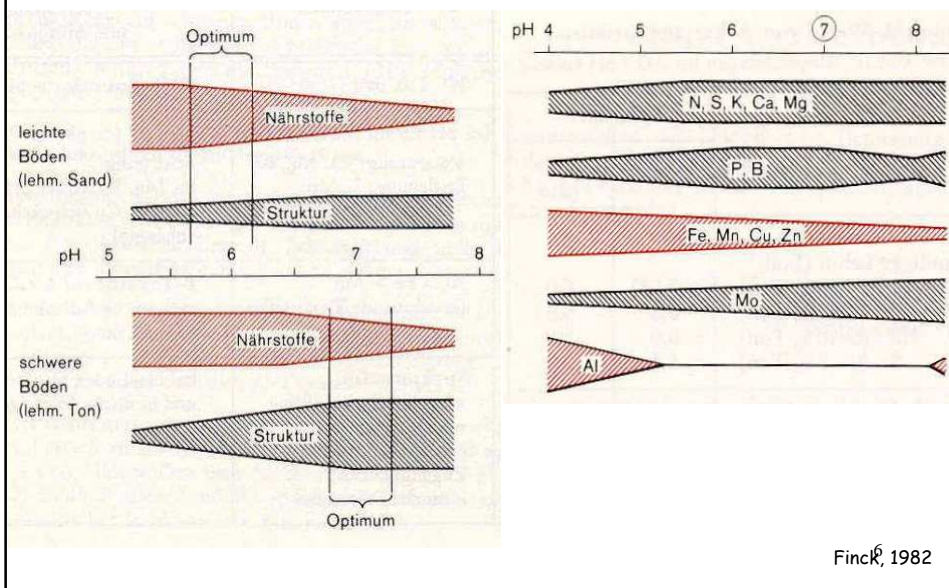
Mikronährstoff-Mangel auf Praxisflächen

Schwerpunkte

Element	Standort	Art
B	leichte, durchlässige Böden überkalkte Böden	Rüben, Kohl, Raps, (Mais)
Cu	Moor, Anmoor, humose Sande, sehr hohe pH-Werte	Weizen, Gerste, Hafer
Mn	Moor, Anmoor, humose Sande, sehr hohe pH-Werte, zu lockerer Boden	Getreide, Kartoffel
Mo	Lößböden	Luzerne, Kohlrarten
Zn:	sehr selten	(Hopfen, Mais)

TLL Jena/ Dr. W. Zorn 11/2003

pH-Wert und Nährstoffverfügbarkeit – Theorie und Praxis



Nährstoffmonitoring in Rheinland-Pfalz

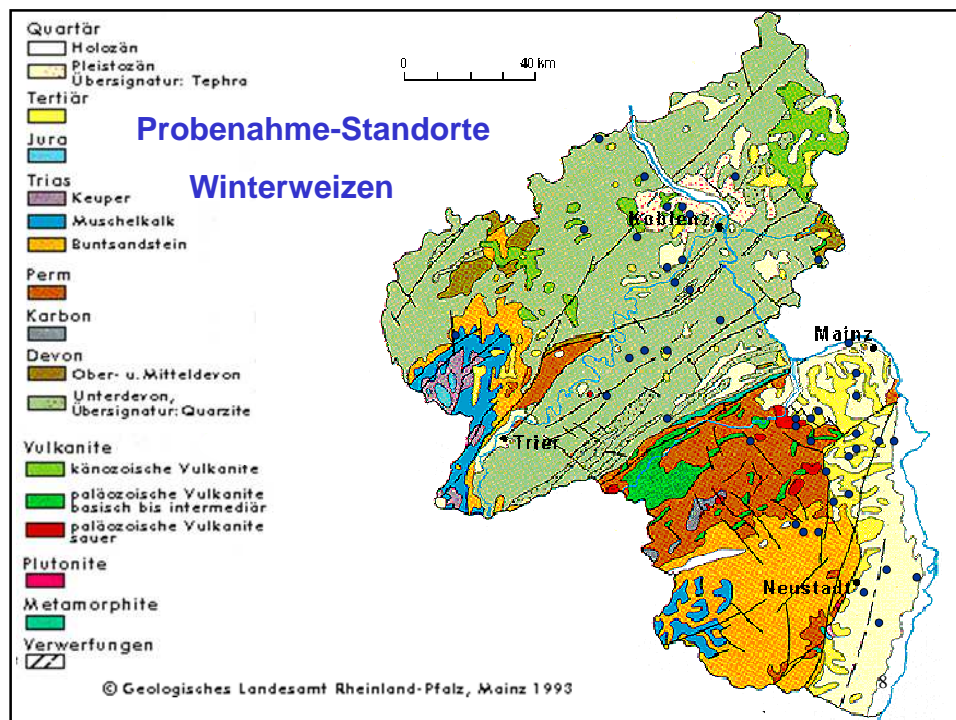
2004 – 2013 jährlich 15 - 25 Probenpaare (Pflanzen und Boden)
zufällig aus **Praxisflächen**

