



**Untersuchung unterschiedlicher
Methoden zum mechanischen
Abtöten von Zwischenfrüchten
für erosionsmindernde
Bestellverfahren von Mais
zur Reduzierung des Einsatzes
von Totalherbiziden**



Endbericht

Projektförderung:	StMELF
Finanzierung:	StMELF
Förderkennzeichen:	A/17/10
Geschäftszeichen:	G2-7328-1/17.1
Projektlaufzeit:	Juli 2018 bis Dezember 2022
Projektleiter:	Dr. Markus Demmel
Projektbearbeiter:	Hans Kirchmeier, Roland Kerger
Herausgegeben im:	März 2023

Untersuchung unterschiedlicher Methoden zum mechanischen Abtöten von Zwischenfrüchten für erosionsmindernde Bestellverfahren von Mais zur Reduzierung des Einsatzes von Totalherbiziden

Cover Crops

A/17/10

V 706

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	9
1 Einleitung	12
2 Stand der Technik	13
3 Zielsetzung	14
4 Eigene Untersuchungen	15
4.1 Versuchsplanung und Aufbau	15
4.2 Standorte.....	15
4.3 Ausgesäte Zwischenfrüchte.....	16
4.4 Ausgewählte Bearbeitungsverfahren.....	17
4.5 Angewendete Herbizidvarianten	18
4.6 Versuchsvarianten und Versuchsplan	19
4.7 Versuchsdurchführung	21
4.8 Versuchsergebnisse (2019 – 2022)	23
4.8.1 Entwicklung und Eignung der Zwischenfrüchte	23
4.8.1.1 Standort Achselschwang/Westerschondorf (Oberbayern)	23
4.8.1.2 Standort Parschalling/Kettenham (Niederbayern)	26
4.8.1.3 Merkmale und Bewertung der angebauten Zwischenfrüchte.....	27
4.8.2 Einsatz und Bewertung der eingesetzten Geräte	29
4.8.3 Bodenbedeckungsgrad	33
4.8.4 Feldaufgang.....	37
4.8.5 Unkrautdeckung - Unkrautunterdrückung - Herbizidwirkung.....	40
4.8.6 Ertrag – Körnermais	43
4.8.7 Trockensubstanz Gehalte - Körnermais	46
5 Diskussion, Fazit und Empfehlungen	48
6 Eigene Veröffentlichungen und Vorträge	51
6.1 Veröffentlichungen.....	51
6.2 Vorträge.....	51
7 Literaturverzeichnis	51
8 Danksagung	52
9 Anhang	52

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Abfrierende Mischung MS 100 A.....	16
Abb. 2: Winterharte Reinsaaten bzw. Mischung.....	17
Abb. 3: Versuchsplan Standort Achselschwang/Westerschondorf.....	20
Abb. 4: MS 100 A links am 10.10.19 und rechts am 15.04.21	25
Abb. 5: Rübsen links am 10.10.19 und rechts am 15.04.20 (rechts mit Glyphosat).....	25
Abb. 6: Inkarnatklee + Wicken links am 10.10.19 und rechts am 04.05.20	25
Abb. 7: Erbsen links am 10.10.19 und rechts am 04.05.21	26
Abb. 8: Messerwalze in blühenden Erbsen	30
Abb. 9: Mulcher in Rübsen und rechts in MS 100 A (viel Ausfallgetreide).....	31
Abb. 10: Kreiselegge in abgestorbener MS 100 A.....	33
Abb. 11: Einfluss Zwischenfrucht auf Bodenbedeckungsgrad	34
Abb. 12: Einfluss Bearbeitung auf Bodenbedeckungsgrad.....	34
Abb. 13: Einfluss Herbizideinsatz auf Bodenbedeckungsgrad	35
Abb. 14: Bodenbearbeitung in den gemulchten (Totalherbizid appliziert) Erbsen.....	37
Abb. 15: Maissaat in den niedergewalzten Erbsen (nach Messerwalze)	37
Abb. 16: Einfluss Zwischenfrucht auf Feldaufgang.....	38
Abb. 17: Einfluss Bearbeitung auf Feldaufgang	39
Abb. 18: Einfluss Herbizid Einsatz auf Feldaufgang.....	39
Abb. 19: Einfluss Zwischenfrucht auf Unkrautdeckungsgrad	40
Abb. 20: Einfluss Bearbeitung auf Unkrautdeckungsgrad.....	41
Abb. 21: Einfluss Herbizid Einsatz auf Unkrautdeckungsgrad.....	41
Abb. 22: Einfluss Zwischenfrucht auf Ertrag.....	43
Abb. 23: Einfluss Bearbeitung auf Ertrag	44
Abb. 24: Einfluss Herbizid Einsatz auf Ertrag	44
Abb. 25: Einfluss Zwischenfrucht auf TS Gehalt	46
Abb. 26: Einfluss Bearbeitung auf TS Gehalt.....	47
Abb. 27: Einfluss Herbizid Einsatz auf TS Gehalt.....	47

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Versuchsstandorte Versuch V 706	16
Tab. 2: Bodenbearbeitungsvarianten Versuch V 706.....	18
Tab. 3: Faktorstufen Versuch V 706	19
Tab. 4: Varianten Versuch V 706.....	20
Tab. 5: Bodenbedeckungsgrad Zwischenfrüchte (Oberbayern).....	24
Tab. 6: Bodenbedeckungsgrad Zwischenfrüchte (Niederbayern).....	27
Tab. 7: Merkmale und Beurteilung der Messerwalze	29
Tab. 8: Merkmale und Beurteilung der Mulchgeräte	31
Tab. 9: Merkmale und Beurteilung der Kreiseleggen	32
Tab. 10: Bodenbedeckung Mulch (alle Varianten/Standorte/Jahre)	36
Tab. 11: Herbizidwirkung/Unkrautdeckungsgrad (alle Varianten/Standorte/Jahre).....	42
Tab. 12: Maisertrag (alle Varianten/Standorte/Jahre)	45

Zusammenfassung

Bodenerosion, insbesondere bei Reihenkulturen, verlangt eine möglichst ständige Bodenbedeckung. Förderlich dabei ist eine optimale Bodenstruktur und Bodendeckungsgrade mit organischem Material von möglichst >30%. Diese Voraussetzungen können meist nur mit einer Mulchsaat ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“) erreicht werden. Zur Kontrolle der Altverunkrautung wird dabei entweder ein Totalherbizid eingesetzt und/oder eine mechanische Bodenbearbeitung vor der Saat durchgeführt. Im Rahmen der EU weiten Bestrebungen zur Reduzierung des chemischen Pflanzenschutzsinsatzes und vor dem Hintergrund der hitzigen Diskussion um die weitere Zulassung des Wirkstoffes Glyphosat sind alternative Strategien zur Kontrolle der Altverunkrautung bei der Mulchsaat ohne Saatbettbereitung gefordert.

Im geförderten Projekt wurden solche Alternativen gesucht. Dazu wurden nach einem umfangreichen Vorversuch erfolgversprechende Varianten herausselektiert und mit den Standardverfahren verglichen. Untersucht wurden die Faktoren „Zwischenfrucht“ (abfrierende Mischung, Winterrüben, Wintererbsen und Winterinkarnatkle + Winterwicken), „Bearbeitung“ (Messerwalze, Mulcher, Mulcher + Kreiselegge) und „Herbizid“ (unbehandelt/Kontrolle, Maisherbizid, Totalherbizid + Maisherbizid) in einem umfangreichen, randomisierten Großparzellenversuch an 2 Standorten mit jeweils 144 Parzellen.

Die ausgewählten Zwischenfrüchte wurden nach der Getreideernte zu zwei Terminen (abfrierende und Rüben früh / Leguminosen später) bestellt. Im Frühjahr vor der Maissaat wurden diese bearbeitet (Messerwalze, Mulcher) und dann entweder direkt ohne Bodenbearbeitung (mit gut ausgestatteten, mulchsaattauglichen Einzelkornsäegeräten) der Mais bestellt, oder in einer Variante nach dem Mulchen der Boden vorher mit der Kreiselegge bearbeitet. Bei der Glyphosat Variante wurde vor der Maissaat die jeweilige Zwischenfrucht behandelt. Nach dem Feldaufgang erfolgte der individuelle Herbizideinsatz. Während der gesamten Vegetation wurden unterschiedliche Kenngrößen erhoben und Bonituren durchgeführt. Zum Schluss wurde eine Parzellen Körnermaisernte (Kerndrusch) mit Ertrags- und Feuchtebestimmung durchgeführt.

Die erste Kenngröße, die nach der Maissaat ermittelt wurde, war der Bodenbedeckungsgrad mit dem Zwischenfrucht Mulch. Hier zeigten sich teils eindeutige Unterschiede hinsichtlich der Zwischenfrucht. Am signifikant niedrigsten war der Bodenbedeckungsgrad mit rund 40% nach der abfrierenden Zwischenfruchtmischung. Etwas höher war er bei den Rüben, die im zeitigen Frühjahr wieder zu wachsen beginnen und zum Zeitpunkt der Blüte bearbeitet etwas mehr Material liefern konnten als die abgestorbene MS 100 A. Mit gut 60% nochmals um 10% höher war der Wert bei den beiden Leguminosen, die im Frühjahr (allerdings deutlich später als die Rüben) ebenfalls weiter wachsen, bzw. ab Mai erst richtig anschieben. Erkauft werden musste dieser Zuwachs und das Warten bis zur Blüte mit einer rund 3 – 4 Wochen späteren Maissaat nach den beiden Leguminosen. Durch die ebenfalls etwas spätere Aussaat der Leguminosen im Oktober war zwar der Ausfallgetreidebesatz in der Regel niedriger, dafür aber auch der Erosionsschutz im Herbst und Winter deutlich geringer als bei den Rüben und der MS 100 A. Auch die Bearbeitung wirkte sich auf den Bodenbedeckungsgrad teils enorm aus. Nach dem Einsatz der Kreiselegge ging der durchschnittliche Wert von gut 65% (Messerwalze und Mulcher) auf knapp unter 30% zurück. Ebenso um rund 10% Punkte reduzierend wirkte sich der Glyphosateinsatz auf die Zwischenfrüchte aus. Durch den Einsatz wird das Wachstum gestoppt und das Material stirbt ab und wird brüchig.

Beim Feldaufgang zeigten sich leichte Unterschiede nach den verschiedenen Zwischenfrüchten. Signifikant positiv nach oben hoben sich hier die Rübsen ab. Dies mag wahrscheinlich daran liegen, dass die Rübsen (und die MS 100 A) sich leichter bearbeiten ließen als die üppigen und zähen Leguminosen. Außerdem hatten sie eine bessere Ausfallgetreide Unterdrückung gezeigt, die sich ebenfalls positiv auf die Bearbeitung und damit den Feldaufgang auswirkte. Messerwalze und Mulcher unterschieden sich im Feldaufgang nicht, dafür war der Mais Feldaufgang nach der Kreiselegge rund 10% Punkte besser. Auch der Herbizideinsatz brachte einen rund 10% Punkte besseren Feldaufgang, weil die Konkurrenz des Unkrautes deutlich geringer ausfiel.

Der hohe Bodenbedeckungsgrad der beiden Leguminosen wirkte sich auch positiv auf die Herbizidwirkung (gemessen im Unkrautdeckungsgrad nach der erfolgten Herbizidbehandlung) aus. Mit rund 20% war dieser jeweils signifikant niedriger als bei den Rübsen (29,1%) und der MS 100 A (38,5%). Auch die Bearbeitung der Zwischenfrüchte und insbesondere die Bodenbearbeitung hatte einen Einfluss auf die Herbizidwirkung. Während die Wirkung auf Zwischenfrüchte, Ausfallgetreide und Altverunkrautung hinsichtlich Zerstörung oder Wiederaustrieb durch die Messerwalze, aber auch größtenteils durch den Mulcher, gering waren erzielte die Kreiselegge hier einen guten Effekt. Der Mulcher konnte bei flacher Arbeitsweise zumindest die blühenden Erbsen und Rübsen zum Absterben bringen. Ohne Bodeneingriff (Mulcher, Messerwalze) traf das applizierte Maisherbizid oft auf die robuste „Altverunkrautung“, dementsprechend mäßig war die Wirkung (Unkrautdeckungsgrad ca. 30%). Nach der Kreiselegge waren es hauptsächlich neu keimende Maisunkräuter (im Keimblatt Stadium), gegen die das Maisherbizid erfolgreicher (Unkrautdeckungsgrad ca. 20%) war. Aus demselben Grund lag beim Glyphosateinsatz auf die Zwischenfrüchte der spätere Unkrautdeckungsgrad im Mais bei nur durchschnittlich 0,8%. Das Totalherbizid konnte nicht nur die überwinternde Zwischenfrucht, sondern auch die Altunkräuter und das Ausfallgetreide selbst ohne Bodenbearbeitung ausschalten. Neu keimendes Unkraut im Mais konnte somit gut kontrolliert werden. Ohne Glyphosat stieg der Unkrautdeckungsgrad auf 9,3% und in den unbehandelten Parzellen auf durchschnittlich 70,8%.

Beim ermittelten Ertrag gab es neben erwarteten Ergebnissen auch Überraschungen. So war nach der Zwischenfrucht Wintererbsen der Ertrag (97,1dt TM/ha) signifikant am höchsten, obwohl der Mais nach den Leguminosen erst Mitte bis Ende Mai gesät werden konnte. Durch die in der Regel wärmeren Temperaturen im Mai konnte der spät gesäte Mais sehr zügig keimen und ununterbrochen (meist keine Kältephase mehr) wachsen. Der früh gesäte Mais nach den Rübsen (89,5dt) und der MS 100 A (82,7dt) lag im Schnitt im Ertrag deutlich darunter. Die zumindest im Ertrag sehr guten Varianten (Kreiselegge/Herbizid und oder Glyphosat) der MS 100 A konnten den Schnitt nicht weiter erhöhen, weil speziell die unbehandelten Kontrollen sehr schlecht waren. Dies lässt sich mit dem hohem Unkrautdeckungsgrad in bzw. mit der abfrierenden Zwischenfrucht erklären. Ebenfalls kaum einen reduzierenden Einfluss auf das Unkrautgeschehen und damit in der Folge auch auf den Ertrag hatten Messerwalze und Mulcher. Damit und mit dem Bodenlockerungs- und Erwärmungseffekt ist zu erklären, warum im Schnitt aller Varianten der Ertrag mit der Kreiselegge um rund 15dt höher war. Ebenfalls deutlich signifikant wirkte sich der Herbizideinsatz auf den Ertrag aus. In den unbehandelten Parzellen lag der Ertrag durchschnittlich bei etwa 70dt TM/ha, mit Herbizid bei 94 dt und mit zusätzlich Glyphosat bei 101 dt.

Mehr als deutlich unterschied sich der spät gesäte Mais beim TS Gehalt. Nach den Leguminosen Zwischenfrüchten wurde Körnermais mit signifikanten 5% mehr Wassergehalt

geerntet. Ebenfalls zum Teil signifikant war der Einfluss der Bearbeitung. Mit gut 67% TS lagen die Messerwalze und der Mulcher gleich auf. Der Mais nach der Kreiselegge hatte mit 68,5% TS rund 1% geringfügig, aber signifikant weniger Wasser im Korn. Ebenfalls nachzuweisen war der Einfluss des Herbizideinsatzes auf den TS Gehalt. Von den unbehandelten Kontrollen, über die Maisherbizid bis zu den Glyphosat Parzellen stieg der TS Gehalt jeweils signifikant um ca. 1% Punkt an.

Die umfangreiche Untersuchung hat gezeigt, dass es durchaus viele Stellschrauben und damit Möglichkeiten gibt, mit deren Hilfe der Pflanzenschutz aufwand reduziert und gleichzeitig der Erosionsschutz optimiert werden können, ohne den Ertrag zu sehr zu gefährden. Dazu zählt der Anbau nicht abfrierender Zwischenfrüchte, die im Frühjahr deutlich mehr Erosionsschutz durch eine höhere Mulchauflage bieten können. Der Einsatz von Glyphosat würde eine Reduzierung bzw. Unterlassung der Bearbeitung zulassen, da Ausfallgetreide, Unkraut und weiter wachsende Zwischenfrüchte damit sicher erfasst werden. Die Untersuchung hat gezeigt, dass mit Bodenbearbeitung gute Feldaufgänge und Erträge zu erzielen sind. Der Erosionsschutz geht dabei allerdings zurück. Deshalb ist die Empfehlung, insbesondere bei Erosionsrisiko, aber auch um Pflanzenschutz reduzieren zu können, dichte und üppige (winterharte) Zwischenfruchtbestände zu nutzen. In trockenen Jahren oder Regionen kann es durchaus schwierig werden, optimale Zwischenfruchtbestände zu etablieren. Diese müssen unbedingt möglichst Unkraut und Ausfallgetreide frei sein, damit eine (reduzierte) Bearbeitung mit Messerwalze oder Mulcher den gewünschten Erfolg bringt. Maximal mit flacher und wenig intensiver Bodenbearbeitung sind bei sehr guten Zwischenfruchtbeständen Bodenbedeckungsgrade von über 30% möglich.

1 Einleitung

Bodenerosion, die insbesondere bei Reihenkulturen ein erhebliches Problem darstellen kann, verlangt eine möglichst ständige Bodenbedeckung. Bei spät den Bestand schließenden Kulturen, wie dem Mais, kann nur die Direkt- oder Mulchsaat mit dem Ziel einer möglichst hohen Bodenbedeckung mit Mulchmaterial Abhilfe schaffen. Als allgemeine Empfehlung gilt es einen möglichst hohen Anteil an organischem Material an der Bodenoberfläche zu belassen und auch zu erhalten (1). Auch hinsichtlich Abstandsauflagen bei der Düngung und beim Pflanzenschutz auf Hangflächen neben Gewässern ist eine Mulchsaat mit hohem Deckungsgrad anzustreben, um die Anwendungsbestimmungen einhalten zu können. Eine zu behandelnde Ackerfläche neben einem Oberflächengewässer mit mehr als 2 bzw. 4% Hangneigung darf nur dann mit einem Pflanzenschutzmittel mit Hangaufgabe behandelt werden, wenn zwischen Fläche und Gewässer ein mit einer geschlossenen Pflanzendecke bewachsener Randstreifen mit einer vorgeschriebenen Mindestbreite vorhanden ist. Der mit einer geschlossenen Pflanzendecke bewachsene Randstreifen ist nicht erforderlich, wenn hängige Flächen im Mulch- oder Direktsaatverfahren bestellt werden, d.h.

