

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger:

Projektkoordination:

Hochschule Geisenheim, Institut für Gemüsebau

Prof. Dr. Jana Zinkernagel

Von-Lade-Str.1

65366 Geisenheim

Berichtersteller:

Jürgen Kleber

Projektbetreuung Niedersachsen:

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Geschäftsbereich Landwirtschaft, Sachgebiet Beregnung

Ekkehard Fricke

Hans-Böckler-Allee 20

30173 Hannover

Berichtersteller:

Andreas Meyer

Projektbetreuung Hessen/Rheinland-Pfalz:

LLH Hessen, Landwirtschaftszentrum Eichhof Bad Hersfeld

Dr. Gotthard Schaumberg

Schloss Eichhof

36251 Bad Hersfeld

Berichtersteller:

Ralph Scheyer

Förderkennzeichen:

2811MD100, 2811MD200, 2811MD300

Thema:

„Demonstrationsbetriebe zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau“

Laufzeit des Projektes:

01.08.2012 bis 31.12.2016

Berichtszeitraum:

01.08.2012 bis 31.12.2016

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung und Ziele des MuD-Vorhabens.....	7
1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens	8
1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand	9
1.2.1. Bewässerungssteuerung.....	9
1.2.1.1. Bewässerungssteuerung mit Bodenfeuchte-Sensoren.....	10
1.2.1.2. Klimatische Wasserbilanz – "Geisenheimer Bewässerungssteuerung"	11
1.2.2. Bewässerungstechnik	11
1.2.2.1. Kreis- und Linearberechnungsmaschinen.....	11
1.2.2.2. Mobile Berechnungsmaschinen.....	12
1.2.2.3. Tropfbewässerung	12
2. Arbeitsverlauf	15
2.1. Region Niedersachsen	15
2.1.1. Laut Arbeitsplan geplante Arbeitsschritte während des Berichtszeit-raums	15
2.1.2. Tatsächlich durchgeführte Arbeitsschritte und erreichte Ziele.....	16
2.2. Region Hessen / Rheinland-Pfalz.....	19
2.2.1. Laut Arbeitsplan geplante Arbeitsschritte während des Berichtszeitraums	19
2.2.2. Tatsächlich durchgeführte Arbeitsschritte und erreichte Ziele.....	20
2.3. Vergleich der Projektdurchführung mit dem verbindlichen Arbeits- und Zeitplan	22
2.4. Vergleich der verwendeten Mittel mit dem verbindlichen Finanzierungsplan	22
3. Eingehende Darstellung der Ergebnisse	23
3.1. Niedersachsen	23
3.1.1. Betrieb Henning Holste	23
3.1.1.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	23
3.1.1.2. Änderungen im Bewässerungsmanagement.....	23
3.1.1.3. Ausblick	26
3.1.2. Betrieb Jürgen Kramer	27
3.1.2.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	27
3.1.2.2. Änderungen im Bewässerungsmanagement.....	27
3.1.2.3. Ausblick	30
3.1.3. Betrieb Henning Meyer.....	30
3.1.3.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	30
3.1.3.2. Ausblick	33
3.1.4. Betrieb Ulrich Dörrheide	33
3.1.4.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	33

3.1.4.2.	Änderungen im Bewässerungsmanagement.....	33
3.1.4.3.	Ausblick.....	35
3.1.5.	Betrieb Ulrich Elbers.....	36
3.1.5.1.	Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	36
3.1.5.2.	Änderungen im Bewässerungsmanagement.....	36
3.1.5.3.	Ausblick für die Zeit nach dem Projekt.....	38
3.1.6.	Betrieb Jan Bokelmann	39
3.1.6.1.	Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	39
3.1.6.2.	Änderungen im Bewässerungsmanagement.....	40
3.1.6.3.	Ausblick.....	41
3.1.7.	Vorträge und Veröffentlichungen.....	42
3.2.	Hessen.....	44
3.2.1.	Betrieb Werner und Andreas Ewald G.b.R	44
3.2.1.1.	Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	44
3.2.1.2.	Ausblick.....	46
3.2.2.	Betrieb Albert Kunna Gartenbau	47
3.2.2.1.	Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	47
3.2.2.2.	Ausblick.....	49
3.2.3.	Betriebsgemeinschaft Ludwig.....	49
3.2.3.1.	Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	49
3.2.3.2.	Ausblick für die Zeit nach dem Projekt.....	51
3.2.4.	Betrieb Kärcher und Ruhstorfer G.b.R.....	52
3.2.4.1.	Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	52
3.2.4.2.	Ausblick.....	54
3.2.5.	Betrieb Danuta und Dieter Schenck	54
3.2.5.1.	Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	54
3.2.5.2.	Ausblick.....	56
3.2.6.	Betrieb Richard Ohmer.....	57
3.2.6.1.	Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt	57
3.2.6.2.	Ausblick für die Zeit nach dem Projekt.....	58
3.2.7.	Vorträge und Veröffentlichungen.....	59
3.3.	Bericht der Koordinatoren.....	61
3.3.1.	Wichtige Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse.....	61
3.3.2.	Vorträge und Veröffentlichungen.....	62
3.3.3.	Ergebnisse der Betriebsleiterbefragung zur Erfolgskontrolle	64

3.3.3.1.	Antworten zu Themen die dem Betriebsleiter vor Beginn der Projektlaufzeit wichtig waren	64
3.3.3.2.	Antworten zu den Erfahrungen die während des Projekts gemacht wurden.	65
3.3.3.3.	Antworten zu den Erfahrungen zur Öffentlichkeitsarbeit im Projekt.....	66
4.	Evaluation des Vorhabens.....	67
4.1.	Zusammenarbeit der Projektbeteiligten	67
4.2.	Kommunikation nach außen.....	68
4.3.	Ausgestaltung der Hoftage.....	68
4.4.	Welche Ziele wurden erreicht, welche nicht.....	68
4.5.	Zusammenfassung.....	69
5.	Gesonderte Abhandlungen.....	71
5.1.	Darstellung des möglichen Forschungsbedarfs	71
5.2.	Kurzfassung der Ergebnisse	72

1. Aufgabenstellung und Ziele des MuD-Vorhabens

Das Modellvorhaben „Demonstrationsbetriebe zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau“ soll einen Beitrag zur Entwicklung einer nachhaltigen Strategie zum Schutz des Grundwassers und dessen Nutzung leisten. Im Mittelpunkt steht hierbei der Anspruch, den ressourcenschonenden Umgang mit Wasser in Landwirtschaft und Gartenbau zu erproben. Den rechtlichen Rahmen bildet auf nationaler Ebene das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) und auf europäischer Ebene die Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Dieses sieht gemäß Artikel 1b vor, eine nachhaltige Nutzung der Wasserressourcen zu fördern. Vorrangig ist laut Artikel 1a die Umsetzung des Schutzes und der Verbesserung des Zustandes aquatischer Ökosysteme und des Grundwassers.

Das öffentliche Interesse für dieses Modellvorhaben resultiert daraus, dass ein verantwortungsvoller und effizienter Umgang mit der Ressource Wasser von Landwirtschaft und Gartenbau verlangt wird und dies auch ein wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen Landwirtschaft ist. Ein effizienter Wassereinsatz sowie die Erhaltung und Verbesserung der Wasserqualität sind als wichtige Zukunftsaufgaben zu sehen.

Insbesondere unter den sich ändernden klimatischen Bedingungen ist die Bewässerung im Freilandgemüsebau als Instrument zur Sicherung guter Qualität und hoher Erträge weiter zu entwickeln. Sachgerechte Strategien des Bewässerungsmanagements verfolgen darüber hinaus das Ziel, Überbewässerung zu vermeiden, um eine bewässerungsbedingte Sickerwasserbildung und die damit verbundenen Stoffeinträge ins Grundwasser zu vermeiden.

Die Demonstrationsbetriebe in zwei ausgewählten Beratungsregionen sollen als Leitbetriebe durch den Einsatz objektiver Verfahren der Bewässerungssteuerung und ressourcensparender Bewässerungstechniken dazu beitragen, dass das Wasser effizienter eingesetzt wird. Moderne Bewässerungstechnologien und ein, den betrieblichen Erfordernissen angepasstes, optimiertes Bewässerungsmanagement sind daher in die Praxis einzuführen und anderen Landwirten, Beratern, Wasser- und Bodenverbänden und der Öffentlichkeit zu demonstrieren.

Die intensive Beratungstätigkeit in den Demonstrationsbetrieben wird es ermöglichen, dort aktuelle Forschungsergebnisse der Bewässerungssteuerung und -technik zu etablieren. Die Betreuung der beteiligten Betriebe ist dabei die Basis für die Weiterverbreitung erfolgreicher Erkenntnisse und Praktiken der Bewässerung in der gemüsebaulichen Praxis.

Um diese Ziele zu erreichen, ist eine exzellente Betreuung und Beratung zur Bewässerung der am Modellvorhaben teilnehmenden Betriebe erforderlich, welche weit über das übliche Maß hinausgeht. Dies erfordert den Einsatz von Beratungskräften. Bewässerungsexperten der zuständigen Dienststellen der Länder, sowie der Hochschule Geisenheim unterstützen diese Berater. Im Rahmen der Beratungsaktivitäten soll in je einem Betrieb pro Beratungsregion in effiziente Bewässerungsanlagen und Bewässerungssteuerungen investiert werden. Die Inbetriebnahme und die Betreuung dieser neuen Techniken werden begleitet und auf Ihre Effizienz überprüft.

Das Modellvorhaben umfasst bis zu zwölf Praxisbetriebe für den Produktionsbereich Freilandgemüsebau, wobei auch Betriebe mit dem Produktionsbereich Ackerbau einbezogen werden können, wenn sie nachweislich in erheblichem Umfang Flächen auch für den Anbau von Gemüse nutzen. Je sechs Betriebe sind in den Regionen Hessen/ Rheinland-Pfalz und Niedersachsen/ Sachsen-Anhalt auszuwählen. In jeder Region können in einem der teilnehmenden Betriebe besondere Maßnahmen zur Implementierung innovativer Bewässerungstechnik gefördert werden, die zur Finanzierung wassereffizienter Bewässerungstechniken dienen. Die beiden Regionen empfehlen sich, da diese im bundesweiten Vergleich den größten Anteil an berechnungstechnisch erschlossenen Flächen aufweisen (Sourell und Dirksmeyer 2009).

Mit diesem Modellvorhaben wird das gesellschaftspolitische Ziel verfolgt, die Ressource Wasser zu schonen, verbunden mit der Stärkung der gemüsebaulichen Praxis durch Einführung effizienterer Produktionsverfahren der Bewässerung.

1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens

Für jeden Demonstrationsbetrieb wird der Ausgangszustand genau beschrieben. Zu erfassen sind: vorhandene Bewässerungstechnik und bereits eingesetzte Verfahren der Bewässerungssteuerung, Anbausortiment und Ertragspotenzial, Schlaggrößen, bisherige schlagspezifische Wasserbereitstellung und –verbrauch. Die Analyse des Ist-Zustandes dient einerseits der Auswahl erforderlicher Umrüstungsmaßnahmen und der geeigneten Bewässerungssteuerungsverfahren in den jeweiligen Betrieben. Andererseits lässt sich damit eine Erfolgskontrolle der Ressourcennutzungseffizienz vornehmen. Erforderliche Umrüstungsmaßnahmen werden vor der Bewässerungsperiode 2013 durchgeführt und getestet. Parallel erfolgt die Einarbeitung der zuständigen betrieblichen Mitarbeiter in die gewählten Verfahren der Bewässerungssteuerung.

Ab dem Frühjahr 2013 werden die kultur- und schlagspezifischen Bewässerungsempfehlungen erarbeitet und fortlaufend deren Umsetzung überprüft. Nach sachgemäßer Installation wird auf Schlägen mit sensorgesteuerter Tropfbewässerung deren Funktionalität regelmäßig kontrolliert. Kultur- und schlagspezifisch werden die ausgebrachten Wassermengen, der berechnungsspezifische Arbeitsbedarf, Wartungsaufwand und Energieverbrauch erfasst und protokolliert. Auf repräsentativen Flächen werden Feldertrag und Marktertrag erfasst, um die Effizienz des Wassereinsatzes zu beurteilen. Während der Vegetationsperiode ist mindestens ein Treffen aller Projektbeteiligten in jeder Anbauregion vorzusehen.

Nach der ersten Beregnungsperiode wird der Erfolg der Implementierung von Bewässerungstechniken und Steuerungsverfahren kontrolliert und Ursachen möglicher Misserfolge analysiert. Der Ressourceneinsatz ist zu bilanzieren. Die Erfahrungen des ersten Jahres werden in einem Zwischenbericht dokumentiert und Konsequenzen für die folgende Beregnungsperiode formuliert.

Durch Informationsmaterial, Seminare und Vor-Ort-Demonstrationen sollen andere Betriebe in der jeweiligen Region motiviert werden, die neuen Verfahren zeitnah zu übernehmen. Auch eine intensive Information der Öffentlichkeit gehört dazu.

Die Ergebnisse werden im Internet auf der Homepage der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung öffentlich bekannt gegeben. Weiter ist vorgesehen, die Ergebnisse durch Seminare, Informationsmaterialien für Fachkreise, Vor-Ort-Maßnahmen wie Hoftage, Präsentation der Ergebnisse und Erfahrungen auf nationalen und internationalen Veranstaltungen bekannt zu machen. Bei der Veröffentlichung von Ergebnissen aus dem Projekt werden einzelne Hersteller, Marken oder Herkünfte nicht genannt.

Der Start für die Demonstrationsbetriebe soll im ersten Halbjahr 2013 erfolgen. Unter Berücksichtigung der in der gartenbaulichen bzw. landwirtschaftlichen Erzeugung üblichen Schwankungen von Jahr zu Jahr und der Zielsetzung, belastbare Daten aus der Praxis zu erhalten, ist eine Praxisphase von mindestens drei Jahren angemessen.

Neben den Demonstrationsbetrieben sind am Gesamtvorhaben die zuständigen Dienststellen der Länder für die Betreuung der Demonstrationsbetriebe vor Ort sowie die Forschungsanstalt Geisenheim für die Koordination beteiligt. Außerdem können bei Bedarf weitere Beteiligte wie z.B. die Wasserbehörden, Verbände oder Universitäten und Forschungseinrichtungen hinzugezogen werden.

1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Wasser ist ein zentraler Faktor für das Pflanzenwachstum. Eine ausreichende Wasserversorgung muss zu jedem Zeitpunkt der Pflanzenentwicklung sichergestellt werden. Im Sinne eines nachhaltigen Einsatzes von Ressourcen und einer Risikominimierung des Nitratreintrags ins Grundwasser soll eine Überbewässerung vermieden werden. Der Einsatz effizienter Bewässerungstechnik, wie z. B. Tropfbewässerung, ist weltweit nach wie vor so stark begrenzt, so dass eine Effizienzsteigerung des Wassereinsatzes nicht ohne eine verbesserte Bewässerungssteuerung zu erreichen ist.

1.2.1. Bewässerungssteuerung

Eine sachgerechte Bewässerungssteuerung hat grundsätzlich Antworten auf zwei Fragen zu liefern: 1. wann und 2. wie viel Wasser benötigen Kulturpflanzen? Objektive Kriterien zur Bewässerungssteuerung finden in der gärtnerischen und landwirtschaftlichen Praxis nach wie vor keinen verbreiteten Einzug. Der ökologische Nutzen einer bedarfsgerechten Bewässerungssteuerung erscheint v. a. für Anbauggebiete bedeutend, bei denen ein hoher Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche bewässert wird. So verhält es sich z. B. im Hessischen Ried, in dem 42 % der Fläche landwirtschaftlich genutzt und davon 96 % bewässert wird (Berthold 2008). Für Regionen, in welchen aktuell oder zukünftig die Wasserbereitstellung nicht gesichert ist, wird die Bedeutung der sachgerechten Bewässerungssteuerung zunehmen.

Neben einer verstärkten Nachfragekonkurrenz um Wasser durch andere Nutzer, wie Industrie und private Haushalte, kann es zu Einschränkungen der Ressource in Folge des Klimawandels kommen. Ein Temperaturanstieg wird einerseits die Evapotranspiration von Kulturpflanzen erhöhen. Andererseits wird eine Umverteilung von Niederschlägen aus dem Sommer in

das Winterhalbjahr nicht ohne Wirkung auf die Wasserverfügbarkeit während der Vegetationsperiode bleiben. Auflagen, die Anbauern aus der EU-Wasserrahmenrichtlinie erwachsen, werden ihr Übriges tun, dass objektive Verfahren der Bewässerungssteuerung auf größeres Interesse stoßen werden.

1.2.1.1. Bewässerungssteuerung mit Bodenfeuchte-Sensoren

Bodenfeuchte-Sensoren können die Frage beantworten, wann Pflanzen Wasser brauchen, wenn Schwellenwerte der Bodentrockenheit als Startsignal der Bewässerung dienen. Die Frage, wie viel Wasser pro Bewässerung ausgebracht werden kann, hat sich nach der Speicherkapazität der aktuell durchwurzelten Bodenschicht zu richten.

Grundvoraussetzung, Bodenfeuchte-Sensoren als Signalgeber für den Bewässerungsstart zu verwenden, ist eine ausreichend gleichmäßige Wasserverteilung über die Fläche. Dies ist im Gemüseanbau in aller Regel nur durch Tropfbewässerungsanlagen zu gewährleisten. Flächige Beregnungsverfahren, insbesondere die in der Praxis noch stark verbreitete Rohrberegnung, vermögen es nicht, die notwendige Wasserverteilgenauigkeit zu erreichen.

Tensiometer erscheinen trotz einiger gravierender Nachteile – Wartungsbedarf, Messung nicht im trockenen Boden und mechanische Empfindlichkeit – nach wie vor für die Steuerung von Tropfbewässerungsanlagen am besten geeignet zu sein. Entscheidend für die Zuverlässigkeit der Tensiometersteuerung sind neben dessen guter Fertigungsqualität die Auswahl des repräsentativen Fühlerstandortes in unmittelbarer Nähe einer Tropfstelle und der sachgerechte Einbau des Tensiometers im Boden. Die Messtiefe entspricht der mittleren Hauptwurzeltiefe, bei Gemüse meist 20 bis 25 cm. Für Gemüse im gewachsenen Boden ist ein Bewässerungsstart ab -100 bis -300 hPa sinnvoll. Die pro Gabe zu verabreichende Wassermenge ist so hoch zu bemessen, dass einerseits die gesamte aktuell durchwurzelte Bodenschicht durchfeuchtet wird, andererseits aber noch keine Wasserversickerung auftritt. Große Einzelgaben verhindern einen zu häufigen Bewässerungsstart. Dies gewährleistet eine hohe Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung, weil zu häufiges Leerlaufen der Tropfleitungen vermieden wird.

Andere Sensoren, die Wassergehalte des Bodens anzeigen, wie TDR (Time Domain Reflectometry) und kapazitive Bodenfeuchte-Sensoren, haben trotz ihrer Wartungsfreiheit andere Nachteile, die die Praktikabilität ihres Einsatzes begrenzen. Auch bei sorgfältiger Kalibrierung der Sensoren auf die jeweilige Bodenart wird bezweifelt, dass die Sensoren unter Feldbedingungen exakte Wassergehalte der Böden anzeigen können. Meist sind nur die zeitlichen Feuchteänderungen und nicht die absoluten Messwerte zu interpretieren. Dies erschwert es, Schwellenwerte der Bodentrockenheit für diese Sensoren zu empfehlen und sie als Signalgeber für den Bewässerungsstart zu nutzen. Von Wassergehaltswerten kann nicht direkt auf die Wasserverfügbarkeit für die Pflanze geschlossen werden, da unterschiedliche Bodenarten das Wasser unterschiedlich stark binden. Kapazitive Bodenfeuchte-Sensoren zeigten zum Teil eine erhebliche Salzabhängigkeit des Messwertes (Mayer und Paschold 2004).

