

Potentiale von smarten Drainagesteuerungen im ökologischen Landbau in Baden-Württemberg



Machbarkeitsstudie



gefördert durch:



Baden-Württemberg
Ministerium für Wissenschaft,
Forschung und Kunst



Landwirtschaftliches
Technologiezentrum
Augstenberg



Baden-Württemberg

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Zusammenfassung	4
Hintergrund und Ziele der Machbarkeitsstudie	5
Auswirkung der klimatischen Veränderungen auf den ökologischen Landbau	5
Ziele der Machbarkeitsstudie	6
Stand der Wissenschaft und Technik	7
Funktionsweise einer (smarten) Drainagesteuerung	7
Forschungsprojekte zu Drainagesteuerung	8
Einschätzung der Skalierbarkeit in Baden-Württemberg	9
Alb-Donau-Kreis	9
Ostalbkreis	10
Hohenlohekreis	10
Fazit	11
Expertise der Stakeholder	11
Apus Systems	11
GEIGER agri solutions	12
Landwirtschaftskammer NRW	12
Permarobotics	12
Gutachterbüro TerrAquat	13
Fazit	13
Umfrage unter Interessierten aus der Praxis	13
Methode	14
Theoretischer Hintergrund	14
Durchführung	15
Datenanalyse	15
Ergebnisse der Umfrage	16
Messungen am Standort Hochburg	18
Konzeption des Feldversuches	22
Fazit	23
Literaturverzeichnis	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grafische Darstellung der Funktionsweise eines Regelungsschachtes	7
Abbildung 2: Jahresgang schematisch nach Tiefe, Vergleich mit und ohne Drainage (Schleicher & Bischoff, 2024)8	
Abbildung 3: Bekanntheit der (smarten) Steuerung von Drainagen unter den Befragten	16
Abbildung 4: „Wie hoch schätzen sie das Potential ein, dass die Steuerung von Drainagen ein effektives Mittel zur Reduzierung von Trockenstress ist?“ Einschätzung der Effektivität.....	17
Abbildung 5: Voraussetzungen der Fläche für die Umsetzung einer Drainagesteuerung	17
Abbildung 6: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 10 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage	19
Abbildung 7: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 20 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage	20
Abbildung 8: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 30 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage	20
Abbildung 9: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 40 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage	21
Abbildung 10: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 50 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage	21

Zusammenfassung

Aufgrund des Klimawandels nehmen in den meisten Regionen in Baden-Württemberg die Niederschläge im Sommerhalbjahr ab und im Winterhalbjahr zu (KLIWA, 2023). Des Weiteren kommt es häufiger zu Frühsommertrockenheit. Um deutlich geringeren Ernten aufgrund der Witterung entgegenzuwirken sind innovative Ideen als Klimaanpassungsmaßnahme notwendig.

Die (smarte) Steuerung von bereits vorhandenen Drainagen auf landwirtschaftlichen Flächen bietet viele Vorteile in diesem Kontext. Bisher ist die Thematik in der Praxis noch eher unbekannt und es beschäftigen sich nur vereinzelte Projekte und Unternehmen deutschland- und europaweit mit Drainagesteuerungen. Jedoch liefern die bisherigen Projekte vielversprechende Ergebnisse. Neben einem Beitrag zum Hochwasserschutz durch erhöhte Wasserspeicherung im Boden, einer erhöhten Grundwasserneubildungsrate im Winter und einem geringeren Austrag von Nährstoffen aus der Fläche, wurde nachgewiesen, dass sich durch die Steuerung der Ernteertrag erhöhen kann aufgrund besserer Wasserverfügbarkeit in trockenen Zeiten (Adamonyté & Kvaraciejus, 2022; Bartholomeus et al., 2015; Bischoff & Staufer, 2023; Lalonde et al., 1996).

Ziel des Projekts ist es die Potentiale der (smartten) Drainagesteuerung im ökologischen Landbau in Baden-Württemberg zu erfassen, zu evaluieren und darzustellen. Themen, wie die Finanzierbarkeit, die bisherige und zukünftige praktische Umsetzung sowie Voraussetzungen, Möglichkeiten und Risiken werden betrachtet. Um die Frage nach dem Potential von (smartten) Drainagesteuerungen beantworten zu können wurden verschiedene Methoden gewählt. Neben einer Recherche über bisherige Erkenntnisse und der Skalierbarkeit wurden Stakeholderbefragungen durchgeführt, sowie eine Umfrage für Landwirtinnen und Landwirte erstellt.

Die Einschätzung der Skalierbarkeit in Baden-Württemberg gestaltet sich herausfordernd. Aufgrund mangelnder Kartierung und nicht zentral abgelegten Karten über Drainagen kann keine genaue Angabe über den Anteil der Fläche, für die eine Drainagesteuerung in Frage kommt, gemacht werden. Einzelne Hochrechnungen und Schätzungen von Landkreisen gehen weit auseinander und liegen zwischen 5% und 36% drainierter Fläche im jeweiligen Landkreis.

Auf Grundlage der Recherchen und Gespräche mit Stakeholdern wurden einige benötigte Voraussetzungen herausgearbeitet, um mithilfe einer Drainagesteuerung die Wasserkapazität auf einer Fläche zu erhöhen. Dazu zählen eine vorhandene, funktionsfähige Drainage, eine möglichst ebene Fläche mit einem maximalen Gefälle von 2-5%, sowie das Entwässern in einen Sammler. Des Weiteren betonen mehrere Stakeholder, dass die automatisierte, beziehungsweise smarte Steuerung in der Praxis aufgrund hoher Kosten und bisher geringem Mehrwert im Vergleich zur manuellen Steuerung noch nicht etabliert ist.

Im Rahmen der Umfrage unter Landwirtinnen und Landwirte wurde deutlich, dass der Wunsch nach mehr Informationen über das Thema Drainagesteuerung vorhanden ist. Neben geringem Arbeitsaufwand ist eine geringe Investitionshürde eine Voraussetzung für die praktische Umsetzung.

Die Machbarkeitsstudie zeigt, dass bei den befragten Landwirtinnen und Landwirte durchaus Interesse an der Umsetzung dieser Technik besteht. Die Wirksamkeit der Drainagesteuerung wurde bereits in Projekten mit vielversprechenden Ergebnissen erforscht. Eine Herausforderung in Baden-Württemberg ist die Einschätzung der Skalierbarkeit. Mit zusätzlicher Vernetzung und Wissenstransfer zum Thema Drainagesteuerung können die in Frage kommenden Betriebe besser erreicht werden und somit die Verbreitung und Umsetzung der Steuerung einhergehen.

Hintergrund und Ziele der Machbarkeitsstudie

Auswirkung der klimatischen Veränderungen auf den ökologischen Landbau

Im Zuge des Klimawandels hat sich die klimatische Ausgangslage zum Teil verändert. Nach den Projektionen der KLIWA (2023) sollen bis 2050 in den meisten Regionen Baden-Württembergs die Niederschläge im Sommerhalbjahr ab und im Winterhalbjahr zunehmen. Problematisch für die Produktionssysteme sind insbesondere Frühsommetrockenheiten. Zudem nimmt die Beständigkeit von Trocken- und Regenperioden mit Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur zu (Pfleiderer et al., 2019).

Ein zentrales Element in der ökologischen Landwirtschaft ist der Leguminosenanbau. Die Fähigkeit der symbiotischen N-Fixierung ist die wichtigste Quelle für eine ausreichende Stickstoffversorgung des Pflanzenbestandes und in der Fruchtfolge, zur Produktion von proteinreichen Futter- und Nahrungsmitteln. Der vergleichsweise hohe Anteil von Leguminosen, vor allem in Form von Kleegras, in der Fruchtfolge im ökologischen Landbau trägt zum Klimaschutz bei (Newell Price et al., 2011).

Die für den ökologischen Landbau besonders bedeutenden Leguminosen reagieren empfindlich auf Wassermangel. Gerade in den gemäßigten Breiten ist die Ertragsleistung von Leguminosen determiniert von der Wasserverfügbarkeit. Die in der Regel schlechtere Wassernutzungseffizienz im Vergleich zu Getreidekulturen sorgt für eine empfindlichere Ertragsreaktion von Leguminosen bei Trockenstress (Blessing et al. 2018, Cernay et al., 2016). Die Ertragsreaktion lässt sich vor allem durch die Anfälligkeit der symbiotischen Stickstofffixierung durch abiotischen Stress, wie Trockenheit erklären (Suliemann et al., 2015). Durch die Möglichkeit der Reduzierung von atmosphärischen Stickstoff zu Ammonium durch symbiotischen Stickstofffixierung ist der Leguminosenanbau ein wirksamer Weg der Stickstoffdüngung ohne den Bedarf fossiler Energie (Jensen et. al., 2011).

Gerade ökologische Betriebe mit begrenzter Flächenausstattung sind von der eigenen Futterherstellung abhängig. Bei zunehmenden Futterengpässen durch Wassermangel sind diese Betriebe zu Futterzukaufen, Ausweitung der Produktionsfläche oder Reduzierung des Viehbestands gezwungen. Ein Rückgang der Anbaufläche von Leguminosen auf betrieblichen Niveau hätte jedoch auch zu weitreichendere Folgen. Der Leguminosenanbau ist grundlegender Bestandteil der betrieblichen Stickstoffversorgung. Legume Fruchfolgeglieder sind essentiell für die Stickstoffversorgung und damit auch die Proteinerträge sowie die Gesamtbiomasse in der Fruchtfolge. Nichts desto trotz betreffen die ungleich verteilten Niederschläge und die zunehmenden Trockenphasen auch konventionelle Betriebe.

Aufgrund der sich ändernden Bedingungen für den Acker- und Futterbau sind innovative Ideen zur Klimaanpassung notwendig und gefragt. Eine mögliche Verbesserung könnte die Etablierung von (smarten) Steuerungen von Drainagen sein, womit sich diese Machbarkeitsstudie beschäftigt.

Ziele der Machbarkeitsstudie

Die (smarte) Steuerung von Drainagen ist eine innovative Idee zur Verbesserung der Bewirtschaftung drainierter landwirtschaftlicher Fläche. Dabei spielen Ertragssicherung und Ertragssteigerung, der schonende Umgang mit Boden- und Wasserressourcen, verringelter Nährstoffaustrag, sowie der Beitrag zum Hochwasserschutz eine Rolle.

