



Untersuchung und Bewertung der Wirkung von Zusatzwerkzeugen für Einzelkornsäugeräte für die Mulchsaat von Mais

Optimierung Mulchsaattechnik Mais



Endbericht

Projektförderung: StMELF

Finanzierung: StMELF

Förderkennzeichen: A/15/10

Geschäftszeichen: L/a-7239-1/5.1

Projektlaufzeit: Januar 2015 bis Dezember 2018

Projektleiter: Dr. Markus Demmel

Projektbearbeiter: Hans Kirchmeier, Roland Kerger, Lutz Stefan

Herausgegeben im: März 2019

**Untersuchung und Bewertung der
Wirkung von Zusatzwerkzeugen für
Einzelkornsäugeräte für die Mulchsaat
von Mais**

Optimierung Mulchsaattechnik Mais

V 705

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	11
1 Einleitung und Problemstellung	13
2 Stand der Technik	14
3 Zielsetzung	17
4 Eigene Untersuchungen	18
4.1 Eingesetzte Technik im Feldversuch.....	18
4.2 Versuchsplanung und Aufbau	20
4.3 Versuchsdurchführung	23
4.4 Versuchsergebnisse 2015 - 2018.....	24
4.4.1 Entwicklung Zwischenfrüchte und Bodenbedeckungsgrad	24
4.4.1.1 Standort Dürnast/Thalhausen (abfrierende Zwischenfrucht)	24
4.4.1.2 Standort Westerschondorf (abfrierende Zwischenfrucht)	26
4.4.1.3 Standort Eschelbach/Gerenzhausen (Roggen)	28
4.4.1.4 Alle Standorte und Jahre	29
4.4.2 Funktionsweise Zusatzwerkzeuge	30
4.4.3 Feldaufgang Mais	35
4.4.3.1 Mulchsaat nach abfrierender Zwischenfrucht (alle Standorte/Jahre).....	35
4.4.3.2 Mulchsaat nach Roggen – Zweitfruchtmais (alle Jahre)	38
4.4.3.3 Mulchsaat - abfrierende ZF bzw. Roggen (alle Standorte/Jahre).....	41
4.4.4 Ertrag Körnermais	44
4.4.4.1 Mulchsaat nach abfrierender Zwischenfrucht (alle Standorte/Jahre).....	45
4.4.4.2 Mulchsaat nach Roggen – Zweitfruchtmais (alle Jahre)	47
4.4.4.3 Mulchsaat - abfrierende ZF bzw. Roggen (alle Standorte/Jahre).....	50
4.4.5 Trockensubstanz Körnermais	53
5 Fazit, Diskussion und Empfehlungen	54
6 Eigene Veröffentlichungen und Vorträge	56
6.1 Veröffentlichungen.....	56
6.2 Vorträge.....	57
7 Literaturverzeichnis	58
8 Danksagung	59
9 Anhang	60
9.1 Angebaute Zwischenfrüchte.....	60
9.2 Ertrag Mulchsaat Einzelstandorte	62

9.2.1	Westerschondorf – abfrierende Zwischenfrucht (alle Jahre)	62
9.2.2	Dürnast/Thalhausen – abfrierende Zwischenfrucht (alle Jahre).....	64
9.3	Feldaufgang Mulchsaat Einzelstandorte	66
9.3.1	Westerschondorf – abfrierende Zwischenfrucht (alle Jahre)	66
9.3.2	Dürnast/Thalhausen – abfrierende Zwischenfrucht (alle Jahre).....	68

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: ...Einzelkornsägerät mit Säbelschar (Mulchsaat >30% Bodenbedeckung).....	15
Abb. 2: ...Maissägerät mit allen verfügbaren Zusatzwerkzeugen	16
Abb. 3: ...V förmige Andruckrollen „standard“ (links) und „strukturiert“ (rechts).....	17
Abb. 4: ...Keine Vorwerkzeuge mit Standardandruckrollen (links) bzw. Standardandruckrolle + Curvetine (rechts)	19
Abb. 5: ...Strohräumer und Standardandruckrollen (links) bzw. Standardandruckrolle + Curvetine (rechts)	19
Abb. 6: ...Schneidscheibe und Standardandruckrollen (links) bzw. Standardandruckrolle + Curvetine (rechts)	20
Abb. 7: ...Schneidscheibe + Strohräumer mit Standardandruckrollen (links) bzw. Standardandruckrolle + Curvetine (rechts)	20
Abb. 8: ...Plan „Optimierung Mulchsaat“ (V 705) Standort Westerschondorf.....	22
Abb. 9: ...Verschlämmung Feldaufgang Dürnast 2016 ((li. ohne BB - re. mit BB)	25
Abb. 10: Maisbestand Westerschondorf 2017 (li. ohne BB - re. mit BB)	26
Abb. 11: Maisbestand Westerschondorf 2015 (mi. mit BB - re./li. ohne BB).....	27
Abb. 12: Mais nach Roggensilage (2018) (li. ohne BB - re. mit BB).....	29
Abb. 13: Fix montierte Strohräumer (Yetter).....	31
Abb. 14: Strohräumer mit anhaftendem Stroh Boden Gemisch.....	32
Abb. 15: Frei bewegliche/schwimmende Strohräumer (Martin Till).....	32
Abb. 16: Furchenbildung durch Strohräumer.....	33
Abb. 17: Im Mulch abgelegtes Saatgut (Schneidscheibe/keine Strohräumer).....	34
Abb. 18: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Feldaufgang (nach abfrierender ZF)	36
Abb. 19: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (nach abfrierender ZF).....	37
Abb. 20: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (nach abfrierender ZF)	37
Abb. 21: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Feldaufgang (nach Roggen)	39
Abb. 22: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (nach Roggen).....	39
Abb. 23: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (nach Roggen)	40
Abb. 24: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Feldaufgang (alle Vorfrüchte).....	42
Abb. 25: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (alle Vorfrüchte)	42
Abb. 26: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (alle Vorfrüchte).....	43
Abb. 27: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (nach abfrierender ZF).....	45
Abb. 28: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (nach abfrierender ZF).....	46
Abb. 29: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (nach abfrierender ZF)	46
Abb. 30: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (nach Roggen)	48
Abb. 31: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (nach Roggen).....	48
Abb. 32: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (nach Roggen)	49
Abb. 33: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (alle Vorfrüchte)	51
Abb. 34: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (alle Vorfrüchte)	51
Abb. 35: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (alle Vorfrüchte).....	52
Abb. 36: Etikett und Zusammensetzung BSV „MS 100 A“	60
Abb. 37: Etikett Andreae Saaten „HumusPro“	61
Abb. 38: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (Westerschondorf)	62
Abb. 39: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (Westerschondorf)	62
Abb. 40: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (Westerschondorf).....	63
Abb. 41: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (Dürnast/Thalhausen)	64
Abb. 42: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (Dürnast/Thalhausen)	64
Abb. 43: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (Dürnast/Thalhausen).....	65

Abb. 44: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Feldaufgang (Westerschondorf)	66
Abb. 45: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (Westerschondorf)	66
Abb. 46: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (Westerschondorf).....	67
Abb. 47: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Feldaufgang (Dürnast/Thalhausen)	68
Abb. 48: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (Dürnast/Thalhausen)	68
Abb. 49: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (Dürnast/Thalhausen).....	69

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: ...Übersicht zu den einzelnen Faktoren/Varianten des Versuchs	21
Tab. 2: ...Bodenbedeckungsgrad mit Pflanzenmulch (Dürnast/Thalhausen)	25
Tab. 3: ...Bodenbedeckungsgrad mit Pflanzenmulch (Westerschondorf)	27
Tab. 4: ...Bodenbedeckungsgrad mit Roggen Stoppeln (Eschelbach/Gerenzhausen)	28
Tab. 5: ...Bodenbedeckungsgrad mit Signifikanz (alle Standorte/Jahre)	30
Tab. 6: ...Feldaufgang Mais Mulchsaat abfrierende ZF (alle Standorte/Jahre)	38
Tab. 7: ...Feldaufgang Mais Mulchsaat Roggen (alle Standorte/Jahre)	41
Tab. 8: ...Feldaufgang Mais alle Varianten (alle Standorte/Jahre)	44
Tab. 9: ...Körnermaisertrag Mulchsaat abfr. ZF (alle Varianten/Standorte/Jahre)	47
Tab. 10: .Körnermaisertrag Mulchsaat n. Roggen (alle Varianten/Standorte/Jahre)	50
Tab. 11: .Körnermaisertrag alle Varianten (alle Standorte/Jahre)	53
Tab. 12: .Trockensubstanz Körnermais nach abfrierender ZF bzw. Roggen	54
Tab. 13: .Körnermaisertrag Mulchsaat abfrierend (Westerschondorf alle Jahre)	63
Tab. 14: .Körnermaisertrag Mulchsaat abfrierend (Dürnast/Thalhausen alle Jahre)	65
Tab. 15: .Feldaufgang Mais Mulchsaat abfrierend (Westerschondorf alle Jahre)	67
Tab. 16: .Feldaufgang Mais Mulchsaat abfrierend (Dürnast/Thalhausen alle Jahre)	69

Zusammenfassung

Die Bodenerosion stellt insbesondere bei Reihenkulturen ein erhebliches Problem dar. Bei spät schließenden Kulturen, wie dem Mais, kann die Direkt- oder Mulchsaat, mit dem Ziel einer möglichst hohen Bodenbedeckung mit Mulchmaterial, Abhilfe schaffen. Nur mit moderner Mulchsaatttechnik mit Scheibenscharen kann unter diesen Umständen störungsfrei Mais gesät werden. Selbst neue Einzelkornsäegeräte können bei extremen Mulchauflagen, gerade dann wenn ohne Saatbettbearbeitung gesät werden soll, an Ihre Grenzen kommen.

In den USA rüsten die Landwirte deshalb häufig ihre Maschinen mit Zusatzwerkzeugen aus, um die Saatgutablage und Einbettung bei hohen Mulchauflagen und unter Direktsaatverhältnissen zu optimieren. In Deutschland oder Bayern gibt es nur wenige Betriebe die Vorwerkzeuge einsetzen. Wissenschaftliche Untersuchungen zu diesem Thema sind bislang nicht bekannt. Ziel des Projektes war es deshalb ausgewählte Vorwerkzeuge und Kombinationen unter typischen bayerischen Verhältnissen zu testen. Aus dem in den USA verfügbaren großen Angebot wurden verschiedene Vorwerkzeuge (gewellte Schneidscheibe, Strohräumer) und Andruckrollen (Standardandruckrolle, strukturierte Andruckrolle) ausgewählt und beschafft. Zusammen mit der Abteilung Versuchsplanung wurde ein randomisierter Feldversuch mit Großparzellen entwickelt und auf 3 Standorten über 4 Jahre durchgeführt. Auf zwei Standorten wurde der Mais stets nach abfrierenden Zwischenfrüchten, auf einem weiteren Standort nach der Ernte der Roggensilage gesät. Bei der Hälfte der Varianten wurde eine Saatbettbereitung durchgeführt. Durch die Kombination der Vorwerkzeuge mit den Andruckrollen und der Bodenbearbeitung entstanden 16 Varianten die 4 fach wiederholt angelegt wurden. Nach der Aussaat wurden der Bodenbedeckungsgrad mit Pflanzenmulch und der Feldaufgang jeder einzelnen Parzelle bestimmt. Zur Ertragsfeststellung wurde bei jeder Parzelle eine Kernbeerntung durchgeführt und der Trockensubstanzgehalt bestimmt. Abschließend wurden die Ergebnisse statistisch verrechnet und ausgewertet.

Die Vorwerkzeuge und deren Kombinationen arbeiteten während der Projektphase sehr gut. Nur vereinzelt kam es bei den Strohräumern zum Aufwickeln von Mulchmaterial an den Zacken. Die strukturierten Andruckrollen neigten in Einzelfällen dazu Pflanzenmaterial (vor Allem Roggen Wurzelballen) einzuklemmen. Darüber hinaus hebelten die Zacken vereinzelt Körner aus der Saattrille oder verschoben diese in der Reihe.

Der Feldaufgang wurde signifikant durch das Mulchsaatverfahren beeinflusst. „Mit Saatbettbereitung“ lag der Feldaufgang mit relativ 101% über dem Feldaufgang „ohne Saatbettbereitung“ mit rund 99%. Bei den einzelnen Standorten und Vorfrüchten kam es jeweils zu vergleichbaren Ergebnissen mit ähnlichen Abstufungen. Sowohl zwischen den Vorwerkzeugkombinationen als auch den Andruckrollenvarianten gab es kaum statistisch signifikante Unterschiede hinsichtlich des Feldaufgangs.