1.2.1.2. Klimatische Wasserbilanz – "Geisenheimer Bewässerungssteuerung"

Der Wasserbedarf von Pflanzenkulturen lässt sich mit der „Klimatischen Wasserbilanz“ berechnen. Der Referenzverdunstungswert nach Penman-Monteith (Allen et al., 1998) wird mit den kultur- und entwicklungsspezifischen Korrekturfaktoren (kc-Werte) multipliziert und somit an den tatsächlichen Wasserverbrauch einer Gemüsekultur angepasst. Tagesbilanzen ergeben sich aus der Differenz des täglichen Wasserverbrauchs und des Niederschlags. Die Tagesbilanzen werden solange zu einer Gesamtbilanz summiert, bis eine pflanzenbaulich sinnvolle Einzelwassergabe erreicht ist. Nach der erfolgten Bewässerung wird die Berechnungsmenge von der Gesamtbilanz abgezogen und die Berechnung fortgesetzt. Bei Niederschlägen, die die aktuelle Gesamtbilanz übersteigen, wird die Gesamtbilanz auf null gesetzt, da zusätzliche Wassermengen versickern. Die Höhe der Einzelwassergabe – der Schwellenwert der Gesamtbilanz für den Bewässerungsstart – ergibt sich aus der aktuell durchwurzelten Bodentiefe und der Bodenart. Die Berechnung sollte zu einem Zeitpunkt beginnen, wenn die Bodenfeuchte bekannt ist. Eine Vorwegberechnung zum Auffüllen eines vorhandenen größeren Wasserdefizits im Boden ist vorzusehen. Die kc-Werte für viele Gemüsearten wurden in Geisenheim erarbeitet und fortlaufend evaluiert.

1.2.2. Bewässerungstechnik

In der Entwicklung der Bewässerungstechnik sind während der letzten 40 Jahre entscheidende Fortschritte erzielt worden. Entsprechend den Forderungen der Anbauer nach besser regulierbaren Bewässerungsverfahren, nach weniger arbeitsintensiven Methoden und schließlich nach Verfahren, die eine möglichst günstige Wasserausnutzung gewährleisten und einen niedrigen Energiebedarf erfordern, ist heute bereits die dritte Generation von Bewässerungsverfahren im Einsatz.

Der Übergang von der Oberflächenbewässerung zur Rohrberegnung, zur Nutzung von Beregnungsmaschinen sowie zur Tropfbewässerung in Intensivkulturen hat sich unter intensiver Forschungstätigkeit auf pflanzenbaulichem, technischem und technologischem Gebiet vollzogen.

Unter Beregnungstechnik wird die Technik verstanden, die zur Wasserverteilung auf dem Feld dient. Die Aufgaben, Grundlagen und Verfahren sind in der DIN 19655 "Bewässerung" beschrieben. Die dazugehörigen "Begriffe - Bewässerung" sind in DIN 4047, Teil 6 "Landwirtschaftlicher Wasserbau" definiert (Sourell 2010).

1.2.2.1. Kreis- und Linearberegnungsmaschinen

Kreis- und Linearberegnungsmaschinen sind halbstationäre Beregnungsverfahren, die während des Betriebes beweglich sind, aber nicht ohne größere Umbauarbeiten von Schlag zu Schlag versetzt werden können. Der Einsatz dieser Verfahren setzt Schlaggrößen ab etwa 25 ha voraus. Diese Strukturen sind bisher vornehmlich in Ostdeutschland, weniger in Westdeutschland vorhanden. Zunehmender Strukturwandel führt aber auch z. B. in Niedersachsen zu immer größeren Bewirtschaftungseinheiten, so dass die genannte Technik in wenigen Fällen bereits vorhanden ist und sich zukünftig in großen Betrieben verstärkt durchsetzen wird. Ihr Hauptvorteil gegenüber den mobilen Beregnungsmaschinen ist der geringere Energie- und Arbeitseinsatz und die deutlich gleichmäßigere Wasserverteilung über einzelne Düsen. Damit

ist die Wassereffizienz deutlich besser als bei den stark windempfindlichen Großregnern der mobilen Beregnungsmaschinen.

1.2.2.2. Mobile Beregnungsmaschinen

Die mobilen Beregnungsmaschinen sind die in Westdeutschland verbreitetsten Beregnungsmaschinen. In Niedersachsen werden z. Zt. etwa 98 % aller Bewässerungsflächen mit diesem Verfahren beregnet. Der große Vorteil ist die einfache Handhabung dieser Technik, der flexible Einsatz und der geringe Kapitalaufwand. Größter Nachteil der mobilen Beregnungsmaschinen ist der hohe Energieaufwand aufgrund des benötigten Betriebsdruckes, der große Arbeitsaufwand durch ständiges Umstellen der Maschinen - je nach Rohrlänge und Arbeitsbreite alle 2 bis 7 ha - und die schlechte Wasserverteilung. Da der Wasserstrahl je nach Düse und Druck etwa 35 bis 50 m durch die Luft "geschossen" wird, ist er gegenüber Wind sehr anfällig. Dies führt zu ungleichmäßiger Wasserverteilung, damit auch zu unterschiedlicher Nährstoffaufnahme, zu ungleichmäßigen Erträgen und Produktqualitäten. Mit steigenden Energiekosten bei gleichzeitig wachsendem Strukturwandel einhergehend mit größeren Bewirtschaftungseinheiten überlegen immer mehr Landwirte, ob nicht eine effizientere Bewässerungstechnik für sie in Frage kommt. Hier bieten sich Kreis- bzw. Linearberegnungsmaschinen und/oder die Tropfbewässerung an.

1.2.2.3. Tropfbewässerung

Der Einsatz von Tropfbewässerungssystemen beschränkt sich im deutschen Gemüsebau größtenteils auf Kulturen mit großen Reihenabständen, wie z. B. Spargel. Für flächig angebaute Kulturen mit geringen Reihenabständen, wie z. B. Salat, ist der Investitionsaufwand in der Regel zu hoch, weil für zwei Pflanzreihen meist eine Tropfleitung vorzusehen ist. Dies gilt v. a. für Sandboden mit schlechter Querverteilung des Wassers. Häufig begrenzt auch die kurze Kulturdauer vieler Gemüsearten den sinnvollen Einsatz einer Tropfbewässerung, weil der Installationsaufwand zu hoch ist.

Unter Berücksichtigung dieser Beschränkungen kann die Tropfbewässerungstechnik die Effizienz des Wassereinsatzes im Gemüsebau steigern. Eine Wassereinsparung durch Einsatz von Tropfbewässerung, die in Werbebroschüren der Industrie angepriesen wird, ist nicht zu erwarten, da der Wasserbedarf vom Pflanzenbestand und nicht von der Bewässerungstechnik bestimmt wird. Tropfbewässerung kann jedoch die Effizienz des Wassereinsatzes – den Ertrag pro eingesetzte Wassermenge – erhöhen. Diese Effizienzsteigerung beruht auf der verbesserten Wasserverteilung im Vergleich z. B. zur Rohrberegnung und auf einer verringerten unproduktiven Verdunstung, weil Pflanzen- und Bodenoberflächen trockenbleiben. Bhattarai et al. (2008) weisen auf eine mögliche Effizienzsteigerung von Tropfbewässerung insbesondere bei Unterflur-Einsatz hin. Kirnak und Demirtas (2006) sehen die Möglichkeit erhöhter Wassernutzungseffizienz beim Einsatz von Tropfbewässerung in Kombination mit dem Mulchen des Bodens. Tropfbewässerung kann darüber hinaus den Energiebedarf für die Wasserverteilung reduzieren, weil der Betriebsdruck und der Durchfluss im Vergleich zu flächigen Beregnungsverfahren geringer sind. Die Tropfbewässerung kann die Notwendigkeit des Fungizid-Einsatzes begrenzen, weil trocken bleibende Pflanzenoberflächen einem geringerem Befallsdruck durch

Pilze und Bakterien ausgesetzt sind. De Pascale et al. (2011) sehen die Notwendigkeit erhöhter Wassernutzungseffizienz, um in der Konkurrenz mit anderen Nutzern der Ressource Wasser bestehen zu können.

2. Arbeitsverlauf

2.1. Region Niedersachsen

Berichtersteller:

Andreas Meyer

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Fachbereich 3.8

Johannssenstraße 10

30159 Hannover

2.1.1. Laut Arbeitsplan geplante Arbeitsschritte während des Berichtszeit-raums

Die Meilensteinplanung in der Vorhabenbeschreibung erfasst folgende Punkte, die umgesetzt sein sollten:

2012

- Bis zum 01.09.2012 sollten an den Landesdienststellen LWK Niedersachsen in Hannover und am LLH in Griesheim je ein Berater für die Beregnungsberatung eingestellt werden.
- In dem Zeitraum September bis November 2012 sollten die Berater eine einwöchige Schulung, zu Verfahren der Bewässerungstechnik und –steuerung, an der Forschungsanstalt Geisenheim erhalten.
- Das Projekt sollte in einschlägigen Fachzeitschriften bekannt gemacht werden und eine Ausschreibung bezüglich möglicher Teilnahme an dem Projekt sollte veröffentlicht werden.
- Nachdem die Auswahl der Betriebe stattgefunden hat, sollte ein Kriterienkatalog zur Bewertung des Projekterfolges durch die Projektbetreuer, die Berater und die Betriebsleiter aufgestellt werden.
- Zur Erfolgskontrolle sollte für jeden Demonstrationsbetrieb der Ausgangszustand genau beschrieben werden.
- Zum Ende des ersten Projektquartals soll ein erneutes Treffen einberufen werden auf dem erste Erfahrungen und Erfolge besprochen werden können.

2013

- Ist-Analyse der Betriebe
- Realisierung der notwendigen Umrüstmaßnahmen in den Betrieben

- Einführung der betrieblichen Mitarbeiter/ Betriebsleiter in die Verfahren der Bewässerungssteuerung
- Treffen der Projektbetreuer
- Feldbegehung der Demonstrationsbetriebe in der Vegetationsperiode mit den Projektbeteiligten
- Bewertung der getätigten Umrüstungsmaßnahmen und ggf. Vorschläge zu notwendigen Ergänzungen
- Kriterienkatalog zur Erfolgskontrolle ist erstellt
- Hofseminar in 2013 nur, wenn bereits erste positive Erfahrungen vorliegen

2014

- Feldbegehungen in den Demonstrationsbetrieben in der Vegetationsperiode
- mit den Projektbeteiligten
- Treffen der Projektbetreuer
- Hofseminare
- Zwischenbericht der Berater

2015

- Feldbegehungen in den Demonstrationsbetrieben in der Vegetationsperiode mit den Projektbeteiligten
- Treffen der Projektbetreuer
- Hofseminare
- Zwischenbericht der Berater

2016

- Treffen der Projektbetreuer
- Abschlussveranstaltung
- Erstellen der Abschlussbroschüre
- Endbericht der Berater

2.1.2. Tatsächlich durchgeführte Arbeitsschritte und erreichte Ziele

Aus der Meilensteinplanung konnten die folgenden Punkte umgesetzt werden:

2012

- Die Beraterin des Modellvorhabens für die Region Niedersachsen wurde zum 15.10.2012, von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen eingestellt.
- Es wurden Ausschreibungen für die Betriebsbewerbungen in Fachzeitschriften und auf der Internetseite der LWK Geschaltet

- Durchführung der Beraterschulung mit gleichzeitigem Treffen aller Projektbeteiligten vom 26. – 29.11.2012 in der Hochschule Geisenheim (ehem. Forschungsanstalt Geisenheim) und Besuch des „Pfälzer Gemüsebautag“ am 30.11.2012 in Mutterstadt
- Erstellung eines Kriterienkatalogs zur Erfolgskontrolle während der Beraterschulung
- Die Suche nach Betrieben für das Vorhaben wurde erfolgreich abgeschlossen.
- Um die Vorauswahl, der in Frage kommenden Betriebe weiter einzugrenzen, wurden die Betriebe analysiert und insgesamt 12 Betriebe besichtigt.
- Die Betriebsauswahl in Niedersachsen konnte fristgerecht durchgeführt werden.

2013

- Ist-Analyse der Betriebe
- Zum Teil konnten die notwendigen Umrüstmaßnahmen durchgeführt werden
- Einführung der Mitarbeiter/Betriebsleiter in die Verfahren zur Bewässerungssteuerung
- Treffen der Projektbetreuer im Rahmen der Sitzung des Projektrates am 16.04.2013 sowie im Rahmen der Feldbegehungen
- Besuch von vier niedersächsischen Demonstrationsbetrieben am 19. und 20. August 2013 mit den Projektbeteiligten
- Bewertung der getätigten Umrüstmaßnahmen im Rahmen der Feldbegehung mit den Projektbeteiligten sowie in Einzelgesprächen mit den Betriebsleitern
- Der Kriterienkatalog zur Erfolgskontrolle diente im Abschlussgespräch 2013 mit den Betriebsleitern als Gesprächsgrundlage für den Rückblick und die Planung für die kommende Projektlaufzeit
- Hofseminare wurden im Jahr 2013 noch nicht durchgeführt

2014

- Umsetzung der noch ausstehenden Umrüstungsmaßnahmen in den Betrieben
- Treffen mit den Projektbeteiligten im Rahmen der Sitzung des Projektbeirats am 25.03.2014
- Es wurden auf 2 niedersächsischen Betrieben Feldtage durchgeführt: am 10.06.2014 bei Herrn Holste in Martfeld und am 09.07.2014 bei Herrn Dörrheide in Altendorf
- Begleitend wurde die Ist-Analyse der Betriebe weitergeführt
- die getätigten Umrüstmaßnahmen wurden im Rahmen der Feldbegehung mit den Projektbeteiligten sowie in Einzelgesprächen mit den Betriebsleitern bewertet
- verschiedene Verfahren zur Bewässerungssteuerung wurden in allen Betrieben getestet
- Treffen der niedersächsischen Projektbetriebe am 04.12.2014 in Hannover

2015

- Erfahrungsaustausch mit den Betrieben am 11.02.2015
- Treffen mit den Projektbeteiligten im Rahmen der Sitzung des Projektbeirats am 11.03.2015 in Hannover

- Treffen der Projektbetreuer im Rahmen der Sitzung des Projektrates am 11. März 2015 sowie im Rahmen der Feldtage auf Demonstrationsbetrieben in Niedersachsen und Hessen
- Auf dem Betrieb Bokelmann wurde am 25.06.2015 ein Feldtag durchgeführt. Im Anschluss daran wurden am 25. und 26.06.2015 weitere niedersächsische Demonstrationsbetriebe von den Projektbeteiligten besucht
- Bewertung der getätigten Umrüstmaßnahmen im Rahmen der Feldbegehung mit den Projektbeteiligten sowie in Einzelgesprächen mit den Betriebsleitern.
- Realisierung weiterer notwendiger Umrüstmaßnahmen und Überprüfung verschiedener Verfahren zur Bewässerungssteuerung in allen Betrieben.
- Durchführung von Wasserverteilungsmessungen

2016

- Realisierung weiterer notwendiger Umrüstmaßnahmen und Überprüfung verschiedener Verfahren zur Bewässerungssteuerung in allen Betrieben
- Durchführung von Wasserverteilungsmessungen
- Treffen der Projektbetreuer im Rahmen der Projektratssitzung am 14.01.2016 in Kassel
- Projektabschlussveranstaltung „Niedersachsen“ im Zuge des Feldtages auf dem Betrieb Kramer am 14.06.2016 in Hassel
- Projektabschlussveranstaltung „Hessen/Rheinland-Pfalz“ im Zuge der DLG-Bewässerungstage 2016 am 22.06.2016 in Griesheim
- An zwei Terminen trafen sich die Projektbeteiligten um das Erstellen der
- Abschlussbroschüre redaktionell vorzubereiten (05.10.2016, 28.10.2016). Es wurden
- zwei externe Mitarbeiter mit dem Fertigstellen der Abschlussbroschüre beauftragt.
- Endbericht der Berater

2.2. Region Hessen / Rheinland-Pfalz

Berichtersteller:

Ralph Scheyer

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen

Fachgebiet 33

Pfützenstr.67

64347 Griesheim

2.2.1. Laut Arbeitsplan geplante Arbeitsschritte während des Berichtszeitraums

Die Meilensteinplanung in der Vorhabenbeschreibung erfasst folgende Punkte, die umgesetzt sein sollten:

2012

- Bis zum 01.09.2012 sollten an den Landesdienststellen LWK Niedersachsen in Hannover und am LLH in Griesheim je ein Berater für die Beregnungsberatung eingestellt werden
- In dem Zeitraum September bis November 2012 sollten die Berater eine einwöchige Schulung, zu Verfahren der Bewässerungstechnik und –steuerung, an der Forschungsanstalt Geisenheim erhalten
- Das Projekt sollte in einschlägigen Fachzeitschriften bekannt gemacht werden und eine Ausschreibung bezüglich möglicher Teilnahme an dem Projekt sollte veröffentlicht werden
- Nachdem die Auswahl der Betriebe stattgefunden hat, sollte ein Kriterienkatalog zur Bewertung des Projekterfolges durch die Projektbetreuer, die Berater und die Betriebsleiter aufgestellt werden
- Zur Erfolgskontrolle sollte für jeden Demonstrationsbetrieb der Ausgangszustand genau beschrieben werden
- Zum Ende des ersten Projektquartals soll ein erneutes Treffen einberufen werden um erste Erfahrungen und Erfolge auszutauschen

2013

- Ist-Analyse der Betriebe
- Realisierung der notwendigen Umrüstmaßnahmen in den Betrieben
- Einführung der betrieblichen Mitarbeiter/ Betriebsleiter in die Verfahren der Bewässerungssteuerung
- Treffen der Projektbetreuer

- Feldbegehung der Demonstrationsbetriebe in der Vegetationsperiode mit den Projektbeteiligten
- Bewertung der getätigten Umrüstungsmaßnahmen und ggf. Vorschläge zu notwendigen Ergänzungen
- Kriterienkatalog zur Erfolgskontrolle ist erstellt

2014

- Feldbegehungen in den Demonstrationsbetrieben in der Vegetationsperiode mit den Projektbeteiligten
- Treffen der Projektbetreuer
- Hofseminare
- Zwischenbericht der Berater

2015

- Feldbegehungen in den Demonstrationsbetrieben in der Vegetationsperiode mit den Projektbeteiligten
- Treffen der Projektbetreuer
- Hofseminare
- Zwischenbericht der Berater

2016

- Treffen der Projektbetreuer
- Abschlussveranstaltung
- Erstellen der Abschlussbroschüre
- Endbericht der Berater

2.2.2. Tatsächlich durchgeführte Arbeitsschritte und erreichte Ziele

Aus der Meilensteinplanung konnten die folgenden Punkte umgesetzt werden:

2012

- Der Berater des Modellvorhabens für die Region Südhessen und Pfalz, wurde zum 01.11.2012, vom „Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen“ eingestellt
- Es wurden Ausschreibungen in Fachzeitschriften und auf der Internetseite des LLH's geschaltet
- Die Suche nach Betrieben für das Vorhaben zum Abschluss gebracht
- Um die Vorauswahl, der in Frage kommenden Betriebe weiter einzugrenzen, wurde ein Fragekatalog erarbeitet
- Die Betriebsauswahl in Hessen konnte fristgerecht eingehalten werden

- Für die Betriebe, die sich für eine Teilnahme an dem Projekt bewerben wollten wurde eine Interessensbekundung erstellt

2013

Ist-Analyse der Betriebe

- Zum Teil konnten die notwendigen Umrüstmaßnahmen durchgeführt werden Verfahren zur Bewässerungssteuerung wurden in allen Betrieben getestet
- Treffen der Projektbetreuer im Rahmen der Sitzung des Projektrates am 16.04.2013 sowie im Rahmen der Feldbegehungen
- Besuch von vier niedersächsischen Demonstrationsbetrieben am 19. und 20. August 2013 mit den Projektbeteiligten
- Bewertung der getätigten Umrüstmaßnahmen im Rahmen der Feldbegehung mit den Projektbeteiligten sowie in Einzelgesprächen mit den Betriebsleitern
- Der Kriterienkatalog zur Erfolgskontrolle diente im Abschlussgespräch 2013 mit den Betriebsleitern als Gesprächsgrundlage für den Rückblick und die Planung für die kommende Projektlaufzeit

2014

- Erfahrungsaustausch mit den Betrieben am 19.02.2014
- Treffen mit den Projektbeteiligten im Rahmen der Sitzung des Projektbeirats am 25.03.2014
- Treffen mit den Projektbeteiligten und Feldbegehungen im Rahmen der Feldtage bzw. Hofseminare
 - 07.08.2014 Betriebe Ruhstorfer & Kärcher bzw. Ludwig in Griesheim
 - 17.09.2014 Betrieb Ewald in Trebur
- Begleitend wurde die Ist-Analyse der Betriebe weitergeführt
- die getätigten Umrüstmaßnahmen im Rahmen der Feldbegehung mit den Projektbeteiligten sowie in Einzelgesprächen mit den Betriebsleitern bewertet
- weitere notwendige Umrüstmaßnahmen durchgeführt
- verschiedene Verfahren zur Bewässerungssteuerung in allen Betrieben getestet

2015

- Erfahrungsaustausch mit den Betrieben am 11.02.2015
- Treffen mit den Projektbeteiligten im Rahmen der Sitzung des Projektbeirats am 11.03.2015 in Hannover
- Treffen mit den Projektbeteiligten und Feldbegehungen im Rahmen der Feldtage bzw. Hofseminare
 - 04.08.2015 Feldtag der Betriebe Schenck und Kunna in Frankfurt
 - 28.09.2015 Treffen der Projektbetreuer und Feldbegehung in Hessen
 - 29.09.2015 Feldtag des Betriebs Ohmer in Rheinzabern
- Bewertung der getätigten Umrüstmaßnahmen im Rahmen der Feldbegehung mit den Projektbeteiligten sowie in Einzelgesprächen mit den Betriebsleitern

- Durchführung weiterer notwendiger Umrüstmaßnahmen und Überprüfung verschiedener Verfahren zur Bewässerungssteuerung in allen Betrieben

2016

- Durchführung weiterer notwendiger Umrüstmaßnahmen und Überprüfung
- verschiedener Verfahren zur Bewässerungssteuerung und Verteilungsmessung in allen Betrieben
- Treffen der Projektbetreuer im Rahmen der Projektratssitzung am 14.01.2016 in Hannover
- Projektabschlussveranstaltung im Zuge der DLG-Bewässerungstage 2016 am
- 22.06.2016 in Griesheim
- An zwei Terminen trafen sich die Projektbeteiligten um das Erstellen der Abschlussbroschüre redaktionell vorzubereiten (05.10.2016, 28.10.2016). Es wurden zwei externe Mitarbeiter mit dem Fertigstellen der Abschlussbroschüre beauftragt
- Endbericht der Berater

2.3. Vergleich der Projektdurchführung mit dem verbindlichen Arbeits- und Zeitplan

Der verbindliche Arbeits- und Zeitplan konnte weitgehend eingehalten werden. Somit entspricht die Projektdurchführung der geplanten.