Die Machbarkeitsstudie hat das Ziel, die Anwendbarkeit (smarter) Drainagesteuerungen in der Praxis in Baden-Württemberg zu untersuchen. Dabei sollen die notwendigen Voraussetzungen, Möglichkeiten und Herausforderungen einer flächendeckenden Umsetzung dieses Systems analysiert werden. Des Weiteren ist die Evaluation der Potentiale und der Finanzierbarkeit essentiell. Zur umfassenden Analyse zählt zudem, das Interesse an einer möglichen Steuerung innerhalb der Berufsgruppe der Landwirtinnen und Landwirte durch eine quantitative Umfrage zu ermitteln. Darüber hinaus wird eine Stakeholderbefragung durchgeführt, um verschiedene Perspektiven zu integrieren, sowie den aktuellen Stand der Umsetzung und Forschung zu erfassen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird zudem ein Feldversuch konzipiert, mit dem Ziel Daten zu erfassen und die Funktionsweise der Drainagesteuerung unter realen Bedingungen zu testen.

Die Machbarkeitsstudie soll den ersten Schritt für eine Entscheidungsgrundlage bilden, um die Umsetzung der (smarten) Drainagesteuerung in der Landwirtschaft in Baden-Württemberg zu befördern.

Stand der Wissenschaft und Technik

Funktionsweise einer (smarten) Drainagesteuerung

Die Steuerung der Drainage ist eine Technik, die in der Regel in Bestandanlagen die vor Jahren oder Jahrzehnten verlegt wurden, umgesetzt wird. Gerade bei anfallenden Sanierungsarbeiten alter Drainagerohre bietet sich der Einbau einer Steuerung an. Durch den Einbau eines Regelungsschachtes als Steuerungselement kann einerseits die Entwässerungsfunktion über regenreiche Perioden aufrechterhalten werden, um Staunässe zu vermeiden. Vor zu erwartenden Trockenphasen kann das Niederschlagswasser durch Schließung der Drainage angestaut werden. Die Steuerung findet an einem eingebauten senkrechten Regelungsschacht entweder durch manuelles Anheben oder Senken von Schiebern oder automatisiert und smart durch maschinelles Heben und Senken und einem automatisch ausgerechneten optimalen Zeitpunkt für das Öffnen und Schließen der Drainage statt. Abbildung 1 veranschaulicht die Funktionsweise der Drainagesteuerung. In dem Fall sind die Schieber im Regelungsschacht geschlossen, was ein Anstauen von Wasser in der Fläche verursacht.

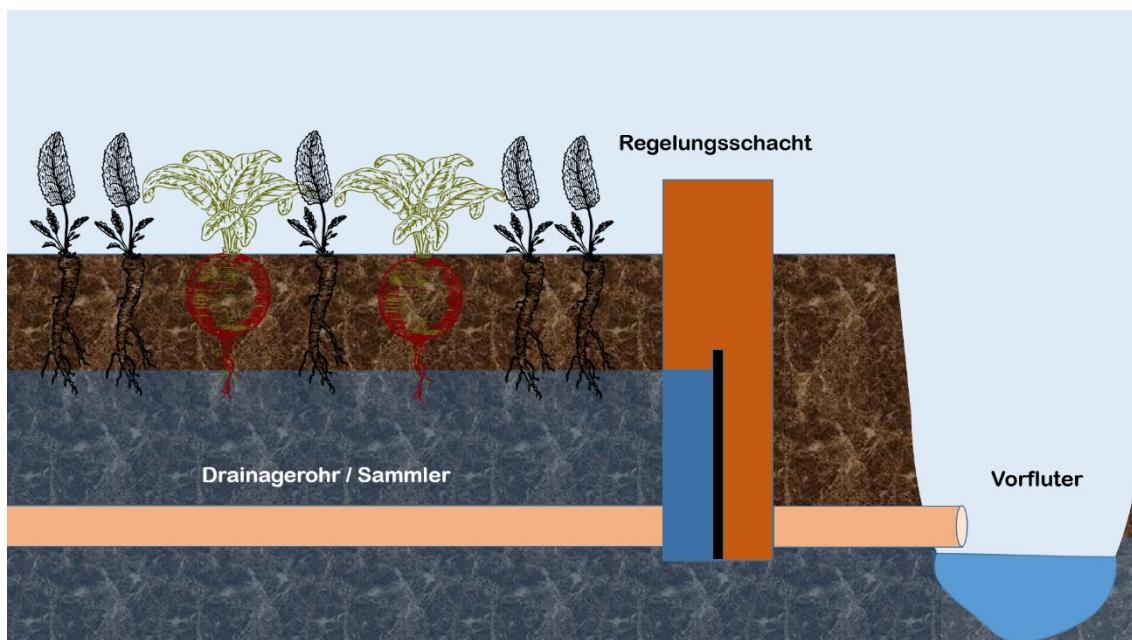


Abbildung 1: Grafische Darstellung der Funktionsweise eines Regelungsschachtes

Durch die Steuerung der Drainage soll, wie Abbildung 2 verdeutlicht, das natürliche Speicherpotential des Bodens genutzt werden. Dabei steht mehr Wasser im Winter zur Grundwasserneubildung zur Verfügung und in trockenen Sommermonaten soll die nutzbare Feldkapazität erhöht werden, um Trockenstress in zu verringern bzw. zeitlich zu verzögern. Bei drohender Staunässe kann der Regelungsschacht geöffnet werden.

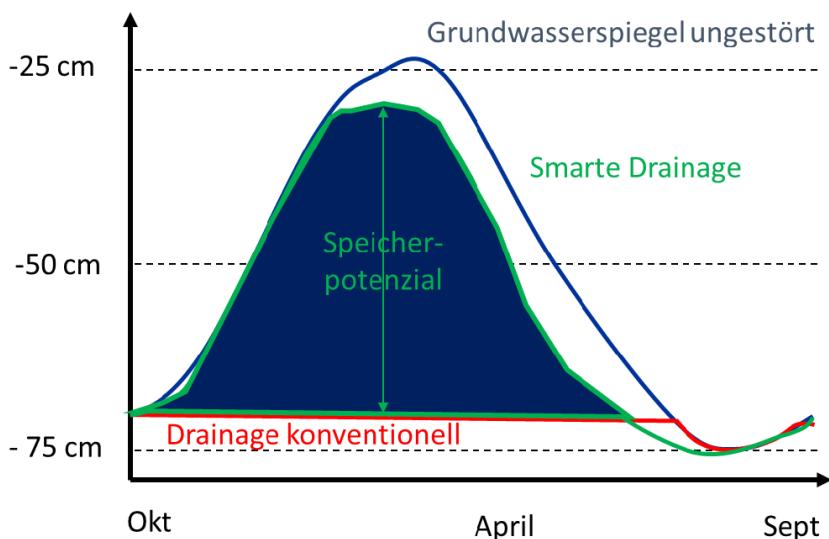


Abbildung 2: Jahresgang schematisch nach Tiefe, Vergleich mit und ohne Drainage (Schleicher & Bischoff, 2024).

Forschungsprojekte zu Drainagesteuerung

Auf europäischer Ebene konnten nur vereinzelte Projekte und Studien gefunden werden, welche sich mit dem Thema Steuerung von Drainagen beschäftigen.

Im Rahmen eines Projekts des TKI Groundwater for Crops des Watercycle Research Institutes wurde 2015 in den Niederlanden ein Steuerungsalgorithmus für Drainagen entwickelt. Dieser nutzt kontinuierliche Feldmessungen, Wettervorhersagen und ein hydrologisches Modell für die ungesättigte Zone, um den optimalen Wasserstand zu ermitteln und diesen zu steuern (Bartholomeus et al., 2015). Das Ziel des Projekts war, durch Feldmessungen, Modellsimulation und dem klimaadaptiven Entwässerungssystem die Bodenfeuchtigkeitsbedingungen so zu steuern, dass der Ernteertrag optimiert werden kann. Das erfolgreiche Ergebnis des Projekts geht von einer Erhöhung des Ernteertrags um bis zu 10% mit Hilfe der Drainagesteuerung aus.

In Litauen ist die Drainagesteuerung sowohl in der Praxis, als auch in Forschungsbereich bereits etabliert. An der Vytautas Magnus Universität in Litauen wurde zu Drainagesteuerungen in Bezug auf Ertragserhöhung geforscht und stellte die Ergebnisse auf der AgroEco2022: Agroecosystem Sustainability Konferenz vor. Durch die Erhöhung des Wasserspiegels kann das Wasser schließlich durch Kapillarkräfte bis in die Wurzelzone gelangen und somit in trockenen Phasen verfügbar sein. Des Weiteren wurde festgestellt, dass der freie Abfluss des Drainagewassers etwa einen Monat früher beginnt als bei kontrollierten Drainagesystemen. Bei den freien Drainagesystemen findet der Abfluss des Drainagewassers bereits statt, während sich bei den kontrollierten Drainagesystemen die Wasserreserven gerade erst anzusammeln beginnen (Adamonyté & Kvaraciejus, 2022). In Litauen wurde zudem

2018 das erste vertriebsfertige Steuerungselement für Drainagen von der Firma EcoDrena entwickelt, welches inzwischen auch durch einen Vertriebspartner in Deutschland verkauft wird.

Bischoff und Staufer (2023) analysierten vier typische Geländesituationen in der Nordwestschweiz sowie in Südbaden auf die Nutzbarkeit von Drainagesteuerungen für einen flexiblen Wasserspeicher, zum Hochwasserschutz und zur Versorgung landwirtschaftlicher Kulturen. So sind Grundwasserböden in Flusstälern prinzipiell geeignet. Stauwasserböden in Flusstälern sowie Vernässungsbereiche in Senken des Hügellandes sind wegen der trügen Abflussdynamik nur eingeschränkt geeignet. Auch in Filterkies gebettete Drainagen eignen sich nicht. Um einen Anstaueffekt zu erzielen müssen die Flächen eben sein und unter 5% Steigung haben. „Die Ergebnisse stimmen zuversichtlich, dass der Zusatzwasserbedarf durch das im Bodenspeicher zusätzlich gespeicherte Wasser zumindest bei Frühjahrstrockenheit gedeckt werden kann“ (Bischoff & Staufer, 2023, S. 36).

Die bisherige Forschung im Bereich Drainagesteuerung lieferte vielversprechende Ergebnisse. Die Ergebnisse sind jedoch an die jeweiligen Standorte gebunden. Für Baden-Württemberg gibt es bisher noch keine Arbeiten, die den Einfluss auf Ernteertrag oder Trockenstress in Bezug auf (smarte) Drainagesteuerung prüfen.

