

JUSTUS-LIEBIG-  
UNIVERSITÄT  
GIESSEN

GIESSEN **Plant  
Breeding**



Landwirtschaftlicher  
**BERNHARD**  
Betrieb

Kompetenz für Landwirtschaft  
und Gartenbau **LLH**

**vlf**



res naturae  
res naturae QSV GmbH

**LEGLER**



# Entwicklung zukunftsfähiger und nachhaltiger Ansätze zur Krautminderung im Kartoffelanbau (ZuNaMi)

## Abschlussbericht

Bernhard, Timm; Wittkop, Benjamin

21.11.2023



Europäischer Landwirtschaftsfonds für  
die Entwicklung des ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa  
in die ländlichen Gebiete.



Hessen nimmt an der  
Europäischen Innovations-  
partnerschaft (EIP) teil.



## **Impressum**

### **Hauptverantwortlicher der OG**

Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU)  
Ansprechpartner: Prof. Dr. Rod Snowdon  
Heinrich-Buff-Ring 26-32  
Gießen  
Tel.: 0641-9937421  
E-Mail: [ipzsekr@lists.uni-giessen.de](mailto:ipzsekr@lists.uni-giessen.de)

### **Für die Förderung zuständige ELER-Verwaltungsbehörde:**

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
- ELER-Verwaltungsbehörde -  
Referat VII 6  
Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden  
E-Mail: [eler@umwelt.hessen.de](mailto:eler@umwelt.hessen.de)  
Internet: [www.eler.hessen.de](http://www.eler.hessen.de)

**Bildnachweise: Titelbild: Eigene Aufnahme JLU-Gießen**

## Inhalt

1	Vorhabenplanung .....	1
1.1	Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn .....	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens .....	3
1.3	Arbeitsplan .....	6
2	Verlauf des Vorhabens .....	7
3	Ergebnisse und Zielerreichung .....	9
3.1	Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens .....	9
3.1.1	Ergebnisse zu den untersuchten Krautminderungsverfahren (AP2 und 3).....	9
3.1.2	Optimierung der Applikationstechnik mit Dropleg® (AP5) .....	17
3.1.3	Technische Optimierung des Doppelmesserbalkens (AP5).....	23
3.2	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen .....	24
3.3	Erreichung der Ziele des Vorhabens .....	25
4	Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung.....	26
4.1	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis .....	26
4.2	(Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse.....	26
4.3	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit.....	27
5	Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG) .....	27
5.1	Gestaltung der Zusammenarbeit .....	27
5.2	Mehrwert des Formats einer OG .....	28
5.3	Weitere Zusammenarbeit .....	28
6	Verwendung der Zuwendung.....	29
7	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	29
8	Literaturverzeichnis.....	31

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1:</b> Darstellung des Arbeitsplans als Tabelle. Laufzeit des Projekts: 01.01.2021- 30.06.2023.....	6
<b>Tabelle 2:</b> Varianten zum Test der besten Applikationsmethode im Versuchsjahr 2021.....	18
<b>Tabelle 3:</b> Ergebnisse des Applikationsversuchs im Jahr 2021.....	19
<b>Tabelle 3:</b> Varianten zum Test der besten Applikationsmenge im Versuchsjahr 2022.....	20
<b>Tabelle 4:</b> Ergebnisse des Applikationsversuchs im Jahr 2022.....	21
<b>Tabelle 6:</b> Gesamtausgaben und zuwendungsfähige Ausgaben, Stand Einreichung abschließender Verwendungsnachweis.....	29

### **Abbildungsverzeichnis**

<b>Abbildung 1:</b> Versuchsspritze der Feldversuchsstation Groß-Gerau ausgerüstet mit dem Dropleg <sup>UL</sup> -System von Lechler GmbH. (eigene Aufnahme).....	3
<b>Abbildung 2:</b> Doppelmesserbalken der Firma BB-Umwelttechnik GmbH als Front-Schmetterlingskombination. (Quelle: BB Umwelttechnik GmbH).....	4
<b>Abbildung 3:</b> Vergleich der Krautminderungsverfahren im Hinblick auf den Anteil vitaler Pflanzen 21 Tage nach Durchführung der Krautregulierung (PSM = Pflanzenschutzmittel, hier 0,8 l/ha Quickdown <sup>®</sup> + 2 l/ha Toil <sup>®</sup> ; Standardsikkation bestehend aus 0,8 l/ha Quickdown <sup>®</sup> + 2 l/ha Toil <sup>®</sup> am Tag 1 und 1 l/ha Shark <sup>®</sup> am Tag 8; LSD = least significant difference).....	11
<b>Abbildung 4:</b> Vergleich der Krautminderungsverfahren gruppiert nach Intensität des Verfahrens im Hinblick auf den Anteil vitaler Pflanzen 21 Tage nach Durchführung der Krautregulierung (LSD = least significant difference).....	12
<b>Abbildung 5:</b> Vergleich der Abreifegeschwindigkeiten nach Behandlung mit den untersuchten Krautminderungsverfahren vom Tag der mechanischen Krautminderung bis zur Schlussbonitur und Probennahme (LSD = least significant difference).....	13
<b>Abbildung 6:</b> Vergleich des Anteils Marktware (Knollen mit 35 – 65 mm Durchmesser) an den Knollenproben zwischen den eingesetzten Krautminderungsverfahren über alle Standorte, Jahre und Sorten.....	14
<b>Abbildung 7:</b> Vergleich des Einflusses verschiedener Faktoren wie Düngestufe, Versuchsjahr, Sorte und Standort auf den Stärkegehalt der untersuchten Knollenproben.....	15
<b>Abbildung 8:</b> Vergleich des Stärkegehalts in den Knollenproben zwischen den eingesetzten Krautminderungsverfahren über alle Standorte, Sorten und Versuchsjahre.....	15
<b>Abbildung 9:</b> Nachernte-N <sub>min</sub> -Gehalte getrennt nach Krautminderungsverfahren.....	17
<b>Abbildung 10:</b> Dropleg <sup>UL</sup> -Anwendung in Kartoffeln (eigene Aufnahme).....	18
<b>Abbildung 11:</b> Ergebnisse des Applikationsversuchs im Jahr 2021 in Bildern (eigene Aufnahme).....	20

**Abbildung 12:** Aufnahmen der Parzellen aus dem Applikationsversuch zur möglichen Reduktion der Aufwandmenge im Jahr 2022 (eigene Aufnahme, aufgenommen am 19.08.2022).....22

**Abbildung 13:** Doppelmesserbalken des Landtechnikunternehmens BB-Umwelttechnik GmbH ausgestattet mit Krauthebern, um eine Aufnahme der liegenden Krautanteile zu ermöglichen sowie Schnittergebnis nach einer Überfahrt.....23

**Abbildung 14:** Technische Zeichnung und Zubehörliste der Tasträder für den Doppelmesserbalken des Landtechnikunternehmens BB-Umwelttechnik GmbH.....24

## Zusammenfassung / Abstract

Seit dem Wegfall des Wirkstoffs Deiquat hat die Bedeutung alternativer Krautminderungsverfahren deutlich zugenommen. In dem vorliegenden Projekt wurde einerseits der Einsatz des Dropleg<sup>UL</sup>-Systems des assoziierten Partners Lechler GmbH getestet mit dessen Hilfe das Sikkationsmittel direkt an die Stängelbasis appliziert werden kann. Dies würde ein Umgehen des störenden Blätterdachs und damit eine Wirkstoffeinsparung ermöglichen und ein mehrmaliges Überfahren der Fläche unnötig machen. Andererseits wurde als mechanische Alternative der moderne Doppelmesserbalken des Projektpartners BB Umwelttechnik GmbH vergleichend getestet. Dieses Verfahren stellt, wie im Grünland bereits anerkannt, ein insektenschonendes Mähverfahren dar, das darüber hinaus gleichzeitig durch das Schmetterlingssystem eine Arbeitsbreite von bis zu 9 m ermöglicht und dadurch wiederum einen deutlichen Vorteil *in puncto* Schlagkraft gegenüber den herkömmlichen mechanischen/physikalischen Methoden aufweist, die auf 3 m begrenzt sind.

Die Ergebnisse, die aus praxisnahen Versuchen gewonnen werden konnten, zeigten deutlich, dass die alternativen Verfahren mit den bisherigen Standardverfahren vergleichbar sind. Hier zeigte lediglich das aufwendigste Verfahren aus Krautschlegler und anschließender chemischer Sikkation einen signifikanten Vorteil. Insgesamt konnte aber auch gezeigt werden, dass besonders die Sortenwahl und die Stickstoffdüngung einen starken Einfluss auf den Sikkationserfolg haben. Mit einer reduzierten N-Düngung steht somit eine zweite pflanzenbauliche Stellschraube zur Verfügung, die darüber hinaus die Qualität der geernteten Kartoffelknollen steigert.

Since the active ingredient Deiquat has been removed from the market, the importance of alternative canopy reduction methods has increased significantly. In the present project, the use of the Dropleg<sup>UL</sup> system of the associated partner Lechler GmbH was tested, with which the desiccation agent can be applied directly to the base of the stem. This would make it possible to avoid the disturbing foliage and thus reduce pesticide treatments. On the other hand, the modern butterfly front mower from the project partner BB Umwelttechnik GmbH was tested comparatively as a mechanical alternative. As in grassland already accepted, this method is an insect-friendly mowing method, which also enables a working width of up to 9 m thanks to the butterfly system. This in turn has a clear advantage in terms of effectiveness compared to conventional mechanical/physical methods, which are limited to a width of 3 m. The results obtained from practical field trials clearly showed that the alternative methods are comparable with the previous standard methods. Only the most complex process of haulm topper and subsequent chemical desiccation showed a significant advantage. However, it could also be shown that the potato variety and the nitrogen fertilization level in particular have a strong influence on the success of desiccation. With a reduced N fertilization, a second agronomic possibility is available, which also increases the quality of the harvested potato tubers.

# 1 Vorhabenplanung

## 1.1 Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn

Die Vorerntekrautminderung ist im heutigen Kartoffelanbau eine Standardmaßnahme, um neben der Ernteerleichterung zahlreiche Kriterien der Qualitätssicherung zu bedienen. Generell stellt eine zielgerichtete und wirksam terminierte Krautminderung im Kartoffelanbau ein wirksames Mittel zur Steuerung der Abreife und damit der Knollengröße- und -qualität dar. Hierbei muss sichergestellt sein, dass sämtliches Kartoffelkraut abgestorben ist und sich kein lebendes Blatt- oder Stängelmaterial mehr auf der Fläche befindet, um die Übertragung von Krankheitserregern aus Blättern und Stängeln auf die Knollen auszuschließen. In diesem Bezug kann auch ein Wiederaustrieb bereits abgereifter Bestände nicht toleriert werden. Hier steht durch die Erreichung völlig ausgereifter und schalenfester Knollen die Widerstandsfähigkeit gegenüber Beschädigungen während der Ernte und Einlagerung sowie die Minderung von Infektionsrisiken und damit die Lagerfähigkeit im Vordergrund. Je nach Bestand wird eine Sikkation aus genannten Gründen deshalb oft in mehreren Teilschritten durchgeführt. Dies stellt gerade bei frühen Terminen eine schonende Abreife und damit die Erhaltung der Knollenqualität sicher. Darüber hinaus verfolgt die Sikkation des Kartoffelkrautes im Pflanz-, Speise-, Veredelungs- und Stärkekartoffelanbau auch spezifische Ziele. Im Pflanzkartoffelanbau stellt besonders die Vermeidung der Virustranslokation, der meist von Blattläusen übertragenden Viren, von den Stängeln in die Knollen einen der Hauptgründe der Krautregulierung dar. Ferner kann durch die Krautminderung eine einheitlich kleine Sortierung des Erntegutes erreicht werden. Dies erfordert jedoch eine relativ frühe Sikkation der Bestände, wodurch die Gefahr des Wiederaustriebs der Pflanzen sehr hoch ist. Bedingt durch diesen möglichen Wiederaustrieb erhöht sich das Risiko eines erneuten Blattlausbefalls, welcher bevorzugt auf jungem Pflanzenmaterial stattfindet und dementsprechend zu einem erneuten Viruseintrag in den Bestand führen kann. In diesem Fall ist die Abwanderung der Viren über die kleinen Blätter und kurzen Stängel in die Knollen beschleunigt und birgt erhöhte Gefahr einer späten Virusinfektion. Aus den genannten Gründen ist ein sicheres Krautminderungsverfahren ein notwendiges Werkzeug in der Pflanzkartoffelvermehrung, um gesundes und qualitativ hochwertiges Pflanzgut für die nächste Anbausaison bereitstellen zu können. Darüber hinaus verfolgt die Sikkation des Kartoffelkrauts das Ziel gänzlich ausgereifte und schalenfeste Kartoffelknollen zu generieren, was eine Infektion der Knollen mit Krankheitserregern maßgeblich reduziert und für die Dauer der Lagerung bis zur Auspflanzung im nächsten Frühjahr die Sicherstellung der geforderten Qualitätsmerkmale ermöglicht. Im Speisekartoffelanbau verfolgt die Krautminderung eine Vielzahl von Zielen, um schlussendlich einen möglichst hohen Marktwarenertrag (gleichmäßige Größensortierung) und einen der Sorte entsprechenden Stärkegehalt zu erzielen. Weiterhin sollen die Kartoffelknollen ausgereift, schalenfest, gesund und lagerfähig sein. Das Erreichen dieser Kriterien bestimmt somit maßgeblich den optimalen Termin der Krautregulierung und stellt durch eine gleichmäßige Abreife zusätzlich die Ausbildung schalenfester Ware sicher. Die Schalenfestigkeit ist vor allem bei der Lagerung der Kartoffeln ein wichtiges Kriterium, denn bei nicht schalenfesten Knollen können durch offene Stellen in der Schale diverse Krankheitserreger eindringen und diese im Lager oder beim Endverbraucher zum Verderben bringen. Ferner wird durch eine effektive Krautregulierung der Stoffwechsel der Kartoffel eingeschränkt und die Abreife der Knollen gefördert. Mit zunehmender Reife der Knolle wird die Schale entsprechend fester und somit widerstandsfähiger gegenüber Beschädigungen während der Ernte. Auch bei Speisekartoffeln kann der Wiederaustrieb zu einer ungleichmäßigen Abreife führen und dadurch eine höhere Beschädigungsrate bei der Ernte bedingen und macht somit eine Krautregulierung unverzichtbar. Bei Veredelungskartoffeln spielt das sortenspezifische Unterwassergewicht eine entscheidende Rolle, um die sortenspezifischen und gewünschten

Verarbeitungseigenschaften voll auszuschöpfen. Eine zu frühe Krautregulierung vermindert den sortenspezifischen Stärkegehalt und erhöht dadurch das Risiko der Acrylamidbildung bei der thermischen Verarbeitung. Die Krautminderung sollte in diesem Fall daher erst später erfolgen, wenn die physiologische Reife der Kartoffelknolle und des Krautes erreicht ist. Allerdings ist auch hier in den meisten Fällen im Hinblick auf Schalenfestigkeit und Lagerfähigkeit wenigstens eine flächendeckende Sikkation aufgrund von Reifeunterschieden im Bestand notwendig. Bei Stärkekartoffeln spielt der sortenspezifische Stärkegehalt eine übergeordnete Rolle. Eine Krautregulierung ist bei dieser Produktionsrichtung nur in Ausnahmefällen erforderlich, z.B. bei der Einlagerung schalenfester Ware. Somit sind bei Stärkekartoffeln in der Regel einmalige Anwendungen in die abreifenden Bestände angeraten.

