



HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Körnermaisanbau im Wasserschutzgebiet durch Unterstützung von
Hacktechnik**

Teil 1

im Studiengang Bachelor Landwirtschaft
an der Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur

Vorgelegt von:	Christian Debbeler	967116
	Laurens Fangmann	951769
	Hendrik Flessner	951786

Abgabedatum: 30.06.2022

Betreuende Dozentin/betreuender Dozent:	Prof. Dr. G. Recke
	Dr. T. Jorissen
	S. Becker

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens	2
2.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen	2
2.2 Einteilung der Wasserschutzzonen	3
2.3 Gute fachliche Praxis	5
2.4 Anforderungen an die Technik	7
3 Material und Methoden.....	9
3.1 Versuchsaufbau und Versuchsplanung	9
3.2 Eingesetzte Technik.....	10
3.3 Einsatz des Boniturrahmens	11
3.4 Kostenberechnung.....	12
4 Ergebnisse	14
4.1 Boniturergebnisse.....	14
4.2 Unterschiede in der Jugendentwicklung zwischen den Varianten.....	17
4.3 Analyse der Arbeitserledigungskosten	18
4.4 Analyse der Direktkosten	21
4.5 Gesamtergebnis der Arbeitserledigungskosten und Direktkosten	21
5 Diskussion	23
5.1 Ungenauigkeiten bei der Bandspritzung.....	23
5.2 Vor- und Nachteile zwischen dem kombinierten und absätzigen Verfahren	24
5.3 Kostenvergleich mit der Literatur	25

6 Zusammenfassung	28
7 Literaturverzeichnis.....	30
Anhang	34
<i>Anhang 1: KTBL-Tabelle zur Arbeitserledigungskosten</i>	<i>34</i>
<i>Anhang 2: Terminplan</i>	<i>35</i>
<i>Anhang 3: Kostkalkulation nach JÖRING et al. (2018)</i>	<i>36</i>
<i>Anhang 4: Protokolle</i>	<i>37</i>
Eidesstattliche Erklärung:	49

Abkürzungsverzeichnis

Abbildung	Abb
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft	BMEL
Bundesministerium für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit	BVL
Circa	ca
Europäische Union	EU
Quadratmeter	qm
Tabelle	Tab
Vergleiche	vgl

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einsatzzeitpunkte mechanischer Unkrautregulierungsmaßnahmen (MÜCKE 2019).....	6
Abbildung 2: Versuchsfläche mit Parzellenzuordnung.....	9
Abbildung 3: Eingesetzter Striegel.....	10
Abbildung 4: Eingesetzte Hacke	11
Abbildung 5: Eingesetzter Boniturrahmen	12
Abbildung 6: Unkrautbonitur der einzelnen Variante	14
Abbildung 7: Unkrautgröße bei der 2. Striegelmaßnahme.....	15
Abbildung 8: Unkraut nach der Striegelmaßnahme	15
Abbildung 9: Arbeitsergebnis Hacke	16
Abbildung 10: Maisbestand der mechanischen Variante 1 am 14.06.2022.....	18
Abbildung 11: Maisbestand der chemischen Variante 3 am 14.06.2022.....	18
Abbildung 12: Arbeitserledigungskosten alle drei Varianten.....	20
Abbildung 13: Direktkosten aller drei Varianten.....	21
Abbildung 14: Summe Feldarbeitserledigungskosten und Direktkosten.....	22
Abbildung 15: Spritzkegel der Bandspritzung im Versuch	24
Abbildung 16: Gesamtkostenkalkulation (JÖRING et al. 2018).....	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der erfolgreich behandelten Unkräuter.....	17
Tabelle 2: Arbeitserledigungskosten V1	19
Tabelle 3: Arbeitserledigungskosten V2	19
Tabelle 4: Arbeitserledigungskosten V3	20
Tabelle 5: Anzahl Unkräuter pro m ² an den einzelnen Boniturpunkten in der V2.....	23
Tabelle 6: Aufstellung der Arbeitserledigungskosten.....	34
Tabelle 7: Terminplan der erfolgten Maßnahmen.....	35

1 Einleitung

Grundwasser ist eine natürliche Ressource, welche für den Schutz der Ökosysteme und die Sicherstellung der Wasserversorgung flächendeckend geschützt werden muss. Ein wichtiger Aspekt ist die Vermeidung des Eintrags von Schadstoffen (Pflanzenschutzmitteln und deren Metaboliten) in das Grundwasser (BARUFKE et al. 2019). Gerade Herbizid-Wirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonylharnstoffe, sowie der Wirkstoff S-Metolachlor haben ein hohes Potenzial zur Auswaschung in das Grundwasser, besitzen aber gleichzeitig den höchsten Flächenanteil im Maisanbau (BVL o.J., GEIGES et al. 2008).

Laut BMEL (2021) kommt hinzu, dass die aktuell übliche Praxis der konventionellen Landwirtschaft, vor allem aus Gründen des Umweltschutzes, von Teilen der Bevölkerung hinterfragt wird. Diskussionen der EU-Kommission den Einsatz und das Risiko von chemischen Pflanzenschutzmitteln in der EU bis 2030 um die Hälfte zu reduzieren, zeigen, dass auch die Politik negative Umwelteinflüsse durch die Landwirtschaft verringern will (LEHMANN 2022). Der chemische Pflanzenschutz, insbesondere die Unkrautbekämpfung mit Herbiziden, steht im Zentrum dieses Spannungsfeldes. Nach MAUL (2001) liegt es nahe, auf alternative Unkrautbekämpfungsverfahren zurückzugreifen.

Alternativen zum Herbizideinsatz können eine reduzierte Anwendung durch eine Bandspritzung zusammen mit mechanischer Unkrautbekämpfung oder rein mechanische Maßnahmen sein. Während bei einer rein mechanischen Unkrautbekämpfung auf den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln verzichtet wird, können schon allein durch die Kombination aus Hacke und Bandspritzung in einer 75er Reihe 50 bis 65 % Pflanzenschutzmittel eingespart werden (AMAZONE o.J., HÖNER 2021).

Um diesen Thesen weiter nachzugehen, wurden auf einer Versuchsfläche drei Parzellen mit Körnermais angelegt, welche hinsichtlich des Pflanzenschutzes unterschiedlich behandelt wurden. Eine Parzelle wurde rein chemisch, eine zweite mechanisch und die dritte kombiniert in Form von Bandspritzung und mechanischen Pflanzenschutz behandelt. Im Folgenden werden alle drei Verfahren hinsichtlich des Erfolgs der Unkrautregulierungsmaßnahmen in Form einer Unkrautbonitur verglichen. Außerdem werden die drei Varianten mittels einer Kostenvergleichsrechnung in Bezug auf den Pflanzenschutz gegenübergestellt.

2 Stand des Wissens

2.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln unterliegt gesetzlichen Vorgaben. Insbesondere für Wasserschutz- und Wassereinzugsgebiete gibt es genaue Vorgaben für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Einige bestimmte Pflanzenschutzmittel sind in der Anwendung untersagt (BVL o. J.). Die gesetzlichen Vorgaben werden nach Abschnitt 11 §§ 57 – 62 PflSchG von Behörden aufgestellt, geregelt und überwacht.

Hierzu zählen das Julius-Kühn-Institut, das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit und in den Ländern, die nach Landesrecht zuständigen Stellen. Unter Beteiligung und Anordnungen dieser Behörden, sowie den Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse, stellt das BMEL Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz auf. So heißt es in § 3 Abs. 1 S. 3 PflSchG unter dem Titel „Gute fachliche Praxis und integrierter Pflanzenschutz“, dass Maßnahmen nur durchgeführt werden dürfen, wenn keine Gesundheitsgefährdung für Mensch, Tier und den Naturhaushalt einschließlich des Grundwassers entsteht.

Auf Grundlage dieser Aspekte gibt es für Wasserschutz- und Wassereinzugsgebiete besondere gesetzliche Rahmenbedingungen. In der Anwendungsbestimmung NG301-1 von 2018 heißt es, dass die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit dem Wirkstoff S-Metolachlor in ausgewiesenen Wasserschutzgebieten verboten ist (BVL o. J.). Dieser Wirkstoff wird im Mais-, Soja-, Rüben-, und Kürbisanbau verwendet (BARUFKE et al. 2019). Das Problem des Wirkstoffes sind die damit einhergehenden Metaboliten. Diese wirken toxisch und können gesundheitsgefährdend sein. Dabei unterscheidet man zwischen relevanten und nicht relevanten Metaboliten. Relevante Metaboliten sind toxisch und gesundheitsgefährdend. Hingegen sind nicht relevante Metaboliten nicht gesundheitsgefährdend, jedoch unerwünscht im Grund- und Trinkwasser (BERGMANN et al. 2014). Diese liegen aktuell in gesundheitlich vernachlässigbarer Konzentration vor, können aber bei steigender Konzentration gesundheitsgefährdend werden (MICHALSKI 2004). Nach RL 2006/118/EG dürfen für einen Einzelwirkstoff nicht 0,1 µg/l und in Summe nicht 0,5 µg/l überschritten werden (LAMPRECHT 2015). Diese Regelung gilt nicht für alle Wasserschutz- und Wassereinzugsgebiete, sondern nur für vom BVL ausgewiesene Gebiete, die diese Werte in der Vergangenheit schon einmal überschritten haben (BVL o. J.).

Eine weitere Einschränkung stellt die neue Anwendungsbeschränkung NG 362 für den Wirkstoff Terbuthylazin dar. Die NG 362 besagt, dass nur eine maximale Anwendung von 850 g/ha innerhalb eines Dreijahreszeitraums erlaubt ist (LWK o. J.). Der Wirkstoff Terbuthylazin ist in vielen Bodenwirksamen Herbiziden enthalten und grenzt die Produktauswahl im chemischen Pflanzenschutz drastisch ein (STROTMANN 2022).

2.2 Einteilung der Wasserschutzzonen

Wasserschutzgebiete dienen dem Schutz des Trinkwassers. Sie werden von den einzelnen Ländern auf Basis des vom Bund erlassenen Wasserhaushaltsgesetz (WHG) festgelegt. Damit ein Gebiet als Wasserschutzgebiet festgelegt werden darf, muss es eine oder mehrere Voraussetzungen aus §51 des WHG erfüllen. Nach §51 WHG gilt es Gewässer, die derzeit oder in Zukunft im Interesse der öffentlichen Wasserversorgung stehen, vor schädlichen Einwirkungen zu schützen. Auch das Anreichern des Grundwassers ist ein aufgeführter Grund. Zudem gilt es zu verhindern, dass durch Abschwemmung Bodenbestandteile, Dünge- und Pflanzenschutzmittel in ein Gewässer eingetragen werden (WHG 2021). Die Festlegung erfolgt durch eine Rechtsverordnung, welche das Schutzgebiet in einzelne Zonen einteilt.

Einzugsgebiete unter Siedlungs- und Verkehrsflächen sind nicht für die Grundwassergewinnung geeignet, weshalb die Einzugsgebiete sehr häufig unterhalb von land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen liegen (SCHEIDLER 2006).

Nach SCHEIDLER (2006) werden durch die Landwirtschaft Stoffeinträge von zum Beispiel Nitrat, Nitrit und Pflanzenschutzmitteln, sowie Schwermetallen verursacht. Bei der Festsetzung von Wasserschutzgebieten muss aber beachtet werden, dass auch die Interessen von Bewirtschaftern der betroffenen Flächen berücksichtigt werden. Eine strikte Trennung von Wassereinzugsgebieten und in Bewirtschaftung liegenden ist nicht möglich.

Nach §51 des WHG kann eine Landesregierung durch eine Rechtsverordnung Wasserschutzgebiete festsetzen, soweit es das Wohl der Allgemeinheit fordert. Für Niedersachsen ist dies im §91 vom Niedersächsischen Wassergesetz geregelt. Dementsprechend ist die Wasserbehörde für eine Festsetzung von Wasserschutzgebieten zuständig (NWG 2021).