Einschätzung der Skalierbarkeit in Baden-Württemberg

Die Regelung von Drainageabflüssen ist an bestimmte Bedingungen geknüpft. Hierzu zählen die topografischen Gegebenheiten, sowie eine vorhandene Drainage in funktionsfähigem Zustand auf landwirtschaftlich genutzter Fläche. Die Technik lässt sich dementsprechend nicht auf jeder beliebigen Fläche etablieren. Daher ist die Einschätzung der Skalierbarkeit in Baden-Württemberg relevant, um das Potential der Technik in dieser Region einzuschätzen.

Es wurden Kartendaten zu Drainagen von allen Landratsämtern in Baden-Württemberg angefragt. Der Rücklauf der Landratsämter betrug knapp über 50%. Jedoch konnten lediglich vier Landkreise (Ostalbkreis, Hohenlohekreis, Kreis Rottweil und Alb-Donau-Kreis) Schätzungen oder meist unvollständige Pläne über Drainagen übermitteln. Die restlichen Landratsämter hatten keine Informationen über verlegte Drainagen in ihrem Landkreis. Bei den Schätzungen wurde auf die gesamte landwirtschaftliche Fläche betrachtet, unabhängig von konventioneller oder ökologischer Bewirtschaftung. Es ist zu beachten, dass in Baden-Württemberg der Anteil ökologisch bewirtschafteter Fläche bei 14,8% liegt (MLR, 2023).

Alb-Donau-Kreis

Der Alb-Donau-Kreis ist im Norden von der Schwäbischen Alb geprägt und somit kommen hier Rendzinen und Terra fusca aus Kalksteinzersatz sowie Parabraunerden aus Löss und Lösslehm vor. Im südlichen Teil des Landkreises prägen die Flüsse Donau und Iller die Landschaft. Hier sind Braunerden und Parabraunerden aus Molassesedimenten sowie in der Umgebung der Flüsse Auenpararendzinen, braune Auenböden und Auengleye

vorhanden. Die landwirtschaftliche Fläche beträgt im Landkreis 57%. Das Landwirtschaftsamt schätzte die drainierten Flächen auf etwa 5% der landwirtschaftlich genutzten Flächen. Diese Angabe konnte allerdings nicht aufgrund von Kartendaten belegt werden.

Ostalbkreis

Der Ostalbkreis ist im Norden durch das Keuperbergland mit Pseudogleyen und Pelosolen aus Fließerden, sowie Braunerden aus sandig-lehmigen und tongründigen Fließerden geprägt. Weiter südlich im Albvorland dominieren Pelosole und Pseudogleye aus Fließerden. Auf der Schwäbischen Alb im Süden des Landkreises sind Pararendzinen aus Mergelsteinzersatz, Rendzinen und Terra fuscen aus Kalksteinzersatz sowie Braunerden und Parabraunerden aus Feuersteinlehm vorhanden. Vom Landratsamt Ostalbkreis wurden Drainagepläne in digitaler Form zur Verfügung gestellt. Diese Karten umfassten allerdings nur einen Teil der gesamten Landkreisfläche. Im Programm QGIS wurden die vorhandenen Karten georeferenziert und die Drainagefläche durch die Erstellung von Polygonen in QGIS berechnet. Von den insgesamt 42 Städten und Gemeinden des Ostalbkreises lagen elf Pläne, die insgesamt Flächen von dreizehn Gemeinden und Städten betreffen vor. Der Ostalbkreis hat eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von insgesamt knapp 70 000 ha, was fast 47% der Landkreisfläche umfasst. Die drainierten Flächen der dreizehn Gemeinden nehmen eine Fläche von etwa 5 600 ha ein. Bei einer Hochrechnung auf alle Gemeinden im Ostalbkreis und unter der Annahme, dass die Drainagen im restlichen Landkreis genauso verteilt sind, wie in den untersuchten Plänen, kann von einem Anteil der drainierten landwirtschaftlichen Fläche im Vergleich zur gesamten landwirtschaftlichen Fläche von ca. 25% ausgegangen werden. Diese Zahl ist anhand verschiedener Annahmen entstanden und sollte nur als grobe Schätzung dienen. Eine Darstellung der Karten befinden sich beispielhaft anhand des Hohenlohekreises im Anhang.

Hohenlohekreis

Der Hohenlohekreis hat einen Anteil der Hohenloher Ebene, dem südlichen Bauland sowie im Süden des Landkreises an den Waldenburger Bergen. Neben kleinräumig unterschiedlichen Bodenarten dominieren im Norden Parabraunerden aus Löss und Lösslehm und im Süden Pseudogleye aus Lösslehm. Die landwirtschaftliche Fläche beträgt im Landkreis fast 57%. Die Pläne des Hohenlohekreises waren deutlich umfangreicher und decken den Großteil des gesamten Landkreises ab. Die Übersichtskarten der dortigen Drainageverbände sind in einem deutlich größeren Maßstab und nicht detailliert. Um den Anteil der Drainagefläche abzuschätzen allerdings völlig ausreichend. Anhand des gleichen Vorgehens, wie bei den Karten des Ostalbkreises, wurden die Karten mit QGIS georeferenziert und die Fläche mit Drainagen bestimmt. Bei einer insgesamt landwirtschaftlich genutzten Fläche von etwa 43 000 ha im Hohenlohekreis liegen die Flächen mit Drainagen mit etwa 15 300 ha bei einem Anteil von etwa 36%.

Fazit

Anhand dieser drei Landkreise zeigt sich, wie unterschiedlich der Anteil der Drainagefläche in den jeweiligen Landkreisen ist und eine starke regionale Unterschiede in Baden-Württemberg vorliegen. Die Vielzahl der Landschaften und damit einhergehende unterschiedlichste Böden führen unter anderem zu großen Unterschieden. Des Weiteren ist die Datenlage sehr schlecht, weshalb es zu großen Abweichungen der Werte kommen kann.

Generell wurden Informationen zu Drainagen in Baden-Württemberg nie einheitlich erstellt, verwaltet und konsequent digitalisiert. Wie sich auch an dem Rücklauf der Landratsämter zeigt, sind vorhandene Daten eher ein Zufallsfund als die Regel. Es wurde darauf verwiesen, dass Pläne bei einzelnen Gemeinden vorliegen könnten oder bei Wasser- bzw. Bodenverbänden. Oftmals wurden die Drainagen auch von den jeweiligen Bewirtschaftenden erbaut und nicht kartiert. Die Erfassung der vorhandenen Daten bei den Gemeinden innerhalb des Landesgebiets wurde auf Grund des nicht im Verhältnis stehenden Zeitaufwandes nicht durchgeführt. Grundsätzlich ist eine zentrale Erfassung, Kartierung und Digitalisierung von Drainageplänen durchaus sinnvoll im Hinblick auf Klimaanpassungsmaßnahmen. Ein landesweites Monitoring der Drainagen ist wünschenswert. Durch die schlechte Datenlage ist bisher eine einheitliche Schätzung der potentiell nutzbaren Fläche für (smarte) Drainagesteuerungen in Baden-Württemberg sehr schwierig. Des Weiteren sind nicht alle drainierten Flächen auch geeignet für eine Steuerung der Drainage. Hierfür müssen weitere Voraussetzungen gegeben sein.

Expertise der Stakeholder

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden Gespräche mit Stakeholdern geführt, die sich mit dem Thema Drainagesteuerung in Deutschland beschäftigen. Generell ist das Thema (smarte) Steuerung von Drainagen in Deutschland bisher ein wenig bearbeitetes Thema, mit dem sich nur vereinzelt Unternehmen oder Forschungsprojekte beschäftigen. Die Unternehmen haben unterschiedliche Schwerpunkte und stellen untereinander keine Konkurrenz dar. Laut eigenen Aussagen haben diese in ihren jeweiligen Schwerpunkten damit ein Alleinstellungsmerkmal in Deutschland. Im Folgenden wird auf die vier Stakeholder, deren Schwerpunkte und Meinung zum Thema (smarte) Drainagesteuerung eingegangen.

Apus Systems

Für die Firma ApusSystems aus Dresden sind eine genaue Lokalisation und Kenntnisse über den Zustand der Drainage wichtige Voraussetzungen, um eine Steuerung umzusetzen. Mit Luftbildern, Kartendaten und Vermessungen werden genaue digitale Pläne erstellt. Des Weiteren wird eine App zur Verwaltung und Lokalisation der Drainagen angeboten. Der Fokus besteht hierbei nicht bei der direkten Umsetzung von Drainagesteuerungen, sondern in der Vorbereitung und Einschätzung der Machbarkeit von Steuerungssystemen auf bestimmten Flächen.

Damit setzt die Firma an der großen Herausforderung der fehlenden Daten über verlegte Drainagen an, auf die bereits im Kapitel zur Einschätzung der Skalierbarkeit eingegangen wurde.

GEIGER agri solutions

Ein weiteres Gespräch fand mit der Firma Geiger agri solutions statt, dem deutschen Vertriebspartner der Firma EkoDrena. Diese wurde 2018 in Vilnius, Litauen gegründet und entwickelte einen Regelungsschacht für Drainagen. Geiger agri solutions bedient innerhalb von Deutschland einen Kundenstamm von etwa dreißig Betrieben, bei denen der Regelungsschacht bereits verbaut wurde. Diese befinden sich hauptsächlich in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Die Regelungsschächte werden meist in der manuell bedienbaren Ausführung verkauft. Die Investitionshürde für automatisierte, smarte Systeme sei den Landwirtinnen und Landwirten im Moment zu hoch, im Verhältnis zum relativ geringen Mehraufwand der manuellen Steuerung.

Landwirtschaftskammer NRW

Im Juli konnte ein Austausch mit Werner Schmitz von der Landwirtschaftskammer NRW stattfinden. Dort ist bereits an drei Betrieben ein Regelungsschacht von EkoDrena beziehungsweise ein selbst gebauter Regelungsschacht eines dortigen Drainageverbandes eingebaut. Ein fest verbautes Messsystem gibt es dort nicht. Alle drei Wochen werden vor Ort Messungen zur Bodenfeuchte, zum Wasserstand im Regelungsschacht sowie regelmäßige Messungen zum Nährstoffgehalt im Schachtwasser durchgeführt. Die Regelung der Drainage findet manuell statt. Der Zeitpunkt, um Wasser anzustauen oder abzulassen wird von den Landwirtinnen und Landwirten selbst bestimmt. Des Weiteren wird auch der Ernteertrag betrachtet. Im vergangenen Jahr konnte beobachtet werden, dass auf Flächen mit Drainagesteuerung der Ertrag höher war. Das Projekt ist noch nicht abgeschlossen und es werden noch weitere Erkenntnisse folgen.