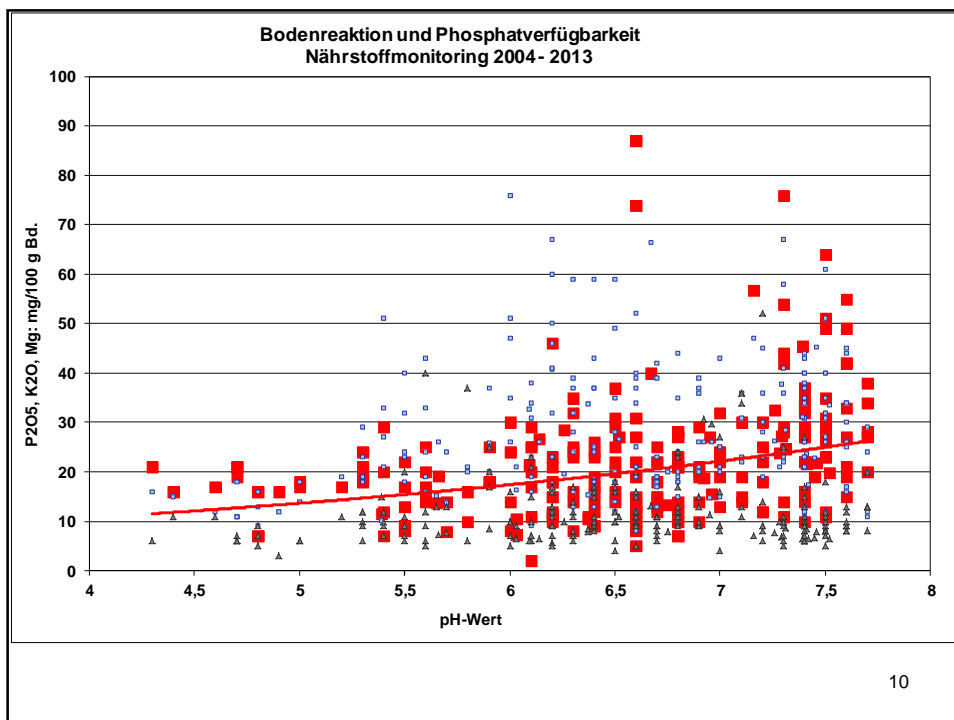
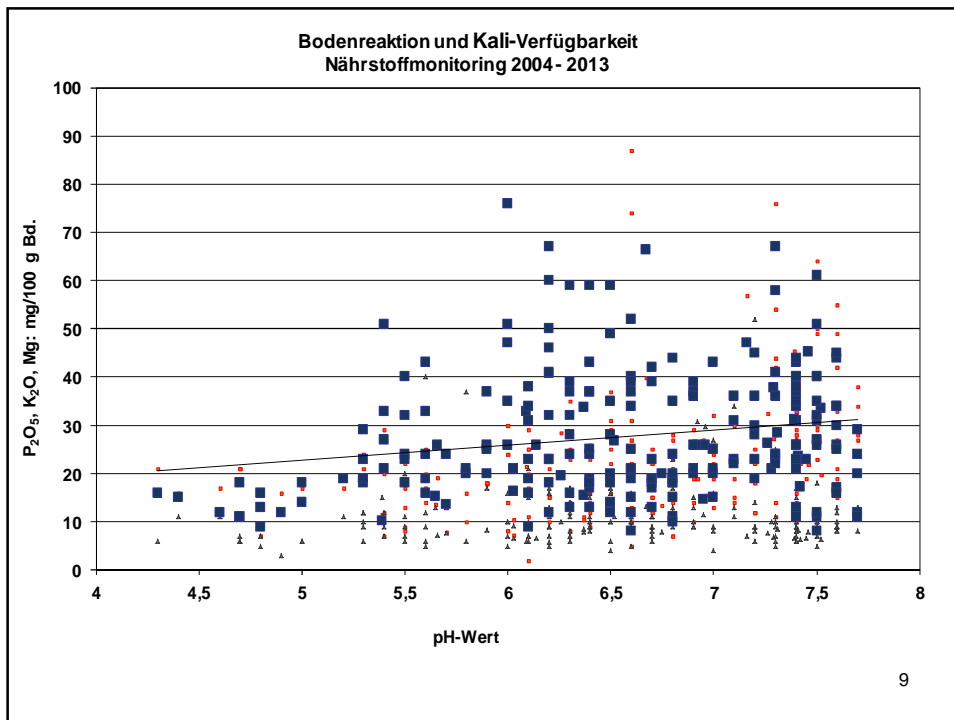
Pflanzen **Winterweizen** im ES 32 (oberirdische Pflanze)
Mais: ES 32 (vollentwickelte Blätter)
Winterraps: ES 53-60 (vollentwickelte Blätter)
N, P, K, Mg, S, B, Mn, Cu, Zn

Boden 0 - 30 cm; pH, CAL-P und -K, CaCl₂-Mg, CAT: **B, Mn, Cu, Zn**

Analysen **LUFA Speyer**

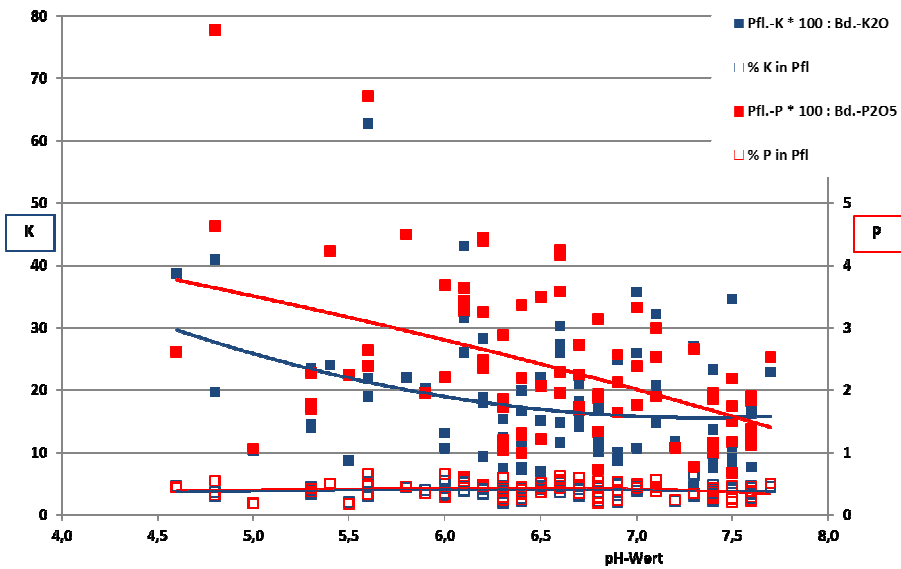
Zielsetzungen Darstellung **Versorgungssituation**
Ursachenfindung von Kümmerwuchs
Wechselwirkungen bei der **Nährstoffverfügbarkeit** aufdecken
Eignung der **Bodenuntersuchungsmethoden** prüfen





pH-abhängige Verfügbarkeit von Phosphor und Kalium bei Winterweizen

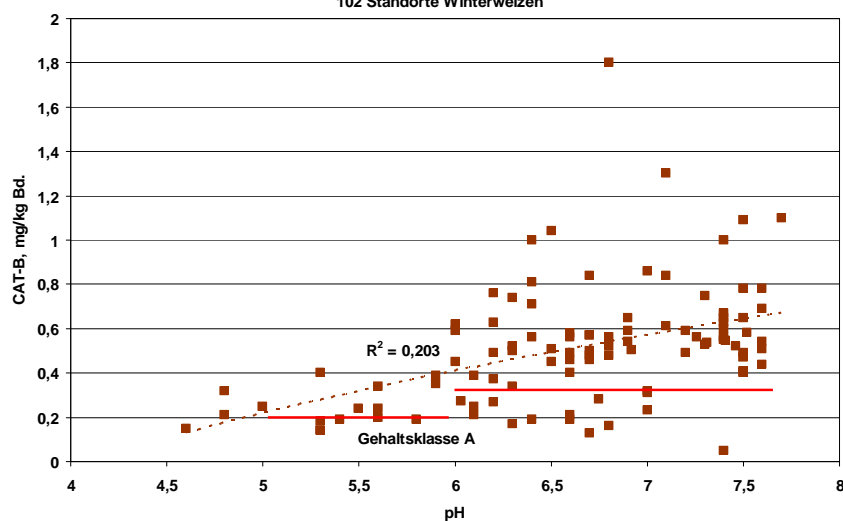
82 Weizenproben, Nährstoffmonitoring, Rheinland-Pfalz, 2005-2013