Dabei wird das Gebiet in unterschiedliche Zonen unterteilt. Zone I auch Fassungsbe-
reich genannt, befindet sich direkt um den Brunnen (SCHEIDLER 2006). Laut ECKL (2010) dient dieser Bereich dem Schutz vor jeglicher Verunreinigung und ist durch

einen Radius von 10 Metern um den Brunnen definiert. Darauf folgt die Zone II, die engere Schutzzone. Diese dient zum Schutz vor hygienischer Belastung. Die Zone II ist nicht durch eine vorgegebene Größe in Metern festgelegt. Es wird hierbei vielmehr das Isochronenkonzept als Grundlage verwendet. Das bedeutet, dass die Größe und auch die Form dieser Zone hydraulisch über die Fließzeiten des Grundwassers zur Entnahmestelle festgelegt wird. Bei der engeren Schutzzone ist die Grenze für die Fließzeit des Grundwassers bis zur Entnahmestelle von 50 Tagen vorgegeben. Es umfasst den gesamten Bereich um den Brunnen, in dem das Grundwasser maximal 50 Tage benötigt, um bis zur Entnahmestelle zu gelangen (ECKL 2010).

Noch weiter von der Entnahmestelle entfernt liegt die weitere Schutzzone, Schutzzone III. Nach ECKL (2010) dient diese zum Schutz vor nicht oder nur schwer abbaubaren Verunreinigungen. Die Schutzzone umfasst das gesamte unterirdische und teilweise auch das oberirdische Einzugsgebiet. Die Schutzzone III wird häufig in IIIa und IIIb unterteilt. Wobei Zone IIIb weiter außerhalb liegt als Zone IIIa. SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (2006) gibt für die Zone IIIa einen Wert von 500 Tagen und für die Zone IIIb 2500 bis 3500 Tage Fließzeit bis zur Entnahmestelle an. Abgestuft nach den Schutzzonen können in den Schutzgebieten verschiedene Handlungen verboten oder eingeschränkt werden (SCHEIDLER 2006). Nach SCHEIDLER (2006) können das im Bereich der Landwirtschaft folgende Aspekte sein. Zum einen ein Verbot der Düngung mit Gülle oder anderen tierischen Wirtschaftsdüngern sowie ein Einsatz von mineralischen Stickstoffdüngern. Dieses ist vor allem im Bereich der I. und II. Zone üblich. In der weiteren Schutzzone kann das eingeschränkt gelten. Weiterhin ist eine Einschränkung des Pflanzenschutzes möglich, sodass im kompletten Schutzgebiet ein Verbot der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln oder bestimmter Wirkstoffe gelten kann. Zudem ist auch die Auflage einer ganzjährige Bodenbedeckung, in Form von Zwischenfrüchten auf den Flächen im Schutzgebiet möglich. SCHEIDLER (2006) weist darauf hin, dass Verbote und Auflagen nicht einfach übernommen werden können, sondern für jedes Gebiet einzelne Regelungen zu treffen sind.

2.3 Gute fachliche Praxis

Im § 17 Abs. 2 des Bundes – Bodenschutzgesetz wird die gute fachliche Praxis definiert. Die gute fachliche Praxis beschreibt eine standortangepasste Bodenbewirtschaftung. Dadurch soll eine nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit, sowie die Leistungsfähigkeit des Bodens gewährleistet werden. Zu den Grundsätzen zählen unter anderem eine standortangepasste Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung. Ein weiteres Ziel ist der Erhalt und die Verbesserung der Bodenstruktur. Bodenabträge durch Wind und Wasser sind durch verschiedene Maßnahmen zu verhindern (BBodSchG 2017). Nach § 2 Abs. 6 S. 2 Bundesnaturschutzgesetz hat der Einsatz und die Dokumentation der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln nach Vorgaben des Fachrechts zu erfolgen (BNatSchG 2021).

Mais ist in seiner Jugendentwicklung äußerst konkurrenzschwach. Die Unkrautregulierung ist deshalb entscheidend für einen hohen Ertrag. Laut BERGMANN et al. (2007) ist in der Landwirtschaft vor allem die chemische Unkrautregulierung das Standardverfahren. Das ist aber nicht die einzige Möglichkeit Unkraut im Maisanbau zu regulieren. Eine alternative bietet die mechanische Unkrautregulierung, mithilfe eines Striegels und einer Hacke. PICKERT (2000) empfiehlt einen möglichst frühen Herbizideinsatz im 3 - 6 Blatt Stadium, um Ertragsverluste zu verringern. Häufig wird eine Kombination aus Blattherbiziden und bodenwirksamen Herbiziden angewendet, um mit möglichst wenig Überfahrten die Unkräuter zu regulieren.

Eine Herbizidanwendung im Voraufbau mit einem Bodenherbizid gilt nicht als Teil der guten fachlichen Praxis. Dabei werden laut JÖRING et al. (2018) sehr hohe Aufwandmengen angewendet, ohne zu wissen, wie hoch der Unkrautdruck tatsächlich sein wird. Durch den Einsatz von Blattherbiziden nach dem Auflaufen der Unkräuter wird eine höhere Wirkungssicherheit erreicht. Die LfL (2022) empfiehlt für die meisten Herbizide oder Herbizid-Packs zur Unkraut- und Ungras Bekämpfung im Mais einen Einsatzzeitraum vom 2 - 6 Blatt Stadium. Nur vereinzelt gibt es für einzelne Herbizide Empfehlungen bis ins 8 Blatt Stadium.

Die mechanische Unkrautregulierung im Mais erfolgt durch den Einsatz von Striegel und Hacke. Laut MÜCKE (2019) ist es wichtig auf einen ebenen und gut rückverfestigten Acker zu achten und die Reihenabstände exakt einzuhalten. Der Einsatz eines Parallelfahrersystems bei der Aussaat erleichtert dies und ist auch für die späteren Hackvorgänge von Vorteil. Der Striegel ist vor allem im Voraufbau anzuwenden, wenn das Unkraut sich noch im Keimfadenstadium befindet. Diese werden beim Striegelvorgang

teilweise herausgerissen oder verschüttet (HEYER 2019). Nach Abbildung 1 kann drei bis vier Tage nach der Aussaat mit dem Blindstriegeln begonnen werden (MÜCKE 2019). Falls nötig kann auch noch ein zweites Mal mit dem Striegel gearbeitet werden, wenn der Mais noch nicht zu weit entwickelt ist. Zwischen EC 09 und EC 12 ist der Keimling sehr empfindlich und es sollte auf eine mechanische Unkrautregulierungsmaßnahme verzichtet werden (MÜCKE 2019).

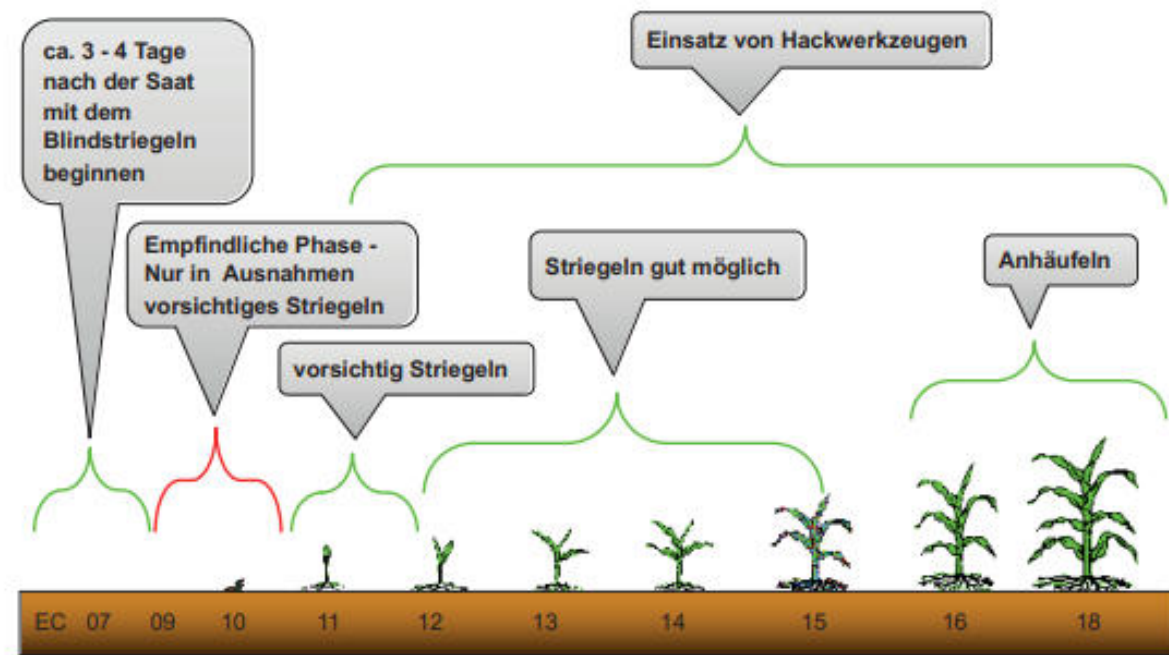


Abbildung 1: Einsatzzeitpunkte mechanischer Unkrautregulierungsmaßnahmen (MÜCKE 2019)

DIERAUER (2012) beschreibt, dass ab dem Zweiblattstadium im Mais der erste Hackdurchgang erfolgen kann. Hierbei ist zu beachten, dass Schutzbleche oder Scheiben am Arbeitsgerät montiert sind, um ein Verschütten der jungen Maispflanze zu verhindern (MÜCKE 2019). Laut HEYER (2019) ist neben dem Entwicklungsstadium des Maises aber vor allem auch der Entwicklungsstand der Unkräuter entscheidend. Bis zum Vierblattstadium der Unkräuter, werden diese sicher erfasst. Zur Unkrautbekämpfung in den Maisreihen kann eine Fingerhacke eingesetzt werden (DIERAUER 2012). Nach HEYER (2019) werden dabei Unkräuter bis zum Zweiblattstadium sicher erfasst. Neben passendem Arbeitsgerät ist die Witterung entscheidend. Trockene Witterung und Sonnenschein sind zu beachten. Ebenfalls zu empfehlen sind Feldarbeiten

während des Nachmittages, da der Mais dann elastischer ist und nicht so schnell Schaden durch die Maßnahme erleidet (DIERAUER 2012, HEYER 2019, MÜCKE 2019). Im kombinierten Verfahren wird eine Bandspritze zusammen mit einer Hacke eingesetzt. Das applizierte Band wirkt chemisch in der Reihe und bekämpft so die Unkräuter. Die Hacke arbeitet teilweise in der Reihe, allerdings ist die Bandspritzung dort deutlich effektiver. Wichtig ist auch hier, dass das Unkraut noch nicht zu sehr entwickelt ist (JÖRING et al. 2018). Da in diesem Verfahren nicht die ganze Fläche mit dem Herbizid behandelt wird, kann im Maisanbau bei einem Reihenabstand von 75cm zwischen 50 bis 65 % des Mittels eingespart werden (AMAZONE o.J., HÖNER (2021)). Beim kombinierten Verfahren kann es Probleme geben, da laut WEGENER (2020) die optimalen Einsatzbedingungen bei der Hacke und einer Pflanzenschutzmaßnahmen sehr verschieden sind. So wird am besten an warmen, windigen und trockenen Tagen gehackt. Der optimale Zeitpunkt für die Spritze ist allerdings an bedeckten und windstillen Tagen. Einige Systeme arbeiten getrennt voneinander. Zuerst erfolgt ein Hackdurchgang und in einer getrennten Überfahrt der Einsatz der Bandspritze.

2.4 Anforderungen an die Technik

Um möglichst früh im Mais hacken zu können, ist darauf zu achten bei der ersten Hackmaßnahme Schutzbleche zu verwenden, damit die jungen Maispflanzen nicht verschüttet werden. Bei späteren Durchfahrten kann auf die Schutzbleche verzichtet werden (DIERAUER 2012). Bei der mechanischen Unkrautbekämpfung besteht in der Reihe das Problem, das hier nur mit geringer Intensität der Hackwerkzeuge gearbeitet werden kann. Hierfür kann einerseits die Fingerhacke eingesetzt werden. Das Unkraut sollte dabei noch nicht zu weit entwickelt sein. Andererseits kann laut DIERAUER (2012) aber auch eine Rollhacke verwendet werden. Sie hat durch die hohe Fahrgeschwindigkeit eine gute Wirkung in der Reihe. MÜCKE (2019) beschreibt den Einsatz der Fingerhacke zum Arbeiten in der Reihe ebenfalls als effektiv. Problematisch ist dabei nur, dass die Einstellung der Fingerhacke sehr genau sein muss. Dadurch ist ein größerer Aufwand notwendig, um einen guten Erfolg in der Reihe zu gewährleisten und Kulturschäden zu vermeiden.