- bei Anbauverfahren, bei denen die Aussaat direkt in die unbearbeitete Fläche der Vorkultur bzw. direkt in die Getreidestoppel erfolgt
oder
- bei Mulchverfahren (Einarbeitung von Zwischenfrüchten oder Strohresten), wenn zum Zeitpunkt der Pflanzenschutzmittelanwendung eine durchschnittliche Abdeckung mit mindestens 30% Mulchmaterial an der Bodenoberfläche vorhanden ist (2)

Die geforderte 30% ige Bodenbedeckung nach der Saat lässt sich nur erreichen, wenn die Zwischenfrucht gut entwickelt in den Winter geht und wenn der Boden im Frühjahr überhaupt nicht oder zumindest nicht intensiv bearbeitet wird. Bisher war dies insbesondere durch den Einsatz von Totalherbiziden vor der Saat möglich. Der Einsatz von Glyphosat soll jedoch in naher Zukunft verboten oder zumindest stark eingeschränkt werden. Zudem soll der Pflanzenschutzaufwand in Deutschland bis zum Jahr 2030 um 50% reduziert werden. Neben der Option mit Herbiziden das Unkraut, die teils nicht abgefrorenen Zwischenfrüchte und das eventuell vorhandene Ausfallgetreide zu beseitigen oder zumindest zu unterdrücken, bleiben mechanische Verfahren oder pflanzenbauliche Maßnahmen. Letztere wäre die Forderung nach möglichst viel Biomasse, die das Unkraut und das Ausfallgetreide unterdrücken soll. Dazu werden schnellwüchsige Zwischenfruchtarten, die nach dem Abfrieren genügend strohiges Material hinterlassen empfohlen. Möglich ist auch der Anbau nicht abfrierender Zwischenfruchtarten, die an die Bearbeitung und an die Maisaussaat noch höhere Anforderungen stellen als abfrierende Arten. Diverse Mischpartner sollten einander ergänzen und dabei eine gleichmäßige Bedeckung sichern. Konsequenter Weise darf im Frühjahr im Rahmen der Gülleeinarbeitung und Saatbettbereitung kein reiner Tisch hergestellt werden, sondern das Mulchmaterial und die Bodenstruktur muss möglichst komplett erhalten bleiben. Dies erfordert eine Mulchsaat ohne (oder zumindest mit einer schonenden) Saatbettbereitung in Verbindung mit direktsaattauglicher oder wenigstens mulchsaattauglicher Sätechnik zu Reihenkulturen. Je höher das Erosionsrisiko, desto konsequenter und im Endeffekt vorsichtiger muss vorgegangen werden (1). Genau hier liegt die Problematik in der Praxis. Beim Einarbeiten der Gülle und/oder bei der Saatbettbereitung wird nicht selten zu intensiv gearbeitet, d.h. nach der Saat bleibt zu

wenig erosionsschützender Mulch übrig. Dies ist zum einem der Tatsache geschuldet, dass oft schon vor der Bearbeitung zu wenig Ausgangsmaterial vorhanden ist. Die teils extrem trockene Sommer- und Herbstwitterung der vergangenen Jahre lies in vielen Regionen keinen zufriedenstellenden Aufwuchs der Zwischenfrüchte zu. Zum anderen wird oft, um die Aussaat und letztlich den Feldaufgang nicht zu gefährden, zu intensiv gearbeitet, um den Pflanzen ein optimales Saatbett zu bereiten. Solange nach der Aussaat bis zum Reihenschluss keine starken Niederschläge fallen, entsteht dadurch kaum ein Problem. Das Erosionsrisiko ist jedoch sehr hoch. Bis zum Reihenschluss des Mais vergehen je nach Witterung mindestens 8 Wochen. Zudem fällt dieser Zeitraum in die Monate Mai bis Juni, in denen in der Regel die Gewitter und Starkniederschläge mit viel Regen innerhalb kurzer Zeit am häufigsten auftreten. Durch die Bearbeitung und Saat ist der Oberboden gelockert und damit stärker erosionsanfällig. Umfangreiche Erhebungen der LfL verdeutlichen, dass insbesondere in Hanglagen, aber auch selbst in nur leicht hügeligem Gelände, in fast allen Jahren, zumindest regional, stärkere Erosionsgeschehen auftreten. Durch die Erosion geht nicht nur wertvoller Oberboden verloren, sondern es findet meist auch eine zum Teil deutliche Beeinträchtigung der gesamten Bevölkerung bzw. der Kommunen statt. Darunter sind Auswirkungen wie Gewässerverunreinigungen oder Straßenschäden sowie Schlamm und Wasser in Siedlungen mit zum Teil erheblichen Kosten zu zählen. Die Landwirtschaft ist deshalb dringend dazu angehalten und durch das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) und die Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) verpflichtet Schäden durch Erosion soweit möglich zu verhindern. Neben vielen anderen Maßnahmen spielt der erfolgreiche Anbau im Mulchsaat oder Direktsaat Verfahren insbesondere von Reihenkulturen dabei eine entscheidende Rolle. Dies kann nur gelingen, wenn gleichzeitig eine möglichst hohe Bodenbedeckung und ein guter und gleichmäßiger Bestand bei den Kulturpflanzen erreicht werden. Dazu bedarf es neben pflanzenbaulicher Maßnahmen vor allem auch dem Einsatz bzw. der Verfügbarkeit geeigneter und optimal ausgestatteter Sätechnik. Einen maximalen Erfolg versprechende, optimal ausgerüstete Sätechnik wurde im Projekt A/15/10 (Untersuchung und Bewertung Wirkung von Zusatzwerkzeugen für Einzelkornsäugeräte für die Mulchsaat von Mais) untersucht. Mit entsprechender mulchsaattauglicher Technik und ausgewählten, passenden Vorwerkzeugen kann auch bei sehr hohen Bodenbedeckungsgraden und eingeschränkter Vorarbeit (Saatbettbereitung) erfolgreich Mais etabliert werden.

Die Frage hierbei ist, wie stark die (Zwischenfrucht - bzw. Boden -) Bearbeitung reduziert oder eventuell ganz unterlassen werden kann, um einerseits die Unkraut unterdrückende Bodenbedeckung mit Zwischenfrüchten und den Erosionsschutz zu erhalten und andererseits den Mais Feldaufgang, die Entwicklung und letztlich den Ertrag nicht zu gefährden.

2 Stand der Technik

Ein wirksamer Erosionsschutz erfordert eine optimale Bodenstruktur und Bodendeckungsgrade mit organischem Material von >30%. Diese Voraussetzungen können meist nur mit einer Mulchsaat ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“) erreicht werden. Zur Kontrolle der Altverunkrautung wird dabei entweder ein Totalherbizid eingesetzt und/oder eine mechanische Bodenbearbeitung vor der Saat durchgeführt. Im Rahmen der EU weiten Bestrebungen zur Reduzierung des chemischen Pflanzenschutz Einsatzes und vor dem Hintergrund der hitzigen Diskussion um die weitere Zulassung des Wirkstoffes Glyphosat

sind alternative Strategien zur Kontrolle der Altverunkrautung bei der Mulchsaat ohne Saatbettbereitung gesucht.

Bei Auswahl geeigneter Zwischenfrüchte, die Ausfallgetreide und Unkraut wirkungsvoll unterdrücken können, und darauf abgestimmten mechanischen Bearbeitungsmaßnahmen ohne (oder mit wenig) Eingriff in den Boden, kann die Bodenstruktur und gleichzeitig ein ausreichend hoher Bodenbedeckungsgrad erhalten bleiben. Gleichzeitig sollte bzw. muss dadurch eine ertragsrelevante Konkurrenz zum Mais durch Zwischenfrüchte, Ausfallgetreide und Unkraut verhindert werden können. Die Auswahl an möglichen Zwischenfrüchten (abfrierend, überwintert – Reinsaat, Mischungen – Kreuzblütler, Leguminosen, Gräser, Sonstige) ist nahezu unüberschaubar. Auch bei der Bearbeitung dieser bzw. der Saatbettbereitung zur Maissaat gibt es je nach Intensitätsstufe (Eingriff von gering bis stark) zahlreiche Möglichkeiten. Neben den klassischen, eher intensiveren Bodenbearbeitungsgeräten (Grubber, Scheibeneggen, zapfwellenbetriebene Geräte wie Fräse oder Kreiselegge) stehen auch immer mehr flach arbeitende Geräte zur Verfügung (Leichtgrubber, leichte Scheibeneggen, Messerwalzen o.ä.). Einige experimentierfreudige Landwirte haben auf Teilflächen bereits unkonventionelle Zwischenfrüchte ausgesät und/oder neuere Bearbeitungsverfahren mit unterschiedlichem Erfolg erprobt (3) (4). Daneben gab es in den letzten Jahren einige Maschinen Vorführungen zu dieser Thematik. Veranstalter waren hier zum Beispiel die Landmaschinenschule in Triesdorf oder der Club der Landwirte Augsburg.

Das Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL in der Schweiz hat versucht die Direktsaat von Mais in Zwischenfrüchte im Ökolandbau unter den oben genannten Gesichtspunkten zu optimieren und dazu seit 2012 Untersuchungen an mehreren Standorten in der Schweiz durchgeführt. Diese Untersuchungen schließen jeglichen Herbizideinsatz aus. Auf die Ergebnisse der umfangreichen Untersuchungen der FiBL wurde in diesem Projekt aufgebaut (5).

Aus den südlichen Bundestaaten der USA (Alabama, Georgia) wird von mechanischen Verfahren zum Abtöten („Termination“) nicht abfrierender Zwischenfrüchte (Grünroggen) mittels Messerwalzen („Roller Crimper“) berichtet (6). Da zwischen den Südstaaten der USA und Bayern große klimatische Unterschiede bestehen, lassen sich die Ergebnisse nicht übertragen (deutlicher Entwicklungsvorsprung des Grünroggens zum Zeitpunkt der Sojabohnen-, Baumwoll- bzw. Maisaussaat in den Südstaaten der USA).

3 Zielsetzung

In einem Großparzellenversuch sollte geklärt werden, wie (insbesondere winterharte) Zwischenfrüchte im Frühjahr so bearbeitet werden können, dass sie (größtenteils) absterben oder zumindest den folgenden Mais nicht beeinträchtigen. Neben rein oberflächigen Bearbeitungen sollte auch eine Saatbettbereitung geprüft werden, sofern sie einen hohen Bodenbedeckungsgrad erzielen kann. Als dritter Faktor wurde die Intensität des Pflanzenschutzes einbezogen. Hierbei sollten neben Standard Herbizid Anwendungen auch reduzierte Verfahren hinsichtlich ihrer unterdrückenden Wirkung auf Zwischenfrüchte, Ausfallgetreide und Unkraut verglichen werden.

Konkret sollten folgende Fragen geklärt werden:

1. **Welche Zwischenfrüchte eignen sich am besten?**
2. **Welche Bearbeitungsstrategien sind möglich und optimal?**
3. **Wie stark kann der Herbizideinsatz zurückgefahren werden?**

Am Ende des Untersuchungszeitraumes sollten so Aussagen zu verschiedenen Zwischenfrüchten und unterschiedlicher Bearbeitung des Bodens bzw. des Aufwuchses getroffen werden. Auch Aussagen zu unterschiedlichen Herbizid Strategien im Maisanbau sollten möglich sein.

Den Beratern, Landwirten und Lohnunternehmern können damit Entscheidungshilfen an die Hand gegeben werden, die zum Gelingen einer optimalen Mulchsaat selbst unter schwierigen Voraussetzungen beitragen können.

4 Eigene Untersuchungen

Im Vorfeld zum Forschungsvorhaben wurden bereits 2017 und 2018 in Freising Vorversuche mit Eigenmitteln der beteiligten Institute der LfL (IPS, IAB und ILT) mit 5 bzw. 9 unterschiedlichen Zwischenfrüchten und 6 Technikvarianten angelegt. Ziel war es eine Vorauswahl der Zwischenfrüchte und der mechanischen Bearbeitungsvarianten für das Hauptprojekt zu erreichen, sowie mögliche Herbizid Strategien auszutesten und damit die Parameter für das geplante Versuchsdesign einzugrenzen und festzulegen.

4.1 Versuchsplanung und Aufbau

Im ersten Schritt wurde in Zusammenarbeit mit der Abteilung IPZ 1e (Versuchsplanung, Auswertung und Biometrie) das Versuchsdesign, aufbauend auf die Vorversuche zur Untersuchung der Fragestellungen mit 3 Faktoren für 36 Versuchsvarianten mit 4 Wiederholungen geplant und erstmals 2018/2019 umgesetzt. Die untersuchten Faktoren waren „Zwischenfrucht“, „Bearbeitung“ und „Herbizid“. Um verschiedene Umwelteinflüsse (Boden, Witterung, Zwischenfruchtbestand) berücksichtigen zu können und letztlich eine bessere statistische Absicherung zu erreichen wurde der Versuch (V 706) auf 2 Standorten durchgeführt. Das Vorhaben wurde seit 2019 auf den beiden Standorten Ruhstorf (Parschalling bzw. Kettenham) und Achselschwang/Westerschondorf insgesamt in 4 Jahren/Anbauperioden durchgeführt.

4.2 Standorte

Die beiden Standorte unterschieden sich teils deutlich und lagen auch räumlich weit voneinander entfernt. Während der Standort in Niederbayern auf privaten Flächen von Landwirten (2019-2021 Mayerhofer Parschalling und 2022 Diewald Kettenham) lag, gehörten die Flächen in Oberbayern zu den Liegenschaften der Bayerischen Staatsgüter (Achselschwang). Kurze Standortbeschreibungen finden sich in der Tabelle.

Tab. 1: Versuchsstandorte Versuch V 706

Niederbayern	Oberbayern
<ul style="list-style-type: none"> Parschalling bzw. Kettenham bei Ortenburg (Lkr. Passau) 	<ul style="list-style-type: none"> Westerschondorf / Achselschwang (Lkr. Landsberg am Lech)
<ul style="list-style-type: none"> Gunststandort für Mais 	<ul style="list-style-type: none"> Grenzstandort für Mais
<ul style="list-style-type: none"> Niederschlag von Maisaussaat bis Ernte im Durchschnitt 2019 – 2021: 490 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Niederschlag von Maisaussaat bis Ernte im Durchschnitt 2019 – 2021: 560 mm

4.3 Ausgesäte Zwischenfrüchte

In den Versuch aufgenommen wurden 4 verschiedene Zwischenfrüchte bzw. Mischungen. Neben einer abfrierenden Mischung (Vergleichsvariante) (Abb. 1) kamen auch 3 überwinternde/winterharte Zwischenfrüchte (Abb. 2) zum Anbau.

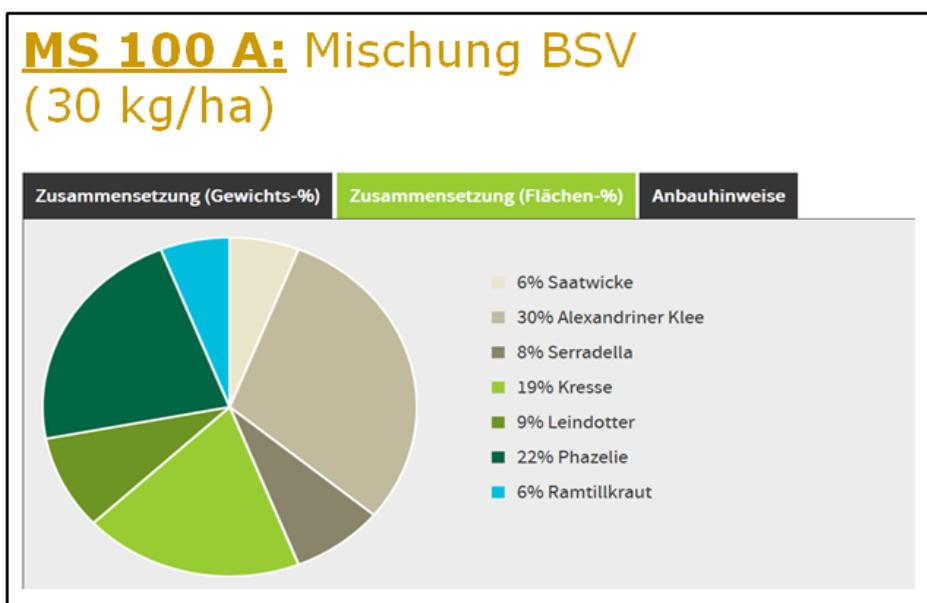


Abb. 1: Abfrierende Mischung MS 100 A

Winterrübsen: Buko oder Lenox
(15 kg/ha)

Wintererbsen: EFB33 oder James
(120 kg/ha)

Winter Inkarnatklee + Wicken:
Tardivo/Kardinal+Hungvillosa/Capello
(12 + 60 kg/ha)

Abb. 2: Winterharte Reinsaaten bzw. Mischung

Die MS 100 A Mischung und die Rübsen wurden unmittelbar nach der Getreideernte gesät (Anfang bis Ende August). In den ersten 3 Versuchsjahren wurde zu diesem Termin auch die Mischung aus Winter Inkarnatklee + Winter Wicken gesät. Da es zum Teil zu Auswinterungsschäden kam, wurde im letzten Versuchsjahr der Aussattermin der Eigenmischung aus Winter Inkarnatklee und Winter Wicken auf Anfang Oktober gelegt. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch immer die Wintererbsen gesät, wie es allgemein empfohlen wird. Alle Zwischenfrüchte wurden mit Kreiseleggendrillmaschinenkombinationen (also Hauptfrucht mäßig) bestellt. Zur Saatbettbereitung wurde gegrubbert und nur an einem Standort wegen der Vorfrucht Raps einmal gepflügt. Unmittelbar nach der Getreide Ernte erfolgte ein flacher Stoppelsturz (Kurzscheibenegge). Bei den später (Anfang Oktober) gesäten Zwischenfrüchten wurde auf Grund des langen Zeitfensters ein zusätzlicher (tiefer) Grubberstrich durchgeführt. Dies führte in der Regel dazu, dass in den Erbsen und den teils ebenfalls später gesättem Klee/Wickengemisch deutlich weniger Ausfallgetreide vorhanden war.

Dünger in Form von Gülle wurde innerhalb der erlaubten Menge nur vor den Rübsen ausgebracht und eingearbeitet und im Frühjahr anteilmäßig dem Mais angerechnet.

4.4 Ausgewählte Bearbeitungsverfahren

Von den im Vorfeld getesteten Bearbeitungsvarianten bzw. Maschinen wurden 3 unterschiedlich intensive Verfahren in das Versuchsdesign aufgenommen. Neben der klassischen intensiven Saatbettbereitung mit der Kreiselegge wurden auch 2 weniger intensive Verfahren untersucht. Zum anderen handelt es sich um eine Variante in der der Mais direkt, d.h. ohne Saatbettbereitung, in die abgemulchten Zwischenfruchtbestände gesät wurde. Die dritte, noch extensivere, Variante war die Aussaat in die lediglich mit Messerwalze bearbeiteten Bestände.

Die Aussaat erfolgte in allen Varianten am niederbayerischen Standort mit einer mulchsaattauglichen Väderstad „Tempo“, die mit Strohräumern und Schneidscheiben ausgestattet war.

Am oberbayerischen Standort erfolgte die Aussaat mit Geräten der Bayerischen Staatsgüter. In den ersten beiden Jahren stand ein älteres Monosem Einzelkornsägerät zur Verfügung, welches jedoch auch mit Strohräumern ausgerüstet war. In den beiden letzten Jahren konnte auf ein fabrikneues Gerät von Väderstad zurückgegriffen werden, welches optimal für die Mulchsaat ausgestattet war (neuartige frei bewegliche Strohräumer und spezielle Andruckrollen - mehrfach im Winkel verstellbar). Dies wirkte sich positiv auf die Saatgut Einbettung und damit auf den Feldaufgang aus.