Permarobotics

Mit dem Aspekt der smarten Steuerung des Regelungsschachts beschäftigt sich die Firma permarobotics beziehungsweise soil.diagnostix. Diese entwickelten eine Softwarelösung zur Empfehlung eines optimalen Zeitpunkts für das Öffnen und Schließen der Drainage. Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz, in dem Fall Chat GPT, werden Daten von Wasserstandssensoren im Regelungsschacht, lokalen Regen- und Bodenfeuchtesensoren und der Wettervorhersage verarbeitet. Auch das Geländeprofil, der Bodentyp und die Fruchtfolge fließen in die Berechnung mit ein. Dank der freien digitalen Beschreibungssprache „open RAL“ kann eine einfache, herstellerübergreifende Vernetzung zwischen Hard- und Software stattfinden.

Gutachterbüro TerrAquat

Das Gutachterbüro TerrAquat hat eine Beratungsfunktion im Bereich Drainagesteuerung. Das Büro unter der Leitung von Dr. Wolf-Anno Bischoff begleitete bereits ein Projekt zu Drainagesteuerung im Kanton Solothurn in der Schweiz zur Untersuchung des Effekts und der Umsetzbarkeit von Drainagesteuerungen im Rahmen einer Konzeptstudie. Für ein Folgeprojekt konzipierten sie bereits ein Messverfahren für eine Versuchsanlage. Im Rahmen einer weiteren Zusammenarbeit erstellte das Gutachterbüro ein Messkonzept für einen potentiellen Feldversuch.

Fazit

Aus dieser Recherche und den Gesprächen lassen sich Bedingungen ableiten, die für einen erfolgreichen Einsatz der Technik Voraussetzung sind. Hierzu gehört ein maximales Gefälle von 1-2%, bzw. nicht mehr als 1m Höhenunterschied auf der gesamten Fläche. Ansonsten ist ein effektives Anstauen von Wasser beim Schließen der Drainage nicht mehr möglich. Die Einbettung der Drainage in Filterkies ist eher nachteilig. Auch die unterschiedlichsten Materialien spielen eine Rolle bei der Umsetzbarkeit. Hier gingen die Meinungen leicht auseinander, welches Material am geeignetsten ist. Sowohl Plastik- als auch Tonrohre wurden als sehr geeignet beschrieben, wobei neben dem Material auch ein guter Erhaltungszustand relevant ist. Erfahrungen verschiedener Stakeholder aus der Praxis zeigen, dass die Umsetzung von smart gesteuerten Drainagen, unter anderem aufgrund von hohen Kosten und aktuell eher geringerem Mehrwert, noch keinen Eingang in die Praxis gefunden haben.

Voraussetzungen für eine Drainagesteuerung:

- Maximales Gefälle von 1-2%
- Drainagerohre aus Plastik oder Ton möglich
- Einbettung in Filterkies sehr nachteilig
- Funktionsfähige Drainage in gutem Erhaltungszustand
- Genaue Lokalisation der Drainagerohre möglich (z.B. anhand von Karten)
- Naturschutz- oder wasserrechtliche Belange vor Einbau prüfen lassen

Umfrage unter Interessierten aus der Praxis

Um das Interesse einer Steuerung und die potentiellen Risiken und Vorbehalte aus Sicht der Bewirtschaftenden zu erfahren wurde eine Befragung durchgeführt. Des Weiteren wurde angegliedert an die Umfrage Kontakt zu Betrieben hergestellt, bei denen ein potentieller Feldversuch in einer möglichen Fortführung des Projekts durchgeführt werden kann.

Methode

Theoretischer Hintergrund

Die quantitative Methode der Umfrage mittels online Fragebogen wurde als geeignete Methode zur Beantwortung der Forschungsfrage gewählt. Eine Voraussetzung hierfür ist eine ausführliche Literaturrecherche zum Thema, um möglichst viele Informationen und Vorwissen zu haben (Ritschl et al., 2023). Dies wird benötigt, um Antwortmöglichkeiten vorzugeben, die alle Möglichkeiten abdecken. Ein Nachteil der geschlossenen Fragen bei quantitativen Umfragen ist, dass die vorgegebenen Antworten möglicherweise nicht die Meinung oder die Situation der Befragten wiederspiegelt. Um das zu vermeiden wurde bei einigen Fragen eine Kategorie „Sonstiges“ oder „keine Angabe“ hinzugenommen, sowie bei Bedarf die Möglichkeit in einem offenen Textfeld Informationen zu ergänzen. Die quantitative Umfrage hat viele Vorteile in Bezug auf die gestellten Forschungsfrage. Beispielsweise können durch dieses Format sehr viele, auch räumlich verstreute Personen erreicht werden, es kann ein großer Stichprobenumfang in kurzer Zeit erhoben werden, sowie eine schnelle und einfache Auswertung der Fragebögen (Berger-Grabner, 2022).

Bei quantitativen Umfragen sind bestimmte Gütekriterien zu beachten, auf die im Folgenden in Bezug auf die durchgeführte Umfrage eingegangen wird.

Die Objektivität „zeigt an, wie unabhängig die Testergebnisse vom Interviewenden oder dem Auswertendem sind“ (Ritschl et al., 2023). Durch das online-Format der Umfrage hat kein direkter Kontakt zwischen den Forschenden und den Befragten stattgefunden, womit ein hohes Maß an Objektivität gegeben ist. Des Weiteren wurden die Fragen so gestaltet, dass keine Tendenz zu einer möglicherweise gewollten Antwort entstehen soll oder kein Eindruck von einer richtigen oder falschen Antwort von Seiten der Forschenden impliziert wird.

Die Validität „gibt an, ob das verwendete Messinstrument tatsächlich das misst, was es messen soll“ (Ritschl et al., 2023, S. 152). Hierfür ist unter anderem ein einheitlicher Befragungszeitraum notwendig. Die Umfrage wurde über acht Wochen zwischen dem 24.06.24 und 19.08.24 durchgeführt. Da in diesem Zeitraum für die Fragestellung keine Unterschiede zu erwarten sind, ist dieser valide. Zudem ist die Vollständigkeit der Daten wichtig. Um Verlust der Daten zu vermeiden, eignete sich das OnlineumfrageTool, da alle ausgefüllten Fragebögen automatisch auf dem Server von SoScisurvey gespeichert wurden und schließlich in einem beliebigen Format importiert werden können. Auch für das Gütekriterium der Validität ist es, wie bei der Objektivität von Bedeutung, dass keine Beeinflussung der Forschenden auf die Befragten stattfindet.

Die Reliabilität als weiteres Gütekriterium ist erfüllt, wenn die Forschung so gestaltet ist, dass sie reproduzierbar ist und nicht auf der individuellen Interpretation der Forschenden beruht. Durch die größtenteils geschlossenen Fragen sowie sehr einfachen offenen Antwortmöglichkeiten ist allein durch die Fragen schon ein sehr geringer

Interpretationsspielraum gegeben, wodurch die Ergebnisse nur gering von der auswertenden Person beeinflusst werden.

Durchführung

Der online Fragebogen wurde mit dem Tool Soscisurvey erstellt. Hiermit war es unter anderem möglich Filterfragen zu erstellen, wodurch nur den Landwirtinnen und Landwirte mit Drainagen auch die darauf bezogenen Fragen angezeigt wurden. Des Weiteren konnten Kontaktdaten getrennt von den Daten der Umfrage erhoben werden, wodurch es möglich war über die Umfrage Betriebe für den Feldversuch der Förderphase II zu finden. Zu Beginn der Umfrage ist ein Einleitungsschreiben angezeigt worden. Hier wurden die Befragten über das Ziel der Umfrage und warum es wichtig ist daran teilzunehmen informiert. Auch muss an dieser Stelle die Freiwilligkeit zur Teilnahme sowie das Sicherstellen der Anonymität erwähnt werden (Kersting & Reutemann, 2023). Bei den Fragestellungen mit einer Skala als Antwort wurde auf eine Mittelkategorie bewusst verzichtet. Mit sechs Antwortmöglichkeiten gab es eine weite Spanne, jedoch musste eine Tendenz in eine bestimmte Richtung angegeben werden.

Bei online Fragebögen ist zu beachten, dass innerhalb der gewünschten Zielgruppe eher Menschen angesprochen werden, die eine gewisse Internetnutzung aufweisen. Des Weiteren wird die Umfrage eher von Landwirtinnen und Landwirte ausgefüllt, die bereits schon Interesse an dem Thema haben oder direkt davon betroffen sind. An dieser Stelle ist es wichtig zu erwähnen, dass die Umfrage nicht repräsentativ ist und die Befragten keine repräsentative Stichprobe darstellen. Vielmehr geht es bei der Umfrage um eine Übersicht zu den bestehenden subjektiven Meinungen und das potentielle Vorhandensein von geeigneten Flächen und interessierten Landwirtinnen und Landwirte.

Die Umfrage wurde über unterschiedliche verfügbare Kanäle gestreut. Der Aufruf zur Teilnahme wurde sowohl an den zu diesem Zeitpunkt stattfindenden Feldtagen verteilt, als auch über den KÖLBW-Rundbrief gestreut. Des Weiteren wurden Artikel mit dem Aufruf zur Umfrage in der landwirtschaftlichen Fachpresse veröffentlicht.

Datenanalyse

Der auf Soscisurvey gespeicherte Datensatz konnte als xlsx-Datei exportiert und gespeichert werden. In Microsoft-Excel wurden die Daten deskriptiv ausgewertet. Dabei wurden Grafiken zu Häufigkeiten erstellt, sowie Zusammenhänge der Ergebnisse dargestellt.

Ergebnisse der Umfrage

Insgesamt wurden 72 Fragebögen ausgefüllt. Aufgrund von übersprungenen Fragen ergaben sich allerdings Lücken im Datensatz. Der Rücklauf konzentrierte sich auf die Woche nach der Veröffentlichung. In der restlichen Zeit kamen nur sehr vereinzelt Rückmeldungen.