Sowohl MÜCKE (2019), als auch DIERAUER (2012) beschreiben den Einsatz von Geräten mit häufelnder, verschüttender Wirkung als sinnvoll. So kann zum einen eine Sternhacke eingesetzt werden. Im ersten Hackdurchgang wird diese so eingestellt, dass sie von der Reihe weg häufelt, um die Maispflanzen nicht zu verschütten. In

einem späteren Durchgang wird das Gerät eingestellt, dass es einen häufelnden Effekt zur Maisreihe hingibt. Laut MÜCKE (2019) können mit dem Anhäufeln gute Erfolge erzielt werden.

Ein weiterer Vorteil der mechanischen Unkrautbekämpfung ist die bessere Erwärmung des Bodens mit anschließender Nährstoffmobilisation. Auch HEYER (2019) beschreibt den positiven Effekt des Hackens. Es wird Stickstoff mineralisiert, verkrustete Böden werden aufgebrochen und der Sauerstoffaustausch der Wurzeln wird positiv beeinflusst.

Um möglichst effektiv und präzise arbeiten zu können, ist es sinnvoll auf eine Hacke mit Kameraführung zu setzen. Hierbei erkennt die Kamera die Kulturreihen und verschiebt die Hacke passend zu Maisreihe, damit der Mais nicht beschädigt wird. Dabei ist darauf zu achten, dass die Hacke auf den Maisleger von der Arbeitsbreite abgestimmt ist. Außerdem ist es von Vorteil, wenn ein GPS gesteuertes Lenksystem auf dem Traktor vorhanden ist. Das verhindert Fahrfehler, sowohl bei der Aussaat als auch beim Hacken (MÜCKE 2019).

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsaufbau und Versuchsplanung

Der Versuch fand im Rahmen des Experimentierfeld Agro-Nordwest in Zusammenarbeit mit dem Hof Langsenkamp und der Hochschule Osnabrück statt. Der Versuchsbetrieb Langsenkamp liegt in Belm nahe der Stadt Osnabrück. Die Betriebsschwerpunkte liegen in der Schweinemast, Pensionspferdehaltung und dem Ackerbau. Der Betrieb bewirtschaftet ca. 13 ha Grünland, 25 ha Körnermais und 32 ha Getreide. Die Versuchsfläche ist 6,2 ha groß und befindet sich unweit des Betriebes. Die vorliegende Bodenart ist ein lehmiger Sand (IS). Die Vorfrucht war Wintergerste, mit nachfolgender abfrierender Zwischenfrucht. Die Fläche wurde langjährig organisch gedüngt und pfluglos bearbeitet. Auf der Versuchsfläche wurden drei gleichgroße Parzellen angelegt (Abbildung 2). Jede Parzelle ist 328 m lang, 12 m breit und etwa 0,39 ha groß. Diese Parzellengröße ist abgestimmt mit den Arbeitsbreiten der darauffolgenden Arbeitsgänge. Folglich befinden sich in jeder Parzelle 16 Maisreihen bei einem Reihenabstand von 0,75 m. Zur Vermeidung von äußeren Effekten wurden Randbereiche und Vorgewende ausgeschlossen.

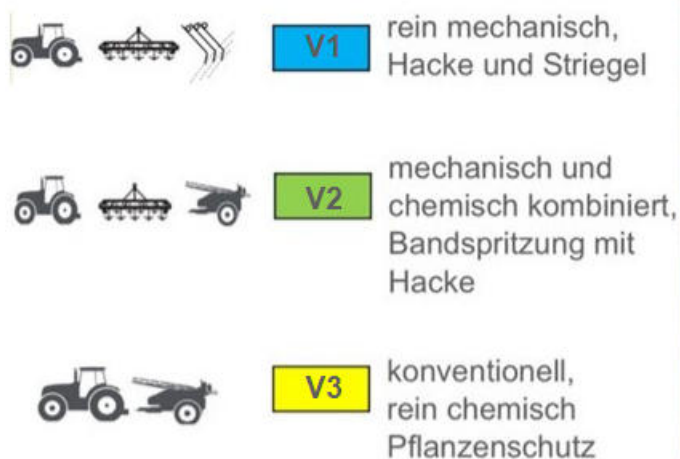


Abbildung 2: Versuchsfläche mit Parzellenzuordnung

In der ersten Variante (V1) wurde eine rein mechanische Unkrautbekämpfung mittels zweimaligem Striegeln und zweimaligem Hacken durchgeführt. In der zweiten Variante (V2) fand eine kombinierte Unkrautbekämpfung aus mechanischen und chemischen Verfahren statt. Es wurde zweimal gestriegelt und zweimal zwischen den Reihen gehackt. Zusätzlich wurde beim ersten Hackdurchgang eine Herbizidapplikation in der Reihe mittels Bandspritzung durchgeführt. Die dritte Variante (V3) wurde betriebsüblich, rein chemisch mit einer ganzflächigen Herbizidapplikation behandelt.

3.2 Eingesetzte Technik

Eingesetzt wurde ein Claas Arion 550 mit 150 PS Leistung. Der Traktor war mit einem RTK System ausgerüstet. Gelegt wurde der Mais mit einer Amazone Praecea, welche eine Arbeitsbreite von 3 m bzw. 4 Reihen hat. Als Striegel wurde ein Zinkenstriegel von Treffler mit 7,7 m Arbeitsbreite verwendet (Abbildung 3).



Abbildung 3: Eingesetzter Striegel

Zum Hacken kam eine 4-reihige Schmotzer Hacke zum Einsatz (Abbildung 4). Ausgestattet war die Maschine mit einer Culti Cam und einem Verschieberahmen. Die Kamera übernahm hierbei die Führung der Hackwerkzeuge. Diese erkennt die Maisreihe und führt so die Werkzeuge, ohne Maispflanzen zu beschädigen. Als Werkzeuge an der Hacke waren Gänsefußschare für die Bearbeitung zwischen den Reihen, sowie Fingerhacken für die Bearbeitung in der Reihe angebracht. Der chemische Pflanzenschutz wurde vom Lohnunternehmen Kreyenhagen aus Ostercappeln übernommen,

diese verwendeten für den chemischen Pflanzenschutz eine Amazone Pantera Pflanzenschutzspritze mit einer Gestängebreite von 24 m.



Abbildung 4: Eingesetzte Hacke

3.3 Einsatz des Boniturrahmens

Pro Versuchsparzelle wurden zufällig verteilt sechs Bonitурpunkte angelegt. Diese wurden mittels Markierungsstangen direkt auf dem Feld festgelegt. Außerdem wurden die Punkte mittels GPS-Daten noch zusätzlich festgelegt. Der Rahmen war 1 x 1 m groß, also genau 1 m² (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Der Rahmen wurde so angelegt, dass zwei Maisreihen erfasst wurden.



Abbildung 5: Eingesetzter Boniturrahmen

3.4 Kostenberechnung

Zur Ermittlung der Kosten wurde mit dem Feldarbeitsrechner vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) kalkuliert. Dieses System wurde gewählt, um ein geschlossenes Referenzsystem zu schaffen. In der Tabelle aus Anhang 1: KTBL-Tabelle zur Arbeitserledigungskosten lässt sich erkennen, dass die fixen Kosten für die Maschinenkosten aus Abschreibung, Zinskosten für das in der Maschine gebundene Kapital und sonstige Kosten bestehen. Die sonstigen Kosten bestehen aus Kosten für Unterbringung, Versicherung und Gebühren. Für die Berechnung dieser fixen Kosten wird eine jährliche Nutzung in Höhe der Auslastungsschwelle der jeweiligen Maschinen unterstellt. Die Betriebsstoff- und Reparaturkosten stellen die variablen Kosten dar. Hierbei sind Schmierstoffe in den Reparaturkosten enthalten und die Betriebsstoffkosten sind lediglich die Dieselskosten (KTBL 2022). Für die Dieselskosten wurde der Monatsdurchschnittspreis von Mai 2022 in Höhe von 2,00 €/l angenommen (STATISTA.COM 2022).

Der Arbeitszeitbedarf entspricht dem Gesamtarbeitszeitbedarf des jeweiligen Arbeitsverfahrens. Er stellt sich aus Hauptzeit, Wendezeit, Versorgungszeit, nicht vermeidbare Verlustzeit, Wartezeit, Wegezeit und Rüstzeit zusammen. So kann der

Gesamtzeitbedarf des Arbeitsverfahren in Akh/ha angegeben werden und mit der Annahme eines Stundenlohns von 21,00 € die Lohnkosten in €/ha errechnet werden (KTBL 2022). Die Flächenleistung ergibt sich aus Hauptzeit, Wendezeit, Versorgungszeit und nicht vermeidbare Verlustzeit. Für alle Teilarbeiten wurde immer mit einer Schlaggröße von 5 ha, einem leichten Bodenbearbeitungswiderstand, eine Hof-Feld-Entfernung von 2 km und einem 83 kW Schlepper kalkuliert.

Durch Addition von Lohnkosten in €/ha und die Summe der Maschinenkosten in €/ha können dann die Arbeitserledigungskosten der Teilarbeiten in €/ha errechnet werden. So ergeben sich für die Teilarbeit Striegeln, mit einer Arbeitsbreite von 7,50 m, Arbeitserledigungskosten in Höhe von 15,05 €/ha. Die Arbeitserledigungskosten mit einer vierreihigen Hacke belaufen sich auf 59,94 €/ha. Die höchsten Arbeitserledigungskosten hat die vierreihige Hacke, die zusätzlich mit einer Bandspritzung, Fronttank und einem Kamerasystem mit Verschieberahmen ausgestattet ist. Diese betragen 79,55 €/ha. Die Anbaupflanzenschutzspritze mit 24 m breitem Gestänge und 1500 l Fassungsvermögen hat Arbeitserledigungskosten von 10,48 €/ha und somit die geringsten Kosten pro ha. Dies lässt sich auf, die im Gegensatz zu den anderen Arbeitsgeräten, hohe Arbeitsbreite zurückführen.

Zu den Direktkosten zählen Kosten für Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmittel (SACHSEN.DE o. J.). In diesem Referenzsystem werden lediglich die Pflanzenschutzmittel in Betracht gezogen, da in allen drei Varianten die Kosten für Saatgut und Dünger gleichhoch sind und nicht dem Vergleich der Kosten für die Unkrautbekämpfung zuzuordnen sind.

4 Ergebnisse

4.1 Boniturergebnisse

Die Abbildung 6 zeigt die Boniturergebnisse der einzelnen Varianten an verschiedenen Zeitpunkten in Unkräuter pro m², sowie die vorgenommenen Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung. Variante eins stellt die rein mechanische Variante dar, Variante zwei die kombinierte aus mechanischer Unkrautbekämpfung und Bandspritzung und Variante drei, die rein chemische Variante.

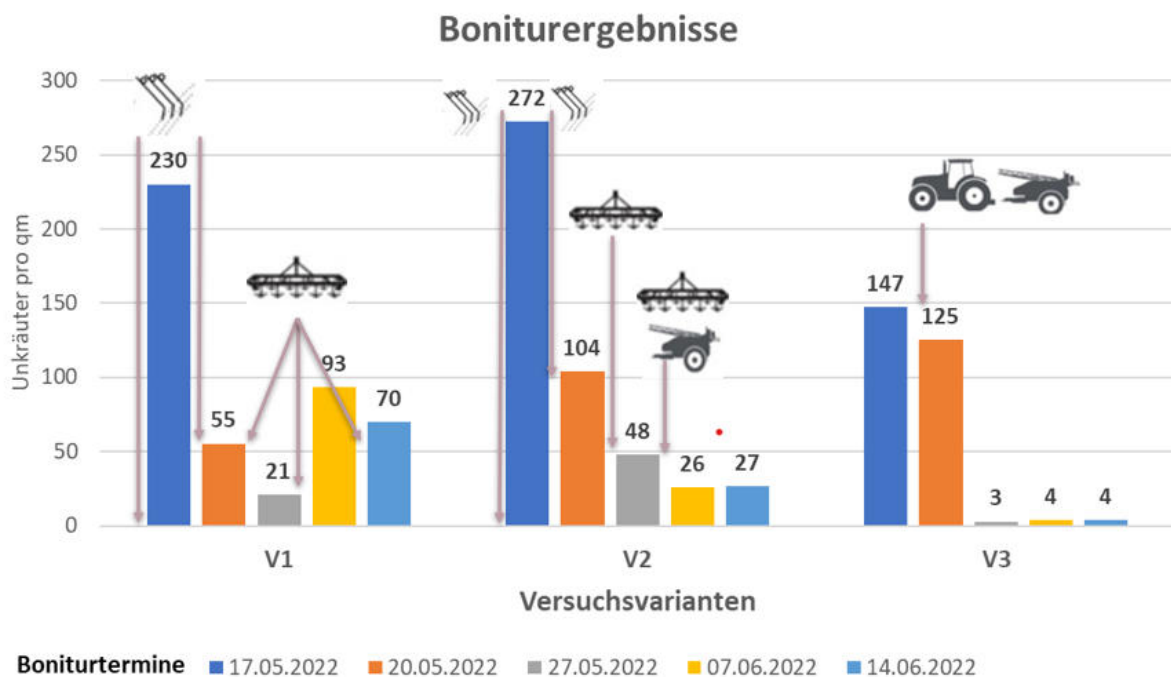


Abbildung 6: Unkrautbonitur der einzelnen Variante

Auffällig ist hierbei, dass durch das Blindstriegeln im Voraufbau in V1 und V2 die Anzahl der aufgelaufenen Unkräuter deutlich erhöht werden konnte. Diese wurden beim ersten Boniturtermin erfasst. In V1 konnte die Menge der aufgelaufenen Unkräuter pro qm gegenüber V3 um 56 % und in V2 sogar um 85 % gesteigert werden. Nach MÜCKE (2019) ist dies ein gewünschter Effekt, um durch anschließende Maßnahmen die aufgelaufenen Unkräuter gezielt bekämpfen zu können. In Abbildung 7 und Abbildung 8 sind ausgerissene Unkräuter im Faden- und Keimblattstadium zu sehen, welche durch die Striegelmaßnahmen ausgerissen und verschüttet wurde.



