



Studiengang Gartenbau B.Sc.

Berufspraktisches Semester

**Optimierung eines Bewässerungsmanagements an
Süßkirschen im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes in
Mainz-Finthen**

Praxisstelle: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz

Wormser Straße 111 in 55276 Oppenheim

vom 20. März bis 03. August 2018

Referent:

Prof. Dr. P. Braun

Vorgelegt von:

Lukas Myrzik

276346

Geisenheim, 24. Oktober 2018

Eidesstattliche Erklärung

"Ich erkläre hiermit wahrheitsgemäß, dass ich

- die eingereichte Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfsmittel angefertigt habe,
- nur die im Literaturverzeichnis aufgeführten Hilfsmittel benutzt und fremdes Gedankengut als solches kenntlich gemacht habe,
- alle Personen und Institutionen, die mich bei der Vorbereitung und Anfertigung der Abhandlung unterstützten, genannt habe und
- die Arbeit noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegt habe."

Lukas Myrzik

Danksagung

An erster Stelle sind die Betriebe für die Bereitstellung der Flächen und Ressourcen zu nennen, ohne deren Mitwirken das Projekt nicht hätte stattfinden können. Vielen Dank an:

Obsthof M. Schmitt
Markus Schmitt
Kurmainzerstr., 53
55126 MZ-Finthen

Kastanienhof GbR
Familie Pfeifer
Lambertstr., 28
55126 MZ-Finthen

Ein Dank geht ebenfalls an Herr Parssa Razavi der Firma Irriport e.K. in der Bahnhofstr. 24 in 55218 Ingelheim am Rhein, für den technischen Support mit der „Adcon-Anlage“.

Vielen Dank auch an die Mitarbeiter des DLR-Rheinpfalz in 55276 Oppenheim, für die Hilfe bei der Durchführung meines Projektes von der Planung über weitere Hilfestellungen bis hin zur Ernte. Darüber hinaus auch für die 20 Wochen Praktikum, in denen ich Einblick in den Betriebsablauf und das Versuchswesen des DLR-Rheinpfalz nehmen konnte.

Inhaltsverzeichnis

1. Betriebsbeschreibung.....	10
2. Einleitung	11
3. Versuchsaufbau	16
3.1. Materialien.....	16
3.1.a. Adcon	16
3.1.b. Watermark	21
3.1.c. Messinstrumente.....	22
3.1.d. Fruitsoft	22
3.2. Ablauf und Methode.....	25
4. Resultate	35
4.1. Begleitende Fruchtwachstumsmessung.....	35
4.2. Ernteergebnisse.....	39
5. Diskussion	46
5.1. Betrachtung der (Mess-) Methode.....	46
5.2. Trockenstress bei der Kontrolle?.....	48
5.3. Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz gegenüber der Steuerung nach Schema und der Kontrolle.....	48
5.4. Steuerung nach Schema gegenüber der Kontrolle.....	51
5.5. Vergleich weiterer Erntekriterien	52
5.6. Fazit	52
6. Ausblick.....	52
7. Tätigkeiten in der Praxiszeit	56
8. Persönliches Resümee	57
Literaturverzeichnis	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kumulative Niederschlagssumme [mm] in Deutschland von Dezember bis Februar 1981/82 bis 2017/18 (Deutscher Wetterdienst Agrarmeteorologie, 2018).	12
Abbildung 2: Jahresrückblick auf die Monatswerte der Niederschläge [mm], der Verdunstung [mm] und der Temperatur [°C], sowie die Summe über das Wasserdefizit in den Monaten April bis September an der Wetterstation in Mainz-Drais-Finthen.....	13
Abbildung 3: Jahresverlauf als Tageswerte des Niederschlags [mm], der Verdunstung [mm] und der Temperatur an der Wetterstation in Mainz-Drais-Finthen.	14
Abbildung 4: Flächenübersicht der angeschlossenen Flächen. Farblich getrennt voneinander dargestellt die Flächen unterschiedlicher Anbauer, mit roter Schrift die am Projekt beteiligten Flächen, Schlagsbezeichnungen und Ortslagen (verändert nach: Irriport e.K., Ingelheim am Rhein, ‘pers. Mitt’., 2018).	15
Abbildung 5: Aufteilung der Bewässerungszeit in Zeitblöcke á zwei Stunden und farblicher Trennung zwischen den einzelnen Anbauern. In Lila dargestellt sind die Bewässerungszeiten für das Projekt eingegliedert in die Zeiten der Anbauer „A“ und „B“	16
Abbildung 6: Schematische Abbildung zur Zusammenarbeit der einzelnen Komponenten der Adcon-Anlage.....	17
Abbildung 7: Auswahl zur Adcon-Benutzeroberfläche: a) Anmeldeseite b) Listenverzeichnis über die verwendbaren Steuerungen c) Übersicht der programmierten Bewässerungsprogramme mit Anzeige des aktuellen Satus d) Übersicht über die steuerbaren Ventile mit Anzeige ihres aktuellen Zustandes e) Einstellmenü zur Bewässerungsprogrammerstellung, Zeiteinheit (links), ausgewählte Ventile (mitte), Liste möglicher Ventile zum Auswähler per „Drag and Drop“ (rechts) f) Einstellmenü zur Programmerstellung mit Startzeitauswahl und Wiederholungsschemen zum Anklicken.....	18
Abbildung 8: Auswahl von Kontrollmöglichkeiten in der Adcon-Benutzeroberfläche: g) Grafik mit Darstellung der Bewässerungsgänge als hellblaue Balken (ON/OFF) und Wassermenge als dunkelblaue Linie über einen längeren Zeitraum h) Stundenweiser Ausschnitt mit genauer Ablesemöglichkeit des Bewässerungsstarts, der Dauer und dem Verlauf der Wassermenge.	19

Abbildung 9: Ausgabe der Wetterstation in der Adcon-Benutzeroberfläche: Als dunkelblaue Balken die Niederschläge, als hellblaue Linie die Luftfeuchte, als rote Linie die Temperatur und als schwarze Linie die Windgeschwindigkeit.	20
Abbildung 10: Watermarksensor beim Versenken in den Boden neben dem Tropfschlauch. Im Innern ist der weiße Gipsblock, umgeben von einem Edelstahlmantel und mit Kabeln zur Signalübertragung zu erkennen.	21
Abbildung 11: Digitaler Messschieber während der Fruchtwachstumsmessung mit abgeklebten Messschenkel zum Schutz der Kirsche.	22
Abbildung 12: Firmtech-FT7 mit auf dem Drehteller aufgelegten Kirschen, während einer Messung. Im Bildhintergrund sitzt der Messstempel gerade auf einer Kirsche auf und erfasst Fruchtdurchmesser und Fruchtfestigkeit.	23
Abbildung 13: Digitaler Messschieber zur Erfassung der Stiellänge mit direkter Kabelverbindung zur Werteaufzeichnung am Computer.	24
Abbildung 14: Erichsen-Kraftmesser mit eingehängter Kirsche. Im Bildschirm des Kraftmessers aufgezeichnet ist die maximale Kraft, bei der der Stiel von der Kirsche abreißt.	24
Abbildung 15: Digitales Refraktrometer der Firma ATAGO während einer Messung eines Tropfen Kirschensaftes.	25
Abbildung 16: Links: Watermarksensor und die Materialien für den Einbau: Pürckhauer mit Hammer zum Lochaushub, Metermaß zum Kontrollieren der Setztiefe und angerührter Boden im Messbecher, um den Watermarksensor im Boden einzuschlämmen. Rechts: Auslesen des Watermark-Datenloggers.	27
Abbildung 17: Mit einer Nummer beschriftetes und um den Stiel der Kirsche getackertes Pflanzschild zum Wiederauffinden der Kirsche und Zuordnen der Werte. Das Schild ist frei beweglich, schnürt den Stiel nicht ein und beschädigt die Kirsche durch das geringe Gewicht nicht.	28
Abbildung 18: Aufzeichnung der Bodenfeuchte [cbar] in der Kontrolle in blau in 30 cm und in orange in 60 cm Tiefe über den Wachstumszeitraum der Kirschen. Auf der sekundären Achse ist der Niederschlag [mm] als Balkendiagramm in grün dargestellt. Der lila Pfeil zeigt den Erntetermin.	29
Abbildung 19: Aufzeichnung der Bodenfeuchte [cbar] in der Steuerung nach Schema in blau in 30 cm und in orange in 60 cm Tiefe über den Wachstumszeitraum der Kirschen. Auf der	

sekundären Achse ist der Niederschlag [mm] als Balkendiagramm in grün, sowie die Bewässerungseinheiten als graue Balken dargestellt. Der lila Pfeil zeigt den Erntetermin.	31
Abbildung 20: Übersicht der Niederschläge und errechnetem Wasserverbrauch pro Baum in Tagessummen für die Bewässerungsstrategie nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte.	33
Abbildung 21: Aufzeichnung der Bodenfeuchte [cbar] in der Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte in blau in 30 cm und in orange in 60 cm Tiefe über den Wachstumszeitraum der Kirschen. Auf der sekundären Achse ist der Niederschlag [mm] als Balkendiagramm in grün, sowie die Bewässerungseinheiten als graue Balken dargestellt. Die gestrichelte rote Line zeigt den Grenzwert zum Starten der Bewässerung bei 20 cbar. Der lila Pfeil zeigt den Erntetermin.	34
Abbildung 22: Mittelwert der kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung an fünf Bäumen der Kontrollreihe. Anfangszahl waren 20 Früchte pro Baum, Endanzahl ist in der Legende angegeben. Baum B1 mit Verdacht auf LChV wird in den weiteren Betrachtungen herausgenommen.	36
Abbildung 23: Mittelwert der kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung an fünf Bäumen in der Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte. Anfangszahl waren 20 Früchte pro Baum, Endanzahl ist in der Legende angegeben.	37
Abbildung 24: Mittelwerte der kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung an fünf Bäumen in der Steuerung nach Schema. Anfangszahl waren 20 Früchte pro Baum, Endanzahl ist in der Legende angegeben.	38
Abbildung 25: Vergleich der Mittelwerte der kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung der einzelnen Varianten. Anfangszahl waren 100 Früchte je Variante, Endanzahl ist in der Legende angegeben.	39
Abbildung 26: Gewichtsverteilung [%] baumweise getrennt und als Totales der Varianten als Balkendiagramm. Als Punktediagramm ist die Anzahl der Früchte baumweise und als Totales der Varianten dargestellt. LChV-Baum ist in der Grafik mit dargestellt, in der Berechnung von „Total“ aber nicht eingeflossen.	40
Abbildung 27: Mittelwertvergleich der prozentualen Größenverteilung [%]. Signifikanzangabe: kleine Buchstabe ist signifikant unterschiedlich zu Großbuchstaben, A ist nicht signifikant zu A, B ist Signifikant unterschiedlich zu C. Zusätzlich ist noch der 5 %ige Fehlerbalken eingetragen.....	41

Abbildung 28: Einzelbaum- und Variantenerträge [Kg] als Balkendiagramm dargestellt. LChV-Baum ist in der Grafik mit dargestellt, in der Berechnung von „Total“ aber nicht eingeflossen.	42
Abbildung 29: Darstellung des Fruchtdurchmessers als Boxplot mit Lage des Mittelwertes. In der Benennung der Variante ist der Probenumfang „n“ angegeben. Angabe der Signifikanz durch unterschiedliche Buchstaben, berechnet mit einem T-Test ($p < 0,05$).....	43
Abbildung 30: Darstellung des Fruchtdurchmessers als Boxplot mit Lage des Mittelwertes. Angabe der Signifikanz durch unterschiedliche Buchstaben, berechnet mit einem T-Test ($p < 0,05$).	44
Abbildung 31: Darstellung der Fruchtfestigkeit als Boxplot mit Lage des Mittelwertes. Angabe der Signifikanz durch unterschiedliche Buchstaben, berechnet mit einem T-Test ($p < 0,05$).....	45
Abbildung 32: Aufzeichnung der Bodenfeuchte [cbar] in der Steuerung nach Bodenfeuchte in einer überdachten Kirschanlage. Auf der sekundären Achse sind als Balkendiagramm die Bewässerungseinheiten aufgetragen. Als Kriterium zum Start der Bewässerung ist 30 cbar. .	55
Abbildung 33: Gartenmarkt Oppenheim; Dahlbender und Myrzik am Stand "Pflanzendoktor". (verändert nach: Bildersammlung DLR R-N-H, 2018).....	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Bodenfeuchtwerte [cbar] für Steinobst abhängig von der Bodenart und Zeitraum, sowie deren Deutung (verändert nach: Immik 2012; E Immik, DLR Rheinpfalz, Oppenheim, 'pers. Mitt.', 2018).	33
Tabelle 2: Berechnete Hektarerträge der Größensortierung nach < 28 mm, > 28 mm, > 30 mm.	42
Tabelle 3: Darstellung des Zuckergehalts in[°Brix] und das 25 Fruchtgewicht in[g].....	46

1. Betriebsbeschreibung

Das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) besteht in der heutigen Zusammensetzung seit der Agrarverwaltungsreform des Landes im September 2003. Die Abteilungen des früheren Kulturamtes, Landentwicklung und ländliche Bodenordnung sowie die Lehr- und Forschungsanstalt in Neustadt wurden mit den einzelnen Dienstleistungsstandorten für den Gartenbau mit den Abteilungen Schule, Weinbau und Oenologie, Gartenbau und Phytomedizin zusammengelegt. Beim DLR sind heute etwa 350 Mitarbeiter tätig. Vertreten wird das DLR durch sechs Dienstleistungszentren an 13 Standorten mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung (Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, 2018).

Einer der Dienstleistungsstandorte ist das DLR in der Wormser Straße 111 in 55276 Oppenheim am Rhein. Neben der Abteilung Obstbau, zum Kompetenzzentrum Gartenbau (KoGa) DLR Rheinpfalz gehörend, ist auch eine Fachschule des Weinbaus und Oenologie und der Landwirtschaft zum DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück gehörend, sowie als Besonderheit die Agrarmeteorologie Rheinland-Pfalz, angesiedelt.

Das DLR Rheinpfalz ist an vier Standorten mit unterschiedlichen Schwerpunkten vertreten: in Klein-Altendorf mit Versuchsschwerpunkt im Kernobst und ökologischem Anbau, in Neustadt an der Weinstraße mit Versuchsschwerpunkt im Pflanzenschutz und Versuchsbrennerei sowie in Trier mit Aufgabenschwerpunkt regionaler Beratung. In Oppenheim besteht der Versuchsschwerpunkt im Steinobst.

Die Abteilung Obstbau in Oppenheim teilt sich in die Teilbereiche Beratung, Versuchswesen sowie Aus- und Weiterbildung. Die Beratung umfasst alle Bereiche von der Phytomedizin über die Anbauberatung bis hin zur Bewässerungsberatung und richtet sich an die Erwerbsobstbauern in der Umgebung. In der Beratung arbeiten 2,5 Angestellte. Eine Beratung findet über alle obstbaulichen Kulturen statt. Aufgrund der vorherrschenden Steinobstkulturen in dem Beratungsgebiet liegt in diesem Teilbereich die Kompetenz des Dienstsitzes. Ziel der Obstbauberatung ist es, die Wirtschaftlichkeit und Konkurrenzfähigkeit der Betriebe in Rheinland-Pfalz durch eine umweltverträgliche und verbraucherorientierte Produktionsweise zu erhalten und zu steigern (Kompetenzzentrum Gartenbau, 2017). Eine Beratung der Anbauer

findet über den elektronischen Weg, wie per Telefon oder Email und Onlineangebote, aber auch durch Vororttreffen, wie Feldbegehungen im Beratungsgebiet, die während der Saison alle zwei Wochen stattfinden, an denen alle Berater teilnehmen und über aktuelle Themen aus dem Pflanzenschutz oder Anbauthemen aus ihren jeweiligen Teilbereichen berichten. Ein wöchentliches Obstfax, erstellt durch die Berater, informiert die Anbauer zusätzlich. Dieses wird je nach Bedarf mit monatlichen Pflanzenschutz- und Anbauservice ergänzt. Darüber hinaus werden durch die Anbauer auch Einzelberatungen im Feld in Anspruch genommen. Das Beratungsprogramm wird durch eine Vielzahl von themenbezogenen Veranstaltungen, wie dem Kirschen- und Zwetschentag im Sommer und diversen Winterveranstaltungen, auch überregional aufgewertet.

Das Versuchswesen wird durch die Berater in Zusammenarbeit mit einer Versuchstechnikerin und vier Außenbetriebsmitarbeitern, einem Meister, zwei Angestellten und einem Auszubildenden abgedeckt. Im Versuchswesen werden Versuche zum Pflanzenschutz, zur Bewässerung, zu verschiedenen Anbautechniken, zu Unterlagen und zu Sorten in den Kulturen Süßkirsche, Sauerkirsche, Mirabellen, Zwetschen, Pfirsichen und Aprikosen durchgeführt. Dabei wird Wert auf aktuelle und praxisrelevante Versuchsfragen gelegt, die unabhängig und neutral untersucht werden, sowie die unmittelbare Ergebnisbereitstellung für die Obstbaubetriebe. Die Versuchsfläche umfasst etwa acht Hektar aufgeteilt auf vier Schläge. Im Pflanzenschutz betreibt und beteiligt sich die Abteilung Obstbau am Schädlingsmonitoring mit Klebefallen und am Monitoring der Kirschessigfliege im Gebiet Rheinhessen. Das KoGa arbeitet ebenfalls mit obstbaulichen Versuchsstationen und Betrieben im In- und Ausland zusammen und tauscht Ergebnisse bei regelmäßigen Besuchen und Exkursionen aus.

2. Einleitung

Bei der Steinobstproduktion, wie Süßkirschen, spielen einige Faktoren eine große Rolle, um ein hochwertiges Lebensmittel zu erzeugen. Neben den Anforderungen an das Klima der jeweiligen Kultur sind die Standortbedingungen entscheidend. Für die Obstbäume wird ein tiefgründiger, humoser Boden benötigt, der neben Luftporen auch eine gute Wasserhaltefähigkeit besitzt, ohne dabei zu Staunässe zu neigen. Boden ist ein begrenztes Gut und nicht immer an den für das Obst günstigsten Orten gelegen. So müssen bei der Obstproduktion Kompromisse eingegangen werden. Boden ist nicht austauschbar und kann

auch nicht an einen anderen Ort gebracht werden, ohne die guten Eigenschaften zu zerstören. Zur Produktion von Obst wird neben dem Boden auch ausreichend Wasser benötigt. Kann der Wasserbedarf der Kultur am Standort durch die Niederschläge gedeckt werden, ist keine zusätzliche Bewässerung nötig. An Standorten ohne ausreichendes Niederschlagswasser muss dieses über ein Bewässerungssystem zugeführt werden. Hierbei steht die Wasserverteilung auf die einzelnen Pflanzen im Vordergrund, um den Wasserbedarf zu decken. Eine Zusatzbewässerung sorgt neben der Pflanzenvitalität darüber hinaus für gute Erträge, eine ausreichende Fruchtgröße und ist Teil einer guten Anbaupraxis. Das Jahr 2018 beginnt, den Wasserhaushalt betreffend, positiv und liegt mit der kumulativen Niederschlagssumme seit Jahreswechsel im Schnitt mit etwa 30 mm über dem dreißigjährigen Mittel (Abbildung 1).

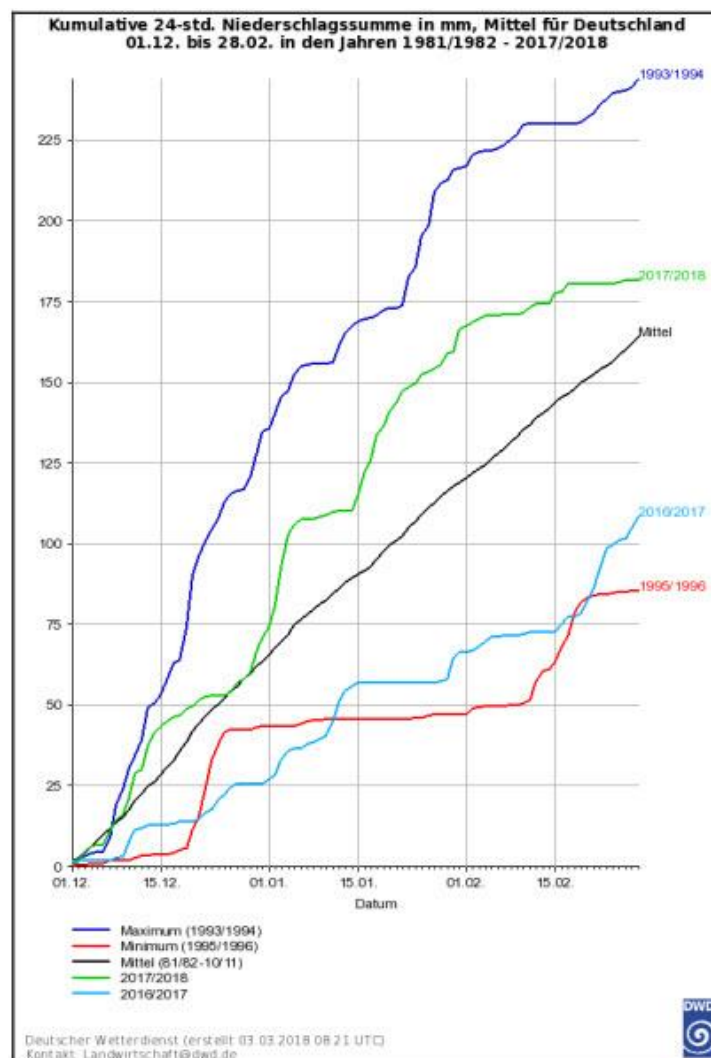


Abbildung 1: Kumulative Niederschlagssumme [mm] in Deutschland von Dezember bis Februar 1981/82 bis 2017/18 (Deutscher Wetterdienst Agrarmeteorologie, 2018).