Beim Bodenbedeckungsgrad unterschieden sich die Standorte und auch die Jahre zum Teil deutlich. Stets war der Bodenbedeckungsgrad in den Varianten „ohne Saatbettbereitung“ signifikant höher als in den Parzellen „mit Saatbettbereitung“. „Ohne Saatbettbereitung“ konnten die, für ein hohes Erosionsschutzniveau angestrebten 30% Bedeckungsgrad zumeist überschritten werden.“ Mit Saatbettbereitung“ dagegen nur an einzelnen Standorten in einzelnen Jahren. Auf erosionsanfälligen Standorten muss deshalb die

Bodenbearbeitung vor der Saat auf das absolute Minimum reduziert oder auch komplett auf sie verzichtet werden.

Beim Ertrag kam es zu ähnlichen Ergebnissen wie beim Feldaufgang. Auch hier gab es signifikante Unterschiede beim Faktor „Mulchsaatverfahren“. „Mit Saatbettbereitung“ lag der Ertrag im Schnitt aller Standorte und Jahre mit relativ 103% deutlich über dem Ertrag „ohne Saatbettbereitung“ mit 97%. Bei den einzelnen Standorten sind die Ergebnisse in etwa vergleichbar. Bei den Vorwerkzeugen gab es nur bei einzelnen Varianten signifikante Unterschiede. Alle Jahre und Standorte betrachtet führte die Ausrüstung mit „gewellter Schneidscheibe“ signifikant zu etwas höheren Erträgen als die Ausrüstung mit „Räumstern“ solo bzw. „Schneidscheibe + Räumstern“ (102% gegenüber 99%). Bei der Standardausrüstung „ohne Vorwerkzeug“ lag der Ertrag auf dem Mittelwert (100%), unterschied sich aber nicht signifikant von der Ausrüstung mit gewellter Schneidscheibe. Die beiden Varianten der Andruckrollen erbrachten keine statistischen Unterschiede hinsichtlich des Ertrages. Tendenziell lag der Ertrag bei Verwendung der Standardandruckrolle geringfügig über dem der Kombination Standardandruckrolle + strukturierte Andruckrolle.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass eine Ausrüstung eines modernen Einzelkornsägerätes mit Doppelscheibenscharen mit zusätzlichen Vorwerkzeugen (Schneidscheibe und/oder Strohräumer) oder speziellen Andruckrollen unter den getesteten Voraussetzungen statistisch nur vereinzelt zu einem höheren Feldaufgang oder Ertrag führte. Eine generelle Empfehlung für den Anbau eines bestimmten Vorwerkzeuges kann deshalb nicht gegeben werden. Unter schwierigen Bedingungen kann die Ausrüstung mit einer zusätzlichen gewellten Schneidscheibe, eventuell kombiniert mit einem frei beweglichen Strohräumer, das Risiko verminderter Feldaufgänge und von Ertragsminderungen verringern. Der Anbau von festen/starren Strohräumern führte tendenziell zu etwas schlechteren Ergebnissen und kann deshalb nicht empfohlen werden.

Zusammenfassend haben die umfangreichen Untersuchungen erneut gezeigt, dass mit Mulchsaat ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“) von Mais ein deutlich höheres Erosionsschutzniveau erreicht werden kann, als bei einer Mulchsaat mit (vorsichtiger) Saatbettbereitung. Demgegenüber betragen die Ertragsunterschiede zwischen den Mulchsaaten mit Saatbettbereitung und den Mulchsaaten ohne Saatbettbereitung an den unterschiedlichen Standorten und den einzelnen Jahren zumeist etwa 6%. Durch den Einsatz geeigneter Zusatzwerkzeuge (in den Versuchen gewellte Schneidscheibe) konnte diese Ertragsminderung halbiert werden.

1 Einleitung und Problemstellung

Die moderne Landwirtschaft gerät zunehmend ins Visier der Bevölkerung, sobald es um Umwelt- oder Gewässerschutz geht. Beim Anbau, insbesondere bei der Düngung und vor allem beim Pflanzenschutz hat der Landwirt deshalb viele Aspekte zu beachten und zahlreiche Vorschriften einzuhalten. Speziell in Hanglagen kommen weitere Auflagen hinzu um die Bodenerosion und die Konsequenzen daraus zu verhindern. Bodenerosion, die insbesondere bei Reihenkulturen ein erhebliches Problem darstellen kann, verlangt von der Landwirtschaft eine möglichst ständige Bodenbedeckung. Bei spät 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 hier 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 bietet einen guten Schutz, mehr Bodenbedeckung einen noch höheren. Sie lässt sich nur erreichen, wenn die Zwischenfrucht gut entwickelt in den Winter geht und wenn der Boden im Frühjahr nicht intensiv bearbeitet wird. Die Anforderung nach hoher Biomasse erfüllen schnellwüchsige Zwischenfrucht Arten, die nach dem abfrieren genügend strohiges Material hinterlassen. Mögliche Mischpartner sollten einander ergänzen, um eine gleichmäßige Bedeckung zu sichern. Konsequenter Weise darf im Frühjahr im Rahmen der Gülleeinarbeitung und Saatbettbereitung kein reiner Tisch hergestellt werden, sondern das Mulchmaterial muss möglichst komplett erhalten bleiben. Dies erfordert eine Mulchsaat ohne (oder zumindest eine schonende) Saatbettbereitung in Verbindung mit direktsaattauglicher oder wenigstens Mulchsaat tauglicher 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 extrem trockene Sommer- und Herbstwitterung der letzten 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 Risiko ist jedoch sehr hoch. Bis zum Reihenschluss des Maises 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 finden. Die Landwirtschaft ist deshalb dringend dazu angehalten Schäden durch Erosion soweit möglich im Vorfeld entgegen zu wirken. Neben vielen anderen Maßnahmen spielt der erfolgreiche Anbau im Mulchsaat oder Direktsaat Verfahren insbesondere von Reihenkulturen dabei eine entscheidende Rolle, um Erosionsereignisse zu verhindern oder möglichst gering zu halten. 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.

2 Stand der Technik

Einzelkornsäugeräte für Mais oder Zuckerrüben gibt es bereits seit mehreren Jahrzehnten. Während in der Vergangenheit hauptsächlich Geräte mit Säbelscharen im Einsatz waren sind es heute zunehmend Geräte mit Scheibenscharen. Die alten Geräte werden meist nur wenige Stunden oder Tage gebraucht und sind oft schon lange abgeschrieben, technisch überholt aber dennoch voll funktionsfähig (Abb. 1). Geräte mit Säbelscharen sind auf einen reinen Tisch oder zumindest auf eine intensivere Saatbettbereitung angewiesen. Beim Einsatz im ebenen Gelände ohne Erosionsrisiko entstehen dadurch keine negativen Auswirkungen. Vielfach ist das Gelände jedoch kupiert und damit erosionsgefährdet.



Abb. 1: Einzelkornsäugerät mit Säbelschar (Mulchsaat >30% Bodenbedeckung)

Bei der Aussaat im blanken Boden ohne Mulchauflage funktioniert diese Bauart einwandfrei. Unter heute meist üblichen bzw. am Hang geforderten Mulchsaatverhältnissen kann es je nach Bodenbeschaffenheit oder Mulchauflage sehr schnell zu gravierenden Funktionsstörungen kommen. Deshalb haben sich spezielle Mulchsaat taugliche Geräte durchgesetzt. Neue Einzelkornsäugeräte verfügen in der Regel über sogenannte Doppelscheibenschare die Erntereste und Pflanzenmulch durchschneiden sollen. Bei Neuinvestitionen werden die Geräte fast ausschließlich mit Scheibenscharen ausgerüstet. „Für einfache Mulchsaatverhältnisse (Mulchsaat mit Saatbettbereitung) sind diese Geräte mit Schneidscheiben gut geeignet. Derartige Maschinen können jedoch bei schwierigen Verhältnissen (Direktsaat, Mulchsaat ohne Saatbettbereitung, größere Strohmenngen, harte und feste Böden) rasch an ihre Einsatzgrenzen kommen.“ (3)

Um zu vermeiden, dass Scheibenschare über größere Mengen an Mulchmaterial einfach hinwegrollen und das Saatgut nicht exakt in der Tiefe abgelegt wird werden Strohräumer oder Sternradräumer eingesetzt. Wie die Aufstellung in der Veröffentlichung (3) zeigt, haben die meisten Hersteller inzwischen diese Ausstattungsvariante als Option verfügbar.



Abb. 2: Maissägerät mit allen verfügbaren Zusatzwerkzeugen

Mit diesen Strohräumern (Abb. 2) sollen Erntereste und Mulchmaterial vor der Saatgutablage aus der Saattrille zur Seite gefördert werden. Dadurch kann einerseits das folgende Säorgan sauber arbeiten und andererseits bleibt die Saattrille frei von Mulchmaterial, welches unter Umständen die Keimung negativ beeinträchtigen kann. Vereinzelt bieten Hersteller zusätzliche Schneidscheiben (sogenannte Coulterscheiben) (Abb. 2) an. Diese, dem eigentlichen Säorgan vorauslaufenden Schneidscheiben, sollen das Mulchmaterial vollständig durchtrennen. In gezackter/gewellter Ausführung (wie in der Abbildung zu sehen) sollen diese zusätzlich durch die Wellenbewegung Feinerde in der Saattrille produzieren. In der Praxis stellen solche Zusatzscheiben bislang die Ausnahme dar. Gängige Praxis ist es die Maschinen über diverse Vorspannmöglichkeiten am Parallelogramm mit zusätzlichem Druck (Eigengewicht der Maschine) auf die Säorgane zu belasten. Die Hersteller versprechen, durch Zusatzbelastungen (Scharldrücke) von bis zu 350 kg, das Säorgan auch unter harten Bedingungen in den Boden drücken zu können. Dies ist Grundvoraussetzung für eine gleichmäßige Tiefenablage und damit Keimung des Saatgutes. Für eine erfolgreiche Einbettung des Kornes und damit guten Feldaufgang ist darüber hinaus wichtig, das Saatgut bzw. den Säschlitz nach der Ablage wieder mit Erde zu bedecken bzw. zu verschließen. Dazu verfügen die Sägeräte in der Regel über 2 V förmig angestellte Andruckrollen aus Kunststoff. Unter extremen Bedingungen (harter Boden, fehlende Saatbettbereitung) kann der Schlitz auch durch Erhöhung des Druckes oder Verstellung des Anpresswinkels nicht richtig verschlossen werden. Deshalb gibt es vor allem im amerikanischen Raum spezielle strukturierte Andruckrollen („Closing wheels“) (Abb. 3). Diese werden in der Regel nur jeweils an

einer Seite jeder Säeinheit angebracht. In Deutschland werden diese speziellen strukturierten Andruckrollen (meist aus Metall, mit aggressiver Form) bislang nur vereinzelt angeboten.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass derzeit Neugeräte in der Regel mit Scheibenscharen ausgestattet werden. Zusatzausrüstungen wie Strohräumer, Schneidscheiben und vor allem spezielle Andruckrollen sind dagegen noch sehr wenig verbreitet. Deshalb konnte bislang nicht beantwortet werden, ob die Ausstattung mit solchen Zusatzwerkzeugen die Mulch- bzw. Direktsaat Tauglichkeit der angebotenen Geräte wesentlich verbessern. Ebenso wenig liegen Erfahrungen vor, ob diese Zusatzwerkzeuge kombiniert und wenn ja in welcher Kombination angebracht werden sollten, um die Einsatzsicherheit zu erhöhen bzw. die Arbeit zu optimieren und den Feldaufgang zu verbessern.



Abb. 3: V förmige Andruckrollen „standard“ (links) und „strukturiert“ (rechts)

3 Zielsetzung

In einem Großparzellenversuch sollte die Frage geklärt werden, welche Zusatzwerkzeuge am Einzelkornsäegerät möglich und sinnvoll sind und zu einer Verbesserung der Mulchsaat Tauglichkeit beitragen können. Durch die Anlage von jährlich 3 randomisierten Feldversuchen (2 mal abfrierende Zwischenfrucht, 1 mal Grünroggen als Vorfrucht) ausgesät mit einem Mulchsaat tauglichen Säegerät (ausgestattet mit unterschiedlichen Zusatzaggregaten) sollten die Effekte von Zusatzwerkzeugen bzw. -kombinationen ermittelt werden. Dabei sollten Vor- und Nachteile bzw. Grenzen der einzelnen Zusatzwerkzeuge aufgedeckt werden.