Zur Krautregulierung stehen chemische und mechanische Verfahren (Schlegeln, Flämmen und elektrische Spannung) zur Verfügung. Allerdings hat sich im konventionellen Kartoffelanbau derzeit hauptsächlich ein rein chemisches Verfahren zur Krautregulierung etabliert, da bei der mechanischen Beseitigung des Krautes verfahrensspezifische Nachteile auftreten können. Diese sind (a) eine sehr geringe Flächenleistung kombiniert mit einem hohen Treibstoffverbrauch, (b) vermehrtes Auftreten grüner Knollen, durch das Anfahren der Dämme, (c) eine erschwerte Ernte durch verdichtete Fahrspuren insbesondere in feuchten Jahren, (d) eine massive Schädigung der Insekten- und Wildtierpopulationen und (e) das Verschleppen von Viren und Bakterien von Pflanze zu Pflanze. Letzterer ist besonders beim Schlegeln ein nicht zu unterschätzender Schwachpunkt der mechanischen Krautregulierung. Die Krautregulierung wurde bislang zu ca. 75% mit dem Wirkstoff Deiquat (enthalten in Reglone, Mission SL, etc.) durchgeführt. Der Wirkstoff Deiquat wirkt nicht selektiv und nicht systemisch, hat eine sehr schnelle Anfangswirkung und führt die Bestände (auch unter schwierigen Bedingungen) sicher in die Krautseneszenz. Der genannte Wirkstoff hat jedoch 2019 die Zulassung verloren und stand damit ab der Saison 2020 nicht mehr zur Verfügung. Mit dem Wegfall dieses Wirkstoffs stehen aktuell mit Cafentrazone und Pyraflufen nur noch zwei Wirkstoffe für diesen Einsatzbereich zur Verfügung. Beide können die Wirkung von Deiquat jedoch nicht adäquat ersetzen, da sie besonders zur wüchsigen Witterung im Spätsommer und bei sehr krautreichen Sorten keine ausreichende Wirksamkeit bieten, sodass die Krautregulierung in bestimmten Situationen nicht mehr erfolgreich durchgeführt werden kann. Die beschriebene Situation und das Bestreben der EU, 50% der Pflanzenschutzmittel bis 2030 einsparen zu wollen, wirft Fragen auf, welche mittels alternativer Methoden zur Krautminderung beantwortet werden müssen. Solche Alternativen können einerseits in der verbesserten und gezielteren Applikation von Pflanzenschutzmitteln und andererseits in der Optimierung mechanischer Verfahren, bspw. Weiterentwicklung und technische Optimierung vorhandener Geräte oder Prüfung der Einsatztauglichkeit anderer mechanischer Schneidgeräte, liegen. Ferner ist vorstellbar beide Verfahren der Krautregulierung zu kombinieren, um den Wegfall der Standardsikkation zu kompensieren. In diesem Zusammenhang ist vor allem zu prüfen, ob die alternativen Verfahren sowohl pflanzenbaulich als auch betriebswirtschaftlich geeignet sind und gleichzeitig nicht zu einem Qualitätsverlust der Erzeugnisse führen. Diese Kriterien müssen im Sinne eines nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Kartoffelanbaus unbedingt Berücksichtigung finden.

Zusammenfassend sind zur Erfassung der Problemstellung und der Ausgangslage folgende Punkte zu nennen: (i) der Widerruf aller Pflanzenschutzmittel mit dem Wirkstoff Deiquat wurde am 10.01.2019 bekannt und die Aufbrauchfrist endete am 04.02.2020 was die Aktualität der Thematik unterstreicht, (ii) alternative mechanische Methoden wurden und werden erforscht, wobei der Fokus auf dem Krautschlagen mit seinen Nachteilen hinsichtlich Krankheitsübertragung und Energiebedarf liegt, (iii) Verfahren zur physikalischen Krautabtötung mittels Gasbrennern (thermisch) oder elektrisch mittels Starkstrom stehen zur Verfügung sind aber ebenfalls energieaufwändig und ihre Wirkung auf



Bodenlebewesen und Insekten sind noch nicht hinreichend erforscht. Nach Meinung der OG, stellen beide Alternativen keine gefahrlosen Techniken für Anwender und Umstehende dar und schädigen zweifelsfrei Kleinstlebewesen, die sich im Kartoffelbestand aufhalten. Sie stellen damit keine vertretbaren Alternativen dar und erfordern die Erprobung weiterer alternativer Methoden, wie es in diesem Projekt angedacht wurde. Abschließend bleibt zu erwähnen, dass hessische Kartoffelbetriebe von der Problematik der Krautminderung ohne Reglone ebenso stark betroffen sind, wie die Betriebe in anderen Teilen Deutschlands und Europas. Durch den relativ hohen Anteil an vergleichsweise kleineren Betrieben in Hessen, stand für die OG daher besonders die Bereitstellung kostengünstiger Alternativen mit geringem Leistungsbedarf und hoher Umweltverträglichkeit im Fokus des Vorhabens.

## 1.2 Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens

Die bislang in der Praxis üblichen Verfahren zur Krautminderung basieren hauptsächlich auf der Kombination chemischer Sikkationsmittel. Durch den Wegfall von Reglone (Wirkstoff: Deiquat) wird nun verstärkt wieder der Krautschlegler eingesetzt. Oftmals reicht dieses Verfahren allerdings alleine nicht aus, um die Abreife sicher einzuleiten und um einen Wiederaustrieb der Kartoffelpflanzen zu verhindern. Deshalb ist derzeit das Krautschlegeln in Kombination mit einem oder zwei chemischen Sikkationsmittelapplikationen mit den noch zur Verfügung stehenden alternativen Mitteln der Stand der Technik. Um den Energiebedarf durch zu häufige Überfahrten nicht unnötig zu erhöhen, sollte die vornehmlich aus Raps und Mais bekannte Dropleg<sup>UL</sup>-Technologie mit einer höheren Applikationsgenauigkeit in diesem Innovationsprojekt auf ihre Einsatztauglichkeit zur Sikkation in Kartoffeln getestet werden (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Versuchsspritze der Feldversuchsstation Groß-Gerau ausgerüstet mit dem Dropleg<sup>UL</sup>-System von Lechler GmbH. (eigene Aufnahme)

Insbesondere in krautreichen Kartoffelbeständen zeigt eine herkömmliche Applikation von oben mit den gegenwärtig zur Verfügung stehenden Wirkstoffen mit Flachstrahldüsen Schwächen in der Wirksamkeit, da die Wirkstoffe nicht ausreichend genau an den Stängel als wichtigen Wirkungsort gelangen können und dadurch langsamer wirken. Die Dropleg<sup>UL</sup>-Technologie könnte demnach den

Vorteil bieten auf das vorherige Krautschlegeln zur Entfernung des hinderlichen Blätterdaches zu verzichten, was normalerweise beim Einsatz von Standardflachstrahldüsen vor der Anwendung des Sikkationsmittels entfernt werden muss. Um zukünftig diese Wirkungslücken auszugleichen, sollen Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Dropleg<sup>UL</sup>-Technologie zur zielgerichteten Applikation auf die Stängel der Kartoffelpflanzen durchgeführt werden. Bei der Dropleg<sup>UL</sup>-Technik wird das Pflanzenschutzmittel per Schleppschauchsystem in den Kartoffelkrautbestand an Blätter und Stängel der Pflanzen angetragen. Durch die horizontale Ausrichtung der Zungendüsen gelangt die Spritzbrühe direkt an die Stängel. Hierdurch ist eine Wirkungsverbesserung denkbar und damit auch das Potential zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln durch eine gezieltere Applikation. Gleichzeitig hat diese Technologie hinsichtlich Abdrift bekannte Vorteile. Das Dropleg<sup>UL</sup>-Verfahren wurde bereits als mögliche Verbesserung der bislang üblichen Applikationstechnik für den Einsatz von fungiziden Wirkstoffen in den Kartoffelbestand beschrieben und wurde bereits vereinzelt von Praktikern für die Anwendung von Sikkationsmitteln getestet, jedoch ohne wissenschaftliche Darstellung der Ergebnisse (vgl. Rüegg und Total 2013). Dieses Verfahren wurde daher im Rahmen des vorliegenden Innovationsprojekts "ZuNaMi" fokussiert.

Im Hinblick zur Möglichkeit einer Reduktion des Agrikulturchemieeinsatzes werden besonders in jüngerer Zeit auch alternative mechanische Methoden getestet. Hierbei sind vor allem das Abflämmen und das Abreifen des Krauts mittels elektrischer Spannung zu nennen. Diese Methoden sind jedoch vergleichsweise arbeits- und kostenintensiver als die bislang angewendete chemische Methode (vgl. LTZ Augustenberg 2019). Insbesondere stellt der Einsatz von Elektrizität hinsichtlich des Schutzes von Insekten und Bodenlebewesen eine fragwürdige Alternative dar. Aus den genannten Gründen wurde in diesem Projekt der Einsatz eines herkömmlichen Mähbalkens zur Krautregulierung in Kartoffeln getestet und modifiziert, um die Arbeitsweise zielgerichtet für die vorgesehene Anwendung anzupassen (Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Doppelmesserbalken der Firma BB-Umwelttechnik GmbH als Front-Schmetterlingskombination. (Quelle: BB Umwelttechnik GmbH).

Dieses Verfahren kann mit möglichen größeren Arbeitsbreiten bei gleichzeitig geringem Kraftstoffverbrauch eine schlagkräftige Alternative darstellen, die durch die überschaubare mechanische Einwirkung auf den Bestand gleichzeitig als weitestgehend insekten- und wildtierschonend betrachtet werden kann. Der Einsatz des Mähbalkens zur Krautminderung in Kartoffeln wurde deshalb in diesem Innovationsprojekt als alternative mechanische Methode fokussiert.

Die beschriebenen alternativen Verfahren zur Krautminderung wurden durch vergleichende Untersuchungen der chemischen und mechanischen Varianten in Exaktfeldversuchen an Standorten der JLU und Praxisversuchen auf Standorten landwirtschaftlicher Betriebe in Mittel- und Südhessen auf ihre Praxistauglichkeit erprobt. Des Weiteren wurden spezifische Fragestellungen zur Optimierung der Applikationstechnik mittels Dropleg<sup>UL</sup>-Technologie und zur technischen Weiterentwicklung des Mähbalkens zur Anwendung in der Krautregulierung adressiert. Abschließend sollten durch verfahrenstechnische Systemvergleiche unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte Handlungsanweisungen für den praktischen Kartoffelanbau generiert werden.

Die bereits beschriebene Bestrebung den Pflanzenschutzmitteleinsatz langfristig zu reduzieren, erfordert die Entwicklung alternativer Methoden zur Krautminderung. Diese Problemstellung hat die OG Nachhaltige<sup>2</sup> Krautregulierung in dem vorliegenden Projekt aufgegriffen, um den Kartoffelanbau in Hessen und darüber hinaus in Deutschland unter den geänderten agronomischen und politischen Rahmenbedingungen zukunftsfähig gestalten zu können. Das Projekt zeigt durch die vergleichende Untersuchung mehrerer Verfahrenstechniken zur Krautregulierung alternative Ziele zur chemischen Standardsikkation mittels Deiquat auf. Im Aktionsplan wurden die folgenden innovativen Ansätze zusammenfassend festgelegt:

- Die Erforschung des Einsatzes der Dropleg<sup>UL</sup>-Düsenttechnologie auf die Wirksamkeit der zugelassenen chemischen Sikkationsmittel, indem die aktuell noch verfügbaren Wirkstoffe durch Umgehen des hinderlichen Blätterdachs gezielter auf die Stängel appliziert werden können. Dadurch könnte ggf. auch die zu applizierende Wirkstoffmenge reduziert werden. Gleichzeitig kann durch diese Applikationstechnik ein ungewollter Abdrift auf nicht Zielflächen und Insektenpopulationen vermindert werden.
- Die Erprobung einer Abwandlung bzw. Weiterentwicklung des klassischen Mähbalkens als Alternative zur gängigen mechanischen Krautminderung mittels Krautschlegler und damit möglicher größerer Arbeitsbreiten. Ferner ist aus hygienischen Gesichtspunkten eine Installation von Desinfektionsmöglichkeiten zur Verhinderung der Verschleppung von Krankheitserregern technisch einfacher umsetzbar. Das zurückbleibende Kartoffelkraut könnte darüber hinaus die Kartoffeldämme vor Hitze und Sonneneinstrahlung schützen und dadurch der Wiederaustrieb der Pflanzen sowie Schäden an Knollen durch Ergrünen und „Sonnenbrand“ reduzieren.
- Die Untersuchung des Einflusses der Stickstoffdüngung auf das Abreifverhalten der Kartoffeln und den möglichen Wiederaustrieb unter den zuvor genannten Methoden zur Krautminderung.
- Die Untersuchung der Auswirkungen der verschiedenen Sikkationsmethoden auf die Lagerfähigkeit der Kartoffelknollen durch Einlagerung und Qualitätsbonitur (Schalenfestigkeit und Lagerfähigkeit) adäquater aliquoter Ernteproben.