Der für das Projekt ausgewählte Standort in Mainz-Finthen weist die für den Kirschenanbau günstigen Bodenbedingungen auf. Durch die Lage südwestlich von Mainz und etwa sechs Kilometer vom Rhein entfernt leicht erhöht gelegen, ergibt sich die Beschaffenheit des Bodens. Dieser zeichnet sich in den obersten 60 cm durch einen hohen mitteltonigen Schluffanteil aus. Diese Bodenbeschaffenheit ist typisch für Hochterrassen süddeutscher Flusstäler. Eine solche lössbasierte Parabraunerde besitzt eine hohe nutzbare Feldkapazität mit hoher kapillarer Wasserleitfähigkeit (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2004). Die Wasserverhältnisse an diesem Standort in den letzten Jahren zeigen, dass in den entscheidenden Monaten für das Fruchtwachstum ein Defizit des Wasserangebotes, aufsummiert über die Monate April bis September in den Jahren 2013 bis 2017, in der Größenordnung von 100 bis 350 mm herrscht. Dies zeigt die grundsätzliche Notwendigkeit einer Zusatzbewässerung in den Kulturen. Die Abbildung 2 zeigt einen Jahresrückblick der Monatsniederschläge und Verdunstung der Jahre 2013 bis 2017.

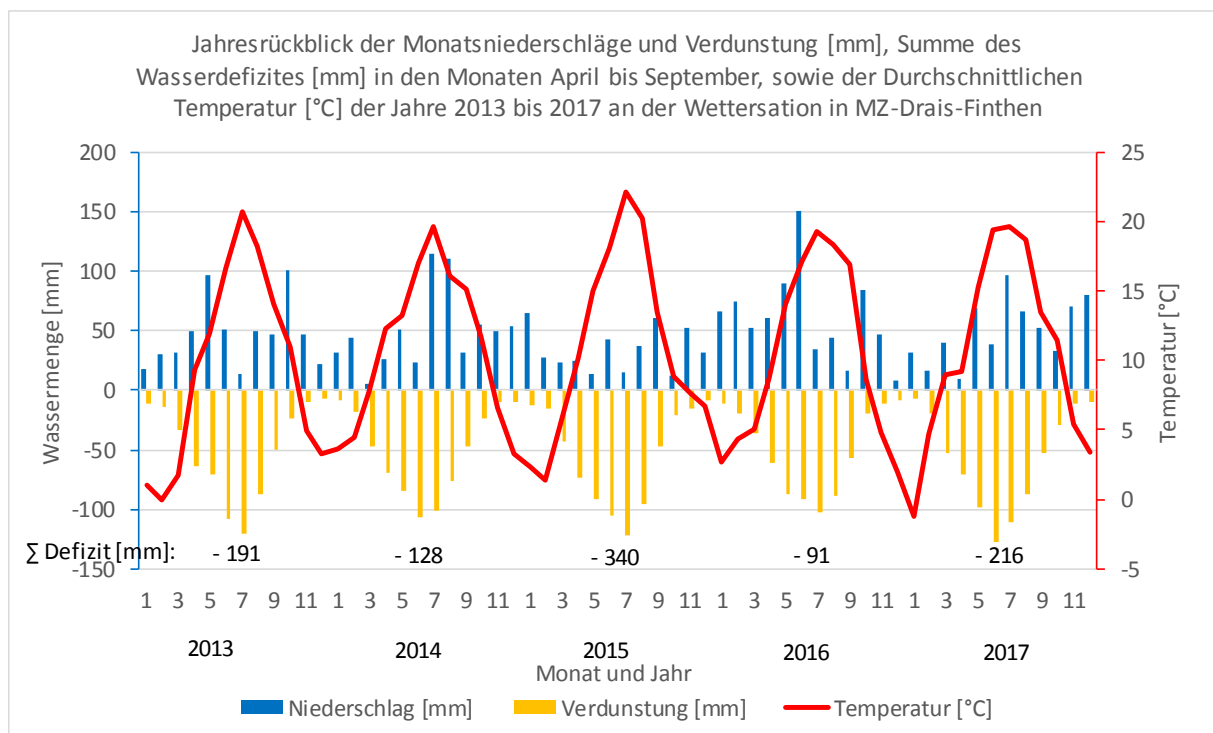


Abbildung 2: Jahresrückblick auf die Monatswerte der Niederschläge [mm], der Verdunstung [mm] und der Temperatur [°C], sowie die Summe über das Wasserdefizit in den Monaten April bis September an der Wetterstation in Mainz-Drais-Finthen.

Die Abbildung 3 zeigt den Jahresverlauf des Niederschlags und Verdunstungswerte für das Jahr 2018 für die Wetterstation in MZ-Drais-Finthen, der analog zur kumulativen Niederschlagssumme in Deutschland (Abbildung 1, S. 8) positiv in das Jahr startet und auch bis Mitte April durch Niederschläge und geringe Verdunstung geprägt ist. Ab Ende April steigt die Verdunstung an und es sind nur noch wenige kurzweilige Niederschläge verzeichnet. Durch hohe Temperaturen und Sonneneinstrahlung setzt sich die hohe Verdunstung nach den Niederschlägen fort.

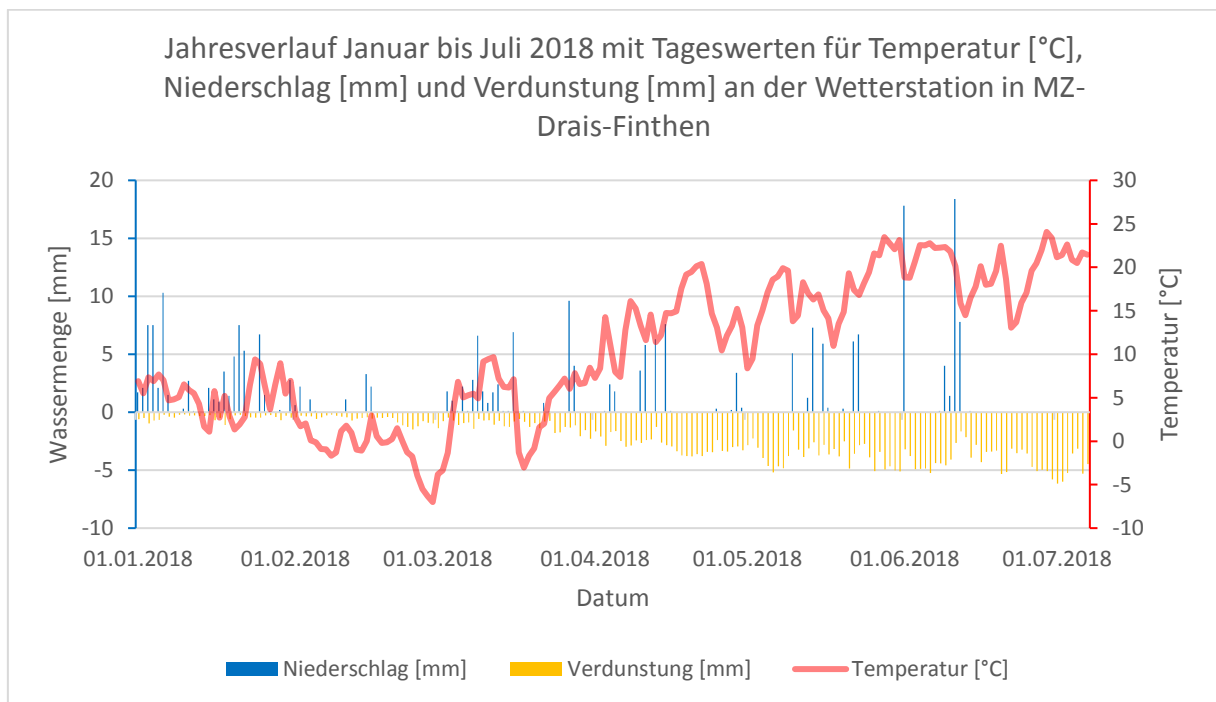


Abbildung 3: Jahresverlauf als Tageswerte des Niederschlags [mm], der Verdunstung [mm] und der Temperatur an der Wetterstation in Mainz-Drais-Finthen.

Die Kirschenanbauflächen von Mainz-Finthen liegen erhöht zwischen Mainz-Finthen und Mainz-Drais, was zu einigen natürlichen und technischen Schwierigkeiten in der Erstellung von Anlagen für eine Zusatzbewässerung führt. Das Grundwasser in diesem Gebiet ist so tief gelegen, dass Bohrungen zu aufwändig, zu teuer wären und mit dem hohen Erschließungsrisiko einhergehen, ob Wasser in der ausreichenden Menge durch den Brunnen geliefert werden kann. Die Anlage von Bewässerungsteichen ist ein enormer flächiger Eingriff in die Landschaft und bei einem Anbaubereich dieser Größe nur ein Tropfen auf dem heißen Stein, denn eine Füllung ist ohne ausreichende Niederschläge nur schwer möglich. Aus diesem Grund haben sich 2013 einige Anbauer aus Mainz-Finthen zusammengetan und eine gemeinschaftliche Lösung für Ihre

Bewässerung gesucht. Als Gemeinschaft von neun Anbauern und einer Gesamtfläche von etwa 65 ha wurde zusammen mit der Firma Irriport e.K. aus Ingelheim am Rhein ein Bewässerungskonzept erstellt und das Gebiet in größtenteils Eigenarbeit mit Wasserrohren und Stromleitungen erschlossen. Die Abbildung 4 zeigt die Flächen, die an das Irriport-Bewässerungssystem angeschlossen sind.

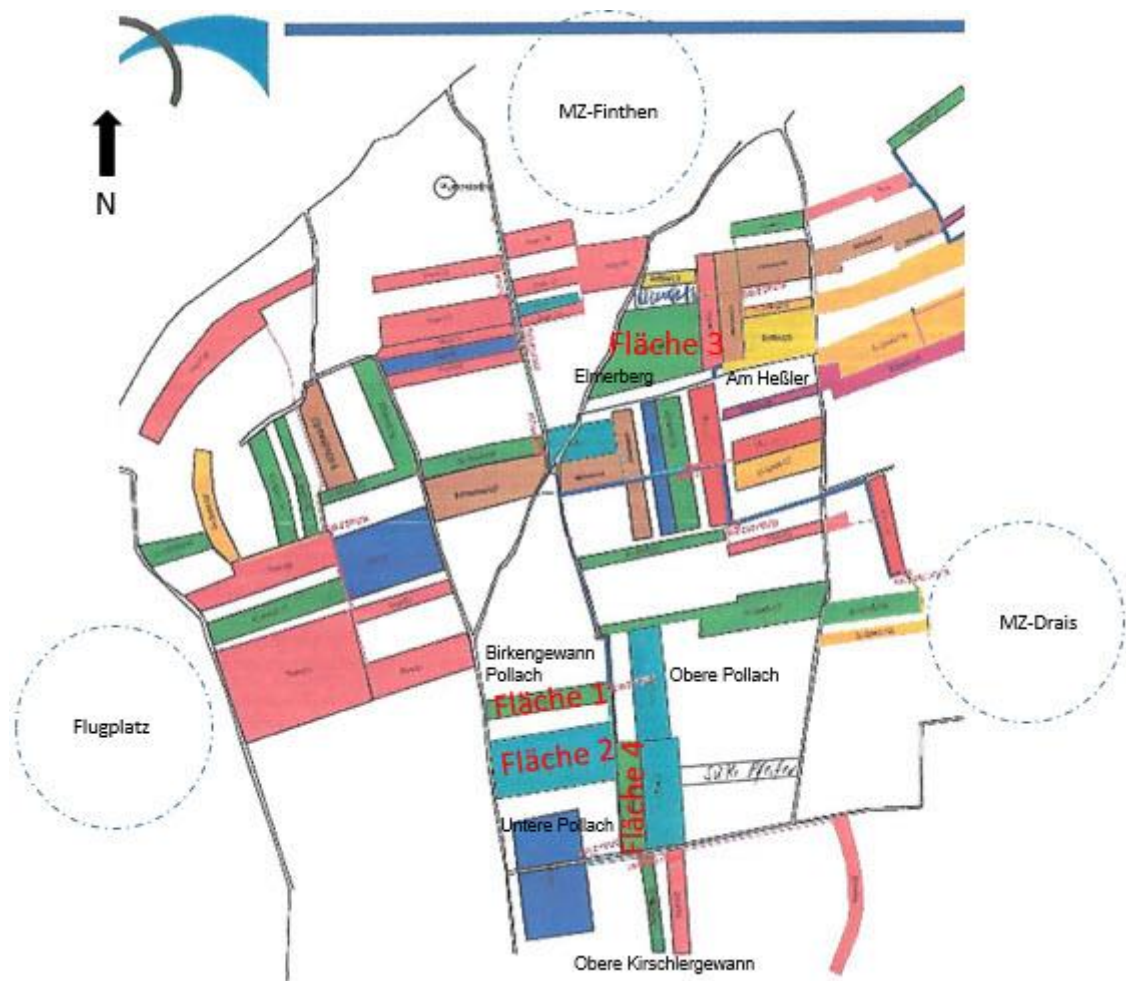


Abbildung 4: Flächenübersicht der angeschlossenen Flächen. Farblich getrennt voneinander dargestellt die Flächen unterschiedlicher Anbauer, mit roter Schrift die am Projekt beteiligten Flächen, Schlagsbezeichnungen und Ortslagen (verändert nach: Irriport e.K., Ingelheim am Rhein, 'pers. Mitt', 2018).

Die Anbauer bekamen einen Anschluss an die städtische Frischwasserversorgung der Stadt Mainz, die ihnen 16 m³/h zur Verfügung stellt. Aufgrund der geringen Wassermenge, der Vielzahl der Flächen und einigen Höhenunterschieden brauchte es eine sinnvolle und gerechte

Aufteilung der Bewässerungseinheiten zwischen den Anbauern. Eine Woche wurde so in einzelne Zeitblöcke à zwei Stunden geteilt, dass es jedem Anbauer möglich ist, eine Fläche zweimal in der Woche für zwei Stunden mit Wasser zu versorgen. Die Abbildung 5 zeigt die Wochenaufteilung der Bewässerungseinheiten farblich getrennt zwischen den Anbauern.

	0 bis 2	2 bis 4	4 bis 6	6 bis 8	8 bis 10	10 bis 12	12 bis 14	14 bis 16	16 bis 18	18 bis 20	20 bis 22	22 bis 24
Mo												
Di	A	DLR - 3	A	A	A	DLR - 1,4						B
Mi	DLR - 2	DLR - 2										A
Do	A	Frei	Frei									
Fr							A	DLR - 3	A	DLR - 1,4	A	A
Sa						B	DLR - 2	DLR - 2				
So				Frei	Frei	A	A					

Abbildung 5: Aufteilung der Bewässerungszeit in Zeitblöcke á zwei Stunden und farblicher Trennung zwischen den einzelnen Anbauern. In Lila dargestellt sind die Bewässerungszeiten für das Projekt eingegliedert in die Zeiten der Anbauer „A“ und „B“.

Aufgrund der Vielzahl von Flächen, die bewässert werden sollen, der hohen Anzahl an Beteiligten und der installierten Technik im Vergleich zum knappen und teuren Angebot verfügbaren Wassers für die Kulturen soll im Rahmen dieses Projektes festgestellt werden, welche Bewässerungsstrategie sich für die vorliegenden Gegebenheiten eignet und auch in der Praxis ohne hohen Zeitaufwand durch die Anbauer umgesetzt werden kann. Für das Projekt wurde eine Reihe von Flächen ausgewählt mit der Kultur Süßkirschen und Bäumen der Sorte `Regina`, welche mittels einer Bewässerungsanlage der Firma Adcon Telemetry GmbH unterschiedlich gesteuert und durch begleitende Fruchtwachstumsmessungen und Bodenfeuchteaufzeichnungen beobachtet wurden.

3. Versuchsaufbau

3.1. Materialien

3.1.a. Adcon

Herzstück des gemeinschaftlichen Bewässerungsprojektes in Mainz-Finthen ist die Steuerung der Bewässerung über die von der Firma Adcon Telemetry GmbH entwickelte Software „addVANTAGE Pro 6.3“. Mittels der Software erhalten die Nutzer überall und zu jeder Zeit Zugriff auf die Bewässerungssteuerung. Der heimische Rechner übermittelt die eingegebenen Daten via Internet an den Zentralrechner der Steuerung. Von diesem werden die Bauteile der Anlage via Funk angesteuert und entsprechend der Benutzereingabe geschaltet und melden dies

an den Zentralrechner zurück. Darüber hinaus fragt die Software von den einzelnen Bauteilen Informationen ab, wie Feuchtwerte aus dem Boden oder aktuelle Wetterdaten, die vom Anwender eingesehen und zur Bewässerungsplanung herangezogen werden können. Die Abbildung 6 zeigt schematisch die Vernetzung der einzelnen Komponenten, die im Adcon-System zusammenarbeiten.

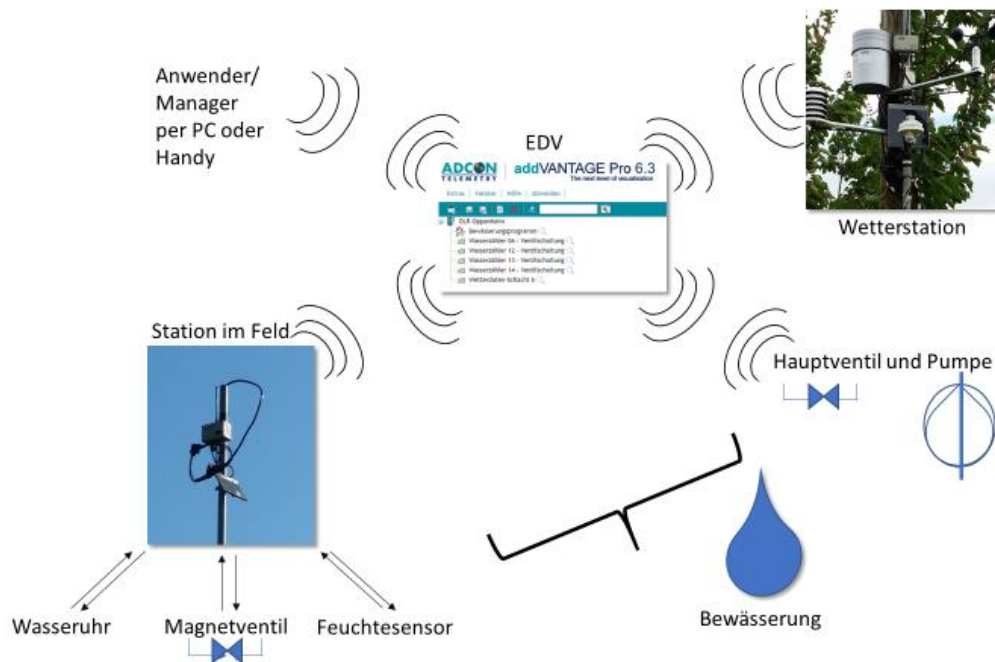


Abbildung 6: Schematische Abbildung zur Zusammenarbeit der einzelnen Komponenten der Adcon-Anlage

In der Software selbst gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Steuerung. Das System ermöglicht per Knopfdruck ein An- bzw. Abschalten der Bewässerung, aber auch längerfristige Einstellmöglichkeiten. Es können in der Software Programme geschrieben werden, in denen festgelegt wird, welche Ventile in welcher Reihenfolge und wie lange angesteuert werden sollen. Ebenso wird ermöglicht, das Programm in allen erdenklichen Variationen wiederholen zu lassen und zu speichern, sodass es individuell ausgesetzt und wieder gestartet werden kann. Der Nutzer muss seine Bewässerung nicht mehr vor Ort starten, sondern kann ortsunabhängig im Voraus geplante Bewässerungsgänge durchführen lassen. Eingebunden in die Software sind ebenfalls Wasserzähler an jedem Feldventil, die zu Kontrollzwecken verwendet werden, Feuchtesensoren im Boden und für Sommer 2018 ist auch die Einbindung einer eigenen Wetterstation am Standort vorgesehen. Neben individuellen Zugängen in das System der

einzelnen Teilnehmer kann auch eine zentrale Steuerung aller Ventile durch nur einen Manager in Betracht gezogen werden. Die Abbildung 7 zeigt eine Auswahl von Einstellungsmöglichkeiten in der Benutzeroberfläche für die Anwender.