Gerade der Vergleich verschiedener Techniken und Kulturen hat sich im Laufe des Modellvorhabens als überaus positiv dargestellt. Das Interesse der Praxis war groß an den Feldtagen teilzunehmen.

Zwischen den Fachberatern und den Betriebsleitern wurde sehr vertrauensvoll und konstruktiv zusammengearbeitet, sodass gemachte Erfahrungen stets in die alltägliche Arbeit mit eingeflossen sind und prompt auf aktuelle Gegebenheiten reagiert werden konnte. Die positiven Berichte in der Presse und im persönlichen Austausch haben u.a. dazu geführt, dass mehr Anfragen zur Bewässerungsberatung aus der Praxis und positive Rückmeldung und Nachfragen von Vollzugsbehörden an die Dienststellen herangetragen wurden.

Im letzten Jahr der Projektlaufzeit wurde vermehrt Fokus auf die Veröffentlichung der Erfahrungen gelegt. Im Rahmen der Abschlussveranstaltung gemeinsam mit der DLG und verschiedenen Veröffentlichungen konnten die positiven Erfahrungen aus dem Modellvorhaben einer interessierten Fachöffentlichkeit vermittelt werden.

2.4. Vergleich der verwendeten Mittel mit dem verbindlichen Finanzierungsplan

Die verausgabten Mittel entsprechenden Zwischennachweisen, die im Rahmen des Projektes erstellt wurden.

3. Eingehende Darstellung der Ergebnisse

3.1. Niedersachsen

3.1.1. Betrieb Henning Holste

3.1.1.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Die Beratungen im Zusammenhang mit dem Projekt haben zunächst einige Fragen aufgeworfen und zu einer sehr intensiven Auseinandersetzung mit dem Thema Bewässerung geführt.

Zur Steuerung der Bewässerung wurde zunächst die Geisenheimer Steuerung genutzt. Im Laufe des Projektes stellte sich jedoch heraus, dass das Verfahren nicht zur Bewässerungssteuerung im Dammanbau von Möhren und auch nicht zur Steuerung von tropfbewässerten Kulturen geeignet scheint.

In den Beratungen zum Thema Bewässerungstechnik wurde bereits im ersten Projektjahr deutlich, dass die Ablösung der mobilen Beregnungsmaschine mit Großregner der wichtigste Schritt hin zu einem Energie- und Wassersparenden Bewässerungssystem sein würde. Heute werden Möhren, Kartoffeln und Spargel komplett mit Tropfschläuchen und Mikrosprinklern bewässert.

3.1.1.2. Änderungen im Bewässerungsmanagement

Der Anbau von Bundmöhren erfolgt aufgrund der wenig tiefgründigen Ackerkrume im Dammanbau. Im Rahmen des Projektes wurde daher ein automatisches Lenksystem angeschafft, welches das Auffräsen der Dämme mit gleichzeitiger Tropfschlauchverlegung und die anschließende Aussaat der Möhren neben den Tropfschlauch ermöglicht (Abbildung 1). Eine exakte Verlegung des Tropfschlauches und die präzise Führung der Säaggregate sind von großer Bedeutung um Beschädigungen an den Tropfschläuchen zu vermeiden (Abbildung 2). Die Tropfbewässerung der Bundmöhren ermöglicht zudem den Einsatz von Vlies und Folie zum Kulturschutz, sodass eine deutliche Verfrühung des Anbaues erreicht wird.



Abbildung 1: Dammaufbau und Tropfschlauchverlegung mit automatischem Lenksystem



Abbildung 2: Exakte Platzierung des Tropfschlauches zwischen den Möhrenreihen

Die Tropfbewässerung wird außerdem noch im Spargel ab Stechende und in Kartoffeln eingesetzt. Auch auf den leichten Martfelder Böden genügte hier bisher ein Tropfschlauch in jeder zweiten Dammfurche der Kartoffeln (Abbildung 3). Mit der Tropfbewässerung können insbesondere die kleinen, ungünstig geschnittenen oder direkt an Wohnbebauung angrenzenden Flächen gut bewässert werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Bewässerung nun auch über Tag und weitestgehend unabhängig von der Witterung (Einstrahlung, Wind) durchgeführt werden kann. In allen tropfbewässerten Kulturen traten jedoch Probleme mit Beschädigungen an den Tropfschläuchen auf. Insbesondere dort, wo die Schläuche nicht von Boden oder Laub der Kulturen bedeckt werden, treten Schäden durch Krähen, Hasen und andere Wildtiere auf (Abbildung 4).



Abbildung 3: Tropfschlauch in Kartoffeln in jeder zweiten Dammfurche



Abbildung 4: Reparaturstelle eines Tropfschlauches nach Beschädigung durch Wildtiere

Als weiteres Bewässerungssystem werden Mikrosprinkler auf flexiblen Kunststoffschläuchen eingesetzt. Das System ähnelt der Rohrberegnung, ist jedoch leichter und dadurch schneller auf- und abzubauen und benötigt weniger Wasserdruck als die Kleinregner der Rohrberegnung (Abbildung 5). Bei der Installation des Systems ist von den Mitarbeitern jedoch darauf zu achten, dass die Regner im Verbund aufgestellt werden, da sonst ein ungünstiges Verteilungsbild erreicht wird. Das System eignet sich auch zur Frostschutzberegnung in Frühkartoffeln.

Die Wasserbereitstellung erfolgt sowohl für die Tropfbewässerung als auch für die Mikrosprinkler mit dem neu beschafften Niederdruckaggregat (Abbildung 6). In Kombination mit einer Kopfstation kann hier eine Düngung über die Tropfbewässerung erfolgen, sodass die Pflanzen gezielt und bedarfsgerecht versorgt werden können. Das Risiko von Nährstoffausträgen bei Starkregenereignissen wird somit reduziert. Neben dem Niederdruckaggregat werden mittlerweile auch tragbare Benzinmotorpumpen zur Versorgung der Tropfbewässerung eingesetzt. Vorteile dieser Technik sind die einfache Bedienung, die Möglichkeit der Steuerung der Bewässerungsdauer über die Menge der Tankfüllung und der Schutz gegen Vandalismus und Diebstahl durch Lagerung der Pumpe auf dem Hof.



Abbildung 5: Dammanbau von Bundmöhren mit Tropfschläuchen in den Dämmen und Mikrosprinklern zur Auflauf-Beregnung



Abbildung 6: Niederdruckaggregat mit Kopfstation zur Düngereinspeisung in die Tropfbewässerung

3.1.1.3. Ausblick

Der Anbau von Bundmöhren in Spargeldämmen mit in den Damm eingelegtem Tropfschlauch hat sich mittlerweile im Betrieb etabliert und wird auch weiterhin beibehalten. Zunehmend zeigen auch andere Betriebsleiter großes Interesse an diesem Anbauverfahren. In späten Anbausätzen der Möhren genügt in der Regel die Installation der Mikrosprinkler zur Bewässerung, da erfahrungsgemäß im Juli und August höhere natürliche Niederschläge fallen und die Verlegung von Tropfschläuchen daher unwirtschaftlich wäre. Auch der Einsatz kleiner benzinbetriebener Motorpumpen hat sich als sehr sinnvoll erwiesen und wird im Betrieb beibehalten. Diese Pumpen lassen sich sehr einfach bedienen und können durch ihre geringe Baugröße und das geringe Gewicht flexibel eingesetzt werden. Die mobile Beregnungsmaschine mit Großregner wurde somit komplett durch neue Bewässerungstechniken abgelöst und findet heute keine Anwendung mehr im Betrieb.

3.1.2. Betrieb Jürgen Kramer

3.1.2.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Im Rahmen des Projektes wurde sehr intensiv über die Vor- und Nachteile, sowie die Praktikabilität verschiedener Bewässerungsverfahren diskutiert. Dabei stand das Ziel im Vordergrund, die Verteilgenauigkeit des Bewässerungssystems zu erhöhen und den Energiebedarf zu senken.

Der im ersten Projektjahr durchgeführte Vergleich zwischen Rohrberegnung und mobiler Beregnungsmaschine mit Starkregner konnte zeigen, dass der Energieverbrauch, bezogen auf den geförderten Kubikmeter Wasser, beim Einsatz der Rohrberegnung geringer ist. Grund hierfür ist der geringere Druckbedarf der Rohrberegnung von rund 4 - 5 bar. Eine weitere Effizienzsteigerung war mit der im Betrieb vorhandenen Technik jedoch nicht ohne weiteres möglich, sodass in den Beratungsgesprächen schnell klar wurde, dass die Tropfbewässerung als weiteres Bewässerungssystem im Betrieb Anwendung finden soll.

3.1.2.2. Änderungen im Bewässerungsmanagement

Nachdem im ersten Projektjahr in Folge des relativ späten Projektbeginns noch keine grundlegende Umstellung des Bewässerungssystems stattfinden konnte, wurden im Jahr 2014 erstmal Tropfschläuche in Zwiebeln eingesetzt. Bedingt durch die ökologische Wirtschaftsweise, die eine mechanische Unkrautregulierung mit Hackwerkzeugen erfordert, musste der Tropfschlauch unterirdisch verlegt werden. Hierzu wurde auf Basis eines Hackrahmens eine Maschine zur Tropfschlauchverlegung konstruiert. Die Verlegung der Tropfschläuche erfolgt im Rahmen der Saatbettbereitung in einer Tiefe von 5 – 8 cm (Abbildung 7). Durch die Installation der Schläuche bereits zehn Tage vor der Saat kann eine erste Unkrautwelle noch vor dem Auflaufen der Zwiebeln abgeflammt werden. Durch dieses Verfahren kann also ein mechanischer Hackdurchgang eingespart werden.



Abbildung 7: Saatbettbereitung zu Zwiebeln: Tropfschlauchverlegung in der Fronthydraulik, Einebnung und Rückverfestigung der Beete in der Heckhydraulik

Die Wasserbereitstellung erfolgt in diesem System mit Hilfe eines alten Dieselaggregates. Die angestrebte Umstellung auf eine frequenzgeregelte Pumpe mit elektrischem Antrieb konnte in Folge des sehr lang andauernden Genehmigungsverfahrens zum Bau eines neuen Brunnens noch nicht umgesetzt werden.

Um die Tropfschläuche nach Kulturrende zu bergen, erfolgt das Roden der Zwiebeln etwas tiefer, sodass der Tropfschlauch mit dem Erntegut über den Roder läuft und gemeinsam mit den Zwiebeln im Schwad abgelegt wird (

Abbildung 8).



Abbildung 8: Bei der Ernte der Zwiebeln mit einem herkömmlichen Siebkettenroder werden die Tropfschläuche mit dem Erntegut im Schwad abgelegt

Da mechanische Beschädigungen des Tropfschlauches durch das Roden nicht ausgeschlossen werden können, werden in diesem Anbauverfahren preisgünstige einjährig nutzbare Schläuche eingesetzt. Die einjährig nutzbaren Schläuche sind dabei sowohl preislich als auch aus Sicht des Materialeinsatzes mit den teureren und dickwandigeren mehrjährig nutzbaren Schläuchen vergleichbar. Das System gestattet zusätzlich eine zügige Entnahme der Tropf-

schläuche in dem engen Zeitfenster vor der Ernte. Das reinigen, reparieren und saubere aufrollen mehrjährig nutzbarer Schläuche wäre in dieser arbeitsintensiven Zeit im Betrieb nicht zu realisieren.



Abbildung 9: Bei der Tropfbewässerung in Zwiebeln wird nur der durchwuzelte Bodenbereich befeuchtet. Unkräuter werden nicht gefördert.

Das große Interesse der Gemüseanbauer an neuen Bewässerungstechniken und insbesondere am Einsatz von Tropfschläuchen in Zwiebeln wurde auf dem Feldtag am 14. Juni 2016 deutlich. Die rund 100 Besucher konnten sich intensiv über Möglichkeiten der Bewässerungssteuerung, den standortspezifischen Bewässerungsbedarf und die technische Umsetzung der Tropfbewässerung in Zwiebeln informieren.



Abbildung 10: In kleinen Gruppen konnten sich die Besucher an mehreren Stationen über verschiedene Themenfelder der Bewässerung informieren.

3.1.2.3. Ausblick

Der Einsatz von Tropfschläuchen bietet gerade auf den leichten Standorten östlich von Hassel viele Vorteile und wird daher im Betrieb beibehalten. Die technische Umsetzbarkeit der Verlegung und Entnahme der Tropfschläuche konnte relativ problemlos und größtenteils mit bereits im Betrieb vorhandener Technik bewältigt werden. Aus pflanzenbaulicher Sicht müssen jedoch noch weitere Erfahrungen gesammelt werden, bevor das System großflächig einsatzfähig ist. Sorgen bereitet hier insbesondere die nicht zufriedenstellende Bestandesentwicklung der tropfbewässerten Parzelle im Jahr 2015. In den Jahren 2014 und 2016 konnten dagegen gute Erfahrungen mit der Tropfbewässerung gemacht werden, sodass das System weiter erprobt wird. Da der Einsatz von Tropfschläuchen besonders in Kartoffeln viele Vorteile verspricht, sollen in Zukunft auch in dieser Kultur erste Erfahrungen mit der Tropfbewässerung gesammelt werden. Auch der Ausbau des Beregnungsnetzes und die Erschließung des neuen Brunnens werden nach Ende der Projektlaufzeit weitergeführt.

3.1.3. Betrieb Henning Meyer

3.1.3.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Ziel des Projektes war es, ein weitestgehend mechanisiertes Verfahren zur Tropfbewässerung von Zwiebeln zu entwickeln. Im Jahr 2013 wurde daher ein Prototyp zur Tropfschlauchverlegung konstruiert. Die Maschine wurde im Frontanbau des Schleppers gefahren, sodass im Heckanbau die Drillmaschine zur Aussaat der Zwiebeln gefahren werden konnte. Im Jahr 2014 wurde diese Maschinenkombination erstmals zur Zwiebelaussaat eingesetzt. Trotz der guten Arbeitsqualität ergaben sich einige Verbesserungspunkte für das Folgejahr. Problematisch war vor allem, dass nur in dem vom Schlepper überfahrenen Beet Schläuche verlegt werden konnten, die Sämaschine mit einer Arbeitsbreite von drei Metern aber auch jeweils die Hälfte der benachbarten Beete einsät. Folglich mussten die Tropfschläuche in jedem zweiten Beet nach der Saat eingelegt werden, was zu einer Bodenbewegung im Bereich des Saathorizontes führte.

Für die Aussaat im Frühjahr 2015 wurde daher eine Maschine zur Verlegung von Tropfschläuchen im betriebsindividuellen Beet-Anbausystem entwickelt. Die Arbeitsbreite der Maschine beträgt drei Meter. Die größte Herausforderung hierbei ist, dass in den äußeren Beeten jeweils abwechselnd ein oder zwei Tropfschläuche verlegt werden müssen. Zum einzelnen Ausheben der Verlegeaggregate wurde daher eine Parallelogramm-Aufhängung gewählt. Diese ermöglicht auch eine optimale Bodenanpassung und stellt somit eine gleichmäßige Ablagetiefe der Tropfschläuche sicher (Abbildung 11).



Abbildung 11: Verlegung der Tropfschläuche und Aussaat der Zwiebeln kombiniert in einem Arbeitsgang.

Die Ablagetiefe der Tropfschläuche konnte relativ exakt eingehalten werden und auch die Bodenbedeckung war bei guten Saatbedingungen zufriedenstellend. Schwieriger gestaltete sich jedoch die präzise Ablage des Tropfschlauches in dem nur 20 cm breiten Reihenzwischenraum der Saatzeilen. Selbst kleinste Lenkbewegungen führen hier zu einer deutlichen Verschiebung der Ablageposition des Tropfschlauches. Der Einsatz eines GPS-gestützten automatischen Lenksystems wäre hier daher sicherlich sinnvoll.

Auch die Ernte der tropfbewässerten Zwiebelparzellen gestaltete sich relativ problemlos. Bei einer etwas größeren Arbeitstiefe des Siebkettengerätes konnten die Tropfschläuche mit aufgenommen werden und mit dem Erntegut durch den Roder laufen (

Abbildung 12). Das Aufwickeln der Tropfschläuche erfolgte dann während der Trocknungsphase der Zwiebeln aus dem Schwad heraus.



Abbildung 12: Bei der Ernte der Zwiebeln laufen die Tropfschläuche mit dem Erntegut über den Siebkettengerät und werden im Schwad abgelegt.

Im Jahr 2015 zeigten die mit Tropfbewässerung angebauten Zwiebeln, im Vergleich zu den Vorjahren und auch zu den herkömmlich bestellten Zwiebeln, bereits beim Auflaufen deutliche Aufhellungen des Laubes und einen allgemeinen Rückstand in der Entwicklung.

Die Aussaat der Zwiebeln erfolgte am 24.03.2015 in ein gut vorbereitetes Saatbett. Heftige Niederschläge in den ersten Apriltagen brachten insgesamt mehr als 50 mm Niederschlag und führten zu einer starken Verschlammung der Bodenoberfläche. Durch diese Verschlammung wurde der Auflauf der Zwiebeln stark verzögert. Um den jungen Pflanzen das Durchbrechen der Bodenoberfläche zu erleichtern, wurden mehrfach kleine Regengaben mit mobilen Beregnungsmaschinen gegeben. Dieses „herausregnen“ der Saat erfolgte sowohl auf den Flächen auf denen Tropfschläuchen verlegt waren, als auch auf den anderen Flächen.

Die oben beschriebenen Wuchsdepressionen traten somit auf, bevor eine Wassergabe durch die Tropfschläuche erfolgte. Eine mangelnde Rückverfestigung des Saatbettes kann als Grund für die unbefriedigende Pflanzenentwicklung ebenfalls nahezu ausgeschlossen werden, da der bereits erwähnte starke Niederschlag zu einer nachträglichen Rückverfestigung des Bodens geführt hat. Der genaue Grund für die schlechtere Entwicklung bei Einsatz des Tropfschlauches konnte somit nicht abschließend geklärt werden (

Abbildung 13).



Abbildung 13: Im Vordergrund: Zwiebeln mit unterirdisch verlegtem Tropfschlauch zeigen deutliche Aufhellungen des Laubes sowie einen generellen Entwicklungsrückstand. Im Hintergrund sind herkömmlich bestellte Zwiebeln zu sehen.