Tab. 2: Bodenbearbeitungsvarianten Versuch V 706

Variante	Arbeitsschritt	Gerät	Bemerkung
Mulcher + Kreiselegge	1. Mulchen der Zwischenfrucht	Heck- oder Frontmulcher (Messer oder Hammer Werkzeuge)	vor der Bodenbearbeitung
	2. Saatbettbereitung	Kreiselegge	sehr flach (4-8cm), niedrige Drehzahl
	3. Maissaat	Väderstad „Tempo“	voll ausgestattete Mulch- bzw. Direktsaatmaschine
Mulcher	1. Mulchen der Zwischenfrucht	Heck- oder Frontmulcher (Messer oder Hammer Werkzeuge)	vor der Maissaat
	2. Maissaat	Väderstad „Tempo“	voll ausgestattete Mulch- bzw. Direktsaatmaschine
Messerwalze	1. Niederwalzen der Zwischenfrucht	Wallner „DoubleCuttingMaster“ Messerwalze im Heckanbau	vor der Maissaat mit Belastungs Gewichten ausgestattet
	2. Maissaat	Väderstad „Tempo“	voll ausgestattete Mulch- bzw. Direktsaatmaschine

4.5 Angewendete Herbizidvarianten

Ebenso wie bei der Technik wurde der Pflanzenschutz (Herbizideinsatz) in 3 verschiedene Varianten abgestuft. Neben einer Variante komplett ohne Herbizid (Kontrolle – unbehandelt) gab es zwei weitere Varianten mit Herbizideinsatz zum Mais bzw. zum Abtöten der Zwischenfrucht. In der Variante „Konventionell (Standort angepasst)“ wurde auf das Totalherbizid verzichtet und der Zwischenfrucht Aufwuchs lediglich mechanisch bearbeitet. In der dritten Variante wurde der Zwischenfrucht Aufwuchs (incl. Verunkrautung und Ausfallgetreide) vor der Bearbeitung mit Glyphosat behandelt. Beide Herbizidvarianten

wurden mit dem identischen Mais Nachauflauf Herbizid behandelt (MaisTer power 1,5l + Aspect 1,5l).

4.6 Versuchsvarianten und Versuchsplan

Um Aussagen insbesondere für Landwirte treffen zu können, musste das Versuchsdesign so gewählt werden, dass es besonders praxisnahe Bedingungen widerspiegelt. Da keine spezielle Parzellenversuchstechnik eingesetzt werden konnte und praxisübliche Geräte eine gewisse Strecke bzw. Zeit benötigen, um die endgültige Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitsqualität, Arbeitstiefe und z.B. auch Sägenauigkeit zu erreichen, wurde für die Versuchsparzellen eine Länge von 30m festgesetzt. Aufgrund der nur in begrenztem Umfang zur Verfügung stehenden Versuchsflächen wurde eine Parzellenbreite von 3m (vier Reihen, Ernte der zwei Kernreihen) festgelegt. Dies ist die (minimale) Arbeitsbreite von üblichen Praxis Geräten. Von jeder Parzelle mit 3 mal 30m wurde in der Mitte ein Kern von 1,5 mal 10m zu den Bonituren bzw. für die Ernte genutzt. Dieser 10m Bereich wurde dauerhaft durch einen Frässtreifen abgegrenzt und markiert.

Zu untersuchen und zu bewerten waren die 3 Faktoren (Tab. 3) „Zwischenfrucht“, „Bearbeitung“ und „Herbizid“ mit jeweils 3 - 4 Stufen pro Faktor. Die Anzahl der Parzellen ergibt sich aus der Anzahl der möglichen Varianten (Tab. 4) und der Anzahl der Wiederholungen. In Kombination mit den 36 verschiedenen Varianten und der Forderung nach 4 Wiederholungen ergab sich so eine Versuchsfläche mit 144 Parzellen für jeden Standort.

Ausgehend von diesen Überlegungen wurde, gemeinsam mit der LfL Abteilung „Versuchswesen und Biometrie“, ein Versuch (Bezeichnung: V 706) geplant. Dabei wurde eine vollständig randomisierte Blockanlage (lateinisches Rechteck) für jeden Standort entwickelt. Somit gab es 2 verschieden randomisierte Pläne (je einen pro Standort). In Abb. 3 ist beispielhaft der Plan für den Standort Westerschondorf (BaySG, Landkreis Landsberg am Lech) dargestellt.

Tab. 3: Faktorstufen Versuch V 706

Faktor	Variante	Abkürzung
1. Zwischenfrucht (Z)	1. GeoVital MS 100 A	MSA
	2. Winterrübsen	RÜ
	3. Wintererbsen	EFB
	4. Inkarnatklee + Winterwicken	TAR
2. Bearbeitung (B)	1. Messerwalze	MW
	2. Mulcher	MU
	3. Mulcher + Kreiselegge	KE
3. Herbizid (H)	1. Kontrolle (unbehandelt)	UK
	2. Totalherbizid + Herbizid	GLY
	3. Konventionell (Standort ang.)	SH

Tab. 4: Varianten Versuch V 706

1.	2.	3.	Variante	Varianten Nummer
Z	B	H		
1	1	1	MSA, MW, UK	1
1	1	2	MSA, MW, GLY	2
1	1	3	MSA, MW, SH	3
1	2	1	MSA, MU, UK	4
1	2	2	MSA, MU, GLY	5
1	2	3	MSA, MU, SH	6
1	3	1	MSA, KE, UK	7
1	3	2	MSA, KE, GLY	8
1	3	3	MSA, KE, SH	9
2	1	1	RÜ, MW, UK	10
2	1	2	RÜ, MW, GLY	11
2	1	3	RÜ, MW, SH	12
2	2	1	RÜ, MU, UK	13
2	2	2	RÜ, MU, GLY	14
2	2	3	RÜ, MU, SH	15
2	3	1	RÜ, KE, UK	16
2	3	2	RÜ, KE, GLY	17
2	3	3	RÜ, KE, SH	18
3	1	1	EFB, MW, UK	19
3	1	2	EFB, MW, GLY	20
3	1	3	EFB, MW, SH	21
3	2	1	EFB, MU, UK	22
3	2	2	EFB, MU, GLY	23
3	2	3	EFB, MU, SH	24
3	3	1	EFB, KE, UK	25
3	3	2	EFB, KE, GLY	26
3	3	3	EFB, KE, SH	27
4	1	1	TAR, MW, UK	28
4	1	2	TAR, MW, GLY	29
4	1	3	TAR, MW, SH	30
4	2	1	TAR, MU, UK	31
4	2	2	TAR, MU, GLY	32
4	2	3	TAR, MU, SH	33
4	3	1	TAR, KE, UK	34
4	3	2	TAR, KE, GLY	35
4	3	3	TAR, KE, SH	36

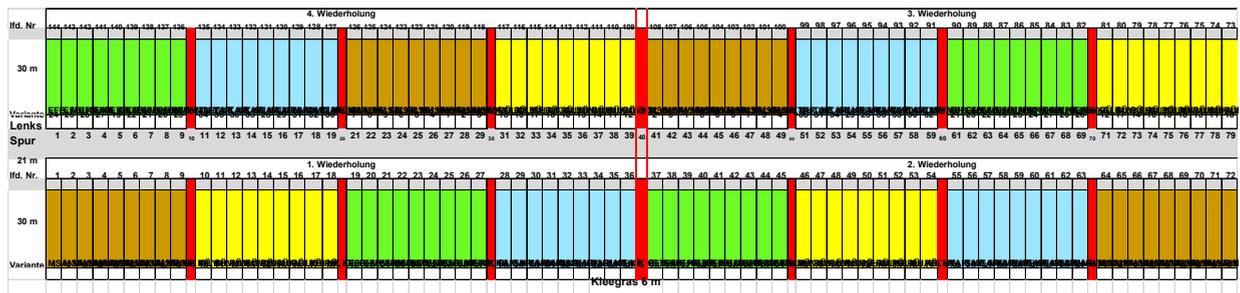


Abb. 3: Versuchsplan Standort Achselschwang/Westerschondorf

4.7 Versuchsdurchführung

Nach der Vorfruchternte (Achselschwang: Wintergerste - Parschalling bzw. Kettenham: zweimal Winterweizen, je einmal Wintergerste bzw. Winterraps) wurde ein flacher Stoppelbearbeitungsgang durchgeführt. Danach folgte ein zeitlich versetzter Hauptarbeitsgang vor der Bestellung der Zwischenfrüchte. Dazu wurde stets gegrubbert (Ausnahme im Herbst 2019 wurde nach Raps gepflügt).

Die 3 unterschiedlichen Zwischenfrüchte mit den teils verschiedenen Aussaatterminen wurden wie in 4.3 beschrieben Hauptfrucht mäßig ausgesät.

Vor der geplanten Maisaussaat im Frühjahr wurden die Parzellen (Zwischenfrüchte) in der „Totalherbizid + Herbizid“ Variante wenige Tagen bis max. 3 Wochen vorher mit Glyphosathaltigen Produkten behandelt. Am oberbayerischen Standort wurde dazu das zusätzlich mit Wuchsstoff angereicherte Kyleo mit voller Aufwandmenge eingesetzt, das insbesondere auf die Leguminosen eine etwas bessere Wirkung aufweist als die reinen Glyphosatprodukte, welche in Niederbayern eingesetzt wurden.

Generell wurden alle Parzellen identisch behandelt und bestellt, soweit es nicht die Unterschiede in den 2 Faktoren „Bearbeitung“ und „Herbizid“ betraf. Dies trifft sowohl auf die Düngung als auch auf die Aussaat zu, die jeweils betriebsüblich durchgeführt wurden. Auch die verwendete Maissorte (Oberbayern: LG 30.222 – Niederbayern: KWS Figaro) sowie die Aussaatstärke (8 Pfl/m²) wurden über alle Jahre konstant gehalten. Die Aussaatstärke wurde bewusst an der unteren Grenze festgelegt, um zu erreichen, dass sich etwaige Unterschiede im Feldaufgang auch im späteren Körnermaisertrag auswirken können. Die Grunddüngung richtete sich nach der Versorgung der Fläche und wurde bei allen Parzellen gleichmäßig zusammen mit einem Teil der Stickstoffdüngung mit dem Schleuderdüngerstreuer ausgebracht. Der Rest der Stickstoffmenge wurde nach Ermittlung der N min Gehalte unter den verschiedenen Zwischenfrüchten individuell mittels Unterfußdüngung bei der Maissaat ausgebracht.

Vor der Bearbeitung/Saat wurden die Parzellen exakt eingemessen und gekennzeichnet. Die Aussaat und die vorhergehende Bodenbearbeitung in den entsprechenden Parzellen wurde am Standort in Oberbayern mit dem Traktor des Betriebes Achselschwang durchgeführt. Der Schlepper verfügt über ein hochgenaues RTK Spurführungssystem und eine 2,25 m breite Schlepperspur. So konnte gewährleistet werden, dass die Parzellen (Maisreihen) exakt im selben Abstand stehen und kein Randeinfluss sichtbar wird. Durch die große Spurweite war der Kernbereich (Reihen 2 und 3) stets unbefahren. Auch am Standort Niederbayern kamen Schlepper mit vergleichbarer Ausrüstung der beiden Landwirte bzw. der LfL in Ruhstorf zum Einsatz.

Die Maissaat war unterteilt in einen frühen/normalen Termin (Mitte bis Ende April) und einen späten Termin (Mitte Mai bis Anfang Juni). Zum 1. Termin wurde der Mais der Variante mit abfrierender Zwischenfrucht gesät. Ebenfalls ausgesät wurde der Mais in die Zwischenfrucht Rübsen, die ab Mitte April bereits blühen und so gemäß der allgemeinen Empfehlung eine Bearbeitung beispielsweise mit der Messerwalze oder dem Mulchgerät ohne wesentlichem Neuaustrieb möglich sein soll. Die Wintererbsen und auch die Inkarntklee- Wickenmischung dagegen gehen erst Ende April in die richtige Wachstumsphase und damit erst gegen Mitte Mai in die Blüte, sodass der 2. Aussaat Termin rund 3-4 Wochen nach dem ersten zustande kam.

Die Zwischenfruchtbearbeitung (Mulcher bzw. Messerwalze) bzw. Saatbettbereitung (je nach Variante unterschiedlich intensiv) erfolgte in allen Parzellen am gleichen Tag. Im Anschluss an die (Boden)bearbeitung wurde die Aussaat durchgeführt. Dabei wurden jeweils alle Parzellen mit einer mulchsaattauglichen Einzelkornsämaschine (bei gleicher Ausstattung) bestellt. Die Fahrgeschwindigkeit betrug 6 – 7 km/h und die Aussaatiefe lag bei 3 – 6 cm. Bei guten Bedingungen (trocken, sonnig, windig) wurde die Aussaat am selben Tag durchgeführt. Teilweise musste etwas zugewartet werden für optimalere Bedingungen und die Aussaat konnte erst am Folgetag stattfinden. Insbesondere üppige, grüne (überwinternde) Zwischenfruchtbestände waren meist der Grund für die etwas feuchteren Bedingungen und verzögerten die Aussaat.

Nach dem Feldaufgang erfolgte entsprechend der Varianten des Faktors „Herbizid“ eine Nachauflaufbehandlung mit einer speziell angefertigten bzw. umgebauten Parzellenspritze. Hier wurden alle zu applizierenden Parzellen in Absprache mit der Abteilung IPS 3b einheitlich mit den Herbiziden „MaisTer power + Aspect“ behandelt.

Im Vegetationsverlauf wurden unterschiedliche Bonituren durchgeführt. Die erste zur Ermittlung des Bodenbedeckungsgrades mit der Schnurmethode (7) wurde etwa eine Woche nach der Saat durchgeführt. Dabei wird eine mit 50 Markierungen (Abstand 20cm) versehene Schnur (10m lang) diagonal über die Bearbeitungsrichtung gespannt. Die Mulchteile, die komplett unter diesen Markierungen liegen und breiter oder dicker als mindestens 2,38mm (3/32inch) sind, werden gezählt. Durch das Verhältnis der Anzahl „bedeckter“ Markierungen zur Gesamtzahl der Markierungen wird der relative Bedeckungsgrad ermittelt.

Alle weiteren Bonituren erfolgten immer in dem exakt abgegrenzten (Frässtreifen) 10m Kernbereich. Zur Ermittlung des Feldaufganges wurden alle Pflanzen in diesem Bereich (2. und 3. Reihe) gezählt und ins Verhältnis zur Aussaatstärke gesetzt.

Daneben fanden in diesem Kernbereich (späterem Erntebereich) noch 3 weitere Bonituren statt. 2 davon dienten der Beurteilung des Bestandes. Zum einen war dies die durchschnittlich ermittelte Bestandeshöhe (Maishöhe mit dem Meterstab gemessen) und zum anderen der Kulturdeckungsgrad. Letzterer Wert gibt an, wieviel Prozent der Fläche anteilig mit Mais bedeckt ist. Ein Wert von 100% beispielsweise gibt an, dass der Mais vollständig den Boden bedeckt und keine Lücken (Fehlstellen) vorhanden sind. Diese Bonitur hängt natürlich stark vom Zeitpunkt ab. Zeitlich vor dem Reihenschluss bonitiert kann der Wert auch bei einem sehr schönen und gleichmäßigen Mais niemals 100% erreichen. Der ermittelte Wert kann aber zum Vergleich der Varianten herangezogen werden. Im Falle dieses Projektes beispielsweise unterscheiden sich die Werte der frühen Saat (nach MS 100 A und Rüben) deutlich von denen der späten Saat (Klee- Wickengemisch und Erbsen). Bei letzteren beiden ist der Kulturdeckungsgrad im Mai/Juni deutlich niedriger als in den vergleichbaren Normalsaaten. Auf Grund der großen Anzahl der Bonituren und der Tatsache, dass über den ermittelten Feldaufgang (Zählwert!) und Ertrag (Messwert!) ebenfalls zuverlässige Daten über den Zustand der jeweiligen Variante vorlagen, wurde im Bericht auf die Darstellung und Diskussion dieser beiden Boniturwerte verzichtet. Dagegen mit Diagrammen in den Ergebnisteil aufgenommen wurden die Auswertungen der Unkrautdeckungs Bonitur. Hierbei wurden etwa 3 Wochen nach der Herbizidapplikation in den einzelnen Parzellen die Bedeckungsgrade mit grünem (nicht durch die Herbizidbehandlung abgestorbenes Unkraut oder auch Zwischenfrucht) Material bewertet und geschätzt. In den unbehandelten Parzellen waren es bis 100%, was bedeutet, dass die komplette Parzelle voller Unkraut stand und damit der Boden im Extremfall nicht mehr zu erkennen ist.

Bis zur Ernte wurden die Bestände laufend kontrolliert und etwaige Besonderheiten (Hagel, Unkrautnester wie beispielsweise Disteln, usw.) festgehalten und später bei der statistischen Berechnung gegebenenfalls korrigiert (Bildung Ersatzwert).

Der Versuch am Standort Westerschondorf musste jährlich aufwändig mittels eines elektrischen Wildschutzzaunes vor Wildschweinen geschützt werden.

Die Ernte erfolgte in Oberbayern mit Parzellen Mähdeschern der BaySG (Versuchsstation Straßmoos bzw. Frankendorf). Es wurde jeweils der 10m lange Kernbereich beerntet und direkt gewogen. Durch die Entnahme von Proben konnte mittels Trockenschrank der TS Gehalt jeder einzelnen Parzelle ermittelt werden. Am niederbayerischen Standort wurde wegen der besseren Verfügbarkeit und der räumlichen Nähe die Limagrain Versuchstation in Pocking mit dem Parzellendrusch beauftragt. Hierbei wurde neben des Körnermais Parzellengewichtes auch direkt mittels NIR Technik die Feuchte bestimmt, sodass keine Probennahme notwendig war.

Die Erntedaten sowie die Daten sämtlicher Bonituren wurden in Excel übertragen bzw. in PIAF registriert. Vor der Anfertigung von Auswertungen und entsprechenden Diagrammen wurden von der Abteilung Versuchswesen und Biometrie verschiedene statistische Plausibilitätsprüfungen und Tests durchgeführt.

4.8 Versuchsergebnisse (2019 – 2022)

4.8.1 Entwicklung und Eignung der Zwischenfrüchte

4.8.1.1 Standort Achselschwang/Westerschondorf (Oberbayern)

Die Aussaatbedingungen, Zeitpunkte und auch die weitere Entwicklung (Witterung Herbst/Winter) führten zu teilweise recht unterschiedlichen Zwischenfruchtbeständen (Tab. 5). Allein die Werte betrachtet würde zum Schluss führen, dass im Versuchsjahr 2020 die Zwischenfrucht viel besser und üppiger war, obwohl sie fast 4 Wochen (außer die Erbsen) später ausgesät wurde als im Vorjahr (31.7.2018). Verantwortlich dafür war die nasse Witterung, welche die Aussaat immer wieder verzögerte. In Wirklichkeit jedoch spiegelte sich im hohem Deckungsgrad quer über alle Zwischenfrüchte keine gute und üppige Entwicklung, sondern das massive Auftreten von Ausfallgerste und Unkraut dieses Jahres wider. Vielleicht wurde dies noch verstärkt durch den Hagelschlag etwa vier Wochen vor der Gersten Ernte.

Zum Maisanbau Jahr 2021 konnte der erste Teil der Zwischenfrüchte etwa eine Woche früher gesät werden. Der Bestand entwickelte sich somit, in Ergänzung mit den guten Wachstumsbedingungen, etwas besser als im Vorjahr. Auch Ausfallgerste war wieder reichlich vorhanden.