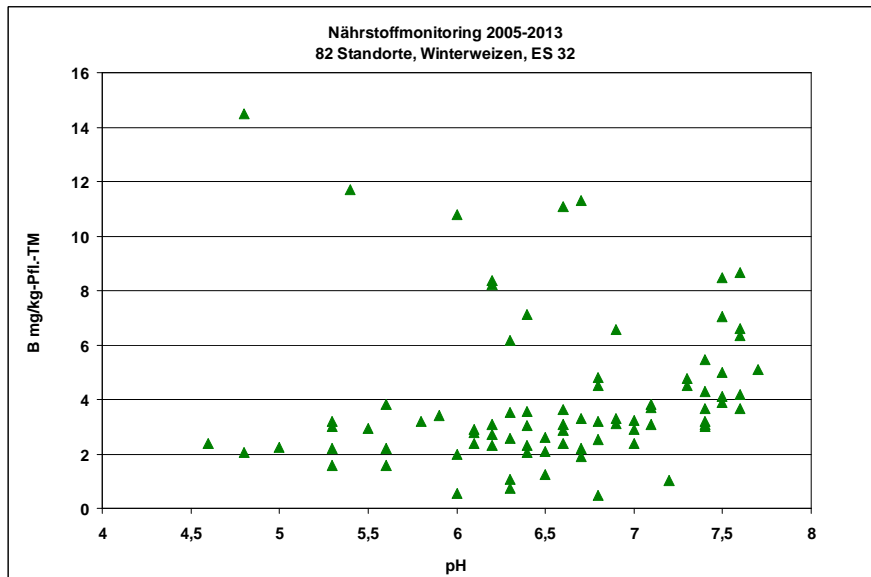
11

Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Bor

Nährstoffmonitoring 2004-2013
102 Standorte Winterweizen



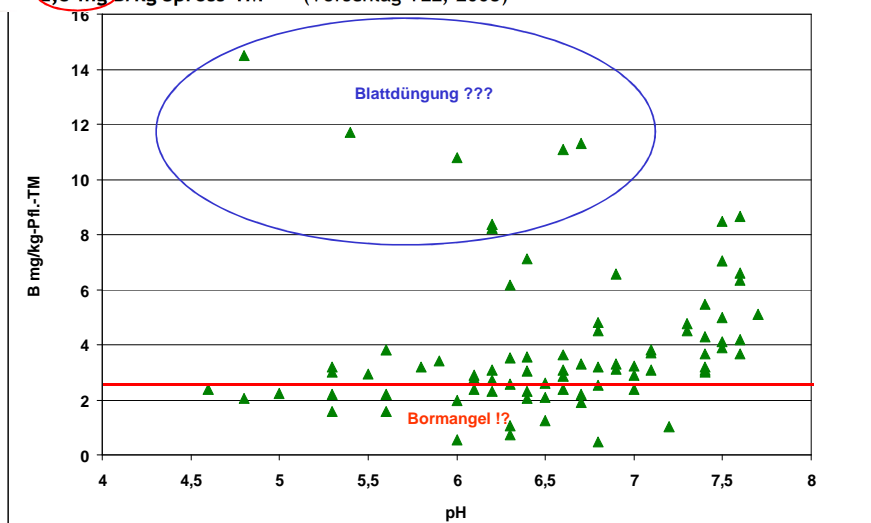
Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Bor bei Winterweizen



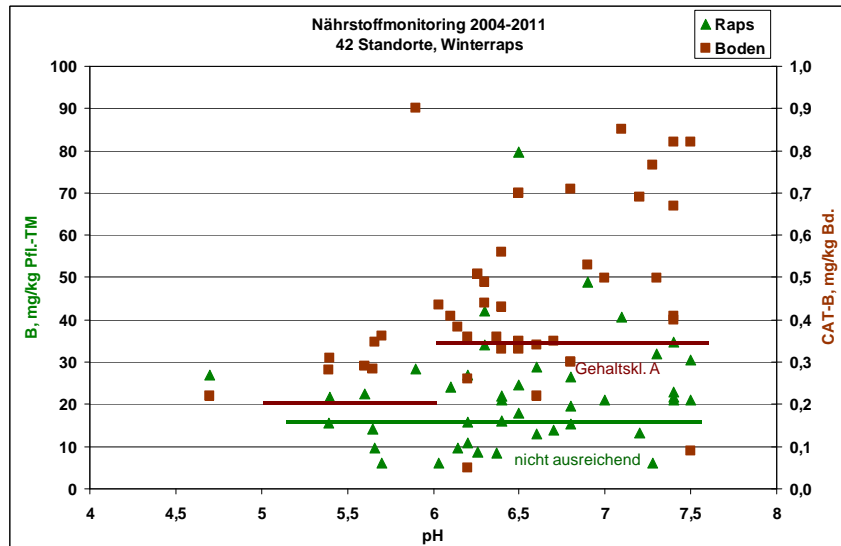
Richtwerte für ausreichenden Ernährungszustand für Weizen
im Schossen:

5 ... 6 mg B/kg Spross-TM (BERGMANN, 1993)

2,5 mg B/kg Spross-TM (Vorschlag TLL, 2008)



Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Bor bei Winterraps



Bormangel bei Raps



- Hohlherzigkeit der Wurzel
- gestauchter Wuchs, Seitentriebbildung
- Chlorosen an den Blättern
- Verformung der jüngeren Blätter
- rissige Blattstiele
- rot-violette Blattränder
- gerollte Blattränder
- Blütenstand gedrungen und unregelmäßig
- verkümmerte Blütenbildung
- schlechter Schotenansatz