Abschließend bleibt zu nennen, dass bei einer erfolgreichen Entwicklung die zu untersuchenden Sikkationsmethoden einen Einsatz in allen Verwertungsrichtungen (Speise-, Veredelungs-, Stärke- und Pflanzkartoffeln) finden können, wodurch der gesamte Kartoffelanbau von diesem Projekt profitieren würde.

### 1.3 Arbeitsplan

Zur Erreichung der Ziele des Vorhabens wurde der Arbeitsplan in 5 Arbeitspakete untergliedert. Wobei das Arbeitspaket 1 vornehmlich die Koordination und Organisation sowie die Verwaltung der OG gemäß der Richtlinien beinhaltet. Im Arbeitspaket 2 wurden unterschiedliche Krautminderungsverfahren im Kartoffelanbau im Parzellenversuch auf ihre Wirksamkeit hinsichtlich der Sikkation untersucht, miteinander verglichen und auf ihre Tauglichkeit als Alternative zur chemischen Standardsikkation geprüft. Die Verfahren umfassten neben bereits etablierten chemischen (2 Wirkstoffe Cafentrazone und Pyrafluren) und mechanischen Verfahren (Krautschlegler) auch innovative Strategien, wie den Einsatz der Droplegdüsen-Technologie als alternatives chemisches Applikationsverfahren, um den Wirkstoffeinsatz zu reduzieren. Ferner wurde eine innovative mechanische Variante durch den Einsatz eines modifizierten Mähbalkens getestet, um mitunter größere Arbeitsbreiten bei gleichzeitig geringerem Leistungsbedarf der Zugmaschine zur Effizienzsteigerung zu realisieren. Im Arbeitspaket 3 wurden die unterschiedlichen Krautminderungsverfahren auf landwirtschaftlichen Betrieben unter praxisnahen Bedingungen durchgeführt und erlauben einerseits eine Einschätzung der Praxistauglichkeit und führen andererseits zu einer breiteren und verlässlicheren Datengrundlage der erhobenen Merkmale, wie bspw. Absterbebeschwindigkeit und Absterbeerfolg, Knollenqualität und –ertrag. Im Arbeitspaket 4 wurden Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Dropleg-Düsenteknologie zur zielgerichteten Applikation auf die Stängel der Kartoffelpflanzen durchgeführt. Dabei wurden auch die Vorteile hinsichtlich Abdrift und Einsparungspotential der Wirkstoffe eruiert. Im AP5 wurden technische Optimierungen des Doppelmesserbalkens als alternative mechanische Variante zur Krautregulierung bearbeitet. Hierbei standen vor allem Optimierungen zur Schnitthöhenführung und Aufrichtung des Krautes vor dem Schnitt im Vordergrund der Arbeiten.

Der im Aktionsplan ursprünglich anvisierte Arbeitsplan, einschließlich der festgelegten Meilensteine und der involvierten OG-Mitglieder, ist in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 5:** Darstellung des Arbeitsplans als Tabelle. Laufzeit des Projekts: 01.01.2021- 30.06.2023

Arbeitspaket	Meilensteine und Entscheidungskriterien	Partner	2021	2022	2023 (bis 30.06.)
<b>AP 1</b> Laufende Zusammenarbeit der OG Wissenstransfer	Verwaltung der Finanzen und Koordination	JLU	■	■	■
	Regelmäßige Treffen	alle	■	■	■
	Öffentlichkeitsarbeit durch Feldtag und Workshop	VLF/JLU/Primä rproduzenten			■
<b>AP 2</b> Exakt-Versuche zu alternativen	Planung, Durchführung und Ernte der Exaktparzellenversuche zu alternativen Krautminderungsverfahren	JLU	■	■	

Krautminderungsverfahren Datenauswertung, Publikationen	Knollenqualitätsanalytik	JLU/ResNaturae														
	N <sub>min</sub> - Bodenuntersuchungen	JLU														
	Versuchsauswertung, Publikation in Fachzeitschriften und Wissenstransfer auf Tagungen	JLU/VLF														
	Erstellen des Projektabschlussberichts	JLU														
<b>AP 3</b> Feldversuche zu alternativen Krautminderungsverfahren auf Praxisbetrieben	Planung, Durchführung und Ernte der Praxisversuche zu alternativen Krautminderungsverfahren	JLU/ResNaturae/Primärproduzenten														
	Knollenqualitätsanalytik	JLU/ResNaturae														
	N <sub>min</sub> - Bodenuntersuchungen	JLU														
	Ökonomische Bewertung der unterschiedlichen Verfahren	VLF														
<b>AP 4</b> Optimierung der Applikationstechnik mit Droplegdüsen	Umrüstung, Kalibration des Pflanzenschutzgerätes mit Droplegdüsen-Technologie	JLU/Toews/Lechler														
	Planung und Durchführung der Exaktversuche zur Applikationstechnik	JLU/Toews/Lechler														
	Erstellung einer Handlungsanweisung für die Praxis	JLU/VLF/Lechler														
<b>AP 5</b> Technische Optimierung des mechanischen Schneidwerkzeuges (Mähbalken)	Erprobung der Praxistauglichkeit des Doppelmesserbalkens	JLU/Primärproduzenten														
	Technische Optimierung des Doppelmesserbalkens	BB Umwelttechnik														
	Versuchsauswertung, Publikation in praxisnahen Zeitschriften und Vortragsveranstaltungen	JLU/VLF														

## 2 Verlauf des Vorhabens

Das Vorhaben verlief im Großen und Ganzen nach dem in Tabelle 1 dargestellten Arbeitsplan. Die geplanten Feldversuche (AP2-3) sowie die darauf basierenden Laboruntersuchungen konnten weitestgehend durchgeführt werden und lieferten so wichtige Daten zur Auswertung und Bewertung der untersuchten Sikkationsvarianten. Die zwei Versuchsjahre zeigten sich bzgl. der Witterung gänzlich unterschiedlich. Während das Jahr 2021 durch kühle Temperaturen und häufige Regenfälle für gute Wachstumsbedingungen für Kartoffeln sorgte und insgesamt überdurchschnittliche Erträge erzielt werden konnten, war 2022 durch eine starke Trockenheit an allen Versuchsstandorten gekennzeichnet. Hierdurch lagen die Erträge insgesamt deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt. Im Jahr 2021 herrschte durch die häufigen Regenfälle ein hoher Krautfäuledruck, der vielerorts zu

deutlichen Schäden in den Feldbeständen führte. Der Krautfäuledruck war im Folgejahr kaum vorhanden, hingegen führte hier die große Trockenheit zu einem stark divergierenden Vegetationsverlauf bei Sommerkulturen. Bei Kartoffeln waren nicht nur deutliche Standortunterschiede, hervorgerufen durch Pflanztermin, Wasser-/Nährstoffverfügbarkeit und Pflanzgutqualität, erkennbar, sondern auch Sortenunterschiede, die eine deutlich unterschiedliche Anpassung an die Trockenheit hervorbrachte. Aufgrund der beschriebenen Witterung verzögerte sich im Jahr 2021 die Versuchsdurchführung, wodurch die Feldversuche teilweise in der natürlichen Abreife weit vorangeschritten waren. Dennoch konnten, abgesehen von dem ökologisch bewirtschafteten Standort, bei dem aufgrund des hohen Krautfäuledrucks kein grünes Laub mehr vorhanden war, alle Praxisversuche ausgewertet werden. Im Jahr 2022 wurde die Versuchsdurchführung daher in der physiologischen Entwicklung der Pflanzen vorverlegt, wodurch der Sikkationserfolg über alle Versuchsglieder niedriger ausfiel, eine Differenzierung zwischen den Varianten jedoch deutlicher hervortrat. Leider konnte der ökologisch bewirtschaftete Feldversuch erneut nicht ausgewertet werden, da aufgrund eines starken Kartoffelkäferbefalls die Versuchspflanzen bereits hinreichend entlaubt waren, was eine Datenerhebung unmöglich machte. Insgesamt konnte mit den erhobenen Daten eine statistische Auswertung der Daten durchgeführt werden, die signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsgliedern hervorbrachte und somit zur Bewertung der verschiedenen Sikkationsmethoden herangezogen werden konnten. Die Versuchsdurchführung war somit erfolgreich.

Die Laboruntersuchungen (AP2-3) verliefen durchweg problemlos und zufriedenstellend. Hier konnten alle entnommenen Proben in der dafür vorgesehenen Zeit bonitiert und gewogen werden. Ebenso verlief die Beprobung der  $N_{\min}$ -Proben vor der Aussaat planmäßig. Die  $N_{\min}$ -Bodenuntersuchungen nach der Ernte wurden im Exaktversuch in beiden Jahren planmäßig durchgeführt. In den Praxisversuchen wurde im zweiten Versuchsjahr aufgrund der späten Beerntung der Flächen und aufgrund der fehlenden Korrelation zwischen Reststickstoff im Boden und Krautminderungsmethode aus dem ersten Versuchsjahr auf die  $N_{\min}$ -Beprobung verzichtet.

Auch die Applikationsversuche (AP4) konnten in beiden Jahren erfolgreich durchgeführt werden. Hier wurde der Fokus aufgrund der bis dato fehlenden Erfahrungswerte im ersten Versuchsjahr auf die richtige Auswahl und Anordnung der Spritzdüsen gelegt. Im zweiten Versuchsjahr wurden dann unterschiedliche Aufwandmengen getestet. Aufgrund der erlangten Ergebnisse kann nun eine Anwendungsempfehlung zur Sikkation von Kartoffeln mittels Dropleg<sup>UL</sup> ausgesprochen werden.

Der Messerbalken wurde für den Einsatz in den Kartoffeln im ersten Versuchsjahr technisch angepasst (AP5). Anhand der gewonnenen Erkenntnisse wurden dann im zweiten Versuchsjahr weitere technische Optimierungen vorgenommen. Durch die unterschiedlichen Wuchstypen hinsichtlich des Kartoffelkrauts, waren die beiden Versuchssorten bestens geeignet, um die Funktionsfähigkeit des Doppelmesserbalkens im Einsatz zur Krautminderung zu untersuchen und zu bewerten. Zwar konnte noch kein abschließender Prototyp entworfen werden, doch waren die Versuche für einen ersten praxisnahen Funktionstest entscheidend. Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse kann nun an einer weiteren technischen Anpassung des Doppelmesserbalkens für die Krautminderung in Kartoffeln gearbeitet werden. Der Projektpartner BB-Umwelttechnik verspricht sich hieraus gute Erfolge, zumal es auch z.B. bereits einen Umbausatz für den Einsatz zur Entfernung von überstehendem Unkraut in Zuckerrüben gibt.

Aufgrund der Pandemiesituation war die Öffentlichkeitsarbeit im Jahr 2021 stark eingeschränkt bzw. nicht möglich. Im Juni 2022 konnte das Projekt dann jedoch im Rahmen der Ökofeldtage auf dem Gladbacherhof einem breiten Publikum aus Landwirten und Firmen aus dem Agrarsektor vorgestellt werden. Darüber hinaus ergab sich die Gelegenheit die Erkenntnisse aus dem Projekt einem breiten Interessentenkreis aus dem Bereich Kartoffelbau in einem Vortrag auf der ROPA Fachtagung 2022 in Sittelsdorf vorzustellen. Bei dieser Veranstaltung waren Kartoffelanbauer und Fachfirmen aus dem gesamten Bundesgebiet vertreten, was einen idealen Informationsaustausch ermöglichte.

Das Vorhaben verlief somit insgesamt nahezu planmäßig und lieferte Ergebnisse und Erkenntnisse im erwarteten Umfang.

### 3 Ergebnisse und Zielerreichung

#### 3.1 Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens

Die Ergebnisse des vorliegenden Verbundprojekts gliedern sich in zwei große Bereiche, wobei der erste die Arbeitspakete 2 und 3 umfasst und der zweite Arbeitspaket 4. Der erste Bereich wird wiederum untergliedert in drei Unterkapitel, wobei der erste die auf dem Feld bonitierte Wirkung des Krautminderungsverfahrens auf den Blattapparat und die damit verbundene Sikkatonsleistung umfasst. Das zweite Unterkapitel umfasst die im Labor bonitierten Knollenmerkmale, wie Größensortierung, Stärkegehalt und Anteil ergrüner Kartoffeln. Das dritte Unterkapitel enthält eine Auswertung der Vor- und Nachernte-Nmin-Gehalte. Abschließend wird noch kurz die technische Optimierung des Doppelmesserbalkens aus dem Arbeitspaket 5 für den Einsatz in der Krautregulierung von Kartoffeln thematisiert.

##### 3.1.1 Ergebnisse zu den untersuchten Krautminderungsverfahren (AP2 und 3)

Die Feldversuche zur Effektivität der untersuchten Krautminderungsverfahren fanden an insgesamt sieben Standorten in Süd- und Mittelhessen in den Jahren 2021 und 2022 statt. Ein Standort davon wurde ökologisch bewirtschaftet und ein Standort bildet die Versuchsstation Groß-Gerau der Justus-Liebig-Universität Gießen, wo der in Arbeitspaket 2 beschriebene Exaktversuch durchgeführt wurde. Aufgrund der oben beschriebenen Ereignisse konnte auf dem ökologisch bewirtschafteten Feldversuch in beiden Jahren leider keine verwertbaren Ergebnisse erlangt werden. Der Exaktversuch wird aufgrund der großen Ähnlichkeit in der Versuchsanlage gemeinsam mit den Praxisversuchen ausgewertet und dargestellt.

Die Versuchsjahre 2021 und 2022 zeigten sich bzgl. der Witterung gänzlich unterschiedlich. Im Jahr 2021 war die Auspflanzung der Versuche recht zeitig möglich. Durch die kühle feuchte Witterung im Verlauf des Frühjahr und Sommers, entstanden üppige Bestände mit teilweise sehr hohen Erträgen. Aufgrund der vielen Niederschläge, war jedoch eine Versuchsdurchführung erst zu einem relativ späten Zeitpunkt möglich, wodurch einige Parzellen bereits in die Abreife gingen. Während der Zeitpunkt für eine Krautminderung unter Praxisanforderungen ideal war, war der Termin für die Versuchsanstellung bereits etwas spät in der physiologischen Entwicklung der Pflanzen. Dennoch entstanden divergente Ergebnisse, die eine signifikante Unterscheidung der Krautminderungsverfahren zuließen. Das Jahr

2022 war im Gegensatz zum Vorjahr sehr trocken ohne nennenswerte Niederschläge in der Hauptwachstumsphase. Das Frühjahr war hingegen kühl und nass, sodass eine Auspflanzung der Versuchsflächen erst spät möglich war. Durch die folgende Trockenheit entstanden eher schwache Bestände mit wenig Blattapparat und geringem Knollenertrag. Da die Trockenheit an vielen Standorten kaum einen bedeutenden Ertragszuwachs zuließ, wurde die Abreife hinausgezögert. Dennoch war die Terminierung im physiologischen Entwicklungsverlauf früher, sodass die Anforderungen an die Krautminderungsverfahren deutlich stiegen. Dies konnte unter anderem an dem teilweise starken Wiederaustrieb beobachtet werden. Im folgenden sollen nun die kombinierten Ergebnisse aus beiden Versuchsjahren dargestellt werden.