Folgende Zusatzwerkzeuge (Planter Attachments) kamen zum Einsatz:

- gewellte Schneidscheiben
- Räumsterne (fix bzw. schwimmend)
- strukturierte Andruckrollen
- und mögliche Kombinationen davon

Am Ende des Untersuchungszeitraumes sollten so Aussagen zu verschiedenen Ausstattungsvarianten getroffen werden. Den Landwirten und Lohnunternehmern können damit Entscheidungshilfen an die Hand gegeben werden, die zum Gelingen optimaler Mulch- und Direktsaaten unter gegebenen Bedingungen positiv beitragen können

4 Eigene Untersuchungen

4.1 Eingesetzte Technik im Feldversuch

Zentrales Element für den Test der unterschiedlichen Zusatzwerkzeug Kombinationen war ein geeignetes Einzelkornsägerät, an dem verschiedene Elemente angebracht werden konnten. Zur Durchführung der Untersuchungen konnte von der Firma Väderstad ein modernes Einzelkornsägerät vom Typ „Tempo“ für die Dauer des gesamten Versuchszeitraumes zur Verfügung gestellt werden. Für unsere Versuche wurde das Gerät mit 4 Reihen ausgestattet. Bei dem pneumatischen Einzelkornsägerät (Überdruckverfahren) handelt es sich um eine Maschine, bei der auf Grund der Bauart mit Druck und hoher Geschwindigkeit über Rohre das Saatgut direkt unter die Druckrolle geschossen und dort sofort fixiert wird. Ein Verrollen des Saatgutes soll damit auch bei hohen Geschwindigkeiten (bis ca. 15 km/h) ausgeschlossen werden. Der Antrieb erfolgt elektrisch für jede Reihe separat. Die komplette Steuerung und Bedienung der Maschine erfolgt über ein I Pad mittels Väderstad App. Die Kommunikation mit der Maschine funktioniert kabellos über ein eigenes W-LAN Bordnetz.

Entscheidend für die Auswahl der Maschine war der Umstand, dass die Säaggregate mit identischen Anbaupunkten für Zusatzaggregate ausgestattet waren, wie die Säaggregate von John Deere in den USA. Für diese Schnittstelle steht weltweit die größte Auswahl an Zusatzwerkzeugen zur Verfügung (>50 unterschiedliche Werkzeuge von mehr als 10 Herstellern). Aus dieser großen Auswahl wurden exemplarisch 4 Varianten für die Untersuchungen ausgewählt und beschafft.

Zum einen handelt es sich um paarweise verbaute Strohräumer des amerikanischen Herstellers Yetter (Typ „2967 Rigid Row Cleaner“) die solo (ohne Schneidscheibe) an die Väderstad Maschine montiert werden können (Abb. 5).

Als Kombination von vorauslaufender Schneidscheibe und Strohräumern wurden Einheiten von Martin Till ausgewählt. Es handelt sich dabei um die Floating Row Cleaner Einheit (Typ „John Deere Mounts BDC 1360“). Im Gegensatz zu den Yetter Stroh Räumern sind die Martin Till Elemente nicht über einen verstellbaren Bolzen in der Arbeitstiefe fix, sondern können sich dem Boden anpassen und nach oben ausweichen. Damit soll verhindert werden, dass die Sternräumer bei lockerem Boden oder bei Unebenheiten zu weit in den Boden eintauchen und dabei zu viel Material zur Seite schaffen und so Dämme entstehen. Bei den Varianten mit Strohräumer solo wurden die Strohräumer von Yetter (Abb. 5) eingesetzt und bei den Varianten Strohräumer und Schneidscheibe die Martin Till Einheiten (Abb. 7). Durch den weiter nach vorne versetzten Anbaupunkt der Räumsterne kann außerdem eine dem Säorgan voraus laufende Schneidscheibe mit angebracht werden, die fix in der eingestellten Arbeitstiefe bleibt. Für eine weitere Variante, in der die vorauslaufende Scheibe solo zum Einsatz kam, konnten die Strohräumer Einheiten abmontiert werden (Abb. 6).

Als Vorwerkzeugkombinationen ergaben sich so insgesamt 4 Möglichkeiten. Ergänzt wurden diese durch verschiedene Möglichkeiten der abschließenden Behandlung des Säspaltes. In der Regel werden hier eine oder meist zwei Andruckrollen verbaut.

Nach einer Recherche wurde festgelegt neben den üblichen Andruckrollen aus Kunststoff auch sogenannte „strukturierte“ Andruckrollen zu untersuchen. Dabei wurden bereits vorhandene strukturierte Andruckrollen von Dawn (Typ „Curvetine M Series“) (Abb. 3 bis Abb. 7) eingesetzt. Entsprechend der Empfehlung des Herstellers wurde an jeder Reihe jeweils eine strukturierte Andruckrolle mit einer Standardandruckrolle kombiniert (jeweils rechts im Bild).

So entstanden insgesamt 8 verschiedene Kombinationsmöglichkeiten, die in den folgenden Abbildungen (Abb. 4 bis Abb. 7) zu sehen sind.



Abb. 4: Keine Vorwerkzeuge mit Standardandruckrollen (links) bzw. Standardandruckrolle + Curvetine (rechts)



Abb. 5: Strohräumer und Standardandruckrollen (links) bzw. Standardandruckrolle + Curvetine (rechts)



Abb. 6: Schneidscheibe und Standardandruckrollen (links) bzw. Standardandruckrolle + Curvetine (rechts)



Abb. 7: Schneidscheibe + Strohräumer mit Standardandruckrollen (links) bzw. Standardandruckrolle + Curvetine (rechts)

4.2 Versuchsplanung und Aufbau

Im Folgenden werden grundlegende Überlegungen beschrieben, die zu einer erfolgreichen Versuchsdurchführung notwendig waren, da sich der durchgeführte Großparzellenversuch deutlich vom üblichen Versuchsdesign der Parzellenversuche der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft unterscheidet. Um Aussagen für Landwirte treffen zu können, musste das Versuchsdesign so gewählt werden, dass es 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 Sägenauigkeit zu erreichen, wurde für die Versuchspartellen eine Länge von 40 m festgesetzt. Aufgrund der nur in begrenztem Umfang zur Verfügung stehenden Versuchsflächen wurde eine Partellenbreite

von 3 m (vier Reihen, Ernte der zwei Kernreihen) festgelegt. Von jedem Block mit 3 mal 40 m wurde der mittlere Teil von 1,5 mal 10 m zu den Bonituren bzw. für die Ernte genutzt. Dieser 10 m Bereich wurde dauerhaft durch einen Frässtreifen abgegrenzt und markiert. Die Anzahl der Parzellen ergibt sich aus der Anzahl der möglichen Varianten und der Anzahl der Wiederholungen.

Um die Erosionsgefahr zu minimieren muss, wie eingangs schon erwähnt, ein maximaler Bedeckungsgrad mit Pflanzenmulch angestrebt und auch erhalten werden. Am besten ist es deshalb auf eine Saatbettbereitung zu verzichten und die Aussaat direkt in den Mulchbestand vorzunehmen (Mulchsaat ohne Saatbettbereitung). Andererseits ist die Mulchsaat mit Saatbettbereitung weit verbreitet und besonders beim Einsatz von Wirtschaftsdüngern oft unumgänglich. Deshalb wurden alle 8 Werkzeugkombinationen mit und ohne Saatbettbereitung untersucht. In Kombination mit den verschiedenen Varianten und der Forderung nach 4 Wiederholungen ergibt sich so eine Versuchsfläche mit 64 Parzellen für jeden Standort.

Ausgehend von diesen Überlegungen wurde, gemeinsam mit der LfL Abteilung Versuchswesen und Biometrie, ein Versuch (Bezeichnung: V 705) mit den 3 Faktoren „Mulchsaatverfahren“, „Vorwerkzeug“ und „Andruckrolle“ und 2 - 4 Stufen pro Faktor geplant (Tab. 1). Dabei wurde eine vollständig randomisierte Blockanlage (lateinisches Rechteck) für jeden Standort entwickelt. Damit gab es 3 verschiedenen randomisierte Pläne (je einen pro Standort). In Abb. 8 ist beispielhaft der Plan für den Standort Westerschondorf (LfL, Landkreis Landsberg am Lech) dargestellt.

Daneben wurde ein zweiter Standort auf der Versuchsstation Thalhausen/Dürnast (TUM, Landkreis Freising) ausgewählt. Als dritter Standort dienten jährlich unterschiedliche Flächen von zwei Landwirten im Landkreis Pfaffenhofen an der Ilm.

Tab. 1: Übersicht zu den einzelnen Faktoren/Varianten des Versuchs

Faktor	Variante	Abkürzung
1. Mulchsaatverfahren (M)	1. Mulchsaat mit Saatbettbearbeitung	KE
	2. Mulchsaat ohne Saatbettbearbeitung	KBB
2. Vorwerkzeug (V)	1. ohne Vorwerkzeug	OV
	2. gewellte Schneidscheibe	SCH
	3. Räumstern	RST
	4. Schneidscheibe + Räumstern	S+R
3. Andruckrolle (A)	1. Standardandruckrolle	ARO
	2. Standard + curvetine Andruckrolle	A+C

1.	2.	3.	Variante	Anordnungs
M	V	A		Nummer
1	1	1	KE, OV, ARO	1
1	1	2	KE, OV, A+C	3
1	2	1	KE, SCH, ARO	5
1	2	2	KE, SCH, A+C	7
1	3	1	KE, RST, ARO	9
1	3	2	KE, RST, A+C	11
1	4	1	KE, S+R, ARO	13
1	4	2	KE, S+R, A+C	15
2	1	1	KBB, OV, ARO	2
2	1	2	KBB, OV, A+C	4
2	2	1	KBB, SCH, ARO	6
2	2	2	KBB, SCH, A+C	8
2	3	1	KBB, RST, ARO	10
2	3	2	KBB, RST, A+C	12
2	4	1	KBB, S+R, ARO	14
2	4	2	KBB, S+R, A+C	16

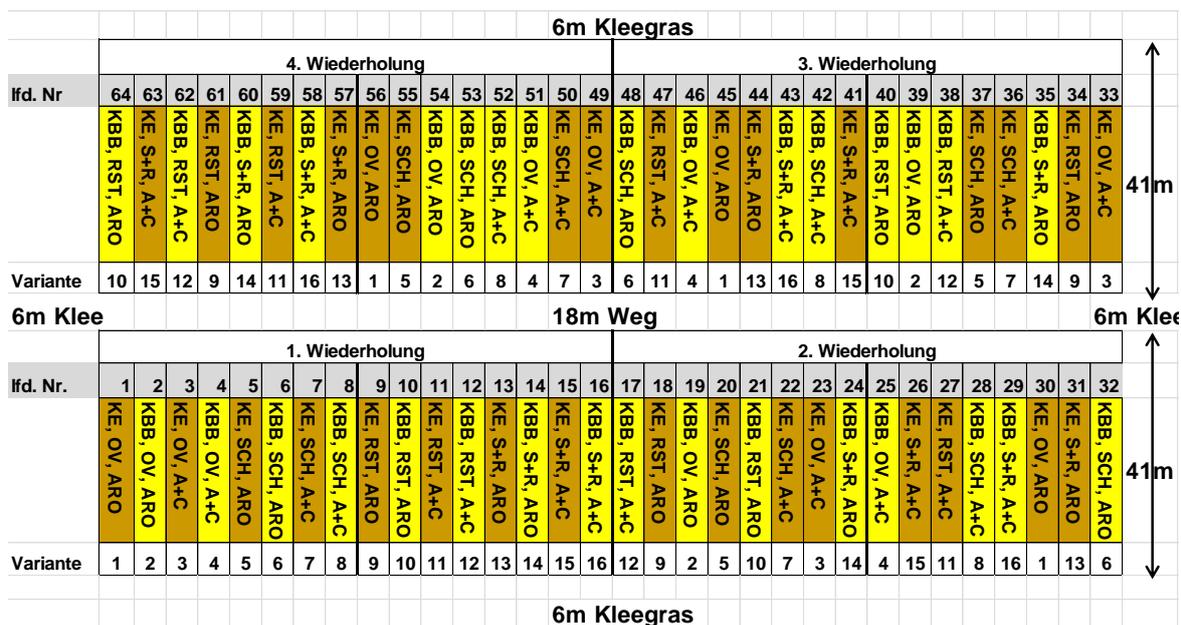


Abb. 8: Plan „Optimierung Mulchsaat“ (V 705) Standort Westerschondorf

Die Standorte Westerschondorf und Dürnast wurden jeweils nach der Getreideernte mit abfrierenden Zwischenfrüchten bestellt. Die Auswahl fiel hier auf verschiedene Greening konforme Mischungen (siehe Anhang: Abb. 36 und Abb. 37).