Auch im 4. und damit letzten Versuchsjahr wurden die ersten Zwischenfrüchte fast auf den Tag genau wie im Vorjahr Mitte der 2. Augusthälfte gesät. Die Entwicklung war etwas schlechter und der Ausfallgetreide Besatz etwas höher als im Vorjahr. Obwohl die Inkarnatklee- Wickenmischung erstmals zum späten Termin (zusammen mit den Erbsen En-

de September) gesät wurde, war der Aufwuchs zumindest zum Zeitpunkt der (späten!) Maissaat ähnlich gut wie in den Vorjahren.

In der Regel war der Ausfallgetreide Besatz in den später gesäten Zwischenfrüchten (Erbsen und im letzten Jahr Inkarnatklee – Wicken Gemisch) niedriger. Dies lag an der Tatsache, dass dadurch eine 2. tiefe Bodenbearbeitung vor der Saat durchgeführt werden konnte und somit mehr Ausfallgetreide zerstört wurde.

Tab. 5: Bodenbedeckungsgrad Zwischenfrüchte (Oberbayern)

(ermittelt nach der Maissaat - Durchschnitt aller Varianten)

Variante	Bodenbedeckungsgrad [%]				
	Jahr 2019	Jahr 2020	Jahr 2021	Jahr 2022	Mittelwert
Geo Vital MS 100 A (abfrierende Mischung)	47	70	44	43	51
Winterrübsen (winterhart)	53	73	50	63	60
Wintererbsen (winterhart)	66	81	74	73	73
Inkarnatklee-Winterwicken (winterhart)	47*	87	67	71	75
Mittelwert	55	77	58	62	
*durch Schneeschimmelbefall sehr stark ausgewintert					

In den Abb. 4 bis Abb. 7 sind normal entwickelte, d.h. anzustrebende, Zwischenfruchtbestände im Herbst bzw. Frühjahr zu sehen. Teilweise waren die Bestände lückiger, schlechter und vor allem mit deutlich mehr Ausfallgetreide bestückt. In der abfrierenden Zwischenfrucht ist auch hier gut das Ausfallgetreide bzw. Unkraut zu erkennen, da im Frühjahr die Zwischenfrucht Komponenten stets (teilweise der enthaltene Klee nicht) abgefroren waren und Platz für die Entwicklung von Ausfallgetreide und Unkraut boten.

Bei den überwinterten Leguminosen ist zu sehen, dass Anfang Mai erst das Hauptwachstum einsetzte und eine Bearbeitung im blühenden Zustand meist noch nicht möglich war.

Bei den Rübsen ist gut zu erkennen, wie der Totalherbizid Einsatz das weitere Wachstum abrupt hemmte bzw. stoppte.



Abb. 4: MS 100 A links am 10.10.19 und rechts am 15.04.21



Abb. 5: Rübsen links am 10.10.19 und rechts am 15.04.20 (rechts mit Glyphosat)



Abb. 6: Inkarnatklee + Wicken links am 10.10.19 und rechts am 04.05.20



Abb. 7: Erbsen links am 10.10.19 und rechts am 04.05.21

4.8.1.2 Standort Parschalling/Kettenham (Niederbayern)

Auch am Standort Parschalling wurde im ersten Versuchsjahr die Zwischenfrucht bereits sehr früh (02.08.18) bestellt. Trotz ähnlicher Bedingungen entwickelten sich die MS 100 A und die Rübsen nicht so gut wie in Westerschondorf. Das war wahrscheinlich auch der Grund, warum zumindest ab dem Frühjahr in der abgestorbenen MS 100 A viel Ausfallgetreide zu finden war. Dennoch war der Bodenbedeckungsgrad nach der Maissaat nur bei 30% (Tab. 6). Bei den Wintererbsen, die erst Anfang Oktober gesät wurden und erst im Frühjahr richtig wachsen, gab es 2019 keine Unterschiede zwischen den Standorten.

Im zweiten Versuchsjahr 2020 konnten in Parschalling im Herbst sehr gute Zwischenfruchtbestände etabliert werden. Die Aussaat erfolgte bei der frühen Saat (16.08.2019) etwa eine Woche früher als in Westerschondorf und wirkte sich letztlich positiv auf die Herbstentwicklung aus. Lediglich die zum späten Termin (1. Oktober) gesäten Erbsen kamen selbst im Frühjahr nicht zügig in die Gänge, sodass zum zweiten Maissaat Termin am 7. Mai nur bei den Inkarnat- Winterwicken Parzellen ein üppiger Bestand zur Verfügung stand, der sich auch durch die Bearbeitung im grünen Zustand nicht stark reduzierte. Tab. 6 verdeutlicht, dass sich gute und üppige Bestände bei trockenen Bedingungen und brüchigem Material (abgefrorene MS 100 A) durch Bearbeitung leider leicht zerkleinern und damit (oft) zu sehr reduzieren lassen und Bodenbedeckungsgrade über 30% nicht selbstverständlich sind.

Im dritten Maisanbau Jahr 2021 wurden die ersten Zwischenfrüchte erst am 20. August gesät, entwickelten sich jedoch auf Grund der guten Wachstumsbedingungen wieder sehr gut. Wie in Westerschondorf war das Ausfallgetreide in allen Zwischenfrüchten mehr oder weniger stark vertreten. Auch die Erbsen bildeten, obwohl erst am 10. Oktober gesät, einen gleichmäßigeren Bestand aus als im Vorjahr.

Im letzten Jahr 2022 war der 1. Aussaatzeitpunkt (25. August) im Vergleich zum Vorjahr nochmals 5 Tage nach hinten gerutscht. Trotz sofortiger Niederschläge konnte die fehlende Vegetationsdauer nicht mehr aufgeholt werden und der Aufwuchs war schlechter als in den beiden Vorjahren. Die Inkarnatklee Wicken Mischung wurde auf Grund der Auswinterungs Problematik, die in den Vorjahren einmal fast flächig und einmal partiell auftrat,

zusammen mit den Erbsen zum späteren Oktober Termin gesät. Dementsprechend gering (aber so gewollt) war folglich hier der Aufwuchs vor dem Winter. Dies führte unter anderen zu den niedrigen Bodenbedeckungsgraden in allen Varianten. Aber auch die Tatsache, dass das Glyphosat 3 bzw. 4 Wochen (Frühsaat) vor der Bearbeitung ausgebracht wurde wirkte sich negativ aus. Dies bewirkt, dass der Aufwuchs Zuwachs der jeweiligen Zwischenfrucht u.U. schon sehr früh gestoppt wird. Durch den langen Zeitraum sterben die Pflanzen vollständig ab und das Material zerbröselt stärker als kurz vorher behandeltes. Dies führt zu niedrigeren Bodenbedeckungsgraden, insbesondere bei den intensiveren Bearbeitungsverfahren.

Tab. 6: Bodenbedeckungsgrad Zwischenfrüchte (Niederbayern)

(ermittelt nach der Maissaat - Durchschnitt aller Varianten)

Variante	Bodenbedeckungsgrad [%]				
	Jahr 2019	Jahr 2020	Jahr 2021	Jahr 2022	Mittelwert
Geo Vital MS 100 A (abfrierende Mischung)	30	37	33	22	31
Winterrübsen (winterhart)	51	63	36	20	42
Wintererbsen (winterhart)	68	26"	64	56	63
Inkarnatklee-Winterwicken (winterhart)	33*	66	68	55	63
Mittelwert	50	55	50	38	
*durch Schneeschimmelbefall sehr stark ausgewintert					
" sehr dünner Bestand trotz hoher Aussaatstärke					

4.8.1.3 Merkmale und Bewertung der angebauten Zwischenfrüchte

Für die Etablierung und Ausbildung einer guten Zwischenfrucht und damit möglichst hohen Bodenbedeckung waren (sind) viele Faktoren zuständig. Neben einer guten Sätechnik spielten der Aussaatzeitpunkt, die folgenden Witterungsbedingungen (Wasser, Temperatur, Fröste – jeweils im kompletten Zeitraum von der Aussaat bis zur Zerkleinerung vor der Maissaat) die entscheidende Rolle. Hinsichtlich Erosionsschutz (Herbst, Winter und Frühjahr) und der Eignung für die Bearbeitung gab es teils deutliche Unterschiede.

1. Abfrierende Mischung (MS 100 A)

- Fertigmischung (ca. 110 €/ha)
- einfach, problemlos, flexibel im Anbau
- stirbt meist problemlos ab, kein Wachstum im Frühjahr
- oft starkes Problem mit Ausfallgetreide und Altverunkrautung

- alle getesteten Bearbeitungsverfahren problemlos möglich
- Wiederaustrieb nach Bearbeitung: nein (Ausfallgetreide: ja)
- Erosionsschutz

Herbst, Winter	+
Frühjahr	Ø

2. Winterrübsen

- Kreuzblütler (ca. 40 €/ha)
- Gülle im Herbst möglich
- einfach, problemlos, flexibel im Anbau
- wächst zügig, treibt zeitig im Frühjahr wieder aus
- weniger starkes Problem mit Ausfallgetreide und Altverunkrautung
- alle getesteten Bearbeitungsverfahren mehr oder weniger problemlos möglich
- Wiederaustrieb nach Bearbeitung: möglich
- Erosionsschutz

Herbst, Winter	+
Frühjahr	+

3. Wintererbsen

- Leguminose (ca. 210 €/ha)
- Stickstoffsammler
- wenig flexibel im Anbau, Auswinterung möglich (Kahlfröste)
- wächst langsam im Herbst, kommt erst spät im Frühjahr
- geringes Ausfallgetreide Problem (späte Saat => mehrfache Bodenbearbeitung im Sommer möglich)
- alle getesteten Bearbeitungsverfahren möglich, aber anspruchsvoll
- Wiederaustrieb nach Bearbeitung: vorhanden, aber meist beherrschbar
- Erosionsschutz

Herbst, Winter	-
Frühjahr	++

4. Inkarnatklee Wickenmischung

- Leguminosen Eigenmischung (ca. 240 €/ha)
- Stickstoffsammler
- wenig flexibel im Anbau, Auswinterung möglich (Ursache wahrscheinlich geschlossene Schneedecke)
- wächst langsam im Herbst, kommt erst spät im Frühjahr
- geringes Ausfallgetreide Problem (späte Saat => mehrfache Bodenbearbeitung im Sommer möglich)
- alle getesteten Bearbeitungsverfahren mehr oder weniger möglich und sehr anspruchsvoll

- Wiederaustrieb nach Bearbeitung: vorhanden, je nach Technik gut (Kreiselegge) oder weniger (Mulcher, Messerwalze) beherrschbar
- Erosionsschutz

Herbst, Winter	-
Frühjahr	++

4.8.2 Einsatz und Bewertung der eingesetzten Geräte

Bereits im Vorversuch wurden zahlreiche Geräte und Verfahren zur Bearbeitung der Zwischenfrüchte und des Bodens eingesetzt und erprobt. Neben klassischen Mulchern kamen zwei unterschiedliche Messerwalzen, eine Fräse, eine Kurzscheibenegge mit gewellten Scheiben und ein Kreiselgrubber mit speziellen Zinken zum Einsatz. Auf Grund der Erfahrungen und unter Einbeziehung des maximal möglichen Versuchsumfanges wurden 3 verschiedene Geräte/Verfahren ausgewählt. Im Folgenden werden diese beschrieben und bewertet:

1. Messerwalze

Bei der Messerwalze fiel die Entscheidung auf ein Gerät mit Doppelmesserwalze in Kombination mit zwei Wellscheiben Reihen. Auf Grund dieser Mehrfachausführung in Ergänzung mit dem hohen Einsatzgewicht (mit Zusatzgewichten insgesamt 1720kg bei 3m Arbeitsbreite) sollte ein sicherer und eventuell mehrfacher Schnitt stattfinden. Die Zerkleinerungswirkung des nur bodenangetriebenen Gerätes war jedoch im Vergleich zum zapfwellenbetriebenen Mulcher eher gering. Gefahren wurde das Gerät auf Grund des hohen Gewichtes im Heck, ein Frontanbau wäre jedoch technisch möglich gewesen.

Nur sperriges (üppige Rübsen im Blühstadium), brüchiges Material (abgestorbene MS 100 A - im trockenen Zustand!) und sehr weiches, fleischiges Material (Erbsen) wurden etwas zerkleinert und mehr oder weniger komplett umgelegt. Zäheres Material wie die Inkarnat- klee - Wicken Mischung wurde nur unwesentlich beschädigt und blühte zum Teil am Folgetag der Bearbeitung weiter oder richtete sich bereits wieder auf. Auch das Ausfallgetreide wurde durch eine Überfahrt kaum beschädigt und blieb teilweise fast senkrecht stehen. Leider wurden beim Einsatz der Messerwalze vereinzelt Hasen und Fasane getötet. Der Grund dafür dürfte sein, dass diese das weitgehend lautlose und sehr schnell gefahrene Gerät nicht kommen hören. Ein Auffinden im Bestand war sehr schwierig, da die Bestände sehr dicht waren. Die wenigen, relativ kleinen Parzellen in Kombination mit der Spätsaat hatten offensichtlich einen zusätzlich

anziehenden Effekt auf alles Wild in der Umgebung.

Tab. 7: Merkmale und Beurteilung der Messerwalze

Merkmal	Beurteilung
Gewicht	sehr hoch
Leistungsbedarf	niedrig
Flächenleistung	hoch

Zerkleinerung/Intensität	mäßig
Anpassung der Intensität	Kaum möglich
Wirkung auf Ausfallgetreide	mäßig
Wirkung auf MS 100 A	Brüchig, trocken – gut / feucht, zäh - mäßig
Wirkung auf Rübsen	bei ausreichender Wuchshöhe – gut bei kleinen, zähen Pflanzen – mäßig
Wirkung auf Erbsen	besser als bei Klee / Wicken
Wirkung auf Inkarnatklee / Wicken	mäßig (dichte Matte schirmt sich gegenseitig ab)
Materialstau/Störungen	Nein (Achtung: gefährlich für Wild)



Abb. 8: Messerwalze in blühenden Erbsen

2. Mulchgerät

Mulchgeräte sind meist vorhanden und flexibel einsetzbar. Je nach Standort und Jahr standen uns verschiedene Mulchgeräte zur Verfügung. Dies waren sowohl Geräte mit Hammer als auch mit Y Schlegel Werkzeugen. Auf die Bearbeitung und Zerkleinerung wirkten sich die Bauformen (bei angepasster Fahrgeschwindigkeit) eher weniger aus. Wichtiger war der Zustand der Werkzeuge und die Arbeitshöhe. Gerade bei lagernden Zwischenfrüchten (Kleemischung) oder sehr niedrig blühenden Rübsen ist eine tiefe Bearbeitung knapp über der Bodenoberfläche notwendig. Bei hohem Steinbesatz (wie in Westerschön-

dorf) war dies jedoch nur bedingt möglich. Zum Teil wurden die Geräte in der Front gefahren, was die vollständige und exakte Bearbeitung vereinfacht.

Grünes Material konnte besser erfasst und zerkleinert werden als trockenes, sperriges. Bei kräftigen Rübsen und bei der MS 100 A gab es keine Probleme. Bei den üppigen, teils sehr wasserhaltigen Leguminosen kamen das Mulchgerät und auch der Schlepper teilweise an ihre Grenzen. Außerdem schob sich - mehr oder weniger bei allen Geräten gleichermaßen - an den Gleitkufen zähes und vorallem langes Material mit und es kam teilweise zur störenden Haufenbildung.

Tab. 8: Merkmale und Beurteilung der Mulchgeräte

Merkm ^{al}	Beurteilung
Gewicht	hoch
Leistungsbedarf	hoch
Flächenleistung	mittel
Zerkleinerung/Intensität	gut
Anpassung der Intensität	verschiedene Anpassungen möglich
Wirkung auf Ausfallgetreide	mäßig bis gut
Wirkung auf MS 100 A	gut
Wirkung auf Rübsen	bei ausreichender Wuchshöhe – sehr gut bei kleinen, zähen Pflanzen – gut
Wirkung auf Erbsen	gut
Wirkung auf Inkarnatklee / Wicken	mäßig bis gut
Materialstau/Störungen	ja (Materialstau Gleitkufen) (Achtung: gefährlich für Wild)



Abb. 9: Mulcher in Rübsen und rechts in MS 100 A (viel Ausfallgetreide)

3. Mulchgerät + Kreiselegge

In der intensivsten Bearbeitungsvariante wurde nach dem Mulchen die Kreiselegge zur Saatbettbereitung eingesetzt. Auch hier standen in den einzelnen Jahren verschiedene Geräte (neu und gebraucht) zur Verfügung. In der Arbeitsweise gab es zwar leichte Unterschiede, die aber mehr an der Einstellung bzw. Fahrweise lagen als an der Bauweise. In der Regel wurde flach (4 - 8cm) und mit niedriger Drehzahl gefahren. Bei trockenen und optimalen Bodenbedingungen wurden alle Zwischenfruchtarten und auch das Ausfallgetreide und die Altverunkrautung fast vollständig erfasst. Der Feldaufgang war deshalb besser als ohne Bodenbearbeitung. Nachteilig ist die entstehende Neuverunkrautung und die resultierende geringe Mulchauflage. Ähnlich wie beim Mulcher kam es teilweise (insbesondere in den Leguminosen) zum Aufschieben von insbesondere zähen, langen Pflanzen Material an den Seitenblechen.

Tab. 9: Merkmale und Beurteilung der Kreiseleggen

Merkm ^{al}	Beurteilung
Gewicht	Hoch
Leistungsbedarf	mittel
Flächenleistung	Mittel
Entwurzelung	Gut
Anpassung der Intensität	verschiedene Anpassungen möglich
Erstellung Saatbett	bei Rübsen und MS 100 A - gut bei Erbsen und v.a. Klee – teils mäßig
Einfluss auf Bodenbedeckung	reduzierend wirkend
Materialstau/Störungen	ja (Materialstau Seitenbleche)



Abb. 10: Kreiselegge in abgestorbener MS 100 A

(links Bestand mager mit viel Ausfallgetreide – rechts gut mit wenig Ausfallgetreide)

4.8.3 Bodenbedeckungsgrad

(nach der Maissaat – Erosionsschutz)

Der Bodenbedeckungsgrad wurde, wie alle anderen Merkmale, statistisch verrechnet. Dazu wurden die einzelnen Ergebnisse der beiden Standorte und die jeweiligen 4 Versuchsjahre zu einem Mittelwert zusammengefasst. Für manche Faktoren und Standorte bzw. Jahre fehlten einzelne Daten (Schäden durch Witterung, Dachs bzw. Wildschweine). Aufgrund der Durchführung über 4 Jahre an 2 Standorten war dennoch eine ausreichende Dichtendichte vorhanden. Die folgenden Diagramme zeigen jeweils das ermittelte Merkmal aufgeschlüsselt nach den 3 untersuchten Faktoren (Zwischenfrucht, Bearbeitung, Herbizid).

In Abb. 11 ist zu erkennen, dass die Zwischenfrucht einen meist signifikanten Einfluss auf die Höhe des Bodenbedeckungsgrades ausübte. Der niedrigste Bodenbedeckungsgrad wurde nach der abfrierenden Zwischenfruchtmischung ermittelt. Die beiden winterharten Leguminosen Zwischenfrüchte unterschieden sich nicht signifikant, lagen aber deutlich über den beiden Nichtleguminosen. Im Mittel konnten mit allen 4 Zwischenfrüchten Bodenbedeckungsgrade >30% mit sehr hohem Erosionsschutz Potential erreicht werden.