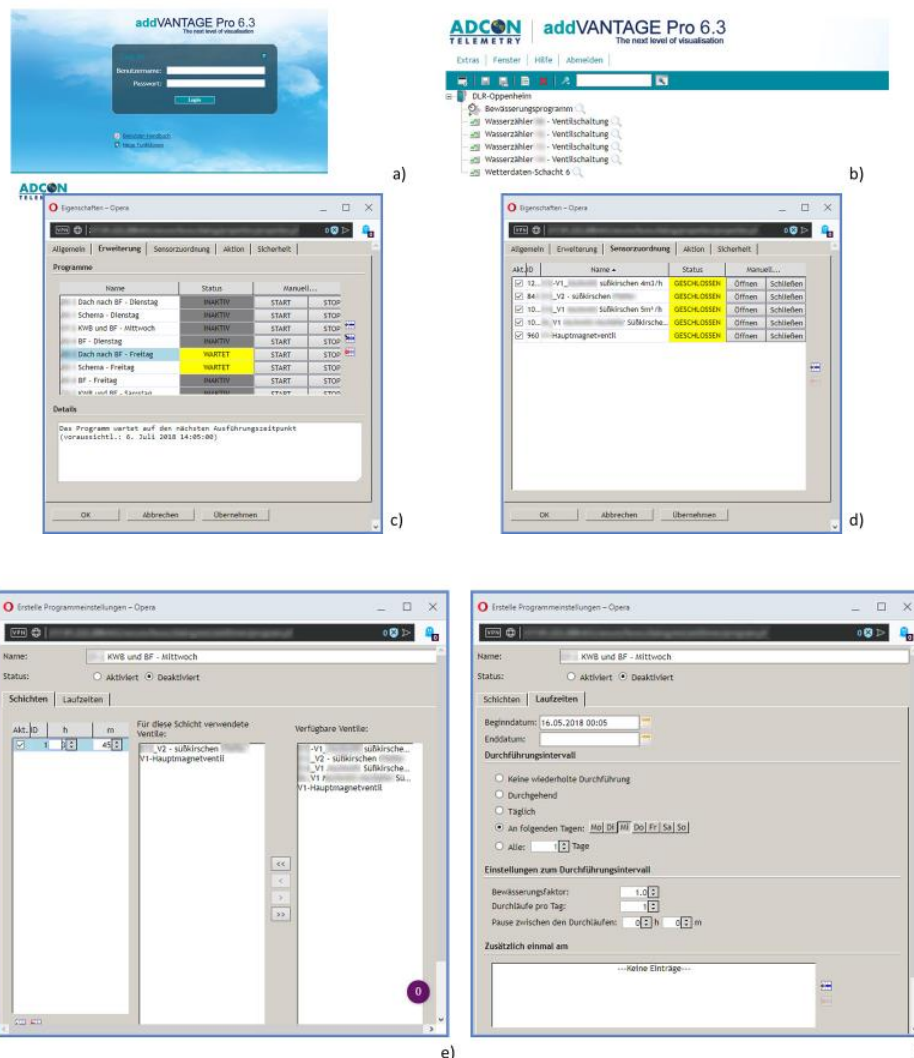


Abbildung 7: Auswahl zur Adcon-Benutzeroberfläche: a) Anmeldeseite b) Listenverzeichnis über die verwendbaren Steuerungen c) Übersicht der programmierten Bewässerungsprogramme mit Anzeige des aktuellen Satus d) Übersicht über die steuerbaren Ventile mit Anzeige ihres aktuellen Zustandes e) Einstellmenü zur Bewässerungsprogrammerstellung, Zeiteinheit (links), ausgewählte Ventile (mitte), Liste möglicher Ventile zum Auswähler per „Drag and Drop“ (rechts) f) Einstellmenü zur Programmerstellung mit Startzeitauswahl und Wiederholungsschemen zum Anklicken.

Zu Kontrollzwecken können über die Benutzeroberfläche Einsicht in die Ventilschaltung genommen werden. Hier kann kontrolliert werden, ob und wann das Magnetventil geschaltet

und welche Wassermenge durch den dazugehörigen Wasserzähler geflossen ist. Abbildung 8 zeigt eine Übersicht über 90 Tage mit den jeweiligen Bewässerungsgängen und der Wassermenge sowie im Detail ein Stundenausschnitt, auf dem man den minutigen Verlauf der Wassergabe verfolgen kann.

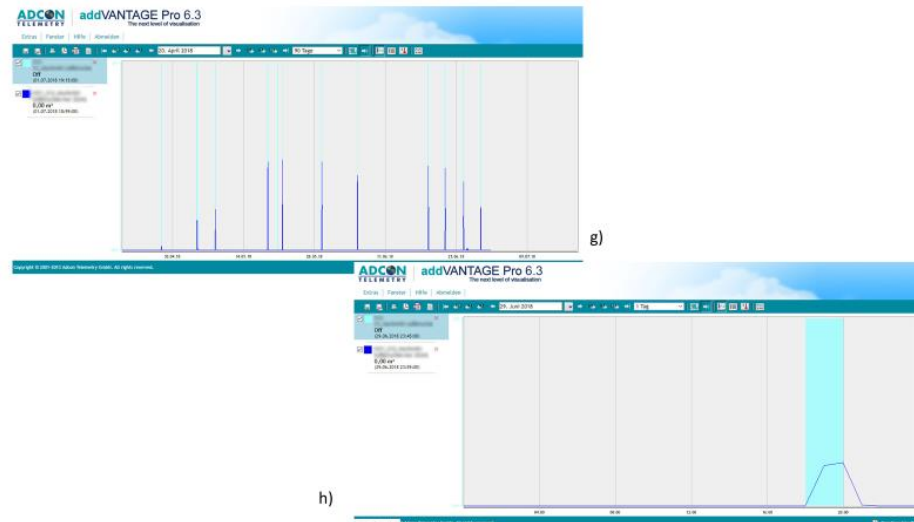


Abbildung 8: Auswahl von Kontrollmöglichkeiten in der Adcon-Benutzeroberfläche: g) Grafik mit Darstellung der Bewässerungsgänge als hellblaue Balken (ON/OFF) und Wassermenge als dunkelblaue Linie über einen längeren Zeitraum h) Stundenweiser Ausschnitt mit genauer Ablesemöglichkeit des Bewässerungsstarts, der Dauer und dem Verlauf der Wassermenge.

Die Wetterstation liefert Daten zur Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Niederschlägen, die ebenfalls in der Benutzeroberfläche des Adcon eingesehen und zur Bewässerungsplanung herangezogen werden können.

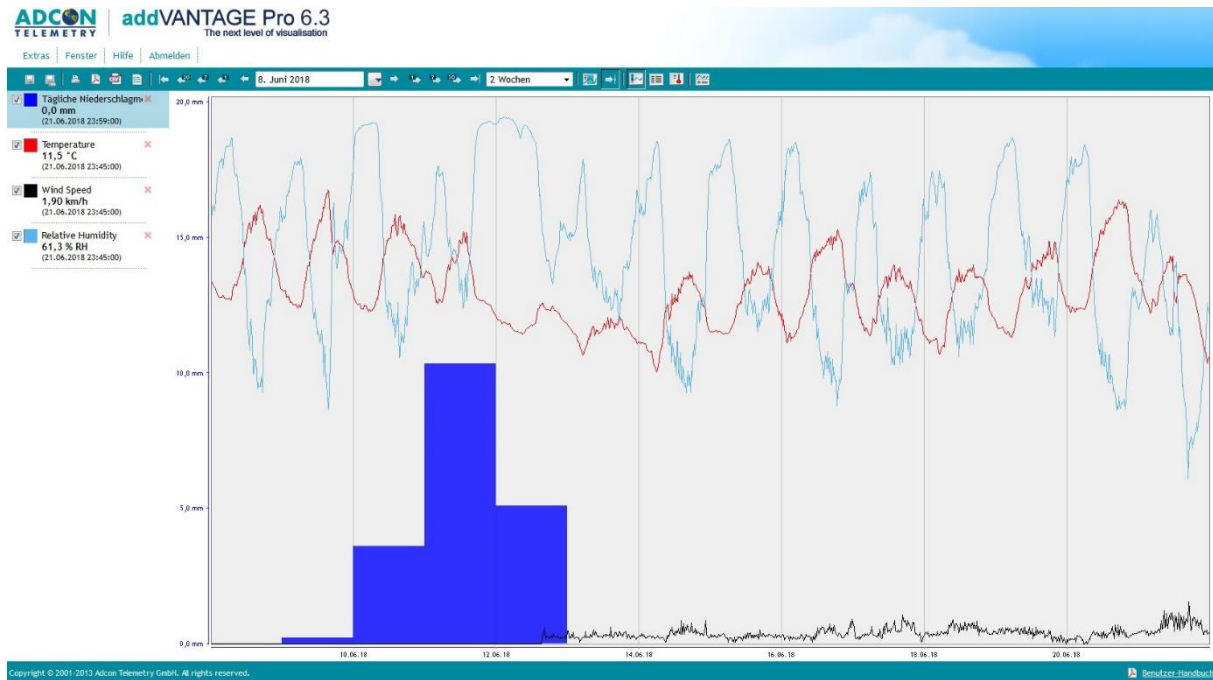


Abbildung 9: Ausgabe der Wetterstation in der Adcon-Benutzeroberfläche: Als dunkelblaue Balken die Niederschläge, als hellblaue Linie die Luftfeuchte, als rote Linie die Temperatur und als schwarze Linie die Windgeschwindigkeit.

Die Felder, die an das System angeschlossen sind, werden über drei Pumpen, die für einen ausreichenden Druck in den Leitungen und die Heranführung der Wassermenge sorgen, versorgt. Die Hauptwasserleitung erstreckt sich auf eine Länge von drei Kilometern und ist mit einer PEHD 110 mm Leitung ausgestattet. Vor das System ist ein 4 m³ Zwischenbehälter geschaltet, der für eine Systemtrennung zu dem Trinkwasseranschluss sorgt. Eine Filteranlage ist nicht erforderlich, da das Trinkwasser von hoher Qualität ist und keine Schmutzpartikel mit sich führt. Das Gebiet teilt sich in 38 Bewässerungskreise mit Größen zwischen 0,5 und 2 ha, die separat zu- oder abgeschaltet werden können. Die bewässerten Flächen selbst werden über Magnetventile zugeschaltet, welche über autarke solarbetriebene Funkrelais angesteuert werden. Auf den Flächen selbst befinden sich Tropfschläuche mit einem Tropferabstand von 60 cm und einer Tropfmenge von 1,6 l/h. Der limitierende Faktor an diesem Aufbau ist der Anschluss an das Trinkwassernetz mit einer Wassermenge von etwa 16 m³/h. Mit weiteren Wasseranbindungen könnte das System eine Anbaufläche von 130 ha versorgen (Irriport e.K.,2018).

3.1.b. Watermark

Die Bodenfeuchte auf den Projektflächen wurde mit Hilfe von Watermarksensoren (WM) der Firma Irrrometer® gemessen und durch einen angeschlossenen Datenlogger (Watermark-Monitoring) aufgezeichnet. Der WM ist eine Weiterentwicklung des Gipsblocksensors. Dieser Sensor besteht aus einem Gipsblock, in den zwei Elektroden eingebettet sind, an die ein Mess- oder Anzeigergerät angeschlossen werden kann. Die Messmethode der Sensoren basiert auf der Änderung des elektrischen Widerstandes bei geändertem Feuchteverhältnis des Gipsblockes. Die WM sind durch einen Edelstahlmantel besser geschützt und können so über mehrere Jahre hinweg genutzt werden. Die WM ermöglichen ein automatisches Aufzeichnen und Speichern der Messdaten durch einen Datenlogger. Ebenso wird die Beeinflussung der Temperatur auf den Widerstand des Gipsblockes automatisch über die Auslesetechnik kompensiert. Diese Messung der Bodenfeuchte reagiert träger auf Änderungen der Bodenfeuchte im Vergleich zu Tensiometern oder volumetrisch messenden Sensoren, wie der „Time-Domain-Reflectometry“ (TDR). Die Sensoren sind jedoch wartungsfrei und können auch bei Frost im Boden verbleiben. Diese Messmethode ermöglicht ein Messen von geringen Bodenfeuchten. Der Messbereich der WM liegt zwischen null und 200 Centibar (cbar), dies entspricht einem Messbereich von null bis 2000 hPa (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2008; MMM - Mosler Tech Support, 2018).



Abbildung 10: Watermarksensor beim Versenken in den Boden neben dem Tropfschlauch. Im Innern ist der weiße Gipsblock, umgeben von einem Edelstahlmantel und mit Kabeln zur Signalübertragung zu erkennen.

3.1.c. Messinstrumente

Für die Erfassung der Größe und des Gewichts der Früchte wurde eine Reihe von handelsüblichen Messinstrumenten verwendet. Zur kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung bei der hängenden Kirsche am Baum wurde ein digitaler Messschieber verwendet. Abbildung 11 zeigt den verwendeten digitalen Messschieber der Firma kwb®. Zum Schutz der Kirschenshaut gegen mechanische Schäden durch scharfkantige Ecken an den Schenkeln des Messschiebers wurden diese mit Tape abgeklebt. Die Dicke des Tapes musste bei den Messungen nicht wieder abgezogen werden, da eine neue Nullpunktsetzung möglich war.

Zur Nachernteerfassung wurden zur Größensortierung mit der Hand übliche Schablonen mit einer Reihe von verschiedenen Durchmessern herangezogen. Das Gewicht der Kirschen wurde mit einer üblichen Industriewaage bestimmt.



Abbildung 11: Digitaler Messschieber während der Fruchtwachstumsmessung mit abgeklebten Messschenkel zum Schutz der Kirsche.

3.1.d. Fruitsoft

Die abschließende Fruchtbonitur wurde mittels der Software „Fruitsoft“ durchgeführt. Die Software bietet eine Oberfläche, die durch Standardisierung und anhand vorher festgelegter Parameter einheitliche und vergleichbare Messungen von Früchten ermöglicht. So läuft jede

Bonitur nach dem gleichen Schema und gleichen Kriterien ab. Die Software ist die Schnittstelle zwischen objektiven Messungen mit dem „Firmtech-FT7“, digitaler Schieblehre, digitalem Kraftmesser, digitalem Refraktometer und dem optischen Test und der Sensorik anhand derer die Farbe, der Glanz, die Saftigkeit, der Geschmack und anderes festgestellt wird.

Der „Firmtech-FT7“ wird für beschädigungsfreie Festigkeitsmessung von Weichobst beruhend auf dem Verhältnis zwischen Krafteinwirkung und Fruchtgröße verwendet. Die Werte haben die Einheit g/mm, d.h. die Festigkeit ist die Gewichtskraft in g, die benötigt wird, um die Frucht um 1 mm einzudrücken. Gleichzeitig wird der Fruchtdurchmesser bestimmt (UP Umweltanalytische Produkte GmbH, 2015). Für die Messungen werden die Früchte mit ihrer breitesten Seite in eine Kuhle auf einem rotierenden Teller gelegt. Durch Starten des Messprogramms fährt ein Stempel automatisch auf die Frucht, drückt diese ein und begibt sich wieder in die Ausgangsposition. Hierbei werden die gemessenen Werte automatisch an den Computer übertragen. Der Teller rotiert mit der nächsten Frucht unter dem Stempel und die Messung beginnt von vorne. So können in einer kurzen Zeit viele einheitliche und vergleichbare Messungen mittels der Automatik durchgeführt werden. Der Computer ermittelt umgehend den minimalen, maximalen und den Mittelwert der Messung. Der Fehler, der bei der Messung des Durchmessers auftritt, liegt etwa bei $\pm 0,5$ mm (S Krebs, DLR Rheinpfalz, Oppenheim, ‘pers. Mitt.’, 2018).



Abbildung 12: Firmtech-FT7 mit auf dem Drehteller aufgelegten Kirschen, während einer Messung. Im Bildhintergrund sitzt der Messstempel gerade auf einer Kirsche auf und erfasst Fruchtdurchmesser und Fruchtfestigkeit.

Eine weitere Verknüpfung der Software Fruitsoft findet mit einem digitalen Messschieber statt, mit dessen Hilfe die Stiellänge bestimmt wird. Hierbei werden die Messschenkel an den Stiel angelegt, manuell die Länge eingestellt und per Knopfdruck an den Computer übermittelt. Dies wird an jeder Kirsche wiederholt. Auch hier wird umgehend eine Messreihe mit den entsprechenden Werten erstellt.



Abbildung 13: Digitaler Messschieber zur Erfassung der Stiellänge mit direkter Kabelverbindung zur Werteaufzeichnung am Computer.

Die Festhaltekraft zwischen Kirsche und Stiel wird mittels digitalem Kraftmesser der Firma Erichsen erhoben. Der Kraftmesser zeichnet die maximale Zugkraft beim Abriss des Stiels von der Kirsche in der Einheit Newton auf.



Abbildung 14: Erichsen-Kraftmesser mit eingehängter Kirsche. Im Bildschirm des Kraftmessers aufgezeichnet ist die maximale Kraft, bei der der Stiel von der Kirsche abreißt.

Für die Zuckergehaltsmessung wurde ein digitales Refraktometer der Firma Atago verwendet. Dieses ermittelt anhand der geänderten Lichtbrechung durch den Zuckergehalt in einer klaren Flüssigkeit deren Dichte in °Brix, welche der Dichte vom Zuckergewicht in 100 g Lösung (% löslicher Trockensubstanz) entspricht.



Abbildung 15: Digitales Refraktometer der Firma ATAGO während einer Messung eines Tropfen Kirschensaftes.

Die sensorischen Eigenschaften der Früchte wurden über Geschmackstests zum Aroma, der Arttype, Süße, Säure, Festigkeit und Saftigkeit erfasst. Des Weiteren wurden Fruchtform, Fruchtgewicht, Schalenfarbe, Schalenglanz, Fleischfarbe, Saftfärbung und Zucker ermittelt und gemessen.

3.2. Ablauf und Methode

Für die Durchführung des Projektes wurden zwei unabhängig voneinander steuerbare Flächen durch die Adcon-Anlage benötigt. Die Wahl fiel auf die in Abbildung 4 dargestellten Flächen „Fläche 1“ und „Fläche 2“. Durch die räumliche Nähe, getrennt lediglich durch einen Streifen Getreideacker, ist sichergestellt, dass das Bodengefüge und somit die Eigenschaften keine großen Abweichungen aufweisen. Ebenfalls wurde so sichergestellt, dass bei kleinräumigen Wetterereignissen beide Flächen im gleichen Maß betroffen sind. Als vergleichbare Süßkirschensorte war somit die Sorte `Regina`, die auf beiden Flächen vertreten ist, gegeben. Das Pflanzjahr der Sorte `Regina` auf der Fläche 1 ist 2012 mit einer Reihe `Rubin` als Befruchtersorte dazwischen. Diese Kirschen haben einen Winterschnitt erhalten. Auf der Fläche 2 wurden die Sorte `Regina` im Jahr 2006 gepflanzt. Auf der Fläche ist nur eine Reihe dieser Sorte vertreten und ein Winterschnitt hat nicht stattgefunden. Beide Anlagen befinden sich in den Vollertragsjahren. Auf der Fläche 1 befindet sich die Kontrollreihe, bei der der Tropfschlauch abgeklemmt wurde und die Steuerung nach Schema. Auf der Fläche 2 wird nach klimatischer Wasserbilanz kombiniert mit der Bodenfeuchte bewässert. Für den Versuch liegen

so drei Varianten vor, die durch die Adcon-Anlage unabhängig voneinander gesteuert werden können. Die Baumauswahl in den einzelnen Varianten fand randomisiert per Zufallszahlengenerator statt. Es wurden je Variante fünf Bäume bestimmt, deren Kirschen für die späteren Auswertungen herangezogen wurden. Bei den ausgewählten Bäumen wurde das Kronenvolumen bestimmt und nach offensichtlichen Krankheiten oder Schädigungen geschaut. Bei der Blütenbonitur anhand einer Benotung von 1 mit keiner Blüte bis 9 mit extrem starker Blüte zeigen die ausgewählten Bäume eine Benotung mit 9. Vor der Ernte wurde ebenfalls eine Fruchtbehangsbonitur anhand einer Benotung von 1 mit fehlendem Behang bis 9 mit sehr hohem Behang durchgeführt. Der Behang auf der Fläche 1 wurde mit den Noten 3 (geringer Behang) bis 5 (mittlerer Behang) gewertet. Auf der Fläche 2 lag ein Fruchtbehang mit der Benotung von 9 vor (Arbeitskreis Obstbaulicher Leistungsprüfung im Verband der Landwirtschaftskammern e.V., 2010).

Die Watermarksensoren (WM) wurden vor Beginn der Blüte gesetzt, um die Bodenfeuchte während der gesamten Kulturdauer zu erfassen. Die Sensoren wurden mittig zwischen zwei Bäume platziert, um Niederschlagswasser ohne Störung durch das Blätterwerk erfassen zu können. Je Variante wurden zwei Sensoren in die Tiefen von 30 cm und 60 cm jeweils 10 cm links und rechts neben ein Tropfelement versenkt. So wurde die mittlere Feuchte in der Tropfzwiebel in der Hauptwurzelzone erfasst. Für die kontinuierliche Aufzeichnung des Bodenfeuchteverlaufs nach Wassergaben und Niederschläge durch einen Datenlogger wurde zusätzlich ein Thermometer in den Boden versenkt, um die Bodentemperatur, die zur Korrektur des elektrischen Widerstandwertes der WM benötigt wird, zu erfassen. Abbildung 16 zeigt die für den Einbau in die Erde benötigten Materialien und das Auslesen des Datenloggers mit Hilfe eines Computers im Feld. Vor dem Einbau wurden die WM zur Kalibrierung mehrere Stunden in einem Wasserbad gehalten und getrocknet, bevor sie dann feucht verbaut wurden. Zum Einschlämmen in das Bodengefüge wurde destilliertes Wasser verwendet, um keine Störungen durch standortfremdes Wasser mit anderer Leitfähigkeit hervorzurufen. Die WM lieferten etwa zwei Wochen nach Setzen die ersten verwertbaren Bodenfeuchtwerte.



Abbildung 16: Links: Watermarksensor und die Materialien für den Einbau: Pürckhauer mit Hammer zum Lochschub, Metermaß zum Kontrollieren der Setztiefe und angerührter Boden im Messbecher, um den Watermarksensor im Boden einzuschlämmen. Rechts: Auslesen des Watermark-Datenloggers.