Der jeweilige Standort im Landkreis Pfaffenhofen war stets ein Feldstück, auf dem Grünroggen (bzw. Roggen) als Biogassubstrat (Silage) vor der Maisbestellung geerntet wurde.

4.3 Versuchsdurchführung

Nach der erfolgten Vorfruchternte (Winterweizen bzw. Wintergerste) wurde ein flacher Stoppelbearbeitungsgang durchgeführt. Danach folgte ein zeitlich versetzter Hauptarbeitsgang vor der Bestellung der Zwischenfrüchte. An den beiden Mulchsaatstandorten waren dies abfrierende Zwischenfrucht Mischungen nach einer Pflugfurche (Betrieb Dürnast) bzw. nach Grubbereinsatz (Betrieb Westerschondorf), die mit Kreiselegge und Drillmaschine bestellt wurden.

Beim Betrieb Höckmeier (2015) bzw. Starringer (2016-2018) wurde ebenfalls nach einem Grubber Arbeitsgang der Roggen bestellt. Auch hier kamen Kreiseleggen Drillmaschinenkombinationen zum Einsatz.

Der Roggen wurde im Zeitraum Ende April bis Ende Mai gemäht und siliert.

Die abfrierenden Zwischenfrüchte wurden in allen Jahren und Standorten im Frühjahr zeitig vor der Aussaat mit Glyphosat behandelt. Hierdurch sollten auf allen Parzellen die gleichen Bedingungen geschaffen werden, was üblicherweise, durch das nesterweise Auftreten von Unkräutern oder auch Ausfallgetreide, ohne Herbizid Einsatz nicht erreicht werden kann.

Generell wurden alle Parzellen gleich behandelt und bestellt. Dies trifft sowohl auf die Düngung als auch den Pflanzenschutz zu, die jeweils betriebsüblich durchgeführt wurden. Auch die verwendete Maissorte (LG 30.222) sowie die Aussaatstärke (8 Pfl/m²) wurden über alle Jahre und Standorte konstant gehalten. Die Aussaatstärke wurde bewusst an der unteren Grenze festgelegt, um zu erreichen, dass sich etwaige Unterschiede im Feldaufgang auch im späteren Körner Mais Ertrag auswirken können.

Vor der Saat wurden die Parzellen exakt eingemessen und gekennzeichnet. Die Aussaat und die vorhergehende Bodenbearbeitung in den entsprechenden Parzellen wurde an allen Standorten mit dem Traktor des LfL Betriebes Achselchwang 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.

Die Saatbettbereitung erfolgte, sowohl auf dem Grünroggenstandort als auch an den beiden Standorten mit abfrierender Zwischenfrucht, ausschließlich mit der Kreiselegge. Dabei wurde stets relativ flach (4 - 7 cm) und schonend gearbeitet (ca. 800 U/min an der Zapfwelle bei 5 - 6 km/h Arbeitsgeschwindigkeit), um den Bodenbedeckungsgrad möglichst zu erhalten.

Im Anschluss an die Bodenbearbeitung wurde die Aussaat durchgeführt. Dabei wurden jeweils alle Parzellen mit gleicher Ausstattungsvariante bestellt und anschließend die Maschine umgebaut. Die Fahrgeschwindigkeit betrug 6 - 7 km/h und die Aussaattiefe lag bei 3 - 6 cm. Alle Parzellen eines Standortes wurden am selben Tag bestellt, sodass alle Varianten gleiche Aussaatbedingungen hatten.

Nach bzw. während des Auflaufens der Maispflanzen wurden 2 bzw. 3 Bonituren durchgeführt. Eine davon diente zur Ermittlung des Bodenbedeckungsgrades mit der Schnurmethode (4). Dabei wird eine mit 50 Markierungen (Abstand 20 cm) versehene Schnur (10m lang) diagonal über die Bearbeitungsrichtung gespannt. Die Mulchteile, die

komplett unter diesen Markierungen liegen und breiter oder dicker als mindestens 2,38 mm (3/32 inch) sind, werden gezählt. Durch das Verhältnis der Anzahl „bedeckter“ Markierungen zur Gesamtzahl der Markierungen wird der relative Bedeckungsgrad ermittelt. Gemessen wurde immer in den Parzellen ohne Vorwerkzeuge, um vergleichbare Ergebnisse zu erlangen.

Die 2. bzw. 3. Bonitur erfolgte immer in dem exakt abgegrenzten (Frässtreifen) 10 m Bereich zur Ermittlung des Feldaufganges. Dazu wurden alle Pflanzen in diesem Bereich (2. und 3. Reihe) gezählt und ins Verhältnis zur Aussaatstärke gesetzt. Wenn es die Witterung und die Zeit zuließ, wurde vor dem endgültigen Feldaufgang ein vorläufiger Feldaufgang ermittelt, sobald etwa 50 % der Pflanzen aufgelaufen waren.

Bis zur Ernte wurden die Bestände laufend kontrolliert und etwaige Besonderheiten (Hagel, Unkrautnester, usw.) festgehalten und später bei der statistischen Berechnung gegebenenfalls korrigiert (Bildung Ersatzwert). Der Standort Westerschondorf musste jährlich aufwändig mittels eines elektrischen Wildschutzzaunes vor Wildschweinen geschützt werden.

Die Ernte erfolgte mit einem Parzellen Mähdrescher der LfL (IPZ Abteilung Mais) bzw. der Versuchsstation Straßmoos. Es wurde jeweils der 10 m lange Kernbereich beerntet und direkt gewogen. Durch die Entnahme von Proben konnte mittels Trockenschrank der TS Gehalt jeder einzelnen Parzelle ermittelt werden.

4.4 Versuchsergebnisse 2015 - 2018

4.4.1 Entwicklung Zwischenfrüchte und Bodenbedeckungsgrad

4.4.1.1 Standort Dürnast/Thalhausen (abfrierende Zwischenfrucht)

Auf allen Schlägen und in allen Jahren war am Standort Dürnast bzw. Thalhausen (Landkreis Freising) die Zwischenfrucht deutlich schlechter als am Standort Westerschondorf. Trotz der guten (schluffiger bis toniger Lehm) und sehr tiefgründigen Böden entwickelte sich die Zwischenfrucht (MS 100 A bzw. HumusPro) hier meist langsamer. Dies hatte vermutlich 2 Gründe. Zum einen erfolgte die Aussaat oft etwas später (um den 15.8.) und zum anderen nach einer Pflugfurche. Dadurch fehlte notwendige Vegetationszeit und speziell in den trockenen Herbstmonaten 2015 und 2016 Wasser für das Wachstum. Auch die in den vergangenen Jahren anhaltend lange Herbst Vegetation konnte nicht dazu beitragen, dass hier üppige Bestände heranwuchsen. Vor dem Frost, der meist erst in der zweiten Winterhälfte auftrat, waren die Bestände rund 30 cm hoch und bestanden hauptsächlich aus Phazelia. Diese ist im Frühjahr in der Regel sehr brüchig und erzeugt somit keinen hohen Bodenbedeckungsgrad. Das in den Mischungen enthaltene Ramtillkraut war bereits Anfang Winter abgestorben und die Kleearten entwickelten sich in den vergangenen Jahren meist nur spärlich. Nach dem Winter waren die Zwischenfrüchte gut abgestorben und lagen mehr oder weniger flach am Boden. Im Vergleich zum Standort Westerschondorf war die Ausgangsmulchauflage deutlich geringer. Damit lagen die erzielten Bodenbedeckungsgrade nach der Saat auch ohne Saatbettbereitung meist deutlich unter den angestrebten 30% (Tab. 2). Trotz schonender Bodenbearbeitung mit der Kreiselegge war die Bodenbedeckung im Durchschnitt auf unter 10% zurückgegangen.

Tab. 2: Bodenbedeckungsgrad mit Pflanzenmulch (Dürnast/Thalhausen)

Variante	Bodenbedeckungsgrad [%]				
	Jahr 2015	Jahr 2016	Jahr 2017	Jahr 2018	Mittelwert
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	13	10	5	5	8
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	27	20	8	27	21

In Dürnast war damit der Bodenbedeckungsgrad sowohl mit als auch ohne Bodenbearbeitung relativ niedrig, wie Abb. 9 exemplarisch zeigt. Das Bild verdeutlicht zudem, dass ein wirksamer Verschlämmungs- und Erosionsschutz mit niedrigen Bodendeckungsgraden nach einem Starkregen nicht gegeben war.



Abb. 9: Verschlämmung Feldaufgang Dürnast 2016 ((li. ohne BB - re. mit BB)
(nach Starkregenereignis)

4.4.1.2 Standort Westerschondorf (abfrierende Zwischenfrucht)

Die Aussaat erfolgte hier in der Regel etwas früher (4. - 21.8.) und in jedem Fall pfluglos nach einem tiefen Grubberstrich. Wahrscheinlich entwickelten sich, auf Grund der gleichmäßigeren und höheren Niederschlägen im Herbst, die Zwischenfrüchte (MS 100 A) schneller und üppiger als in Dürnast, obwohl die Böden (2017 sandiger Lehm, 2016 schluffiger Lehm, 2015 und 2018 toniger Lehm) hier etwas schlechter sind. Westerschondorf hat zudem einen sehr hohen Steinbesatz (Abb. 10 und Abb. 11), sowohl in der Krume als auch im Unterboden. Auch hier dauerte die Vegetation in den letzten Jahren bis in den Spätherbst, wobei es Ende November zum Teil zu ersten Schneefällen kam, welche die Zwischenfrucht niederdrückten. Davor waren die Zwischenfrüchte rund 40 - 70 cm hoch und setzten sich vielfältiger als in Dürnast zusammen (Kresse, Leguminosen, Phacelia). Nach dem Winter waren auch hier die Zwischenfrüchte abgestorben und niedergedrückt. Trotz der üppigen Bestände und der dichten Matte war oft Unkraut (z.B. Ehrenpreis) und stets viel Ausfallgerste zu finden. Wie Tab. 3 verdeutlicht, war der Bodenbedeckungsgrad nach der Saat ohne Bodenbearbeitung in allen Jahren über den angestrebten 30%. Mit vorhergehender Saatbettbereitung konnten die 30% Bodenbedeckung in 2 von 4 Jahren erreicht werden.



Abb. 10: Maisbestand Westerschondorf 2017 (li. ohne BB - re. mit BB)

Tab. 3: Bodenbedeckungsgrad mit Pflanzenmulch (Westerschondorf)

Variante	Bodenbedeckungsgrad [%]				
	Jahr 2015	Jahr 2016	Jahr 2017	Jahr 2018	Mittelwert
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	32	17	37	24	28
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	45	32	58	35	43

In Westerschondorf war der Bodenbedeckungsgrad, sowohl mit als auch ohne Bodenbearbeitung, relativ hoch, wie Abb. 11 zeigt. In der Abbildung ist daneben im mittleren Bereich die Funktion der Strohräumer sehr deutlich zu erkennen. Wie am Standort Eschelbach/Gerenzhausen ist die unkrautunterdrückende Wirkung des Kreiseleggeneinsatzes zu erkennen. Ebenfalls wie am Grünroggenstandort war oft zu sehen, dass in den Parzellen ohne Kreiseleggeneinsatz der Mais etwas schwächer und fahler war. Dieser Effekt verschwand zum Teil im Jahresverlauf, wirkte sich aber im Durchschnitt der Jahre signifikant negativ auf den Ertrag aus (Kapitel 4.4.4).



Abb. 11: Maisbestand Westerschondorf 2015 (mi. mit BB - re./li. ohne BB)

4.4.1.3 Standort Eschelbach/Gerenzhausen (Roggen)

Am dritten Standort wurde der Mais nicht nach abfrierender Zwischenfrucht, sondern nach abgeerntetem Grünroggen (Silage – Biogasafruchtfolge) bestellt. Der Roggen wurde etwa zur Teigreife (Ende April bis Ende Mai) geerntet, sodass hier kräftige und üppige Stoppeln und Wurzeln vorhanden waren. Die Böden in Eschelbach bzw. Gerenzhausen sind in der Tendenz etwas sandiger (2015 und 2017 sandiger Lehm, 2016 schluffiger Lehm, 2018 toniger Lehm) als in Dürnast, aber ebenfalls sehr tiefgründig und ohne Steinbesatz. Der Bodenbedeckungsgrad erreichte nach der Ernte des Roggens bzw. Maissaat in beinahe allen Varianten und Jahren den angestrebten Wert von 30% bzw. überschritt diesen sogar teilweise deutlich, wie Tab. 4 zeigt.