Auch durch die Bearbeitung ergaben sich zum Teil Unterschiede, wie Abb. 12 deutlich macht. Während sich die beiden oberflächlichen Bearbeitungen mit der Messerwalze bzw. dem Mulcher nicht signifikant unterschieden, ging der Bodenbedeckungsgrad durch den Einsatz der Kreiselegge deutlich auf rund die Hälfte zurück. Die intensive Bearbeitung (Mulcher + Kreiselegge) reduzierte im Mittel, wie auch in 6 einzelnen Versuchsvarianten (Tab. 10), den Bodenbedeckungsgrad auf unter 30%.

Beim 3. Faktor „Herbizid“ gab es ebenfalls zum Teil Unterschiede. Wie Abb. 13 zeigt ging der Bodenbedeckungsgrad durch den Einsatz von Glyphosat auf die Zwischenfrucht signifikant um rund 10% Punkte zurück. Die Niveaus liegen jedoch über 30%.

Tab. 10 zeigt den Bodenbedeckungsgrad aller 36 Varianten (Faktorkombinationen). Signifikant unterscheiden sich nur Teile der Tabelle, obwohl die absolute Spanne von 22 bis fast 90% Bodenbedeckungsgrad reicht. Auffallend ist, dass alle 12 Kreiseleggenvarianten die niedrigsten Bodenbedeckungsgrade aufweisen. Ganz oben in der Tabelle stehen nur Varianten mit Erbsen oder Klee Zwischenfrucht.

Zwei dieser Extrembeispiele zeigen die beiden unten stehenden Bilder. In Abb. 14 ist eine Kreiseleggenvariante in Erbsen zu sehen, die im Schnitt der Jahre um die 30% Bodenbedeckungsgrad lag. Bei gutem Erbsenbestand und schonender Bearbeitung waren, wie auf dem Bild zu sehen, auch über 30% möglich. Bei ungünstigen Ausgangsvoraussetzungen insbesondere in Verbindung mit (früherem) Glyphosateinsatz wird es schwierig 30% zu erreichen. Am oberen Ende der Skala mit Werten bis fast an die 90% lagen die Varianten mit Messerwalze speziell bei den Erbsen (Abb. 15) oder dem Klee gemenge.

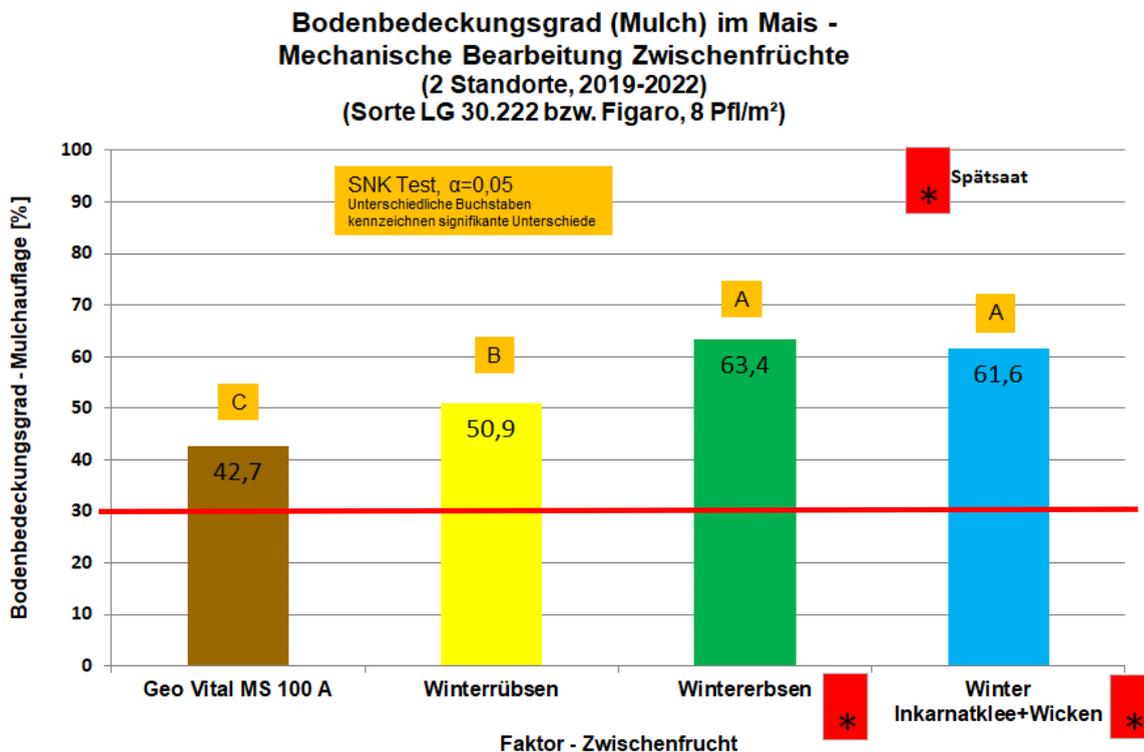


Abb. 11: Einfluss Zwischenfrucht auf Bodenbedeckungsgrad

(alle Versuchsvarianten)

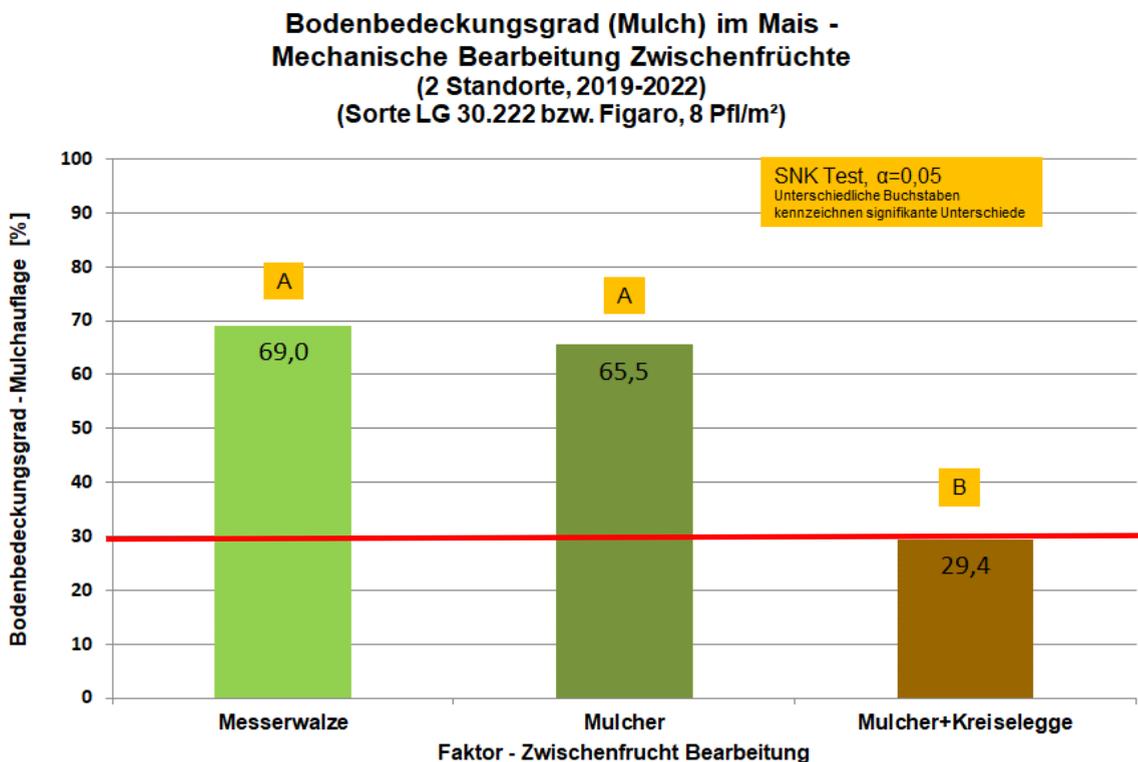


Abb. 12: Einfluss Bearbeitung auf Bodenbedeckungsgrad

(alle Versuchsvarianten)

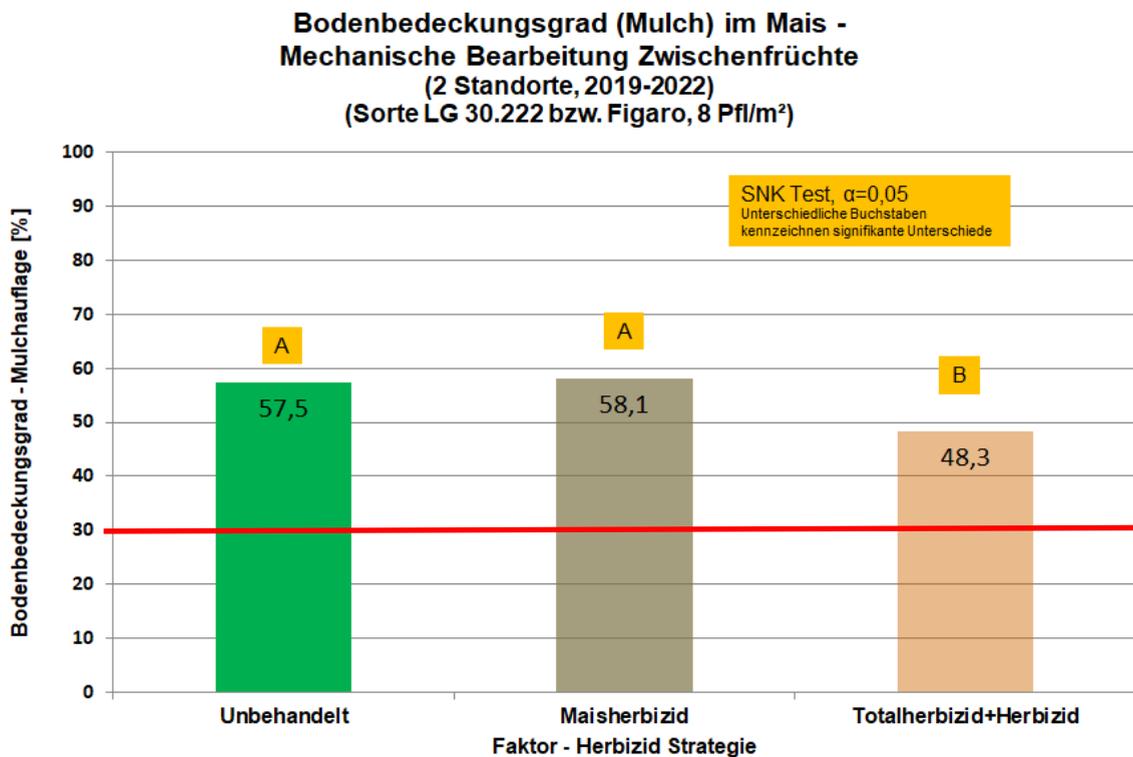


Abb. 13: Einfluss Herbizideinsatz auf Bodenbedeckungsgrad
(alle Versuchsvarianten)

Tab. 10: Bodenbedeckung Mulch (alle Varianten/Standorte/Jahre)

Varianten Kombination (Zwischenfrucht – Bearbeitung – Herbizid)	Bodenbedeckung absolut [%]	Bodenbedeckung relativ [%]	Signifikanz
Wintererbsen---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	87.63	160	A
Wintererbsen---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	85.66	157	A
Inkarnatklee+Winterwicken---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	82.31	151	A
Inkarnatklee+Winterwicken---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	81.59	149	A
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	79.44	145	A
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	77.84	142	A
Wintererbsen---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	77.06	141	AB
Wintererbsen---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	77.00	141	AB
Wintererbsen---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	75.94	139	ABC
Inkarnatklee+Winterwicken---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	72.31	132	ABCD
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	70.47	129	ABCDE
Wintererbsen---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	69.75	128	ABCDE
Winterrübsen---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	68.72	126	ABCDE
Winterrübsen---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	67.59	124	ABCDEF
Winterrübsen---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	66.91	122	ABCDEF
Winterrübsen---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	64.78	119	ABCDEFG
GeoVital MS 100 A---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	55.13	101	HBCDEFG
GeoVital MS 100 A---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	55.09	101	HBCDEFG
GeoVital MS 100 A---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	54.22	99	HCDEFG
GeoVital MS 100 A---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	52.63	96	HIDEFG
Winterrübsen---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	50.06	92	HIEFG
Winterrübsen---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	49.78	91	HIEFG
GeoVital MS 100 A---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	46.84	86	HIJFG
GeoVital MS 100 A---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	45.22	83	HIJKG
Wintererbsen---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	35.31	65	HIJKL
Winterrübsen---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	34.59	63	HIJKL
Wintererbsen---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	33.97	62	HIJKL
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell	33.97	62	HIJKL
Winterrübsen---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	31.94	58	IJKL
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	31.91	58	IJKL
Wintererbsen---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	27.88	51	JKL
GeoVital MS 100 A---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	27.56	50	JKL
GeoVital MS 100 A---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	25.50	47	JKL
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	24.81	45	JKL
Winterrübsen---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	23.91	44	KL
GeoVital MS 100 A---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	21.97	40	L



Abb. 14: Bodenbearbeitung in den gemulchten (Totalherbizid appliziert) Erbsen



Abb. 15: Maissaat in den niedergewalzten Erbsen (nach Messerwalze)

4.8.4 Feldaufgang

Der Feldaufgang wurde von der Art der Zwischenfrucht beeinflusst, wie Abb. 16 zeigt. Der Feldaufgang im Mais war im Schnitt aller Winterrübsen Parzellen etwa 5% Punkte

signifikant höher als mit allen anderen Zwischenfrüchten, die sich untereinander nicht signifikant unterschieden haben.

Auch die Art der Bearbeitung der Zwischenfrüchte hatte teilweise einen Einfluss auf den Feldaufgang des folgenden Mais. Wie Abb. 17 zeigt war der Feldaufgang durch den Einsatz der Kreiselegge höher als beim Einsatz von Mulcher solo oder der Messerwalze und zwar signifikant um rund 10% Punkte.

Sogar der unterschiedliche Herbizideinsatz hatte einen markanten Einfluss auf den Feldaufgang (Abb. 18). Während der Feldaufgang der Glyphosat Variante nur tendenziell höher lag als der der Maisherbizid solo Variante, fiel die unbehandelte Kontrolle deutlich signifikant um 10% Punkte ab.

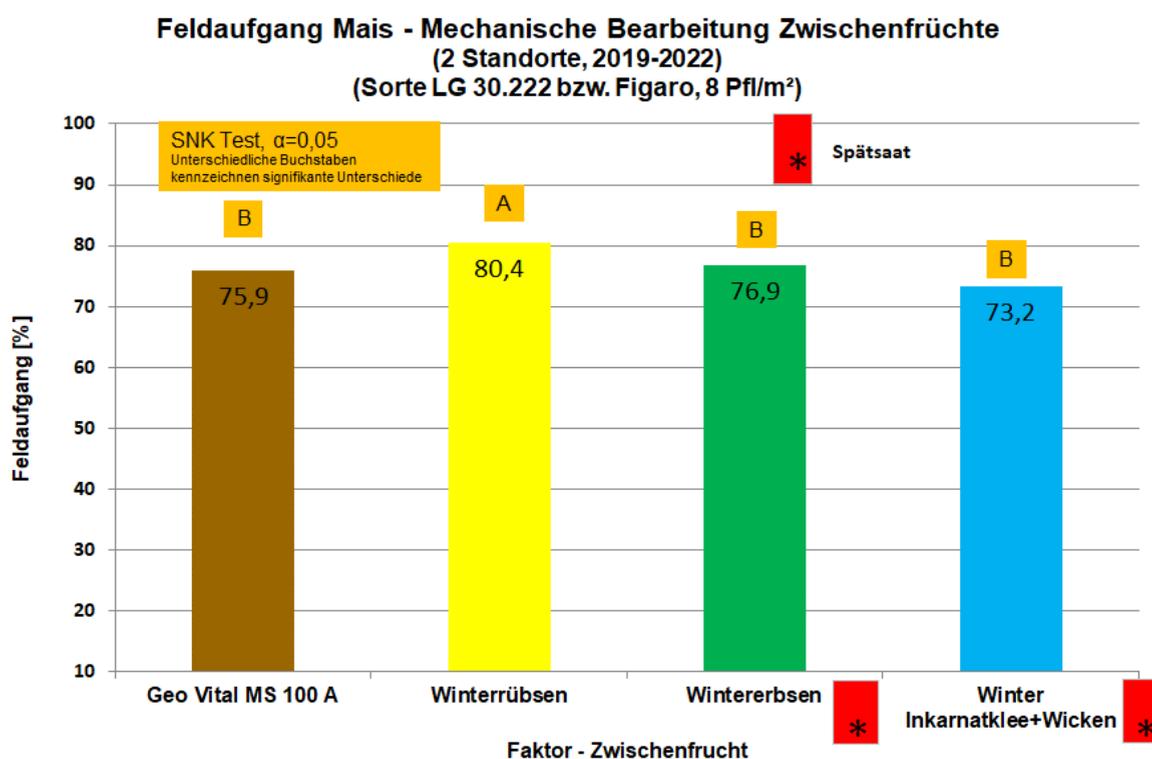


Abb. 16: Einfluss Zwischenfrucht auf Felddaufgang

(alle Versuchsvarianten)

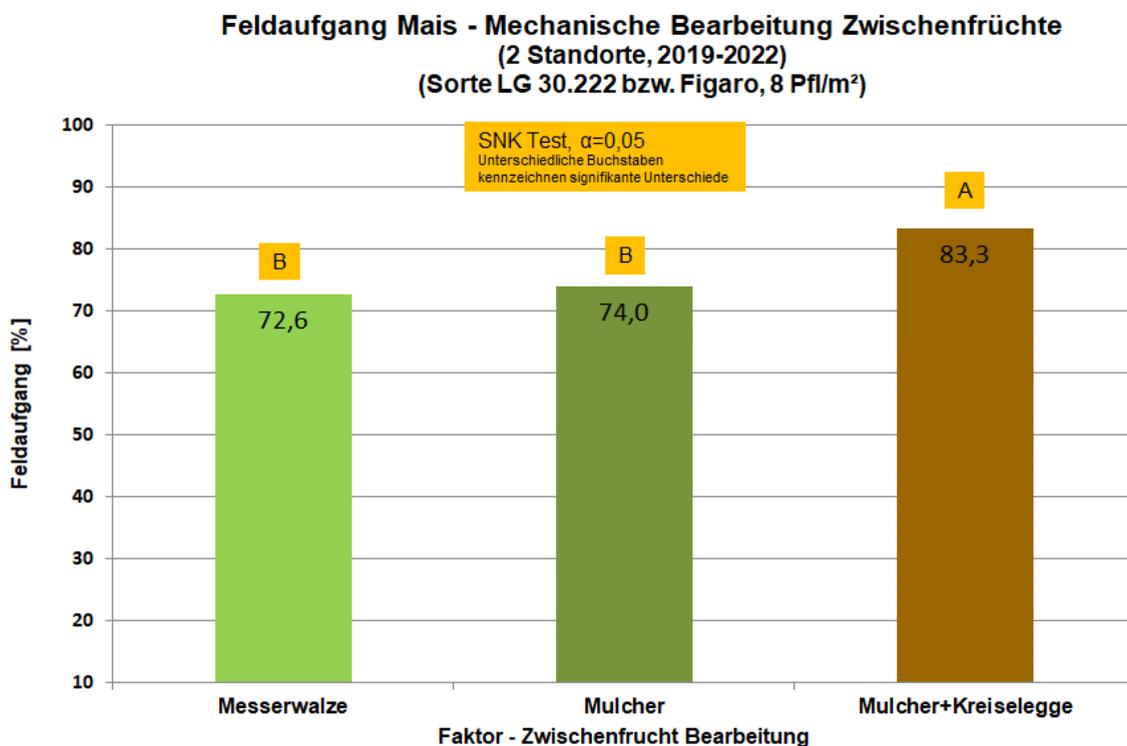


Abb. 17: Einfluss Bearbeitung auf Feldaufgang

(alle Versuchsvarianten)