Die Auswahl der Kirschen für die kontinuierliche Fruchtwachstumsmessung am Baum orientierte sich an den Kriterien, Kirschen an möglichst gleichen Ästen bzw. an Fruchtspießen mit etwa gleicher Lage auszuwählen. Es wurden keine zu steilen oder hängende Äste gewählt, sondern waagrechte bis schwach aufragende Äste. Ebenfalls wurden keine Kirschen ausgewählt, die exponiert an den Spitzen der Äste hingen. Die Auswahl der Kirschen wurde so einheitlich innerhalb des Baums, der Variante und zwischen den Varianten. Die Beschilderung wurde mittels beschrifteter und zugeschnittener einfachen Pflanzschildern aus wetterfestem Material durchgeführt. Hierzu wurde das Schild um den Stiel der Kirsche gelegt und zusammen getackert. Durch das geringe Gewicht wurden die Kirschen nicht durch das Schild beschädigt, es hat keine Einengung des Stiels stattgefunden und die Schilder konnten auch bei widrigen Bedingungen nicht abfallen.



Abbildung 17: Mit einer Nummer beschriftetes und um den Stiel der Kirsche getackertes Pflanzschild zum Wiederauffinden der Kirsche und Zuordnen der Werte. Das Schild ist frei beweglich, schnürt den Stiel nicht ein und beschädigt die Kirsche durch das geringe Gewicht nicht.

Pro Baum wurden auf diese Weise 20 Kirschen beschildert, an denen wöchentlich das Fruchtwachstum mittels digitaler Schieblehre gemessen wurde. Pro Variante standen so 100 Kirschen für Messungen zur Verfügung. Durch den zu erwartenden Verlust durch Schäden, wie Fraß, oder Abwerfen durch den Baum, wurde die Zahl stetig gemindert und pendelte sich bei einer Fruchtanzahl im Bereich von 10 bis 18 Früchten pro Baum ein.

Die Steuerung der Bewässerung fand anhand vorher festgelegter Strategien statt. Die Kontrollreihe hat während des Versuchs keine zusätzlichen Wassergaben erhalten. Die Bäume wurden lediglich über Niederschlagswasser versorgt. Abbildung 18 zeigt den Verlauf der Bodenfeuchte während des Versuchs der Kontrollreihe in den zwei Tiefen 30 cm und 60 cm. Zusätzlich sind als Balkendiagramm die Niederschläge gemessen an der Wetterstation der Agrarmeteorologie des DLR am Standort in Mainz-Drais-Finthen eingetragen. Während des Versuchs vom 21. April bis zur Ernte am 29. Juni fielen insgesamt 87 mm Niederschlag. Durch die guten Ausgangsbedingungen vor Beginn des Versuchs dauerte es einige Zeit, bis der

Bodenfeuchtwert ansteigt, also der Boden trockener wird. Das zweitägige Niederschlagsereignis am 12. Juni sorgte wieder für ein Absinken der Bodenfeuchte, welche allerdings nun wieder rascher ansteigt, da der Boden keine Rücklagen mehr besitzt, sondern die Bäume das Niederschlagswasser rasch aufnehmen. Die Lücken in der Messreihe der Bodenfeuchte kamen durch technische Probleme bei der Datenübertragung der gemessenen Werte der Bodenfeuchte vom Datenlogger zum Computer zustande. Bis ein Ersatz möglich war konnten so nur punktuelle Werte erfasst werden. Ein Verlauf der Bodenfeuchte lässt sich dennoch erahnen. Trotz weniger Niederschlagsereignisse sind die Bodenfeuchtwerte bis zur Ernte nur über eine Dauer von wenigen Tagen, 7. Juni bis 12. Juni und ab dem 24. Juni, über den optimalen Bereich, von 15 bis 35 cbar, angestiegen. Dies zeigt die gute Wasserhaltefähigkeit des Bodens, da in 60 cm Tiefe kaum eine Veränderung in der Bodenfeuchte festzustellen ist. Diese Zeiträume sind zu gering, um von einer Gefährdung des Ertrags durch Trockenheit zu sprechen.

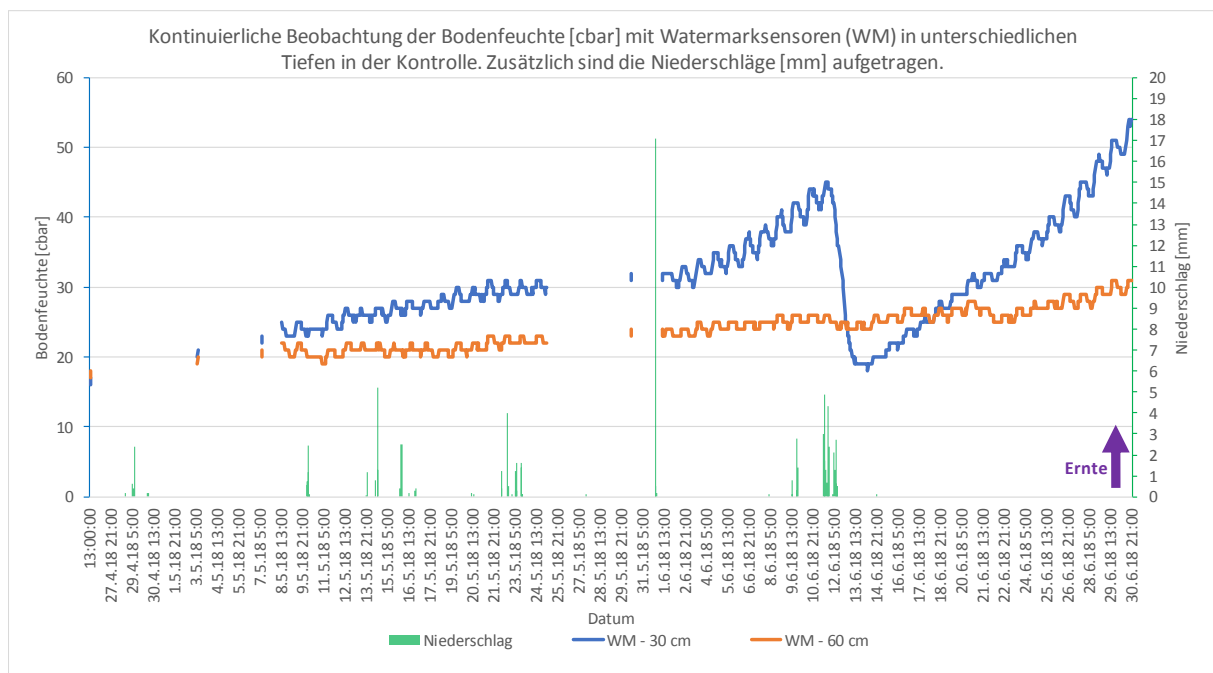


Abbildung 18: Aufzeichnung der Bodenfeuchte [cbar] in der Kontrolle in blau in 30 cm und in orange in 60 cm Tiefe über den Wachstumszeitraum der Kirschen. Auf der sekundären Achse ist der Niederschlag [mm] als Balkendiagramm in grün dargestellt. Der lila Pfeil zeigt den Erntetermin.

Die Bewässerungsstrategie nach Schema hat während des Versuchs neben dem Niederschlagswasser zusätzlich zwei Wassergaben in der Woche mit einer Dauer von einer

Stunde und 55 Minuten bekommen, dies entspricht einer Wassermenge von 5,10 l pro laufendem Meter Tropfschlauch und Bewässerungseinheit. Für das Bewässerungsschema wurde in der Adcon-Anlage ein Bewässerungsprogramm gestartet, welches nur dann ausgesetzt wurde, wenn in der Sieben-Tage-Prognose ausgehend von der nächsten Bewässerungseinheit Niederschlagsereignisse mit einer Menge von 15 mm gemeldet sind oder Niederschlagsereignisse mit einer Summe von 15 mm in den letzten sieben Tagen zurückliegen. Wenn also in den zwei Wochen um die Bewässerungseinheit 15 mm Niederschlag aufgezeichnet sind, wird diese ausgesetzt. Als Referenzpunkt dient auch hier die Station der Agrarmeteorologie des DLR in Mainz-Drais-Finthen. Die Abbildung 19 zeigt den Bodenfeuchteverlauf der Steuerung nach Schema in den beiden Tiefen 30 cm und 60 cm. Grün aufgetragen sind auch hier die Niederschläge und zusätzlich als graue Balken die Bewässerungseinheiten in den Stellungen 0 für „Aus“ und 1 für „Bewässerung fand statt“. Die Lücken in der Messreihe der Bodenfeuchte kamen durch technische Probleme bei der Datenübertragung der gemessenen Werte der Bodenfeuchte vom Datenlogger zum Computer zustande. Bis ein Ersatz möglich war, konnten so nur punktuelle Werte erfasst werden. Ein Verlauf der Bodenfeuchte lässt sich dennoch erahnen. Die Bewässerungsstrategie nach Schema hat während des Versuchs neben den 87 mm Niederschlagswasser zusätzlich in der Summe 58,65 l pro laufendem Meter Tropfschlauch an Zusatzwasser bekommen. Dies entspricht bei einer Reihenlänge von etwa 225 Metern mit 73 Kirschbäumen 13196,25 Litern pro Reihe (~ 175 l/Baum). Insgesamt wurden auf der Fläche mit etwa 0,82 ha Größe etwa 79,17 m³ Zusatzwasser ausgebracht, wobei die Kontrollreihe von der Bewässerung getrennt ist. Ohne Kontrollreihe wäre der Flächenverbrauch bei 92,37 m³ (~113 m³/ha). Im Verlauf der Bodenfeuchte sind die Reaktionen der WM auf die Bewässerungseinheiten und die Niederschläge gut zu verfolgen.

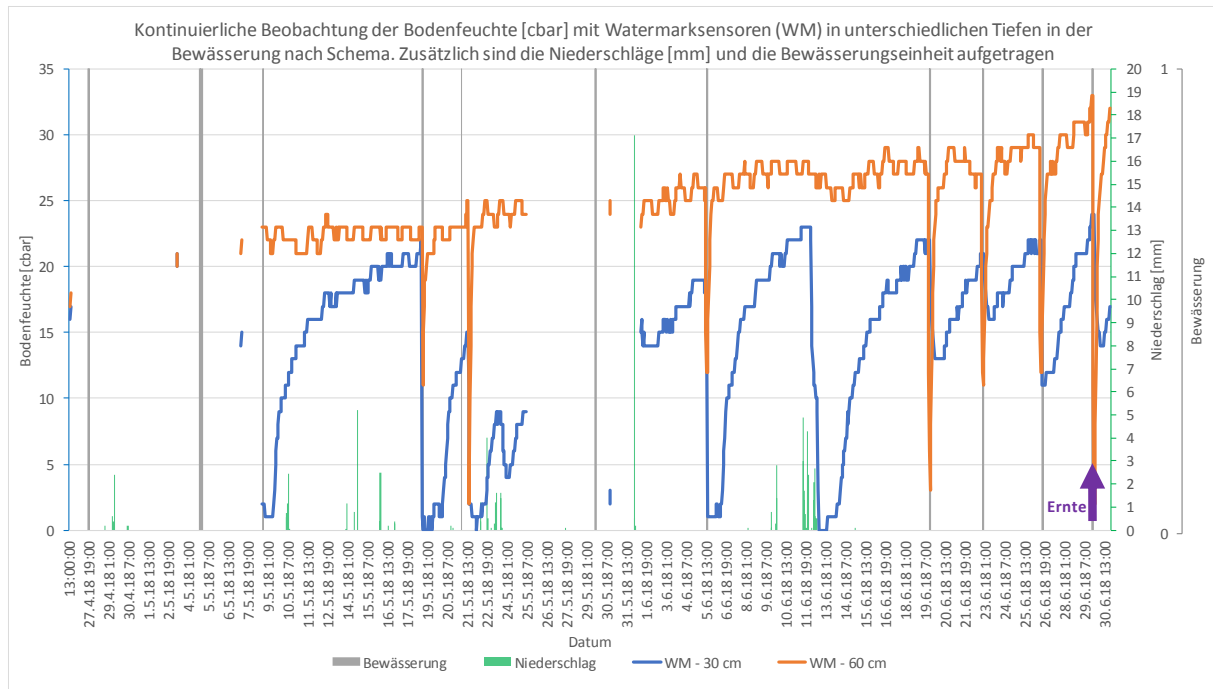


Abbildung 19: Aufzeichnung der Bodenfeuchte [cbar] in der Steuerung nach Schema in blau in 30 cm und in orange in 60 cm Tiefe über den Wachstumszeitraum der Kirschen. Auf der sekundären Achse ist der Niederschlag [mm] als Balkendiagramm in grün, sowie die Bewässerungseinheiten als graue Balken dargestellt. Der lila Pfeil zeigt den Erntetermin.

Bei der Bewässerungsstrategie nach klimatischer Wasserbilanz (KWB) und Bodenfeuchte (BF) fand eine stetige Kontrolle der aktuellen Verdunstungswerte über Berechnung der KWB statt. Über die KWB wurde die Höhe der Wassergabe berechnet, welche durch Zusatzbewässerung ausgeglichen werden sollte. Als Kriterium, ob eine Wassergabe stattfindet, wurden die aktuellen Bodenfeuchtwerte auf der Versuchsfläche herangezogen. Hierbei wurde als Grenzwert 20 cbar gesetzt. Sollte nach KWB eine Wassergabe stattfinden, die Bodenfeuchte aber unterhalb von 20 cbar liegen, fand keine Bewässerung statt. Im Verlauf des Versuchs zeigte sich laut KWB ein hohes Defizit an Wasser, das von der Kultur gebraucht wird, doch durch die Bodenfeuchtwerte nicht bestätigt wurde. Aus diesem Grund wurde bei Erreichen des Grenzwertes die maximale Wassermenge bei einer Bewässerungseinheit gegeben, um das Defizit laut KWB auszugleichen.

Die klimatische Wasserbilanz ist von mehreren Faktoren abhängig wie der Kultur und des Entwicklungsstadiums. Die Berechnung der KWB erfolgt anhand folgender Formel.

$$KWB [mm] = \sum pot. Evapotranspiration [mm] * Kc - Faktor - \sum Niederschlag [mm]$$

Die potentielle Evapotranspiration (pot. Evapotranspiration) ist die Gesamtverdunstung von einer natürlich bewachsenen Oberfläche und setzt sich aus Evaporation, der Verdunstung über freier Wasseroberfläche bzw. Bodenfläche und Transpiration, der sogenannten „Pflanzenverdunstung“, also der Abgabe von Wasserdampf durch die Blätter in Folge der Photosynthese bei der H₂O als Abfallprodukt anfällt, zusammen. Die Ermittlung der pot. Evapotranspiration erfolgt nach der PENMAN-MONTEITH-Methode ausgehend von agrarmeteorologischen Messdaten, die neben der Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Solarstrahlung auch den Blattflächenindex beinhaltet (Krüger, 2009). Die Messwerte der jeweiligen Wetterstation werden von der Agrarmeteorologie des DLR aufgearbeitet, im Internet bereitgestellt und können zusammen mit den Niederschlägen an den einzelnen Stationen abgerufen werden. Der sogenannte kc-Faktor ist ein pflanzenspezifischer Faktor, der das Entwicklungsstadium der Pflanze angibt. Vom Vegetationsbeginn bis Beginn der Steinhärtung (BBCH 01 – 72) ist der kc-Wert von Süßkirschen bei 0,4, von der Steinhärtung, welche auf der Versuchsfläche bei der Sorte `Regina` um den 22. Mai stattfand, bis zur Ernte (BBCH 73 – 77) beträgt der kc-Wert 0,7. In der Nachernte (BBCH 78 -85) liegt der kc-Wert bei 0,5 (Agrarmeteorologie RLP, 2012). Für die Berechnung des Wasserverbrauchs pro Baum wurde der Wert der KWB zusätzlich auf den Standraum des Baumes bezogen, welcher sich aus dem Reihen- und Baumabstand ergibt und sich mit folgender Formel berechnen lässt (Immik, 2012; E Immik, DLR Rheinpfalz, Oppenheim, ‘pers. Mitt.’, 2018).

$$\text{Standraum [m}^2\text{]} = (\text{Reihenabstand [m]} * 0,3) * \text{Baumabstand [m]}$$

Die Abbildung 20 zeigt den Verlauf des errechneten Verbrauchs pro Baum und die Niederschläge, die diesem gegenüberstehen während der Kulturdauer. Summiert über die Kulturdauer ergibt sich ein berechneter Wasserverbrauch pro Baum von etwa 328 Litern, die einem Niederschlag von 87 mm gegenüberstehen.

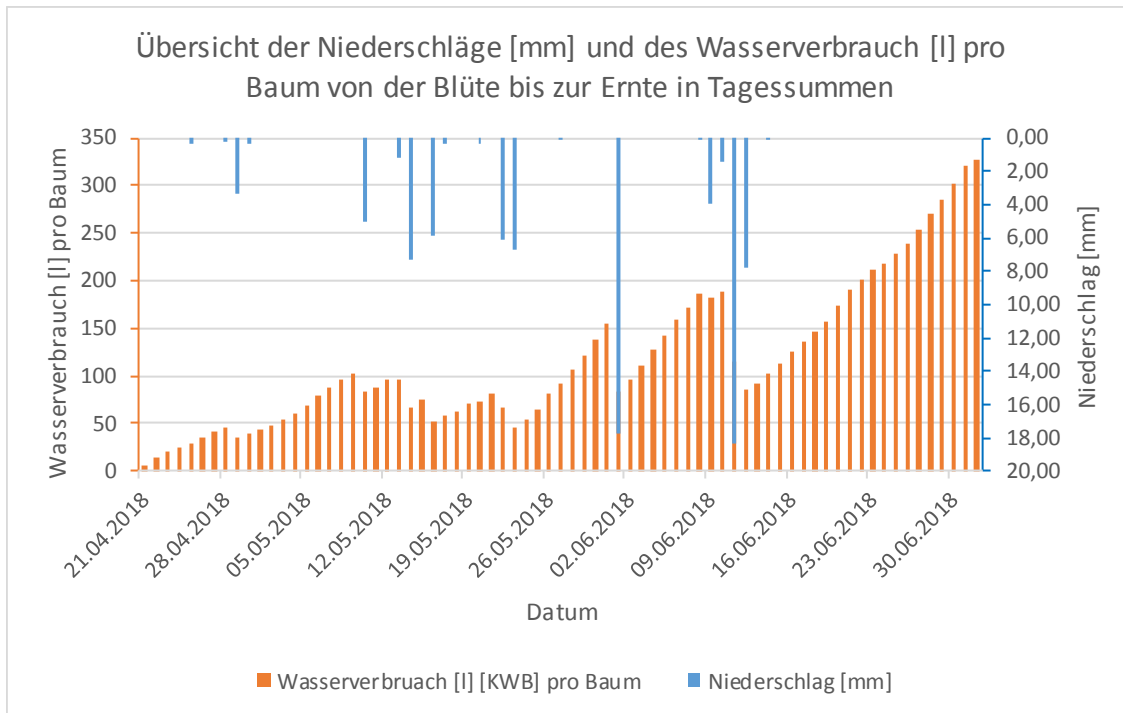


Abbildung 20: Übersicht der Niederschläge und errechnetem Wasserverbrauch pro Baum in Tagessummen für die Bewässerungsstrategie nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte.

Die Setzung des Grenzwertes der Bodenfeuchte fiel auf 20 cbar, da dieser Wert die optimale Bodenfeuchte für Steinobst auf mittleren Böden angibt. Die Tabelle 1 stellt eine Übersicht der Bodenfeuchtwerte auf den verschiedenen Böden und Zeitraum sowie die Bereichsgrenzen und die Deutung dieser dar.

Tabelle 1: Übersicht der Bodenfeuchtwerte [cbar] für Steinobst abhängig von der Bodenart und Zeitraum, sowie deren Deutung (verändert nach: Immik 2012; E Immik, DLR Rheinpfalz, Oppenheim, 'pers. Mitt.', 2018).

Steinobst		Zu nass [cbar]	Optimal [cbar]	Bewässern [cbar]
Mittlerer Boden				
Zeit- raum	Ab Blüte	0 – 15	15 – 35	35 – 50
	Nachernte	0 - 25	25 – 70	70 – 120

Die Abbildung 21 zeigt den Verlauf der Bodenfeuchte auf nach der Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte in den Tiefen 30 cm und 60 cm. Als grüne Balken sind auch

hier die Niederschläge aufgetragen und als graue Balken die Bewässerungseinheiten in den Stellungen 0 für „Aus“ und 1 für „Bewässerung fand statt“. Zu Beginn des Versuchs sind die ersten drei Bewässerungsbalken eingetragen, aber keine Reaktion der Watermarksensoren festzustellen. Hier fand aufgrund technischer Schwierigkeiten bis zum 20. Mai, also über die Zellteilungsphase der Kirschen hinweg, keine Bewässerung statt. Die technischen Probleme wurden daraufhin rasch behoben und die Fläche konnte anschließend nach der festgelegten Strategie bewässert werden. Im Kurvenverlauf kann die Reaktion der WM auf die einzelnen Wassergaben und die Niederschläge gut erkannt werden. In dieser Bewässerungsstrategie wurde insgesamt in der Summe 37,77 l pro laufendem Meter Tropfschlauch an Zusatzwasser gegeben. Dies entspricht bei einer Reihenlänge von etwa 200 Metern mit 66 Kirschbäumen etwa 7555 Litern pro Reihe (~ 113 l/Baum). Insgesamt wurden auf der Fläche mit etwa 2,6 ha Größe etwa 189 m³ Zusatzwasser ausgebracht (~ 73 m³/ha). Gegenüber der Bewässerungsstrategie nach Schema wurden hier 40 m³/ha weniger Wasser gegeben.