Quelle: fertiva GmbH

Bormangel bei Zuckerrüben

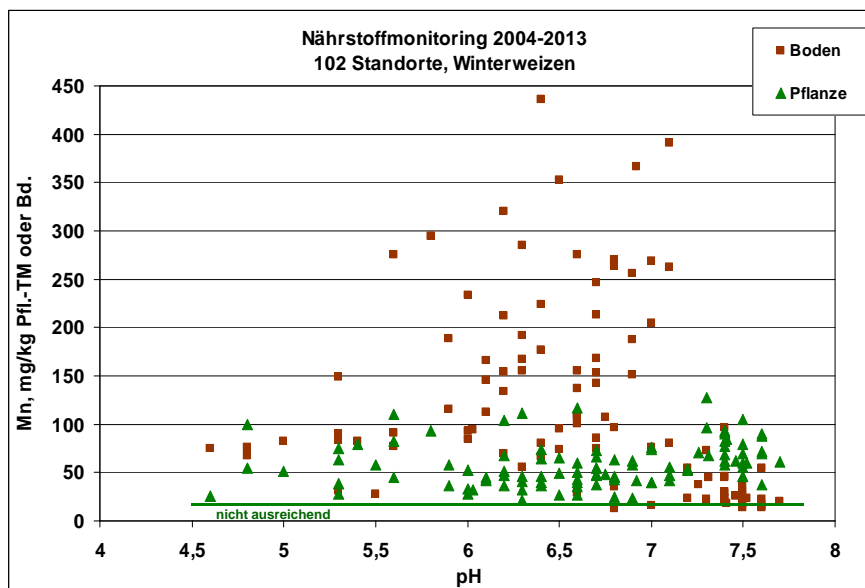


- Bildung dunkler Querrisse an den Blattstielen (2. Hälfte Juni)
- Braun- und Schwarzwerden der inneren Herzblätter (ab Juli)
- Vergilben der älteren Blätter (ab August)
- Neuaustrieb an verschiedenen Stellen der Rübe
- Faulen des Rübenkopfes (Spätsommer)

Herz- und Trockenfäule

Quelle: fertiva GmbH

Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Mangan bei Winterweizen



CAT-Bodenuntersuchung lässt keine Aussage über Mn-Verfügbarkeit zu

Mn-Mangel



Hafer

Dörrflecken



Mais



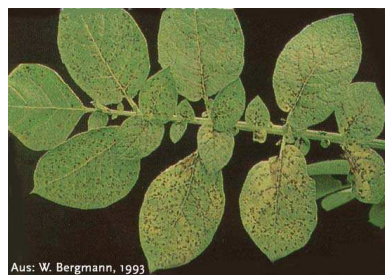
Weizen

Mn-Mangel

Zuckerrübe



Kartoffel



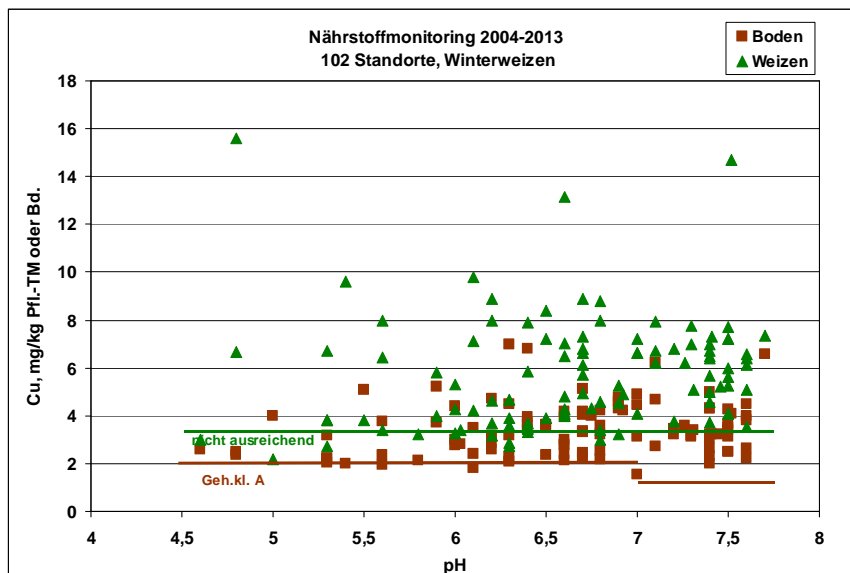


Mangan

- Aufnahme: als Mn^{2+} -Kation
- Funktion: Aktivierung von Enzymen durch Koppelung, Bestandteil von Redoxenzymen, notwendig für Assimilationsvorgänge und Proteinstoffwechsel, Baustein zur Bildung von Zellmembranen
- Mangan erhöht die Frosthärte und fördert die Wurzelentwicklung
- Manganmangel tritt insbesondere auf leichten Böden und Standorten mit hohem pH-Wert auf
- Die Verfügbarkeit ist aber auch auf puffigen Böden (Stroh) stark verringert (Auffixation zu Mn^{4+}) sowie bei Trockenheit
- Mangan wird in der Pflanze nur schlecht verlagert (2-3 Gaben)