Abbildung 7: Unkrautgröße bei der 2. Striegelmaßnahme



Abbildung 8: Unkraut nach der Striegelmaßnahme

Der Erfolg der Striegelmaßnahme lässt sich auch in Abbildung 6 wiederfinden. Hier wird deutlich, dass die Zahl der Unkräuter durch die zweite Durchfahrt mit dem Striegel deutlich gesenkt werden konnte. Es zeigt sich zudem, dass durch die vorgenommenen Maßnahmen im Nachauflauf von V2 und V3 die Anzahl der Unkräuter jedes Mal verringert wurde. Der deutlichste Rückgang ist bei V3 nach der chemischen Pflanzenschutzmaßnahme zu erkennen, bei der eine Reduzierung der Unkräuter um 98 % kurz nach der Maßnahme erzielt wurde. Auch in V1 konnte zunächst die Zahl der Unkräuter durch einen Striegel- und einen Hackdurchgang erfolgreich reduziert werden. Hier verringerte sich die Anzahl von durchschnittlich 230 auf 21 Unkräutern pro m², also um 91 % (Abbildung 6, Abbildung 9). Nach dem zweiten Hackdurchgang erhöhte sich die Anzahl dann jedoch um mehr als das Vierfache. Die Zahl der Unkräuter pro m² stieg von 21 auf 93 an. Es handelte sich bei den Unkräutern vor allem um kleine, sich im Keimblattstadium befindliche Pflanzen. Daher ist anzunehmen, dass durch die entstandene Erdbewegung beim Hacken und die wechselhafte Witterung zu dieser Zeit neue Unkrautsamen zum Keimen angeregt wurden. In Folge dieser Entwicklung wurde in V1 eine dritte Hackmaßnahme eingeleitet. Anders, als in V1, ist diese Entwicklung

in V2 und V3 nicht zu erkennen. Hier konnte vermutlich durch das ausgebrachte Bodenherbizid die Zahl der Unkräuter auf einem konstant niedrigen Niveau gehalten werden. In der Abschlussbonitur zeigte sich, dass die in V1 neu aufgelaufenen Unkräuter durch den dritten Hackdurchgang von 93 auf 70 Unkräutern pro m² reduziert werden konnten.



Abbildung 9: Arbeitsergebnis Hacke

Die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die Reduzierung der Unkräuter zwischen der ersten Bonitur am 17.05.2022 und der fünften und gleichzeitigen Abschlussbonitur am 13.06.2022. In diesen Versuchsergebnis zeigt sich, dass V3 mit 97 % relativ die meisten Unkräuter bekämpft hat. Bei der Anzahl der absolut bekämpften Unkräuter hat diese Variante jedoch die geringste Anzahl an bekämpften Unkräutern vorzuweisen. In V1 und V2 zeigt sich hier der Effekt des Blindstriegelns, wodurch deutlich mehr Unkräuter aufgelaufen sind (Abbildung 6).

Auch der Effekt der Bandspritzung wird deutlich. Während in V1 nur 70% relativ und 160 Unkräuter absolut bekämpft wurden, schneidet die V2 mit der Kombination aus mechanischer Unkrautbekämpfung und Bandspritzung deutlich besser ab. Hier konnten 90% der Unkräuter relativ und mit 246 Unkräutern absolut die meisten Unkräuter

aller Varianten bekämpft werden. Das Verfahren zeichnet sich vor allem durch eine deutlich bessere Bekämpfung der Unkräuter in der Reihe, im Vergleich zur rein mechanischen Variante aus.

Tabelle 1: Ergebnisse der erfolgreich behandelten Unkräuter

	Erfolgreich behandelte Unkräuter absolut	Erfolgreich behandelte Unkräuter relativ in %
V1:	160	70
V2:	246	90
V3:	143	97

4.2 Unterschiede in der Jugendentwicklung zwischen den Varianten

Beobachtet wurde auch die Jugendentwicklung der Kulturpflanze in den einzelnen Varianten. Hier war vor allem auffällig, dass der Mais in V1 zum Zeitpunkt der Abschlussbonitur am 14.06.2022 deutlich besser entwickelt war als V2 und V3. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist V3 zu sehen. Hier ist der Mais um etwa 15 cm kleiner als in der Vergleichsvariante 1 (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Sehr deutlich wurde auch, dass der Mais in V1 sich zu diesem Zeitpunkt kurz vor dem Reihenschluss befand, während der Mais in V3 von diesem Stadium noch einige Tage entfernt war.

In V2 waren diese Effekte zwar auch zu sehen, jedoch fielen sie hier nicht so deutlich aus, wie in den rein chemisch und rein mechanisch behandelten Varianten. Laut GERHARDS (2020) kann hierfür die Metabolisierung des Herbizides durch die Kulturpflanze verantwortlich sein.

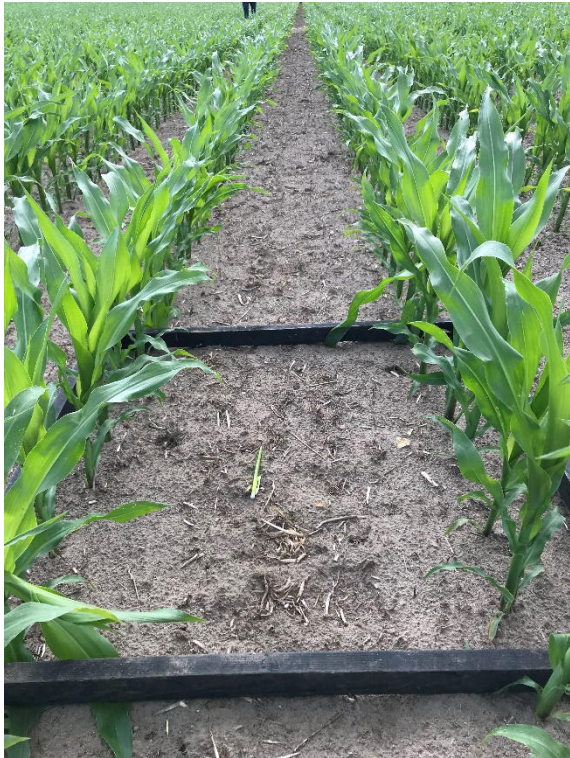


Abbildung 11: Maisbestand der chemischen Variante 3 am 14.06.2022



Abbildung 10: Maisbestand der mechanischen Variante 1 am 14.06.2022

4.3 Analyse der Arbeitserledigungskosten

Die Arbeitserledigungskosten stellen die Maßnahmen dar, die in den einzelnen Versuchspartzen durchgeföhrt wurden. Zur Berechnung wurden die Annahmen aus dem Kapitel 3 Material und Methoden auf Grundlage von KTBL angenommen.

In Tabelle 2 sind die einzelnen Arbeitserledigungskosten dargestellt. In V1 wurde rein mechanisch gearbeitet, sodass nur Kosten für das Striegeln und Hacken anfallen. Es wurde zweimal gestriegelt, so ergeben sich für diese Maßnahme insgesamt Arbeitserledigungskosten von 30,10 €/ha. Außerdem wurde noch dreimal gehackt, sodass sich hierfür insgesamt 179,82 €/ha anrechnen lassen. In Summe ergeben sich somit in V1 209,92 € Arbeitserledigungskosten.

Tabelle 2: Arbeitserledigungskosten V1

Maßnahme	Kosten	V1: mechanische Unkrautbekämpfung	
		Anzahl	Gesamtkosten [€/ha]
Striegeln	15,05 €	2	30,10
Hacken	59,94 €	3	179,82
Hacken + Bandspritzung	79,55 €	0	0,00
chem. Komplettapplikation	10,48 €	0	0,00
Summe Arbeitserledigungskosten			209,92
		€	

In V2 wurde ebenfalls wie in V1 zweimal zu Beginn gestriegelt. Somit fielen ebenfalls Arbeitserledigungskosten von 30,10 €/ha für das Striegeln an. Gegensätzlich zu V1, wurde in V2 nur einmal ohne Bandspritzung mit 59,94 €/ha gehackt (Tabelle 3). Der zweite Hackdurchgang erfolgte in Kombination mit der Bandspritzung. Hier ergeben sich Arbeitserledigungskosten von 79,55 €/ha. In Summe lassen sich für die kombinierte Variante mit Bandspritzung Arbeitserledigungskosten von 169,59 €/ha festhalten und somit 40,33 €/ha weniger als in V1.

Tabelle 3: Arbeitserledigungskosten V2

Maßnahme	Kosten	V2: Bandspritzung + mech. Unkrautbekämpfung	
		Anzahl	Gesamtkosten [€/ha]
Striegeln	15,05 €	2	30,10
Hacken	59,94 €	1	59,94
Hacken + Bandspritzung	79,55 €	1	79,55
chem. Komplettapplikation	10,48 €	0	0,00
Summe Arbeitserledigungskosten			169,59 €

V3 wurde weder gestriegelt noch gehackt. Somit lassen sich für die V3 nur Arbeitserledigungskosten für die chemische Komplettapplikation mit der Pflanzenschutzspritze in Höhe von 10,48 €/ha festhalten. Da für die erfolgreiche Unkrautbekämpfung nur eine Überfahrt erforderlich war, entsprechen die Kosten von 10,48 €/ha für die chemische Komplettapplikation auch die Summe der Arbeitserledigungskosten für V3 (Tabelle 4).

Tabelle 4: Arbeitserledigungskosten V3

Maßnahme	Kosten	V3: konventioneller Pflanzenschutz	
		Anzahl	Gesamtkosten [€/ha]
Striegeln	15,05 €	0	0,00
Hacken	59,94 €	0	0,00
Hacken + Bandspritzung	79,55 €	0	0,00
chem. Komplettapplikation	10,48 €	1	10,48
Summe Arbeitserledigungskosten			10,48 €

In Abbildung 12 werden nun alle drei Varianten in den Arbeitserledigungskosten gegenübergestellt. Es lässt sich erkennen, dass V1 die höchsten Kosten mit 209,92 €/ha hat. Kostengünstiger ist die Variante 2 mit 169,59 €/ha. Ein großen Kostenunterschied stellt die Variante 3 dar. Sie hat mit 10,48 €/ha die geringsten Kosten, da nur eine Überfahrt mit der Pflanzenschutzspritze erfolgte. Außerdem lassen sich die geringen Kosten vorwiegend auf die hohe Flächenleistung aufgrund der höheren Arbeitsbreite zurückführen.