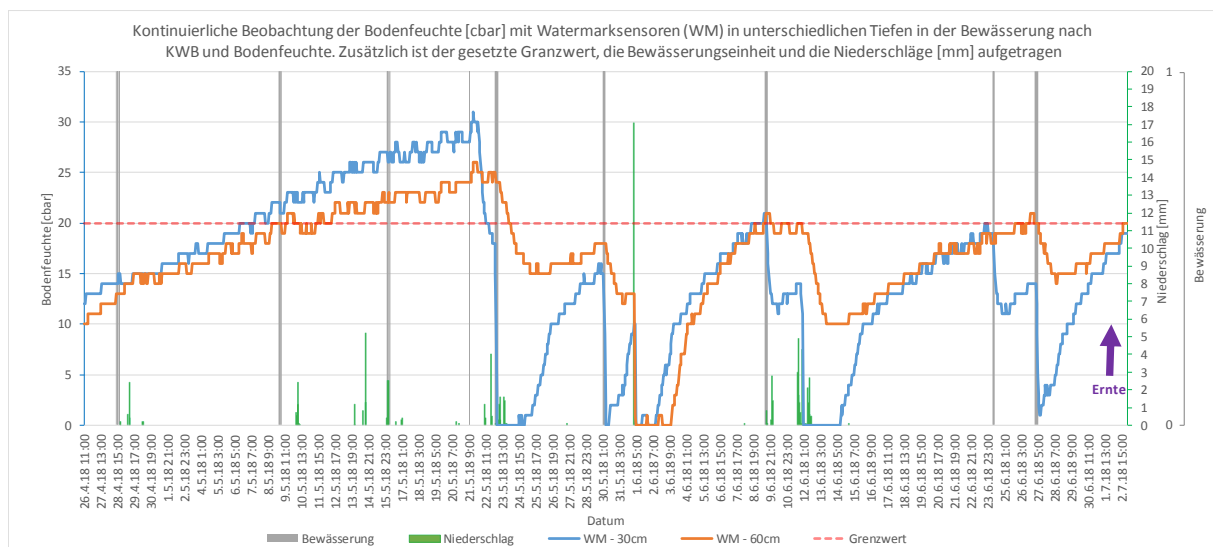


Abbildung 21: Aufzeichnung der Bodenfeuchte [cbar] in der Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte in blau in 30 cm und in orange in 60 cm Tiefe über den Wachstumszeitraum der Kirschen. Auf der sekundären Achse ist der Niederschlag [mm] als Balkendiagramm in grün, sowie die Bewässerungseinheiten als graue Balken dargestellt. Die gestrichelte rote Linie zeigt den Grenzwert zum Starten der Bewässerung bei 20 cbar. Der lila Pfeil zeigt den Erntetermin.

Bei der statistischen Auswertung der Ernteergebnisse in MS-Excel wurden die Messwerte zunächst auf Normalverteilung untersucht. Lag keine Normalverteilung vor, wurden die prozentualen Darstellungen einer Arcus-Sinus-Transformation unterzogen.

Die statistische Auswertung in MS-Excel der nicht prozentual dargestellten Messwerte bei vorliegender Normalverteilung wurden mittels ANOVA-Tests auf vorliegende Signifikanzen getestet und anschließend mittels T-Test die Signifikanz ($p < 0,05$) bestimmt. Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben (a,b,c) dargestellt. Die Buchstabenkombination „ab“ gibt an, dass kein signifikanter Unterschied zu den Messreihen mit Buchstaben „a“ und „b“ vorliegt.

4. Resultate

4.1. Begleitende Fruchtwachstumsmessung

In der Abbildung 22 ist baumweise der Mittelwert der wöchentlichen Fruchtwachstumsmessungen in der Kontrollreihe aufgetragen. Zu Beginn der Messungen wiesen die Messwerte keine Streuung auf. Im weiteren Verlauf der Messungen zeigt sich, dass der Baum mit der Nummer „B1“ im Wachstum der Früchte von den Übrigen abweicht. Hier wird eine Erkrankung mit dem „Little Cherry Virus“ (LChV) vermutet. Da sich das Ausmaß erst in der dritten Woche vor Ernte in den Messungen gezeigt hat und nicht auf Wasserstress zurückzuführen ist, konnte der Baum und die markierten Früchte dennoch nicht ersetzt werden. Bei den weiteren Ergebnissen wird daher der Baum „B1“ der Kontrolle nicht berücksichtigt, da der verminderte Kirschendurchmesser nicht auf Wassermangel zurückzuführen ist. Die restlichen vier Bäume der Kontrolle zeigen gegen Ende der Messungen eine leichte Streuung in den Messungen der Fruchtgröße.

Gut zu erkennen sind die drei Phasen im Kirschenwachstum. Phase I des schnellen Wachstums durch Zellteilung bis zur KW 20, gefolgt von der Phase II geringer Massenänderung, in der sich der Samen entwickelt und die Steinhärtung erfolgt, einhergehend mit geringerer Durchmesserzunahme bis zur KW 23, gefolgt von der letzten Phase III der rasanten Massenzunahme, die mit der Umfärbung beginnt. Die nochmalige steile Durchmesserzunahme in der KW 24 ist vor allem auf die Zellstreckung durch exponentielle Einlagerung von Kohlenhydraten zurückzuführen. In der Ausreifung der Früchte bis zur Ernte ist wieder nur geringes Wachstum festzustellen (Knoche and Winkler, 2017).

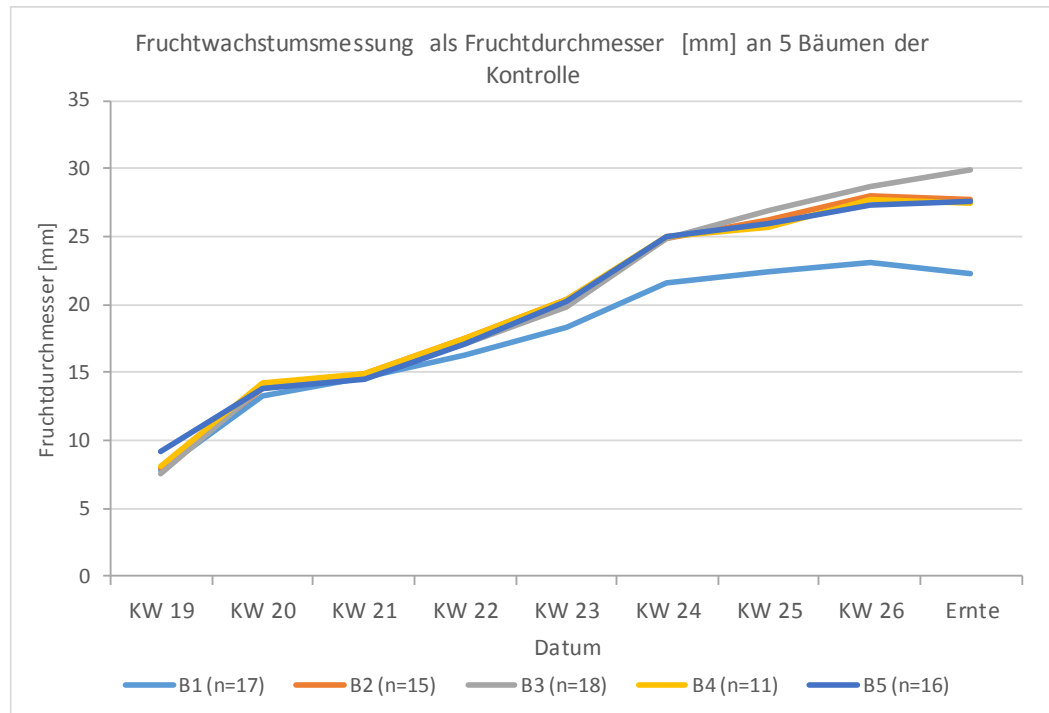


Abbildung 22: Mittelwert der kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung an fünf Bäumen der Kontrollreihe. Anfangszahl waren 20 Früchte pro Baum, Endanzahl ist in der Legende angegeben. Baum B1 mit Verdacht auf LChV wird in den weiteren Betrachtungen herausgenommen.

Die Abbildung 23 zeigt den baumweisen Mittelwert der wöchentlichen Fruchtwachstumsmessungen in der Variante mit Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte. Zu Beginn der Messungen wiesen die Messwerte eine leichte Streuung auf, die in den KW 20 bis 22 nicht mehr zu erkennen ist, aber in der Phase II wieder stark zunimmt und gegen Ende zeigt sich eine Streuung der Kirschengröße zwischen 25 mm und 30 mm.

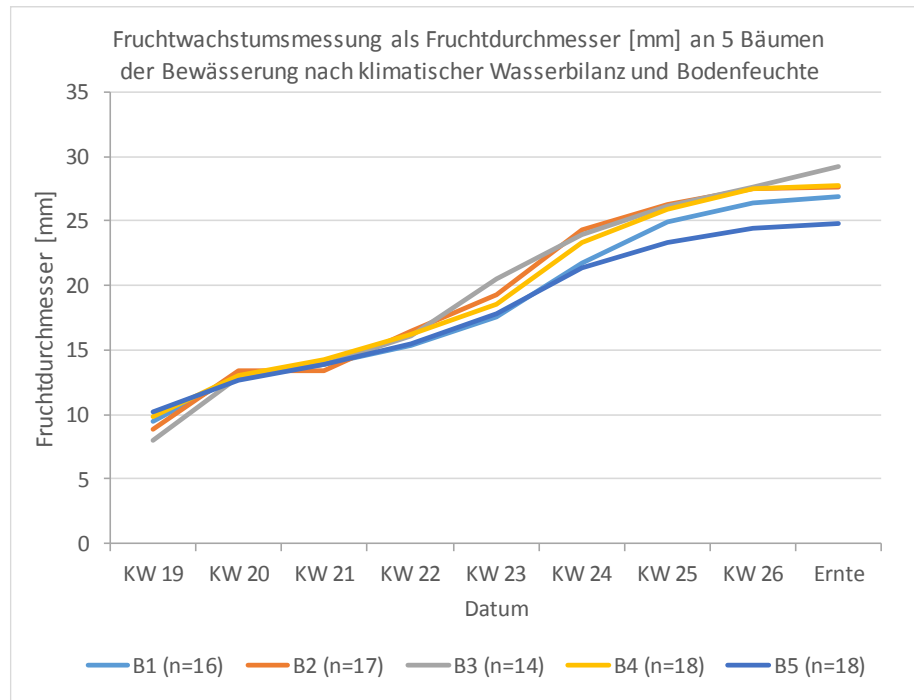


Abbildung 23: Mittelwert der kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung an fünf Bäumen in der Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte. Anfangszahl waren 20 Früchte pro Baum, Endanzahl ist in der Legende angegeben.

Die Abbildung 24 zeigt baumweise den Mittelwert der wöchentlichen Fruchtwachstumsmessung in der Variante mit Steuerung nach Schema. In dieser Variante ist sowohl zu Beginn als auch am Ende der Messungen keine Streuung in den Durchmessern der Kirschen zu erkennen. Die Abbildung zeigt sehr gut den Verlauf des Kirschenwachstums in den einzelnen Phasen.

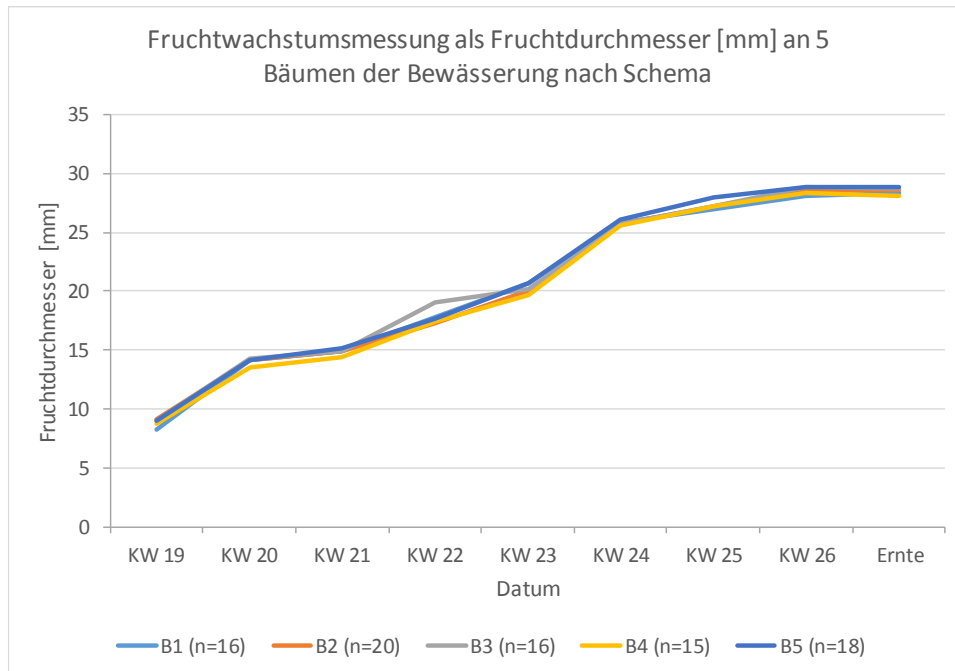


Abbildung 24: Mittelwerte der kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung an fünf Bäumen in der Steuerung nach Schema. Anfangszahl waren 20 Früchte pro Baum, Endanzahl ist in der Legende angegeben.

In der Abbildung 25 sind die Mittelwerte der Varianten aus den wöchentlichen Fruchtdurchmesser Messungen aufgetragen. Die Varianten starten zu Beginn der Messungen ohne große Streuung voneinander. Die Variante mit Steuerung nach Schema ist während der gesamten Dauer im Mittel über den anderen Kurven gelegen. Die Kontrolle liegt zwischen der Steuerung nach Schema und der Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte. In der letzten Phase bis hin zur Ernte verringert die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte den Abstand zur Kurve der Kontrolle. In der Kontrolle ist aufgrund der LChV-Vermutung ein Baum weniger vorhanden, was zu einer geringeren Kirschenanzahl gegenüber den anderen zwei Varianten gegen Ende des Versuches führt. Die Phasen des Kirschenwachstums sind hier ebenfalls gut zu erkennen. Von Beginn der Messungen bis zur Ernte sind die Kirschen von etwa 7 mm bis 9 mm auf eine Größe von etwa 27 mm bis 29 mm angewachsen. In der Variante nach KWB und Bodenfeuchte ist in dieser Darstellung gut der Einfluss der fehlenden Bewässerung in der Zellteilungsphase (KW 19 und KW 20) in Verbindung mit einem hohen Behang zu erkennen. Hier nimmt der Fruchtdurchmesser weniger zu im Vergleich zur Kontrolle und der Steuerung nach Schema. Das zu diesem Zeitpunkt entstandene Defizit bleibt über die gesamte weitere Versuchsdauer erhalten.

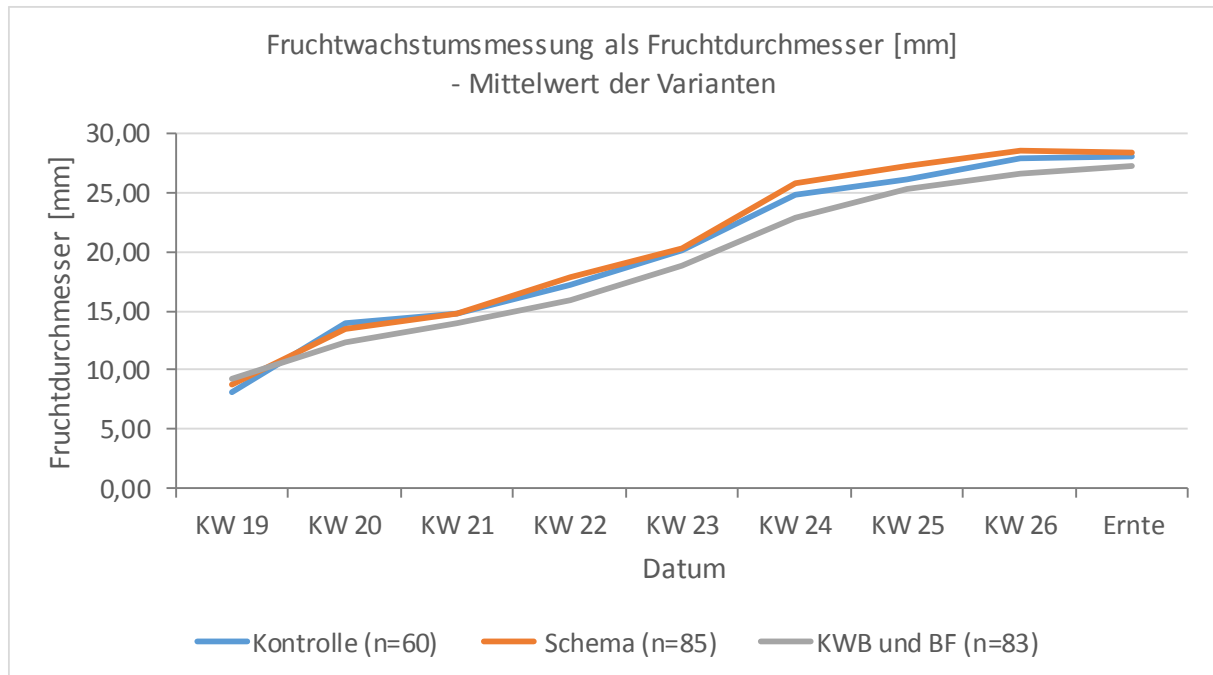


Abbildung 25: Vergleich der Mittelwerte der kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung der einzelnen Varianten. Anfangszahl waren 100 Früchte je Variante, Endanzahl ist in der Legende angegeben.

4.2. Ernteergebnisse

Zur Erfassung der Ertrags- und Ernteergebnisse wurden die markierten Bäume, an denen sich auch die markierten Kirschen der kontinuierlichen Fruchtwachstumsmessung befanden, baumweise bei optimaler Reife geerntet. Dies entspricht fünf Bäumen pro Variante. Im Anschluss wurden die Kirschen nach drei Größen sortiert, welche auch der Handelssortierung entsprechen. Die Sortierungen sind unterteilt in Kategorien „kleiner als 28 mm“, „größer als 28 mm“ und „größer als 30 mm“. Die sortierten Kirschen wurden ebenfalls nach der Größentrennung gezählt und gewogen. Diese Erfassung der Erntedaten ermöglicht eine Abschätzung der Erträge auf einem Hektar. Die Abbildung 26 zeigt aufgrund fehlender Normalverteilung die Arcus-Sinus-Transformation der prozentualen Größenverteilung bezogen auf den Ertrag sowie die Gesamtanzahl Kirschen pro Baum. In der Kontrolle ist der Baum mit LChV mit in der Grafik aufgeführt, jedoch nicht in die Totale mit aufsummiert. In der Totalen liegen bei der Kontrolle etwa 35 % Kirschen mit einer Größe kleiner als 28 mm vor. Etwa 42 % der Kirschen sind größer als 28 mm und etwa 23 % größer als 30 mm. Die gesamte Anzahl der Kirschen an den vier Bäumen betrug 2143 Kirschen. Ausschuss war kaum vorhanden. In

der Totalen der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte liegen etwa 44 % mit einer Größe kleiner als 28 mm vor. Etwa 36 % sind größer als 28 mm und etwa 13 % sind größer als 30 mm. Der Ausschuss betrug demnach etwa 7 %. Die gesamte Anzahl der Kirschen an den fünf Bäumen betrug 10736 Kirschen. In der Totalen der Steuerung nach Schema liegen etwa 36 % mit einer Größe kleiner als 28 mm vor. Etwa 38 % sind größer als 28 mm und etwa 25 % sind größer als 30 mm. Der Ausschuss betrug demnach etwa 1 %. Die gesamte Anzahl der Kirschen an den fünf Bäumen betrug 2790 Kirschen. Im Balkendiagramm ragen bei der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte die blauen Balken mit Größen kleiner 28 mm deutlich hervor. Graue Balken mit Größen größer als 30 mm ragen weniger deutlich empor. Bei der Kontrolle und der Steuerung nach Schema überwiegen die orangen Balken mit Größen größer 28 mm und die grauen Balken mit Größen größer 30 mm.

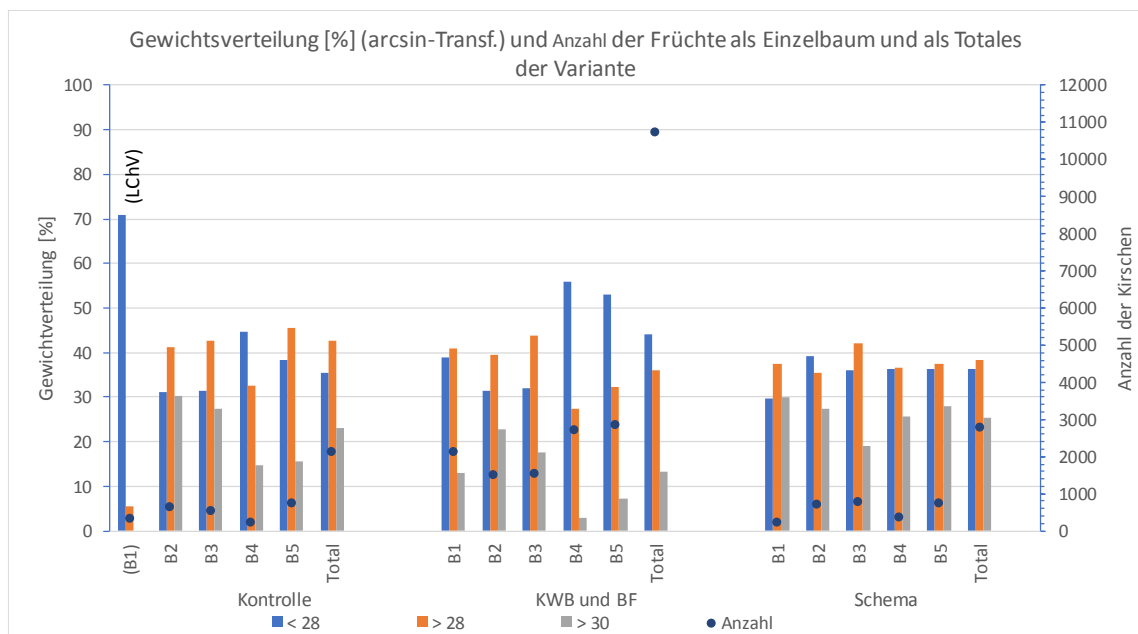


Abbildung 26: Gewichtsverteilung [%] baumweise getrennt und als Totales der Varianten als Balkendiagramm. Als Punktediagramm ist die Anzahl der Früchte baumweise und als Totales der Varianten dargestellt. LChV-Baum ist in der Grafik mit dargestellt, in der Berechnung von „Total“ aber nicht eingeflossen.