35 Teilnehmende gaben eine ökologische und 21 eine konventionelle Bewirtschaftung an. Insgesamt war auf 30 befragten Betrieben eine Drainage verlegt. Bei 47% wurde die Drainage zwischen 1960 und 2000 gebaut, bei 38% zwischen 1900 und 1960. Dabei gab die Mehrheit einen guten oder eher guten Zustand der Drainage an. Der Anteil der drainierten Flächen an der Gesamtfläche der Betriebe war bei einem Drittel unter 5%. Bei zwei Dritteln der Befragten verteilt sich der Anteil jedoch recht gleichmäßig auf die Kategorien 5-10%, 10-30%, 30-50% und mehr als 50%.

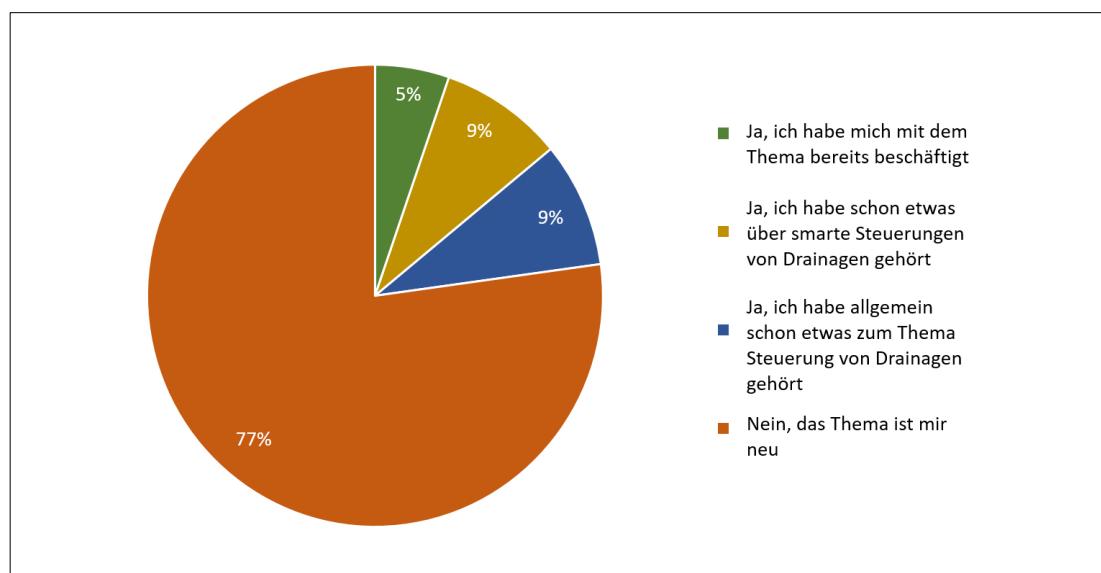


Abbildung 3: Bekanntheit der (smart) Steuerung von Drainagen unter den Befragten (n=35)

In der Umfrage wurde deutlich, dass für dreiviertel der Befragten das Thema Steuerung von Drainagen neu war (Abbildung 3). Daran schließt sich das Ergebnis der Frage nach gewünschten Voraussetzungen an. Es wurde sich häufig mehr Informationen gewünscht, sowohl zum pflanzenbaulichen Nutzen als auch zur technischen Umsetzung. Der Mangel an Informationen zu dem Thema kann zu dem Ergebnis geführt haben, dass etwa die Hälfte der Befragten die Umsetzbarkeit als eher niedrig, niedrig oder sehr niedrig einstuft. Das Potential, mit einer Drainagesteuerung den Trockenstress effektiv zu reduzieren wird jedoch von der Mehrheit gesehen (siehe Abbildung 4)

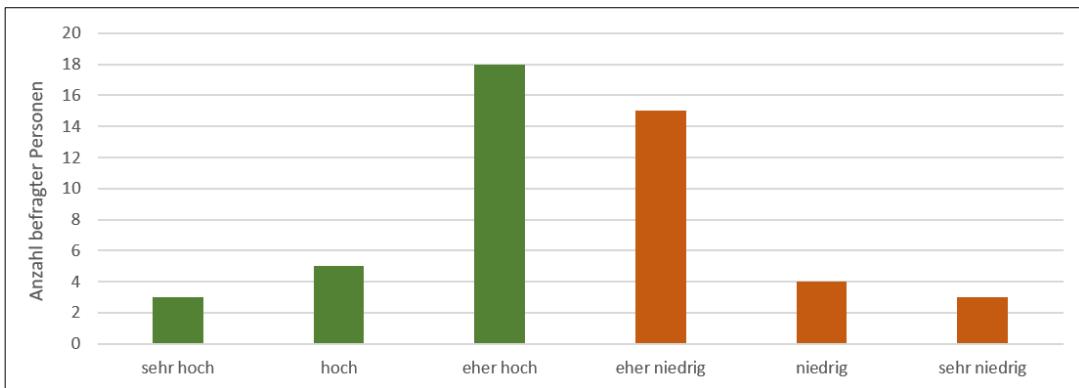


Abbildung 4: Einschätzung der Effektivität: „Wie hoch schätzen sie das Potential ein, dass die Steuerung von Drainagen ein effektives Mittel zur Reduzierung von Trockenstress ist?“

Neben der Informationslücke in diesem Themenbereich ist auch die Finanzierung ein relevantes Hindernis. Knapp ein Drittel der Befragten haben Bedenken, dass eine Steuerung finanziell nicht wirtschaftlich sei, des Weiteren wurde das Kosten-Nutzen-Verhältnis als Hindernis genannt, sowie Probleme bei der Kostenübernahme bei gepachteten Flächen. Bei der Finanzierung und Wirtschaftlichkeit stellt sich die Frage, wie viel Nutzen eine Steuerung bringt. Beispielsweise können erhöhte Ernteerträge die Kosten der Steuerung schnell amortisieren. Wie hoch der positive wirtschaftliche Effekt der Steuerung ist muss noch ermittelt werden. Neben der Finanzierung wurde der Arbeitsaufwand von einem Viertel der Befragten als Hindernis genannt. Hier gilt es noch herauszufinden, in welchem Kosten-Nutzen Verhältnis der Arbeitsaufwand steht. Auch die mögliche Bürokratie und lange Genehmigungsverfahren wurden als offene Antwort in dem Zusammenhang genannt. Neben der Bereitstellung von mehr Informationen zählt dementsprechend auch eine geringe Investitionshürde zu den wichtigsten Voraussetzungen. In Abbildung 5 wurden die Angaben der Umfrage in Bezug auf vorhandene oder nicht vorhandene Voraussetzungen der landwirtschaftlichen Fläche für die Umsetzung einer Drainagesteuerung dargestellt. Es wird deutlich, dass vor allem die geringe Hangneigung unter den Befragten eine sehr oft nicht vorhandene Voraussetzung ist.

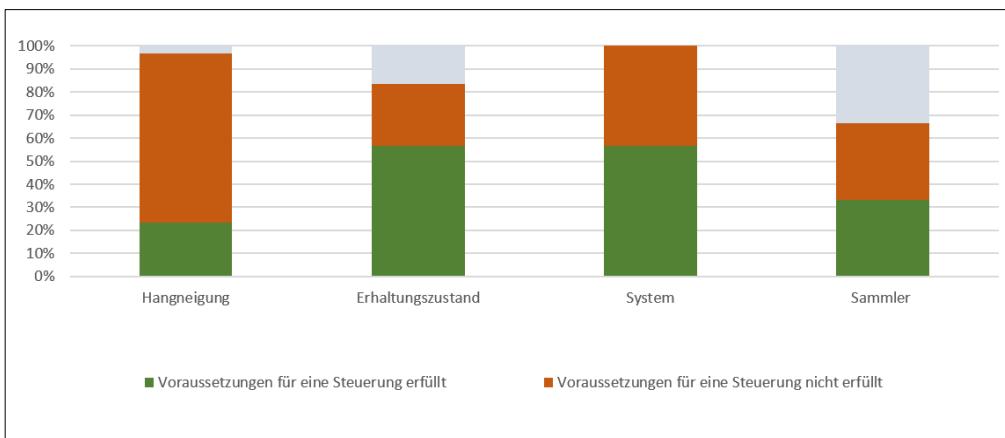


Abbildung 5: Voraussetzungen der Fläche für die Umsetzung einer Drainagesteuerung

Abschließend lässt sich sagen, dass mehr Informationen gewünscht sind, um die bisher kaum bekannte Technik der Steuerung von Drainagen zu verbreiten. Neben geringem Arbeitsaufwand ist eine geringe Investitionshürde eine Voraussetzung für das Interesse der Umsetzenden. Die Umfrage zeigt jedoch auch, dass unter den Teilnehmenden die wichtige Grundvoraussetzung, eine geringe Hangneigung, nur in geringem Maße gegeben ist.

Messungen am Standort Hochburg

Im Antrag für die Förderphase I wurde davon ausgegangen, dass die Flächen des Hofguts Hochburg potentiell geeignete Versuchsflächen darstellen können. Nach Identifizierung der Voraussetzungen für eine Versuchsanlage und Evaluierung des Standortes musste festgestellt werden, dass vor allem die topographischen Gegebenheiten, der Zustand der Drainagen sowie die technischen Voraussetzungen des Standorts nicht für einen Versuch zur Drainagesteuerung passen. Aufgrund dieser Bedingungen war eine Messung der Drainageabflüsse, sowie eine Aufzeichnung potenzieller Ablagerungen in der Drainage, was im Förderantrag für die Machbarkeitsstudie angedacht war, nicht möglich. Die Messung der Drainageabflüsse und Sedimentablagerungen bleiben aber wichtige Fragestellungen innerhalb des Projekts. Es ist angedacht diese Messungen in einer möglichen Weiterführung des Projekts unter geeigneteren Bedingungen an den Versuchsstandorten durchzuführen.

Trotz dieser Umstände eignete sich jedoch das Flurstück „Staudenbuckel“, um erste Messungen mit dem kapazitiven Sensor 60 – 6 (SIGFOX) der Firma Weenat durchzuführen. Im Juni war eine deutliche dunkelgrüne Streifenbildung von Weitem auf dem Acker zu erkennen. Daraus lässt sich mit großer Wahrscheinlichkeit der Verlauf der Drainagerohre lokalisieren. Die Drainagerohre haben dementsprechend unmittelbare Auswirkungen auf das Wachstum des dort angepflanzten Dinkels. Aufgrund der Nähe und der bereits bestehenden umfangreichen Kooperationen im Rahmen des KÖLBW konnten auf dem Flurstück „Staudenbuckel“ zwei Messsensoren Anfang Juni installiert werden. Diese haben in 10cm Schritten die Bodenfeuchte bis 50 bzw. 60cm Tiefe gemessen, sowie auf Basis von Wetterdaten den Niederschlag miterfasst. Im Zeitraum vom 1.Juni bis zum 14.Juli 2024 konnten Daten erhoben werden.