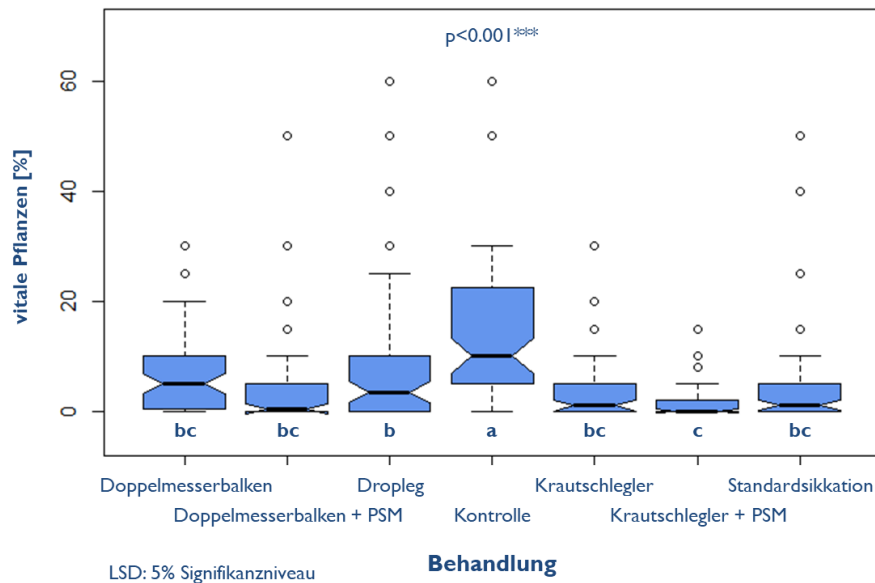
#### 3.1.1.1 Ergebnisse der Feldbonituren am Blattapparat

Die Bonituren der Feldversuchsbestände fanden jeweils 21 Tage nach der Durchführung der Krautregulierung statt. Hierbei wurde der Anteil noch vitaler Pflanzen sowie der Wiederaustrieb bonitiert. Zum gleichen Zeitpunkt wurden die Knollenproben für die spätere Untersuchung im Labor genommen.

Bei der Auswertung der Bonituren konnten zunächst höchst signifikante Unterschiede über beide Jahre und alle Standorte zwischen den verschiedenen Krautminderungsverfahren beobachtet werden ( $p < 0,001$ ). Anhand der *least significant difference* (LSD) auf dem 5% Niveau konnten drei Gruppen gebildet werden. Diese sind in Abbildung 3 dargestellt. Hier zeigte sich die Variante aus Krautschlegler mit anschließendem Einsatz von 0,8 l/ha Quickdown® und 2 l/ha Toil® als besonders effektiv. Die Dropleg<sup>UL</sup>-Variante zeigte eine hiervon signifikant schlechtere Wirksamkeit, während die Kontrollvariante wiederum von beiden zuvor genannten Varianten signifikant mehr vitale Pflanzen aufwies. Die restlichen Varianten zeigten sich sowohl der Krautschlegler + PSM Variante als auch der Dropleg<sup>UL</sup>-Variante zugehörig.

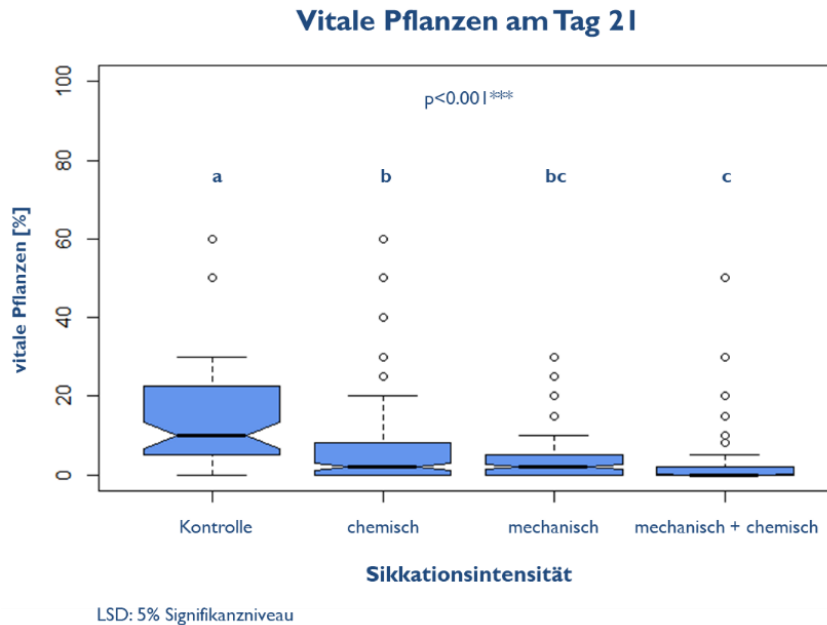


### Vitale Pflanzen am Tag 21



**Abbildung 3:** Vergleich der Krautminderungsverfahren im Hinblick auf den Anteil vitaler Pflanzen 21 Tage nach Durchführung der Krautregulierung (PSM = Pflanzenschutzmittel, hier 0,8 l/ha Quickdown<sup>®</sup> + 2 l/ha Toil<sup>®</sup>; Standardsikkation bestehend aus 0,8 l/ha Quickdown<sup>®</sup> + 2 l/ha Toil<sup>®</sup> am Tag 1 und 1 l/ha Shark<sup>®</sup> am Tag 8; LSD = least significant difference)

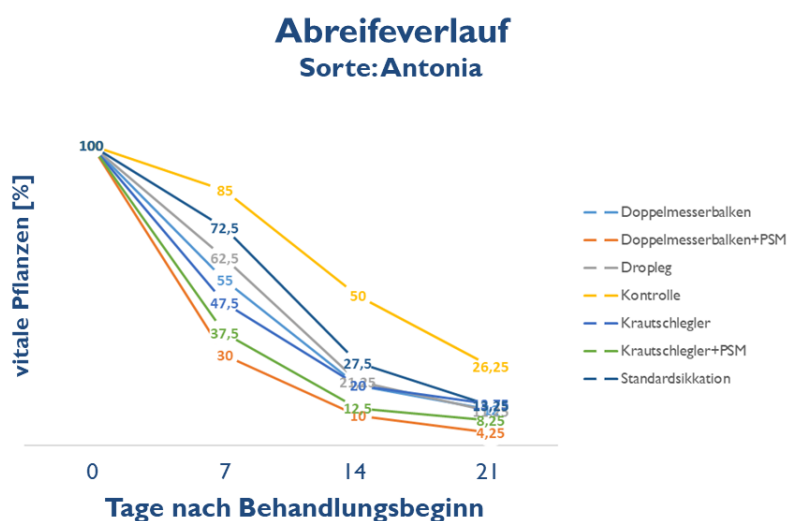
Dementsprechend zeigte die Variante „Krautschlegler + PSM“ die beste Wirkung im Hinblick auf den Sikkationserfolg, ist jedoch gleichzeitig mit dem höchsten Energie- und Arbeitsaufwand verbunden. Der Doppelmesserbalken kann in Kombination mit chemischen Sikkationsmittel den Krautschlegler ersetzen. Im Soloeinsatz reicht die Wirkung noch nicht an den Schlegler heran. Hierbei sollte jedoch festgehalten werden, dass es sich bei den Untersuchungen um eine nur wenig technisch veränderte Standardmaschine handelte. Zusammenfassend kann geschlussfolgert werden, dass der Sikkationserfolg mit steigender Intensität des Krautminderungsverfahrens zunimmt. Dies ist in Abbildung 4 dargestellt.



**Abbildung 4:** Vergleich der Krautminderungsverfahren gruppiert nach Intensität des Verfahrens im Hinblick auf den Anteil vitaler Pflanzen 21 Tage nach Durchführung der Krautregulierung (LSD = least significant difference)

Neben der Krautminderungsmethode haben natürlich auch verschiedene Umwelteinflüsse einen Einfluss auf den Sikkationserfolg. Neben den zwei Versuchsjahren, sind in dieser Berechnung der Standort, der neben Klima- und Bodenunterschieden auch die betriebsspezifische Bestandesführung beinhaltet und die Düngestufe (60 kg N/ha bzw. 120 kg N/ha zzgl. N<sub>min</sub>) eingeflossen. Des Weiteren wurden in den Versuchen zwei Sorten untersucht, die sich in ihrem Krautwachstum und dem Abreifeverhalten unterscheiden und somit ebenfalls einen Einflussfaktor darstellen. Während das Versuchsjahr keinen signifikanten Einfluss auf den Sikkationserfolg hatte ( $p = 0,148$ ) zeigte der Standort einen signifikanten Einfluss ( $p = 0,042$ ), der jedoch nicht auf den N<sub>min</sub>-Gehalt zurückzuführen ist. Hier haben vermutlich Pflanzzeitpunkt und Kulturführung die größte Bedeutung. Ein hoch signifikanter Einfluss konnte durch die Düngestufe festgestellt werden ( $p = 0,002$ ). Hierbei zeigte sich, dass eine höhere Stickstoffdüngung zu einer verzögerten bzw. erschwerten Abreife führt, unabhängig vom eingesetzten Krautminderungsverfahren. Den stärksten Einfluss auf das Abreifeverhalten hatte neben dem Krautminderungsverfahren jedoch die Sorte. Hier konnte ein höchst signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) festgestellt werden.

Im Hinblick auf die Abreifegeschwindigkeit zeigen sich ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen den Krautminderungsverfahren. Wie Abbildung 5 zeigt, führten die zwei mechanischen Verfahren zu einer deutlich schnelleren Abreife, was nochmal durch die Kombination mit chemischen Sikkationsmitteln beschleunigt wurde. Im Laufe des Beobachtungszeitraums glichen sich die rein chemischen Varianten schlussendlich jedoch an. Auffällig ist der Abreifeverlauf bei der Standardsikkation. Hier nahm der Anteil vitaler Pflanzen in der ersten Woche nach Behandlung mit 0,8 l/ha Quickdown<sup>®</sup> + 1 l/ha Toil<sup>®</sup> zunächst recht langsam ab. Nach der Spritzung mit 1 l/ha Shark<sup>®</sup> am Tag 8, nahm die Abreifegeschwindigkeit jedoch deutlich zu.



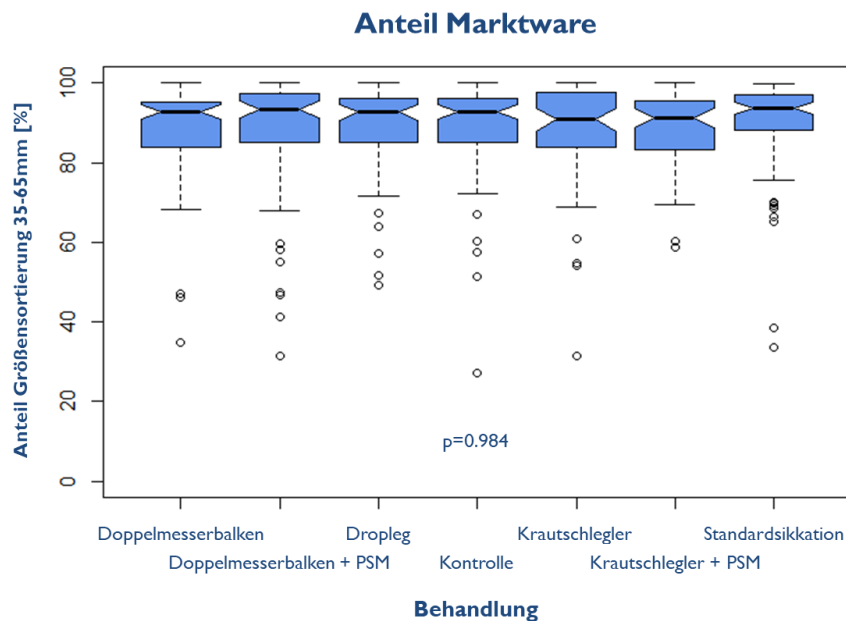
**Abbildung 5:** Vergleich der Abreifegeschwindigkeiten nach Behandlung mit den untersuchten Krautminderungsverfahren vom Tag der mechanischen Krautminderung bis zur Schlussbonitur und Probennahme (LSD = least significant difference)

Diese Unterschiede in der Abreifegeschwindigkeit bringen zunächst in der Theorie sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich. Eine schnellere Abreife verringert zunächst einmal die Wahrscheinlichkeit einer Verlagerung von Krankheiten vom Blattapparat in die Knollen. Gleichzeitig birgt lebendes Kraut stets die Gefahr einer Neuinfektion mit Viren und anderen Krankheiten wie Krautfäule. Im Hinblick darauf ist eine schnelle und vollständige Abreife zunächst von Vorteil. Im Gegenzug führt bspw. das Entfernen des Blattapparates mittels Schlegler etc. zu einem Verlust der Photosynthesefläche und der bereits im Kraut enthaltenen Zucker. Dadurch wird die Verlagerung restlicher Nährstoffe in die Knollen abrupt gestört und eine weitere Erhöhung des Stärkegehalts unterbunden. Gleichzeitig wird dadurch auch das generelle Knollenwachstum gestoppt, was abhängig von der Nutzungsrichtung der Kartoffeln jedoch Grund der Krautminderungsmaßnahme ist.

### 3.1.1.2 Bonitur der Knollenmerkmale im Labor

Um die Auswirkung der Absterbebeschwindigkeit auf Stärkegehalt und Knollengröße bewerten zu können, wurden Knollenproben zur Bonitur im Labor des OG-Mitglieds ResNaturae gezogen. Dabei wurde zunächst die Knollengrößensortierung bonitiert, bei der unterschieden wurde in <28 mm, 28 - 35 mm, 35 - 65 mm und >65 mm Knollendurchmesser. Daneben wurden der Stärkegehalt bzw. das Unterwassergewicht sowie der Anteil ergrüner Knollen, der Anteil losschaliger Knollen und der Anteil fauler Knollen aufgenommen.