Insgesamt konnte das Anbausystem von Zwiebeln mit Tropfbewässerung leider nicht überzeugen. In der Erprobungsphase konnten keine signifikanten Ertragssteigerungen durch den Einsatz der Tropfbewässerung nachgewiesen werden. Im Jahr 2015 musste sogar ein Minderertrag von rund 30 % registriert werden. Das betriebsindividuelle Anbausystem mit sechs Saatreihen auf einem Beet erfordert zudem die Verlegung von drei Tropfschläuchen je Beet. Pro Hektar ergibt sich somit ein relativ hoher Materialaufwand von 20.000 m Tropfschlauch je Hektar. Dieser Materialaufwand in Kombination mit einem erhöhten Arbeitszeitbedarf bei der Aussaat und Ernte der Zwiebeln führt dazu, dass das System im Betrieb nicht wirtschaftlich eingesetzt werden kann.

Im Jahr 2016 wurde dann ein Saatstärkenversuch auf einer nach Geisenheimer Steuerung bewässerten Fläche durchgeführt. Bei der Auszählung der Zwiebeln konnten die Saatstärken

in den einzelnen Parzellen sehr exakt wiedergegeben werden. Dieses spricht für eine gute Kulturführung, in der nahezu keine Pflanzenverluste auftraten. Die Auswertung der Kaliber zeigte jedoch, dass die Erhöhung der Saatstärke zu einem höheren Anteil kleiner Kaliber führte. Insgesamt scheint die bisher im Betrieb genutzte Saatstärke auch für die Bewässerung nach der Geisenheimer Steuerung sinnvoll zu sein.

3.1.3.2. Ausblick

Auf Grund der erläuterten pflanzenbaulichen Schwierigkeiten und der mangelnden Wirtschaftlichkeit wird der Anbau von Zwiebeln unter Tropfbewässerung im Betrieb nicht weitergeführt. Das Projekt konnte jedoch deutlich machen, dass mit der mobilen Beregnungsmaschine mit Großregner bereits das auf die betrieblichen Gegebenheiten am besten ausgerichtete Bewässerungsverfahren eingesetzt wird. Bei sinkenden Verfahrenskosten würde die Tropfbewässerung jedoch eine interessante und sehr energieeffiziente Alternative zur Überkopf-Beregnung bieten.

3.1.4. Betrieb Ulrich Dörrheide

3.1.4.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Die ersten Ideen zu Veränderungen im Bewässerungsmanagement führten zu dem Entschluss einen Düsenwagen an Stelle des Großregners an der mobilen Beregnungsmaschine einzusetzen. Ziel war es, den benötigten Wasserdruck an der Beregnungsmaschine zu reduzieren und gleichzeitig die Verteilgenauigkeit unter Windeinfluss zu verbessern. Im Laufe der Beratungen wurde jedoch deutlich, dass die hohen Anschaffungskosten und die wenig praktikable Handhabung des Düsenwagens auf Flächen mit Hindernissen wie Strommasten oder Bäumen eindeutig gegen eine solche Investition sprechen. Nach Abwägung aller Argumente fiel schließlich die Entscheidung, das System der mobilen Beregnungsmaschine mit Großregner beizubehalten und dieses in den Bereichen Energieeffizienz und Arbeitswirtschaft soweit wie möglich zu optimieren.

3.1.4.2. Änderungen im Bewässerungsmanagement

Die Gemarkung Brome zeichnet sich durch eine recht gute Flächenstruktur aus. Für den Einsatz von Großflächenberegnungstechnik sind die Flächengrößen allerdings noch nicht ausreichend, der Einsatz von Düsenwagen wird durch diverse Hindernisse an und in den Flächen erschwert. Fortschritte lassen sich daher nur durch die Weiterentwicklung des vorhandenen Beregnungssystems erreichen. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2014 eine neue Erdleitung im Betrieb verlegt. Der Querschnitt der Leitung wurde mit 150 mm größer als üblich gewählt, um die Fließgeschwindigkeit und somit die Reibungs- und Druckverluste in der Leitung zu reduzieren (Abbildung 14). Der Effekt dieser Investition kann anhand einer einfachen Vergleichsrechnung mit einer herkömmlichen 100 mm Leitung dargestellt werden:

Annahmen: Volumenstrom 60 m³/h; 1000 m PCV-Erdleitung

Fließgeschwindigkeit	bei DN 100	2,12 m/s
	bei DN 150	0,94 m/s

daraus folgt:

Druckverlust	bei DN 100	3,81 bar
	bei DN 150	0,52 bar

Da sich Druck und Energiebedarf proportional zueinander verhalten, muss zum Ausgleich des Druckverlustes bei der DN 100 Leitung siebenmal mehr Energie aufgebracht werden als bei der größeren Auslegung.



Abbildung 14: PVC-Rohre der Erdleitung vor dem Einbau

Durch die neue Erdleitung wurden zudem zwei bestehende Brunnen miteinander verbunden. Einer dieser Brunnen ist mit einer frequenzgeregelten Elektropumpe ausgestattet. Dieses hat den Vorteil, dass beim Einsatz mehrerer Beregnungsmaschinen die unregelmäßige elektrische Pumpe die Grundlast bedienen und die frequenzgesteuerte Pumpe die Spitzenlast fördern kann. Durch die Verbindung der beiden Brunnen und Erweiterung des Leitungsnetzes konnte zudem ein weiterer Brunnen, welcher im Wasserschutzgebiet liegt und mit einem Diesellagerat betrieben werden muss, entlastet werden. Die Kapazitätserhöhung des Beregnungssystems ermöglicht zudem eine bedarfsgerechte Bewässerung der Kulturen, da nicht mehr rund um die Uhr beregnet werden muss, sondern möglichst viele Beregnungsgänge in die windstillen Abend- und Nachtstunden verlegt werden können.

Eine weitere Verbesserung des Bewässerungssystems konnte durch die Installation des Steuerungs- und Überwachungssystems „raindancer“ (IT-Direkt Business Technologies GmbH, Berlin) auf fünf mobilen Beregnungsmaschinen erreicht werden. Hierbei übermittelt ein am Regnerwagen installierter GPS Sender mit Batterie und Solarmodul seine Standortdaten permanent an einen Webserver, auf den per PC, Tablet oder auch über eine Smartphone-App zugegriffen werden kann. Das System zeigt an, wie weit der Regner eingezogen ist bzw. wann

er umgesetzt werden muss. Auf diese Weise hilft das System den zeitlichen Aufwand für Kontrollfahrten zu den Maschinen zu verringern. Durch die Ausrüstung der Module mit einem Drucksensor im Jahr 2016 werden Störungen im Betriebsablauf der Maschinen (Stillstand des Regnerwagens, Absinken des Wasserdruckes unter einen kritischen Wert) sofort gemeldet, sodass störungsbedingte Ausfallzeiten der Beregnungsanlagen auf ein Minimum reduziert werden können. Außerdem kann die Beregnungsmenge berechnet und der voraussichtliche Zeitpunkt der nächsten Beregnungsgabe angezeigt werden. Mit Hilfe der Auswertungsfunktionen können sowohl Schwachpunkte im Beregnungsmanagement identifiziert, als auch notwendige Dokumentationen (z.B. Wasserverbrauch pro Maschine oder pro Fläche) durchgeführt werden (Abbildung 15).



Abbildung 15: Steuerungs- und Überwachungssystem „raindancer“ (IT-Direkt Business Technologies GmbH, Berlin)

Auf dem Feldtag im Jahr 2014 konnten sich viele Berufskollegen ein Bild von den umgesetzten Maßnahmen machen. Es wurde deutlich, dass die Maßnahmen zur Optimierung in viele andere Betriebe mit dem Beregnungssystem der mobilen Beregnungsmaschine mit Großregner übertragbar sind.

3.1.4.3. Ausblick

Die Neuerungen im betrieblichen Beregnungssystem haben sich in den vergangenen zwei Jahren als sehr sinnvoll herausgestellt. Neben einer erheblichen Energieeinsparung konnte auch der Aufwand für die Kontrollfahrten zu den Beregnungsanlagen erheblich reduziert werden. Somit wurde eine deutliche arbeitswirtschaftliche Entlastung erreicht. Das „raindancer“-System wurde bereits von einigen Berufskollegen übernommen und wird sicherlich noch in vielen weiteren Betrieben sinnvoll einzusetzen sein.

3.1.5. Betrieb Ulrich Elbers

3.1.5.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Im Rahmen des Projektes wurde intensiv über verschiedene Bewässerungssysteme und deren praktische Umsetzung in einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb diskutiert. Die Technik des Düsenwagens schien hinsichtlich der Verteilgenauigkeit unter den oftmals windigen Bedingungen sehr interessant. Auf Grund der wenig praxistauglichen Technik und der hohen Anschaffungskosten wurde diese Idee jedoch schnell wieder verworfen. Um die oftmals sehr kleinen Anbausätze gezielter Bewässern zu können, fiel die Entscheidung letztlich auf versetzbare Kleinregner.

Neben der Bewässerungstechnik spielte die Bewässerungssteuerung nach der Geisenheimer Methode in den Beratungen eine große Rolle. Jeweils zu Kulturbeginn konnte die Geisenheimer Steuerung den Wasserbedarf der Kulturen gut abbilden. Im Verlauf der Saison stieg die empfohlene Beregnungsmenge jedoch teilweise auf mehr als das Doppelte der betriebsüblichen Beregnungsmenge an. Solch hohe Wassermengen sind auf Grund begrenzter wasserrechtlicher Erlaubnisse nicht verfügbar. In den Jahren 2015 und 2016 konnte die Geisenheimer Steuerung mit Hilfe einer kc-Korrektur von 0,8 weitestgehend an die betriebsübliche Bewässerungsmenge angepasst werden.

3.1.5.2. Änderungen im Bewässerungsmanagement

Die im Rahmen des Projektes angeschafften versetzbaren Kleinregner sollten ursprünglich in Zwiebeln eingesetzt werden. Dieses Verfahren hat sich jedoch nicht bewährt, da die Regner und Schläuche vor dem Hacken der Zwiebeln entfernt werden müssen. Mittlerweile werden die Kleinregner zur Bewässerung der Kräuter (Abbildung 17) auf einer etwa einen Hektar umfassenden Fläche eingesetzt. Weil die Kräuter hier über mehrere Jahre angebaut werden, kann die zentrale Verteilleitung in der Mitte des Schlages dauerhaft liegen bleiben und die Kleinregner werden mit Schläuchen an die Verteilleitung angekuppelt. Auf diese Weise können die einzelnen Anbausätze bedarfsgerecht bewässert werden.



Abbildung 16: Teilweise sehr kleine Anbausätze erfordern den Einsatz kleinflächig applizierender Bewässerungstechnik.



Abbildung 17: Infostand zum Projekt auf dem Kräuterfeld.

Auf den Ackerflächen hat sich das etablierte Verfahren der Bewässerung mit Rohrtrommelberegungsmaschinen bewährt, sodass im Jahr 2015 wurde eine weitere Beregnungsmaschine mit Turbinenantrieb und elektronischer Einzugsregelung angeschafft wurde.

Um den Energieeinsatz und den Arbeitszeitbedarf bei der Bewässerung mit mobilen Beregnungsmaschinen mit Großregner weiter zu optimieren, wurde eine PVC-Erdleitung mit einem Innendurchmesser von 125 mm verlegt. Die Wasserzuleitung erfolgte hier vorher mit einer alten Beregnungsmaschine, welche bei jeder Umstellung der Beregnungsmaschine ein Stück weiter ein- oder ausgezogen werden musste. Auch bei kürzeren Entfernungen musste das Wasser somit durch die volle Schlauchlänge gepumpt werden. Bei einem Innendurchmesser

von 90 mm traten hier erhebliche Druckverluste in der Leitung auf. Die neue, großdimensionierte PVC-Erdleitung ermöglicht nun die Wasserentnahmen an Hydranten direkt am Aufstellungsort der Beregnungsmaschine. Schlepper- und Arbeitskraftstunden werden so eingespart, da nur noch eine ca. zehn Meter lange Schlauchverbindung vom Hydranten zur Beregnungsmaschine von Hand herzustellen ist.

Um den Energieverbrauch weiter zu reduzieren wurde zudem ein altes Pumpaggregat durch ein neues, verbrauchsgünstigeres Dieselaggregat ersetzt. Durch die Schalldämmung der Maschine und die Einhaltung der EG-Abgasstufe IIIA konnte sowohl die Schall- als auch die Schadstoffemission erheblich reduziert werden. Der verringerte Dieserverbrauch konnte in einem von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen organisierten Vergleichstest mit mehreren Dieselaggregaten nachgewiesen werden.



Abbildung 18: Versuchsaufbau zur Messung des Dieserverbrauchs des neuen Aggregates. Der Test erfolgte an einem baugleichen Modell im Rahmen des Aggregatetestes der Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

3.1.5.3. Ausblick für die Zeit nach dem Projekt

Das Projekt hat zu wesentlichen Veränderungen im Bewässerungsmanagement geführt. Der Austausch der flexiblen Zuleitung durch eine festverlegte Erdleitung führt beispielsweise zu einer weit über den Projektzeitraum hinauswirkenden Energie- und Arbeitszeiteinsparung. Gleiches gilt auch für die Anschaffung des neuen Dieselaggregates. Um die Kosten der Wasserbereitstellung weiter zu senken, ist mittelfristig zudem die Verlegung eines Stromanschlusses zu einem Brunnen im Feld geplant. Dort könnte dann eine frequenzgeregelte Elektropumpe eingesetzt werden. Die im Rahmen des Projektes angeschafften flexiblen Kleinregner werden weiterhin zur Beregnung in den Kräutern eingesetzt.

3.1.6. Betrieb Jan Bokelmann

3.1.6.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Begleitet durch das Projekt wurde im Jahr 2013 die rund 40 ha abdeckende Kreisberegnungsanlage errichtet. Das Ziel dieser langfristigen Veränderung im Bewässerungsmanagement war es, die Wasserverteilgenauigkeit zu erhöhen, den Arbeitszeitbedarf in der Bewässerungssaison zu reduzieren und Energie einzusparen. Nach langer Planungsphase und einigen Verzögerungen beim Bau der Anlage konnte die Kreisberegnung erst Anfang August 2013 in Betrieb genommen werden. Bis zu diesem Zeitpunkt musste die Fläche mit mobilen Beregnungsmaschinen versorgt werden. Im Jahr 2014 konnten aus Gründen der Fruchtfolge keine Kartoffeln unter der Kreisberegnungsanlage angebaut werden. Eine erste Wasserverteilungsmessung konnte aber dennoch in Zuckerrüben durchgeführt werden. Im Jahr 2015 wurde eine zweite Wasserverteilungsmessung mit einer erhöhten Anzahl an Messungen zeitgleich unter der Kreisberegnung und unter einer mobilen Beregnungsmaschine mit Großregner durchgeführt. Abgesehen von Abweichungen an Einzeldüsen zeigt sich unter der Kreisberegnungsanlage eine relativ gleichmäßige Wasserverteilung. Die erhöhte Ausbringmenge am Zentralturm ist technisch bedingt (derzeit sind keine kleineren Düsen lieferbar). Dies betrifft aber nur eine sehr kleine Teilfläche. Abweichungen an Einzeldüsen können durch eine Wasserverteilungsmessung schnell erkannt und behoben werden.

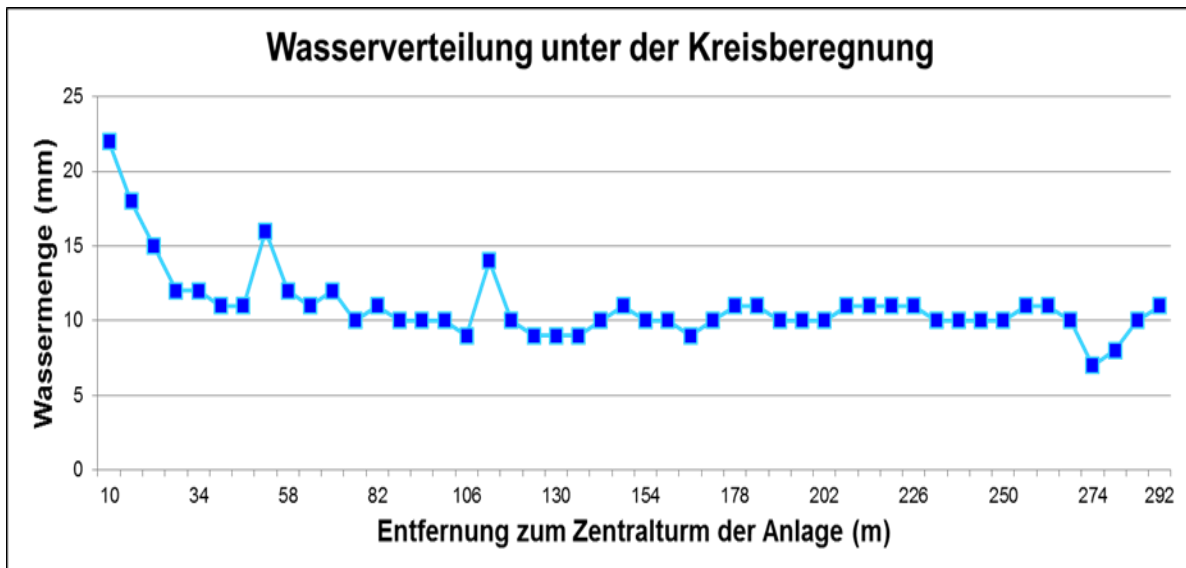


Abbildung 19: Wasserverteilung unter der Kreisberegnung. Messung am 19.06.15, angestrebte Ausbringmenge: 10 mm. Auch bei Wind wird eine relativ exakte Verteilung erreicht

3.1.6.2. Änderungen im Bewässerungsmanagement

Durch den Bau der Kreisberegnungsanlage konnten die vorhandenen mobilen Beregnungsanlagen deutlich entlastet werden, sodass die Maschinen arbeitswirtschaftlich günstiger eingesetzt werden können. Vor dem Bau der Kreisberegnungsanlage waren die mobilen Beregnungsmaschinen soweit ausgelastet, dass sie nach Beendigung eines Beregnungsdurchganges sofort umgebaut werden mussten. Auf Grund der begrenzten Kapazität musste auch bei ungünstiger Witterung beregnet werden. Die Kreisberegnung ermöglicht heute dagegen das häufigere Beregnen mit kleineren Gabenhöhen. Dadurch kann die Gefahr der Sickerwasserbildung in Folge starker Niederschläge nach einem Bewässerungsdurchgang reduziert werden.

Da die Kreisberegnung die zu bewässernde Fläche nicht vollständig abdecken kann, werden die verbleibenden Flächen mit der herkömmlichen Technik bewässert. Zu diesem Zweck wurde eine neue PVC-Erdleitung verlegt, welche die Beregnung der nicht von der Kreisberegnung erfassten Flächen ermöglicht. Die Bearbeitungs- und Beregnungsrichtung der Fläche musste dazu um 90 Grad gedreht werden. Bereits bei der Planung zum Bau der Kreisberegnungsanlage wurde deutlich, dass Änderungen der Flächenzuschnitte und der Bewirtschaftung notwendig sein werden. Rückblickend betrachtet waren diese Veränderungen jedoch wenig problematisch und sollten kein Hindernis bei der Planung und Realisierung von Großflächenberegnungsanlagen darstellen. Die große Anzahl interessierter Besucher des Feldtages machte deutlich, wie groß das Interesse der Landwirte der Region ist, die Bewässerung effizienter zu gestalten.

Um die Steuerung der Kreisberegnungsanlage und das Zusammenspiel zwischen Kreisberegnung und der ergänzenden Beregnung durch mobile Trommelberegnungsmaschinen zu optimieren, wurde in 2016 das Steuerungs- und Überwachungssystem „raindancer“ auf den Anlagen installiert. Mit Hilfe der App kann der Beregnungsfortschritt jederzeit aktuell abgerufen werden. Die voraussichtliche Ankunftszeit des Regners wird exakt berechnet, sodass die Umstellung der Maschinen organisiert werden kann. Bei einem Druckabfall im System oder sonstigen Störungen erfolgt sofort eine Meldung auf das Smartphone oder Tablet, sodass unmittelbar eingegriffen werden kann.