Tab. 4: Bodenbedeckungsgrad mit Roggen Stoppeln (Eschelbach/Gerenzhausen)

Variante	Bodenbedeckungsgrad [%]				
	Jahr 2015	Jahr 2016	Jahr 2017	Jahr 2018	Mittelwert
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	27	36	41	42	37
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	38	42	56	54	48

In Abb. 12 ist zu erkennen, dass sowohl in den bearbeiteten als auch in den unbearbeiteten Parzellen sehr viel Mulchmaterial (Roggenstoppeln) vorhanden war. Das Bild zeigt auch, dass in allen Jahren der nicht bearbeitete Roggen mehr oder weniger stark wieder ausgetrieben hat und sehr schnell Ähren bildete. Dies kostete - wie aus dem Bild zu erahnen ist – dem Mais viel Kraft (Wasser, Licht, Platz und Nährstoff Konkurrenz) und erforderte zudem einen höheren Herbizid Einsatz. Zum Teil konnten die Roggenwurzeln auch nach dem Kreiselegeneinsatz neu austreiben (Abb. 12).



Abb. 12: Mais nach Roggensilage (2018) (li. ohne BB - re. mit BB)

4.4.1.4 Alle Standorte und Jahre

Der Bodenbedeckungsgrad wurde genauso wie der Ertrag, der Feldaufgang und die Trockensubstanz statistisch verrechnet. Die nachfolgende Tab. 5 zeigt den Bodenbedeckungsgrad absolut und relativ über alle Standorte und Jahre. In die Berechnung gingen sowohl die beiden Mulchsaat Standorte, sowie der bzw. die Roggen Standorte mit ein. Die Auswertung erfolgte nur in Hinblick auf den Faktor 1 (Mulchsaatverfahren). Die Tabelle zeigt, dass mit Bodenbearbeitung der durchschnittliche Bodenbedeckungsgrad deutlich (signifikant) niedriger und im Schnitt weit unter 30% lag. Ohne Saatbettbereitung war er dagegen deutlich über 30%.

Tab. 5: Bodenbedeckungsgrad mit Signifikanz (alle Standorte/Jahre)

Variante	Bodenbedeckungsgrad absolut [%]	Bodenbedeckungsgrad relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	24,3	80	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	36,7	120	B

4.4.2 Funktionsweise Zusatzwerkzeuge

Räumsterne/Strohräumer:

Bei den Räumsternen waren zwei verschiedene Modelle bzw. Bauarten im Einsatz. Zum einen waren dies in der Arbeitsposition fest montierte (mittels Bolzen verstellbare) Strohräumer von Yetter (Abb. 13). Zum anderen wurden für die Kombination „Schneidscheibe + Räumstern“ frei bewegliche/schwimmende (Abb. 15) Einheiten von Martin Till montiert.

Yetter: Typ „Finger Wheel“, 325 mm Durchmesser, fix montiert

Martin Till: Typ „Spike Wheel“, 325 mm Durchmesser, mit integrierten Tiefenbegrenzungsscheiben („Depth Bands“ bzw. „Floater Wheels“) => frei beweglich/schwimmend

Beide Typen bzw. Bauarten funktionierten in allen Jahren gut und weitgehend störungsfrei. Sie waren in der Lage bei korrekter Einstellung das Pflanzmaterial aus der Saatfurche zu räumen. Beide Typen neigten bei wechselnden Bodenbedingungen und/oder zu tiefer Einstellung zur Furchenbildung. Gerade im mittleren Bereich (zwischen den Schlepperreifen – Reihe 2 und 3) war der Boden meist lockerer als hinter den Reifen. Trotz unterschiedlicher Einstellmöglichkeiten war es nicht immer möglich hier eine Furchenbildung zu vermeiden (Abb. 16). Die frei beweglichen Strohräumer waren hier im Vorteil, da bei zu großem Auflagedruck die Einheiten nach oben ausweichen können.

Beim Einsatz in Roggenstoppeln (speziell ohne vorherige Bodenbearbeitung) war dies nachteilig, da die Strohräumer dann ausgelenkt und damit ohne ausreichenden Druck kaum mehr Wurzelballen aus der Saatfurche räumen konnten. Unter diesen Einsatzbedingungen können womöglich die fix in der Position gehaltenen Modelle von Vorteil sein. Allerdings zeigte sich bei der Auswertung des Feldaufganges (siehe 4.4.3), dass dieser mit den festen Strohräumern etwas schlechter war. Dies lag vermutlich daran, dass die aggressiven/festen Strohräumer nicht nur Stoppeln herausreißen, sondern damit auch Feinerde aus der späteren Saatrille entfernen. Gerade diese Feinerde ist es, die positiv zur Keimung beiträgt und den Feldaufgang sicherstellt.

Leicht feuchte oder klebrige Bedingungen (zähes Mulchmaterial) führen bei beiden Typen zu Problemen mit anhaftendem/wickelndem Stroh Boden Gemisch (Abb. 14 und Abb. 15). Eine saubere und korrekte Arbeitsweise war unter diesen Bedingungen nicht möglich, zu Verstopfungen kam es während der Projektlaufzeit jedoch nicht.



Abb. 13: Fix montierte Strohräumer (Yetter)



Abb. 14: Strohräumer mit anhaftendem Stroh Boden Gemisch



Abb. 15: Frei bewegliche/schwimmende Strohräumer (Martin Till)



Abb. 16: Furchenbildung durch Strohräumer

Schneidscheibe/Coulterscheibe:

Die vorauslaufenden Schneidscheiben (400 mm Durchmesser) waren mit einem Wellenprofil (50 Wellen, 16 mm Wellenbreite) ausgestattet. Der Einsatz soll folgende Vorteile mit sich bringen:

- Durch die große Scheibe soll schon vor dem Ablegen des Saatgutes durch das Doppelscheibenschar der Boden geöffnet und das Mulchmaterial durchtrennt werden.
- Das Wellenprofil soll durch das Abrollen einen etwas breiter gelockerten, mit Feinerde gefüllten, Bereich erzeugen.

Beide Ansatzpunkte haben das Ziel eine optimale Saatgut Einbettung zu erreichen. Wenn außerdem vor der zusätzlichen Schneidscheibe bereits die Strohräumer laufen (Abb. 15) kann verhindert werden, dass die Schneidscheibe Mulchmaterial unter den Saathorizont drückt. Direkt auf Mulchmaterial liegendes Saatgut kann unter Umständen nicht ungestört keimen. Deshalb ist es sinnvoll die vorauslaufende Schneidscheibe mit einem schwimmenden Strohräumer zu kombinieren. Der Unterschied war jedoch, wie in Kapitel 4.4.3 zu sehen, relativ gering, kaum nachweisbar und optisch bei der Beurteilung der Funktionsweise bzw. des Feldaufgangs kaum zu erkennen. Deutlich ist jedoch zu erkennen, dass ohne Strohräumer auch in der Reihe Mulchmaterial zu finden war, wie Abb. 17 zeigt.



Abb. 17: Im Mulch abgelegtes Saatgut (Schneidscheibe/keine Strohräumer)

Bei der Ermittlung bzw. statistischen Berechnung der Feldaufgänge zeigte sich, dass die Kombination Schneidscheibe + Strohräumer einen positiven Einfluss auf den Feldaufgang hatte. Der Feldaufgang war damit oft signifikant höher (4.4.3).

Hinsichtlich des Ertrags hatte der Soloeinsatz der gewellten Schneidscheibe tendenziell den besseren Effekt (Kapitel 4.4.4).

Strukturierte Andruckrolle:

Während die speziellen Vorwerkzeuge vor dem eigentlichen Säorgan laufen und den Boden/die Saatrille vorbereiten sollen, dienen die Andruckrollen zum verschließen bzw. andrücken der Saatrille. Im Projekt wurden neben den Standardandruckrollen aus Hartgummi auch strukturierte Metall Andruckrollen von Dawn (Typ „Curvetine M Series“, 330 mm Durchmesser, 13 Zacken/Stahlfinger) untersucht. Diese werden bei Mulchsaaten in der Regel nicht paarweise, sondern nur einseitig in Kombination mit einer Standardandruckrolle eingesetzt (Abb. 3).

Beim praktischen Einsatz konnten folgende Unterschiede festgestellt bzw. beobachtet werden: Während die glatten Gummi Andruckrollen im Idealfall zu einer gleichmäßig gefüllten und geschlossenen Saatrille führten, kam es beim Abrollen des gezackten Profils des Curvetine Rades vereinzelt zum herausbrechen und aufschleudern von Kluten oder losem Material. Herausgeschleuderte Maiskörner waren nur bei sehr flacher Ablage (z.B. in Fahrspuren oder am Vorgewende) zu beobachten. Das Verschließen der Saatrille wurde unter den gegebenen Verhältnissen nicht verändert oder verbessert. Während der Versuchs Laufzeit gab es kaum Probleme beim Verschließen der Saatrille, wie etwa durch schwere, speckige und oder nasse Erde. Generell sollte unter diesen schwierigen Bedingungen die Aussaat unterbleiben, da Mais sehr empfindlich auf Verdichtungen reagiert. Auf harten und ausgetrockneten Böden, wie etwa nach der Grünroggenernte, konnten diese Andruckrollen tendenziell mehr lockere Erde für das Verschließen der Saatrille erzeugen. Nicht selten klemmten sich aber Roggenwurzel Ballen zwischen die Zacken. Selbst nicht vollständig geschlossene Saatrillen verzeichneten während der Projektphase einen sehr guten Feldaufgang, obwohl nicht immer ausreichend Niederschläge fielen.

Bei der Ermittlung des Feldaufganges fiel auf, dass der Mais in den Parzellen mit Curvetine Andruckrollen zum Teil nicht so exakt in Reih und Glied stand wie der Mais mit den Standardandruckrollen. Dies verdeutlicht noch einmal, dass die Zacken/Dornen in den Boden eindringen und direkt oder indirekt Saatgut verschieben oder sogar heraus werfen können.

4.4.3 Feldaufgang Mais

Der Feldaufgang wurde mittels Zählung der Pflanzen innerhalb der kompletten 10 m Parzelle ermittelt. Im Folgenden sind die Feldaufgänge relativ dargestellt. Absolut über alle Jahre und Standorte lag der Feldaufgang bei gut 90%. Die folgenden Balkendiagramme zeigen den Feldaufgang ausgewertet nach den Faktoren „Mulchsaatchverfahren“, „Vorwerkzeug“ und „Andruckrolle“. Zusätzlich ist eine Tabelle aufgeführt, die alle möglichen Faktorkombinationen enthält.

Um die Übersicht zu behalten sind die Einzeljahre nicht dargestellt, sondern die Ergebnisse auf den Durchschnitt aller Jahre (2015-2018) bezogen.

(Die Einzelstandorte der Mulchsaat mit abfrierender Zwischenfrucht sind im Anhang (Kapitel 9.3) dargestellt.)

4.4.3.1 Mulchsaat nach abfrierender Zwischenfrucht (alle Standorte/Jahre)

Die Diagramme zeigen den Feldaufgang bei Mulchsaat nach abfrierender Zwischenfrucht an den beiden Standorten Westerschondorf und Dürnast/Thalhausen.

Die folgenden Balkendiagramme und die Tabelle zeigen den Durchschnitt über beide Standorte und alle Jahre. Mit vorhergehender Saatbettbereitung (Kreiselegge) lag der Feldaufgang mit 102% signifikant über dem Feldaufgang ohne Saatbettbereitung (98%)

wie Abb. 18 zeigt. Die verschiedenen Vorwerkzeuge unterschieden sich nicht signifikant im Feldaufgang, wie Abb. 19 verdeutlicht. Lediglich die Kombination aus Schneidscheibe + Räumstern war tendenziell etwas besser, so wie es zu erwarten gewesen wäre.

Bei den Andruckrollen gab es keine nachweisbaren Unterschiede im Feldaufgang (Abb. 20).

In Tab. 6 sind alle 16 möglichen Kombinationen aufgeführt. Die Tabelle zeigt, dass sich nur sehr wenige Kombinationen signifikant voneinander unterscheiden. Dennoch ist deutlich zu erkennen, dass fast alle Kombinationen mit Saatbettbereitung in der oberen Hälfte angeordnet sind. Bei genauer Betrachtung ist noch festzustellen, dass die Kombinationen mit Räumstern solo tendenziell etwas schlechter abschneiden.