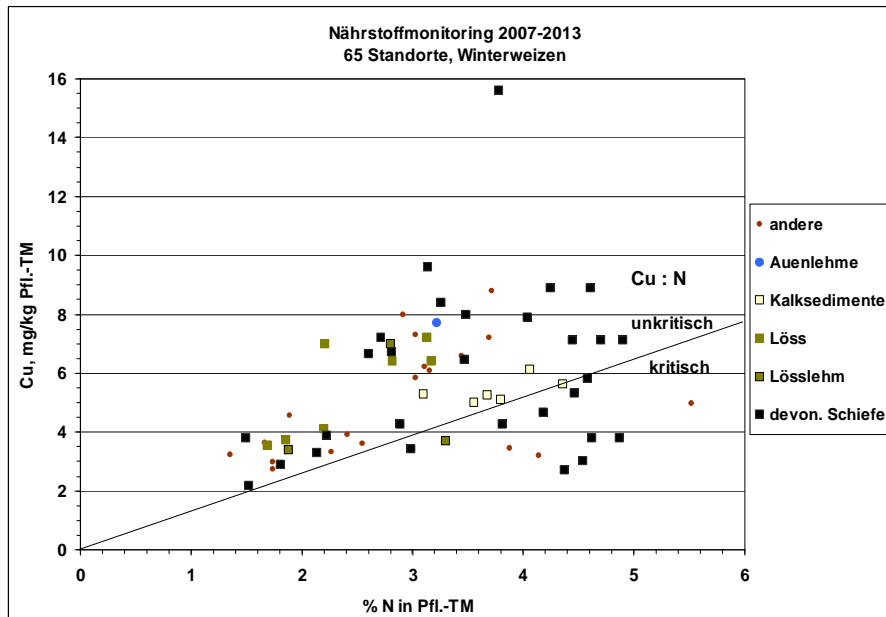
7/38/Feb-08

Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Kupfer bei Winterweizen



Aussagekraft der CAT-Bodenuntersuchung auch bei Cu sehr eingeschränkt

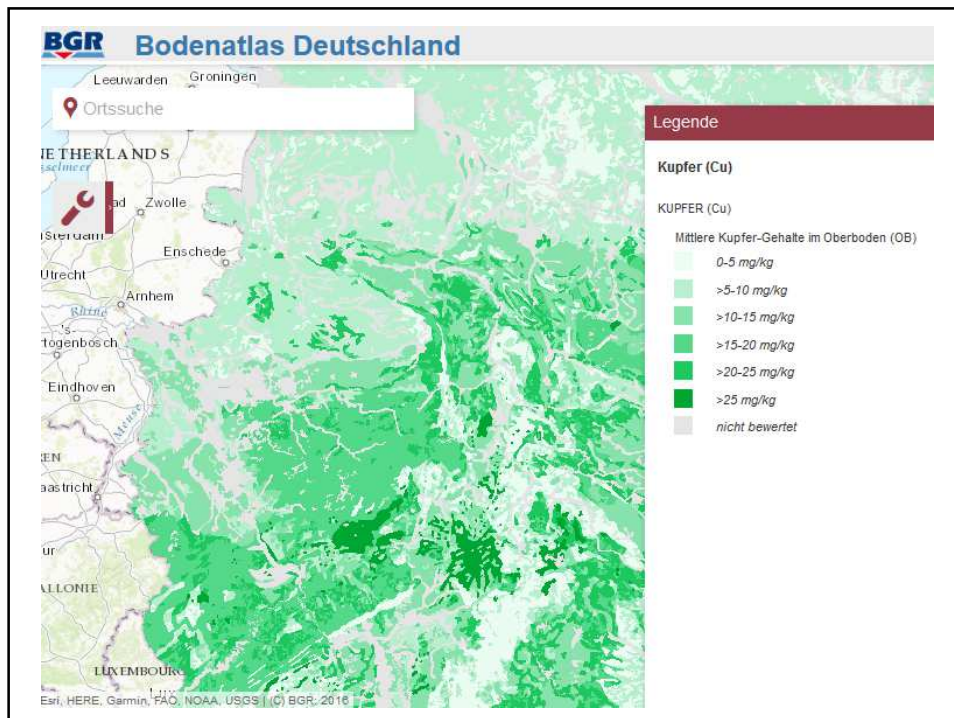
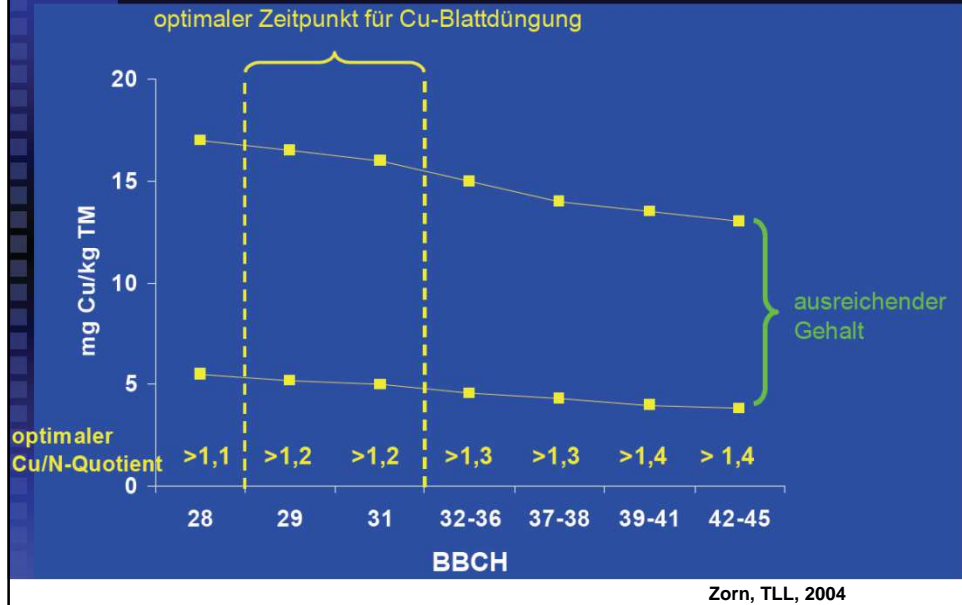
Bodenformationen und Verfügbarkeit von Kupfer bei Winterweizen



Kupfer-Mangel bei Weizen)

TLI, Jena/Dr. W. Zorn 11/2003

Pflanzenanalyse und Cu-Düngung zu Winterweizen



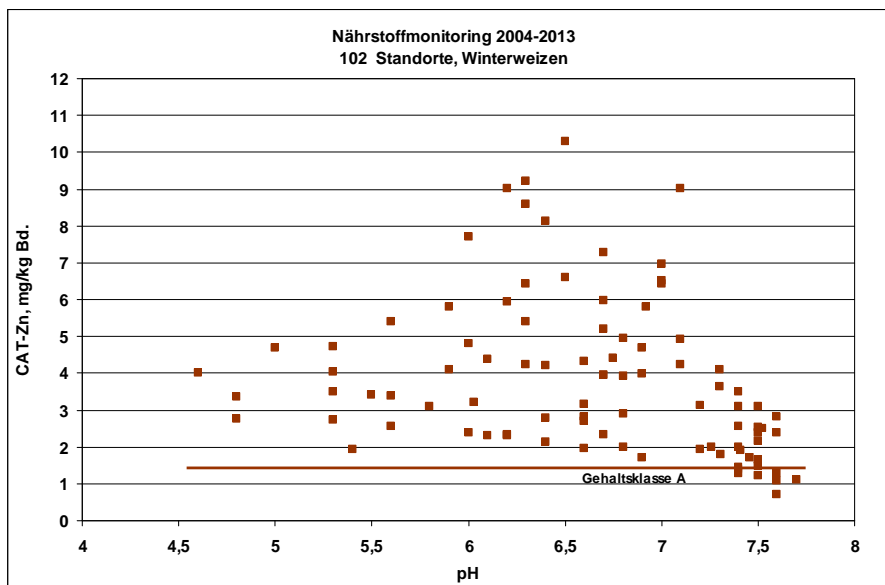
Hintergrundwerte Kupfer und Zink, mg/kg Boden-TM

Bodenformationen (Oberböden, Acker)	Verbreitung	Gesamt-Cu	mobil-Cu	Gesamt-Zn	mobil-Zn
Auensand, carbonatfrei (Quartär)	Flussniederungen	6	0,1	28	0,56
Löss, carbonathaltig	Rheinhessen, nördl. Oberrheinniederung	18	0,07	60	0,02
Lösslehm	Mittelgebirge	13	0,11	68	0,1
Sandstein (Rotliegend, mit Löss)	Saar-Nahe-Bergland u.a.	15	0,06	66	0,09
Pelite und Schiefer (Rotliegend, lössarm)		24	0,05	93	0,07
Pelite und Schiefer (Devon, lössarm)	Hunsrück, Eifel, Taunus	21	0,04	124	0,15
Pelite und Schiefer (Devon, lösshaltig)		21	0,05	115	0,08
Lockersediment der Pelite und Schiefer, lössarm	Rheinisches Schiefergebirge, Saar-Nahe-Becken	21	0,04	89	0,25
Pelit-Carbonatgestein, lössarm	Kalkeifel, Rheinhessen u.a.	22	0,09	69	< 0,01
Pelit-Carbonatgestein, lösshaltig		23	0,03	63	0,04
Magmatische Lockergesteine (Tephren), lössarm	Laacher See-Vulkanismus	15	0,03	82	0,25