Die Mittelwerte der prozentualen Größenverteilung bezogen auf das Gewicht wurden zur besseren Beurteilung einem T-Test zur Bestimmung der Signifikanz unterzogen. Die Abbildung 27 zeigt die Größenverteilung als Arcus-Sinus-Transformation nach Sortiergrößen getrennt und farblich getrennt nach der Variante. In der Größensortierung kleiner als 28 mm liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten vor. Ebenfalls bei der

Größensortierung größer als 28 mm liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten vor. In der Größensortierung größer als 30 mm liegen keine signifikanten Unterschiede der beiden Varianten zur Kontrolle vor, jedoch liegt ein signifikanter Unterschied zwischen der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte und der Steuerung nach Schema vor.

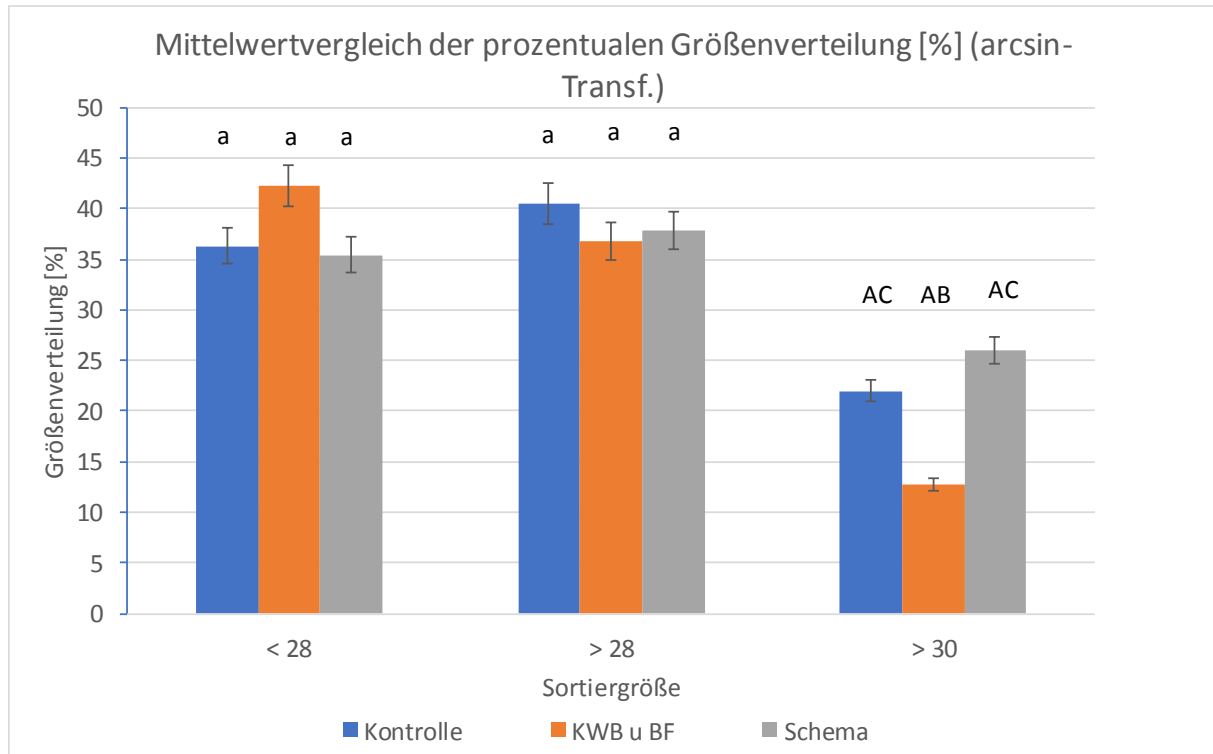


Abbildung 27: Mittelwertvergleich der prozentualen Größenverteilung [%].

Signifikanzangabe: kleine Buchstabe ist signifikant unterschiedlich zu Großbuchstaben, A ist nicht signifikant zu A, B ist Signifikant unterschiedlich zu C. Zusätzlich ist noch der 5%ige Fehlerbalken eingetragen.

Die Abbildung 28 zeigt die Einzelbaumerträge sowie die aussummierten Erträge der Variante. Auch hier ist der Baum LChV der Kontrolle aufgeführt, aber nicht mit einberechnet. Für die Kontrolle ergibt sich so ein Ertrag von 25,98 Kg bei vier Bäumen (~ 6,50 Kg/Baum). Für die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte liegt ein Ertrag von 129,32 Kg bei fünf Bäumen (~ 25,86 Kg/Baum) vor. Für die Steuerung nach Schema liegt ein Ertrag von 30,31 Kg bei fünf Bäumen (~ 6,06 Kg/Baum) vor. In dieser Grafik zeigt sich deutlich der unterschiedliche Behang der Varianten. Der Behang der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte könnte fast schon als Überbehang gedeutet werden, wobei bei der Kontrolle und der Steuerung ein vermutlicher Unterbehang der Bäume herrschte. Ein guter Normalertrag liegt bei 10 bis 12 t/ha.

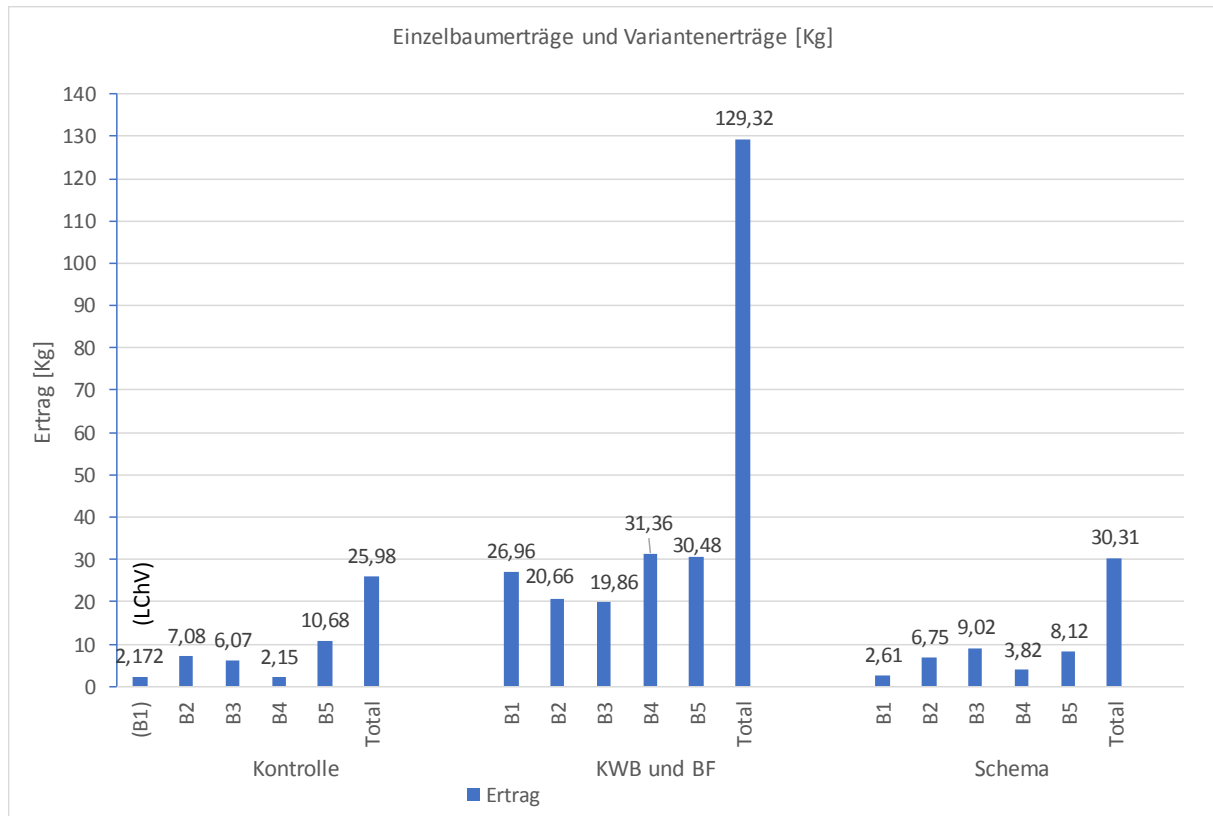


Abbildung 28: Einzelbaum- und Variantenerträge [Kg] als Balkendiagramm dargestellt. LChV-Baum ist in der Grafik mit dargestellt, in der Berechnung von „Total“ aber nicht eingeflossen.

Anhand dieser Ergebnisse kann nun ein Hektarertrag und Größenverteilung abgeschätzt werden. Ohne Bestäubersorte finden etwa 613 Bäume auf einem Hektar bei einem Pflanzabstand von 3 m und einem Reihenabstand von 5 m Platz. Für die Kontrolle entspricht dies einem Ertrag von 3,98 t/ha. Für die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte entspricht dies einem Ertrag von 15,85 t/ha. Für die Steuerung nach Schema entspricht dies einem Ertrag von 3,71 t/ha. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 2 dargestellten genäherte Hektarerträge der Größensortierung nach der prozentualen Größenverteilung.

Tabelle 2: Berechnete Hektarerträge der Größensortierung nach < 28 mm, > 28 mm, > 30 mm.

	< 28 mm [t/ha]	> 28 mm [t/ha]	> 30 mm [t/ha]
Kontrolle	1,47	1,61	0,87
KWB und BF	6,70	5,84	2,01
Schema	1,31	1,40	0,96

In der Abbildung 29 ist der abschließende Fruchtdurchmesser der markierten Früchte, gemessen mit einem digitalen Messschieber am Baum, als Boxplot aufgetragen. Durch das Herausnehmen des mit LChV infizierten Baumes der Kontrolle ergibt sich ein abweichendes Probevolumen in den einzelnen Varianten. Die Kontrolle hat einen Probenumfang von 61 Früchten, die Variante gesteuert nach KWB und Bodenfeuchte hat ein Probenumfang von 83 Früchten und die Variante gesteuert nach Schema hat ein Probenumfang von 85 Früchten. Der Mittelwert der Kontrolle liegt bei 27,94 mm und unterscheidet sich von dem Mittelwert der KWB und BF mit 26,65 mm signifikant. Der Unterschied zum Mittelwert der Steuerung nach Schema mit 28,55 mm ist ebenfalls mit $p = 0,049$ signifikant. Der Unterschied im Mittelwert der KWB und Bodenfeuchte zu dem Schema ist signifikant. Die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte weist hierbei den kleinsten Mittelwert auf. Ebenfalls sind die Werte der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte stärker gestreut als die Werte der Kontrolle und der Steuerung nach Schema. Die Steuerung nach Schema weist die kleinste Streuung (Interquartilabstand) der Werte auf. Die Verteilungen der Kontrolle und der KWB und Bodenfeuchte sind linksschief, da der Mittelwert unter dem Median liegt. Die Stichproben sind also hin zu kleineren Werten verteilt.

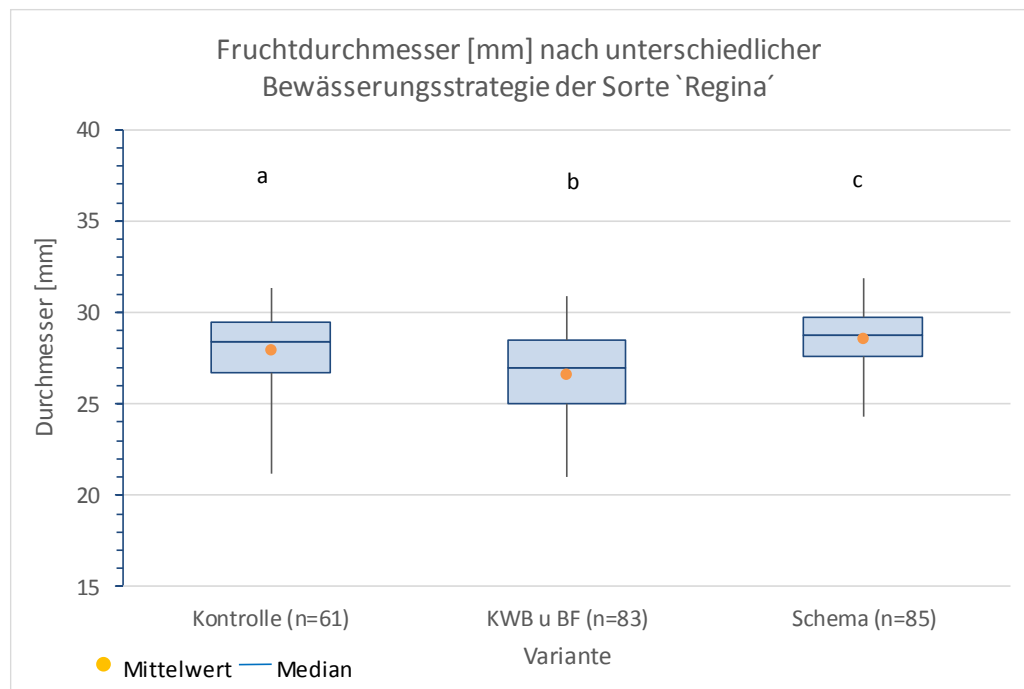


Abbildung 29: Darstellung des Fruchtdurchmessers als Boxplot mit Lage des Mittelwertes. In der Benennung der Variante ist der Probenumfang „n“ angegeben. Angabe der Signifikanz durch unterschiedliche Buchstaben, berechnet mit einem T-Test ($p < 0,05$).

Um die Aussagekraft der Messungen zu verbessern, wurden der Stichprobenumfang erhöht. Hierzu wurde die Anzahl der Testfrüchte pro Baum auf 25 erhöht und die Verluste der Kirschen aufgefüllt. Dadurch ergibt sich ein Probevolumen für die Kontrolle von 100 Früchten, für die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte von 125 Früchten und für die Steuerung nach Schema ebenfalls 125 Früchte. Der Fruchtdurchmesser wurde mittels des FT7 auf einheitliche Weise ermittelt. Die Abbildung 30 stellt den Fruchtdurchmesser als Boxplot dar. Der Mittelwert der Kontrolle liegt bei 27,04 mm und unterscheidet sich von dem Mittelwert der KWB und BF mit 27,64 mm mit $p = 0,048$ signifikant. Der Unterschied zum Mittelwert der Steuerung nach Schema mit 28,86 mm ist ebenfalls signifikant. Der Unterschied im Mittelwert der KWB und Bodenfeuchte zu dem Schema ist signifikant. Die Kontrolle weist hierbei den kleinsten Mittelwert auf. Die Verteilungen der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte ist linksschief, da der Mittelwert unter dem Median liegt. Die Stichprobe ist also hin zu kleineren Werten verteilt. Mit Erhöhung des Probevolumens verändert sich das Bild der Verteilung der Größen. Die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte liegt nun mit ihrem Mittelwert signifikant höher als die Kontrolle. Darüber hinaus weist die Kontrolle die höchste Streuung der Werte auf und die Steuerung nach Schema die kleinste Streuung.

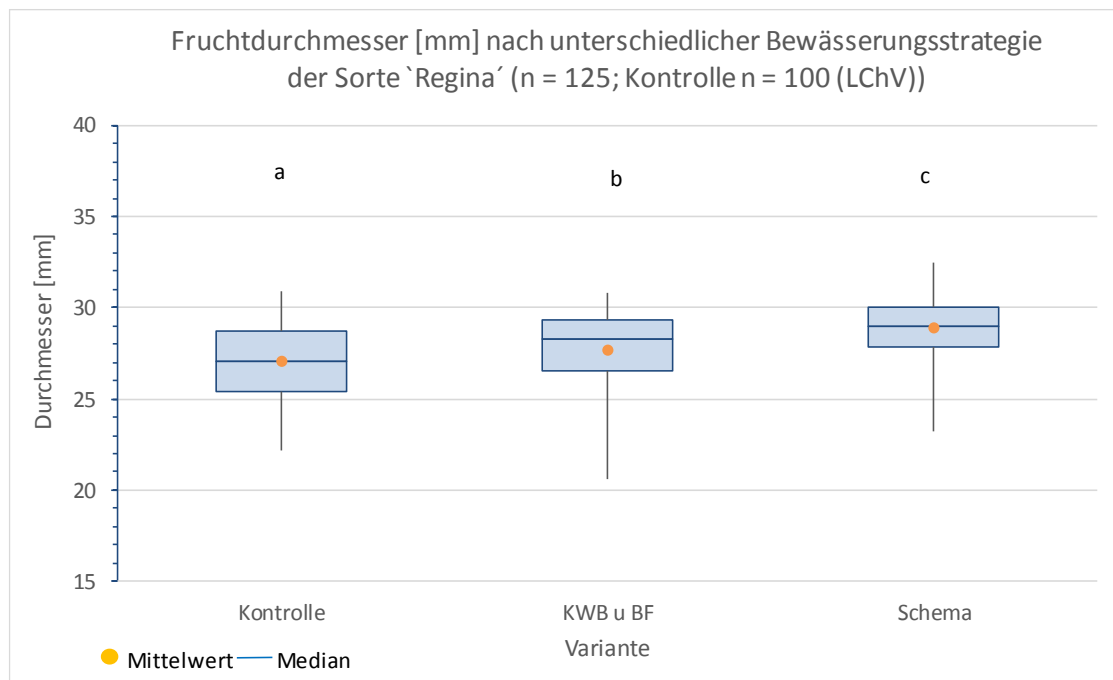


Abbildung 30: Darstellung des Fruchtdurchmessers als Boxplot mit Lage des Mittelwertes. Angabe der Signifikanz durch unterschiedliche Buchstaben, berechnet mit einem T-Test ($p < 0,05$).

In der Abbildung 31 ist die Fruchtfleischfestigkeit als Boxplot aufgetragen. Hier liegt der Mittelwert der Kontrolle bei 227,31 g/mm, der Mittelwert der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte bei 218,28 g/mm und der Mittelwert der Steuerung nach Schema bei 224,57 g/mm. Die Werte unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Eine Schiefe der Verteilung ist kaum feststellbar, der Mittelwert liegt in etwa auf dem Median. Allerdings weisen alle Varianten eine hohe Streuung der Werte auf.

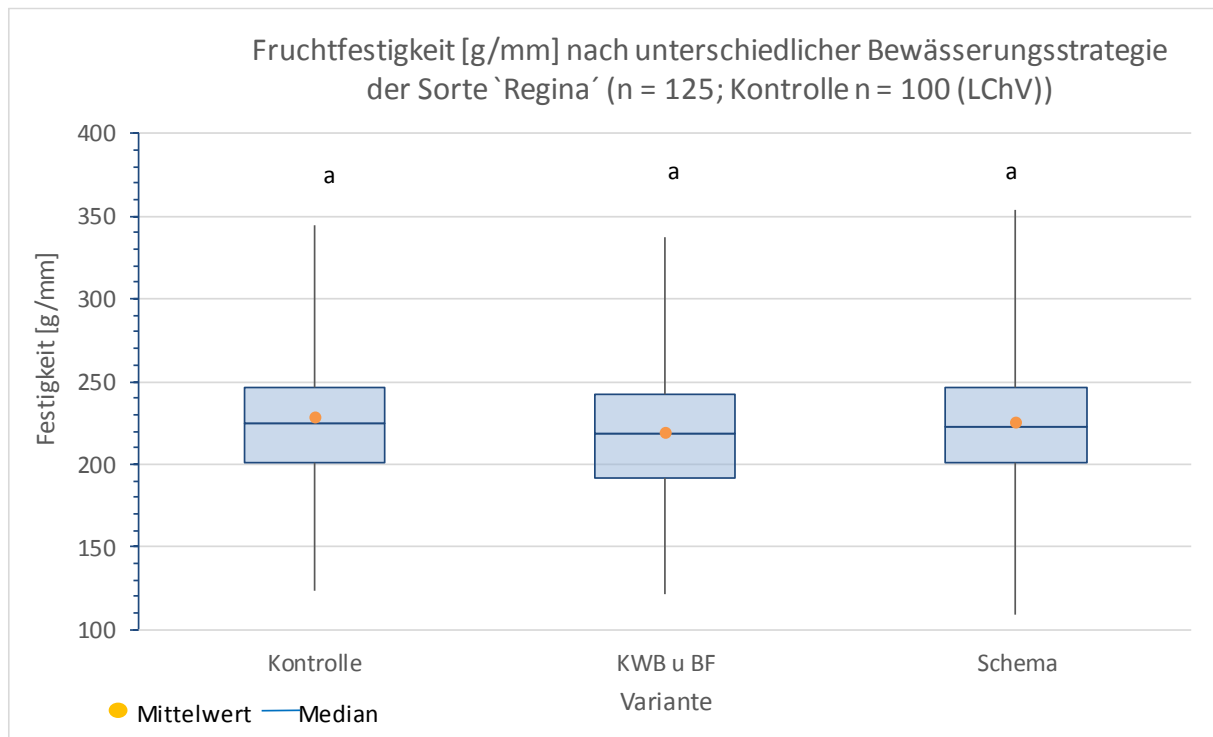


Abbildung 31: Darstellung der Fruchtfestigkeit als Boxplot mit Lage des Mittelwertes. Angabe der Signifikanz durch unterschiedliche Buchstaben, berechnet mit einem T-Test ($p < 0,05$).