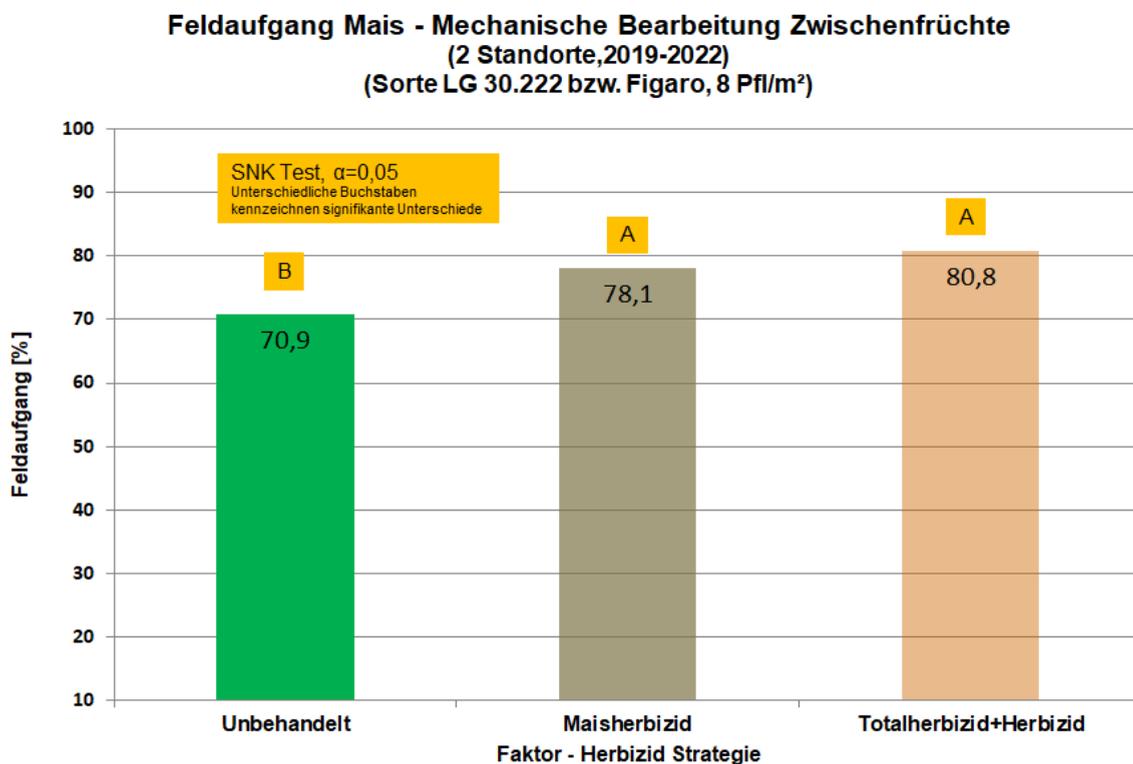


Abb. 18: Einfluss Herbizideinsatz auf Feldaufgang

(alle Versuchsvarianten)

4.8.5 Unkrautdeckung - Unkrautunterdrückung - Herbizidwirkung

Die Auswahl der Zwischenfrucht wirkte sich, wie Abb. 19 verdeutlicht, auch auf die Herbizidwirkung und auf den Unkrautdeckungsgrad (Rest, der nach der Herbizidmaßnahme übrig bleibt = Restverunkrautung) aus. Die beiden Leguminosen Zwischenfrüchte (mit dem hohen Bodenbedeckungsgrad) hatten im Mittel den signifikant niedrigsten Unkrautdeckungsgrad. Fast doppelt so viel Unkraut bzw. Ausfallgetreide blieb nach der Behandlung des Mais nach der abfrierenden Zwischenfrucht übrig.

Auch die Bearbeitung (Abb. 20) beeinflusste die Unkrautentwicklung und damit die Unkrautdeckung teilweise signifikant. Während durch den Mulchereinsatz das Unkraut bzw. Zwischenfrüchte nur tendenziell etwas stärker zurückgedrängt wurden, war der Rückgang durch den Kreiseleggeneinsatz deutlich und signifikant.

Der Herbizideinsatz wirkte sich in allen 3 Abstufungen (wie zu erwarten) deutlich signifikant auf den Unkrautdeckungsgrad aus, wie Abb. 21 zeigt. Durch den alleinigen Einsatz eines Herbizides ging der Wert von gut 70% auf unter 10% zurück und verbesserte sich durch die Glyphosatbehandlung auf unter 1%.

In Tab. 11 sind alle 36 Varianten (Kombinationen) aufgeführt. Die Tabelle zeigt, dass der absolute Wert von fast 100% bis unter 0% variierte. Die 12 unbehandelten Varianten weisen die höchsten Unkrautdeckungsgrade auf und unterschieden sich von den 12 ganz unten stehenden Varianten mit Einsatz eines Totalherbizides deutlich und signifikant.

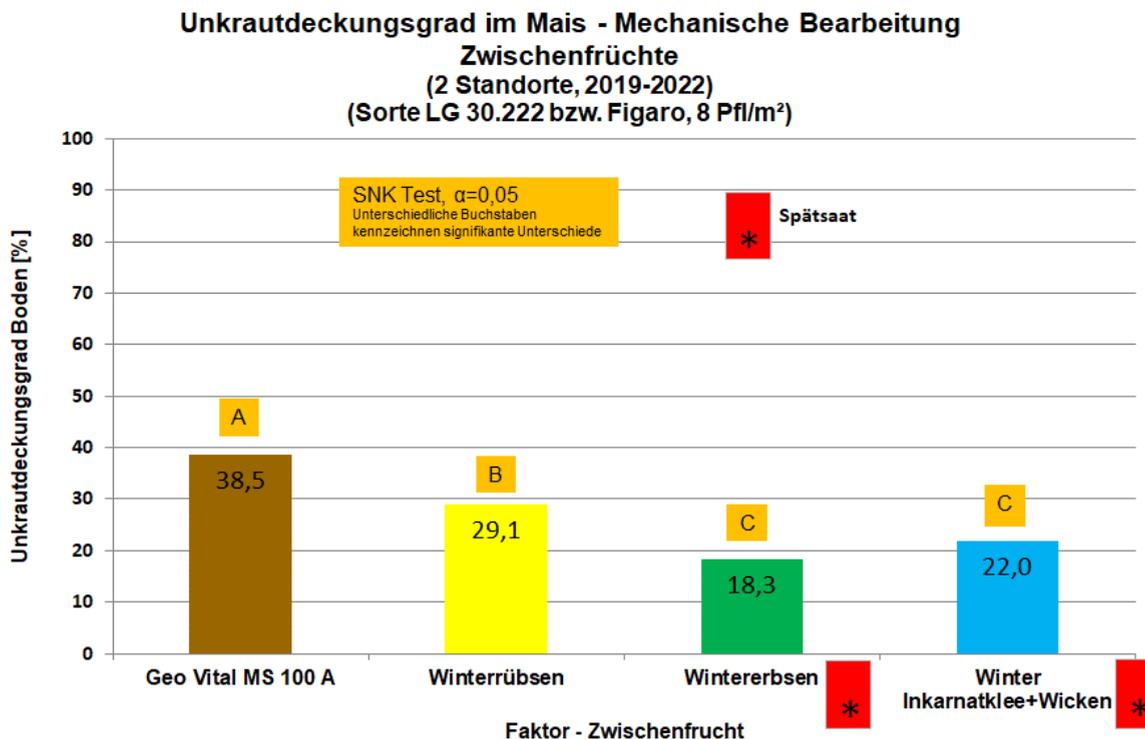


Abb. 19: Einfluss Zwischenfrucht auf Unkrautdeckungsgrad

(alle Versuchsvarianten)

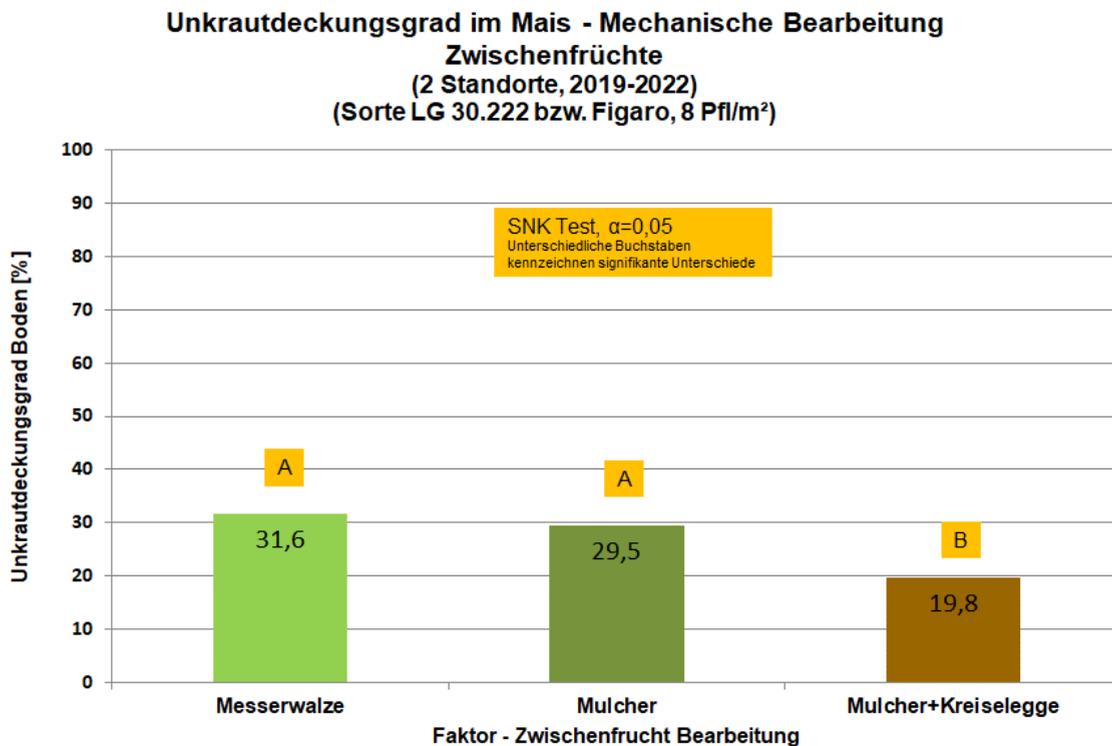


Abb. 20: Einfluss Bearbeitung auf Unkrautdeckungsgrad

(alle Versuchsvarianten)

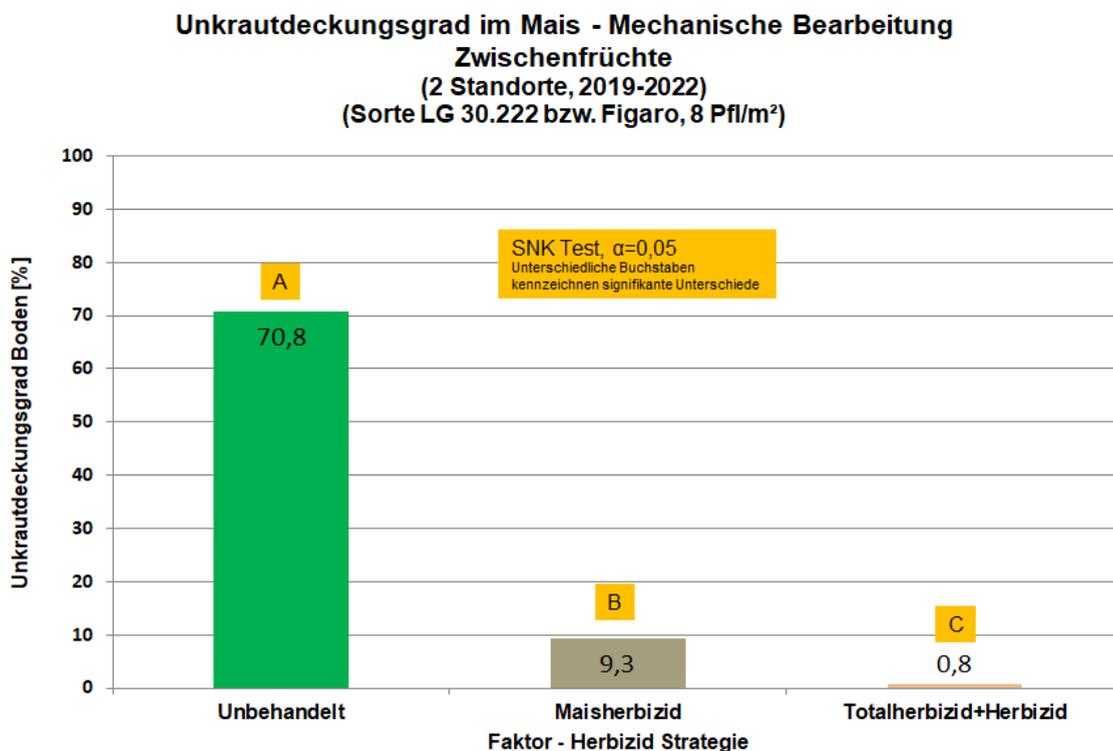


Abb. 21: Einfluss Herbizideinsatz auf Unkrautdeckungsgrad

(alle Versuchsvarianten)

Tab. 11: Herbizidwirkung/Unkrautdeckungsgrad (alle Varianten/Standorte/Jahre)

Varianten Kombination (Zwischenfrucht – Bearbeitung – Herbizid)	Unkraut- deckung absolut [%]	Unkraut- deckung relativ [%]	Signifikanz
GeoVital MS 100 A---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	97.81	363	A
GeoVital MS 100 A---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	96.25	357	A
GeoVital MS 100 A---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	87.66	325	AB
Inkarnatklée+Winterwicken---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	82.03	304	ABC
Winterrübsen---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	80.16	297	ABC
Winterrübsen---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	76.41	283	ABCD
Winterrübsen---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	70.94	263	BCD
Inkarnatklée+Winterwicken---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	69.37	257	BCD
Wintererbsen---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	59.69	221	CD
Wintererbsen---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	56.09	208	D
Wintererbsen---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	37.84	140	E
Inkarnatklée+Winterwicken---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	35.47	132	E
GeoVital MS 100 A---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	30.84	114	EF
GeoVital MS 100 A---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	28.19	105	EFG
Winterrübsen---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	19.44	72	EFG
Winterrübsen---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	12.56	47	FG
Wintererbsen---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	4.87	18	G
Inkarnatklée+Winterwicken---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	3.75	14	G
GeoVital MS 100 A---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	3.56	13	G
Inkarnatklée+Winterwicken---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	3.38	13	G
Wintererbsen---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	3.25	12	G
GeoVital MS 100 A---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	2.16	8	G
Inkarnatklée+Winterwicken---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	1.75	6	G
Winterrübsen---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	1.56	6	G
Inkarnatklée+Winterwicken---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	1.47	5	G
Wintererbsen---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	0.94	3	G
Wintererbsen---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	0.72	3	G
Wintererbsen---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	0.63	2	G
Inkarnatklée+Winterwicken---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell	0.44	2	G
Winterrübsen---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	0.37	1	G
Wintererbsen---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	0.28	1	G
Winterrübsen---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	0.22	1	G
Winterrübsen---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	0.19	1	G
Inkarnatklée+Winterwicken---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	0.16	1	G
GeoVital MS 100 A---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	0.06		G
GeoVital MS 100 A---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	0.03		G

4.8.6 Ertrag – Körnermais

Beim Maisertrag konnte sich der Spätsaat Mais nach den Wintererbsen signifikant nach oben hin absetzen, wie Abb. 22 zeigt. Die andere Spätsaat (Kleemischung) und die beiden Normsaaten unterschieden sich nur geringfügig und nur teilweise signifikant.

Beim Faktor „Bearbeitung“ gab es wieder einen signifikanten Unterschied (Abb. 23). Bei den beiden oberflächigen Bearbeitungen gab es tendenzielle aber nicht signifikante Unterschiede zu Gunsten des Mulchers. Beim Einsatz der Kreiselegge lag der Ertrag deutlich und signifikant um rund 15 dt TM/ha höher.

Ähnlich deutlich wie beim Unkraut und auf allen Stufen signifikant wirkte sich der Herbizideinsatz auf die Höhe des Ertrages aus, wie aus Abb. 24 hervorgeht. Durch den Einsatz des Maisherbizides stieg der Ertrag um fast 25 dt TM/ha und konnte durch den Einsatz des Totalherbizides in der Zwischenfrucht um weitere signifikante 7 dt gesteigert werden.

Bei der Darstellung aller 36 möglichen Kombinationen in Tab. 12 zeigt sich, dass trotz der sehr weiten Spanne von rund 111 bis 42 dt TM/ha nur teilweise signifikante Unterschiede im Ertrag abzusichern waren. Dennoch gab es zum Teil deutliche Unterschiede (Vergleich obere und untere Zeilen) und ein paar „Überraschungen“ im Mittelfeld. So unterschieden sich zum Beispiel die Varianten Wintererbsen (bzw. Inkarnatklee + Wicken) – Mulcher + Kreiselegge – Kontrolle (unbehandelt) nicht signifikant von den Ertragsstärksten Varianten.