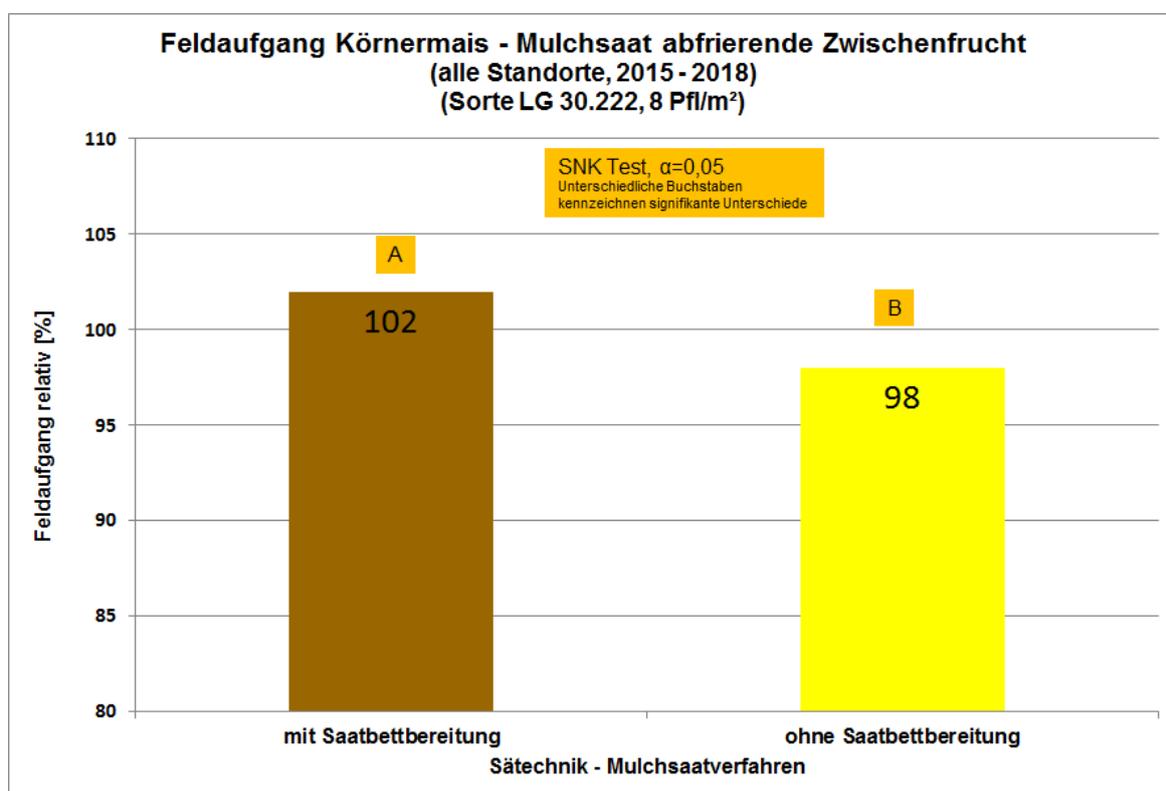


Abb. 18: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Felddaufgang (nach abfrierender ZF)

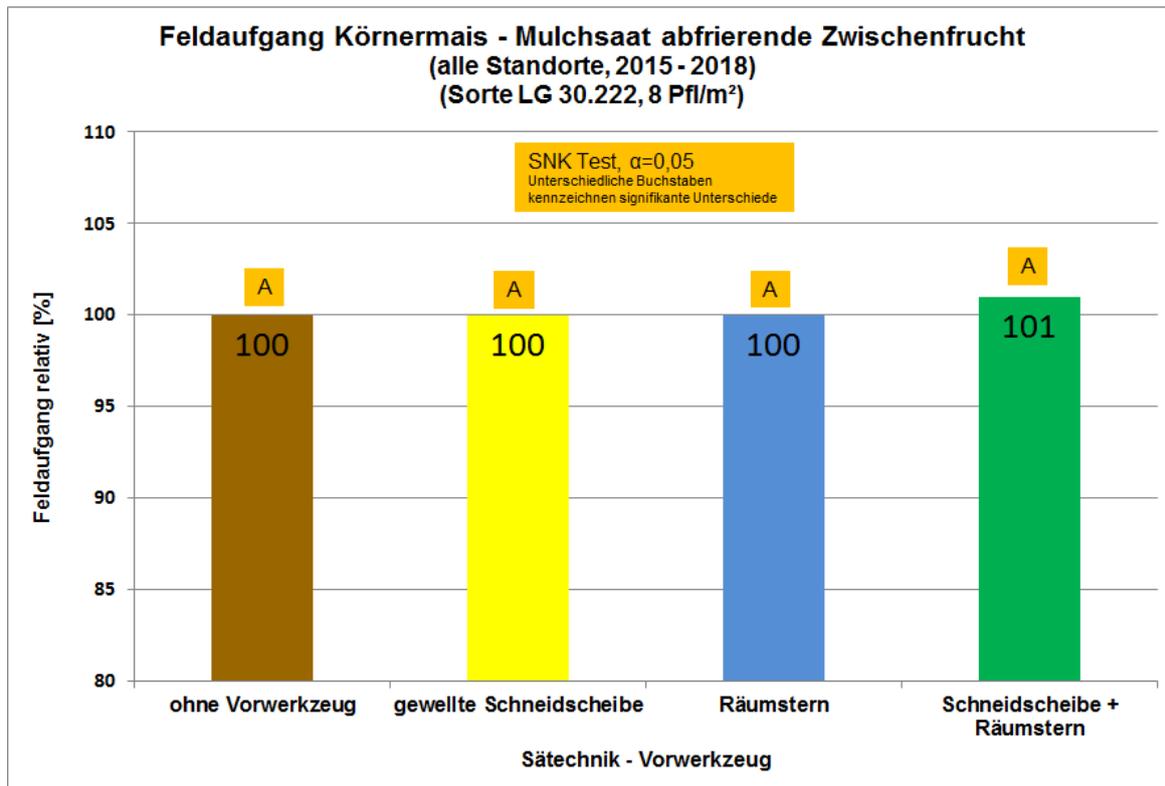


Abb. 19: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (nach abfrierender ZF)

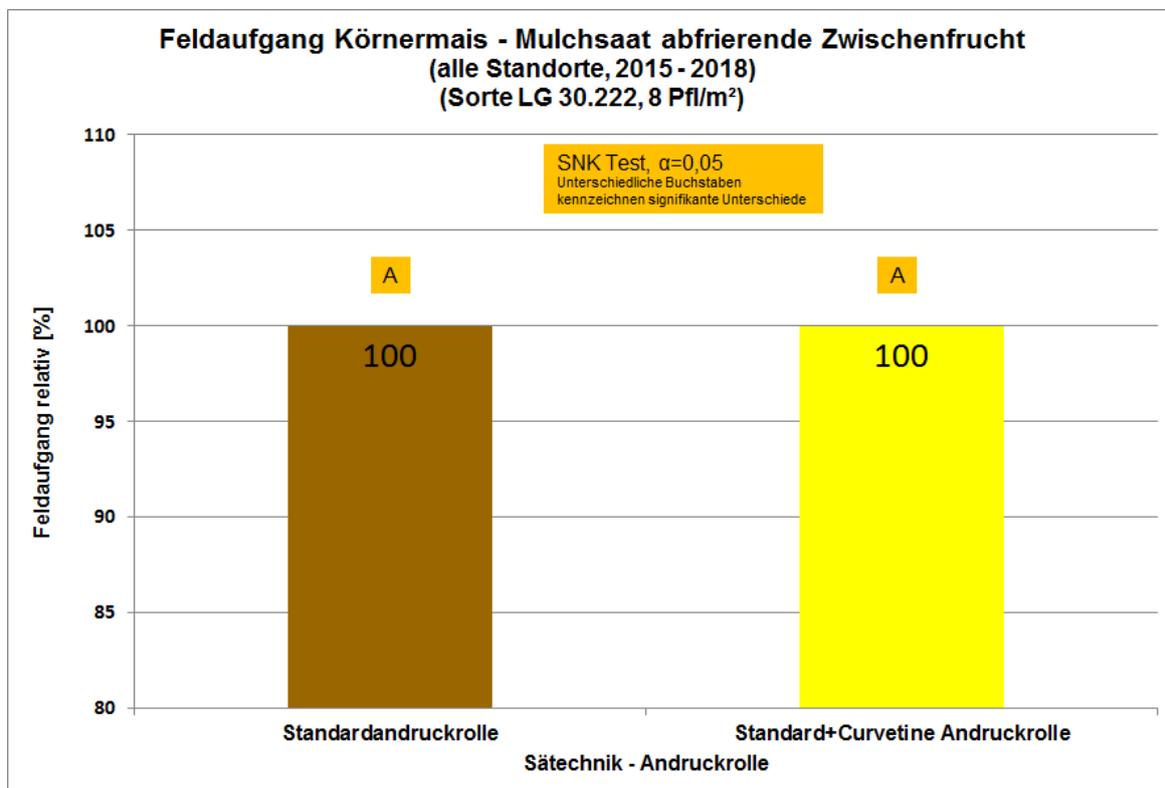


Abb. 20: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (nach abfrierender ZF)

Tab. 6: *Feldaufgang Mais Mulchsaat abfrierende ZF (alle Standorte/Jahre)*

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Feldaufgang absolut [%]	Feldaufgang relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	92.76	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	92.56	102	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	91.92	102	ABC
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	91.89	102	ABC
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	91.81	102	ABC
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	91.54	101	ABCD
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	91.31	101	ABCD
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	90.90	101	ABCD
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	90.79	100	ABCD
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	89.54	99	EBCD
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	89.14	99	ECD
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	89.05	99	ECD
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	89.05	99	ECD
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	88.68	98	ECD
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	88.55	98	ED
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	87.01	96	E

4.4.3.2 Mulchsaat nach Roggen – Zweitfruchtmais (alle Jahre)

Die nächsten Diagramme zeigen den Feldaufgang des Zweitfrucht Maises nach einer (Grün) - Roggenernte.

Die Bodenbearbeitung (Abb. 21) hatte hier, im Gegensatz zum Feldaufgang bei Mulchsaat nach abfrierender ZF, keinen positiven (und/oder signifikanten) Einfluss auf den Feldaufgang. Im ersten Moment mag das unlogisch oder unerwartet erscheinen. Der Grund dafür dürfte darin liegen, dass zwar durch die Saatbettbereitung eventuelle Fahrspuren (Verdichtungen) von der Roggenernte beseitigt werden aber dafür der Boden umso mehr austrocknet. Ohnehin ist der Boden nach der Roggenernte extrem trocken, da der Roggen Aufwuchs bis zu diesem Zeitpunkt viel Wasser verbraucht.

Hinsichtlich des Faktors „Vorwerkzeug“ ergaben sich teils signifikante Unterschiede (Abb. 22). Die Kombination „Schneidscheibe + Räumstern“ war unter diesen Einsatzbedingungen nicht nur tendenziell - wie bei der Mulchsaat nach abfrierender ZF – sondern auch signifikant am besten. Am schlechtesten wirkte sich der „Räumstern“ solo auf den Feldaufgang aus.

Beim Faktor „Andruckrolle“ gab es erneut keine Signifikanz (Abb. 23).