Neben den geschmacklichen Tests der Sorte `Regina` anhand vom Gesamtgeschmack, Süße, Säure und Saftigkeit, bei denen kein Unterschied zwischen den Varianten festgestellt werden konnte, wurden der Zuckergehalt und das 25 Fruchtwicht getestet, wie in Tabelle 3 dargestellt. Der Zuckergehalt weicht zwischen den Varianten nicht sehr stark ab, mit einer maximalen Differenz zwischen der Kontrolle und der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte von 0,89 °Brix. Im 25 Fruchtwicht weist die Kontrolle das geringste Gewicht auf, übertroffen von der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte sowie der Steuerung nach Schema mit dem höchsten Gewicht.

Tabelle 3: Darstellung des Zuckergehalts in [°Brix] und das 25 Fruchtgewicht in [g].

	Kontrolle (n=4)	KWB und BF (n=5)	Schema (n=5)
Zucker [°Brix]	18,33	17,44	18,04
25 Fruchtgewicht [g]	251,25	276,40	294,20

5. Diskussion

Die Optimierung eines Bewässerungsmanagements an Süßkirschen der Sorte `Regina` im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes in Mainz-Finthen mit verschiedenen Steuerungen der Bewässerung wurden anhand des Wasserverbrauchs, der Größe der Kirschen und weiterer Erntekriterien untersucht.

Die Bodenstruktur auf den Versuchsflächen zeichnet sich durch außerordentlich gute Wasserhalte und -abgabefähigkeit aus. Offensichtlich wird von dem gegebenen Zusatzwasser nur wenig als Totwasser festgehalten, sondern das meiste scheint pflanzenverfügbar zu sein. Die gute Qualität der Böden ist in den Verläufen der Bodenfeuchte zu erkennen, welche sogar erst nach langen Bewässerungspausen, wie in der Kontrolle, den optimalen Feuchtebereich verlässt.

5.1. Betrachtung der (Mess-) Methode

In der Berechnung der klimatischen Wasserbilanz findet zwar der Vegetationsstand der Kultur über den kc-Faktor Einfluss und auch die potentielle Verdunstung nach PENMAN, allerdings findet der Boden in dieser Betrachtung zu wenig Einfluss. Laut den Berechnungen der KWB, die auch über das Internetportal des DLR Rheinpfalz abrufbar ist, hätte auf der Fläche mit Strategie nach KWB und Bodenfeuchte ausgehend von der Wetterstation in Drais-Finthen mehr Wassergaben in engerem Abstand stattfinden müssen, als es laut Bodenfeuchte, im Versuch, nötig ist. Laut KWB hätten im Kulturzeitraum 328 Liter pro Baum durch Zusatzbewässerung ausgeglichen werden müssen. Die entspräche bei zwei möglichen Wassergaben pro Woche à maximal drei Stunden und 45 Minuten mit 30,04 Litern pro Baum einem Wasserverbrauch von etwa 110 l pro laufendem Meter Tropfschlauch, also etwa 211,5 m³/ha. Durch die zusätzliche Betrachtung der Bodenfeuchte konnten etwa zwei Drittel der Wassermenge eingespart und trotzdem eine optimale Versorgung der Bäume ausgehend von den Bodenfeuchtwerten

gewährleistet werden. Für das Bewässerungsmanagement ist es nötig, die Kontrollparameter heranzuziehen, die die Verhältnisse auf den Anbauflächen am besten widerspiegeln, um nicht unnötig Wasser zu verbrauchen. Bei einer Einbindung von Feuchtesensoren in die Adcon-Anlage ist dies mit geringerem Zeitaufwand umsetzbar. Hierzu ist eine Überwachung der Flächen durch mehr Messpunkte als bisher nötig. Die Messpunkte im Versuch liefern gute und auch plausible Werte, allerdings könnten diese dennoch fehlerbehaftet durch diverse Einflussfaktoren, wie Störungen im Bodengefüge, Verlagerung der Tropfzwiebel oder ähnliches und nicht repräsentativ für die gesamte Fläche sein. Es lag nur ein Messpunkt mit zwei Tiefen pro Fläche vor.

Die geringe Streuung der Werte in den Messungen des kontinuierlichen Fruchtdurchmessers spricht für die Auswahl der verwendeten Kirschen. Die Lage der Auswahl am Baum ist somit einheitlich und vergleichbar in den Varianten selbst und im Vergleich zu den anderen Varianten gewesen. Die Markierungen ermöglichten ein schnelles Wiederfinden der Kirschen und nahezu gleiche Messungen. Die kontinuierlichen Fruchtdurchmessermessungen wurden händisch mittels digitaler Schieblehre, während die Kirschen am Baum hingen, durchgeführt. Durch diese Art der Messung sind zusätzlich zu dem technischen Messfehler des Messschiebers noch Fehler während der Messung selbst eingeflossen. Der Messschieber wurde von Messung zu Messung nicht immer exakt an der gleichen Stelle angesetzt. Auch die Bestimmung der breitesten Stelle erfolgte nur nach Augenmaß, welches nur durch Stichprobenmessungen in anderen Positionen an der Kirsche überprüft wurde. Der optische Eindruck der Kirsche, beeinflusst durch Lichteinfälle, teils gestörtes Blickfeld durch Blätter und Ähnliches führte zu Abweichungen und wahrscheinlich zum größten eingeflossenen Fehler. Um den Tagesgang mit Wachstumsspitzen zu kühleren Tageszeiten und Senken zu wärmeren Tageszeiten im Kirschenwachstum und eventuelle Abweichungen hieraus zu umgehen, wurde die Messung des kontinuierlichen Fruchtdurchmessers nach Möglichkeit immer zur gleichen Uhrzeit durchgeführt. Eine weitere Fehlerquelle in den Messungen mit der Schieblehre liegt in dem unterschiedlichen Andruck der Messschenkel an die Kirsche. Mit zunehmender Reife und somit abnehmender Härte der Kirsche schlägt dies mehr zu Buche als zu Beginn der Messungen. Durch das Abkleben der Messschenkel wurde während den Messungen keine Kirsche beschädigt, allerdings führte Ameisen- und Vogelfraß, sowie Vorerntefruchtfall zu einigen Ausfällen der zu messenden Kirschen. Dies führte zu unterschiedlichen Probemengen und zu

einer schlechteren Vergleichbarkeit. Dennoch sind die Werte der kontinuierlichen Fruchtdurchmesser messung in sich schlüssig, nachvollziehbar und zeigen den typischen Wachstumskurvenverlauf. In den Werten ist nahezu kaum eine Abweichung von der Norm feststellbar, weder herausragendes Wachstum durch die Bewässerungsstrategie, noch vermindertes Wachstum durch Trockenstress.

5.2. Trockenstress bei der Kontrolle?

Selbst die Kontrolle blieb während des Versuchs nahezu immer im optimalen Feuchtebereich zwischen 15 cbar und 35 cbar für mittlere Böden, wie in Abbildung 18 nachzuverfolgen. Anfang Juni verließ die Kontrolle den optimalen Feuchtebereich, wurde allerdings durch natürliche Niederschläge zum richtigen Zeitpunkt wieder versorgt und verließ den optimalen Feuchtebereich erst wieder kurz vor der Ernte. Bei der Kontrolle trat so kein erkennbares vermindertes Wachstum durch Trockenstress auf.

Der fehlende Stress zeigt sich auch in der Betrachtung der Ernteergebnisse. Sowohl in der prozentualen Gewichtsverteilung der Größen, als auch im Mittelwertvergleich, in den Abbildungen 26 und 27 sind keine optischen und signifikanten Unterschiede, die auf einen etwaigen Wassermangel hindeuten, zu erkennen. Bei mittleren Größen, größer 28 mm, übersteigt die Kontrolle sogar die übrigen Varianten und bei großen Größen, über 30 mm, übersteigt die Kontrolle die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte, wenn auch in beiden Fällen nicht signifikant.

5.3. Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz gegenüber der Steuerung nach Schema und der Kontrolle

Die Frage ist nun, ob eine Optimierung der Bewässerung zu einer besseren Versorgung der Bäume und somit auch zu einer Ertragssteigerung mit größeren Kirschen geführt hat. Insgesamt sind die Ergebnisse der Messungen der Kirschen mit äußerster Vorsicht zu betrachten. Durch die gegebenen Umstände vor Ort sind die Varianten und einzelne Bäume nur schwer zu vergleichen. In der Kontrolle und der Steuerung nach Schema fand ein Schnitt der Kirschbäume statt, hingegen in der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte nicht. Im Blütenansatz war zwischen den Varianten kein Unterschied festzustellen, daher ist es umso überraschender, dass auf der Fläche von Kontrolle und Steuerung nach Schema bei der

Behangsbonitur maximal eine mittlere Wertung erzielt wurde und bei der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte ein „sehr hoher Behang“ bonitiert wurde. Gründe für diese Behangsunterschiede sind nicht auf die Bewässerungssteuerung, sondern auf Unterschiede in der Befruchtung, eine eventuelle Vitalitätsstörung von Pollen oder Griffel, aus natürlichen Gründen oder falscher Pflanzenschutzanwendung, oder auf den Hormonhaushalt in der Pflanze durch äußere Einflüsse zurückzuführen. Insgesamt könnten auf der Fläche mit dem geringen Behang schlicht zu wenige bestäubende Insekten unterwegs gewesen sein. Auf der Fläche mit geringem Behang ist eine Reihe `Rubin` (S_3S_{12}) als Befruchtersorte mit je drei angrenzenden Reihen `Regina` (S_1S_3) gepflanzt. Auch in den direkt angrenzenden Reihen hat dies nicht zu einem optisch höheren Behang geführt. Die Befruchtersorte lag bei der Behangsbonitur bei der Wertung „sehr hoch“. Die Blühtermine der beiden verwendeten Sorten liegt zwar eng beisammen, allerdings liegt im S_3 -Allel Selbstinkompatibilität vor und so ist nur eine 50% ige Befruchtung möglich (Schuster, 2006; Hilsendegen und Balmer, 2017). Dies erschwert demnach die Befruchtung. Die Sorte `Regina` neigt in manchen Jahren zu sehr hohem Fruchtfall direkt nach der Abblüte. Dies kann durch mehrere Faktoren beeinflusst sein. Verantwortlich können die Nährstoffversorgung, Entwicklungsstress, Trockenheit, Virusbefall, Winter- oder Blattschäden sein. Wüchsige Bedingungen und ein geänderter Hormonhaushalt könnten der Auslöser sein. Als Grund können auch die Temperaturentwicklungen auftreten. Als kritischer Wert werden im Frühjahr etwa 15 °C im Tagesmittel angenommen. Zum Überschreiten der „Leistungslinie“ bei 15 °C sollte im April und Mai also möglichst oft eine höhere Temperatur vorliegen (Lorenz, 2013). Im Frühjahresverlauf 2018 nach Abbildung 3 wurden der Wert nur an wenigen Tagen überschritten, was möglicherweise in Kombination mit weiteren möglichen Faktoren zu einem derartig geringen Behang geführt hat.

Auf der Fläche mit Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte lag ein solches Problem nicht vor, hier dient die selbstfruchtbare Sorte `Grace Star` mit einem S_4 -Faktor als Befruchter der Sorte `Regina` (Schuster, 2006; Hilsendegen und Balmer, 2017). Der sehr hohe Behang hat hier zur Folge, dass die Bäume die zur Verfügung stehenden Ressourcen auf mehr Kirschen verteilen mussten, mit der Folge, dass die Kirschen im Wachstum zurückblieben und uneinheitlicher wuchsen, wie in Abbildung 23 und 25 nachzuverfolgen. Bei der Betrachtung der Ernteergebnisse fällt in Abbildung 26 bei der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte die hohe Anzahl an Kirschen mit fast 11000 Stück bei fünf Bäumen und der höhere prozentuale Anteil

an Früchten kleiner als 28 mm auf. Im Mittelwertvergleich mit Signifikanzberechnung zeigt die KWB und Bodenfeuchte den höchsten prozentualen Anteil an Früchten unter 28 mm, allerdings keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle und der Steuerung nach Schema. Lediglich bei den großen Größen über 30 mm zeigt sich ein signifikanter Unterschied zur Bewässerung nach Schema. Für die Vermarktung wichtigste Größenklasse mit Größen über 28 mm zeigen sich keine signifikanten Unterschiede und auch kein Nachteil des sehr hohen Behangs. Das Fehlen der Größen über 30 mm wird durch die Menge von etwa 129 Kg gegenüber der etwa 30 Kg der Steuerung nach Schema wett gemacht. Verrechnet auf die Hektarerträge, wie in Tabelle 2 gezeigt, wird eine höhere Tonnage an Größen über 30 mm und auch den anderen Größen erreicht.

Durch die Bewässerungssteuerung konnte das Wachstumsdefizit durch den hohen Behang nicht über das Wachstum der anderen Varianten gebracht werden. Lediglich eine Heranführung war möglich. Ohne die Bewässerungsstrategie hätte das Wachstum vermutlich stärker stagniert und ein solch gutes Ergebnis in den Größen, trotz der Umstände, wäre vermutlich nicht möglich gewesen. Ein Schnitt der Bäume hätte zu weitaus besseren Ergebnissen führen können in Punkto Größen und Einheitlichkeit und zeigt die Wichtigkeit aller Kulturmaßnahmen im Zusammenspiel des Wachstums der Kirschen und im Ertrag.

In der Abbildung 29 zeigt sich in den Boxplots mit Signifikanzberechnung mit den Werten der letzten händischen Durchmesser messung am Baum mit digitaler Schieblehre, dass der Durchmesserunterschied der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte in Abbildung 25 signifikant kleiner ist als die Kontrolle und die Steuerung nach Schema. Ebenso wird eine höhere Streuung der Werte erkennbar. In dieser Betrachtung kommt der unterschiedliche Probenumfang zusammen mit den eingangs erwähnten Fehlern bei der händischen Messung mit der Schieblehre für die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte vermutlich negativ zu tragen.

Um die Messfehler der händischen Messung zu reduzieren und den Probenumfang gleich zu setzen, wurden die entstandenen Lücken aufgrund von Ausfällen aufgefüllt. Der Probenumfang wurde auf 25 Früchte pro Baum erhöht und der Fruchtdurchmesser einheitlich mit dem „Firmtech – FT7“ gemessen. Hier zeigt sich im Boxplot mit Signifikanzberechnung, Abbildung 30, nun bei der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte eine geringe Streuung der

Werte gegenüber der Kontrolle und auch ein mit sehr schwacher Signifikanz ($p = 0,04856$) größerer Fruchtdurchmesser gegenüber der Kontrolle. Jedoch zeigt sich mit weitaus höherer Signifikanz ein geringerer Durchmesser im Vergleich zur Bewässerung nach Schema.

Bei der Auswahl der Kirschen wurde darauf geachtet, Kirschen in ähnlicher Position wie die schon markierten Kirschen, zu wählen. Möglicherweise hat diese Auswahl zusammen mit der automatischen FT7 – Messung zu den anderen Ergebnissen im Vergleich zu den händischen Schieblehremessungen, mit den dortigen Schwächen, geführt. Anhand dieser Ergebnisse lässt sich keine Aussage darüber treffen, mit den herrschenden Unterschieden in der Kultur, ob die Bewässerungsstrategie nach KWB und Bodenfeuchte größere Kirschen erzielt als die Versorgung der Bäume nur über natürliche Niederschläge.

Mit auf den Hektar bezogen 40 m^3 höherem Wasserverbrauch als die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte, in Kombination mit dem weitaus geringeren Behang, ist es wenig überraschend, dass bei der Bewässerung nach Schema während der kontinuierlichen Fruchtdurchmessererfassung kaum Streuung der Werte auftritt, in der prozentualen Gewichtsverteilung der Größen der Anteil der Größen über 30 mm mit signifikantem Unterschied zur Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte vorliegt. Das Gleiche zeigt sich auch in den Abbildungen 29 und 30 bei den Boxplots nach Schieblehren- und FT7-Messung. Die Streuung ist etwa gleich gering, lediglich liegt der Boxplot bei der FT7-Messung etwas höher, aber es zeigen sich signifikante Unterschiede zur Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte. Da die ausgebrachte Wassermenge höher ist, sind die Unterschiede gegenüber der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte auf den fehlenden Schnitt dieser Bäume und den Behangsunterschied zurückzuführen. Dies zeigt wiederum die Notwendigkeit von Kulturmaßnahmen, wie dem Schnitt, zeigt.

5.4. Steuerung nach Schema gegenüber der Kontrolle

Interessanter ist, durch die bessere Vergleichbarkeit, der Vergleich zwischen Schema und Kontrolle aufgrund gleicher Kulturführung und ähnlichem Behang. Bei der Gesamtbetrachtung der prozentualen Größenerteilung liegt das Schema über der Kontrolle bei den großen Größen, jedoch mit schwach ($p = 0,30$) nicht signifikant unterschiedlich. In den Boxplots des Fruchtdurchmessers zeigt sich, dass die Streuung der Werte im Vergleich zur Kontrolle etwa halb so groß ist, sprich die Kirschen in ihrem Wachstum und Abschlussgröße einheitlicher

vorliegen. Ebenfalls ist der Durchmesser der Kirschen signifikant höher als der der Kontrolle. Die Einheitlichkeit der Ernte ist neben der Größe ein Merkmal für gute Qualität und auch mit dem Sortieraufwand im Hinterkopf erstrebenswert.

5.5. Vergleich weiterer Erntekriterien

In der Betrachtung der Fruchtfestigkeit in Abbildung 31 liegen die Kontrolle und die zwei Varianten, auch mit ähnlicher Streuung in den Werten, nahezu gleich auf. Lediglich die Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte zeigt leicht weichere Früchte, allerdings nicht mit signifikantem Unterschied, als die Kontrolle und die Steuerung nach Schema. Dies ist nicht auf die Bewässerungsstrategie, sondern auf den hohen Behang dieser Variante zurückzuführen. Die Assimilate müssen auf mehr Früchte verteilt werden, mit der Folge, dass die einzelne Frucht weniger abbekommt. Dies zeigt sich auch beim Anteil löslicher Trockensubstanz in der Tabelle 3. Hier ist der Zuckergehalt der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte zwischen 0,5 und 1 °Brix geringer. Geschmacklich ergibt sich hierdurch allerdings kein Unterschied. Auch im sensorischen Eindruck der Saftigkeit macht sich kein Unterschied bemerkbar. Eine Beeinflussung der inneren Werte durch die Bewässerungsstrategie konnte in diesem Versuch nicht gezeigt werden.

5.6. Fazit

Obwohl die Bodenfeuchtwerte der Kontrolle nicht in den kritischen Bereich geraten sind und eine Bewässerung nicht zwingend notwendig gewesen wäre, zeigt sich im Kulturverlauf 2018 an diesem Standort, dass durch Bewässerung eine höhere Qualität, gemessen an der Größe und Einheitlichkeit, erzielt werden kann. Eine Bewässerung ist als grundlegend positiv zu sehen. Ob ein besseres Bewässerungsmanagement, wie die Steuerung nach klimatischer Wasserbilanz und Bodenfeuchte mit höherem Zeitaufwand in der Planung der Bewässerungsgaben, zu besseren Ergebnissen führen kann, konnte in diesem Versuch durch die gegebenen Umstände und die Betrachtung lediglich eines Kulturjahres nicht abschließend geklärt werden.