Ein Sensor wurde direkt auf dem dunkelgrünen Streifen ausgebracht, mit dem Ziel direkt über dem Drainagerohr eine Messung durchzuführen (in den Abbildungen als „über der Drainage“). Der andere Sensor wurde genau zwischen den vermuteten Drainagerohren platziert, also mit möglichst großem Abstand zu den Drainagerohren (in den Abbildungen als „neben der Drainage“). Bei 50cm und tiefer ist keine Reaktion auf die Niederschläge zu sehen. Bei einem Vergleich der beiden Sensoren fällt auf, dass in einer Tiefe zwischen 30cm und 40cm die Bodenfeuchte direkt über dem Drainagerohr geringer ist, als neben dem Drainagerohr. Die Abbildungen sechs bis zehn zeigen die Ergebnisse der Messungen. Es wird pro Abbildung eine Bodentiefe betrachtet und die zwei Sonden auf und neben der Drainage verglichen, sowie in Zusammenhang mit dem Niederschlag gebracht.

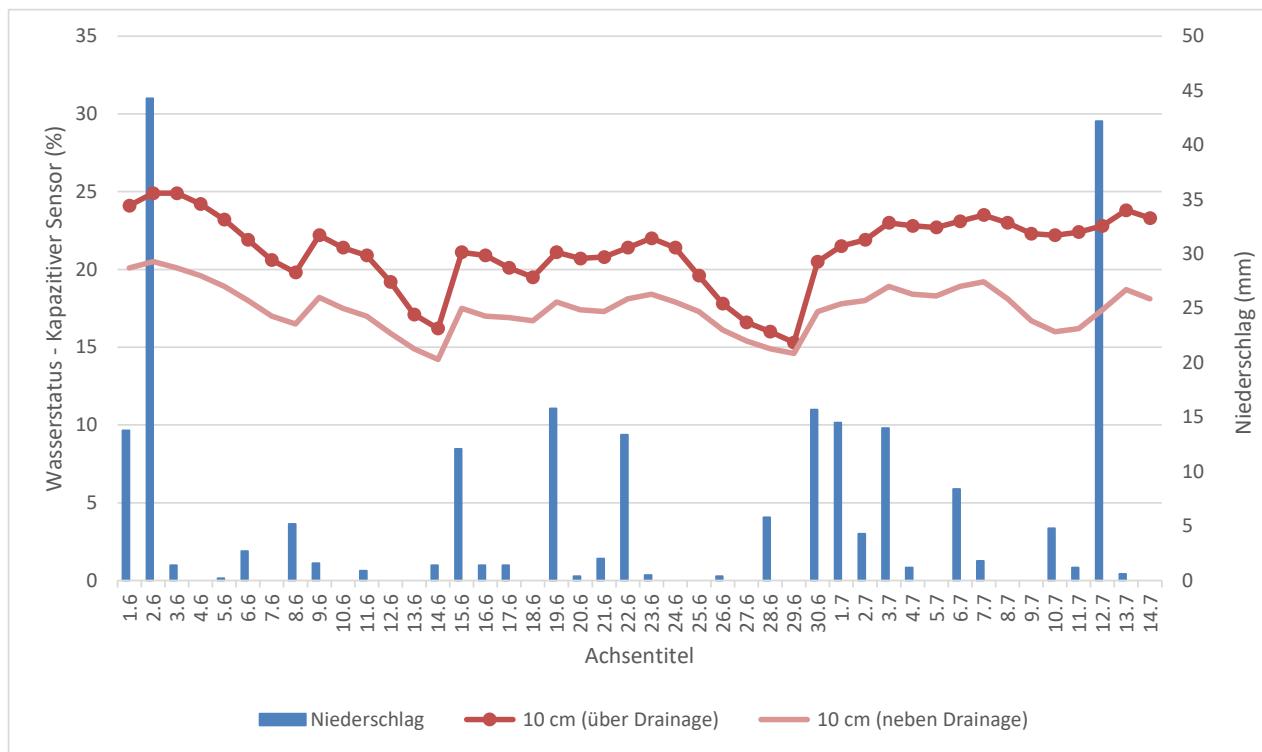


Abbildung 6: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 10 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage

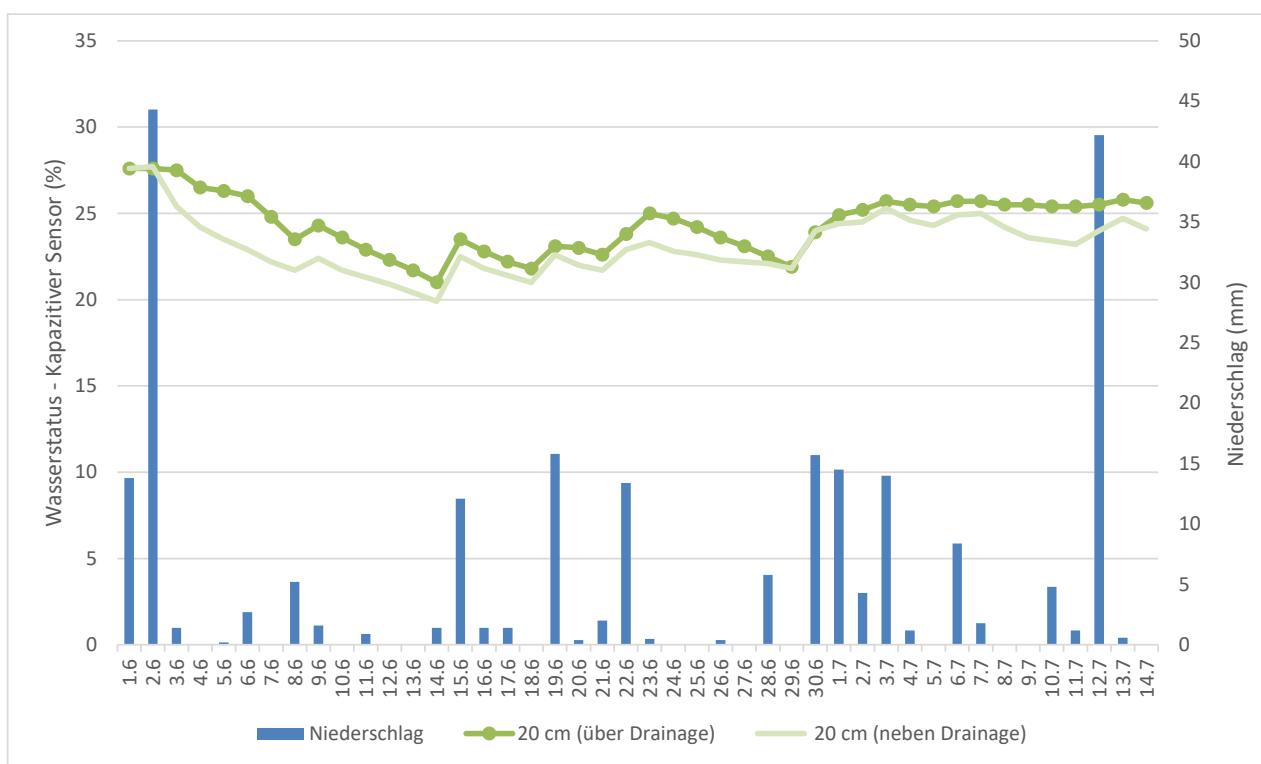


Abbildung 7: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 20 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage

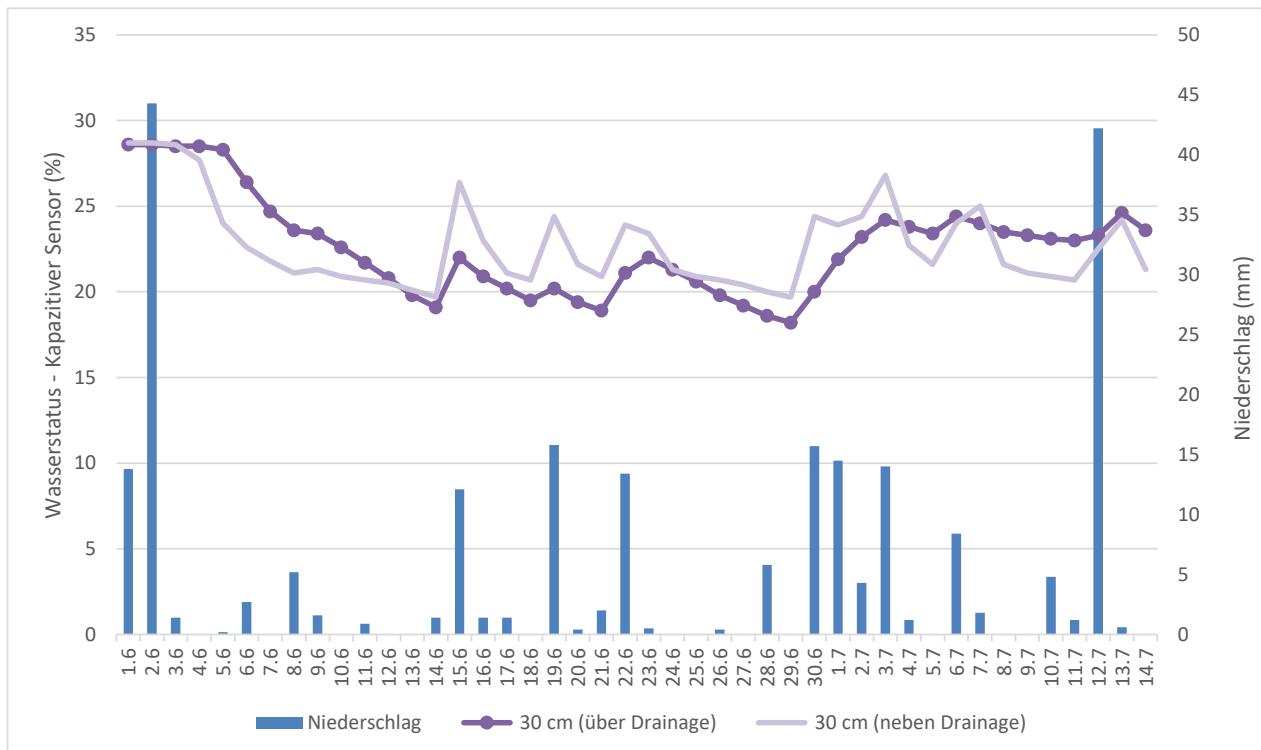


Abbildung 8: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 30 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage

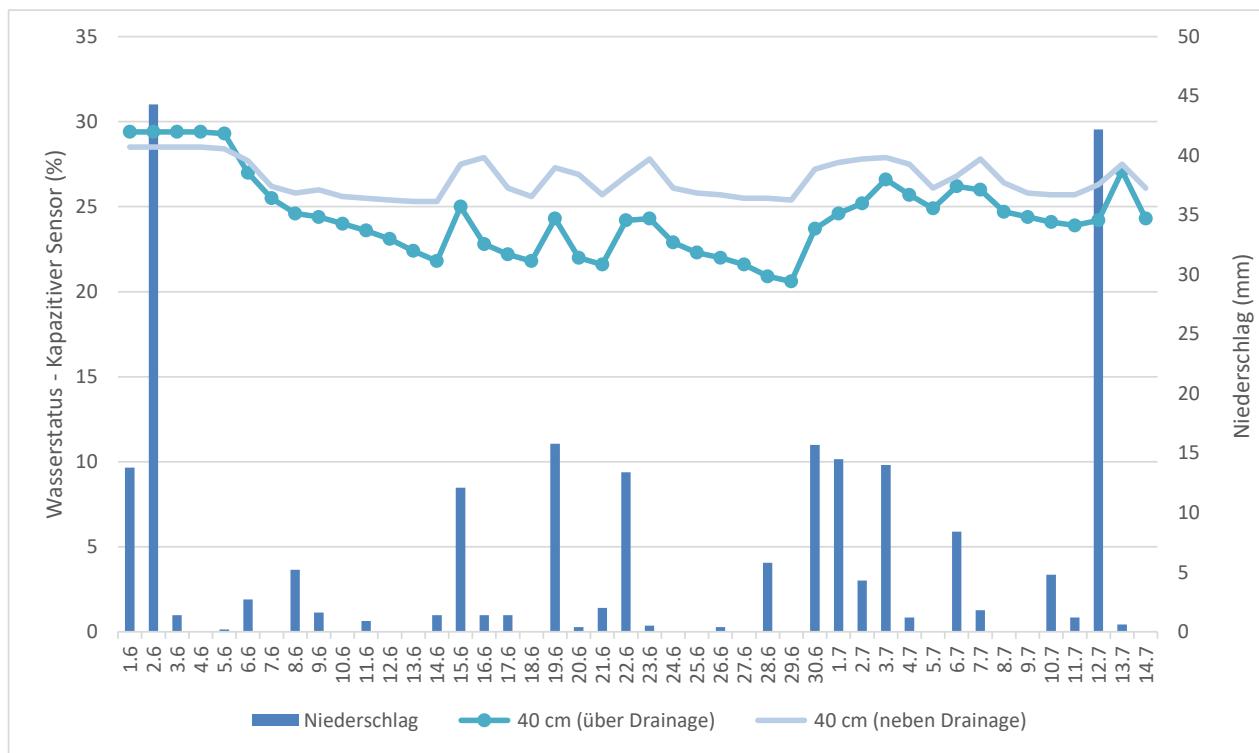


Abbildung 9: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 40 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage

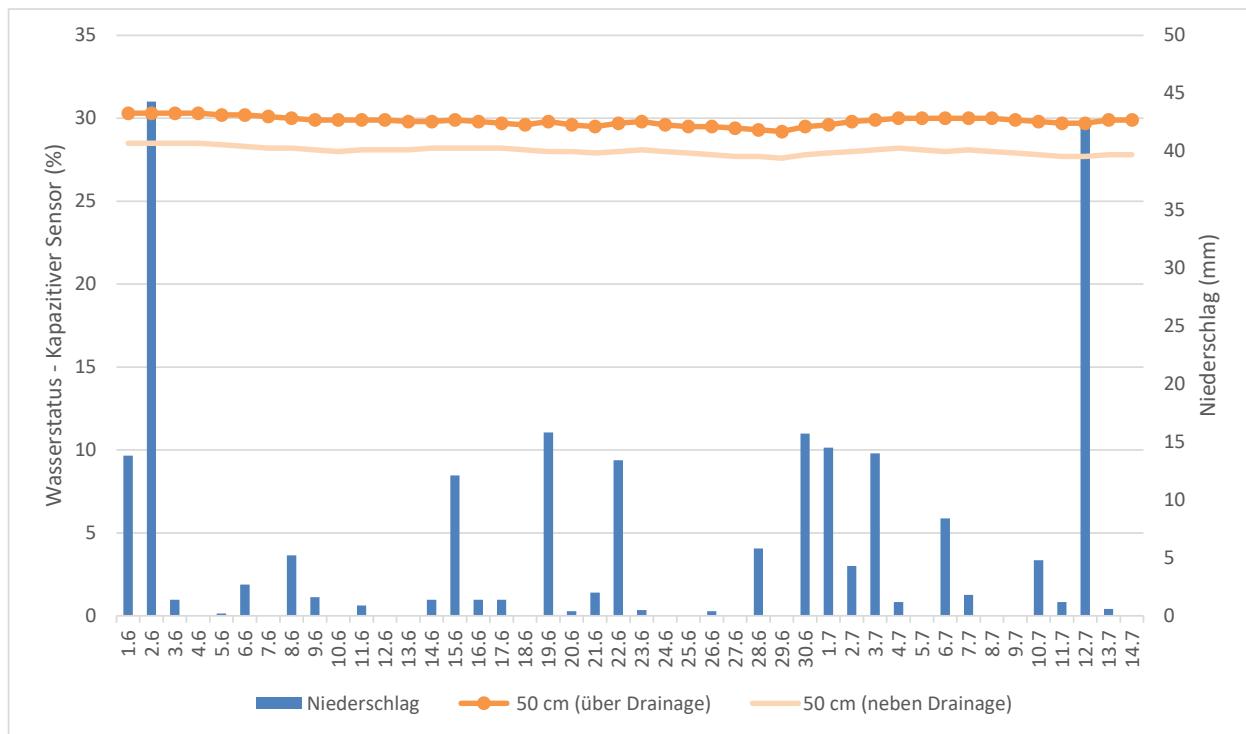


Abbildung 10: Niederschlag und Vergleich der Bodenfeuchte in 50 cm Tiefe zwischen dem Sensor über der Drainage und dem Sensor neben der Drainage

Konzeption des Feldversuches

Da die Flächen der Hochburg nicht als Versuchsstandort in Frage kommen, musste innerhalb des Projekts eine neue Versuchsfläche für einen möglichen Feldversuch gefunden werden. Im Rahmen der Umfrage und einem dort integrierten Suchaufruf für Versuchsflächen konnte Kontakt mit mehreren Betrieben aufgenommen werden.

Voraussetzung für die Durchführung von Versuchen ist neben der Freiwilligkeit, Motivation und Überzeugung des Betriebes an einem Feldversuch teilzunehmen eine vorhandene, funktionsfähige Drainage auf einer sehr ebenen Fläche mit Ackerbau. Zusätzlich braucht es in unmittelbarer Nähe sehr ähnliche Voraussetzungen für eine Nullvariante, die als Vergleichsfläche ohne Drainagesteuerung dient. Die gesuchte Fläche muss zudem nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus bewirtschaftet werden. Aufgrund der vielen Kriterien, die für einen Versuch zur Drainagesteuerung erfüllt sein müssen konnten nur zwei Betriebe besichtigt werden, von denen nur einer alle Kriterien erfüllte und somit als Versuchsstandort ausgewählt wurde.

Ziele eines Feldversuchs sind sowohl die agronomische Eignung als auch hydrologische Vorgänge zu untersuchen. Insgesamt sollen bis zu drei Kulturen in drei Jahren untersucht werden. Je nach Möglichkeit sollen exemplarische Kulturen im ökologischen Landbau aus dem Getreideanbau, Leguminosen sowie Kleegras Anbau gewählt werden. Diese rotieren nach der betriebsüblichen Fruchfolge innerhalb der Versuchsanlage. Im speziellen soll in der Überprüfung der agronomischen Eignung auf die besonderen Bedürfnisse des ökologischen Anbaus eingegangen werden, das heißt die frühe Befahrbarkeit zur Beikrautregulierung sowie ein besonderer Anspruch an die Pflanzengesundheit muss gegeben sein.

Zentral für die agronomische Eignung ist eine erhöhte Resilienz im gesteuerten System während Trockenperioden, die sich positiv auf den erzielten Ertrag auswirkt. Trockenstress und Ertragsleistung sollen bonitiert werden. Der Großteil des Feldversuchs stellt ein Bodenfeuchtemonitoring dar. Hierbei soll herausgefunden werden, bis zu welcher Wassermenge die Regulierung der Drainage funktioniert beziehungsweise wie sich der Wasserhaushalt in Abhängigkeit von Jahreszeiten und Witterung verhält. Des Weiteren soll gemessen werden, wie groß die Reichweite der Steuerung im Feld ist. Auch die Reaktionszeit, also wie schnell der Boden auf die Pegelregulierung der Drainage reagiert, soll gemessen werden. Das Bodenfeuchtemonitoring findet auch auf der Vergleichsfläche, mit gleichen Eigenschaften und Drainage, nur ohne Steuerung statt, um einen Vergleich von gesteuerter Drainage zu ungesteuerter Drainage herstellen zu können. Ziel des Bodenfeuchtemonitorings ist es zu zeigen, dass aufgrund der Steuerung der Drainage mehr Bodenwasser auf der Fläche bei Trockenheit oder Starkregenereignissen gespeichert werden kann.