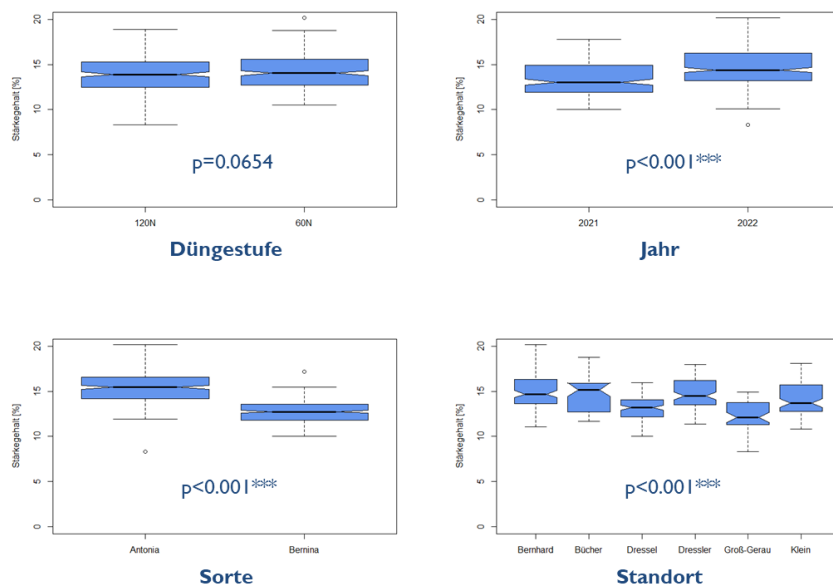
Die Auswertung des Marktwareanteils (35 – 65 mm) zeigte zunächst, dass das Krautminderungsverfahren keinen signifikanten Einfluss auf den Anteil Marktware an der geernteten Knollenprobe hatte. Einzig die Standardsikkation lässt einen leichten Trend zu einem etwas höheren Marktwareanteil erkennen (Abbildung 6).



**Abbildung 6:** Vergleich des Anteils Marktware (Knollen mit 35 – 65 mm Durchmesser) an den Knollenproben zwischen den eingesetzten Krautminderungsverfahren über alle Standorte, Jahre und Sorten.

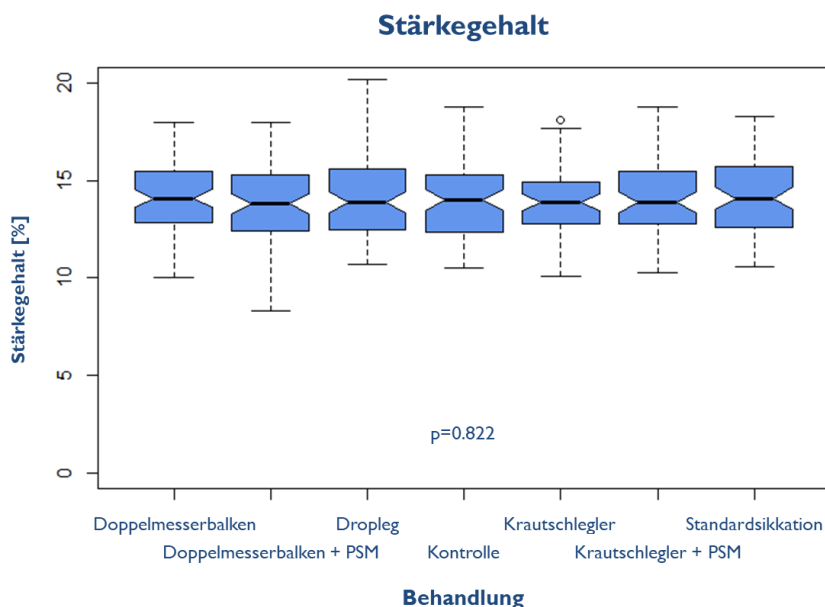
Den größten Einfluss auf den Anteil Marktware hatte nach univariater Varianzanalyse der Standort ( $p < 0,001$ ). Daneben zeigte die Sorte ebenfalls einen hoch signifikanten Einfluss ( $p = 0,007$ ). Die Einflüsse von Krautminderungsverfahren und Düngestufe waren nicht signifikant ( $p = 0,984$  bzw.  $p = 0,939$ ). Dies zeigt, dass eine rein mechanische Abreife keinen negativen Einfluss auf die Größensortierung hat. In Bezug auf Unter- und Übergrößen ( $< 28$  mm,  $28 - 35$  mm,  $> 65$  mm) zeigten jeweils Standort, Jahr und Sorte einen höchst signifikanten Einfluss ( $p < 0,001$ , bis auf den Faktor Jahr bei  $< 65$  mm ( $p = 0,005$ ) auf den Anteil der Knollen in diesen Kategorien, während Düngestufe und Krautminderungsverfahren keinerlei signifikanten Einfluss aufwiesen.

Den Stärkegehalt bzw. das Unterwassergewicht betreffend konnten ebenfalls höchst signifikante Einflüsse von Standort, Jahr und Sorte aufgedeckt werden ( $p < 0,001$ ). Hierbei hatte daneben auch die Düngestufe einen leicht signifikanten Einfluss ( $p = 0,065$ ), wobei die niedriger gedüngte Variante einen höheren Stärkegehalt auswies (Abbildung 7).



**Abbildung 7:** Vergleich des Einflusses verschiedener Faktoren wie Düngestufe, Versuchsjahr, Sorte und Standort auf den Stärkegehalt der untersuchten Knollenproben.

Der Einfluss des Krautminderungsverfahrens über beide Sorten, Düngestufen, Versuchsjahre und alle Standorte zeigte dagegen keinen signifikanten Einfluss ( $p = 0,822$ ) (Abbildung 8). Somit bietet die Wahl der Sorte und die Höhe des eingesetzten Stickstoffdüngers die größten Stellschrauben, um den Stärkegehalt der Kartoffelknollen zu erhöhen, wohingegen die Wahl des Krautminderungsverfahrens hier keinen sonderlich großen Faktor darstellt.



**Abbildung 8:** Vergleich des Stärkegehalts in den Knollenproben zwischen den eingesetzten Krautminderungsverfahren über alle Standorte, Sorten und Versuchsjahre.

Neben der Größensortierung und dem Stärkegehalt wurden im Labor auch der Anteil ergrünter Knollen, als Maß für die Auswirkung der Anzahl Radspuren im Bestand sowie der Anteil losschaliger Knollen, als Maß für den Sikkationserfolg im Hinblick auf Lagerfähigkeit untersucht. Zweites wurde nochmals durch eine Einlagerung der Knollenproben und eine Bonitur auf Fäulnis im Frühjahr gegengeprüft.

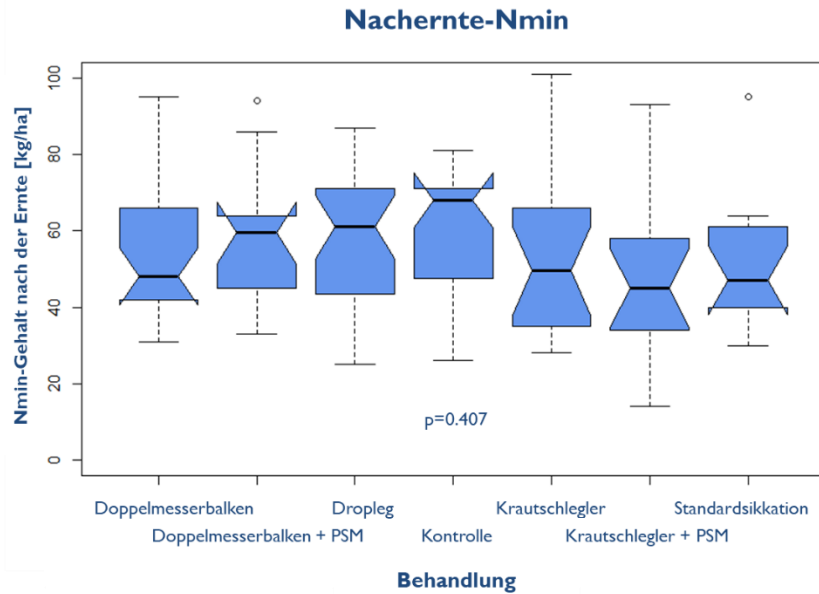
Der Anteil ergrünter Knollen wurde ähnlich dem Stärkegehalt vornehmlich vom Standort, der Sorten und dem Versuchsjahr beeinflusst (jeweils  $p < 0,000$ ). Die Wahl des Krautminderungsverfahrens zeigte hingegen keinen signifikanten Einfluss. Auch der Anteil losschaliger Knollen ist stark von Nebeneffekten beeinflusst. Sowohl Standort und Düngestufe, als auch die Sorte haben einen höchst signifikanten Einfluss auf die Schalenfestigkeit ( $p < 0,000$ ), während die Wahl der Krautminderungsmethode keinerlei Signifikanz aufweist ( $p = 0,448$ ). Diese Ergebnisse wurden auch durch die Bonitur fauler Knollen nach Lagerung im Frühjahr bestätigt. Während der Standort einen höchst signifikanten Einfluss hatte ( $p < 0,000$ ), war der Einfluss der Düngestufe nur unwesentlich geringer ( $p = 0,001$ ). Die Sorte zeigte nur einen schwach signifikanten Einfluss ( $p = 0,081$ ), während die Krautminderungsmethode keinerlei Signifikanz aufwies ( $p = 0,415$ ).

Somit lässt sich festhalten, dass die Krautminderungsverfahren deutliche Unterschiede in der Sikkationsleistung zeigen und sich sowohl die direkte Wirkung auf das Kartoffelkraut als auch die Nachhaltigkeit der Krautregulation deutlich unterscheiden. Bzgl. der Knollenqualität konnten keinerlei Unterschiede zwischen den Krautregulationsverfahren festgestellt werden, wodurch gezeigt werden konnte, dass die getesteten alternativen Ansätze keinen Nachteil gegenüber den Standardverfahren aufweisen. Dies wiederum lässt auf eine erfolgreiche Weiterentwicklung der neuen Ansätze schließen.

#### *3.1.1.3 Auswertung der Vor- und Nachernte $N_{min}$ -Werte*

Zum Vergleich der Krautminderungsverfahren hinsichtlich ihrer Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte, wurde der  $N_{min}$ -Gehalt zunächst vor dem Auspflanzen als Mischprobe der jeweiligen Versuchsflächen bestimmt. Dieser Wert schwankt zwischen 21 und 65 kg/ha  $N_{min}$  im Jahr 2021 und zwischen 17 und 124 kg/ha  $N_{min}$  im Jahr 2022.

Der Nachernte- $N_{min}$ -Gehalt wiederum hängt am stärksten von dem Vorernte- $N_{min}$ -Gehalt, dem Standort sowie von der Versuchssorte ab ( $p < 0,001$ ). Zu beachten ist dabei, dass der Vorernte- $N_{min}$ -Gehalt und der Standort stark korrelieren, da für jeden Standort nur ein  $N_{min}$ -Wert in Form einer Mischprobe gezogen wurde. Die Düngestufe hat einen schwach signifikanten Einfluss ( $p = 0,090$ ), während das Krautminderungsverfahren keinen signifikanten Einfluss auf den Nachernte- $N_{min}$ -Gehalt zeigt ( $p = 0,407$ ) (Abbildung 9).



**Abbildung 9:** Nachernte-N<sub>min</sub>-Gehalte getrennt nach Krautminderungsverfahren.

Berechnet man aus dem Vorernte-N<sub>min</sub>-Gehalt und der aufgedüngten Stickstoffmenge von 60 kg N bzw. 120 kg N die gesamte zur Verfügung stehende Stickstoffmenge, so zeigt sich, dass die Gesamt-N-Menge einen hoch signifikanten Einfluss auf den Sikkationserfolg ( $p = 0,009$ ), und den Anteil grüner Knollen ( $p = 0,009$ ) hat. Darüber hinaus hat die N-Menge einen höchst signifikanten Einfluss auf den Anteil losschaliger Knollen ( $p < 0,001$ ) und immerhin signifikante Auswirkungen auf den Anteil Marktware ( $p = 0,025$ ) und den Anteil fauler Knollen in der gelagerten Probe ( $p = 0,028$ ). Ein Einfluss auf den Stärkegehalt ist nur schwach signifikant nachweisbar ( $p = 0,083$ ).

### 3.1.2 Optimierung der Applikationstechnik mit Dropleg® (AP4)

In Arbeitspaket 4 wurden Exaktparzellenversuche mit zwei im Wuchs kontrastierenden Kartoffelsorten (Antonia und Bernina) an dem Versuchsstandort Groß-Gerau der Justus-Liebig-Universität-Gießen angelegt, um verschiedene Fragestellungen der Applikation von Pflanzenschutzmitteln mittels der Dropleg®-Technologie zu beantworten. Hierbei sollten im ersten Versuchsjahr die Standardapplikation von oben mit dem Applikationsverfahren Dropleg® (Horizontalapplikation) und der Kombination von Dropleg und Standarddüsen (Applikation von oben und horizontal) verglichen werden. Die Kombination der Standardbehandlung von oben mit der horizontalen Applikation der Dropleg® funktioniert so wie eine Dreidüsengabel. Untersuchungen von Agroscope, Schweiz zeigten bei dieser Düsenanordnung eine höhere Anlagerung an den Stängeln und Blattunterseiten der Kartoffeln.

Im zweiten Versuchsjahr sollte durch die zu erwartende bessere Benetzung der Stängel (basal, apikal) der Einfluss einer verringerter Wirkstoffmenge untersucht werden. Insbesondere die bessere Positionierung der Dropleg® im 75cm Abstand zur gezielteren Erfassung der Kartoffelpflanzen lässt ein großes Potential zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln erwarten. Durch die gezieltere Applikation auf die Stängel könnte auch eine Reduktion der Wirkstoffmenge möglich sein und würde neben einer verbesserten Wirksamkeit folglich auch zu einer verbesserten Nachhaltigkeit der chemischen Variante führen.