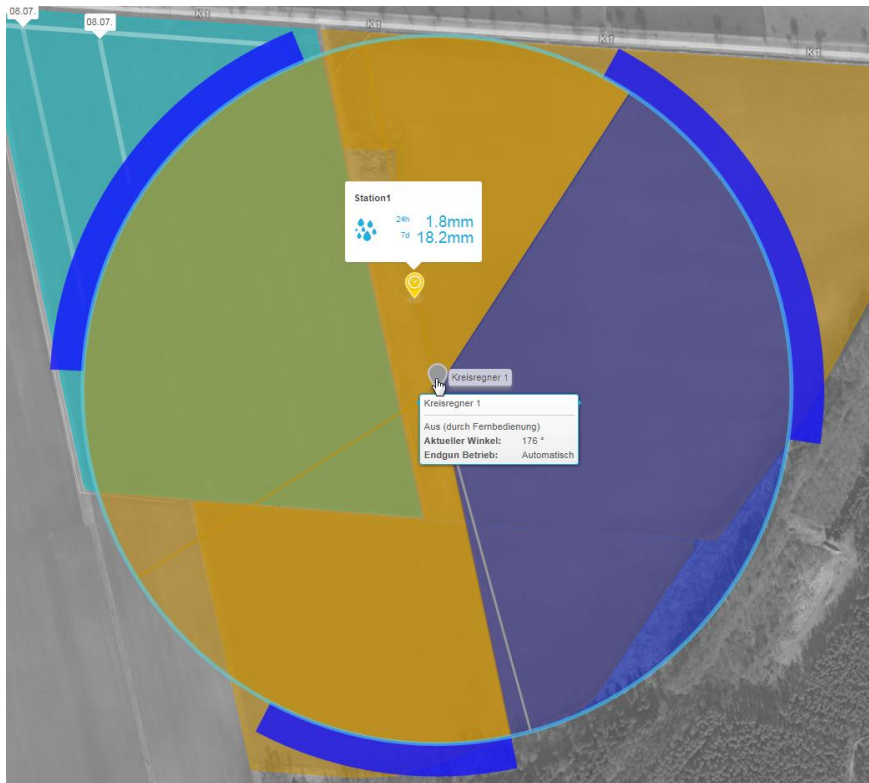


Abbildung 20: Ansicht aus dem „raindancer“-Portal: Position und Betriebszustand der Kreisberegnungsanlage können jederzeit abgerufen werden. Beregnungsgänge mit der mobilen Beregnungsmaschine (oben links) werden ebenfalls angezeigt. Die Wetterstation konnte in das System integriert werden.

3.1.6.3. Ausblick

Die Kreisberegnungsanlage hat auf dem Betrieb zu enormen Einsparungen im Bereich der Arbeitswirtschaft und des Energieeinsatzes geführt. Im Vergleich zur Beregnungstechnik mit mobilen Beregnungsmaschinen mit Großregner konnte der Energieverbrauch etwa halbiert werden. Wo die Flächenstruktur es ermöglicht, soll daher der Ausbau der Großflächenberegnungstechnik vorangetrieben werden. Im Betrieb laufen bereits erste Planungen zum Bau einer weiteren Anlage. Diese würde sich jedoch auf Pachtflächen befinden, weshalb entweder eine Regelung zum Ankauf der Anlage durch den Verpächter bei Ende des Pachtverhältnisses oder aber ein sehr langfristiger Pachtvertrag geschlossen werden muss.

3.1.7. Vorträge und Veröffentlichungen

Öffentlichkeitsarbeit 2013

- 13.11.2012 Ausschuss Pflanzenproduktion der LWK Niedersachsen in Oldenburg
- 05.03.2013 Sitzung Team Pflanze der LWK Niedersachsen in Hannover
- 11.03.2013 Sitzung AG Pflanzenbauvereine in Hannover
- 26.06.2013 DLG-Fachtagung Bewässerung in Görlitz
- 22.10.2013 Sitzung des VLK (Verband der Landwirtschaftskammern) in Kassel

Öffentlichkeitsarbeit 2014

- 04.02.2014 Vorstellung des Projektes im Rahmen der Jahresmitgliederversammlung des Fachverbandes Feldberegnung e.V. in Uelzen
- 10.06.2014 Erster niedersächsischer Bewässerungsfeldtag im Rahmen des Projektes auf dem Betrieb Holste in Martfeld
- 09.07.2014 Zweiter niedersächsischer Bewässerungsfeldtag auf dem Betrieb Dörrheide in Altendorf
- September 2014: Artikel „Bewässerung: Möglichkeiten zur Steigerung der Effizienz“ in der Zeitschrift „Gartenbauprofi“
- 18.09.2014 Informationsstand auf dem Spargelfeldtag der LWK Niedersachsen in Fuhrberg
- 26.11.2014 Projektvorstellung im Rahmen der Sachbearbeitertagung Beregnung der LWK Nds.

Öffentlichkeitsarbeit 2015

- 03.02.2015 Präsentation des Projektes auf der Jahresversammlung des FVF
- 27.05.2015 „Möhren: Beim Spargel abgeguckt“ Artikel zum Möhrenanbau auf dem Betrieb Holste auf der Internetseite der LWK Niedersachsen
- 07.06.2015 Öffentlichkeitsarbeit zum Projekt und zur Beregnung allgemein auf der Tour de Flur in der Wedemark
- 18.06.2015 Öffentlichkeitsarbeit zum Projekt und zur Beregnung allgemein: Großer Feldtag der LWK, Borwede
- 25.06.2015 Feldtag auf dem Betrieb Bokelmann, Räderloh
- 25.06.2015 „Es kommt fast auf jeden Millimeter an“ Artikel zum Lenksystem auf dem Betrieb Holste, Land und Forst Nr.26/2015
- 16.07.2015 „Kulturen noch effizienter beregnen“ Artikel zum Feldtag auf dem Betrieb Bokelmann, Land und Forst Nr. 29/2015
- 12/2015 „Feldberegnung-sparsam mit kostbarem Wasser“ Artikel zum Projekt im Jahresbericht 2015 der LWK
- Dauerhaft Internetseiten von LWK und FVF

Öffentlichkeitsarbeit 2016

- 02.02.2016 Präsentation des Projektes auf der Jahresversammlung des FVF
- 25.02.2016 „Der Computer macht die Felder nass“ Artikel zur Jahresversammlung des FVF, Land und Forst NR.8/2016
- 15.04.2016 „Weniger Druck und Wasser“ Artikel zum Projekt, Bauern Zeitung 15/2016
- 16.04.2016 Öffentlichkeitsarbeit zum Projekt und zur Beregnung allgemein auf der Hausmesse des Betrieb Elbers
- 02.05.2016 „Frühkartoffeln: Erste frische Knollen aus Niedersachsen“ Pressemitteilung LWK Niedersachsen (Betrieb Holste)
- 09.06.2016 „Wasser und Energie sind kostbar“ Artikel zum Projekt, Land und Forst Nr. 23/2016
- 14.06.2015 Feldtag auf dem Betrieb Kramer, Hassel
- 17.06.2016 „Landwirte wünschen sich mehr Regen“ Artikel zum Feldtag in der Kreiszeitung
- 18.06.2016 Infostand zum Projekt und zur Beregnung allgemein auf dem Kräuterfest des Betrieb Elbers
- 22.06.2016 Projektvorstellung bei der DLG AG Bewässerung
- 23.06.2016 „Tropfen für Tropfen Lebenselixier“ Artikel zum Feldtag auf dem Betrieb Kramer, Land und Forst Nr. 25/2016
- 01.10.2016 „Bewässerung effizient gestalten“ Artikel zum Projekt, Gemüse Nr.10/2016
- 15.11.2016 Vortrag zum Projekt auf dem Profi-Tag Gemüsebau, Hannover/Ahlem
- Dauerhaft Internetseiten von LWK und FVF

Öffentlichkeitsarbeit 2017

- 19.01.2017 Präsentation des Projektes auf dem Möhrenforum der AMI
- 07.02.2017 Präsentation des Projektes auf der Jahresversammlung des FVF
- 01.03.2017 Präsentation des Projektes vor Biolandwirten (Hotel Hennies)
- Zeitschriften: „Neue Landwirtschaft“(Russland), Gartenbau-Profi 4/2017 + Beilage „Zwiebelheft“ in 8/2017

3.2. Hessen

3.2.1. Betrieb Werner und Andreas Ewald G.b.R

3.2.1.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Bei dem in Trebur ansässigen Betrieb, handelt es sich um einen Vollerwerbsbetrieb mit Schwerpunkt im Freilandgemüsebau. Der Betrieb ist nach „QS – GAP“ und „Geprüfte Qualität – Hessen“ zertifiziert. Auf 75 ha werden, bei einer durchschnittlichen Schlaggröße von 1 – 5 ha, ein breites Gemüsesortiment mit Schwerpunkt auf Salat, Kohlrabi, Möhren und Brokkoli angebaut.

Der Betrieb hat sich als Empfänger der zusätzlichen Förderung qualifiziert und demnach konnten besondere Maßnahmen zur Implementierung innovativer Bewässerungstechnik gefördert werden. Durch die Ausrüstung mit moderner, frequenzgesteuerter Pumpentechnik war der Betrieb in der Lage Niederdruckbewässerungstechnik wasser- und energieeffiziente einzusetzen (

Abbildung 21). Es wurde geplant, im Rahmen des Projektes, eine Fläche von drei Hektar mit Tropfbewässerung auszustatten. Hierzu mussten neben der bereits erwähnten, frequenzgesteuerten Pumpe, eine Kopfstation für die Tropfbewässerung und die nötige Steuerung sowie Tropfschläuche angeschafft und installiert werden.

Die Pumpe wurde im Frühjahr 2013 eingebaut und die ersten Erfahrungen bezüglich Tropfbewässerung wurden in der Kultur von Zucchini gesammelt.



Abbildung 21: Frequenzsteuerung der neuen Pumpe.



Abbildung 22: Tropfbewässerung unter Mulchfolie in Zucchini mit Tensiometer.

Im Jahr 2014 wurden dann zwei Hektar Zucchini und ein Hektar Rhabarber mit Tropfbewässerung ausgestattet. Die Tropfschläuche wurden oberirdisch jedoch unter einer Mulchfolie verlegt (Abbildung 22). Um den Bewässerungserfolg zu kontrollieren und um den Bedarf der Bewässerungsgaben einschätzen zu können, wurde die Anlage mit einem Tensiometersystem versehen. Der Betriebsleiter konnte somit seine Anlage online überwachen und Aussagen über den Verlauf seiner Maßnahmen und auch etwaige Prognosen treffen.

Am 17.09.2014 fand auf dem Betrieb Ewald ein Feldtag zum Thema „Effiziente Bewässerung“ im Rahmen des Projektes statt. Inhaltlich wurde das Projekt von Herrn Scheyer (LLH) vorgestellt, Herr Mayer (HS Geisenheim) gab einen Überblick über Tropfbewässerung, Sensortechnik und Berechnungssteuerung. An der technischen Realisierung des Projektes auf dem Betrieb Ewald beteiligte Firmen berichteten im Anschluss über ihre Erfahrungen. Herr Ewald berichtete ebenfalls über seine positiven Erfahrungen mit der neuen Technik und stand im Rahmen eines Betriebs- und Feldrundgangs für Fragen zur Technik und zu den Pflanzenbeständen zur Verfügung. In diesem Rahmen fand ein reger Austausch zwischen Praxis, Beratung, Wissenschaft und Verwaltung statt. Über den Feldtag wurde in der Fachpresse zudem ausführlich berichtet.

Im Jahr 2015 wurde eine weitere Kopfstation mit Düngedosierer angeschafft (Abbildung 23). Der Betrieb ist somit in der Lage mehrere Schläge unabhängig voneinander anzusteuern. Die Tropfschläuche wurden wie in den Jahren zuvor, oberirdisch unter einer Mulchfolie verlegt. Um den Bewässerungserfolg zu kontrollieren und um den Bedarf der Bewässerungsgaben einschätzen zu können, wurde die Anlage mit einem Tensiometersystem versehen. Der Betriebsleiter konnte somit seine Anlage überwachen und Aussagen über den Verlauf seiner Maßnahmen treffen. Das bisher genutzte System mit online Überwachung musste wegen technischer Probleme aus der Nutzung genommen werden. Es wurde im Jahr 2015 die Bodenfeuchte mit Blumat-Tensiometern (Tensiotechnik, Geisenheim) kontrolliert. Die Tensiometer haben sich durch den einfachen Aufbau und die robuste Konstruktion für den Praxisbetrieb bewährt haben.



Abbildung 23: Neue Kopfstation mit Düngedosierer

Durch einzuhaltende Anbaupausen bei der Kultur von Zucchini war der Betriebsleiter im Jahr 2016 gezwungen, auch auf Flächen zurückgreifen die nicht an der betriebseigenen Ringleitung liegen. Um auch auf diesen, betriebsfernen Schlägen die Niederdrucktechnik etabliert zu können wurde 2016 eine Investition in ein mobiles Niederdruck - Pumpensystem getätigt. Der Betrieb ist somit in der Lage auf allen von ihm bewirtschafteten Flächen Niederdrucktechnik einzusetzen.

3.2.1.2. Ausblick

Herr Ewald ist von dem Einsatz der Niederdrucktechnik überzeugt und möchte auch in Zukunft an diesem System festhalten. Die durch das Projekt gewonnenen Erfahrungen möchte er auch auf andere Kulturen übertragen. Den Anbau mit abbaubarer Mulchfolie hat er bereits in der Kultur von Salat übernommen.

3.2.2. Betrieb Albert Kunna Gartenbau

3.2.2.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Der Betrieb befindet sich in Frankfurt-Nieder-Erlenbach und ist ein Vollerwerbsbetrieb mit Schwerpunkt im Freilandgemüsebau. Der Betrieb ist nach „QS Qualität und Sicherheit“ und „Geprüfte Qualität – Hessen“ zertifiziert. Auf 50 ha Freilandfläche werden als Hauptkulturen Kopfsalat, Buntsalat, Kopfkohl und Sellerie angebaut. Neben Etablierung der Steuerung über Erhebung der klimatischen Wasserbilanz, wurde in dem Betrieb ein Demonstrationsschlag mit Kleinregnern ausgestattet.

Auf dem Betrieb „Albert Kunna Gartenbau“ wurde als Versuchskultur der Knollensellerie ausgewählt. Zur Bewässerungssteuerung wurden die Daten der installierten Wetterstation herangezogen, die automatisch die Niederschlagsmengen erhebt und sie online zur Verfügung stellt. Mittels dieser Daten und der von dem deutschen Wetterdienst bereit gestellten Verdunstungsdaten, wurde über die „Geisenheimer Steuerung“ eine klimatische Wasserbilanz für die Kultur simuliert. Gemeinsam mit der Hochschule Geisenheim wurde Anfang 2014 eine Methode entwickelt, die im Vergleich zum Optimum einen reduzierten Wasserbedarf für die Kultur berechnet. Die vorher simulierte Wasserbilanz zielte auf optimales Pflanzenwachstum unter optimaler Wasserversorgung ab. Die damit verbundene Durchmesserzunahme entsprach dagegen nicht dem geforderten Handelskaliber. Mit der modifizierten Berechnungsgrundlage konnten Erfordernisse des Marktes, wie z.B. kleinere Knollen berücksichtigt werden.

Auf dem Betrieb fand im Jahr 2015 ein Wechsel in der Versuchskultur statt. Der Knollensellerie wurde durch die neue Versuchskultur Salat abgewechselt. Zur Bewässerungssteuerung wurden weiterhin die Daten der installierten Wetterstation (Abbildung 24) herangezogen, die automatisch die Niederschlagsmengen erhebt und sie online zur Verfügung stellt. Mittels dieser Daten und der von dem deutschen Wetterdienst bereit gestellten Verdunstungsdaten, wurde über die Geisenheimer Steuerung eine klimatische Wasserbilanz für die Kultur simuliert.



Abbildung 24: Wetterstation im Salat mit Kleinregnersystem

Die bereits im Knollensellerie eingesetzten Kleinregner kamen auch in der neuen Versuchskultur zum Einsatz. Die Verteilgenauigkeit des eingesetzten Systems wurde mittels Regenmesser untersucht (Abbildung 25). Die Verteilgenauigkeit der Kleinregner hat sich als sehr zufriedenstellend rausgestellt.

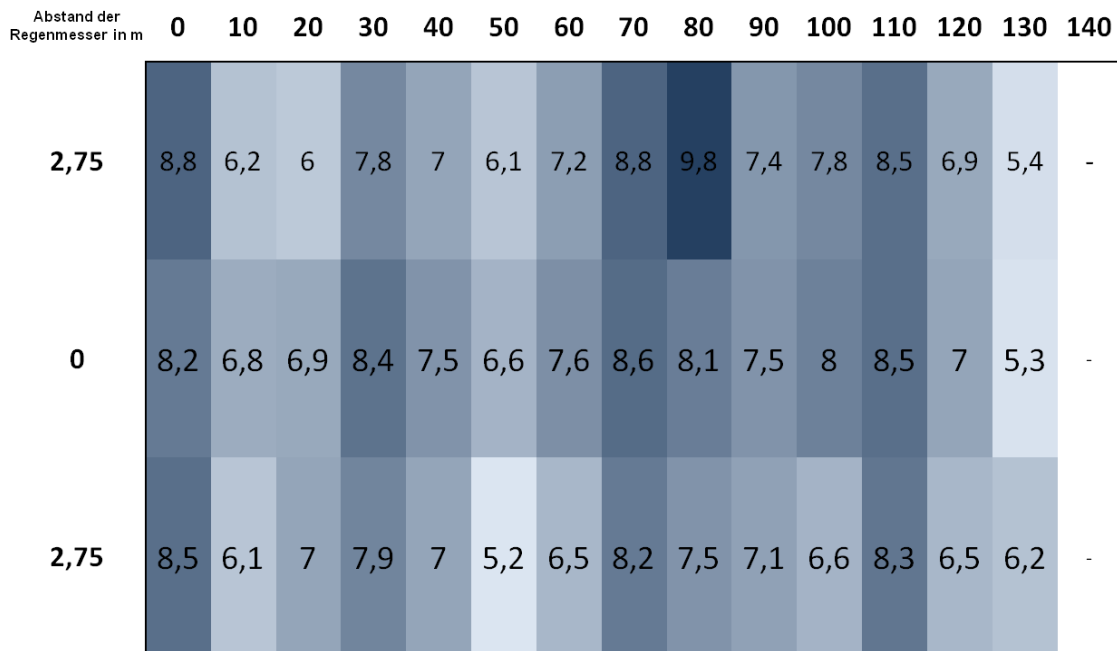


Abbildung 25: Verteilungsmessung (mm) der Kleinregner im Salat

Laut Betriebsleiter konnte zudem der Verschmutzungsgrad im Salat durch den feinen Regen auf ein Minimum reduziert werden. Diese und weitere Vorteile konnten auf dem Feldtag am 04.08.2015 in Frankfurt gemeinsam mit dem Betrieb Schenck eindrucksvoll demonstriert werden.

3.2.2.2. Ausblick

Herr Kunna möchte auch nach dem Projekt an dem System der Kleinregner festhalten und die Ausweitung der Fläche vorantreiben. Zu diesem Zweck sollen weitere Kleinregner angeschafft werden. Zudem haben die Erfahrungen aus dem Projekt dafür gesorgt, dass Herr Kunna seine bestehende Pumpentechnik durch eine frequenzgesteuerte, für Niederdrucktechnik geeignete Pumpenanlage, ersetzen möchte.

3.2.3. Betriebsgemeinschaft Ludwig

3.2.3.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Der Betrieb ist in Griesheim ansässig. Die Betriebsgröße beträgt 30 ha, bei einer durchschnittlichen Schlaggröße von 1 ha. Angebaut wird ein breites Gemüsesortiment mit Schwerpunkt auf Salat, Möhren, Porree, Kohl und Kräutern.

Während der Projektlaufzeit wurde eine Tropfbewässerung installiert, mit der versuchsweise Zucchini bewässert wurden. Im Unterschied zum Betrieb Ewald wurden die Tropfschläuche im ersten Jahr unterirdisch verlegt. Hierdurch war es möglich während der Saison Hackdurchgänge durchzuführen. Als nachteilig erwies sich dabei der hohe Arbeitsaufwand beim Verlegen, wie auch später beim Bergen der Tropfschläuche. Darüber hinaus wurde die Funktionskontrolle wie auch etwaige Reparaturmaßnahmen erschwert, sodass ab dem Anbaujahr 2014 dem Beispiel des Betriebs Ewald gefolgt wurde und ebenfalls das Verfahren mit oberirdischer Verlegung unter Maisfolie angewendet wurde. Dabei konnte die in der Saison 2013 angeschaffte Tensiometersteuerung in das neue System übernommen und problemlos in die Kopfstation integriert werden. Zur automatischen Steuerung wurde mittels Tensiometer im Bestand die anliegende Saugspannung erhoben und bei Erreichen eines definierten Wertes die Bewässerung gestartet. Die Dauer der Bewässerung wurde dann über eine Zeitschaltuhr gesteuert.