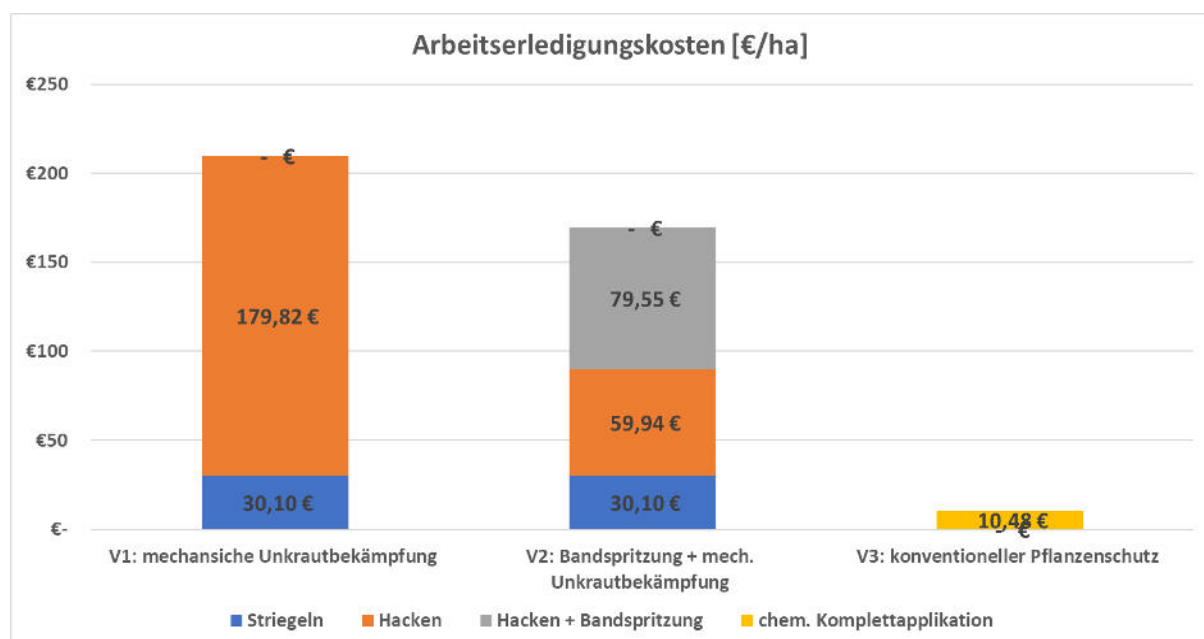


Abbildung 12: Arbeitserledigungskosten alle drei Varianten

4.4 Analyse der Direktkosten

In V1 sind keine Direktkosten zu berechnen. In Abbildung 13 lässt sich erkennen, dass in V2 und V3 Direktkosten anfallen. Die Direktkosten in V2 entsprechen 35% der Direktkosten aus V3. In beiden Varianten wurde das gleiche Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Jedoch kann durch die Bandspritzung 65 % Pflanzenschutzmittel eingespart werden (siehe 2.3 Gute fachliche Praxis). Somit fallen hier Direktkosten in Höhe von 25,97 €/ha an, die sich aus 0,7 l/ha Laudis und 0,7 l/ha Spektrum Gold ergeben. In V3 sind die Direktkosten mit dem Laudis Spektrum Gold Pack in vollem Umfang mit 2,0 l/ha Laudis und 2,0 l/ha Spektrum Gold in Höhe von 74,20 €/ha anzurechnen. Dadurch hat der konventionelle Pflanzenschutz die höchsten Direktkosten.

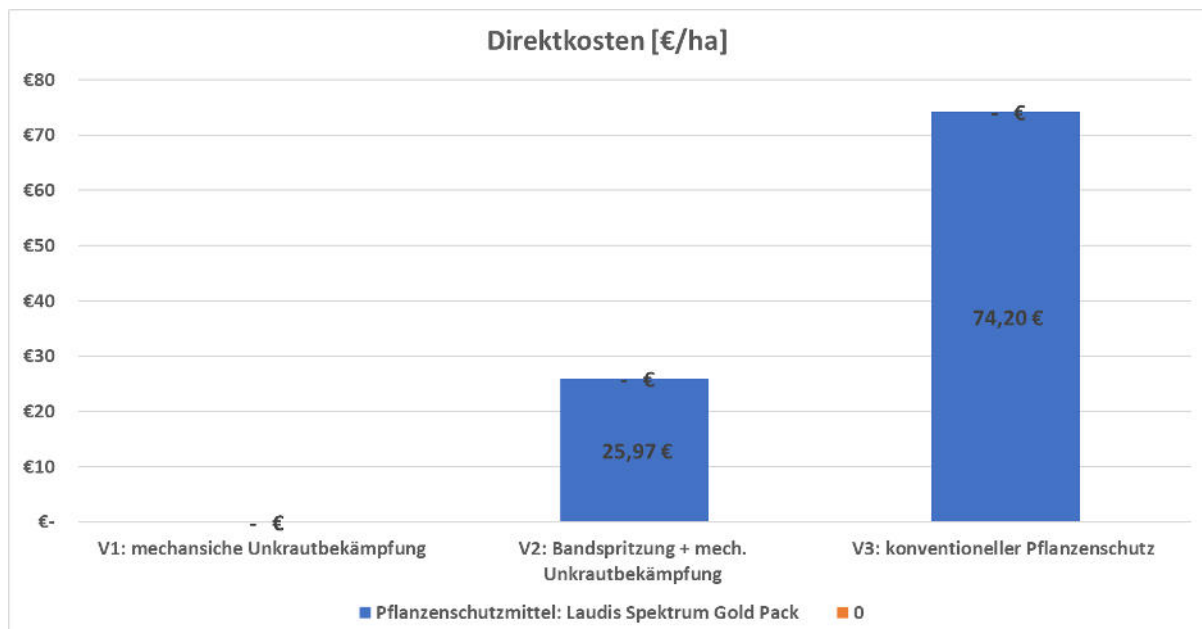


Abbildung 13: Direktkosten aller drei Varianten

4.5 Gesamtergebnis der Arbeitserledigungskosten und Direktkosten

In Abbildung 14 ist die Summe aus Arbeitserledigungskosten und Direktkosten dargestellt. In V1 fallen dabei mit 209,92 €/ha die höchsten Kosten für die Unkrautbekämpfung an, obwohl keine Direktkosten entstehen. Bei einer Pflanzenschutzmittlersparnis von 65 % in V2 ergeben sich in Summe aus Arbeitserledigungskosten und Direktkosten insgesamt 195,56 €/ha. Somit hat V2 um 14,36 €/ha geringere Kosten als V1. In V3 kostet die Unkrautbekämpfung insgesamt 84,68 €/ha und stellt somit das Verfahren mit den geringsten Kosten dar.

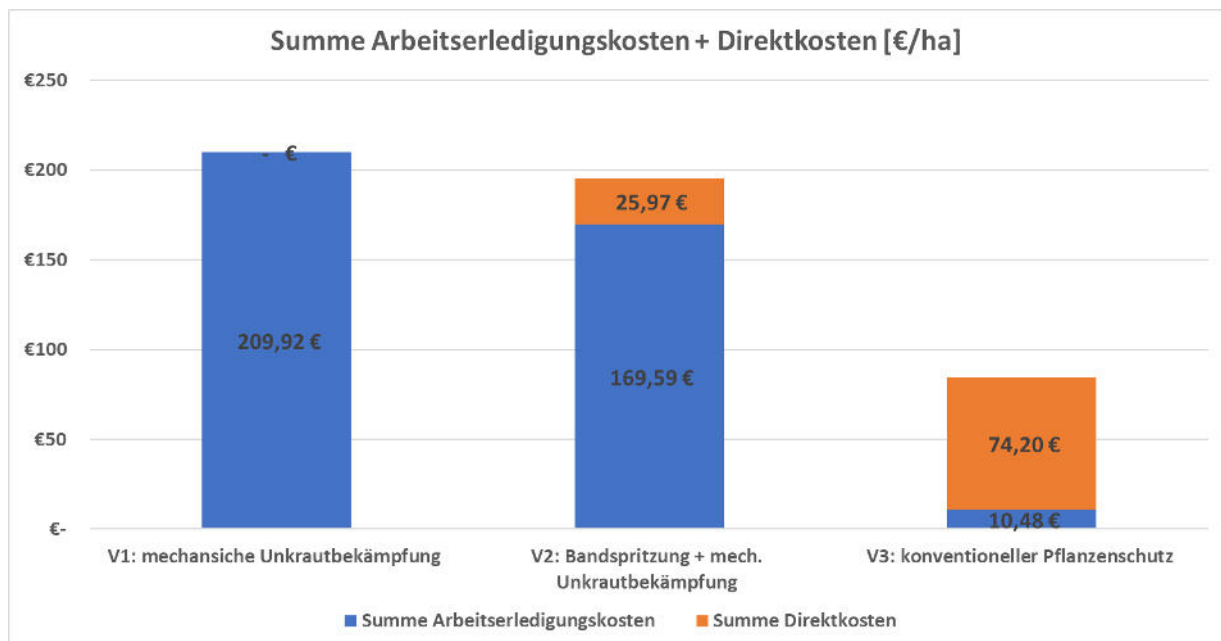


Abbildung 14: Summe Feldarbeitserledigungskosten und Direktkosten

5 Diskussion

5.1 Ungenauigkeiten bei der Bandspritzung

Die Tabelle 5 zeigt die Unterschiede zwischen den einzelnen Bonitурpunkten in V2. Sehr auffällig ist, dass an den Bonitурpunkten V2/1 und V2/6 die Anzahl der Unkräuter deutlich höher ist als an den anderen Punkten. Diese liegen mit 90 und 40 Unkräutern pro m² zudem deutlich über dem Parzellendurchschnitt von 27 Unkräutern pro m² (Abbildung 6).

Tabelle 5: Anzahl Unkräuter pro m² an den einzelnen Bonitурpunkten in der V2

Bonitурpunkte	Anzahl Unkräuter pro m ²
V2/1	90
V2/2	5
V2/3	8
V2/4	9
V2/5	7
V2/6	40

Durch Beobachtungen und Aufnahmen während der Bandspritzung werden Gründe für diese Unterschiede deutlich. In Abbildung 15 ist das Gestänge der Pflanzenschutzspritze während der Bandspritzung zu sehen. Es ist zu erkennen, dass sich der Spritzkegel der Düse nicht mittig über der Maisreihe befindet.

Da hier die Spritzbrühe nach rechts versetzt zur Reihe appliziert wird, werden die Unkräuter am Zielort weitestgehend verfehlt. In Verbindung mit der hohen Varianz der einzelnen Bonitурpunkte in Tabelle 5, lässt dies darauf schließen, dass die Applikation des Herbizidbandes an den Bonitурpunkten V2/1 und V2/6 ungenau war.

Wird nun ergänzend die verwendete Technik betrachtet, fällt auf, dass die Pflanzenschutzspritze ohne Lenksystem ausgestattet war. Dadurch sind Ungenauigkeiten in der Fahrspur nicht auszuschließen. Um hier ein besseres Arbeitsergebnis zu erzielen, wäre ein GPS gestütztes Lenksystem auf RTK-Basis eine Möglichkeit, die Applikationsgenauigkeit zu erhöhen (HÖNER 2021).



Abbildung 15: Spritzkegel der Bandspritzung im Versuch

5.2 Vor- und Nachteile zwischen dem kombinierten und absätzigen Verfahren

Bei der zuvor erwähnten Applikationsgenauigkeit der Bandspritzung hat das kombinierte Verfahren mit einer integrierten Bandspritzung an der der Hacke seine Vorteile. Da Spritzdüsen und Hackwerkzeuge an einem Gerät verbaut sind, ist eine feinere und genauere Abstimmung möglich. So kann sicher gegangen werden, dass auf jedem Teil der bearbeiteten Fläche entweder Herbizid appliziert wurde oder eine mechanische Unkrautbekämpfung stattgefunden hat. Durch die genauere Abstimmung der Arbeitsgeräte ist es vor allem bei einem kamerageführtem Gerät mit Verschieberahmen möglich, das applizierte Herbizidband in der Breite noch weiter zu verringern (KIEFER 2022). Während im absätzigen Verfahren oftmals mit einem Herbizidband von etwa 30 - 40 cm breite gearbeitet wird, sind im kombinierten Verfahren auch 20 cm Herbizidband denkbar. Dies liegt vor allem an den geringeren Ungenauigkeiten, weshalb der Sicherheitspuffer geringer ausfallen kann. Ein RTK-Lenksystem kann dieses zudem weiter unterstützen. So kann zusätzlich Pflanzenschutzmittel eingespart werden (KIEFER 2022).