6. Ausblick

Eine Optimierung des Bewässerungsmanagements im Süßkirschenanbau in einem solchen Gemeinschaftsprojekt erweist sich durchaus als sinnvoll, um die knappe Ressource Wasser zu

schützen und die Produktionskosten gering zu halten, vor dem Hintergrund gute Produkte mit hoher Qualität zu produzieren. Durch die Automatisierung mit der Adcon-Bewässerungssteuerung wird der Zeitfaktor in der Bewässerungsplanung minimiert, setzt allerdings voraus, dass ein geeignetes Schema verwendet wird und hierzu auch die benötigten Daten in das System einfließen und zur Planung herangezogen werden können. Eine Erweiterung der Adcon-Anlage durch eine eigene Wetterstation hat im Juni 2018 stattgefunden. Für eine Bewässerung müsste in die Wetterstation noch die Verdunstungsmessung aufgenommen werden sowie eine Erweiterung der Bodenfeuchtesensoren. In der Anlage steckt vieles an Potential, das noch nicht ausgeschöpft wird, aber in der Zukunft möglich wäre. Trotz genauester Planung der Bewässerungseinheit ist der Anbauer in der Adcon-Anlage in diesem Gemeinschaftsprojekt an die Einteilung der Zeiten gebunden. In diesen Zeiten muss der Anbauer die zu bewässernden Flächen so schalten, dass es der Kultur gerecht wird und die Bewässerung auch technisch durch die Anlage umgesetzt werden kann. Aufgrund der unterschiedlichen Topographie im Anbaugebiet gepaart mit einer großen Zerstückelung der Flächen und der begrenzten Wassermenge können nur bestimmte Flächen miteinander gleichgeschaltet werden, da sonst eine gleichmäßige Versorgung aufgrund der Druckverhältnisse nicht möglich ist. Hierdurch entstehen aufgrund mangelnder Flächen oder Flächengröße des einzelnen Anbauers in einer Bewässerungseinheit, durch zu geringer Abnahme, ungenutzte Wassermengen, die nicht gespeichert werden können. Einem anderen Anbauer hingegen, mit hoher Abnahme, kann seine Bewässerungszeit oder seine Fläche nicht komplett ausnutzen, da die zur Verfügung stehende Wassermenge von etwa 16 m³/h nicht ausreichen. Dies erschwert die Planung der Bewässerung für die Anbauer. Hier wäre eine Bewässerungsstrategie anhand einer Sektorenaufteilung, kombiniert mit den Kulturbedürfnissen, der im Sektor liegenden Kulturen sinnvoller. Um die Steuerung nach den Anforderungen der Kultur zu optimieren, ist eine Bewässerung nur nach Zeitplan nicht im Sinne einer zukunftsorientierten Optimierung. Hier empfiehlt sich möglicherweise eine gerechte und kulturspezifische zentralisierte Steuerung der Bewässerung durch einen Verantwortlichen über Betriebsgrenzen hinweg. Ein Einsatz eines Managers würde die Betriebe weiter entlasten, eine optimalere Auslastung der Bewässerungsanlage nach sich ziehen und ermöglicht eine flächendeckende Überwachung der Parameter. Ebenso wichtig wie die Steuerung ist die Kontrolle des Systems vor Ort, wie etwaige Schäden an den Schläuchen, und anhand der aufgezeichneten Daten am Computer eine Aufgabe, die Zeit beansprucht und durch eine

Gesamtübersicht vereinfacht werden könnte, da so erkannt werden kann, wenn zum Beispiel ein Wasserzähler Durchfluss registriert, obwohl kein Wasser fließen sollte. Diese Kontrolle ist durch die momentane Aufteilung des Systems nicht möglich.

Welche Strategie nun für die optimale Fruchtgröße bei Süßkirschen der Sorte `Regina` verwendet werden sollte, konnte in diesem Versuch nicht geklärt werden, deutet aber an, wie Wasser im Fall der Steuerung nach KWB und Bodenfeuchte eingespart werden könnte, mit einem Ergebnis, das sich trotz der vorliegenden Schwächen in anderen Kulturmaßnahmen sehen lassen kann. Eine Wiederholung des Versuchs, auch über mehrere Kulturjahre hinweg, mit einheitlicheren Bäumen, wäre für eine bessere Aussage zur Bewässerungsstrategie sinnvoll. Die Suche nach geeigneten Strategien zur optimalen Wasserausbringung und Verteilung wird für die Anbauer in Deutschland, insbesondere in wasserarmen Regionen, zur Produktion von gut vermarktungsfähigen Früchten mit bester Qualität und Fruchtgröße und dennoch möglichst geringen Produktionskosten eine Rolle spielen, um sich im Wettbewerb gegen in- und ausländische Konkurrenten zu behaupten, die Vorteile in einigen Produktionsfaktoren, wie Wasserverfügbarkeit, Böden, Belichtung, Personalkosten, politischen Vorgaben und Schädlingsdruck haben. Als Lösung bietet sich hier die Entwicklung einer Bewässerungsstrategie an, welche eine Stellschraube bei der Problembewältigung sein kann.

Die Steuerung über die klimatische Wasserbilanz anhand von Modellrechnungen fällt in diesem Versuch negativ auf, gerade in Punkto Wassersparen auf guten Böden. In einer neueren Version des Onlinerechners des DLR sind einige Anpassungen in Planung und in Umsetzung, um diese Modellrechnungen zu optimieren.

Bewässerung wird als ein Glied in der Herstellungskette von frischen Produkten in der Zukunft, in Kombination mit einem guten Management der zur Verfügung stehenden Wassermenge und Verteilungsmöglichkeiten, an Wichtigkeit zunehmen und ist in Betrieben mit dem Anspruch qualitativ und ressourcenschonend Lebensmittel herzustellen nicht mehr wegzudenken. Wasserverfügbarkeit ist gerade mit Blick auf den Sommer 2018 ein Thema, welches in der öffentlichen Diskussion steht und aufgrund hoher Ungewissheit über Wetterphänomene und Klimawandel auch in der Zukunft nicht an Relevanz verlieren wird.

Um Wetterphänomenen, wie zum Beispiel langanhaltendem Regen in der Reifephase der Kirsche, wodurch diese platzen und nicht mehr vermarktungsfähig sind, zu trotzen, werden

mehr und mehr Kulturverfahren entwickelt wie die Abdeckung mit Regenkappe oder der Abdeckung mit Regendach einer gesamten Anlage. Eine solche Abdeckung erfordert zwingend die Möglichkeit die Bäume mit Zusatzwasser zu versorgen. Durch die Kosten eines Regendaches nehmen die Produktionskosten enorm zu. Aus diesem Grund ist es umso wichtiger eine Bewässerungsstrategie zu finden, die für eine optimale Versorgung der Bäume, ausreichende Fruchtgröße und Qualität bei gleichzeitigem Wassersparen sorgt. Die Abbildung 32 als Randbetrachtung bei diesem Versuch zeigt den Bodenfeuchteverlauf einer mit einem Regendach abgedeckten Anlage. Das Dach wurde um den 12. April geschlossen und erst wieder nach der Ernte geöffnet. Die Abbildung 32 ist beispielhaft dafür, wie durch stetige Beobachtung der Bodenfeuchte und Planung der Bewässerung die Bäume immer im optimalen Feuchtebereich unter 30 cbar liegen und nicht der kontrollierten Steuerung entgleiten. Hier konnten Fruchtgrößen im Mittel aus 25 Früchten bei der Sorte `Regina` mit einem Durchmesser um etwa 32,5 mm und bei `Samba` mit einem Durchmesser um etwa 30,3 mm (fünf Tage vor der Ernte) erzeugt werden. Der Wasserverbrauch lag in der Summe bei etwa 186 m³/ha.

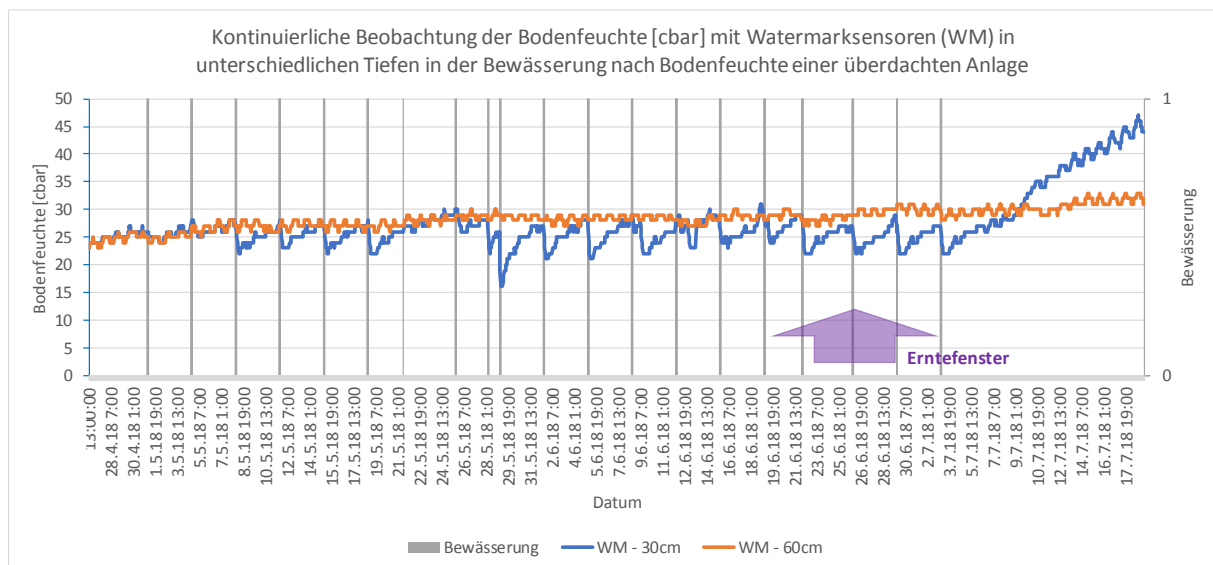


Abbildung 32: Aufzeichnung der Bodenfeuchte [cbar] in der Steuerung nach Bodenfeuchte in einer überdachten Kirschanlage. Auf der sekundären Achse sind als Balkendiagramm die Bewässerungseinheiten aufgetragen. Als Kriterium zum Start der Bewässerung ist 30 cbar.

Als persönliche Erfahrung nehme ich aus der Bearbeitung dieses Projektes mit, welche Möglichkeiten sich durch das Arbeiten mit modernster Bewässerungstechnik eröffnen. Darüber hinaus habe ich gelernt, wie ein Versuchsaufbau für diesen Hintergrund zu gestalten ist, welche

Schwierigkeiten gerade in der Praxis lauern, wie mit diesen umzugehen ist und worauf bei einer Wiederholung des Versuchs zu achten wäre, um bessere Versuchsergebnisse zu erzielen. Im Versuchsverlauf habe ich einiges über die Kultur Süßkirsche gelernt, welche vorher nicht in meinem persönlichen Fokus stand. Im Verlauf des Versuchs habe ich den Umgang mit verschiedener Messtechnik gelernt und Erfahrungen beim Umgang mit dieser gesammelt.

7. Tätigkeiten in der Praxiszeit

Da das DLR Rheinpflanz in Oppenheim nicht nur eine beratende Funktion hat, sondern auch angeschlossene Versuchsfläche besitzt und einige Versuche auf diesen ausführt, fielen im Außenbetrieb einige Arbeiten an, bei denen ich mithelfen oder welche ich allein ausführen konnte, um die Versuchsbäume je nach Ansprüchen der Versuche zu behandeln. Durch die Praktikumszeit wurde fast die ganze Kulturzeit und somit auch die anfallenden Tätigkeiten abgedeckt. Begonnen hat es im März mit klassischen Schnitarbeiten an den Versuchskulturen Süßkirschen, Sauerkirschen, Zwetschen, Pfirsiche und Mirabellen, wobei eine Vielzahl von verschiedenen Schnittwerkzeugen und Schnitttechniken zum Einsatz kamen. Im weiteren Kulturverlauf wurden einige Arbeiten zur Ertragsregulierung und Vegetationsförderung für die kommenden Jahre durchgeführt, wie dem Ritzen und Ausbrechen von Blütenknospen bei Süßkirschen, über Handausdünnung bei Aprikosen und Formierung von jüngeren Zwetschen und Aprikosen mittels Gewichten, verbunden mit hohem Zeitaufwand. Parallel zu diesen Arbeiten mussten zeitnah einige Messungen und Bonituren für die Versuche an den Kulturen durchgeführt werden. Hierbei wurde unter anderem einzeln die Krone jedes Baumes vermessen. Im weiteren Verlauf nahm ich an weiteren Bonituren teil wie der Blühterminerfassung und Blühstärke, Scharka-Bonituren oder auch Probensammlungen. Ein Großteil der Bonituren fanden im Labor statt, in dem ich bei der Erfassung von Fruchtbonituren vor der Ernte teilnahm. Ein Teil der Bonituren konnte mittels eines „Husky`s“ direkt in die Datenbanken auf dem Computer übernommen werden. Allerdings einiges nicht, woraus sich einige Dateneingaben in das „OV-System“ und Excel ergaben, die von mir umgesetzt wurden. Darüber hinaus fielen im Büro weitere Text- und Dateneingaben an, die es zu bearbeiten galt. Neben den Arbeiten, die rund um die Versuche anfielen, habe ich auch bei der Bonituren aus dem Pflanzenschutzbereich mitgewirkt wie Fallenzählungen und beim Auszählen von Eiablagen der Kirschessigfliegen auf Früchten. Zu immer wiederkehrenden Terminen gehörten die vierzehntägigen Feldrundgänge,

an denen ich teilnahm. Außerordentlich kamen Ortstermine der Beratung, Fallenrundfahrten und einige Veranstaltungen hinzu. Beim Gartenmarkt übernahm Werner Dahlbender zusammen mit mir die Betreuung des Standes „Pflanzendoktor“, bei dem reger Besucherverkehr über aktuelle invasive Schädlinge informiert wurde, wie in Abbildung 33 zu sehen. Daraufhin folgten weitere Veranstaltungen, bei denen ich kleinere Aufgaben in der Vorbereitung übernahm. Diese Veranstaltungen waren eine Technikvorführung in Mainz-Drais im April, der Kirschentag im Juni und der Zwetschentag im Juli. Ein großer Teil meiner Arbeitszeit wurde durch mein eigenes Projekt eingenommen, bei dem einige Messungen, Planungen und zeitnahe Aufbereitungen durchzuführen waren.



Abbildung 33: Gartenmarkt Oppenheim; Dahlbender und Myrzik am Stand "Pflanzendoktor".
(verändert nach: Bildersammlung DLR R-N-H, 2018)

8. Persönliches Resümee

Meine Zeit beim DLR-Rheinpfalz in Oppenheim behalte ich in sehr guter Erinnerung. Ich bin mit meiner Entscheidung, das Praktikum an diesem Standort und dieser Einrichtung absolviert zu haben, sehr zufrieden. Das Betriebsklima war stets sehr angenehm und ich habe mich von den Kollegen gut aufgenommen gefühlt. Meine ehemaligen Kollegen waren stets zuvorkommend, hilfsbereit mir meine Fragen zu beantworten oder bei Problemen zu helfen und

immer bemüht, mich in die tägliche Arbeit nach Möglichkeit zu integrieren. Durch die Kulturen und deren Vegetationsverlauf dieser hat sich ein abwechslungsreicher Arbeitsalltag ergeben, welcher mir besonders gut gefallen hat. Im Vorfeld des Praktikums habe ich schon einige Kenntnisse im Obstbau besessen, welche durch das Praktikum vor allem im Steinobst durchaus erweitert wurden. Die Arbeit unterteilte sich in Arbeiten auf den Versuchsflächen, Büroarbeit und Arbeiten im Labor. Der Wechsel zwischen den Arbeiten wurde mir, sofern es möglich war, frei wählbar überlassen, so konnte man schlechtem Wetter oder der Hitze im Sommer ein wenig entkommen. Über das in mich gesetzte Vertrauen über die Eigenverantwortung habe ich mich sehr gefreut.

Durch die Feldrundgänge und die Veranstaltungen habe ich Rheinhessen etwas besser kennengelernt und konnte mit dem einen oder anderen Anbauern ins Gespräch kommen. Eine besondere Erfahrung war hierbei die „Phytorundfahrt“, bei der in einigen Anlagen Proben gesammelt wurden oder auch die Beschau eines Feuerbrandverdachtetes, der sich später als Fehleinschätzung herausstellte, bei denen man detektivisch aktiv werden konnte.

In der Sparte von phytomedizinischen Themen, insbesondere bei dem Aufkommen von invasiven Arten, habe ich ein Interesse entdeckt, welches ich in der Zukunft auch gerne vertiefen würde.

Überrascht hat mich an der Arbeit in der Abteilung Obstbau der Umfang des Versuchswesens, welcher am Standort neben den beratenden Tätigkeiten durchgeführt wird. Ein solcher Umfang ist nur bei gutem Zusammenspiel aller Mitarbeiter möglich. Man bemerkt als Außenstehender, die Freude und den Stolz der Mitarbeiter ein wichtiger Bestandteil der Versuche zu sein und etwas zum Erfolg beitragen zu können. Auch wenn sich die eine oder andere Zählung hingezogen hat, hat es dennoch Freude bereitet, zu wissen, dass das Ergebnis, an dem man mitgeholfen hat, in irgendeiner Form zu weiteren Erkenntnissen im Versuch führt und in einer Datenaufbereitung Berücksichtigung findet.

Zu Beginn des Praktikums war ich etwas überfordert und hatte Schwierigkeiten mich in der Fülle an neuen Eindrücken und Informationen zurechtzufinden, was sich aber rasch auch durch die Unterstützung der Kollegen wieder gelegt hat.

Das Praktikum hat auf meine spätere Berufswahl einen positiven Einfluss, da ich für mich entdeckt habe, dass mir das Arbeiten in der Beratung mit Versuchswesen, gerade in der Datenerhebung viel Spaß gemacht hat.

Chancen sehe ich persönlich in diesem Berufsfeld allerdings wenig positiv, da die Anzahl der Mitarbeiter in staatlichen Institutionen stets rückläufig ist. Dies erachte ich als kritisch, da es wichtig ist, auch objektive Meinungen und Versuchsergebnisse weitestgehend kostenfrei den Anbauern zur Verfügung zu stellen. So blicke ich der Arbeit beim DLR-Rheinpfalz in Oppenheim, da sich für mich nicht die Gelegenheit bietet, in naher Zukunft ein Teil dessen zu werden, mit Wehmut nach.

Dennoch kann ich mit gutem Gewissen ein Praktikum in der Obstbauberatung beim DLR-Rheinpfalz in Oppenheim weiterempfehlen, gerade für diejenigen, die ihr fachliches Wissen im Steinobstkulturen erweitern wollen und sich für das Versuchswesen und beratende Tätigkeiten interessieren. Nicht zuletzt empfehle ich die Praktikumsstelle auch durch das positive Arbeitsklima und die angenehmen Kollegen.

Insgesamt habe ich das Praktikum mit vielen positiven Erfahrungen beendet.

Literaturverzeichnis

- Agrarmeteorologie RLP.** 2012. *Bewässerung - Baum- und Beerenobst.*
<http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlrsearesult.xsp?src=27SN9US9TD&p3=9203R4M5VS&p4=U45E4H4MA1&p1=title%3DBewässerung+-+Baum-+und+Beerenobst~~url%3DCN%3DSeminar-iNotes2%2FOU%3DSeminar%2FO%3DAV-RPL~~Internet%2Fglobal%2Fthemen.nsf~~4083FD126E862086C1257AAD00366BB0~1~~xpccontent.xsp~~undefined>. 23 Oct. 2018.
- Arbeitskreis Obstbaulicher Leistungsprüfung im Verband der Landwirtschaftskammern e.V.** 2010. *Durchführung von Obstbaulichen Leistungsprüfungen.*
<http://www.dlr.rlp.de/internet/dienststellen/obstbau/obstversuche.nsf/WebObstart?OpenPage>. 07 Aug. 2018.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).** 2004. *Böden und ihre Nutzung: Parabraunerde aus Löss.*
<https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/nutzung/034149/index.php?auswahl=>. 15 Nov. 2017.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).** 2008. *Bewässerung im Ackerbau und in gärtnerischen Freilandkulturen.*
- Deutscher Wetterdienst Agrarmeteorologie.** 2018. *Agrar-Winter 2017/18 mit zwei Seiten: Erst nasse, dann eisige Böden.*
https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/3-2__rueckblicke/2018/bericht_winter_2017_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=3. 08 Jul. 2018.
- Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz.** 2018. *Das Servicepaket des DLR Rheinpfalz.* 08 Jul. 2018.
- Hilsendegen P, Balmer M.** 2017. *Befruchtung Süßkirschen (Pollination sweet cherries).*
<http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/e650a8b9e58e4b09c1257a22002a91da/4560c5b7c02d3485c12576730044c350?OpenDocument>. 07 Aug. 2018.
- Immik E.** 2012. *Bedarfsorientierte Bewässerung im Obstbau: Profiseminar am 06. November 2012 in Oppenheim.* Oppenheim.
- Immik E.** 2018. *Hintergrundwissen zum Bewässerungsmanagement.* persönliche Mitteilung. DLR Rheinpfalz, Oppenheim.
- Irriport e.K.** *Projekteigenschaften einer Bewässerungsanlage in Finthen bei Mainz (ca. 65 ha).* 09 Jul. 2018.
- Irriport e.K.** 2018. *Projekteigenschaften einer Bewässerungsanlage in Finthen bei Mainz.* Ingelheim am Rhein.
- Knoche M, Winkler A.** 2017. *Das Platzen von Kirschen: Mythen, Mechanismen und Maßnahmen.* OVR - Mitteilungen des Obstbauversuchringes des Alten Landes e.V. am ESTEBURG - Obstbauzentrum Jork, 165–172.

Kompetenzzentrum Gartenbau. 2017. *Beratung, Versuchswesen, Aus- und Weiterbildung für den Obstbau in Rheinland-Pfalz: Wir über uns.*

Krebs S. 2018. *Information zum Firmtech FT7.* persönliche Mitteilung. DLR Rheinpfalz, Oppenheim.

Krüger E. 2009. Die Klimatische Wasserbilanz - eine Methode zur effektiven Bewässerungssteuerung für verschiedene Obstarten. Vortrag, Hochschule Geisenheim.

Lorenz J. 2013. Warum fallen 2013 so viele Kirschen? *Obstbau*, 407–408.

MMM - Mosler Tech Support. 2018. *Watermark Sensor: Das wartungsfreie Mess-System von Irrrometer.* www.mmm-tech.de/de/watermark/wms. 14 May. 2018.

Schuster M. 2006. *Süßkirschzüchtung - Befruchtung bei Süßkirschen.*

UP Umweltanalytische Produkte GmbH. 2015. *Obstqualität - Festigkeit - Firmtech FT7.* https://www.upgmbh.com/fileadmin/produkte/pdf/26000a_FT7_Datenblatt.PDF. 02 Aug. 2018.