Im Jahr 2015 wurde dieses System beibehalten und die Anbaufläche auf einen weiteren Schlag ausgeweitet. Hierzu wurde eine zweite Kopfstation angeschafft die ebenfalls mit einem Düngebeimischungssystem ausgestattet wurde. Für die Düngebeimischung, wegen der einfachen und robusten Handhabung, das Düngefass bewährt (Abbildung 26).



Abbildung 26: Verlegung des Tropfsystems, neue Kopfstation und Düngefass.

Durch die Anschaffung der zweiten Kopfstation ist der Betrieb in der Lage die bedarfsgerechte Bewässerung verschiedener Sätze parallel sicherzustellen. Die Steuerung der Anlage wurde mittels Tensiometer (Blumat) durchgeführt. Es wurde die anliegende Saugspannung im Feld erhoben und als Entscheidungshilfe für die Steuerung herangezogen. Die Bewässerung wurde dann über eine Zeitschaltuhr (Dauer und Startzeitpunkt) gesteuert.

Obwohl der Betrieb an einer Ringleitung liegt und so die Energieeinsparung in diesem Fall nicht direkt dem Landwirt zu Gute kommt, schwört Herr Ludwig auf dieses System. Da an der Ringleitung, bei paralleler Nutzung durch verschiedene Betriebe, der Druck für herkömmliche Beregnungssysteme oftmals unzureichend ist, sei man mit der Niederdrucktechnik hierbei im klaren Vorteil. Die Tropfbewässerung unter Mulchfolie biete weitere Vorteile, etwa im phytosanitären Bereich, so Ludwig. Außerdem könne man zeitgleich ernten und bewässern. Die saubere und trockene Frucht sei insbesondere für die Vermarktung ein großer Vorteil.



Abbildung 27: Feldtag „effiziente Bewässerung“ am 07.08.2014 in Griesheim.

Drei Sätze der Zucchini und die entsprechende Bewässerungs- bzw. Verlegetechnik konnte im Rahmen eines Feldtages besichtigt werden. Insbesondere die positiven Erfahrungen zu arbeitswirtschaftlichen Vorteilen der Tropfbewässerung überzeugten eine Reihe von Praktikern von der Technik. Die Maschinenvorführung zum gleichzeitigen Verlegen von Folie und Schlauch stieß auf positives Echo. Der Feldtag in Griesheim fand am 07.08.2014 statt und wurde wegen der räumlichen Nähe durch die beiden Betriebe Ruhstorfer & Kärcher und Ludwig ausgerichtet.

3.2.3.2. Ausblick für die Zeit nach dem Projekt

Auch für die Zeit nach dem Projekt soll das gewählte System beibehalten werden. Klare Vorteile der Tropfbewässerung unter Mulchfolie sieht der Betriebsleiter im phytosanitären Bereich und in der Möglichkeit zeitgleich zu ernten und zu bewässern. Auch die saubere und trockene Frucht sei insbesondere für die Vermarktung ein großer Vorteil.

3.2.4. Betrieb Kärcher und Ruhstorfer G.b.R.

3.2.4.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Der Betriebsstandort ist Griesheim. Auf 70 ha werden, bei einer durchschnittlichen Schlaggröße von 0,2 – 5 ha, schwerpunktmäßig Salat, Spinat und Petersilie angebaut. Bei der vorhandenen Bewässerungstechnik handelt es sich um Schwinghebelregner auf Beregnungsrohren. Hauptaugenmerk wurde während des Projektes auf die automatische Steuerung der Bewässerungstechnik gelegt werden. Der Betriebsleiter zeigte zudem großes Interesse an Sensortechnik zur Bestimmung der Bodenfeuchte.

Der Betrieb Kärcher und Ruhstorfer wurde im Rahmen des Projektes mit einer Wetterstation, an die ein Regenschirm und zwei TDR - Sonden angeschlossen sind, ausgestattet. Die TDR - Sonden wurden in einer Tiefe von 20 cm und 40 cm eingebaut. Als Versuchskultur wurde die Petersilie gewählt. Die über die Sonden erhobenen Daten wurden von dem Betriebsleiter genutzt um den logistischen Ablauf seiner Bewässerungsmaßnahmen effizienter zu gestalten. Des Weiteren wurde ein Schlag mit Kleinregnern ausgestattet. Über Kleinregner kann eine gleichmäßigere Wasserverteilung gepaart mit einer energieeffizienteren Ausbringung realisiert werden. Die Möglichkeit durch die Niederdrucktechnik, bei unterschiedlichen Druckverhältnissen an der Ringleitung, mehrere Parzellen gleichzeitig zu bewässern war das Hauptargument für den Einsatz selbiger.

Der Schwerpunkt auf dem Betrieb war die automatische Steuerung der Bewässerungsflächen über die mit Zeitschaltuhr ausgestatteten Magnetventile.



Abbildung 28: Oben rechts: altes Magnetventil mit Zeitschaltuhr, unten und links: neues Magnetventil mit Zeitschaltuhr

Durch die automatische Steuerung kann der Betrieb nachts bewässern, und so Verdunstung und schlechte Windverhältnisse meiden. Da wenige Betriebe nachts bewässern sind die Druckverhältnisse in der Ringleitung konstanter und somit auch die Verteilung der eingesetzten Beregnungstechnik gleichmäßiger. Die alte Steuereinheit (Abbildung 28 oben rechts) steuerte das Magnetventil hydraulisch an, was bei unterschiedlichen Drücken und ungefiltertem Beregnungswasser sehr schnell zu Ausfällen führt. Durch den kompletten Austausch des Magnetventils und dem Ersetzen der hydraulischen Steuereinheit durch eine elektrische, konnte das Problem komplett behoben werden. Die neuen Ventile verfügen zudem über einen kleinen Filter, der den Steuerstrom des Magnetventils separat filtert und dadurch die Zuverlässigkeit weiter steigert.

Im Rahmen des Projektes wurden Messungen zur Wasserverteilung bei der bestehenden Rohrberegnung durchgeführt, wobei die schlechtere Verteilung bei Wind abzulesen war (Abbildung 29).

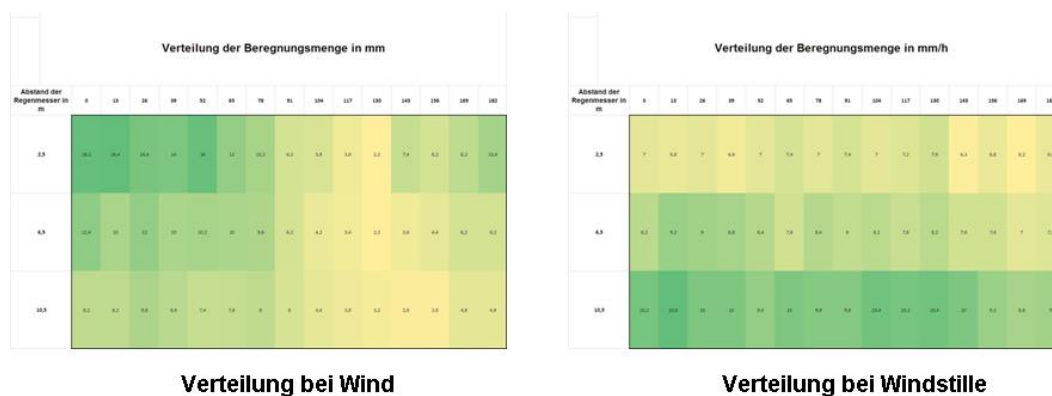


Abbildung 29: Verteilungsmessung bei Wind bzw. Windstille

Gemeinsam mit dem Betrieb Ludwig richtete der Betrieb Kärcher und Ruhstorfer den Feldtag in Griesheim am 07.08.2014 aus, auf dem auch über die Wasserverteilung intensiv diskutiert wurde. Neben Maßnahmen um die Auswirkungen des Windes zu minimieren, wurde der Einsatz von Kleinregner angesprochen. Über Kleinregner kann eine gleichmäßigere Wasserverteilung gepaart mit einer energieeffizienteren Ausbringung realisiert werden.

Insgesamt hat der Feldtag in Griesheim bemerkenswerten Anklang in der Praxis, der Verwaltung und Beratung gefunden. Intensive Gespräche wurden geführt und Ideen verschiedener Betriebe und Beratungsinstitutionen erörtert. In der fachlichen Presse wurde ausführlich berichtet.

In 2016 war es Ziel, parallel zu der Verbesserung der Rohrberegnung, auch den Einsatz der mobilen Bewässerungsmaschinen effizienter zu gestalten. Es wurde eine Maschine mit moderner Computersteuerung und Möglichkeit zur Fernüberwachung bzw. -steuerung mittels GPS angeschafft. Durch den Einsatz von GPS kann ein effektives Flottenmanagement etabliert werden.

3.2.4.2. Ausblick

Der Betrieb möchte den Austausch seiner noch verbliebenen alten Magnetventile vorantreiben. In dem Einsatz von GPS zur managen seiner Beregnungstechnik sieht der Betriebsleiter enormes Potential zum Steigern der Effizienz seiner Beregnung.

3.2.5. Betrieb Danuta und Dieter Schenck

3.2.5.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

In Frankfurt befindet sich der Vollerwerbsbetrieb D. und D. Schenck. Dieser Gemüsebaubetrieb ist nach „QS Qualität und Sicherheit“ und „Geprüfte Qualität – Hessen“ zertifiziert. Auf 9 ha Freilandfläche werden als Hauptkulturen Blumenkohl, Spitzkohl, Brokkoli und Endiviensalat angebaut.

Blumenkohl diente auf dem Betrieb Schenck als Versuchskultur. Im Rahmen des Projektes wurde der Bestand an Beregnungsmaschinen durch eine computergesteuerte Beregnungstrommel ergänzt (Abbildung 30). Mit der neuen Maschine lassen sich Vor- und Nachberegnungszeit sowie Einzugsgeschwindigkeit einstellen. Zusätzlich verfügt die neue Maschine über einen Drehkranz, wodurch die oftmals gegenüberliegenden kleinen Flächen in Bezug auf Arbeitsaufwand effizient und zeitsparend bedient werden können.



Abbildung 30: Bewässerungsmaschine mit Einzugsreglung.

Weiterhin wurde ein System zur Aufzeichnung von wetter- und kulturspezifischen Bodenfeuchtedaten installiert, so dass jegliche Daten zur Berechnung einer klimatischen Wasserbilanz eigenständig erhoben werden können (Abbildung 31). Die zur Berechnung der klimatischen Wasserbilanz eingesetzte Geisenheimer Steuerung wurde so modifiziert, dass auf die betrieblichen Besonderheiten reagiert werden kann. Es kann nun schlagbezogen ein Puffer eingestellt werden mit dem speziellen Bodenverhältnisse oder Starkregenereignisse berücksichtigt werden können. Der Betrieb verfügt somit über ein „maßgeschneidertes“ System welches zur vollsten Zufriedenheit des Betriebsleiters eingesetzt werden kann.



Abbildung 31: Neue Wetterstation mit Verdunstungsdaten

In der Saison 2015 wurde mit den neu angeschafften Maschinen untersucht, wie sich die automatische Einzugsreglung auf die Verteilgenauigkeit auswirkt (Abbildung 32).

Alte Maschine ohne Einzugsregelung										
Abstand der Regenmesser in m	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
12	9,4	9,6	8,5	9,9	7,9	7,2	7,8	10,1	7,8	8,6
4,5	9,8	14,8	13,2	12,9	14	14,1	13,2	13,6	15,2	12,9
Bewässerungskanone										
4,5	10,2	14,8	12,5	14	13,5	13,1	16	14,2	15,5	18
12	14	17,9	15,2	15	12,8	15,6	18	18,5	18,6	17,2

Neue Maschine mit Einzugsregelung										
Abstand der Regenmesser in m	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
12	6,5	7	6,9	7,8	7	7,5	7,3	7	6,9	5,8
4,5	7	6,8	7	8,5	8	6	7,8	8,5	8	6,9
Bewässerungskanone										
4,5	8	6,3	6,9	8,8	7	5,5	6,1	7,5	10,5	8,3
12	9,1	8,8	7,2	9,8	7,9	6	4,1	3,4	3,5	5,1

Abbildung 32: Verteilungsmessungen der beiden Bewässerungsmaschinen

Durch diese Untersuchungen wurde ersichtlich, dass die Einzugsregelung zwar die Verteilgenauigkeit über die Fläche erhöht, der Einflussfaktor Wind jedoch eine weitaus höhere Rolle spielt.

Am 04.08.2014 fand auf dem Betrieb Schenck ein Feldtag gemeinsam mit dem Betrieb Kunna zum Thema „Effiziente Bewässerung“ im Rahmen des Projektes statt. Inhaltlich wurde das Projekt von R. Scheyer (LLH) vorgestellt, N. Mayer (HS Geisenheim) gab einen Überblick über Tropfbewässerung, Sensortechnik und Beregnungssteuerung und Jürgen Kleber (Hochschule Geisenheim) referierte über mögliche Druck bzw. Energieeinsparungen bei der Bewässerung. Herr Schenck und Herr Kunna berichteten ebenfalls über ihre positiven Erfahrungen mit der neuen Technik und standen im Rahmen eines Betriebs- und Feldrundgangs für Fragen zur Technik und zu den Pflanzenbeständen zur Verfügung. Es fand ein reger Austausch zwischen Praxis, Beratung, Wissenschaft und Verwaltung statt. Über den Feldtag wurde in der Fachpresse zudem ausführlich berichtet.

3.2.5.2. Ausblick

Herr Schenck ist von den eingeführten Neuerungen überzeugt und möchte sowohl den Einsatz computergesteuerter Beregnungstrommeln sowie die Berechnung der klimatischen Wasserbilanz mittels Geisenheimer Steuerung beibehalten. Auch nach dem Projekt besteht ein reger

Austausch zwischen den Betrieb, der Hochschule Geisenheim und dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen.

3.2.6. Betrieb Richard Ohmer

3.2.6.1. Erfahrungsbericht zur Beratung im Projekt

Der Ohmerhof befindet sich in Rheinzabern (Rheinland-Pfalz). Auf dem Betrieb wird mit Schwinghebelregnern auf Rohren beregnet. Da auf dem Betrieb das Beregnungswasser durch einen eigenen Brunnen bereitgestellt wird und die eingesetzte Pumpe bereits über eine Frequenzsteuerung verfügt, wurde der Einsatz von Niederdruckregnern auf dem Betrieb durch das Projekt gefördert. Durch die Reduzierung des Betriebsdrucks konnte der Betrieb von einer direkten Energieeinsparung profitieren.

Am Anfang des Projektes stand die Bewässerung von Staudensellerie im Mittelpunkt. Hier konnten sich Kleinregner, Typ „Windfighter“ (Firma Nelson, USA) in einem Verband von 12 m x 12 m, betriebswirtschaftlich wie auch pflanzenphysiologisch bewähren (

Abbildung 33). Neben der Energieeinsparung durch den Einsatz der Niederdrucktechnik, konnte der Landwirt durch gezielte Beregnungsgaben von 5 mm und einer hohen Verteilgenauigkeit effizient das Auftreten von Innenbrand reduzieren.



Abbildung 33: Wetterstation und Kleinregner im Selleriebestand

Es wurde im Jahr 2015 statt Staudensellerie als Versuchskultur der Wirsing gewählt. Der Einsatz von Kleinregnern hat sich auch für die neu gewählte Kultur betriebswirtschaftlich wie auch pflanzenphysiologisch bewährt. Während durch die gute Regenverteilung und die Feinjustierung der Regengabe bei Sellerie der Innenbrand reduziert wurde, konnte mittels Kleinregnern die Kultur im Wirsingschlag auch effizient gekühlt werden. Insgesamt führte dies dazu, dass

der Betrieb einen höheren Anteil an marktfähiger Ware erzeugen konnte und damit betriebswirtschaftlich einen besseren Erlös erzielte.

Am 29.09.2015 wurde auf dem Betrieb ein Feldtag ausgerichtet und die Erfahrungen der Praxis und allen Interessierten vorgestellt. Der Feldtag war gut besucht und es fand ein reger Austausch statt. Hauptthema des Feldtags war der Einsatz von Kleinregnern und das generelle Einsparpotential von Niederdrucktechnik.

Neben einer Vortragsreihe am Vormittag auf der die Projektbeteiligten R. Scheyer (LLH), J. Kleber (HS Geisenheim) und Dr. S. Weinheimer (DLR Rheinland) referierten, fand am Nachmittag eine Feldbegehung statt. Es wurden verschiedene Systeme für den effizienten Einsatz von Kleinregnern vorgestellt. Neben den Kleinregnern auf herkömmlichen Stahlrohren wurde eine Demonstrationsanlage aufgebaut die die Vorteile des Einsatzes der Kleinregner auf einem Schlauchsystem aufzeigte (Abbildung 34).



Abbildung 34: Kleinregner auf einem Schlauchsystem

3.2.6.2. Ausblick für die Zeit nach dem Projekt

Auch nach dem Projekt möchte der Betrieb an dem Einsatz von Kleinregnern festhalten. Es ist geplant weitere Kleinregner anzuschaffen und eventuell eine Versuchsparzelle Salat mit Kleinregnern auszustatten. Auf der Versuchsparzelle möchte der Betrieb den effizienten Einsatz von Schlauch- bzw. alternativen Rohrsystemen untersuchen.