Werden allerdings das absätziges und das kombinierte Verfahren bezüglich der Einsatzfenster und der Schlagkraft miteinander verglichen, liegt das absätziges Verfahren deutlich im Vorteil. Da die idealen Einsatzzeitpunkte der Hacke in Kontrast zu den Einsatzzeitpunkten der Pflanzenschutzspritze stehen, ist eine Verfahrenstrennung sinnvoll. So können das Hacken und die Bandspritzung zum jeweils optimalen Zeitpunkt getrennt voneinander durchgeführt werden (WEGENER 2021). Des Weiteren sind laut JÖRING et al. (2018) die engen Zeitfenster beim Hacken problematisch. Gerade zur letzten Maßnahme muss oftmals innerhalb kürzester Zeit viel Fläche bearbeitet werden. Dieses ist nur durch eine hohe Schlagkraft zu realisieren, welche beim Hacken aber nur schwer zu erreichen ist. Während im getrennten Verfahren bei einer Pflanzenschutzspritze mit 24 m Arbeitsbreite eine Flächenleistung von etwa 8,5 ha/h erreicht werden kann, sind mit einer 4-reihigen Hacke lediglich ca. 1 ha/h zu schaffen (KTBL 2022).

5.3 Kostenvergleich mit der Literatur

Beim Kostenvergleich mit der Literatur muss beachtet werden, dass bei der Durchführung des Versuches mit dem absätziges Verfahren gearbeitet wurde. Es wurde zuerst mit der Schmotzer Hacke gehackt und einen Tag später erfolgte die Bandspritzung. Diese wurde mit der Amazone Pantera Pflanzenschutzspritze des Lohnunternehmers Kreyenhagen durchgeführt. Hierfür wurden spezielle Düsen im Abstand von 75 cm angebracht. Dies entspricht genau dem Abstand der einzelnen Maisreihen untereinander. Bei der Kostenkalkulation wurde allerdings das kombinierte Verfahren zur Berechnung herangezogen, da dieses in der Praxis wahrscheinlich eher genutzt wird. Ein Hauptgrund ist hierbei, dass nur eine Überfahrt benötigt wird. Die Direktkosten sind bei beiden Varianten gleich, da dieselbe Menge an Pflanzenschutzmitteln angewendet wird. Jedoch unterscheiden sich die Arbeitserledigungskosten vom kombinierten Verfahren. Es fallen nicht mehr 79,55 € für die kombinierte Überfahrt an, sondern 59,94 € für den Hackgang, zuzüglich 10,48 € für die Überfahrt mit der Pflanzenschutzspritze. Der Lohnunternehmer Kreyenhagen bestätigte, dass eine Bandspritzung im normalen Betriebsumfang in gleicher Kostenhöhe abgerechnet wird, wie eine Flächenspritzung. Insgesamt betragen die Kosten für das absätziges Verfahren 70,42 €. Das bedeutet, dass laut den Berechnungen mit KTBL das absätziges Verfahren kostengünstiger ist als das kombinierte Verfahren, obwohl eine zusätzliche Feldüberfahrt nötig ist. Zurückzuführen ist dies auf die hohen Investitionskosten für eine Hacke mit Bandspritze

und der zugleich geringen Flächenleistung aufgrund der Arbeitsbreite von vier Reihen. Außerdem ist in dieser Kalkulation die Hacke mit einer Kamera und einem Verschieberahmen zur Reihenföhrung ausgestattet, wodurch die Investitionskosten weiter steigen. Zusätzlich ist noch ein Fronttank zum Mitföhren der Spritzbröhe erforderlich.

Um eine Absicherung der erhobenen Daten und des gewählten Kalkulationssystems zu erhalten, werden diese mit Daten aus der Literatur verglichen. JÖRING et al. (2018) erheben ebenfalls eine Gesamtkostenkalkulation verschiedener Varianten von Pflanzenschutzverfahren im Maisanbau. Allerdings haben JÖRING et al. (2018) einen konventionellen Pflanzenschutz im sogenannten „Splitting-Verfahren“ mit zwei Überfahrten angewendet. Dabei fielen Gesamtkosten von 150,21 €/ha an. Durch Aufteilen der Kosten auf die einzelnen Überfahrten ergeben sich Kosten von 75,11 €/ha und Überfahrt. Darin enthalten sind 15 €/ha für die Pflanzenschutzspritze. Zu beachten ist, dass JÖRING et al. (2018) eine Pflanzenschutzspritze mit 27 m Arbeitsbreite verwendet haben. Es ergeben sich Kosten für das Pflanzenschutzmittel von 60,11 €/ha. Laut KTBL fallen bei einer Spritze mit 24 m Arbeitsbreite Kosten von 10,48 €/ha an (siehe Tabelle im Anhang 1: KTBL-Tabelle zur Arbeitserledigungskosten). Aus Abbildung 13 ist zu entnehmen, dass Kosten für die Pflanzenschutzmittel von 74,20 €/ha anfallen. Daraus resultieren Gesamtkosten in Höhe von 84,68 €/ha für eine chemische Beikrautregulierung. Die Arbeitserledigungskosten für konventionellen Pflanzenschutz in Höhe von 10,48 €/ha entsprechen zwar nur etwa zweidrittel der Arbeitserledigungskosten von JÖRING et al. (2018). Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die 15,00 €/ha aus der Literatur für einen überbetrieblichen Einsatz kalkuliert sind und somit Kosten für Gewinn und Risiko beinhaltet.

Beim Einsatz der Hacke kalkulieren JÖRING et al. (2018) Arbeitserledigungskosten von 40,00 €/ha. Zu beachten ist allerdings, dass hier mit einer achtreihigen Hacke kalkuliert wurde. In diesem Versuch wurde mit einer vierreihigen Hacke gearbeitet und kalkuliert. Somit wurden Kosten von 59,94 €/ha erhoben (Anhang 1: KTBL-Tabelle zur Arbeitserledigungskosten). Diese sind rund 20,00 €/ha höher als die von JÖRING et al. (2018), jedoch kalkulieren JÖRING et al. (2018) mit ein Flächenleistung von 3 ha/h. Da die Flächenleistung bei einer vierreihigen Hacke ca. 1 ha/h beträgt, haben die Lohnkosten eine größere Auswirkung auf die Arbeitserledigungskosten.

Für den Striegel wurden in diesem Versuch 15,05 €/ha kalkuliert. JÖRING et al. (2018) kalkulierte hingegen mit 40,00 €/ha. Damit liegt der Kalkulationswert für den Striegel genauso hoch wie bei der Hacke. Fraglich bleibt bei JÖRING et al. (2018) die

Kostenentstehung für den Striegel. Zusätzlich sind keine Angaben bezüglich Lohnansatz und Dieselskosten bei JÖRING et al. (2018) zu finden. Aus der Tabelle im Anhang 1: KTBL-Tabelle zur Arbeitserledigungskosten lässt sich erkennen, dass durch die geringeren Abschreibungskosten und Zinskosten für den Striegel, im Vergleich zur Hacke, ein geringerer Anschaffungswert einhergeht. Auch sind die Reparatur- und sonstige Kosten niedriger, da der Verschleiß am Striegel deutlich geringer ist.

Ein Vergleich mit den Erfahrungssätzen für Maschinenkosten von dem LANDESVIRBAND DER BETRIEBSHILFDIENSTE UND MASCHINRINGE IN WESTFALEN (bhd-mr-westfaheln) (2022) ergeben ähnliche Kosten, wie die aus KTBL (2022) und JÖRING et al. (2018). Der BHD-MR-WESTFALEN (2022) kalkuliert für eine vierreihige Maishacke inklusive Lohn- und Dieselskosten 45,50 €/ha. Dabei beträgt der Lohnansatz 18,00 €/ha und für Diesel werden 8,40 €/ha (1,68 €/l) angesetzt. Die Flächenleistung wird ebenfalls mit 1 ha/h angegeben. Auch die Arbeitserledigungskosten für die Pflanzenschutzspritze von der BHD-MR-WESTFALEN (2022) liegen mit 13,00 €/ha nahe den Arbeitserledigungskosten vom KTBL (2022). Der bhd-mr-westfalen kalkuliert hier allerdings mit einer Anhängespritze und einem Tankvolumen von 3.000 Liter. Die Arbeitsbreite von 24 m ist identisch mit der Kalkulation vom KTBL (2022). Somit sind die Arbeitserledigungskosten in dem Kalkulationssystem dieses Versuchs im Verhältnis als realistisch zu betrachten.

In Anbetracht dieser Punkte und des einheitlichen Kalkulationssystems lassen sich die Kosten sehr gut gegenüberstellen. Aus dem Vergleich der verschiedenen Varianten geht hervor, dass die mechanischen Unkrautregulierungsmaßnahmen höhere Kosten haben. Dies liegt insbesondere an den häufigeren Überfahrten, welche für eine erfolgreiche Unkrautregulierung notwendig sind. Ein wesentlicher Anteil der Kosten sind auf das Hacken zurückzuführen. Im Gegensatz dazu, ist die Maßnahme mit einer einmaligen Überfahrt in V3 sehr erfolgreich und mit nachhaltigem Effekt. Dies lässt sich an den verschiedenen Bonitur Ergebnissen erkennen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Mit dem letzten Hackdurchgang in V1 wurde die Zahl der Unkräuter um lediglich 25 % verringert. Bei günstigeren Witterungsverhältnissen und gegebenenfalls geringeren Unkrautdruck hätte auf den letzten Hackdurchgang verzichtet werden können. Dies würde die Gesamtkosten in V1 bedeutend senken. Damit würden in V1 nur noch Kosten in Höhe von 149,98 €/ha anfallen. Infolgedessen wäre V1 kostengünstiger als V2. Hätte stattdessen in V3 zweimal eine chemische Unkrautregulierungsmaßnahme erfolgen müssen, wären die Kosten mit 169,36 €/ha in

Summe nahezu gleich der Variante 1 mit nur zwei Hackdurchgängen. Falls in V2 nur das einmalige Hacken in Kombination mit der Bandspritzung erfolgen hätte, würden sich Gesamtkosten in Höhe von 135,62 €/ha ergeben. Unter diesen Bedingungen würden alle drei Varianten in den Gesamtkosten sehr nah aneinander liegen.

6 Zusammenfassung

Die Anreicherungen von Herbizid-Wirkstoffen im Grundwasser sorgte vor allem in Wasserschutzgebieten für ein Verbot bzw. für Anwendungsbeschränkungen einzelner Wirkstoffgruppen. Da hier insbesondere der chemische Pflanzenschutz im Fokus steht, wurde das in der konventionellen Praxis übliche Referenzsystem mit alternativen Unkrautbekämpfungsmaßnahmen verglichen.

Es stellte sich heraus, dass die rein chemische Variante hinsichtlich der Kosten pro Hektar und der relativ bekämpften Unkräuter am besten abgeschnitten hat. Es lag mit insgesamt 84,68 € Kosten pro Hektar mehr als 50 % unter den anderen Varianten. Mit 97 % erfolgreich bekämpfter Unkräuter hat die rein chemische Variante zudem den größten Erfolg hinsichtlich der Unkrautbekämpfung (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden., Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Aus Kombination der beiden Werte geht hervor, dass V3 die Unkräuter am effizientesten bekämpft hat.

Wirtschaftlich und auch bezüglich der Unkrautbekämpfung stellte sich V2 als beste Alternative dar. Durch die Kombination beider Verfahren werden die Nachteile der mechanischen Unkrautbekämpfung vor allem in der Reihe durch die Vorteile des chemischen Pflanzenschutzes kompensiert. Der Versuch zeigte aber auch Anfälligkeiten des Systems. Vor allem kleinere Ungenauigkeiten während der Applikation des Herbizidbandes fielen hier auf (Tabelle 5).

Ganz ohne chemischen Pflanzenschutz kommt hingegen V1 aus. Positiv überzeugte diese Variante mit einer schnelleren Jugendentwicklung vom Mais. Kurz nach der Herbizidbehandlung konnte bei den Varianten mit chemischem Pflanzenschutz ein geringeres Wachstum der Kulturpflanzen als bei den rein mechanisch behandelten Pflanzen beobachtet werden.