Zu diesem Zweck wurde die Pflanzenschutzspritze Typ Schmotzer Supermat des Feldversuchswesens der JLU-Gießen Station Groß-Gerau mit Dropleg<sup>®</sup> ausgestattet (Abbildung 10).



**Abbildung 10:** Dropleg<sup>UL</sup>-Anwendung in Kartoffeln (eigene Aufnahme)

Die nachfolgend aufgelisteten Varianten zur Optimierung der Applikationstechnik wurden orthogonal an einem Standort der JLU mit 2 Sorten in 2 Wiederholungen über 2 Jahre durchgeführt (Tabelle 2).

**Tabelle 6:** Varianten zum Test der besten Applikationsmethode im Versuchsjahr 2021

Versuchsjahr 2021		2 Sorten, 2 Wiederholungen		
Varianten		Bemerkungen	Spritze	Zielsetzung
1	Unbehandelt			
2	Standard Air-Injektor Flachstrahldüsen	IDKN 120-04	Schmotzer Applikation 26.8.21	- Sikkation mit Standarddüsen als Kontrolle
3	Dropleg <sup>UL</sup> 75 cm Abstand	2 x FT 140-03 Twincap	Schmotzer Applikation 26.8.21	- Optimierte Positionierung der Dropleg <sup>®</sup> im Abstand der Kartoffelreihen (75cm), horizontale Applikation
4	Dropleg <sup>UL</sup> 75cm Abstand in Kombination mit von oben applizierenden Flachstrahldüsen, ähnlich Dreidüsengabel	Oben IDK 120-015 2 x FT 140-02 in Twincap	Schmotzer Applikation 26.8.21	- Optimierte Applikation durch „Rundum“- Behandlung der Kartoffelpflanzen ca. 65 % horizontal und 35 % von oben appliziert



Als Sikkationsmittel wurde Quickdown® + Toil® gewählt, um eine zweite Applikation durchführen zu können, falls dieses nötig ist. Die Zulassungssituation von Shark® war bei der Planung der Versuche unsicher. Nach dem Einsatz von Quickdown® verbrennen die benetzten Pflanzenteile. Der Wirkstoff Pyraflufen wird zwar zügig aufgenommen, verteilt sich in der Pflanze jedoch relativ langsam. Das Mittel ist immer mit dem Additiv Toil® (2,0 l/ha) mit einer Wasseraufwandmenge von 300 bis 1000 l/ha auszubringen. Eine Splittinganwendung im Abstand von 4 bis 7 Tagen ist möglich. Die Anfangswirkung ist demnach langsam. Die Witterung war vom 1. April bis 30. August mit 15,8° Grad und 313 mm Niederschlag nicht außergewöhnlich. Fehlende Niederschläge wurden mittels Überkopfberegnung betriebsüblich auszugleichen versucht. Allerdings kam es doch zu einer schnellen Abreife des Kartoffelkrautes. Leider konnte die Sikkation erst sehr spät am 26.8.21 erfolgen. Organisatorisch war dieses wegen der Vielzahl der Versuchsstandorte nicht früher möglich. Das Kraut der Bernina war zum Zeitpunkt der Applikation schon stark abgestorben, so dass eine sinnvolle Auswertung nicht möglich war. Auch starb das Blattwerk der Antonia schnell ab.

Die geplanten Bonituren mussten den widrigen Umständen angepasst werden und so ist nur die Abschlussbonitur am 10.9.21 in der Sorte Antonia wert darzustellen (Tabelle 3).

**Tabelle 7:** Ergebnisse des Applikationsversuchs im Jahr 2021

	Variante	Stängel % Schädigung	Blätter % Schädigung	Wiederaustrieb % Pflanzen
1	Unbehandelt	30 % grüne Stängel	8 % grüne Blätter	0
2	Standard Air-Injektor Flachstrahldüsen	97	100	0
3	Dropleg® 75 cm Abstand	98,5	100	0
4	Dropleg® 75cm Abstand in Kombination mit von oben applizierenden Flachstrahldüsen, ähnlich Dreidüsengabel	95,5	99	0

Der Versuch zeigte trotz aller Widrigkeiten, dass die Dropleg® Applikation ein stärkeres Absterben des Stängels hervorrief als die anderen Varianten. Auch wurden die Blätter sehr gut abgetötet. Die Standardapplikation von oben erwies sich ebenfalls als sehr wirkungsstark. Die Stängel zeigten sich noch etwas grüner als die Dropleg® Applikation. Unerwartet, aber eindeutig schwächer erwies sich die Variante 4 die kombinierte Anwendung von oben und horizontal. Die Aufteilung der 400 l/ha Spritzbrühe lag bei 65 % horizontal und 35 % von oben. Hier könnte die geringe Wassermenge und die feine Tropfengröße der kleinen Düsen eine Rolle gespielt haben (Abbildung 11).



**Abbildung 11:** Ergebnisse des Applikationsversuchs im Jahr 2021 in Bildern (eigene Aufnahme)

Aus diesen Ergebnissen abgeleitet wurde im Jahr 2022 nur die Frage nach einer Mittelreduktion für die Dropleg<sup>UL</sup>-Anwendung geprüft. Der Vergleich von Dropleg<sup>UL</sup> versus Standarddüsen wurde in anderen Arbeitspaketen geprüft. Auch wurden an den Droplegs<sup>UL</sup> nun zwei Zungendüsen FT 140-04 montiert, um in einem optimaleren Druckbereich von 2,2 bar der Düsen zu arbeiten. Die Fahrgeschwindigkeit lag wiederum bei 5 km/h und 440 l/ha Spritzbrühe wurden ausgebracht. Als Sikkationsmittel kam Quickdown<sup>®</sup> + Toil<sup>®</sup> zur Anwendung. Die Aufwandmenge wurde mit 100 %, 75 % und 50 % der zugelassenen Menge in den drei Behandlungsvarianten angewendet (Tabelle 4). Die Versuche wurden auf die Sorte Antonia beschränkt, dafür wurden vier Wiederholungen appliziert. Auf eine zweite Düngungsvariante wurde aus Platzgründen ebenfalls verzichtet. Die Parzellen waren 9 m breit und 12 m lang. Die Witterung war von April bis September sehr trocken und deutlich zu warm. Die Durchschnittstemperatur lag in diesem Zeitraum bei 18,7° Celsius, während im Mai, Juli und August praktisch kein nennenswerter Niederschlag fiel. Insgesamt fielen 139 mm Niederschlag.

**Tabelle 8:** Varianten zum Test der besten Applikationsmenge im Versuchsjahr 2022

	Variante	Aufwandmenge l / ha	% der zugelassenen Aufwandmenge	Düsenbestückung Dropleg <sup>UL</sup>	Wasserauf- wandmenge
1	Unbehandelt				
2	Quickdown <sup>®</sup> + Toil <sup>®</sup>	0,8 + 2,0	100	Dropleg <sup>UL</sup> 2 x FT 140-04	440l/ha
3	Quickdown <sup>®</sup> + Toil <sup>®</sup>	0,6 + 1,5	75	Dropleg <sup>UL</sup> 2 x FT 140-04	440l/ha
4	Quickdown <sup>®</sup> + Toil <sup>®</sup>	0,4 + 1,0	50	Dropleg <sup>UL</sup> 2 x FT 140-04	440l/ha

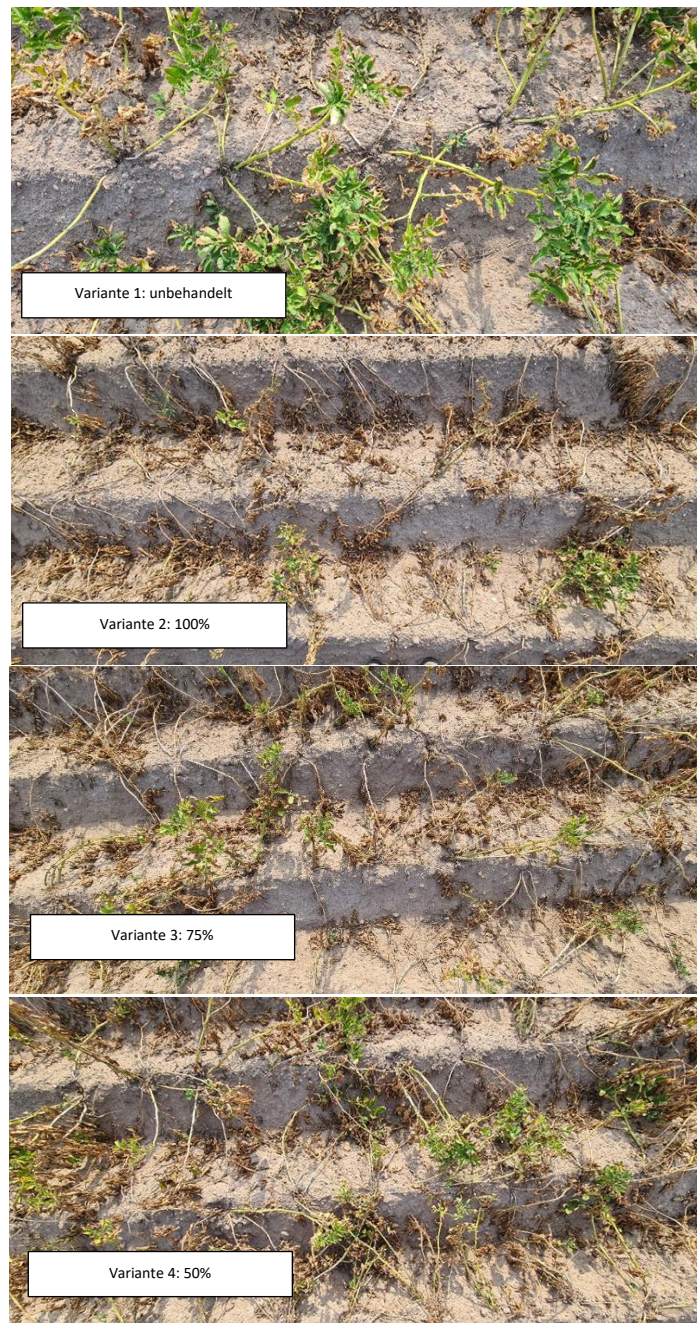
Zum Zeitpunkt der Applikation hatte das Kartoffelkraut eine Wuchshöhe von 45 cm und wies einen Bedeckungsgrad von 55% auf. Durchschnittlich waren 4,8 Stängel pro Pflanze zu zählen. Der Versuch wurde am 9.8.2022 mit 1,0 l/ha Shark<sup>®</sup> abgespritzt. Der Abstand zwischen erster Spritzung mit Quickdown<sup>®</sup> und zweiter Spritzung mit Shark<sup>®</sup> wurde bewusst lang gehalten, um die Wirkung der Erstbehandlung deutlicher werden zu lassen.

Das Kraut zeigte schnell nach der Anwendung eine deutliche Vergilbung bei allen Varianten. Am stärksten bei der vollen Aufwandmenge. Allerdings erwies sich die 75% Variante gerade im Stängel nur wenig schwächer. Auch waren an den Stängeln und Blättern deutliche dunkelbraune bis schwarze Nekrosen zu sehen. An den obersten Blättern nahm die Nekrotisierung sichtbar ab. Hier scheint weniger Spritzbelag hingekommen zu sein, denn bis zum Schluss zeigten sich einzelne Blätter an den Spitzen noch grün (Tabelle 5).

**Tabelle 9:** Ergebnisse des Applikationsversuchs im Jahr 2022

Variante	Aufwandmenge l/kg je ha	%	01.08.2022					08.08.2022		19.08.2022
			Deckungs- grad/ Wirkung WG	Wuchshöhe	Vergilbung in % grüne Blattmasse	Nekrosen Blatt in %	Nekrosen Stängel in %	Deckungs- grad/ Wirkung WG	Wuchshöhe	Deckungs- grad/ Wirkung WG
1) Unbehandelt			52%	41 cm	0	0	0	48%	20 cm	27%
2) Quickdown <sup>®</sup> + Toil <sup>®</sup>	0,8 + 2,0	100	52 WG		50	20	40	79 WG		92 WG
3) Quickdown <sup>®</sup> + Toil <sup>®</sup>	0,6 + 1,5	75	40 WG		33	15	35	45 WG		73 WG
4) Quickdown <sup>®</sup> + Toil <sup>®</sup>	0,4 + 1,0	50	33 WG		30	13	20	38 WG		66 WG

Ab der zweiten Bonitur wurde auf Grund des zunehmenden Absterbeprozesses auf eine detaillierte Auswertung nach Stängel- und Blattnekrosen verzichtet. Die Stängel und Blätter, die bei der ersten Bonitur Nekrosen aufwiesen, waren weitestgehend abgestorben. Anscheinend waren die übriggebliebenen Pflanzenteile unzureichend benetzt. Die Reduktion auf 75% der Aufwandmenge lag in ihrer Wirkung unter der vollen Aufwandmenge. Die halbe Aufwandmenge fiel deutlich ab. Ein engerer Spritzabstand hätte bei den reduzierten Varianten sicher noch Wirkungsverbesserungen erbracht. Gerade die 75 % Variante würde von engen, praxisnahen Spritzabständen profitieren. Aber auch die volle Quickdown<sup>®</sup> Aufwandmenge wies trotz Shark<sup>®</sup> Nachbehandlung mit 92% Wirkung noch grüne Pflanzenteile auf (Abbildung 12). Ein Wiederaustrieb wurde in keiner Variante beobachtet.



**Abbildung 12:** Aufnahmen der Parzellen aus dem Applikationsversuch zur möglichen Reduktion der Aufwandmenge im Jahr 2022 (eigene Aufnahme, aufgenommen am 19.08.2022).

Die Dropleg<sup>UL</sup>-Technologie eignet sich sehr gut zur Sikkation in Kartoffeln. Es zeigen sich Vorteile in der Benetzung der Stängel und des unteren Blattapparates. Daraus resultierten im ersten Versuchsjahr Wirkungsvorteile, welche man für eine Reduktion der Aufwandmengen nutzen kann. Hierbei scheint eine dezente Absenkung der Mittelaufwandmenge um 10 – 25 % möglich, wenn die Spritzabstände kurzgehalten werden. Zur Absicherung der Ergebnisse sind weitere Versuche notwendig. Auch scheint es notwendig, die Kombination von horizontaler Applikation mit Dropleg<sup>UL</sup> und vertikaler Applikation von oben nochmals in dichten Kartoffelbeständen zu prüfen und erschweren bzw. verzögern die geplante Erstellung einer allgemeingültigen Handlungsanweisung zum Einsatz der Dropleg-Düsen.