3.2.7. Vorträge und Veröffentlichungen

- Bewässerungsprojekt zur Effizienzsteigerung. Tagungsband des Hessischen Gemüsebautag 2014. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen , Januar 2014
- „Effizient bewässern“ Vortrag auf der Sitzung des Fachausschusses Pflanzenproduktion am 27.02.2014 in Alsfeld.
- Zukunft effizient bewässern, Wasser ist kostbar – im Gemüsebau Wasser sparen; landwirtschaftliches Wochenblatt 20/2014, S. 30-32.
- Auch beste Technik kann Erfahrung nicht ersetzen; landwirtschaftliches Wochenblatt 34/2014, S. 14-17.
- Wasser und Strom Hand in Hand; Gemüse 11/2014, S. 20-22.
- Feldtag „Effizient bewässern“ am 06.08.2014 in Griesheim;
- <http://www.llh.hessen.de/pflanzenproduktion.html>
- Effizient bewässern - BLE-Modellvorhaben zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau; Geschäftsbericht 2013 Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen,10/2014.
- BLE-Modellvorhaben zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau; Vortrag auf der Dienstbesprechung der Gartenbauberater des Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen am 18.11.2014 in Wetzlar.
- Feldtag „Effiziente Bewässerungssysteme“, Homepage LLH, 08/2015
- „Der Energieverbrauch ist ein entscheidender Kostenfaktor“, Hessenbauer - Landwirtschaftliches Wochenblatt, Ausgabe 33, 08/2015
- „Effizienter Bewässern“, Pfälzer Bauer - Wochenblatt für Landwirtschaft & Landleben, Ausgabe 41, 10/2015
- 02.12.2015 Griesheim - Projektvorstellung Informationsveranstaltung "Energieeffiziente Bewässerung" Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) / Wasser- Boden und Landschaftspflegeverband Hessen (WBL)
- 23.02.2016 „Demonstrationsbetriebe zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau“. Dienstbesprechung des Fachgebietes „Fachinformation Pflanzenproduktion – FG 33. Schloss Eichhof, Bad Hersfeld
- Bewässerung – genau und effizient, Gartenbauprofi 3/2016;
- Schon alle Regner gerade gestellt?, Gemüse 9/2016;
- Effizienz der Bewässerung erhöhen, BLE-Projekt Hessen abgeschlossen, Gemüse 11/2016;
- Landwirtschaftliches Wochenblatt 27/2016; Effizienzsteigerung in der Bewässerung oft möglich, BLE-Modellvorhaben „Effiziente Bewässerung“ abgeschlossen
- Hessischer Gemüsebautag 2016 (27.01.2016 Gernsheim) - „Bewässerungsprojekt zur Effizienzsteigerung“
- Abschlussveranstaltung Niedersachsen
- Abschlussveranstaltung Hessen / DLG-Bewässerungstage 2016 (22.06.2016 Griesheim) - BLE-Modellvorhaben „Effiziente Bewässerung“ Erfahrungen aus Hessen
- BLE Projekt zur effizienten Bewässerung erfolgreich abgeschlossen <https://www.llh.hessen.de/pflanze/bewaesserung/ble-projekt-zur-effizienten-bewaesserung-erfolgreich-abgeschlossen/>

3.3. Bericht der Koordinatoren

Berichtersteller:

Jürgen Kleber

Hochschule Geisenheim, Institut für Gemüsebau

Von-Lade-Str.1

65366 Geisenheim

3.3.1. Wichtige Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse

Durch die Kombination aus Beratung und Überprüfung der Empfehlungen auf den Betrieben konnte schnell auf betriebsspezifische Anforderungen eingegangen werden. Zum Beispiel wurde die von der Hochschule Geisenheim den Projektbeteiligten zur Verfügung gestellte Excelanwendung zur Berechnung des Bewässerungsbedarfs auf Grundlage der Geisenheimer Steuerung weiter an den Bedarf der Praxisbetriebe angepasst. Dadurch führte das System der Geisenheimer Steuerung in den Demonstrationsbetrieben zu einer deutlich verbesserten Akzeptanz. Gut funktionierende Systeme, wie das Verlegen von Tropfschläuchen unter einer Mulchfolie, wurden umgehend von anderen Betriebsleitern des Modellvorhabens übernommen und weiter verbessert. Durch den guten und kollegialen Kontakt der Berater mit den Betriebsleitern konnten auch in Betrieben ohne besondere finanzielle Förderung viele Umrüstungsmaßnahmen zur Verbesserung der Effizienz der Bewässerung durchgeführt und überprüft werden. Die Betriebsleiter waren hierfür bereit, zusätzlich finanzielle und personelle Mittel zur Verfügung zu stellen. Die Koordinatoren besuchten verschiedene Veranstaltungen in den Projektregionen und darüber hinaus, um auf das Modellvorhaben hinzuweisen und das persönliche Gespräch mit den Projektbeteiligten sowie interessierten Praktikern zu ermöglichen. Die laut Arbeitsplan geplanten Arbeitsschritte während des abgelaufenen Berichtszeitraums wurden weitgehend eingehalten. Insgesamt ist zu beobachten, dass Verbesserungsmaßnahmen, die sich im Projekt in Bezug auf Wassereffizienz und Energieeinsparung bewährten, in den Projektbetrieben oft weitere Investitionen in diese Technik anregten.

Alle Hoftage waren gut besucht und von ausführlichen Gesprächen und Diskussionen geprägt. Es besteht großes Interesse von Betriebsleitern der Regionen, an den Ergebnissen des Demonstrationsvorhabens. Von allen Hoftagen wurde in der Fachpresse ausführlich berichtet. Es ist zu beobachten, dass das Projekt auch überregional beachtet wird.

3.3.2. Vorträge und Veröffentlichungen

Öffentlichkeitsarbeit 2013

- 30.01.2013 Hessischer Gemüsebautag, Gernsheim (Vortrag)
- 05.02.2013 Mitgliederversammlung Fachverband Feldberegnung, Uelzen
- 16.04.2013 Sitzung des Projektrates des Modellvorhabens, Bonn
- 11.06.2013 Fortbildungsveranstaltung der Wasserschutzberater NRW in Geisenheim
- 25.06.2013 Hessischer Bewässerungstag 2013, Bürstadt- Riedrode (Vortrag)
- 17.09.2013 Irrigation Workshop of the German National Committee of ICID (GECID), Thünen- Institut, Braunschweig (Vortrag)
- 23.-25.09.2013 Bewässerungslandbau in Deutschland, TU- Dresden (Vortrag)
- 15.-16.10.2013 Sitzung AK Koordinierung Gemüsebauversuche, Dresden (Vortrag)
- 09.10.2013 Sitzung des Fachausschusses Gemüsebau der HS- Geisenheim, Geisenheim (Vortrag)
- 31.10.2013 Sitzung der Koordinierungsstelle für Bewässerung, Hannover

Öffentlichkeitsarbeit 2014

- 29.01.2014 Hessischer Gemüsebautag, Gernsheim (Vortrag)
- 11.02.2014 Bewässerungstag 2014 Baden-Württemberg, Rheinstetten (Vortrag)
- 13.02.2014 Sitzung Arbeitsgruppe Wasserbedarf, Hannover
- 19.02.2014 Erfahrungsaustausch Projektbeteiligte aus Hessen, Griesheim
- 25.03.2014 Sitzung des Projektrates des Modellvorhabens, Geisenheim
- 31.03.2014 Sitzung der Koordinierungsstelle für Bewässerung, Geisenheim
- 01.04.2014 Besprechung Projektpartner, Geisenheim
- 10.06.2014 Hoftag Betrieb Holste, Martfeld (Infostand und Vortrag)
- 25.-26.06.2014 DLG Bewässerungstagung, Rheinstetten-Forchheim
- 07.08.2014 Hoftag Betrieb Ludwig und Kärcher / Ruhstorfer, Griesheim (Infostand und zwei Vorträge)
- 17.09.2014 Hoftag Betrieb Ewald, Trebur (Infostand und Vortrag)

Öffentlichkeitsarbeit 2015

- 05.03.2015 Sitzung des ZVG-Technikausschusses „Gartenbau“ (Vortrag)

- 25.06.2015 Feldtag Betrieb Bokelmann, Räderloh (Infostand und Vortrag)
- 09.07.2015 Hessischer Bewässerungstag, Babenhausen (Poster und Vortrag)
- 04.08.2015 Feldtag Betriebe Schenck und Kunna, Frankfurt (Infostand und Vortrag)
- 29.09.2015 Feldtag Betrieb Ohmer, Rheinzabern (Vortrag)
- 02.12.2015 Informationsveranstaltung "Energieeffiziente Bewässerung" (LLH) / (WBL) Griesheim, (Vortrag)

Öffentlichkeitsarbeit 2016/17

- 14.01.2016 Vortrag „Aktueller Stand des Modellvorhabens“, BLE Beiratssitzung Demonstrationsvorhaben, Kassel
- 21.01.2016 Vortrag „Bewässerungssteuerung und –technik im Gemüsebau“, Bewässerungsfachtagung 2016, Wittau bei Wien
- 27.01.2016 Vortrag „Bewässerungstechnik im Freiland – Druckverluste und Energieeinsparung“, Hessischer Gemüsebautag, Gernsheim
- 15.02.2016 „Bewässerungssteuerung und –technik im Gemüsebau“, Unterricht Meisterschule LVG Heidelberg, Heidelberg
- 09.03.2016 Vortrag „Demonstrationsbetriebe zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau“, 25. Bundesberatertagung für Fachberater(-innen) im Gemüsebau, Grünberg
- 14.06.2016 Feldtag auf dem Betrieb Kramer, Hassel (Infostand und Vortrag)
- 22.06.2016 Vortrag „Demonstrationsbetriebe zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau“, DLG Bewässerungstag 2016, Griesheim
- 05.07.2016 Vortrag „Demonstrationsbetriebe zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau“, Ökologiemüsebautag 2016, Bayerische Landesanstalt für Wein- und Gartenbau, Bamberg
- 14.07.2016 Vortrag „Demonstrationsbetriebe zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau“, Feldtag im Betrieb Kramer, Hassel
- August Artikel „Bewässerung überdenken“, Bioland 8, S. 25 (Gb) 2016
- 19.09.2016 Vortrag „Demonstrationsbetriebe zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des Bewässerungsmanagements im Freilandgemüsebau“, KTBL-Arbeitskreis Berater und Wissenschaftler für Technik im Garten, Regenstauf
- September Artikel „Bewässerungsanlagen energieeffizient betreiben. Teil 1: Pumpen“, 2016 Gemüse 52 (9), S. 17-19 (Gb)
- Oktober Artikel „Bei der Berechnung Geld sparen. Teil 2: Rohrleitungen“, Gemüse 52 (10), S. 22-24 (Gb)

- 16.11.2016 Vortrag „Effizienzsteigerung in der Bewässerung auch für kleine und mittlere Betriebe – Erfahrungen aus einem Demonstrationsvorhaben“, Gemüsebautag an der LVG Heidelberg, Heidelberg
- November Artikel „Bei der Berechnung Geld sparen. Teil 3: Bewässerungssysteme“, 2016 Gemüse 52 (11) S. 20-22 (Gb)
- 08.12.2016 Vortrag „Bewässerungstechnik und –management im Freilandgemüsebau –Demonstartionsbetriebe zur Effizienzsteigerung“, Aktuelle Entwicklungen im Gemüsebau 2016, LA Kitzingen, Albertshofen
- 15.12.2016 Vortrag „Optimierung von Berechnungsanlagen – Erfahrungen aus einem Demonstrationsvorhaben“, LWK NRW Fachgruppe Gemüsebau Rheinland-Süd, Bornheim
- 24.01.2017 Vortrag „Bewässerungstechnik im Freiland -Druckverluste und Energieeinsparung“, Gemüsebautag Südwest, Leonberg

3.3.3. Ergebnisse der Betriebsleiterbefragung zur Erfolgskontrolle

Damit der Erfolg des Projekts bewertet werden konnte, wurden die teilnehmenden Betriebsleiter mittels Fragebogen zu ihren Eindrücken und Erfahrungen im Projekt befragt. Die Fragen gliederten sich drei Bereiche:

3.3.3.1. Antworten zu Themen die dem Betriebsleiter vor Beginn der Projektlaufzeit wichtig waren

Allen Betriebsleitern war es vor Beginn des Projekts sehr wichtig oder wichtig, dass sie Informationen zu den Betriebskosten der Bewässerung erhalten. In diesem Zusammenhang wurden auch der Energieverbrauch, der Arbeitszeitbedarf für die Bewässerung und die Investitionskosten für die Bewässerungssysteme als wichtige Aspekte des Projekts beurteilt. Als Parameter mit geringerer Priorität wurden die Fragen nach der Einsparung von Wasser, der Überwachung und Dokumentation der Bewässerung und die Vereinbarkeit der Bewässerung mit anderen Arbeiten in der Kultur genannt (

Abbildung 35).

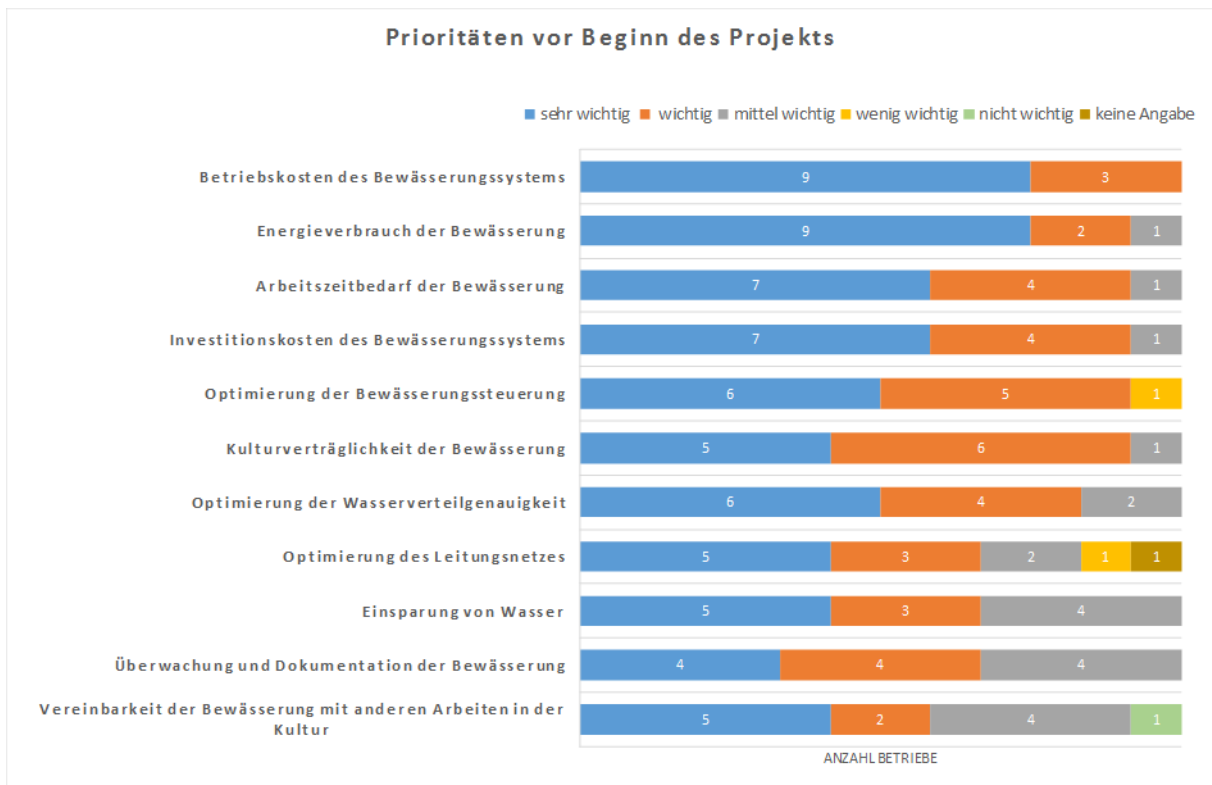


Abbildung 35: Prioritäten der Betriebsleiter vor Beginn des Projekts.

3.3.3.2. Antworten zu den Erfahrungen die während des Projekts gemacht wurden

Im Laufe des Projekts stellten nahezu alle Betriebsleiter fest, dass es in den Betrieben Möglichkeiten gibt die Bewässerung zu optimieren. Dies führte dazu, dass elf der zwölf Betriebsleiter im Projekt eingesetzte Verfahren, zumindest teilweise, weiterführen werden. Es zeigte sich auch, dass die Mehrzahl der Betriebsleiter die intensive Beratung nutzte um neue Erkenntnisse zur Bewässerung und Bewässerungssteuerung zu erhalten. Es wurden bei den meisten Betriebsleitern die Erwartungen an das Projekt erfüllt. Deutlich wurde auch, dass Energieverbrauch, Zeitaufwand, die Gesamtkosten für die Bewässerung reduziert und die Qualität der Produkte verbessert werden konnten. Für viele Betriebsleiter wurde die Bewässerungsentscheidung deutlich nachvollziehbarer gemacht. In den meisten Betrieben konnte auch Bewässerungswasser eingespart werden. Nicht in allen Betrieben konnte beobachtet werden, dass die Betriebsorganisation vereinfacht, der Mengenertrag erhöht und der Betriebsleiter entlastet wurde. Insbesondere bei der Frage zur Entlastung des Betriebsleiters äußerten einige befragten die Ansicht, dass ein zusätzlicher Arbeitsaufwand für den Betriebsleiter zur Erhöhung der Bewässerungseffizienz zu leisten war (

Abbildung 36).

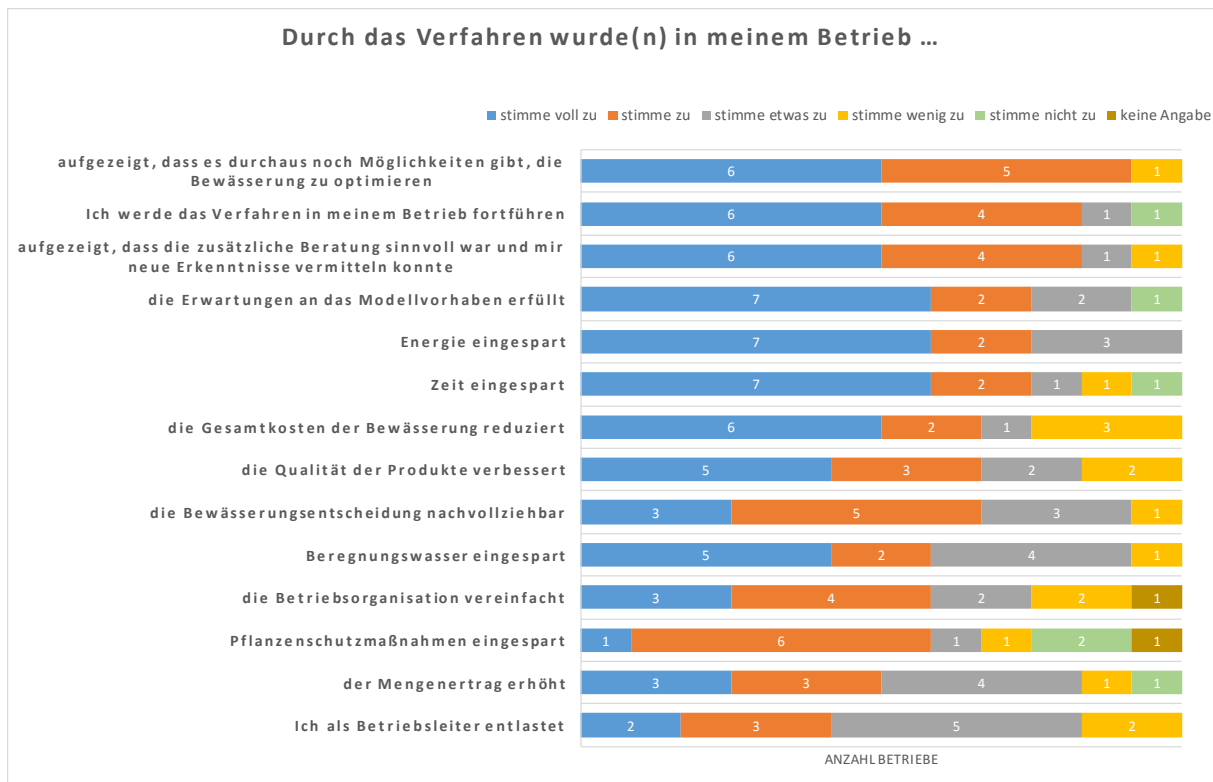


Abbildung 36: Auswirkungen des Projekts auf den Betrieb.

3.3.3.3. Antworten zu den Erfahrungen zur Öffentlichkeitsarbeit im Projekt

In den Fragen zur Wirkung der im Projekt gemachten Öffentlichkeitsarbeit wurde von allen Betriebsleitern angegeben, dass sie ihre Erfahrungen aus dem Projekt weitergeben konnten. Sie gaben auch an, dass das Projekt und ihre Projektbetriebe von den Berufskollegen wahrgenommen wurden. Elf der zwölf Betriebsleiter gaben an, dass Sie Veranstaltungen zur Öffentlichkeitsarbeit auf ihren Betrieben durchgeführt haben und auch Veranstaltungen auf anderen Projektbetrieben besucht haben. Die meisten Betriebsleiter stimmten auch zu, dass sie außerhalb der Feldtage auf das Projekt angesprochen wurden und es in ihrem Umfeld Betriebe gibt, die auf Grund der Erfahrungen aus dem Projekt Änderungen an ihrem Bewässerungssystem vorgenommen haben. Allerdings konnten nur die Hälfte der Betriebsleiter bestätigen, dass das Modellvorhaben von den Verbrauchern wahrgenommen wurde (

Abbildung 37).