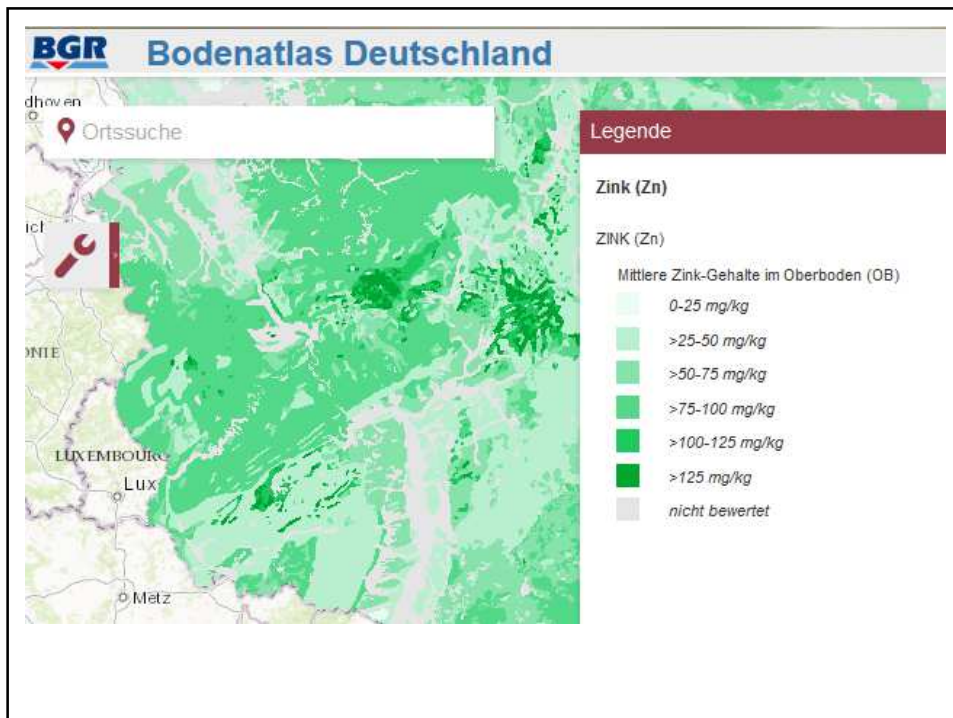
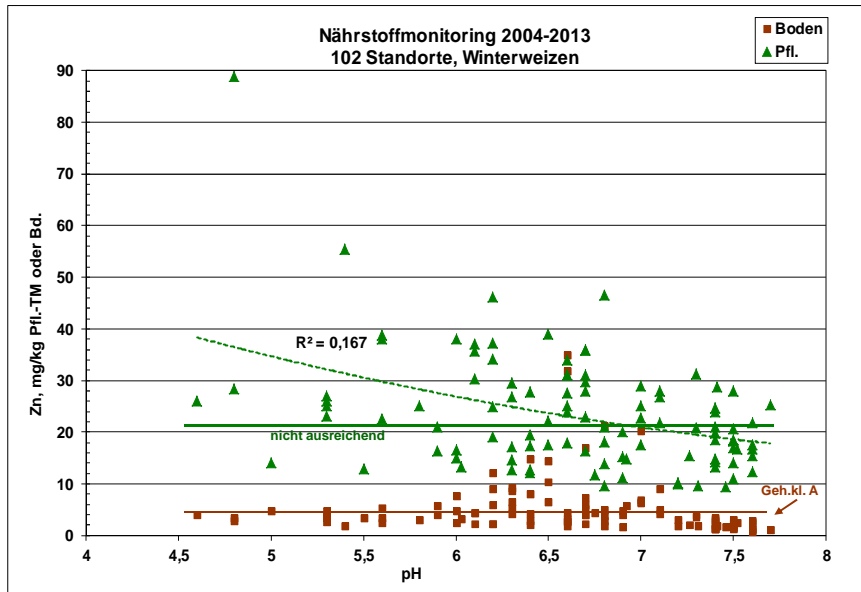
Gesamt = Königwasserextrakt, mobil = NH_4NO_3 -Extraktion