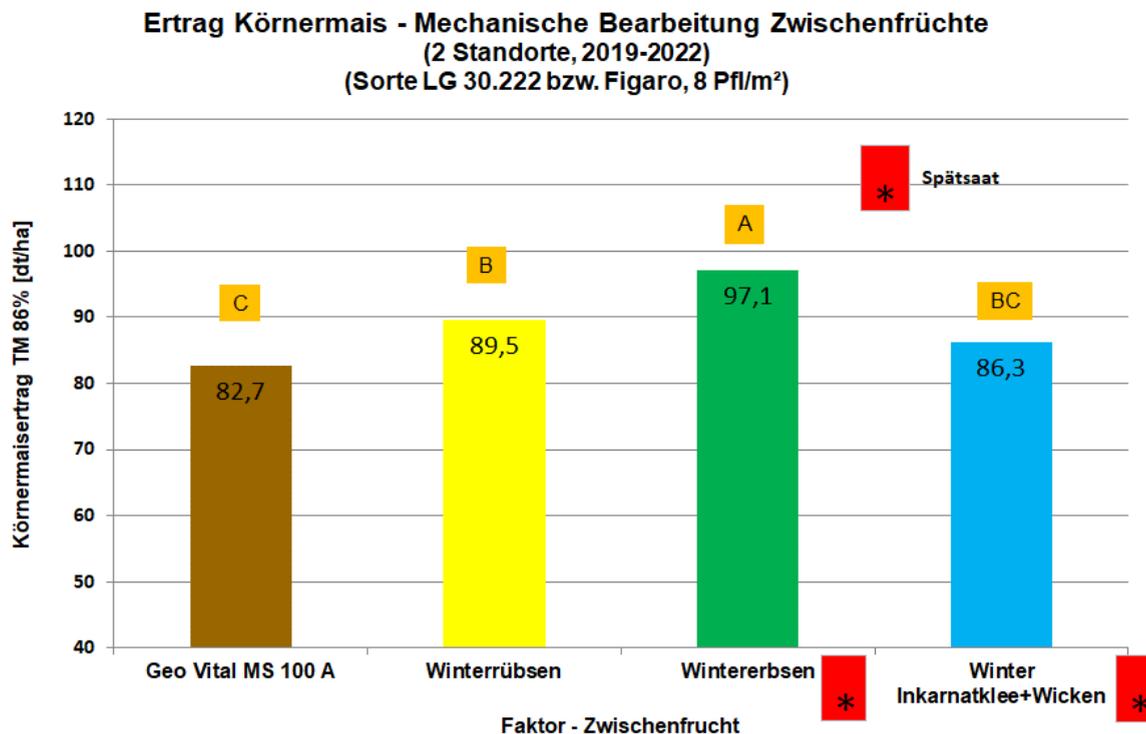


Abb. 22: Einfluss Zwischenfrucht auf Ertrag

(alle Versuchsvarianten)

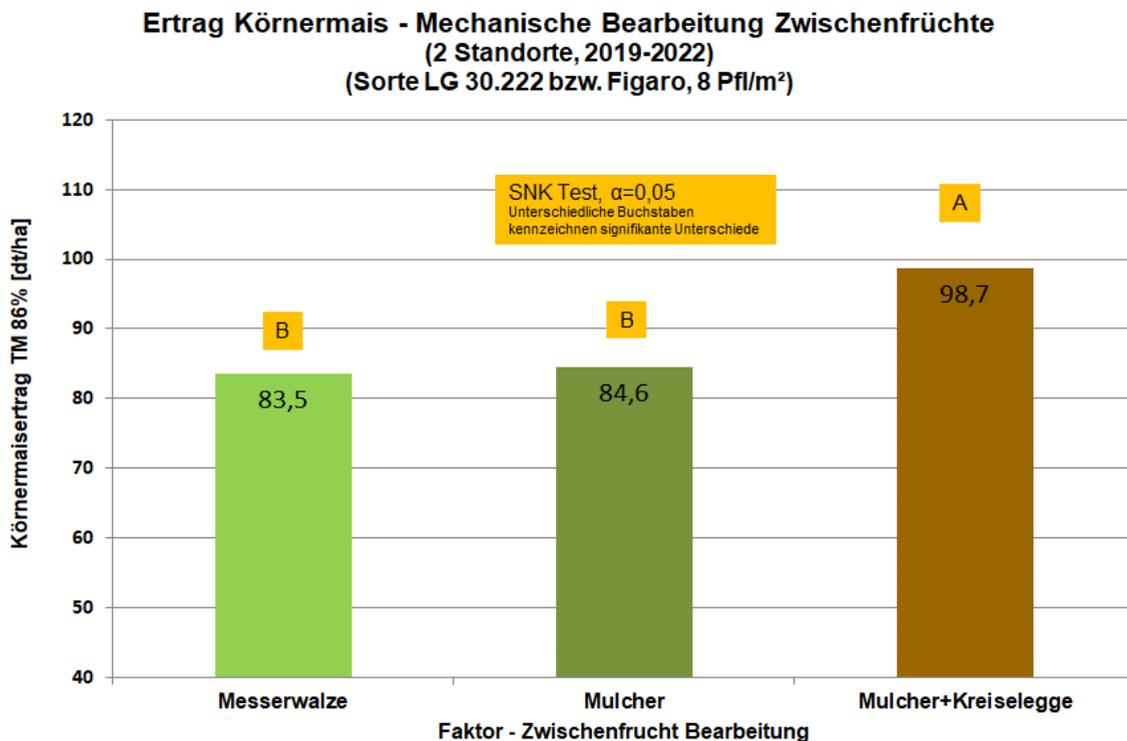


Abb. 23: Einfluss Bearbeitung auf Ertrag

(alle Versuchsvarianten)

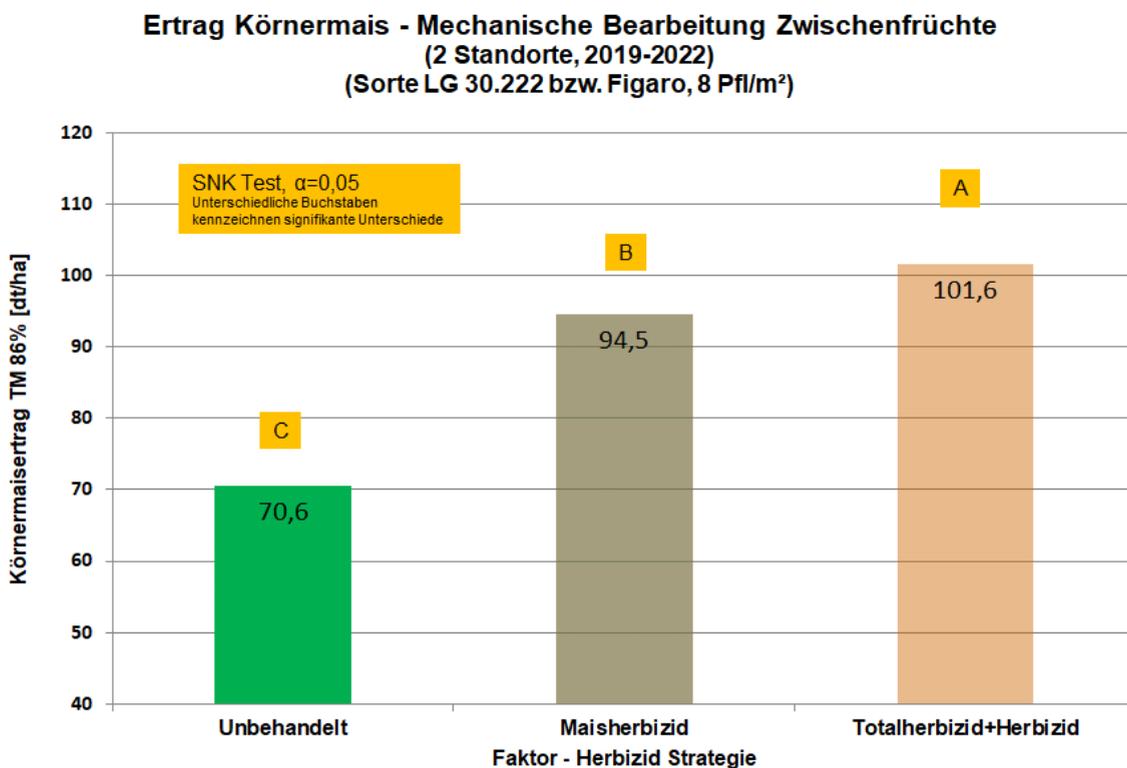


Abb. 24: Einfluss Herbizideinsatz auf Ertrag

(alle Versuchsvarianten)

Tab. 12: Maisertrag (alle Varianten/Standorte/Jahre)

Varianten Kombination (Zwischenfrucht – Bearbeitung – Herbizid)	Ertrag TM 86% absolut [dt/ha]	Ertrag relativ [%]	Signifikanz
Wintererbsen---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	111.48	125	A
Wintererbsen---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	110.75	125	AB
Winterrübsen---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	107.61	121	ABC
GeoVital MS 100 A---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	104.73	118	ABCD
Winterrübsen---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	104.34	117	ABCD
Wintererbsen---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	104.06	117	ABCD
Wintererbsen---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	103.84	117	ABCD
GeoVital MS 100 A---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	103.24	116	ABCD
Wintererbsen---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	101.30	114	ABCD
GeoVital MS 100 A---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	100.50	113	ABCD
GeoVital MS 100 A---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	99.70	112	ABCD
Winterrübsen---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	99.67	112	ABCD
Winterrübsen---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	98.84	111	ABCD
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher + Kreiselegge---Konventionell (Standort ang.)	98.44	111	ABCD
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher + Kreiselegge---Totalherbizid+Herbizid	98.26	111	ABCD
Wintererbsen---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	96.28	108	ABCDE
Wintererbsen---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	95.77	108	ABCDEF
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher---Totalherbizid+Herbizid	93.97	106	ABCDEFG
Inkarnatklee+Winterwicken---Messerwalze---Totalherbizid+Herbizid	93.90	106	ABCDEFG
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	90.14	101	ABCDEFG
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	89.89	101	ABCDEFG
Winterrübsen---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	89.68	101	ABCDEFG
Winterrübsen---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	88.37	99	ABCDEFGH
GeoVital MS 100 A---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	88.13	99	ABCDEFGH
Inkarnatklee+Winterwicken---Messerwalze---Konventionell (Standort ang.)	85.17	96	ABCDEFGH
Winterrübsen---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	83.77	94	BCDEFGH
GeoVital MS 100 A---Mulcher---Konventionell (Standort ang.)	82.10	92	CDEFGH
Wintererbsen---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	78.43	88	IDEFGH
GeoVital MS 100 A---Mulcher + Kreiselegge---Kontrolle (unbehandelt)	77.59	87	IDEFGH
Wintererbsen---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	71.69	81	IEFGH
Inkarnatklee+Winterwicken---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	70.41	79	IFGH
Winterrübsen---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	68.64	77	IGH
Winterrübsen---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	64.72	73	IH
Inkarnatklee+Winterwicken---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	56.64	64	IJ
GeoVital MS 100 A---Messerwalze---Kontrolle (unbehandelt)	46.28	52	J
GeoVital MS 100 A---Mulcher---Kontrolle (unbehandelt)	42.29	48	J

4.8.7 Trockensubstanz Gehalte - Körnermais

Hinsichtlich des Trockensubstanz Gehaltes gab es deutliche Unterschiede beim Faktor Zwischenfrucht (Abb. 25). Mit rund 70% TS lagen die beiden Normalsaaten nach der abfrierenden Zwischenfrucht und den Rübsen signifikant um etwa 5% Punkte über den Spätsaaten der beiden Leguminosen Zwischenfrüchte. Innerhalb der Normal- bzw. Spätsaat Früchte gab es keine Unterschiede.

Beim Faktor „Bearbeitung“ gab es einen kleinen, aber signifikanten Vorsprung von einem Prozentpunkt bei der Kreiseleggenvariante (Abb. 26). Zwischen den beiden oberflächlichen Verfahren (Messerwalze und Mulcher) gab es, wie bei den anderen Merkmalen auch schon, keine eindeutigen Unterschiede.

Ebenfalls klein, aber statistisch signifikant waren die Unterschiede hinsichtlich des Einflusses des Faktors „Herbizid“ (Abb. 27). Von der unbehandelten Kontrolle über die reine Herbizidvariante bis hin zur Glyphosatvariante stiegen die TS Gehalte signifikant an.

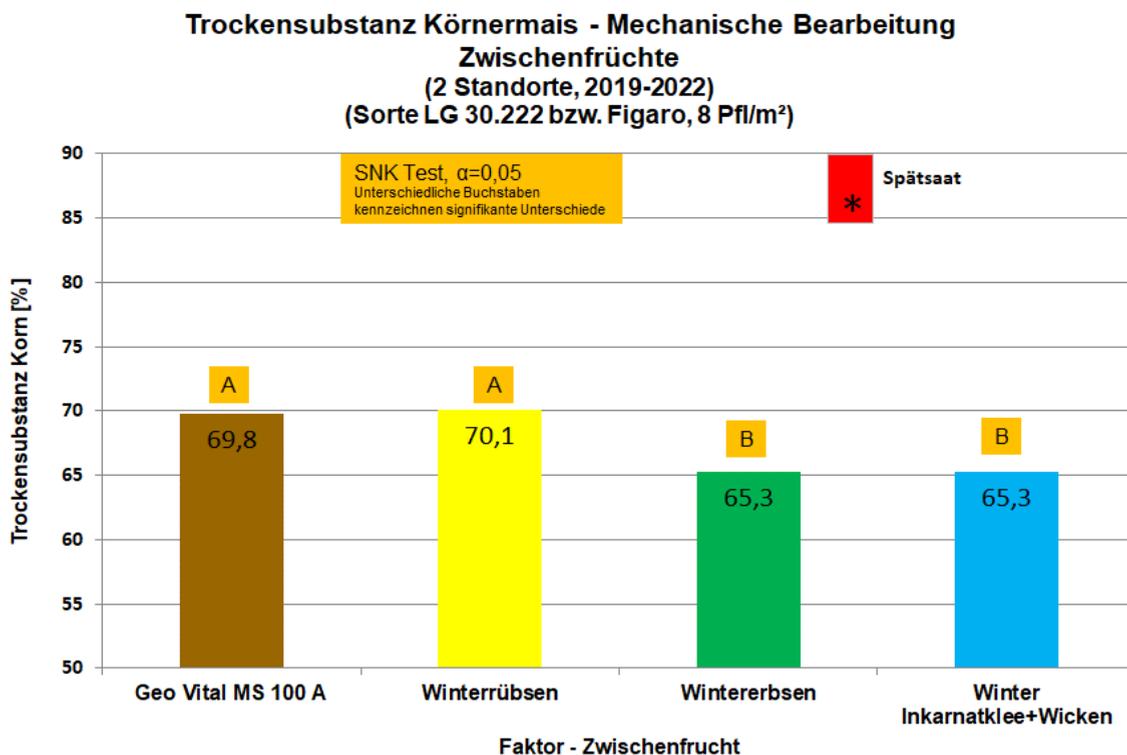


Abb. 25: Einfluss Zwischenfrucht auf TS Gehalt

(alle Versuchsvarianten)

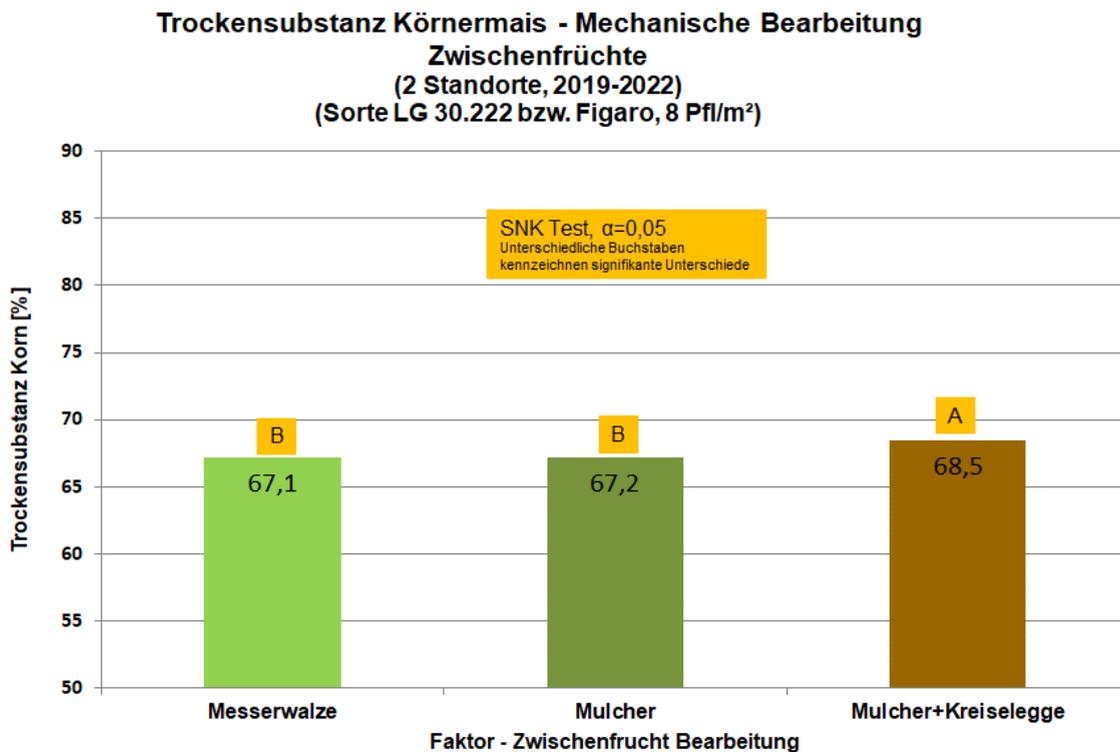


Abb. 26: Einfluss Bearbeitung auf TS Gehalt

(alle Versuchsvarianten)

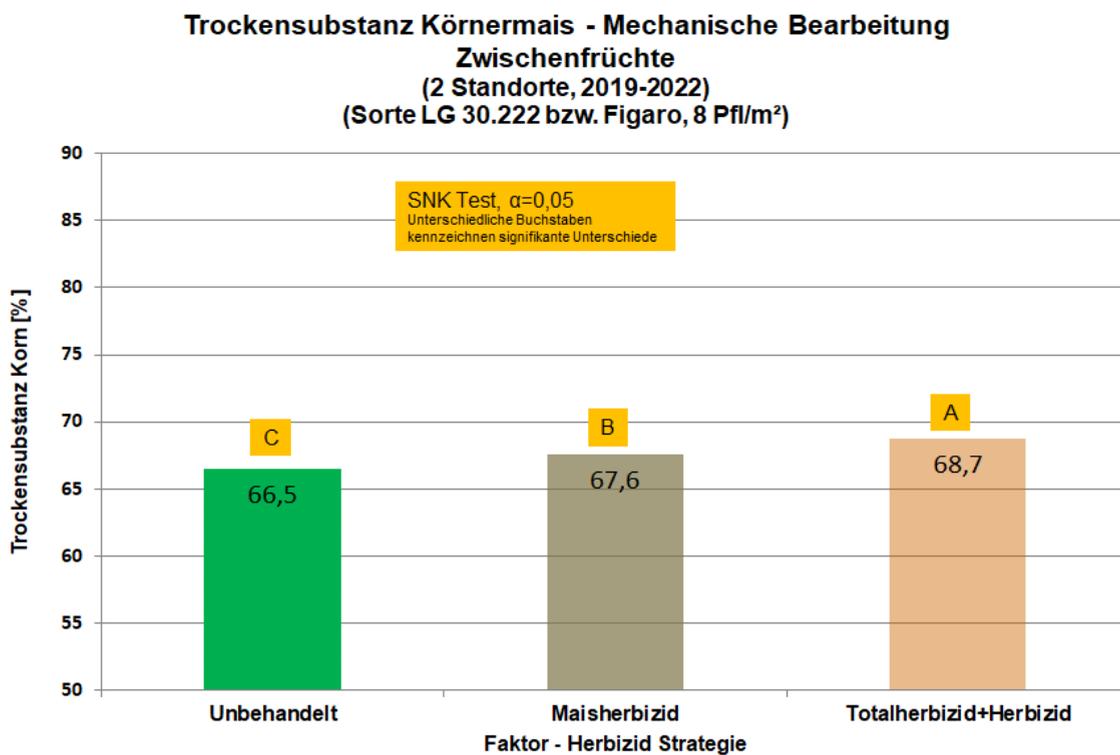


Abb. 27: Einfluss Herbizideinsatz auf TS Gehalt

(alle Versuchsvarianten)

5 Diskussion, Fazit und Empfehlungen

Die Bodenerosion stellt insbesondere bei Reihenkulturen nach wie vor oft ein Problem dar. In erosionsgefährdeten Lagen und bei spät schließenden Kulturen, wie dem Mais, kann nur eine Mulchsaat mit dem Ziel einer möglichst hohen Bodenbedeckung >30% mit Mulchmaterial Abhilfe schaffen. Nur mit moderner Mulchsaatttechnik kann unter diesen Umständen störungsfrei Mais gesät werden. Jedoch sind selbst moderne Einzelkornsägeräte bei sehr großen Mulchauflagen und schwierigen Bodenbedingungen teilweise nicht mehr in der Lage das Saatgut exakt abzulegen und einzubetten.