### 3.1.3 Technische Optimierung des Doppelmesserbalkens (AP5)

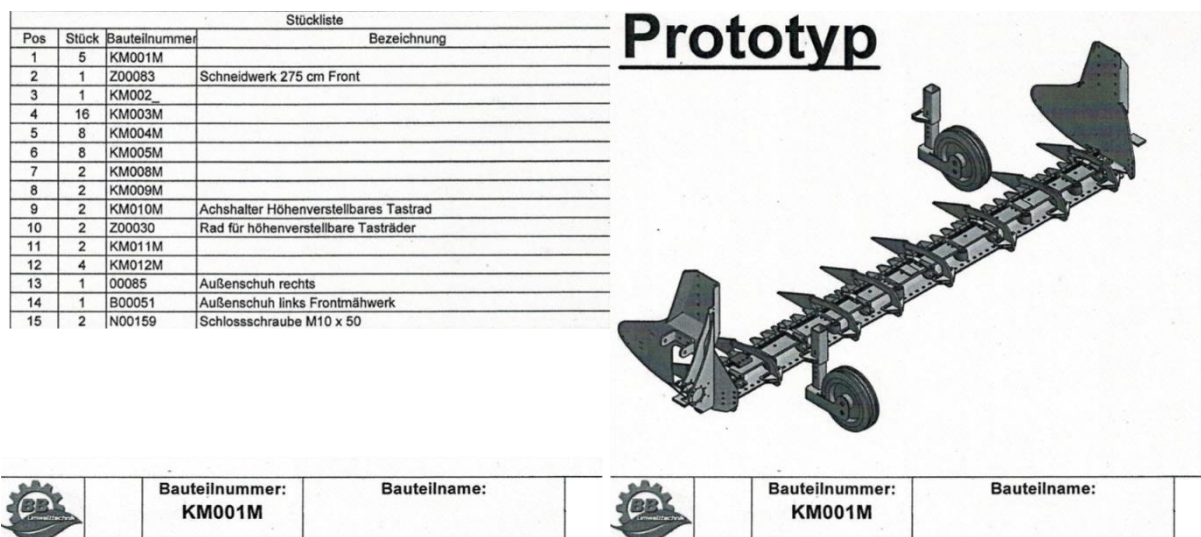
Wie bereits eingangs erwähnt ist der Einsatz eines Doppelmesser- bzw. Mähbalkens zur mechanischen Krautregulierung eine wichtige alternative Variante zur Verbesserung der Nachhaltigkeit des Kartoffelanbaus. Im Arbeitspaket 5 wurden aufgrund von Beobachtungen und Erfahrungen während des Einsatzes des Mähbalkens in einer Dammkultur, wie den Kartoffeln, technische Verbesserungen abgeleitet, um diese Technik für den routinemäßigen Praxiseinsatz zu verwenden. Diese technischen Optimierungen wurden in Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma (BB Umwelttechnik) erarbeitet und umgesetzt, wobei die Erfahrungen aus dem Einsatz in den Exakt- und Praxisversuchen die Grundlage bildeten.

Bereits in ersten Versuchsjahr zeigte sich beim Einsatz des Doppelmesserbalkens zur Krautregulierung, dass aufgrund der unterschiedlichen Pflanzenarchitektur der Kartoffelpflanzen eine Anhebung des Krautes vor dem Messerbalken sinnvoll wäre, um die Kartoffelpflanzen sauber an der Sprossbasis abzuschneiden. Zu diesem Zweck wurden dann in einem ersten Optimierungsschritt Krautheber entlang des Messerbalkens angebracht und erbrachten so den erwünschten Effekt (Abbildung 13).



**Abbildung 13:** Doppelmesserbalken des Landtechnikunternehmens BB-Umwelttechnik GmbH ausgestattet mit Krauthebern, um eine Aufnahme der liegenden Krautanteile zu ermöglichen sowie Schnittergebnis nach einer Überfahrt.

Weiterhin wurde beim Einsatz des Doppelmesserbalkens auf den verschiedenen landwirtschaftlichen Praxisbetrieben mit deren unterschiedlichen Boden- und Flächegegebenheiten deutlich, dass auch hinsichtlich der Schnitthöhenführung insbesondere bei größeren Arbeitsbreiten eine Optimierung notwendig ist. Die Schnitthöhenführung wurde mit Tasträdern in der Dammschleife realisiert und in Abbildung 14 ist die technische Zeichnung des Prototyps für die Zubehörliste des Messerbalkens beim Landtechnikhersteller BB-Umwelttechnik exemplarisch dargestellt und zeigt, dass seitens BB-Umwelttechnik diese Anpassungen in das Produktportfolio aufgenommen wurden.



**Abbildung 14:** Technische Zeichnung und Zubehörliste der Tasträder für den Doppelmesserbalken des Landtechnikunternehmens BB-Umwelttechnik GmbH.

Letzendlich zeigten sich die technischen Optimierungen als sinnvoll und verbesserten das Schnittergebnis des Messerbalkens und trugen dazu bei, dass die Krautregulierung mit einem Doppelmesserbalken vergleichbare Ergebnisse wie die Kontrollvariante mit dem Krautschlegler zeigte. Bei einem zukünftigen großflächigen Einsatz dieser Technik zeigen sich aber sicherlich noch Potentiale für weitere technische Optimierungen.

### 3.2 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Im vorliegenden Projekt sollten unterschiedliche Verfahren zur Vorerntekrautminderung im Kartoffelanbau auf ihre Praxistauglichkeit und Wirksamkeit zur vollständigen Seneszenzeinleitung verglichen werden. Der Vergleich neuer und innovativer Verfahren mit den derzeit standardmäßig eingesetzten Methoden hatte zum Ziel die Sikkation von Kartoffeln den aktuellen Anforderungen an Umwelt- und Klimaschutz anzupassen und so den Kartoffelanbau noch umweltverträglicher zu gestalten. Dafür wurden Droplegs<sup>UL</sup> getestet, mit denen eine deutliche Wirkstoffeinsparung und damit eine Entlastung der direkten Umwelt zu erwarten war. Darüber hinaus versprach der Einsatz der Dropleg<sup>UL</sup>-Düsen auch Schwächen und Nachteile einer standardmäßigen chemischen Sikkation mit Flachstrahldüsen, wie Abdrift der Wirkstoffe auf angrenzende Schläge mit anderen Kulturen und Applikation auf unbewachsene Bodenflächen zwischen den Kartoffelreihen, durch eine gezieltere Applikation minimieren zu können. Weiterhin sollte durch die technische Anpassung und eine Erprobung des bislang fast ausschließlich um Grünland eingesetzten Doppelmesserbalkens zur mechanischen Krautminderung in Kartoffeln untersucht werden. Hier stand die Alternative zum derzeit eingesetzten Krautschlegler im Mittelpunkt, da das herkömmliche Verfahren durch die geringe Arbeitsbreite und die nötige Drehzahl der Schlegel relativ zeit- und energieintensiv zu betreiben ist. Gleichzeitig stellt der Doppelmesserbalken im Vergleich zu anderen mechanischen Verfahren, bspw. Krautschlegler und elektrischer Spannung (Electroherb, Zasso GmbH), ein schonenderes Verfahren für die im Kartoffelbestand vorzufindenden Insekten und Wildtiere dar und adressiert somit die aktuell diskutierte Thematik eines bestäuber- und insektenfreundlichen Ackerbaus. Die Wirkung des Schleglers hingegen ist durch die Anpassung der Arbeitswerkzeuge an die Dammform sehr gut. Ein Solo-Einsatz der Schlegler, ohne nachträgliche chemische Sikkation, stellt sich jedoch generell als

recht schwierig dar. Nach bestem Wissen der Beteiligten der OG wurden beide genannten Verfahren noch nicht zur Vorerntekrautregulierung bei Kartoffeln eingesetzt und erprobt worden.

Die Ergebnisse des Innovationsvorhabens zeigen, dass sowohl die Dropleg<sup>UL</sup>-Düsen als auch der Doppelmesserbalken in ihrer Wirkung mit den zum Vergleich durchgeführten Standardverfahren vergleichbar sind. Darüber hinaus konnten die angedachten Vorteile gegenüber den Vergleichsverfahren bestätigt werden. Durch den Einsatz der Dropleg<sup>UL</sup>-Düsen konnte bei vergleichbarer Wirkung die Anzahl der Überfahrten halbiert werden und somit auch eine deutliche Pflanzenschutzmitteleinsparung erreicht werden. Mit einer zusätzlichen Reduzierung der Wirkstoffkonzentration konnte allerdings keine vergleichbare Wirkung erzielt werden. Der Einsatz des Doppelmesserbalkens verspricht ebenfalls eine vergleichbare Wirkung hinsichtlich der Krautminderung, wie der als Standard eingesetzte Krautschlegler. Hier sind allerdings noch weitere technische Anpassungen nötig, um ein ganzflächig einwandfreies Arbeitsergebnis zu erhalten.

Da es sich um gänzlich innovative Verfahren zur Krautminderung handelt und im Rahmen des Innovationsprojekts erste Tests durchgeführt wurden bzw. eine erste Auswertung stattfand, war nicht mit einem marktreifen Prototyp zu rechnen. Die Ergebnisse zeigen allerdings, dass die Ansätze durchaus vielversprechend sind, und daher auch von den beteiligten Partnern aus der Landtechnikindustrie weiterverfolgt werden. Wie bereits erwähnt, konnten jedoch alle förderpolitischen Ziele adressiert werden. Neben den bereits genannten Zielen wie Klima-, Umwelt- und Insektenschutz, sowie einer generellen Pflanzenschutzmitteleinsparung kann durch eine optimierte Anpassung der innovativen Krautminderungsverfahren auch der Kartoffelanbau in Hessen und darüber hinaus zukunftsfähig mitgestaltet werden. Hierdurch böte sich eine vertretbare Alternative, mit der einerseits die Qualität des Ernteprodukts sichergestellt werden kann, als auch die nötige Schlagkraft erhalten und damit die Rentabilität des Kartoffelanbaus unterstützt werden würde.

### 3.3 Erreichung der Ziele des Vorhabens

Die in der Vorhabenplanung formulierten Ziele konnten zur Zufriedenheit der OG-Mitglieder erreicht werden. Trotz der witterungs- und versuchstechnisch bedingten Widrigkeiten konnte in beiden Versuchsjahren erfolgreiche Feldversuche durchgeführt werden, die auswertbare Ergebnisse lieferten. Ausgefallene Feldversuche, außer dem ökologisch bewirtschafteten Standort, konnten durch die verbleibenden Standorte aufgefangen werden. Somit konnten beide alternativen Krautminderungsverfahren (Dropleg<sup>UL</sup> und Doppelmesserbalken) ausreichend getestet werden, um eine erste Einschätzung der Eignung in der Krautminderung von Kartoffeln abgegeben zu können. Der im Projektantrag festgelegte Zeitrahmen konnte effektiv genutzt werden, um alle geplanten Untersuchungen durchzuführen. Zu Bedauern ist der in beiden Versuchsjahren weggefallene Feldversuch auf dem ökologischen Standort. Dies war in beiden Jahren der ökologischen Bewirtschaftung geschuldet, da durch den fehlenden Einsatz von Pflanzenschutzmitteln der Blattapparat nicht ausreichend gegen Krautfäule (*Phytophthora infestans*) in 2021 bzw. gegen Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) in 2022 vorgegangen werden konnte, wodurch das Blattwerk für eine vergleichende Durchführung der Krautminderungsverfahren nicht mehr ausreichend intakt war. Allerdings lassen sich die Versuchsergebnisse aus den übrigen Feldversuchen sicherlich auch auf die ökologische Landwirtschaft übertragen. Nichtsdestotrotz konnten wertvolle Erkenntnisse erzielt werden, auf Basis derer eine weitere Entwicklung der alternativen Ansätze zur Krautminderung weiterentwickelt werden können.

## 4 Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung

### 4.1 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Im Rahmen des durchgeführten Innovationsprojekts konnten wertvolle Ergebnisse für die praktische Landwirtschaft und die Agrarindustrie gewonnen werden. Nicht nur die beteiligten Landtechnik-Unternehmen, sondern auch alle weiteren Firmen aus dem Landtechniksektor konnten durch die Versuche und die Veröffentlichung der Ergebnisse Erkenntnisse für die weitere Entwicklung alternativer Krautminderungsverfahren ableiten. Die Erkenntnisse beschränken sich hierbei auch nicht ausschließlich auf die Kartoffelbranche, sondern lassen sich auch auf weitere Kulturarten transferieren. Die Dropleg<sup>UL</sup>-Technologie ist im Agrarsektor schon hinreichend bekannt. Auch wurden bereits Versuche zur Krautfäulebehandlung mittels Dropleg<sup>UL</sup> durchgeführt. Eine generelle Funktionsfähigkeit war daher zu erwarten. Hinsichtlich der Sikkation wurden jedoch nach Wissen der OG vor diesem Projekt noch keine Versuche durchgeführt. Es ergab sich daher ein neuer Ansatz. Wie die Ergebnisse zeigen konnten, ist diese Technologie durchaus in der Lage den Blattapparat der Kartoffeln zu umgehen und so zu einer mit dem Standardverfahren vergleichbaren Wirkung zu führen. Der assoziierte Partner Lechler GmbH konnte durch die Erkenntnisse aus den durchgeführten Versuchen das Anwendungsgebiet der Dropleg<sup>UL</sup>-Technologie ausweiten und erste Ergebnisse zur optimalen Düsenauswahl gewinnen, die wiederum in der Beratung praktischer Landwirte angewendet werden können. Der vom OG-Mitglied BB Umwelttechnik GmbH hergestellte und vertriebene Doppelmesserbalken war ursprünglich ausschließlich für eine insektenschonende Mahd im Grünland gedacht. Erste Versuche zur Bekämpfung von überstehendem Unkraut in Zuckerrüben wurden nahezu zeitgleich mit dem vorliegenden Projekt durchgeführt, woraus ein Umbausatz für die technische Anpassung an den Einsatz in Zuckerrüben hervorgegangen ist. Durch die Versuche aus diesem Innovationsprojekt konnten auch wertvolle Erkenntnisse über den Einsatz des Doppelmesserbalkens zur Krautminderung in Kartoffeln erlangt werden, woraus wiederum erste technische Anpassungen hervorgegangen sind. Zwar sind noch weitere Anpassungen nötig um einen marktreifen Prototyp entwickeln zu können, allerdings konnte dieses Projekt die Basis für eine weitere Entwicklung dieser Technik bilden, was es dem Projektpartner BB Umwelttechnik GmbH ermöglicht daraus basierend an einer Weiterentwicklung zu arbeiten.