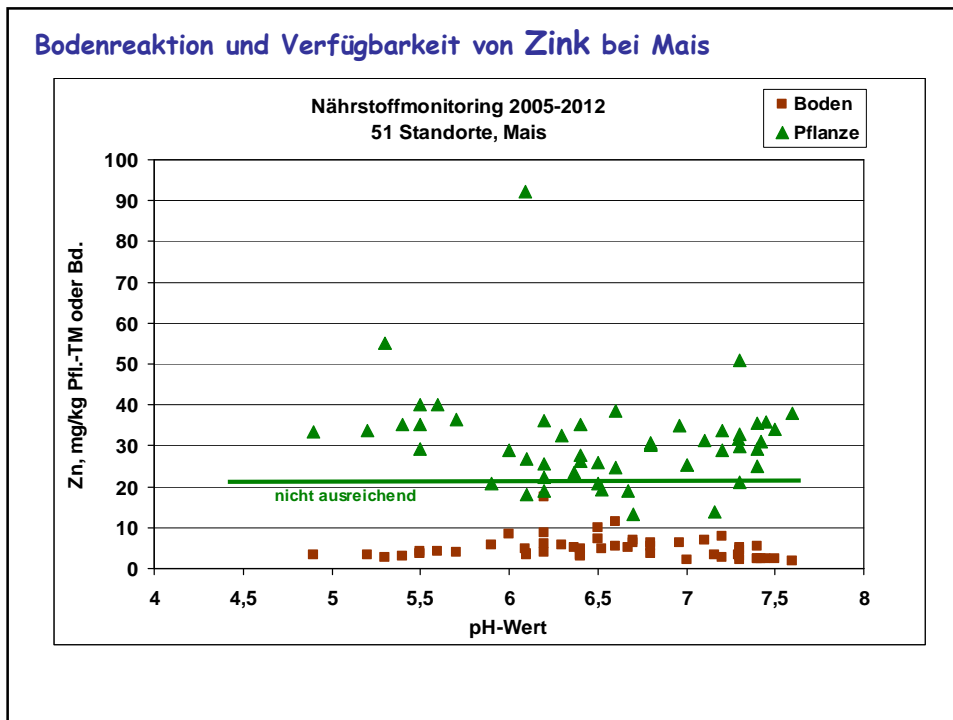
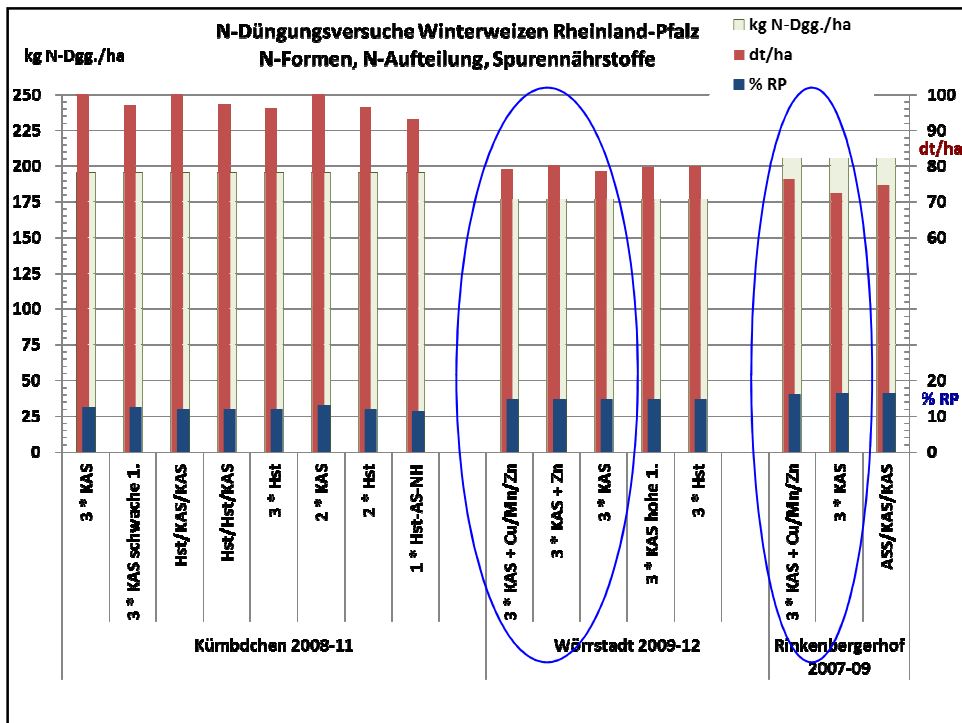
Quelle: Hintergrundwerte der Böden von Rheinland-Pfalz, LGB, 2008

Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Zink



Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Zink bei Winterweizen







J. Rogasik, 2004

Durch Manganspritzung kann **Zn-Mangel** an Weizen induziert werden!

(Wulfshagen, 1986)

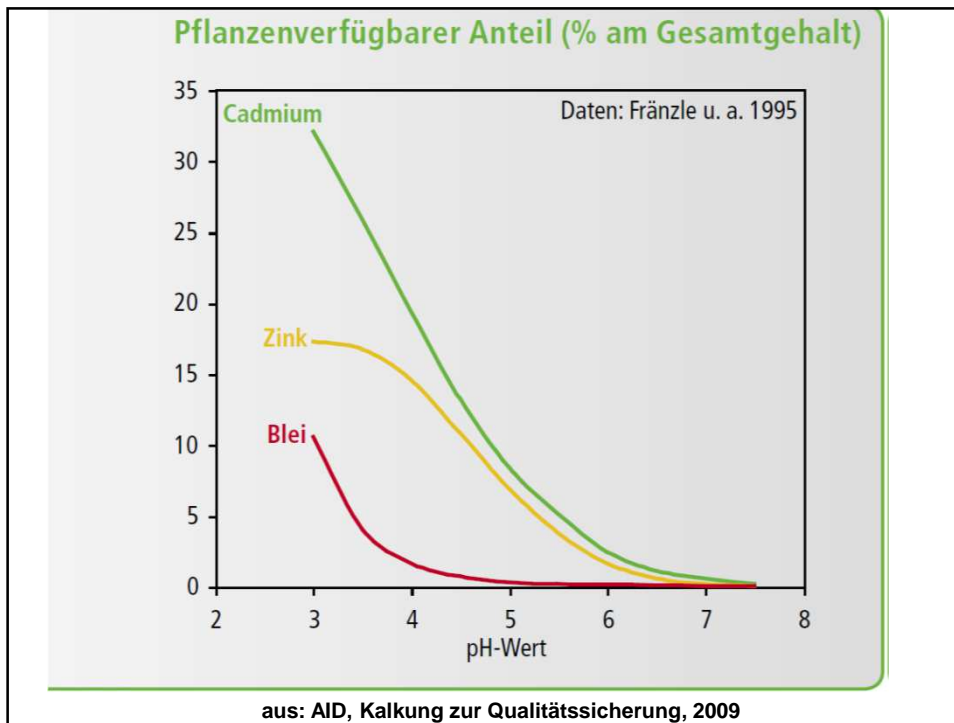
Effekte	Quelle
Mais, Ka, ZR: Ertragsanstieg von 2 ... 10 %	Falke et al. (1985)
Ertragsverluste bis zu 40 % bei Zn-Mangel	Alloway (2004)

Einfluß langjähriger Kalkung auf Boden-pH sowie P und Mo-Gehalte von Winterweizen

(Albic Luvisol, Livada, 2001, Bestockung)

	Kalkdüngung [t ha ⁻¹ a ⁻¹ CaCO ₃]				
	0	0,25	0,50	0,75	1,50
pH	4,6	5,6	6,5	6,8	7,4
P [%]	0,27	0,39	0,45	0,47	0,52
Mo [ppm]	0,14	0,28	0,61	0,63	0,77

Kurtinecz, 2002



Boden- oder Blattdünger?

Bodendünger

- Granulat

Stellt die Grundversorgung der Pflanzen über die Wurzel sicher

Zur langfristigen Behebung eines Mangels im Boden

Blattdünger

- Wasserlösliches Pulver / Mikrogranulat
- Lösung
- Suspension

Dient der Ergänzung in speziellen Situationen, z.B.