Für den Feldversuch sollen verschiedenste Messmethoden für das Bodenfeuchtemonitoring verwendet werden. Für die Bestimmung des volumetrischen Wassergehalts sollen TDR-Sonden (Time Domain Reflectometry) verwendet werden. Die Wasserspannung (Matrixpotential) sollen mit Matrixpotenzialsensoren gemessen werden. Diese sind wartungsfrei und frostsicher und im Vergleich zu konventionellen Tensiometern, und es entstehen keine

Datenlücken bei Austrocknung. Sie decken den Messbereich 0 bis pF 7 ab und benötigen keine Wasserfüllung. Die Messung der Pegelhöhe im Beobachtungsbrunnen soll mit Pegelmessern erfolgen. Die Sonde am Pegelmesser misst den hydrostatischen Druck der Wassersäule. Dieser Druck ist proportional zur Höhe des Wassers über der Sonde. Ein Belüftungssystem sorgt dafür, dass der atmosphärische Druck korrekt berücksichtigt wird. So wird sichergestellt, dass der gemessene Druck ausschließlich dem Wasserstand entspricht und nicht durch Luftdruckschwankungen verfälscht wird. Gleichzeitig wird die Temperatur gemessen, um den Wasserstand gemäß der Temperatur zu korrigieren. Die Abflussmenge an den zwei Hauptsammlern soll mit einem Flügelradsensor gemessen werden. Die Messung der Wasserhaltefähigkeit des Bodens (Feldkapazität bzw. nutzbaren Feldkapazität) dient als Kenngröße für den Wasserhaushalt des Bodens. Für die Bestimmung werden ungestörte Stechzylinder genommen, aufgesättigt und unter bekanntem Unterdruck entwässert. Anhand dieser Messungen können Wasserspeicherpotential, Reaktionszeit, Wasserhaltefähigkeit und vertikale und horizontale Wasserleitfähigkeit bestimmt werden.

Begleitend kann die Nitratdynamik im Boden untersucht werden, um Schlüsse auf die Stickstoffnutzungseffizienz zu ziehen. Sollte durch die bessere Wasserversorgung eine erhöhte Nitrataufnahme im Vergleich zur ungesteuerten Variante zur Folge haben, ist davon auszugehen, dass Nitratverlagerungen in Grund- und Dränwasser verringert werden können. Somit könnte eine Steuerung der Drainage zum Grundwasser- und Oberflächengewässerschutz beitragen.

Das vollständige Messkonzept für den Feldversuch wurde vom Gutacherbüro TerrAquat erstellt. Neben den genannten Messmethoden umfasst dieses zudem den genauen Versuchsaufbau auf dem bereits ausgewählten Versuchsfeld.

Die Umsetzung des geplanten Feldversuches wurde für eine mögliche Fortsetzung des Projekts angedacht. Aufgrund einer fehlenden Genehmigung der zuständigen Wasserbehörde musste der geplante Versuchsstandort verworfen werden. Der förderrechtliche Zeitplan lies die Akquise eines Ersatzstandorts nicht mehr zu, sodass kein Antrag auf eine weitere Förderphase gestellt wurde.

Fazit

Die Machbarkeitsstudie zeigt, dass eine Drainagesteuerung Potential als wirksame Methode zur Klimaanpassung hat. Durch ungleich verteilte Niederschläge und Wassermangel in der Vegetationsperiode ist sowohl die Entwässerungsfunktion als auch die Speicherung von Wasser im Boden, was mit einer Steuerung möglich ist, wertvoll.

Die smarte Steuerung, welche automatisch anhand von Prognosemodellen die Steuerung übernimmt, ist zum aktuellen Zeitpunkt weniger praktikabel in der konkreten Umsetzung. Dies liegt allerdings vorrangig an den hohen

Kosten im Vergleich zu einer manuell gesteuerten Drainage. Jedoch ist die smarte Steuerung im Hinblick auf die Digitalisierung in der Landwirtschaft bereits eine sehr zukunftsfähige Technik der Steuerung und Vernetzung. Durch die smarte Steuerung entfällt der Arbeitsaufwand, was in der Kosten-Nutzen Rechnung beachtet werden muss. Wie hoch der Arbeitsaufwand tatsächlich ist muss noch evaluiert werden.

Die Herausforderungen, vor allem in Baden-Württemberg, sind die zahlreichen Voraussetzungen, die die landwirtschaftliche Fläche erfüllen muss, um eine effiziente und erfolgreiche Steuerung zu betreiben. Im Rahmen der Umfrage bekundeten die Landwirtinnen und Landwirte jedoch ihr Interesse an der Technologie, sowie den Wunsch tiefgreifende Informationen über das Thema Drainagesteuerung zu erhalten. Der Einbau des Kontrollschatzes kann als verfahrensfreies Verfahren gewertet werden. Jedoch sollte schon bei der Planung in Zusammenarbeit mit den örtlichen Behörden geprüft werden, ob öffentliche (naturschutzfachliche-, wasserrechtliche, etc.) Belange durch das Bauvorhaben berührt werden.

Trotz alledem legt diese Machbarkeitsstudie einen wichtigen Grundbaustein im Thema Drainagesteuerung in Baden-Württemberg dar, worauf mögliche zukünftige Projekte aufbauen können. Mit der Drainagesteuerung kann durch erhöhte Wasserspeicherung im Boden der Ertrag gesteigert werden sowie ein Beitrag zum Hochwasserschutz bei Starkregenereignissen geleistet werden. Auch die Grundwasserneubildung und der geringere Austrag von Nährstoffen werden begünstigt. Die einfache Bauweise des Steuerungselements machen auch eine Eigenbaulösung möglich. Es existieren allerdings auch schon markreife Fertiglösungen. Bei manueller Bedienung sind die Investitionskosten am geringsten allerdings ist zur Steuerung ein erhöhter Arbeitsaufwand notwendig. Automatische „smarte“ Systeme fallen mit hohen Investitionskosten an, allerdings entfallen der Zeitaufwand für die Wetterbeobachtung und die manuelle Regulierung des Steuerungsschatzes. Vor allem bei mehreren Anlagen kann eine smarte Steuerung Rechnung tragen. Die Steuerung bringt nicht nur Vorteile für die Flächenbewirtschaftung, sondern kann auch Werkzeug im gesamtheitlichen Umwelt- und Hochwasserschutz sein.

Literaturverzeichnis

- Adamonyté, I., & Kvaraciejus, A. (2022, Oktober 26). *The influence of controlled drainage on the water regime of the soil*. AgroEco2022: Agroecosystem Sustainability, Litauen.
- Bartholomeus, R. P., Simons, G. W. H., & van den Eertwagh, G. A. P. H. (2015). *Anticipating on amplifying water stress: Optimal crop production supported by climate-adaptive water management* (KWR 2015.062; Watercycle Research Institute).
- Berger-Grabner, D. (2022). *Wissenschaftliches Arbeiten in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften*. Springer Gabler.
- Bischoff, A.-W., & Staufer, P. (2023). Smarte Drainagen als Option in der Landwirtschaft zur Anpassung an Klimawandelfolgen und ihr Effekt auf den lokalen Wasserhaushalt. *Wasser und Abfall*, 04–2023.
- Blessing, C. H., Mariette, A., Kaloki, P., & Bramley, H. (2018). Profligate and conservative: Water use strategies in grain legumes. *Journal of Experimental Botany*, 69(3), 349–369. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx415>
- Cernay, C., Ben-Ari, T., Pelzer, E., Meynard, J.-M., & Makowski, D. (2015). Estimating variability in grain legume yields across Europe and the Americas. *Scientific Reports*, 5(1), 11171. <https://doi.org/10.1038/srep11171>
- Jensen, E. S., Peoples, M. B., Boddey, R. M., Gresshoff, P. M., Hauggaard-Nielsen, H., J.R. Alves, B., & Morrison, M. J. (2012). Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(2), 329–364. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0056-7>
- Kersting, S., & Reutemann, M. (2023). Quantitative Forschung am Beispiel „Fragebogen“. In *Empirische Sozialforschung für Polizei- und Verwaltungswissenschaften*. Springer VS.
- KLIWA. (2023). 7. KLIWA - Symposium: ZU WEINIG - ZU VIEL- Wasserwirtschaft zwischen Trockenheit und Starkregen. in Ingelheim
- Lalonde, V., Madramootoo, C. A., Trenholm, L., & Broughton, R. S. (1996). Effects of controlled drainage on nitrate concentrations in subsurface drain discharge. *Agricultural Water Management*, 29(2), 187–199. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(95\)01193-5](https://doi.org/10.1016/0378-3774(95)01193-5)

-
- MLR. (2023). *Ökolandbau in Zahlen*. <https://mlr.baden-wuerttemberg.de/de/unsere-themen/landwirtschaft/oekologischer-landbau/oekolandbau-in-zahlen>
- Newell Price, J. P., Harris, D., Taylor, M., Williams, J. R., Anthony, S. G., Duethmann, D., Gooday, R. D., Lord, E. I., Chambers, B. J., Chadwick, D. R., & Misselbrook, T. H. (2011). *An inventory of mitigation methods and guide to their effects on diffuse water pollution, greenhouse gas emissions and ammonia emissions from agriculture*. DEFRA Project WQ0106.
- Pfleiderer, P., Schleussner, C.-F., Kornhuber, K., & Coumou, D. (2019). Summer weather becomes more persistent in a 2 °C world. *Nature Climate Change*, 9(9), 666–671. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0555-0>
- Ritschl, V., Weigl, R., & Stamm, T. (2023). *Wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben*. Springer.
- Schleicher, S., & Bischoff, A.-W. (2024). *Messkonzept Smarte Drainagen*. TerrAquat.
- Sulieman, S., & Tran, L.-S. P. (Hrsg.). (2015). *Legume Nitrogen Fixation in a Changing Environment: Achievements and Challenges*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06212-9>

Apus Systems

(Mario Hehne und Fabian Naumann GbR)

Am Eiswurmlager 5

01189 Dresden

<https://apus-systems.com/>

TerrAquat

Dr. rer. nat., Dipl.-Geoök. Wolf-Anno Bischoff

Schellingstraße 43

72622 Nürtingen

GEIGER agri solutions

M. Sc. agr. Jan Geiger

Moorweg 6

23898 Labenz

<https://www.geigeras.com/>

Permarobotics

Dr. Christian Hennig

Heidewinkel 5

30659 Hannover

<https://permarobotics.com/>

Landwirtschaftskammer NRW

Werner Schmitz

Gartenstraße 11

50765 Köln-Auweiler

Impressum

Herausgeber: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Neßlerstr. 25, 76227 Karlsruhe,

Telefon 0721/9468-0, Fax: 0721/9468-209, E-Mail: poststelle@ltz.bwl.de, www.ltz-augustenberg.de

Josef Schimetschek, Anna-Lena Schweizer (Referat 14)

Stand: Januar 2025



Landwirtschaftliches
Technologiezentrum
Augustenberg



Baden-Württemberg