Die mechanische Variante sorgte jedoch mit 209,92 € für die höchsten Kosten pro Hektar in diesem Versuch. Mit 70 % erfolgreich bekämpfter Unkräuter schnitt diese Variante bezüglich der Unkrautbekämpfung am schlechtesten ab. Mit durchschnittlich 70 Unkräutern pro Quadratmeter stehen hier außerdem absolut gesehen die meisten Unkräuter in Konkurrenz zur Kulturpflanze Körnermais. Ein Problem bei der mechanischen Unkrautbekämpfung ist, dass der Erfolg der Maßnahmen stark witterungsabhängig ist. Dies sorgt unter anderem dafür, dass enge Zeitfenster für die einzelnen Maßnahmen vorliegen. Zusammen mit der geringen Schlagkraft stellt dies eine der größten Herausforderungen dar. Hier ist die Pflanzenschutzspritze deutlich im Vorteil, wenn viel Fläche bearbeitet werden muss. Insgesamt ist also festzuhalten, dass mechanische Verfahren in Bezug auf die Unkrautbekämpfung im Vergleich zum Referenzsystem, der chemischen Komplettapplikation, höhere Kosten haben. Es werden relativ gesehen deutlich weniger Unkräuter bekämpft, bei mehr als doppelt so hohen Kosten.

Werden alle drei Varianten angesichts der Umwelt und des Grundwasserschutzes betrachtet, so ist die rein mechanische Unkrautbekämpfung die beste Lösung gegenüber dem Referenzsystem. Da hier keine chemischen Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden, entstehen keine Metaboliten im Boden, die in das Grundwasser ausgewaschen werden können. Ein Kompromiss, zwischen einer besseren Unkrautbekämpfung und zugleich Berücksichtigung von Umweltaspekten, kann hier das kombinierte Verfahren aus mechanischer Unkrautbekämpfung und Bandspritzung sein. Hier können mit bis zu 65 % ein Großteil der Pflanzenschutzmittel eingespart werden, wodurch die Gefahr von Metaboliten im Grundwasser deutlich verringert wird.

7 Literaturverzeichnis

- AMAZONE (o.J.): Pflanzenschutz der Zukunft wird sich ändern müssen. <https://amazonet.de/planen-wirtschaften/wirtschaften/intelligenter-pflanzenbau/artikel/pflanzenschutz-der-zukunft-wird-sich-aendern-muessen-42954> (Zugriff am 08.06.2022).
- BERGMANN A.; BÖHM K.; COJA T.; LANGER I.; LEDOLTER P. (2014): Metaboliten im Grund- und Trinkwasser. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- BERGMANN, E., MEINLSCHMIDT, E., SCHRÖDER, G., BÄR, H., PITTORF, I. (2007): Der gezielte Einsatz von reduzierten Aufwandsmengen herbizider Tankmischungen in Mais – ein Beitrag zur Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes in der landwirtschaftlichen Praxis. *Gesunde Pflanzen* 59, 127-139.
- BARUFKE, K.-P.; BERTHOLD, G.; BÖRKE, P.; BURUCKER, G.; HILLIGES, F.; JANKOWSKI, A.; NEUMANN, P.; STRAUS, G.; WOLTER, R.; WOLTERS, W. (2019): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit, Gotha: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2022): Ausgewählte Herbizide zur Unkraut- und Ungrasbekämpfung in Mais 2022.
- BBodSchG (2017): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes- Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 01. März 1991 BGBl. I S. 502, zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 27. September 2017. BGBl. I S. 3465, 3505.
- BHD-MR-WESTFALEN (2022): Erfahrungssätze für Maschinenring-Arbeiten unter Landwirten. Landesverband für Betriebshilfsdienste und Maschinenringe in Westfalen-Lippe e.V..
- BNatSchG (2021): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) vom 29. Juli 2009. BGBl. I S. 2542, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021. BGBl. I S. 3908.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2021): Ackerbaustrategien 2035. Berlin: BMEL.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (o. J.): Anwendungsbeschränkungen für bestimmte Pflanzenschutzmittel zum Schutz von Grundwasservorkommen, die zur Trinkwassergewinnung

- herangezogen werden. https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Externe-Links/04_Pflanzenschutzmittel/Rechtsgrundlagen/01_eu/psm_Anwendungsbeschaenkung_node.html (Zugriff am 02.05.2022).
- DEHLER, M. (2020): Zurück zu Hacke und Bandspritzung?. DLG-Mitteilungen 4/2020, 77.
- DIERAUER, H. (2012): Hackgeräte: Technik und Einsatzzeitpunkt sind entscheidend. Bioaktuell 1/12, 10-11.
- ECKL, H. (2010): Fachliche Grundlagen zur Abgrenzung und Bemessung von Wasserschutzgebieten in Lockergesteinen.
- GEIGES M.; KIEFER J.; BETTING D. (2008): Verlagerungs- und Abbauverhalten ausgewählter SulfonylharnstoffHerbizide im Boden. Karlsruhe: Technologiezentrum Wasser.
- GERHARDS, R., SANTEL, H., J. (2020): Kann die Saatgutbehandlung mit dem Safe-ner Cyprosulfamid die Verträglichkeit von Isoxaflutole in Mais steigern, die Unkrautbekämpfung verbessern und die Wirkstoffmenge verringern?. Gesunde Pflanzen 72, 311-381.
- HEYER, J. (2019): WAS NICHT WARTEN KANN: Unkraut in Mais und Getreide bekämpfen, Kartoffeln überwachen. Schweizer Bauer 26, 26.
- HÖNER G. (2021): Hersteller wollen Bandspritzung in Reihenkulturen wieder populär machen. <https://www.topagrar.com/technik/news/hersteller-wollen-bandspritzung-in-reihenkulturen-wieder-populaer-machen-12568649.html> (Zugriff am 08.06.2022).
- JÖRING, H., JÖRING, T., KUHLMANN, J. (2018): Sinnvoll kombinieren. Lohnunternehmen 05, 56-60.
- KIEFER S. (2022): Über die Vor- und Nachteile des kombinierten und absetzigen Verfahrens. Gespräch vom 19. Mai 2022.
- KTBL (2017): Leistung-Kostenrechnung. Darmstadt: KTBL.
- KTBL (2022): Webanwendung Feldarbeitsrechner. <https://daten.ktbl.de/feldarbeit/entry.html> (Zugriff am 19. Juni 2022).
- LAMPRECHT, S. (2015): Vortrag über "Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten in den Grund- und Oberflächengewässern Niedersachsens" am 20. Februar 2015, Merch: Landwirtschaftskammer Niedersachsen.
- LEHMANN N. (2022): 50 Prozent weniger Pflanzenschutz sollen in der EU Gesetz werden. <https://www.agrarheute.com/politik/50-prozent-weniger-pflanzenschutz->

eu-gesetz-590108#:~:text=Verbindliche%20nationale%20Reduktionsziele%20f%C3%BCr%20den,den%20Jahren%202015%20bis%202017 (Zugriff am 02.05.2022).

- LWK (o. J.): Unkrautbekämpfung in Mais 2022 - Vielfältig, nachhaltig, resistenzvorsorgend und grundwasserschonend. https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/39234_Unkrautbekämpfung_in_Mais_2022_-_Vielfältig_nachhaltig_resistenzvorsorgend_und_grundwasserschonend_- (Zugriff am 03.05.2022).
- MAUL, H. (2001): Untersuchungen an einem Steuerprogramm für Hackgeräte im Maisanbau auf Basis eines optoelektronischen Systems. Dissertation, Technische Universität München.
- MICHALSKI, B., STEIN, B., NIEMANN, L., PFEIL, R., FISCHER, R. (2004): Beurteilung der Relevanz von Metaboliten im Grundwasser im Rahmen des nationalen Zulassungsverfahrens für Pflanzenschutzmittel. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- MÜCKE, M. (2019): Striegeln, Hacken oder Häufeln? Verfahren zur mechanischen Unkrautregulierung im Maisanbau. Maiskomitee 04 2019, 1-6.
- NWG (2021): Niedersächsisches Wassergesetz vom 19. Februar 2010. Nds. GVBl. 2010 S.64, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Dezember 2021.
- PflSchG (2021): Gesetz zum Schutz der Kulturenpflanzen vom 06. Februar 2012. BGBl. I S. 148, zuletzt geändert durch Artikel 19 des Gesetzes vom 27. Juli 2021. BGBl. I S. 3146, 3172.
- PICKERT, J. (2000): Einfluss des Unkrautbekämpfungstermins auf Ertrag und Wirtschaftlichkeit des Silomaisanbaues. Journal of Plant Diseases and Protection Special Issue XVII, 253-258.
- SACHSEN.DE (o.J.): Direktkosten. <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/direktkosten-19125.html> (Zugriff am 30. Mai 2022).
- SCHEIDLER A. (2006): Beschränkungen landwirtschaftlicher Nutzungen durch die Festsetzung von Wasserschutzgebieten. Natur und Recht 10 631-636, (Nds. GVBl. S. 911.
- SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (2006): Wasserschutzgebiete und Grundwassernutzung.
- STATISTA.COM (o.J.): Durchschnittlicher Preis für Diesel-Kraftstoff in Deutschland vom 7. Januar 2014 bis zum 14. Juni 2022.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/224105/umfrage/durchschnittlicher-preis-fuer-diesel-kraftstoff/> (Zugriff am 15. Juni 2022).

STROTMANN K. (2022): Terbuthylazin: Maisherbizide haben jetzt drastische Auflage. <https://www.agrarheute.com/pflanze/mais/terbuthylazin-maisherbizide-haben-drastische-auflage-585247> (Zugriff am 05.05.2022).

WEGENER, J., K. (2021): Entwicklungen im Bereich der Anwendungstechnik im Pflanzenschutz gestern, heute und morgen. *Journal für Kulturpflanzen* 73 (7-8), 276–283.

WEGENER, J., K. (2020): Gezielter und flexibler – Trends in der Pflanzenschutztechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): „Jahrbuch Agrartechnik 2019“. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 1-7.

WHG (2021): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) vom 31. Juli 2009. BGBl. I S. 2585, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021. BGBl. I S. 3901, 3902.

Anhang

Anhang 1: KTBL-Tabelle zur Arbeitserledigungskosten

Tabelle 6: Aufstellung der Arbeitserledigungskosten

Teilarbeit	Arbeitszeitbedarf [Akh/ha]	Lohnkosten [€/ha]	Flächenleistung [ha/h]	Abschreibung	Zinskosten	Maschinenkosten [€/ha]			Summe	Diesel- bedarf [l/ha]	Arbeitserledigungs- kosten [€/ha]
						Sonstiges	Reparaturen	Betriebsstoffe			
Striegel 7,5 m; 83 kW	0,22	4,62	5,74	3,13	0,85	0,55	3,56	5,84	10,43	2,92	15,05
Hacke 4-reihig, RW 75 cm, 3 m; 83 kW	1,08	22,68	0,00	10,92	2,95	1,70	10,57	11,12	37,26	5,56	59,94
Hacke 4-reihig mit Bandspritzung, RW 75 cm, 3 m; 83 kW	1,08	22,68	0,00	19,11	5,16	2,98	18,50	11,12	56,87	5,56	79,55
Anbaupflanzenschutzspritze, 24 m, 1.500 l; 83 kW	0,15	3,15	8,52	3,82	0,90	0,25	1,64	1,96	7,33	0,98	10,48
© 2008-2022 KTBL, Darmstadt (verändert)											

Schlaggröße: 5,0 ha, Bodenbearbeitungswiderstand: leicht, Entfernung Hof-Feld: 2,0 km, Dieselpreis: 2,00 €/l

Dieselpreis: 2,00 €/ha (Durchschnittspreis Mai 2022, Quelle: Statista 2022)

Lohnkosten Arbeitskraft: 21,00 €/h (KTBL 2022)