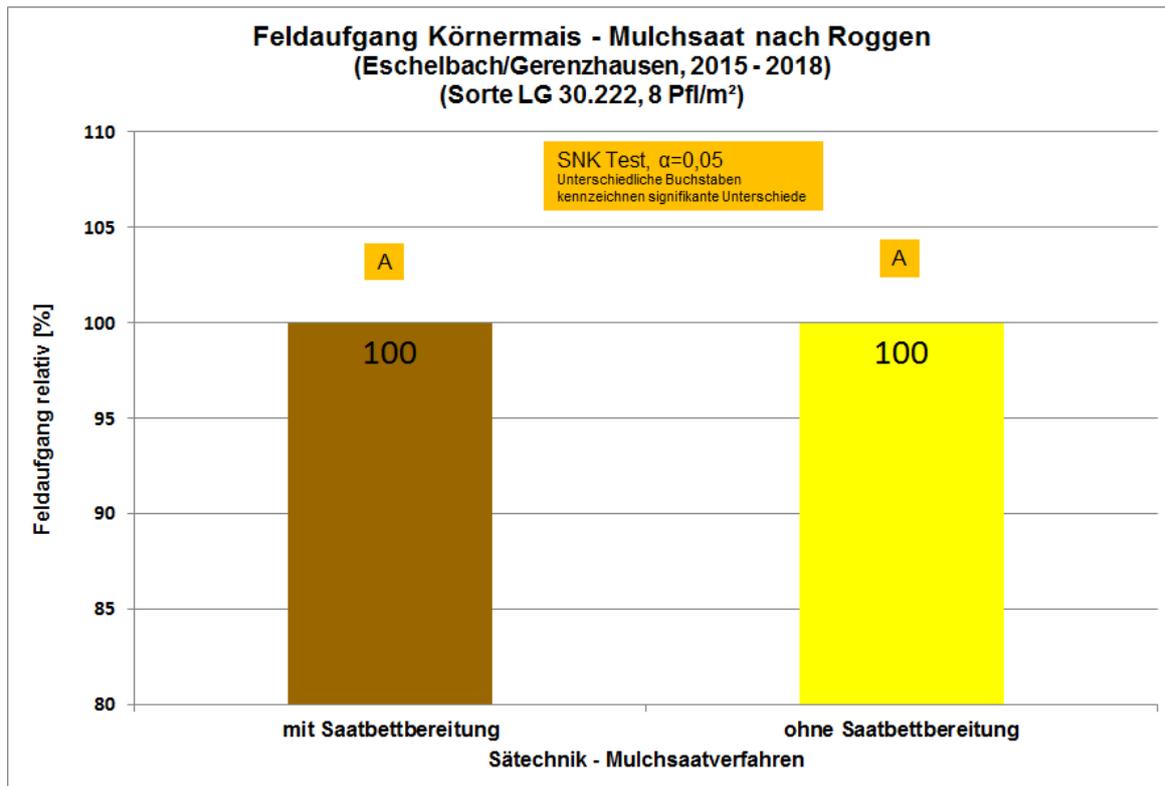


Abb. 21: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Feldaufgang (nach Roggen)

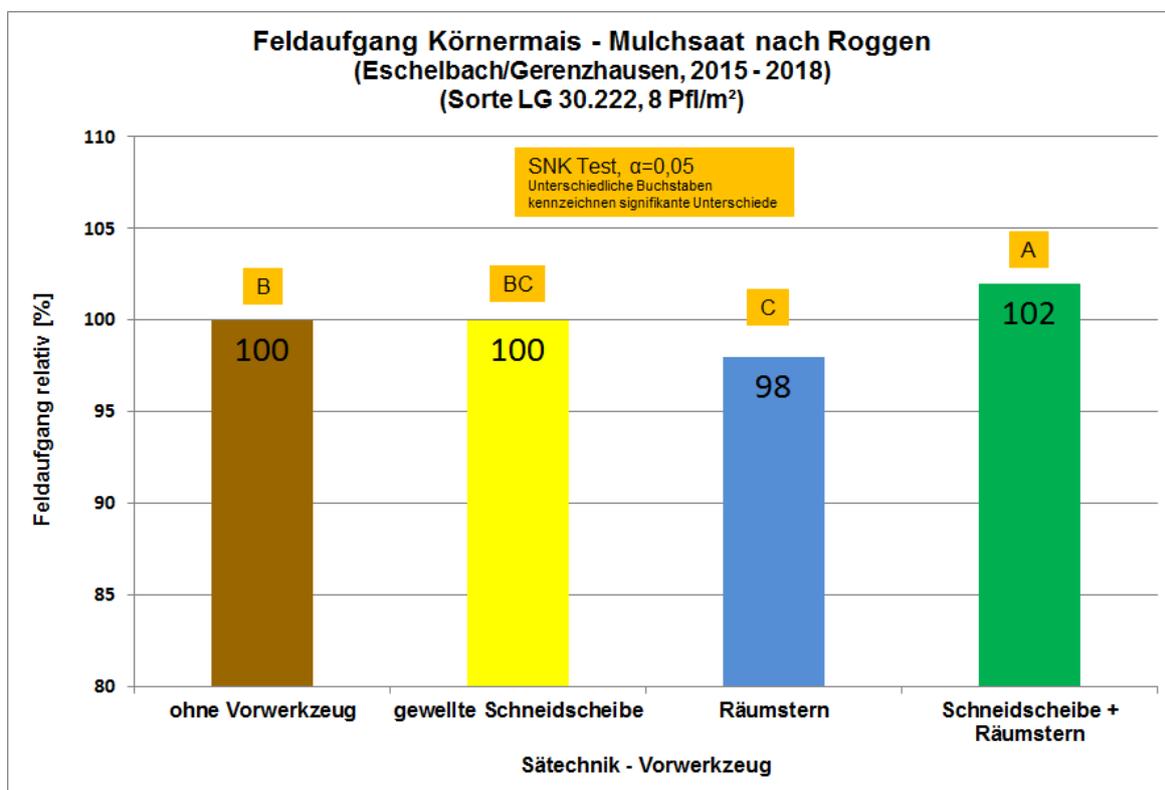


Abb. 22: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (nach Roggen)

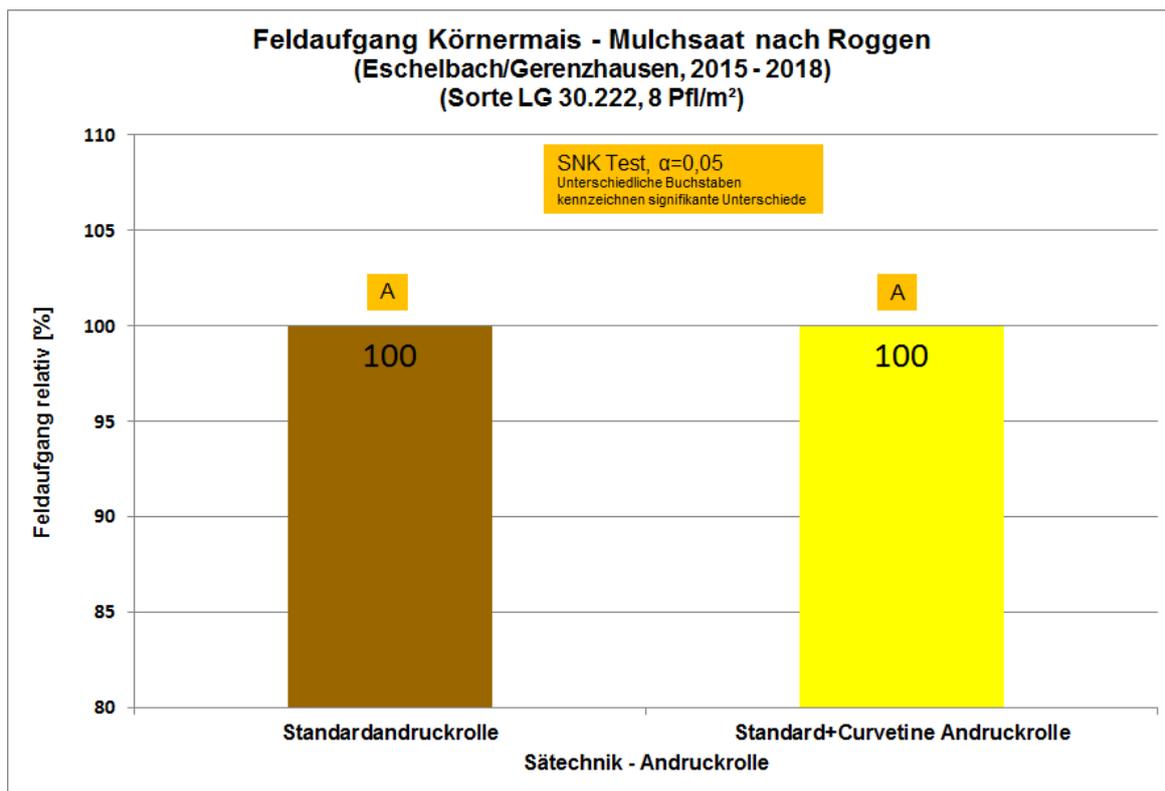


Abb. 23: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (nach Roggen)

Tab. 7 zeigt den Feldaufgang bei allen möglichen Faktorkombinationen. Signifikant unterscheidet sich nur die oberste von den letzten drei Kombinationen. Im Gegensatz zum Feldaufgang bei der Mulchsaat nach abfrierender ZF sind in der oberen Hälfte auch zahlreiche Varianten ohne Saatbettbereitung zu finden. Beim Faktor „Vorwerkzeug“ ist zu erkennen, dass die Varianten mit „Räumstern“ solo überwiegend schlechter abschneiden als die Kombinationen „Schneidscheibe + Räumstern“.

Tab. 7: *Feldaufgang Mais Mulchsaat Roggen (alle Standorte/Jahre)*

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Feldaufgang absolut [%]	Feldaufgang relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	92.44	104	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	91.44	102	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	90.88	102	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	90.38	101	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	90.31	101	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	89.94	101	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	89.88	101	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	88.69	99	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	88.63	99	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	88.44	99	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	88.31	99	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	88.25	99	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	88.19	99	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	87.88	98	B
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	87.63	98	B
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	87.19	98	B

4.4.3.3 Mulchsaat - abfrierende ZF bzw. Roggen (alle Standorte/Jahre)

Die folgenden Auswertungen zeigen den Feldaufgang über alle Varianten (Mulchsaat nach abfrierender Zwischenfrucht und Roggen) und Jahre. In die Berechnung fließen somit 12 Einzelergebnisse ein.

Unter diesen Bedingungen unterschied sich der Feldaufgang mit Bodenbearbeitung signifikant vom Feldaufgang ohne Saatbettbereitung, wie Abb. 24 zeigt.

Beim Faktor Vorwerkzeug hob sich erneut die Kombination „Schneidscheibe + Räumstern“ signifikant von den anderen Varianten ab (Abb. 25). Die Variante „Räumstern“ solo führte tendenziell zum niedrigsten Feldaufgang.

Die Tab. 8 zeigt alle möglichen Faktorkombinationen. Hier heben sich beinahe alle Varianten mit Saatbettbereitung von denen ohne Saatbettbereitung ab. Obwohl der Feldaufgang relativ von 103 bis 97% schwankt, gibt es nur beschränkt signifikant unterschiedliche Varianten.

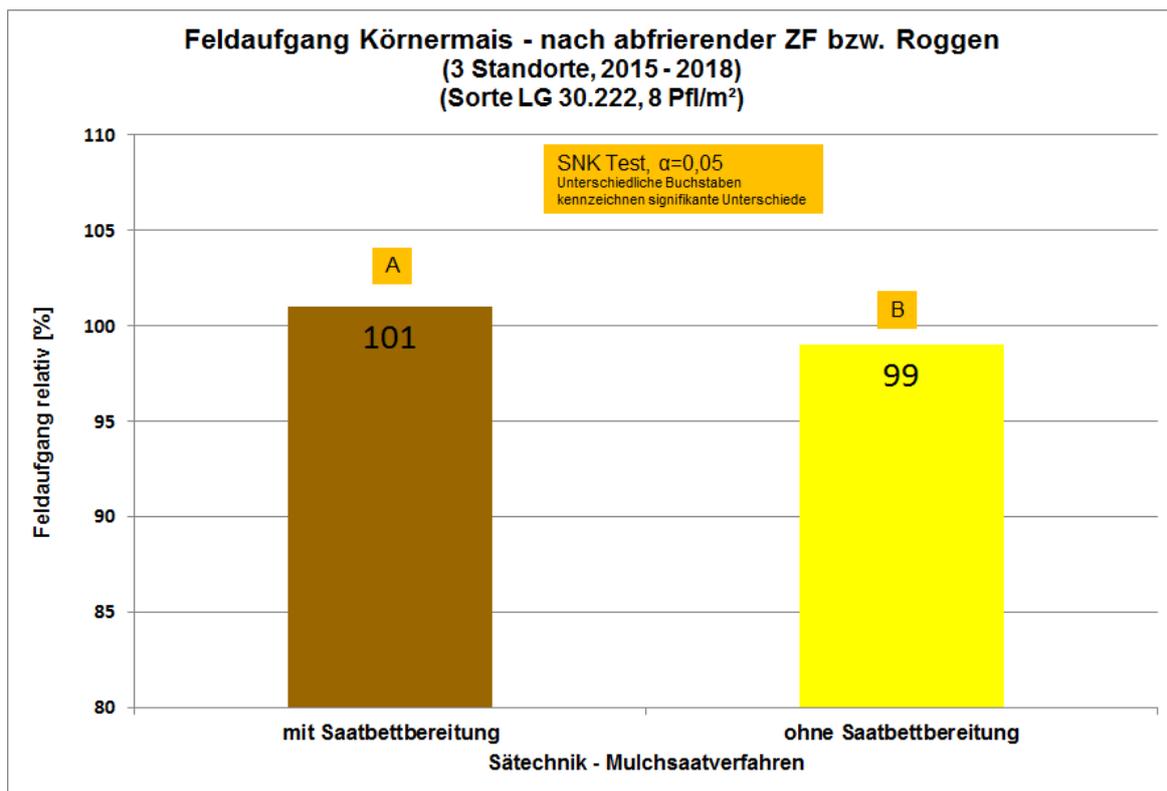


Abb. 24: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Feldaufgang (alle Vorfrüchte)