Eine weitere Herausforderung stellt in Zukunft die Reduzierung oder ein Verzicht auf Totalherbizide (Glyphosat) ohne eine deutliche Intensivierung der Bodenbearbeitung, die zumeist zu einer starken Minderung des Bodenbedeckungsgrades führt, dar. Das durchgeführte Projekt sollte eruieren, ob es alternative Möglichkeiten hinsichtlich Art der Zwischenfrucht, der Bearbeitung und Bestellung und des Pflanzenschutzes gibt, die eine Reduzierung oder sogar einen Verzicht von Totalherbiziden bei hohem Erosionsschutz ermöglichen.

Erster Ansatzpunkt, noch vor der Maisbestellung, ist die Auswahl einer geeigneten Zwischenfrucht. Hier gab es deutliche Unterschiede schon beim Aufwuchs im Herbst. Während die beiden früher gesäten Zwischenfrüchte (MS 100 A und Rübsen) schon im Herbst einen dichten Bestand bildeten, wuchsen die beiden später gesäten (Wintererbsen und Kleegemenge) erst ab dem (späten) Frühling richtig, bildeten aber dann einen besseren (späteren!) Erosionsschutz aus. Auch beim Ausfallgetreide war der Besatz durch die zusätzliche Bodenbearbeitung zur Saat (Anfang Oktober) geringer. Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass der Standort (Boden, Witterung) einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Zwischenfrüchte ausübte. Am Standort in Niederbayern konnte der geforderte Mulchbedeckungsgrad von 30% mit der abfrierenden Mischung nur knapp erreicht werden, eine Bodenbearbeitung zur Mais Saat ist hier deshalb nur bedingt zu empfehlen.

Die höchsten Bodenbedeckungsgrade wurden bei den beiden Leguminosen erreicht. Allerdings muss hier beachtet werden, dass durch den langsamen Wachstumsstart im Frühjahr die Maissaat gegenüber den Rübsen und der abfrierenden Zwischenfrucht etwa 3 – 4 Wochen später erfolgen kann. Auf mögliche Auswinterungsschäden muss an dieser Stelle hingewiesen werden. Auch die Bearbeitung vor der Maissaat hatte einen Einfluss auf den Bodenbedeckungsgrad. Obwohl der Mulcher das Material wesentlich stärker zerkleinerte als die Messerwalze, waren die Unterschiede im Bodenbedeckungsgrad gering. Deutlich abgenommen dagegen hat der Wert durch den zusätzlichen Einsatz der Kreiselegge. Hier lagen 6 der insg. 12 Varianten und alle 3 Varianten mit MS 100 A unter 30%. Da auch die Anwendung des Totalherbizides (Glyphosat) einen negativen Einfluss auf die Bodenbedeckung ausübte, ist bei einer ohnehin schon mageren Zwischenfrucht von einem Einsatz abzuraten. Das liegt daran, dass der Totalherbizid Einsatz auf die Zwischenfrucht das Wachstum einerseits unmittelbar stoppt und somit zur zeitlich versetzten Maissaat weniger Aufwuchs vorhanden sein kann als ohne Glyphosat. Andererseits bauen sich behandelte Pflanzen - quasi das spätere Mulchmaterial - schneller ab und zerbröseln unter Bearbeitung leichter. Der Zeitpunkt der Behandlung sollte deshalb möglichst nah an der Maissaat (Anwendungsaufgaben!) liegen. Hier tut sich außerdem ein weiterer Widerspruch vor allem bei den nicht überwinterten Zwischenfrüchten auf, die oft extrem mit Ausfallgetreide durchsetzt sind, welches nur über (intensive) Bodenbearbeitung oder Totalherbizid bekämpft werden konnte (siehe unten im Text).

Beim Mais Feldaufgang war der Einfluss der Zwischenfrucht ebenfalls vorhanden. Bei den Rüben konnte der Mais trotz guter Bodenbedeckung am besten auflaufen. Dies lag daran, dass diese Zwischenfrucht mit jeder Bearbeitung in der Blüte gut zurück gedrängt (kaum Wiederaustrieb oder Aufrichten der Pflanzen) werden konnte und das Mulchmaterial sich kaum um die Säorgane wickelte. Hier bereitete insbesondere das üppige Gemenge aus Inkarnatklee und Wicken Probleme, welches sich stärker um die Säelemente wickelte. Trotz in der Regel warmer und trockener Temperaturen im Mai (Spätsaat!) war es unter den üppigen Erbsen und Klee Zwischenfrüchten zum Zeitpunkt der Maissaat oft feucht, was zu Problemen führen kann. Durch den Einsatz der Kreiselegge konnte der Feldaufgang zwar deutlich verbessert werden, der Bodenbedeckungsgrad sank dadurch allerdings ebenfalls signifikant. Erstaunlicherweise wirkte sich auch der Herbizideinsatz positiv und signifikant auf den Feldaufgang aus. Das Unkraut bzw. die ggf. weiter wachsende Zwischenfrucht hemmen den Feldaufgang bzw. unterdrücken die kleinen Mais Pflanzen u.U. so stark, dass sie absterben. Mäuse oder Schnecken wurden nicht beobachtet, aber auch nicht explizit untersucht. Bei üppigen Beständen ist ein Befall durchaus denkbar und trat in den ersten Jahren dort auf, wo die Zwischenfruchtmischung aus Inkarnatklee und Wicken noch zum frühen Termin gesät wurde. Der Befall beschränkte sich allerdings auf die Zwischenfrucht im Herbst und Winter (Mäuse speziell unter der zeitweise geschlossenen Schneedecke).

Bei der Unkrautunterdrückung, gemessen am Unkrautdeckungsgrad, hatte die Zwischenfrucht ebenfalls einen teils sehr deutlichen Einfluss. Am höchsten war der Bedeckungsgrad mit Unkraut im Mais nach der abgefrorenen Zwischenfrucht. Dies erklärt sich mit der aus der niedrigen Bodenbedeckung resultierenden reduzierten Unkrautunterdrückung und des hohen Besatzes mit Ausfallgetreide. Die Rüben waren signifikant besser, aber schlechter als die beiden Leguminosen. Dies liegt vermutlich daran, dass das stängelige Material zwar viel Mulchmaterial ergibt, aber Rüben Bestände nicht die dichte Matte erzeugen, wie niedergewalzte Klee oder Erbsen Zwischenfrüchte. Auch die Intensität der Bearbeitung hatte einen Einfluss auf die Wirkung der folgenden Unkrautbekämpfung. Durch das Mulchen wurde Unkraut, Ausfallgetreide und ggf. neu ausgetriebene Zwischenfrucht etwas länger zurückgedrängt als durch die geringere Zerkleinerung durch die Messerwalze. Zusätzlich zur oberflächlichen Zerkleinerung mit dem Mulcher konnte die Kreiselegge den Großteil der Altverunkrautung und die Zwischenfrüchte entwurzeln. Das wirkte sich signifikant auf die Unkrautunterdrückung aus und der Unkrautdeckungsgrad ging nochmals deutlich zurück. Allerdings bleibt festzuhalten, dass zwar einerseits ein Großteil der Altverunkrautung zerstört wird, aber andererseits durch das Arbeiten im Boden neue Unkräuter zum keimen angeregt werden. Dies betraf vor allem Licht- und Spätkeimer wie Hirse und Gänsefußgewächse.

Den größten Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad hatte, wie erwartet, der Herbizideinsatz. Während der Schnitt aller unbehandelten Kontrollen über 70% Unkrautdeckung aufwiesen, ging der Wert durch einen Maisherbizideinsatz auf unter 10% zurück. Für den Aufbau eines Samenpotenzials im Boden könnte diese Restverunkrautung kritisch sein. Der Einsatz eines Totalherbizides zum Abtöten der Altverunkrautung und der Zwischenfrucht reduzierte die Restverunkrautung auf unter 1%. Alle 36 Varianten/Kombinationen betrachtet, sind zwei unbehandelte Varianten zu finden, die wesentlich und signifikant besser waren als die restlichen Kontroll Varianten. Es handelt sich dabei um die beiden gut Mulch bildenden Varianten aus Erbsen bzw. Inkarnatklee Mischung mit Wicken mit Mulcher + Kreiselegge. Mit rund 1/3 des Bodens mit Unkraut bedeckt (im Schnitt aller Jahre!) dürften wohl aber auch diese Varianten nicht uneingeschränkt zu empfehlen sein.

Unter den Herbizid reduzierten Varianten gab es demgegenüber einige unter 10% und sogar 2 Varianten unter 1%. Wiederrum handelte es sich dabei um die Erbsen bzw. Inkarntklee Mischung mit Wicken mit Mulcher + Kreiselegge.

Erstaunlicherweise war der Maisertrag nach den Wintererbsen am höchsten, obwohl es sich hierbei um eine der beiden Spätsaaten handelte. Allerdings gilt es zu beachten, dass bei beiden Spätsaaten der TS Gehalt im Schnitt 5% Punkte niedriger war. Wie beim Feldaufgang oder der Unkrautdeckung war der Einfluss der Kreiselegge mit plus 14 dt TM Ertrag auch hier signifikant. Allerdings ging mit der Bodenbearbeitung der Bodenbedeckungsgrad oft auf unter 30% und damit der Erosionsschutz deutlich zurück. Wahrscheinlich durch die vorallem bessere Jugendentwicklung war bei den Kreiseleggenvarianten auch der TS Gehalt leicht, aber signifikant erhöht. Messerwalze und Mulcher wirkten sich weder auf Ertrag noch TS Gehalt unterschiedlich aus. Deutlich und signifikant auf den Ertrag und den TS Gehalt wirkte sich die Pflanzenschutz Strategie aus. Durch den Einsatz des Maisherbizides konnten beide Kriterien signifikant gegenüber der unbehandelten Kontrolle (vorallem bei der Höhe des Ertrages) zulegen. Durch den zusätzlichen Einsatz von Totalherbiziden vor der Saat konnte der Maisertrag und der TS Gehalt nochmals signifikant gesteigert werden. Dies belegt, dass Mais insbesondere im Jugendstadium sehr empfindlich auf jegliche Konkurrenz reagiert. Diese kann Unkraut, Ausfallgetreide aber auch weiter wachsende Zwischenfrucht sein.

Die Ergebnisse verdeutlichen, wie wichtig eine gut wachsende, üppige und möglichst Unkraut und Ausfall Getreide freie Zwischenfrucht und damit verbunden eine dichte Mulchauflage sind.

Um möglichst vielen Ansprüchen gerecht zu werden, müssen alle Ergebnisse beachtet und individuell gewichtet werden. Eine gute „Kompromiss Variante“ könnten z.B. Erbsen bearbeitet mit Mulcher + Kreiselegge mit Maisherbizid (ohne Glyphosat) sein. Fast genauso gut im Ertrag, aber deutlich besser bei der Bodenbedeckung und nur ein wenig schlechter in der Unkrautunterdrückung waren die Erbsen mit Mulcher solo und dem Maisherbizid. Wer noch Risiko freudiger ist, kann hier versuchen, ganz auf das Herbizid zu verzichten, muss aber eventuell mit einer Ertrags Einbuße rechnen. Speziell für Biobetriebe könnte dies eine Variante mit sehr hohem Erosionsschutz bei gleichzeitigem Verzicht auf mechanische Unkrautbekämpfung sein. Generell wichtig und für Biobetriebe essenziell ist auf eine möglichst Unkraut und Ausfallgetreide freie Zwischenfrucht zu schauen. Notwendig bei den überwinterten Zwischenfrüchten ist es die „Füße still zu halten“ und auf die generative Phase bis zur Blütenbildung zu warten, auch wenn dies wertvolle Vegetationszeit und damit TS Gehalt und Ertrag beim Mais kosten kann. Pflanzen, die vor der Blüte gewalzt oder auch gemulcht und damit nicht massiv geschädigt werden, neigen zum schnellen Wiederaustrieb und werden dem Mais zur Konkurrenz, genauso wie das Unkraut auch. Wer diese Zeit nicht hat oder mit ausgeprägter Frühjahrstrockenheit rechnen muss, sollte bei abfrierenden Mischungen bleiben oder auf Rüben ausweichen, die ebenfalls zeitlich früher dran sind.

Letztlich muss der Landwirt seine Voraussetzungen und Verhältnisse kennen und selbst entscheiden. Das Projekt bringt für viele Faktoren/Gegebenheiten, die der Landwirt individuell abwägen/gewichten kann, eine Entscheidungshilfe. Im Zuge der geplanten Pflanzenschutzmittelreduktion sollte der einzelne Landwirt möglicherweise für sich geeignete Varianten auf Teilflächen schon jetzt ausprobieren.

6 Eigene Veröffentlichungen und Vorträge

6.1 Veröffentlichungen

Zum Zeitpunkt der Berichtabgabe wurde ein Manuskript bei dem Fachmagazin „LOP“ eingereicht. Eine entsprechende Veröffentlichung steht noch aus.

6.2 Vorträge

Kirchmeier, H. und M. Demmel	Bestellverfahren von Mais: erosionsmindernd und herbizidreduziert	FüAK, Gewässerschutzberatung für die Landwirtschaft Seminarnr. 2022-194/1	Bad Alexandersbad, 29.08.2022
Kirchmeier, H., Demmel, M. und R. Kerger	Bearbeitungsverfahren im Zwischenfruchtanbau und Möglichkeiten der Pflanzenschutzmittelreduktion bei Mais	Pflanzenbauveranstaltung AELF Coburg-Kulmbach, Landwirte	Grub a. Forst, 31.01.2023
Kirchmeier, H., Demmel, M. und R. Kerger	Bodenbearbeitungsverfahren im Zwischenfruchtanbau und Möglichkeiten der Pflanzenschutzmittelreduktion bei Mais	Marktfrucht Fachtagung, Erzeugerring Südbayern und AELF Augsburg	Dasing, 28.02.2023
Kirchmeier, H., Demmel, M. und R. Kerger	Bestellverfahren von Mais: erosionsmindernd und herbizidreduziert	FüAK, Landwirtschaftlicher Pflanzenbau - BiLa aktuell	Steinerskirchen, 26.04.2023

7 Literaturverzeichnis

1. **LfL, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.** *Zwischenfruchtanbau zum Erosions- und Gewässerschutz.* LfL Information : 5. Auflage, Januar 2017.
2. **LfL.** www.lfl.bayern.de/ips/recht/102762/index.php. *Anwendungsbestimmungen gegen Abschwemmung.* Internetseite LfL.
3. **Franz-Josef, Bößl.** Winterrüben als Lebendmulch. *LOP.* 2020, Nr. 6, Seite 40-43.
4. **N.N.** Direkt in die Zwischenfrucht säen. *LOP.* 2012, Nr. 6; Seite 4-13.
5. **FiBL.** Direktsaat von Mais im Biolandbau. *Zwischenbericht.* 2014.
6. **Ashford und Reves.** Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crops. *American Journal of Alternative Agriculture.* 18, 2003.
7. **Laflen, J.M., Amemya M. und E.A. Hinz.** Measuring crop residue cover. *Soil and water conservation.* 36, 1981, Seite 341 - 343.

8 Danksagung

Die Bearbeiter möchten sich an dieser Stelle zuerst beim Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Finanzierung bedanken. Darüber hinaus gilt unser weiterer Dank allen beteiligten Personen und Einrichtungen.

Unser Dank gilt der Firma Väderstad, die uns für den gesamten Versuchszeitraum ein Sägerät zur Verfügung gestellt hat. Ohne diese bereitwillige Überlassung wäre die Durchführung dieser Untersuchung nicht möglich gewesen.

Des Weiteren geht unser besonderer Dank an das Bayerische Staatsgut Achselschwang (Versuchs- und Bildungszentrum für Rinderfütterung), insbesondere der Außenstelle Westerschondorf. Hier explizit zu erwähnen ist Herr Hammerl, der uns erneut Unterstützung gewährt und seine Flächen zur Verfügung gestellt hat. Herr Scheidler hat uns während des gesamten Versuchszeitraumes tatkräftig mit Material und Arbeitskraft unterstützt und hatte stets ein offenes Ohr für unsere Belange. Bei der Durchführung maßgeblich beteiligt war Herr Heinle, der uns jeweils komplett alle Versuchsflächen bestellte.

Am Standort Ruhstorf waren wir auf die Überlassung von landwirtschaftlichen Flächen und damit auf die Unterstützung von Landwirten angewiesen. Von 2018 bis 2021 konnten wir die Untersuchungen auf Flächen des Betriebes Mayerhofer Parschalling durchführen. Im letzten Versuchsjahr 2021/2022 wechselten wir zum Betrieb Diewald in Kettenham, da Herr Mayerhofer seinen Betrieb auf Biolandbau umstellte. Beide Landwirte haben uns dankenswerter Weise hervorragend unterstützt und hatten für unsere Anliegen stets Lösungen parat.

Ein großer Dank geht an Herrn Beck von der Versuchsstation Straßmoos, der uns mit dem Mähdrescher bei der Maisernte unterstützte. Herzlicher Dank auch an Herrn Gäch und Herrn Oberndorfer von der Versuchsstation Frankendorf, die uns ebenfalls bei der Maisernte unterstützten.

Am Standort Ruhstorf wurde der Versuch stets akkurat von Limagrain Pocking beerntet. Unser Dank geht an den Ansprechpartner Herrn Fulchiron.

Danken möchten wir auch den Kollegen innerhalb der LfL. Als da wären Herr Schmidt und Herr Eckl, die uns bei der Versuchsauswertung bestens geholfen haben.

Ein herzlicher Dank geht an den langjährigen Kollegen Herrn Kerger, der, obwohl er im vorletzten Projektjahr die Hausmeisterstelle übernommen hatte, immer wieder eingesprungen war, da alle Anstrengungen zur Nachbesetzung der Technikerstelle erfolglos blieben.

Am Schluss geht ein besonderer Dank an unsere beiden Kollegen Herrn Vinzent und Herrn Böttcher am Standort Ruhstorf, die uns mit vollem Einsatz bei der Maissaat am Standort Ruhstorf unterstützt haben. Ohne deren Unterstützung wäre eine zügige Bearbeitung auf Grund der räumlichen Distanz kaum möglich gewesen.

9 Anhang

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



MS 100 A:

**Parzellen mit
Messerwalze**



17

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



MS 100 A:

**Parzellen mit
Mulcher**



18

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



MS 100 A:

**Parzellen mit
Kreiselegge**



19

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



Rübsen:

Parzellen mit
Messerwalze



20

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



Rübsen:

Parzellen mit
Mulcher



21

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



Rübsen:

Parzellen mit
Kreiselegge



22

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



Erbsen:

**Parzellen mit
Messerwalze**

**Bild von
2022**



24

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



Erbsen:

**Parzellen mit
Mulcher**



25

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



Erbsen:

**Parzellen mit
Kreiselegge**



26

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



Inkarnat+Wicken :

**Parzellen mit
Messerwalze**



27

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



Inkarnat+Wicken :

**Parzellen mit
Mulcher**



28

Versuchsdurchführung – Bestand Mais



Inkarnat+Wicken :

**Parzellen mit
Kreiselegge**



29