- Wachstumsphasen mit besonders hohem Bedarf
- unerwartete Mängel
- Stresssituationen (Trockenheit, Kälte)
- Festlegung von Spurenelementen im Boden

S. Kratz, 2004

Optimale Zeitspannen für die Mikronährstoffblattdüngung
(nach VANSELOW und BÖHME)

Kultur	Nährstoff	optimaler Zeitraum	keinesfalls nach
Wintergetreide	Cu	29 – 31	45
	Mn	31 - 37	45
Kartoffel	B, Mn, Zn	Knospe bis Blühbeginn	Blühende
Zuckerrübe	B, Cu, Mn, Mo, Zn	37 - 41	44
Winterraps	B, Mn	Knospenstadium	

Vor- und Nachteile verschiedener Düngemittelformulierungen

Formulierung	Vor- und Nachteile
Salz	<ul style="list-style-type: none"> • gute Wasserlöslichkeit, schnell wirksam • bessere Verträglichkeit mit PSM als Säuren • Nachteil: Empfindlichkeit von Pflanzen gegen Verätzung
Säure	<ul style="list-style-type: none"> • schnellere Aufnahme als in Salzform • tötet pilzliche Krankheitserreger ab
Chelat oder sonstiger Komplex	<ul style="list-style-type: none"> • Chelate werden auch von Pflanzen selbst produziert, daher besonders gute Pflanzenverträglichkeit • gute Wasserlöslichkeit • gute Pflanzenverfügbarkeit • verhindert die Festlegung von Spurenelementen im Boden durch Makronährstoffe wie Phosphor sowie Hydroxidbildung
Oxid	<ul style="list-style-type: none"> • wird im Boden langsam mobilisiert • langfristige Verfügbarkeit
Legierung (= Verschmelzung mehrerer Metalle, z.B. Zn+Cu oder Mn+Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • langsame Freisetzung der Spurennährstoffe durch Korrosion, entsprechend dem Bedarf der Pflanzen • keine Auswaschung, da wasserunlöslich • keine Erhöhung des Salzgehaltes im Boden • Wirkung weitgehend pH-unabhängig

Empfehlungen zur Blatt- und Bodendüngung mit Mikronährstoffen

Mikronährstoff	Bodenart	Blattdüngung	Bodendüngung
Bor	Sand	0,4 kg ha⁻¹	1,5 kg ha ⁻¹ 3a ⁻¹
	schwach lehmige Sand bis Ton		2,3 kg ha ⁻¹ 3a ⁻¹
Kupfer	Sand, Lehm, Ton, Moor	1,0 kg ha ⁻¹	5,0 kg ha⁻¹ (meleorativ)
Mangan	Sand, Lehm, Ton, Moor	1-3 mal 1,0 kg ha⁻¹	bei pH < 6 10 kg ha ⁻¹
Molybdän	Sand, Lehm, Ton	0,3 kg ha⁻¹	1,0 kg ha ⁻¹ 3a ⁻¹
Zink	Sand, schwach lehmiger Sand	0,3 kg ha⁻¹	6,0 kg ha ⁻¹ 3a ⁻¹
	stark lehmiger Sand bis Ton		16 kg ha ⁻¹ 3a ⁻¹

Mittlere Mikronährstoffgehalte organischer Düngestoffe

Element	Gülle-Rind 4-9 % TS [g m ⁻³]	Gülle-Schwein 4-8 % TS [g m ⁻³]	Gülle-Huhn 8-12 % TS [g m ⁻³]	Stallung 18-26 % TS [g t ⁻¹]	Klärschlamm TM [g t ⁻¹]
Bor	1 - 3	2 - 4	2 - 4	3 - 6	10 - 100
Kupfer	2 - 6	2 - 20	2 - 10	2 - 10	12 - 6800
Mangan	8 - 25	6 - 30	30 - 50	30 - 70	60 - 4300
Molybdän	0,05 - 0,12	0,06 - >1	0,06 - 0,15	0,2 - 0,5	0,01 - 0,1
Zink	10 - 20	15 - 70	15 - 50	20 - 300	180 - 2000

J. Rogasik, 2004

Kerschberger & Franke (2001)
Zimmermann & Sciborski (1985)

Pflanzenanalysen wurden bislang von der Praxis nur selten veranlasst.

Problem: optimales Stadium der Probenahme für Pflanzenanalyse liegt nicht (deutlich) vor dem Stadium der Düngung

Tabelle 6: Optimaler Zeitpunkt für die Blattapplikation von Mikronährstoffen

Getreide	Schossenstadium, 10 bis 25 cm Wuchshöhe (vorzugsweise BBCH 31... 37)
Mais	nach 4. Blatt, 30 bis 40 cm Wuchshöhe
Rübe	Schließen der Reihen (Juni/Juli)
Kartoffel	Schließen der Reihen (Juni/Juli)
Luzerne, Rotklee	kurz vor der Blüte
Grünland	10 bis 15 cm Wuchshöhe
Raps, Rübsen	Knospenstadium
Ackerbohne, Erbse	6- bis 8-Blattstadium
Sonnenblume	Ausbildung 6. bis 8. Blatt
Lein	ca. 20 cm Wuchshöhe
Gräser	10 bis 15 cm Wuchshöhe



Lösung für die Praxis: Düngung in den Folgejahren, nachdem einige repräsentative Proben untersucht wurden



Kalkung wird häufig vernachlässigt ... ist aber an der falschen Stelle gespart

Ertragssicherheit, Krankheitsanfälligkeit, Bodenfruchtbarkeit

Befürchtung zurückgehender (Mikro-) Nährstoffverfügbarkeit ist i.d.R unbegründet

Mikronährstoffe

B anders als vermutet: **Verfügbarkeit ist auf kalkhaltigen Böden besser!**
nicht ausreichende Versorgung ist weit verbreitet: Raps-Getreide-Standorte
B-Düngung zu Zuckerrüben (auf Lößböden) seit längerer Zeit Standard, zu Raps (Verwitterungsböden/Mittelgebirgslagen) dagegen nicht bzw. erst seit jüngerer Zeit



Mikronährstoffe

Mn **Mangel liegt selten vor** (wird aber manchmal selbst verursacht)
kein pH-Einfluss (Überkalkung leichter Böden hier nicht geprüft)

Cu **Versorgung in einigen Regionen kritisch:**
kein pH-Einfluss

Cu und Zn

- in Klauenbädern/Futtermitteln → **Wirtschaftsdünger**

- in Klärschlamm und Kompost

Cu in Fungiziden (Weinbau)



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16839772>



Mikronährstoffe

Zn pH-Einfluss: Versorgung auf kalkhaltigen Böden kritisch

Pflanzenanalysen auf Mikronährstoffe

bislang wenig Interesse

künftig verstärkt durchführen

anzustrebende Gehalte ggf. überprüfen



Gefäßversuch mit Hafer auf versauertem Boden

Übungen zur Pflanzenernährung, 4. Sem. Agrarw., Univ. Bonn, 1988

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit⁴⁶