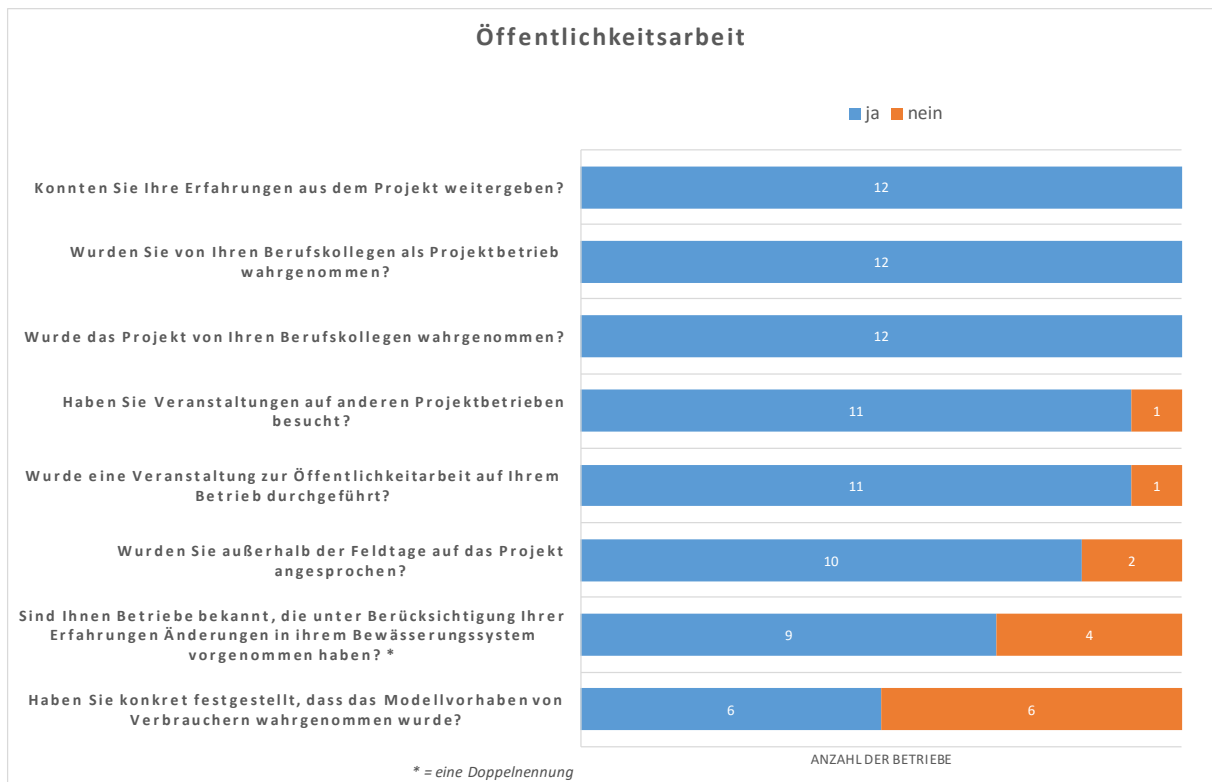


Abbildung 37: Erfahrungen der Betriebsleiter zur Öffentlichkeitsarbeit im Projekt

4. Evaluation des Vorhabens

4.1. Zusammenarbeit der Projektbeteiligten

Die Zusammenarbeit der Projektbeteiligten verlief über den gesamten Projektzeitraum problemlos. Die Kooperationsstrukturen haben sich bewährt. Regelmäßige telefonische und schriftliche Abstimmungen zwischen den Beratern, den Koordinatoren und der dem Projektträger führten zu einem intensiven Informationsaustausch. Zusätzlich unterstützten sich die Berater und die Koordinatoren gegenseitig bei der Durchführung von Hoftagen und Vortragsveranstaltungen in den verschiedenen Beratungsregionen. Die beteiligten Projektbetriebe waren sehr interessiert und arbeiteten engagiert und zielorientiert an der Effizienzverbesserung der Bewässerungstechnik und der Bewässerungssteuerung in ihren Betrieben.

Das Interesse der Fachpresse, von Betriebsleitern, Beratern und Wasserverbänden an den Erfahrungen im Projekt ist sehr groß. Aus diesem Grund wurde die Öffentlichkeitsarbeit in 2016 noch ausgeweitet. Es traten keine wesentlichen Probleme bei der Projektdurchführung auf.

4.2. Kommunikation nach außen

Von Anfang an wurde die Öffentlichkeitsarbeit im Projekt als wichtigen Bestandteil des Erfolgs des Modell- und Demonstrationsvorhabens gesehen. Die Berater und die Koordinatoren berichteten auf vielen Veranstaltungen und Schulungen über das Projekt. Die Betriebsleiter zeigten sich zu jeder Zeit bereit, offen über Erfolge und Herausforderungen bei der Umsetzung der Projektziele zu kommunizieren. Somit fungierten die teilnehmenden Betriebe als gute Multiplikatoren bei der Verbreitung der Erfahrungen in andere Betriebe. Anfragen aus anderen Bundesländern und dem benachbarten Ausland bestätigten dies. Die Berater und die Koordinatoren wurden auch zu Veranstaltungen außerhalb der Modellregionen eingeladen und berichteten dort von den Erfahrungen während der Projektlaufzeit. Es konnten zudem Pressemitteilungen und Artikel veröffentlicht werden. Die Fachpresse berichtete ausführlich über die Hoftage und die verschiedenen Veranstaltungen auf denen die Projektbeteiligten von den Ergebnissen des Modellvorhabens berichteten. Es bewährte sich, dass im letzten Projektjahr die Öffentlichkeitsarbeit deutlich intensiviert wurde.

4.3. Ausgestaltung der Hoftage

Die Hoftage wurden von den Beratern und den beteiligten Projektbetrieben sehr gut organisiert und beworben. Die Betriebsleiter sorgten für die nötige Infrastruktur und zeigten sich bereit über ihre Erfahrungen zu berichten. Die Berater sorgten dafür, dass weitere Informationen zur effizienten Bewässerung bereitstanden. Zum einen wurden Präsentationen in Form von Vorträgen geboten, zum anderen wurden Aussteller eingeladen, die energie- und wassereffiziente Technik sowie Bewässerungssteuerungen an den Hoftagen demonstrierten. Die Besucher der Veranstaltungen konnten sich vor Ort und auf den Feldern der Projektbetriebe über die eingesetzte Technik informieren. Sie führten intensive Gespräche mit den Projektbeteiligten und diskutierten über die vorgestellte Technik und über die verschiedenen Methoden zur Bewässerungssteuerung.

4.4. Welche Ziele wurden erreicht, welche nicht

Die geplanten Meilensteine des Demonstrationsvorhabens wurden weitgehend zeitgerecht erfüllt. Umrüstungsmaßnahmen in den Betrieben wurden abgeschlossen. Die Treffen der Projektbetreuer wie auch die Feldbegehungen in den Demonstrationsbetrieben erfolgten planmäßig. Die Effizienz der Bewässerung wurde in den meisten Projektbetrieben deutlich erhöht. Wassereinsparungen konnten nur in geringerem Umfang realisiert werden. Durch die Optimierung der Bewässerungstechnik, der Rohrleitungen und der Pumpen konnte in vielen Betrieben jedoch deutlich Energie eingespart werden. Es wurde erkannt, dass keine pauschale, für alle Betriebe gültige, Empfehlung zur Bewässerungstechnik und zur Bewässerungssteuerung gegeben werden kann. Für alle Betriebe mussten betriebsspezifische Lösungen gefunden bzw. vorhandene Empfehlungen angepasst werden. Lösungen, wie zum Beispiel unterirdisch verlegte Tropfleitungen bei Zwiebeln führten in einem Modellbetrieb zu deutlichen Mindererträgen. Weshalb dieses System nicht für den Betrieb geeignet erscheint und nicht weitergeführt

wird. In einem anderen Betrieb bewährte sich dieses System und wird auch nach Projektende weiter ausgebaut. Durch intensive Zusammenarbeit der Berater mit den Betriebsleitern ist es gelungen, die Geisenheimer Bewässerungssteuerung an den Bedarf der Betriebe zu adaptieren. Durch Einführung eines betriebsspezifischen Korrekturfaktors gelang es, die Bewässerungsempfehlung an die Rahmenbedingungen der Betriebe anzupassen. Weitere Verbesserungen des Systems sind noch wünschenswert. Die Weitergabe der Erkenntnisse an andere Betriebsleiter gelang durch intensive Öffentlichkeitsarbeit in der Fachpresse und bei Fachveranstaltungen sehr gut. Die Wahrnehmung des Projekts beim Verbraucher könnte durch stärkere Einbindung der Lokalpresse und der sozialen Medien verbessert werden.

4.5. Zusammenfassung

Die Ziele des Demonstrationsvorhabens wurden weitgehend erreicht. Die Kooperationsstrukturen haben sich bewährt. Die Berater haben ihre Aufgaben fristgerecht und engagiert durchgeführt und stehen in regem Kontakt mit den Betriebsleitern der Demonstrationsbetriebe und dem Koordinator. Umrüstungsmaßnahmen in den Betrieben wurden abgeschlossen. Die Treffen der Projektbetreuer wie auch die Feldbegehungen in den Demonstrationsbetrieben erfolgten planmäßig. In den Demonstrationsbetrieben konnten wesentliche Verbesserungen der Bewässerungseffizienz erreicht werden und die Erfahrungen an andere Betriebsleiter weitergegeben werden. Das Interesse der Fachpresse, von Betriebsleitern, Beratern und Wasserverbänden an den Erfahrungen im Projekt ist sehr groß. Aus diesem Grund wurde die Öffentlichkeitsarbeit in 2016 noch ausgeweitet. Es traten keine wesentlichen Probleme bei der Projektdurchführung auf.

5. Gesonderte Abhandlungen

5.1. Darstellung des möglichen Forschungsbedarfs

Durch das Projekt wurden verschiedene Problemfelder erkannt, die bisher noch nicht in ausreichendem Maß untersucht beziehungsweise bearbeitet wurden.

- Energieeffiziente Bewässerungsanlagen sollen durch die Zusammenstellung verschiedener energieeffiziente Bauteile erreicht werden. In der Praxis wäre zu überprüfen, welche Einsparungsmöglichkeiten in einem System aus verschiedenen Komponenten möglich sind. Es ist nicht zu erwarten, dass die Energieeinsparung aus der Summe der Einzelkomponenten abzuleiten ist. Diese Fragen konnten in dem Modellvorhaben nicht ausreichend beantwortet werden, da keine exakten Versuche vorgesehen waren. Um aussagekräftige Informationen zu erhalten, wäre es sinnvoll die Energieeffizienz verschiedener Bewässerungsanlagen vergleichend zu untersuchen.
- Im Rahmen des Projektes wurde festgestellt, dass die Verwendung der Geisenheimer Bewässerungssteuerung sich in den Betrieben aufwändiger gestaltet als geplant. Die zur Berechnung der klimatischen Wasserbilanz eingesetzte Berechnung musste modifiziert werden, damit auf die betrieblichen Besonderheiten reagiert werden konnte. Dabei zeigte sich, dass die Erfassung der Kulturstadien und der Durchwurzelungstiefen erhebliche Arbeitszeit in Anspruch nahm. Diese Erkenntnisse mündeten in ein Projekt an der Hochschule Geisenheim mit dem Titel „Optimierte Anwendbarkeit und Zugänglichkeit eines Entscheidungshilfesystems zur effizienten Bewässerungssteuerung von Freilandgemüse auf Grundlage der Geisenheimer Steuerung - **Geisenheimer Steuerung Entscheidungs-Hilfe Einfach Nutzbar**“ (GSEHEN). Im Rahmen dieses Projekts entwickelt die Hochschule Geisenheim, Institut für Gemüsebau eine praktisch anwendbare Softwareumsetzung der Geisenheimer Steuerung. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf den für eine teilautomatische Realisierung der Geisenheimer Steuerung und der lückenlosen Dokumentation der für die Softwareumsetzung benötigten Algorithmen und Parameter.
- Bei Tropfbewässerungen wurde festgestellt, dass die auf dem Markt befindlichen Systeme ausgereift sind. Trotzdem zeigte sich im Modellvorhaben, dass die technische Umsetzung auf größeren Anbauflächen und in verschiedenen Kulturen noch verbesserungswürdig ist. Der personelle und materielle Aufwand für die Verlegung und die Bergung der Tropfschläuche ist erheblich. Damit die Tropfbewässerung als effizientes Bewässerungsverfahren in der Praxis stärker eingesetzt werden kann, ist es nötig Verfahren zu entwickeln, die den Einsatz der Tropfbewässerung rationeller möglich machen.

- Die im Projekt ansatzweise erkannten Einsparpotentiale im Bereich von Personal und Energie könnten in der Entwicklung einer Prozessüberwachung Eingang finden. Wasserverbänden und Praxisbetrieben sollte ein System zur Verfügung stehen, mit dem eine automatische Vernetzung der Wasserentnahmen mit vorhandenen Managementsystemen der Betriebe möglich ist. Somit könnten die Wasserentnahme und das Wasserangebot stärker an den Bedarf der Bewässerungssysteme angepasst werden. Zum Beispiel könnte der Wasserdruck im System zu Zeiten gesenkt werden, in denen hauptsächlich Tropfbewässerungsanlagen oder Kleinregner im Einsatz sind. Zur Reduzierung des Personaleinsatzes könnten Bewässerungsanlagen automatisiert und die ausgebrachten Beregnungsmengen automatisch flächenspezifisch dokumentiert werden.

5.2. Kurzfassung der Ergebnisse

Im BLE-Projekt „Effizientere Bewässerung im Gemüsebau“ konnten zwölf Demonstrationsbetriebe in Niedersachsen, Hessen und Rheinland-Pfalz aufzeigen, wie entscheidende Verbesserungen beim Verbrauch der Ressourcen Wasser, Energie und Arbeit zu erzielen sind. Ursächlich waren hierbei insbesondere die Verbesserung und Modernisierung der eingesetzten Technik und Fortschritte im Bewässerungsmanagement. Den wichtigsten Beitrag zum Erfolg leisteten allerdings die beteiligten Betriebsleiter, die in beispielhafter Zusammenarbeit mit den Bewässerungsexperten der Projektbetreuung betriebsindividuelle Lösungswege entwickelten, um sie anschließend in die Praxis umzusetzen. Die Einsparung von Wasser und Energie wurden durch effizientere Zuleitungssysteme, verbesserte Pumpen, verteilgenauere Regner und ein optimiertes und an die regionalen Bedürfnisse angepasstes Bewässerungsmanagement erreicht. Durch Feld- und Hofstage der Demonstrationsbetriebe konnte eine erhebliche Multiplikatorenwirkung erzielt werden. Mit großem Interesse nahmen viele Besucher an den Veranstaltungen der Projektbeteiligten teil und informierten sich bei Vorträgen und Vorführungen über die Möglichkeiten und Voraussetzungen moderner Bewässerungssysteme. Ein Großteil der Besucher ließ erkennen, dass für sie eine Nachahmung und Umsetzung der vorgestellten Lösungen im eigenen Betrieb vorstellbar ist. Zahlreiche Publikationen in regionalen und überregionalen Fachorganen und diverse Vorträge trugen dazu bei, das Projekt einem breiten Fachpublikum näher zu bringen. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass in allen beteiligten Betrieben Verbesserungen durch Einsparung von Produktionsmitteln und monetären Aufwendungen bei vergleichbaren Erträgen und Qualitäten erzielt wurden. Durch intensive Beratungen haben die Projektverantwortlichen eine win:win-Situation erreicht, einerseits durch die Erfolge im Anbau und den Erlösen der Betriebe und andererseits durch die Schonung von natürlichen und energetischen Ressourcen für Umwelt und Gesellschaft.

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Dammaufbau und Tropfschlauchverlegung mit automatischem Lenksystem	24
Abbildung 2: Exakte Platzierung des Tropfschlauches zwischen den Möhrenreihen	24
Abbildung 3: Tropfschlauch in Kartoffeln in jeder zweiten Dammfurche	25
Abbildung 4: Reparaturstelle eines Tropfschlauches nach Beschädigung durch Wildtiere	25
Abbildung 5: Dammanbau von Bundmöhren mit Tropfschläuchen in den Dämmen und Mikrosprinklern	26
Abbildung 6: Niederdruckaggregat mit Kopfstation zur Düngereinspeisung in die Tropfbewässerung	26
Abbildung 7: Saatbettbereitung zu Zwiebeln	28
Abbildung 8: Bei der Ernte der Zwiebeln mit einem herkömmlichen Siebkettenroder werden die Tropf-schläuche mit dem Erntegut im Schwad abgelegt.....	28
Abbildung 9: Bei der Tropfbewässerung in Zwiebeln wird nur der durchwurzelte Bodenbereich befeuchtet. Unkräuter werden nicht gefördert.	29
Abbildung 10: In kleinen Gruppen konnten sich die Besucher an mehreren Stationen über verschiedene Themenfelder der Bewässerung informieren.....	29
Abbildung 11: Verlegung der Tropfschläuche und Aussaat der Zwiebeln kombiniert in einem Arbeitsgang.	31
Abbildung 12: Bei der Ernte der Zwiebeln laufen die Tropfschläuche mit dem Erntegut über den Siebkettenroder und werden im Schwad abgelegt.....	31
Abbildung 13: Im Vordergrund: Zwiebeln mit unterirdisch verlegtem Tropfschlauch zeigen Aufhellungen.	32
Abbildung 14: PVC-Rohre der Erdleitung vor dem Einbau	34
Abbildung 15: Steuerungs- und Überwachungssystem „raindancer“.....	35
Abbildung 16: Teilweise sehr kleine Anbausätze erfordern den Einsatz kleinflächig applizierender Bewässerungstechnik.....	37
Abbildung 17: Infostand zum Projekt auf dem Kräuterfeld.....	37
Abbildung 18: Versuchsaufbau zur Messung des Dieserverbrauches des neuen Aggregates.	38
Abbildung 19: Wasserverteilung unter der Kreisberegnung. Messung am 19.06.15,	39
Abbildung 20: Ansicht aus dem „raindancer“-Portal	41
Abbildung 21: Frequenzsteuerung der neuen Pumpe.	44
Abbildung 22: Tropfbewässerung unter Mulchfolie in Zucchini mit Tensiometer.	45
Abbildung 23: Neue Kopfstation mit Düngedosierer	46
Abbildung 24: Wetterstation im Salat mit Kleinregnersystem	48
Abbildung 25: Verteilungsmessung (mm) der Kleinregner im Salat.....	48
Abbildung 26: Verlegung des Tropfsystems, neue Kopfstation und Düngefass.	50
Abbildung 27: Feldtag „effiziente Bewässerung“ am 07.08.2014 in Griesheim.....	51
Abbildung 28: Oben rechts: altes Magnetventil mit Zeitschaltuhr, unten und links: neues Magnetventil mit Zeitschaltuhr.....	52
Abbildung 29: Verteilungsmessung bei Wind bzw. Windstille.....	53
Abbildung 30: Bewässerungsmaschine mit Einzugsreglung.	54
Abbildung 31: Neue Wetterstation mit Verdunstungsdaten	55
Abbildung 32: Verteilungsmessungen der beiden Bewässerungsmaschinen.....	56
Abbildung 33: Wetterstation und Kleinregner im Selleriebestand.....	57
Abbildung 34: Kleinregner auf einem Schlauchsystem.....	58
Abbildung 35: Prioritäten der Betriebsleiter vor Beginn des Projekts.....	65
Abbildung 36: Auswirkungen des Projekts auf den Betrieb.	66
Abbildung 37: Erfahrungen der Betriebsleiter zur Öffentlichkeitsarbeit im Projekt.....	67

Literaturverzeichnis:

- Bhattarai, S. P., Midmore, D. J., Pendergast, L. 2008. Yield, water-use efficiencies and root distribution of soybean, chickpea and pumpkin under different subsurface drip irrigation depths and oxygation treatments in vertisols. *Irrigation Science*, 26, 439-450
- Costa, J. M., Ortuno, M. F., Chaves, M. M. 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture *Journal of Integrative Plant Biology*, 49, 1421-1434
- De Pascale, S., Dalla Costa, L., Vallone, S., Barbieri, G., Maggio, A. 2011. Increasing Water Use Efficiency in Vegetable Crop Production: From Plant to Irrigation Systems Efficiency *Hortitechnology*, 21, 301-308
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998) *Crop evapotranspiration —guidelines for computing crop water requirements*
- Kirnak, H., Demirtas, M. N. 2006. Effects of different irrigation regimes and mulches on yield and macronutrition levels of drip-irrigated cucumber under open field conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 29, 1675-1690
- Mayer, N., Paschold, P.-J. 2004. Kapazitiver Bodenfeuchtesensor "ECH2O" zeigt deutliche Abhängigkeit von der Leitfähigkeit des Bodens. *Versuche im deutschen Gartenbau - Gemüsebau*
- Paschold, P.-J., Kleber, J., Mayer, N. 2003. Sensoren - Messung der Bodenfeuchte und Steuern der Bewässerung im Freiland. *Obstbau* 28, 6, 298-302
- Paschold, P.-J., Kleber, J., Mayer, N. 2002. Geisenheimer Bewässerungssteuerung 2002. *Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft* 37, 1, 5-15
- Penman, H.L. 1956. Estimating evaporation. *Trans. Amer. Geophys. Union*. 37, 43-46
- Berthold, G. 2008. Klimafolgen in der Wasserwirtschaft (Grundwasser). *INKLIM 2012 II plus*
- Sourell, H. 2010. *Feldberechnung IV. Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)*, 534