Für die praktische Landwirtschaft haben sich zwei neue Lösungsansätze für die teilweise sehr schwierige und aufwendige Krautminderung in Kartoffeln aufgetan. Durch die hier durchgeführten Versuche auf Praxisflächen konnten die alternativen Krautminderungsverfahren im praxisnahen Einsatz getestet werden. Hierdurch lassen auch praktische Anwendungsempfehlungen abgeben, die auf den Landwirtschaftsbetrieben direkt umgesetzt werden können. Die praxisnahe Versuchsdurchführung hat sich hierfür als großer Vorteil erwiesen. Nach weiterer technischer Optimierung der getesteten Krautminderungsalternativen können diese direkt in Kombination mit einer Anwendungsempfehlung auf den Praxisbetrieben zum Einsatz kommen.

### 4.2 (Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse

Die in diesem Projekt durchgeführten Versuche bzw. die zum jeweiligen Zeitpunkt bereits erzielten Ergebnisse wurden innerhalb der Projektlaufzeit im Rahmen von landwirtschaftlichen Veranstaltungen mehrfach dem Fachpublikum vorgestellt. Zunächst wurde im Juni 2022 im Zuge der Ökofeldtage auf



dem Gladbacherhof bei Villmar in Hessen am Stand der BB Umwelttechnik GmbH das Projekt in Form eines Posters vorgestellt. Interessierten Personen stand dabei konstant eine fachkundige Person zum Beantworten von Fragen zur Verfügung. Die Ökofeldtage boten als Messe für die gesamte ökologische Landwirtschaft eine hervorragende Plattform, um das Projekt einem vielseitigen Publikum aus praktischer Landwirtschaft, Forschung und Entwicklung, sowie der Landtechnikbranche vorzustellen.

Im November 2022 konnten dann die abschließenden Ergebnisse des Projekts auf Einladung des weltweit bekannten Landtechnikherstellers ROPA hin zu deren Fachtagung im Rahmen eines Fachvortrags vorgestellt werden. Hier bot sich die Möglichkeit das Innovationsprojekt einem Gesamtpublikum von ca. 1.300 Personen vorzustellen und über die Forschung und Entwicklung zu alternativen Krautminderungsverfahren zu informieren.

Auf Anfrage der DLG AgroFood Medien Redaktion im Mai 2023 wurde für die Fachzeitschrift „Kartoffelbau“ ein Bericht über das Innovationsprojekt „ZuNaMi“ erstellt und eingereicht. Zum Zeitpunkt des Erstellens des Schlussberichtes war der Artikel noch nicht erschienen. Der Artikel bietet aber bei der Veröffentlichung abermals die Möglichkeit eines Wissenstransfers hin zur breiten Kartoffelwirtschaft.

Wie bereits erwähnt ist auch die Weiterentwicklung der getesteten alternativen Krautminderungsverfahren hin zu verkaufsfähigen Produkten geplant. Die beteiligten Partner aus dem Landtechniksektor werden hierzu in der nächsten Zeit weitere Überlegungen anstellen.

#### 4.3 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Die nach Ablauf des Projekts noch vorhandenen Fragestellungen ergeben sich aus den noch nötigen technischen Anpassungen des Doppelmesserbalkens an die Anforderung der Krautminderung im Kartoffelanbau. Zwar konnten durch einige technische Maßnahmen während der zwei Versuchsjahre bereits gute Ergebnisse erzielt werden, allerdings sind weitere Umbaumaßnahmen nötig um ein noch besseres Arbeitsergebnis zu erzielen. Aus den Versuchen mit den Dropleg<sup>UL</sup> hat sich eine gute Einsetzbarkeit in Kartoffeln ergeben. Bzgl. der Krautminderung war die Sikkationsleistung vergleichbar mit dem der Standarddüsen mit zweifacher Behandlung. In den Versuchen hat sich lediglich gezeigt, dass noch Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Abdriftminimierung besteht. Die noch verbleibenden Fragestellungen beschränken sich somit auf den wirtschaftlich-technischen Bereich. Wissenschaftlich wären allenfalls weitere Versuche mit verbesserten Systemen nötig. Aus den in diesem Projekt durchgeführten Versuchen, ergaben sich direkt keine weiteren wissenschaftlichen Fragestellungen.

## 5 Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)

### 5.1 Gestaltung der Zusammenarbeit

Die OG im Projekt ZuNaMi setzte sich zusammen aus Vertretern der Wissenschaft, der Landtechnik, der landwirtschaftlichen Beratung, des Handels und der praktischen Landwirtschaft. Ebenfalls war ein ehemaliger Mitarbeiter eines Agrochemiekonzerns Mitglied der OG. Als Wissenschaftspartner war die Professur für Pflanzenzüchtung der Justus-Liebig-Universität beteiligt, sie übernahm die Aufgabe des Hauptverantwortlichen. Vertreter der Landtechnik waren das OG-Mitglied BB-Umwelttechnik GmbH sowie der Düsenhersteller Lechler GmbH als assoziiertes Mitglied. Die praktische Kartoffelwirtschaft wurde repräsentiert vom OG-Mitglied ResNaturae QSV GmbH sowie den praktischen landwirtschaftlichen Betrieben Erzeugergemeinschaft für Qualitätskartoffeln Hessen w. V., dem

Landwirtschaftlichen Betrieb Bernhard GbR und der Hessischen Staatsdomäne Gladbacherhof als ökologisch wirtschaftender Betrieb. Das OG-Mitglied Burkhardt Toews war als ehemaliger Mitarbeiter eines großen Agrochemiekonzerns für die Applikationsversuche zuständig. Als landwirtschaftliche Beratungs- und Dienstleistungseinrichtungen waren der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) und der Landesverband für landwirtschaftlich Fortbildung e.V. als OG-Mitglieder in das Projekt eingebunden.

Die Versuchsanstellung und Auswertung der Versuche aus Arbeitspaket 2 und 3 fand größtenteils durch Mitarbeiter der Professur für Pflanzenzüchtung statt. Hierzu gehören die Versuchsdurchführung auf den Feldversuchen sowie die Bonituren und Auswertungen der Ergebnisse aus den Versuchen. Die Versuchsanstellung sowie die -auswertung im Rahmen von Arbeitspaket 4 wurde von Herrn Burkhardt Toews übernommen. Herr Toews arbeitete für eine bestmögliche Durchführung der Versuche eng mit dem assoziierten Partner Lechler GmbH zusammen. Zur Versuchsplanung und Absprache der richtigen Düsenausstattung sowie den richtigen Geräteeinstellungen wurden hierfür mehrere Online-Meetings durchgeführt. Im Rahmen von Arbeitspaket 2 und 3 wurden fanden mehrere Gesprächstermine mit der Firma BB-Umwelttechnik sowie auch sämtlichen anderen Projektpartnern statt. Auch die praktischen Betriebe wurden bei den Meetings mit einbezogen um die grundlegende Anlage (Auspflanzen der Kartoffeln, Düngung der N-Düngestufen, sowie Pflege und abschließende Ernte) der Versuchsfläche zu besprechen, die von den Betrieben selbsttätig übernommen wurde.

Die OG traf sich darüber hinaus im Januar 2021 und 2022 für eine grundlegende Besprechung des Projekts, bei der es um die allgemeine Zusammenarbeit im Projekt ging. Bei diesen Treffen wurden ebenfalls geplante Versuche, bzw. erlangte Ergebnisse besprochen und ein weiteres Vorgehen diskutiert.

### 5.2 Mehrwert des Formats einer OG

Das Format der OG erlaubte die Kombination von Vertretern aus Wissenschaft, Landtechnik-Industrie, Beratung, Vertrieb und landwirtschaftlicher Praxis. Insbesondere die Einbindung von landwirtschaftlichen Praxisbetrieben und ehemaligen Mitarbeitern aus der Agrikulturchemie ist hier hervorzuheben, denn einerseits konnten dadurch die Ergebnisse der Forschungen in die landwirtschaftliche Praxis transferiert werden und andererseits durch die Fördermöglichkeiten die Strukturen im ländlichen Raum gestärkt werden. Durch die Treffen innerhalb der OG konnten auch immer themenübergreifende Fragestellungen diskutiert werden, so dass auch weitere Erkenntnisse aus der Wissenschaft in die Praxis gelangen konnten. Aber auch in umgekehrter Richtung konnten aus der landwirtschaftlichen Praxis Impulse in die Agrarforschung gelangen, um somit die Relevanz der angestellten Forschungen für die landwirtschaftliche Praxis zu bewerten. Insgesamt kann zusammengefasst werden, dass durch diese fruchtbare Zusammenarbeit das Vorhaben zufriedenstellend abgeschlossen werden konnte.

### 5.3 Weitere Zusammenarbeit

Grundsätzlich ist eine weitere Zusammenarbeit innerhalb der OG auch für zukünftige Projekte denkbar. Durch die gute und harmonische Zusammenarbeit sowohl innerhalb der OG, als auch mit den beteiligten Landwirten, verlief das Projekt durchweg positiv und lieferte belastbare Daten, die eine statistische Auswertung ermöglichten. Derzeit ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG jedoch nicht geplant. Dies ist vor allem darin begründet, dass zum jetzigen Zeitpunkt im Rahmen dieser

OG keine weiteren Versuche zu den vorgestellten Krautminderungsverfahren durchgeführt werden können, da zur Weiterentwicklung der alternativen Methoden zunächst einmal auf Seiten der Landtechnik die technische Optimierung der Verfahren auf Basis der in diesem Projekt erlangten Ergebnisse erfolgen müsste. Die hierfür nötige Planung und Konstruktion wird aber einige Zeit in Anspruch nehmen, sodass eine Weiterführung der Zusammenarbeit zu diesem Thema vorerst jedoch ausgesetzt werden sollte. Unabhängig von dem in diesem Projekt behandelten Thema wurde über eine weitere Zusammenarbeit der OG bereits gesprochen. Derzeit befinden die Mitglieder der OG sich jedoch noch in der Phase der Ideenfindung.

## 6 Verwendung der Zuwendung

Mit dem Zuwendungsbescheid wurden 344.680 Euro Zuwendung für das Vorhaben bewilligt, die auf die Arbeitspakete 1 bis 5 aufgeteilt waren. Die Gesamtausgaben und die zuwendungsfähigen Ausgaben (netto) zum Stand Einreichung des abschließenden Verwendungsnachweises können der folgenden Tabelle entnommen werden.

**Tabelle 6:** Gesamtausgaben und zuwendungsfähige Ausgaben, Stand Einreichung abschließender Verwendungsnachweis

	Gesamtausgaben	Zuwendungsfähige Ausgaben
AP 1 - Laufende Ausgaben	13.717,92 €	13.263,39 €
AP 2 - Exakt-Versuche	127.220,49 €	126.236,09 €
AP 3 - Feldversuche	38.574,21 €	37.607,30 €
AP 4 - Optimierung Applikationstechnik	9.279,71 €	8.935,20 €
AP 5 - Optimierung Schneidwerkzeug	41.710,99 €	38.327,47 €
<b>Gesamtsumme</b>	<b>230.503,32 €</b>	<b>224.369,45 €</b>

## 7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die getesteten neuen Krautminderungsverfahren (chemisch mit Dropleg, mechanisch mit Doppelmesserbalken, sowie der Kombination miteinander) zeigten untereinander zwar Unterschiede in der Sikkationsleistung, waren jedoch statistisch mit den Standardverfahren (chemisch mit Flachstrahldüsen und mechanisch mit Krautschlegler) vergleichbar. Bzgl. der Knollenqualität konnten keinerlei Unterschiede zwischen den Krautregulationsverfahren festgestellt werden, wodurch gezeigt werden konnte, dass die getesteten alternativen Ansätze keinen Nachteil gegenüber den Standardverfahren aufweisen. Darüber hinaus haben beide neun alternativen Verfahren einen ökonomischen Vorteil gegenüber den gängigen mechanischen/physikalischen Krautminderungsverfahren, der sich aus der größeren Arbeitsbreite ergibt. Diese Ergebnisse geben daher Anlass dazu die getesteten alternativen Verfahren weiterhin für die Krautminderung in Kartoffeln technisch zu optimieren und bieten zwei neue technische Lösungen für einen zukunftsfähigen und nachhaltigen Kartoffelanbau.

Insgesamt konnten alle geplanten Arbeitspakete planmäßig und zufriedenstellen abgeschlossen werden. Rückblickend wäre ggf. ein drittes Anbaujahr hilfreich gewesen, um aufgrund der schwierigen

und kontrastierenden Umweltbedingungen auch für den ökologischen Anbau tiefergehende Ergebnisse zu nachhaltigen Krautminderungsverfahren gewinnen zu können.

Abschließend ist zu sagen, dass die EIP-Förderung durch ihre Rahmenbedingen und die gewünschte Einbindung von landwirtschaftlichen Praxisbetrieben sehr gut geeignet die Lücken zwischen Wissenschaft und Praxis zu schließen. Hervorzuheben ist hier, dass dies aber kein einseitiger Wissenstransfer aus der Forschung in die Praxis ist, sondern vielmehr auch den landwirtschaftlichen Praxisbetrieben die Möglichkeit gegeben wird, die Relevanz der angestellten Forschung für die Praxis zu bewerten und zu kommunizieren. Der Ausbau der EIP-Agri Förderung ist zu befürworten, wobei darauf zu achten wäre, dass eine weitere Bürokratisierung bei der Antragstellung als auch bei der Projektdurchführung vermieden wird.

## 8 Literaturverzeichnis

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) (2019): Versuchsbericht 2018, Versuch zur Bewertung verschiedener Mittel zur Abreifebehandlung in Pflanz- und Speisekartoffeln.

Herausgeber: LTZ Augustenberg, Deutschland.

Rüegg J, Total R (2013): Dropleg<sup>UL</sup>-Applikationstechnik für zielgerichteten Pflanzenschutz in Reihenkulturen, Einführung und Hinweise für Produzenten und Berater. Herausgeber: Agroscope, Schweiz.