Anhang 2: Terminplan

Datum	V1: mechanische Unkrautbekämpfung	V2: Bandspritzung + mech. Unkrautbekämpfung	V3: konventioneller Pflanzenschutz
Sonntag, 3. April 2022	Einarbeitung Zwischenfrucht: Kurzscheibenegege	Einarbeitung Zwischenfrucht: Kurzscheibenegege	Einarbeitung Zwischenfrucht: Kurzscheibenegege
Mittwoch, 20. April 2022	Düngerstreuen: 40er Kali 200kg/ha	Düngerstreuen: 40er Kali 200kg/ha	Düngerstreuen: 40er Kali 200kg/ha
Dienstag, 26. April 2022	40 m3 MS-Gülle + Einarbeitung Kurzscheibenegege	40 m3 MS-Gülle + Einarbeitung Kurzscheibenegege	40 m3 MS-Gülle + Einarbeitung Kurzscheibenegege
Donnerstag, 28. April 2022	Mulchsaatgrubber	Mulchsaatgrubber	Mulchsaatgrubber
Donnerstag, 28. April 2022	Kreiselegge	Kreiselegge	Kreiselegge
Freitag, 29. April 2022	Mais legen, AgroDentrico 8 K/m2	Mais legen, AgroDentrico 8 K/m3	Mais legen, AgroDentrico 8 K/m4
Dienstag, 3. Mai 2022	Blindstriegeln	Blindstriegeln	-
Dienstag, 17. Mai 2022	1. Bonitur	1. Bonitur	1. Bonitur
Dienstag, 17. Mai 2022	Striegeln	Striegeln	-
Mittwoch, 18. Mai 2022	-	-	chem. Komplettapplikation
Donnerstag, 19. Mai 2022	2. Bonitur	2. Bonitur	2. Bonitur
Dienstag, 24. Mai 2022	Hacken	Hacken	-
Mittwoch, 25. Mai 2022	-	Bandspritzung	-
Freitag, 27. Mai 2022	3. Bonitur	3. Bonitur	3. Bonitur
Donnerstag, 2. Juni 2022	Hacken	Hacken	-
Dienstag, 7. Juni 2022	4. Bonitur	4. Bonitur	4. Bonitur
Freitag, 10. Juni 2022	Hacken	-	-
Dienstag, 14. Juni 2022	5. Bonitur	5. Bonitur	5. Bonitur

Tabelle 7: Terminplan der erfolgten Maßnahmen

Anhang 3: Kostkalkulation nach JÖRING et al. (2018)

Abb. 1: Gesamtkostenkalkulation versch. Varianten, Standort Ahausen-Sitter		
Maßnahmen		€/ha
PS-Spritze + PS-Spritze		150,21
PS-Spritze + Hacke		126,35
Striegel + PS-Spritze + Hacke		173,95
Striegel + Striegel + PS-Spritze + Hacke		221,55
Striegel + Striegel + Striegel + PS-Spritze + Hacke		269,15
Annahmen zzgl. MwSt.:	Pflanzenschutzspritze (27 m):	15 €/ha + PSM
	Hacke (8-reihig):	40 €/ha
	Striegel (6 m):	40 €/ha

Abbildung 16: Gesamtkostenkalkulation (JÖRING et al. 2018)

Anhang 4: Protokolle

Protokoll 07.04.2022

Sitzung der Projektgruppe Körnermaisbau im Wasserschutzgebiet durch Unterstützung von Hacktechnik.

(Projekt landwirtschaftliche Produktionsprozesse 4. Semester BLW)

Termin: 07.04.2022

Ort: Osnabrück

Zeit: 18:00 - 20:30 Uhr

Teilnehmende: Laurens Fangmann, Hendrik Flessner, Christian Debbeler

Fehlend: /

Entschuldigt: /

Leitung: Henrik Flessner

Protokoll: Christian Debbeler

TOP 0 Formalia

Tagesordnung

1. Nachbesprechung der Präsentation
2. Erstellen der Gliederung
3. Koordination Literaturrecherche
4. Aufgabenverteilung für die kommende Woche

TOP 1

Besprechen der Präsentation

- Die Vorstellung des Projektthemas wurde von allen Gruppenmitgliedern als gut befunden

- Anmerkungen bezüglich der Unkrautbonitur wurden bezüglich Umsetzung diskutiert

-

TOP 2

Erstellen der Gliederung

- Diskussion wichtiger Gliederungspunkte

TOP 3

Koordination Literaturrecherche

- Hendrik informiert sich über Fachbücher
- Laurens informiert sich über Internetquellen
- Christian informiert sich über vergleichbare Dissertationen

TOP 4

Aufgabenverteilung für die kommende Woche

- Literaturrecherche (Siehe Top 3)
- Mit dem KTBL – Rechner vertraut machen
- Beginnen mit dem Stand des Wissens
- Verfassen der Betriebsvorstellung des Hofs Langenkamp

Nächste Sitzung:

Dienstag, den 19.04.22

TOP 0 Formalia

TOP 1 Besprechung Literaturbeschaffung

TOP 2 Besprechung der bereits verfassten Texte

TOP 3 Überarbeiten der Gliederung. Diskutieren weiterer Unterpunkte.

Unterschrift:

Protokoll (Christian Debbeler)

Sitzungsleitung (Hendrik Flessner)

Protokoll 19.04.2022

Sitzung der Projektgruppe Körnermaisbau im Wasserschutzgebiet durch Unterstützung von Hacktechnik.

(Projekt landwirtschaftliche Produktionsprozesse 4. Semester BLW)

Termin: 19.04.2022

Ort: Osnabrück

Zeit: 15:00-17:00 Uhr

Teilnehmende: Laurens Fangmann, Hendrik Flessner, Christian Debbeler

Fehlend: /

Entschuldigt: /

Leitung: Henrik Flessner

Protokoll: Christian Debbeler

TOP 0 Formalia

TOP 1 Besprechung Literaturbeschaffung

TOP 2 Besprechung der bereits verfassten Texte

TOP 3 Überarbeiten der Gliederung. Diskutieren weiterer Unterpunkte.

Protokollant*in: Christian Debbeler

Sitzungsleitung: Laurens Fangmann

TOP 0 Formalia

Tagesordnung

1. Besprechung der Literaturbeschaffung
2. Besprechung bereits verfasster Texte
3. Überarbeitung der Gliederung

4. Ziele bis zum Zwischenbericht

TOP 1

Besprechung der Literaturbeschaffung

- Beschaffte Literatur wurde abgeglichen
- Ergebnisse Vergleichbarer Versuche wurden angeschaut

TOP 2

Besprechung bereits verfasster Texte

- Laurens Fangmann hat bereits die einzelnen Verfahren im Stand des Wissens beschreiben
- Christian Debbeler stellt seine verfasste Einleitung vor
- Verbesserungsvorschläge werden innerhalb der Gruppe diskutiert

TOP 3

Überarbeitung der Gliederung

- Weitere Gliederungspunkte, wie der Versuchsaufbau, werden ergänzt

TOP 4

Ziele bis zum Zwischenbericht

- Vorläufige Einleitung soll fertig sein
- Verfahrensbeschreibungen im Stand des Wissens sollen fertig sein
- Christian verfasst einen kleinen Text über den Versuchsbetrieb Langsenkamp
- Hendrik beschreibt den Versuchsaufbau und die Versuchsfläche

Nächste Sitzung:

Nach Abgabe des Zwischenberichts

TOP 0 Formalia

TOP 1 Besprechung des Zwischenberichts

Unterschrift:

Protokoll (Christian Debbeler)

Sitzungsleitung (Hendrik Flessner)

Protokoll 12.05.2022

Sitzung der Projektgruppe Körnermaisbau im Wasserschutzgebiet durch Unterstützung von Hacktechnik.

(Projekt landwirtschaftliche Produktionsprozesse 4. Semester BLW)

Termin: 12.05.2022

Ort: Zoom

Zeit: 12:00-13:00 Uhr

Teilnehmende: Laurens Fangmann, Hendrik Flessner, Christian Debbeler, Guido Recke

Fehlend: /

Entschuldigt: /

Leitung: Laurens Fangmann

Protokoll: Christian Debbeler

TOP 0 Formalia

Tagesordnung

1. Besprechung des Zwischenberichts
2. Planung des weiteren Vorgehens
3. Vorgehensweise zur Datenerhebung

TOP 1

Besprechung des Zwischenberichts

- Der Zwischenbericht wurde fristgerecht abgegeben
- Guido Recke sprach einige Formulierungen an, die vermieden werden sollten und gab Verbesserungsvorschläge

TOP 2

Planung des weiteren Vorgehens

- Guido Recke wurde über die anstehenden Arbeitsschritte auf dem Versuchsfeld in Kenntnis gesetzt
- Gemeinsam mit allen Teilnehmern wurde sich darauf verständigt eine Kostenvergleichsrechnung zu erstellen und im folgenden Semester eine Betriebszweigrechnung durchzuführen für die einzelnen Verfahren durchzuführen

TOP 3

Vorgehensweise zur Datenerhebung

- Kontaktaufnahme mit Stefan Kiefer an Amazone, um genaue Daten bezüglich Hacktechnik und Pflanzenschutz zu bekommen
- Um den Arbeitsaufwand nicht zu hoch werden zu lassen wird bei weiteren Daten auf KTBL Daten zurückgegriffen
-

TOP 4

Aufgabenverteilung für die kommende Woche

- Kontaktaufnahme mit Stefan Kiefer
- Verbessern des Zwischenberichts
- Kosten aus KTBL Feldarbeitsrechner erheben

Nächste Sitzung:

Nach Bedarf

Unterschrift:

Protokoll (Christian Debbeler)

Sitzungsleitung (Laurens Fangmann)

Protokoll 09.06.2022

Sitzung der Projektgruppe Körnermaisbau im Wasserschutzgebiet durch Unterstützung von Hacktechnik.

(Projekt landwirtschaftliche Produktionsprozesse 4. Semester BLW)

Termin: 09.06.2022

Ort: Osnabrück

Zeit: 11:30-19:15 Uhr

Teilnehmende: Laurens Fangmann, Hendrik Flessner, Christian Debbeler

Fehlend: /

Entschuldigt: /

Leitung: Hendrik Flessner

Protokoll: Christian Debbeler

TOP 0 Formalia

Tagesordnung

1. Besprechung des aktuellen Stands
2. Planung der Projektpräsentation
3. Einteilung der Auswertungen

TOP 1

Besprechung des aktuellen Stands

- Der Projektbericht ist nach Ansicht aller Sitzungsteilnehmer im Zeitplan
- Vergangene und anstehende Maßnahmen auf der Versuchsfläche wurden diskutiert. Es wurde sich darauf verständigt eine dritte Maßnahme mit der Hacke in Variante 1 durchzuführen

TOP 2

Planung der Projektpräsentation

- Anstehende Projektpräsentation am 16.06.2022
- Gliederungspunkte und deren Gewichtung wurden besprochen
- Es wurde festgelegt den Fokus auf die Ergebnisse und den Material und Methoden Teil zu legen.
- Aufgabenverteilung für die einzelnen Gliederungspunkte wurde abgestimmt
- Laurens übernimmt Stand des Wissens + Versuchsaufbau
- Christian Einleitung + Boniturergebnisse + Fazit
- Hendrik Ergebnisse + Diskussion

TOP 3

Einteilung der Auswertungen

- Hendrik wertet die Kosten aus
- Christian die Unkrautbonituren

Nächste Sitzung:

Nach Bedarf

Unterschrift:

Protokoll (Christian Debbeler)

Sitzungsleitung (Hendrik Flessner)

Protokoll 28.06.2022

Sitzung der Projektgruppe Körnermaisbau im Wasserschutzgebiet durch Unterstützung von Hacktechnik.

(Projekt landwirtschaftliche Produktionsprozesse 4. Semester BLW)

Termin: 28.06.2022

Ort: Osnabrück/ Zoom

Zeit: 16:00-21:15 Uhr

Teilnehmende: Laurens Fangmann, Hendrik Flessner, Christian Debbeler, zeitweise Guido Recke

Fehlend: /

Entschuldigt: /

Leitung: Laurens Fangmann

Protokoll: Christian Debbeler

TOP 0 Formalia

Tagesordnung

1. Besprechung des vorläufigen Projektberichtes
2. Planung der Änderungen
3. Einteilung des Korrekturlesens

TOP 1

Besprechung des vorläufigen Projektberichts

- Der Projektbericht ist nach Ansicht aller Sitzungsteilnehmer im Zeitplan
- Kommentare von Tobias Jorissen wurden besprochen und hinsichtlich der Umsetzung diskutiert

- Guido Recke verwies zudem darauf, die gute fachliche Praxis etwas genauer zu erklären und den Text auf Rechtschreibfehler zu prüfen

TOP 2

Planung der Änderungen

- Es wurde beschlossen einige Änderungen in Anschluss an das Meeting direkt umzusetzen
- Das Korrekturlesen ab dem Ergebnis Teil, sowie das erklären der guten fachlichen Praxis wurde auf den Vormittag des 29.06.2022 geschoben

TOP 3

Einteilung des Korrekturlesens

- Bei der Einteilung wurde darauf geachtet, dass jeder Autor einen fremden Text noch mal korrekturliest

Nächste Sitzung:

Nach Bedarf

Unterschrift:

Protokoll (Christian Debbeler)

Sitzungsleitung (Laurens Fangmann)

Eidesstattliche Erklärung:

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift: Christian Debbeler

Unterschrift: Hendrik Flessner

Unterschrift: Laurens Fangmann