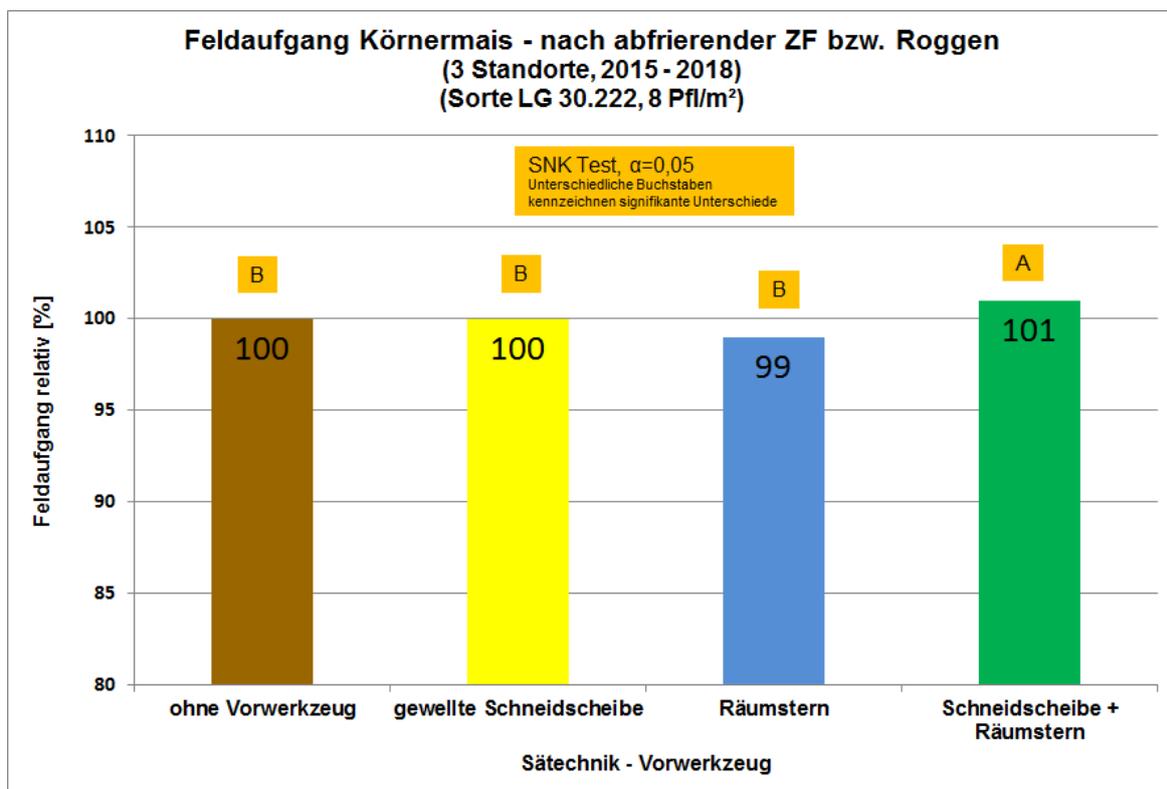


Abb. 25: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (alle Vorfrüchte)

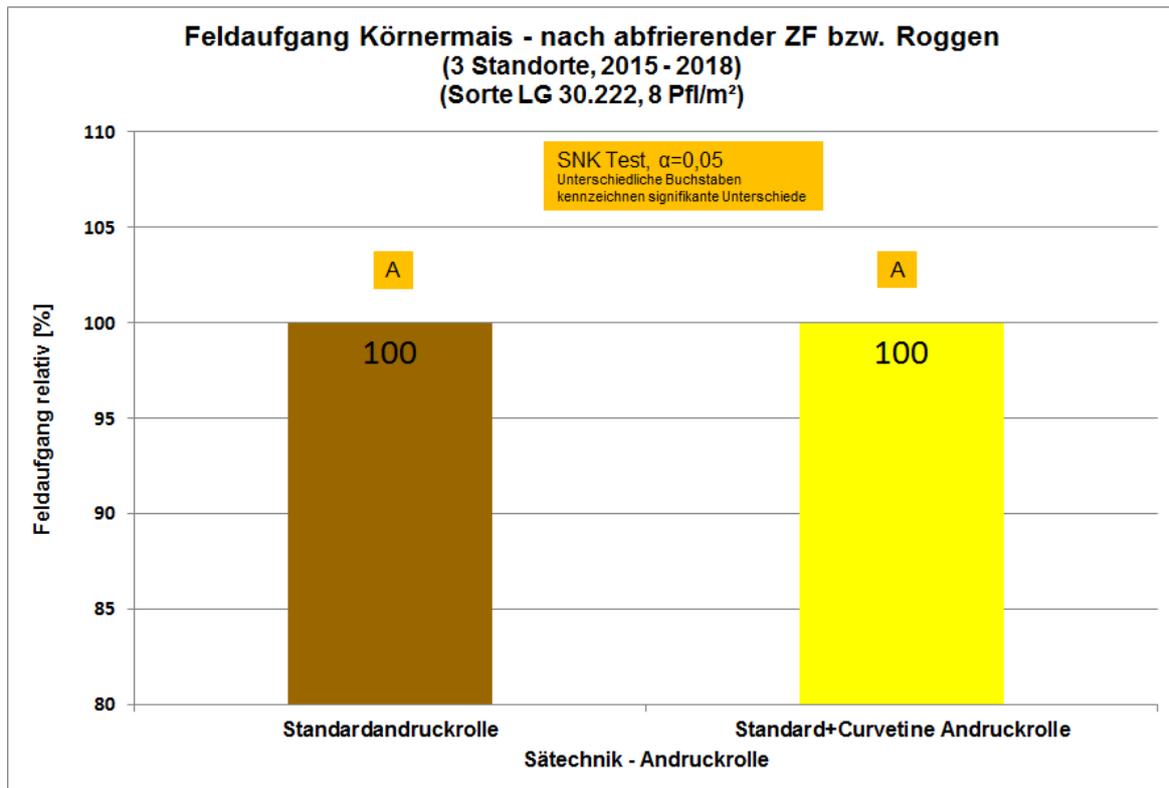


Abb. 26: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (alle Vorfrüchte)

Tab. 8: *Feldaufgang Mais alle Varianten (alle Standorte/Jahre)*

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Feldaufgang absolut [%]	Feldaufgang relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	92.65	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	91.69	102	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	91.36	101	ABC
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	90.99	101	ABCD
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	90.77	101	ABCDE
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	90.76	101	ABCDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	90.72	101	ABCDE
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	90.31	100	FBCDE
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	89.92	100	FBCDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	89.90	100	FBCDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	89.33	99	FGCDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	89.11	99	FGCDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	88.91	99	FGDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	88.58	98	FGE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	88.18	98	FG
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	87.30	97	G

4.4.4 Ertrag Körnermais

Der Ertrag wurde durch Beerntung der kompletten 10 m Parzelle (Kerndrusch) bestimmt. Im Folgenden sind die Erträge relativ dargestellt. Absolut über alle Jahre und Standorte lag der Trockenmasse (TM 86%) Ertrag bei knapp 115 dt/ha. Trockenjahre und Zweitfrucht Maiserträge sind hier mit inbegriffen. Die folgenden Balkendiagramme zeigen den Ertrag (wie zuvor den Feldaufgang) in Abhängigkeit von den Faktoren „Mulchsaatverfahren“, „Vorwerkzeug“ und „Andruckrolle“. Zusätzlich ist eine Tabelle aufgeführt, die alle möglichen Faktorkombinationen enthält.

Um die Übersicht zu behalten sind die Einzeljahre nicht dargestellt, sondern die Ergebnisse auf den Durchschnitt aller Jahre (2015-2018) bezogen.

Die Einzelstandorte der Mulchsaat mit abfrierender Zwischenfrucht sind wie bei den Feldaufgängen im Anhang dargestellt.

4.4.4.1 Mulchsaat nach abfrierender Zwischenfrucht (alle Standorte/Jahre)

Die folgenden Abbildungen zeigen den Ertrag an den beiden Mulchsaatstandorten über die Jahre im Durchschnitt. (Die Einzelergebnisse zum Standort Westerschondorf und Dürnast/Thalhausen sind wie beim Feldaufgang im Anhang (Kapitel 9.2) eingestellt.)

Abb. 27 verdeutlicht, dass sich - wie beim Feldaufgang - die Art des „Mulchsaatverfahrens“ signifikant auf den Ertrag ausgewirkt hat. Mit Saatbettbereitung lag der Ertrag bei relativ 103% und ohne bei 97%.

Beim Faktor „Vorwerkzeug“ gab es - wie beim Feldaufgang - keine eindeutigen Unterschiede (Abb. 28), ebenso beim Faktor „Andruckrolle“ (Abb. 29).

Bei der Darstellung aller möglichen Kombinationen in Tab. 9 fällt auf, dass sich trotz eines Relativwertes zwischen 105 bis 94 lediglich die ersten 4 Varianten von der untersten Variante deutlich unterscheiden.

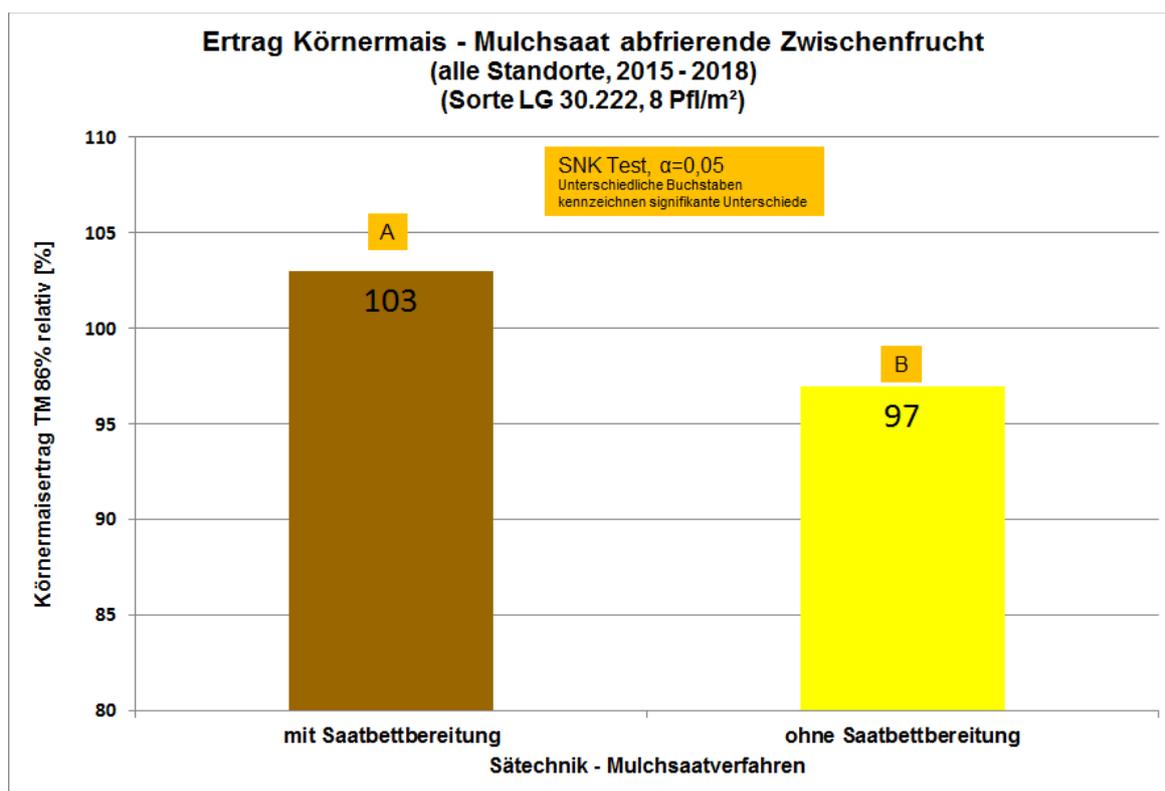


Abb. 27: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (nach abfrierender ZF)

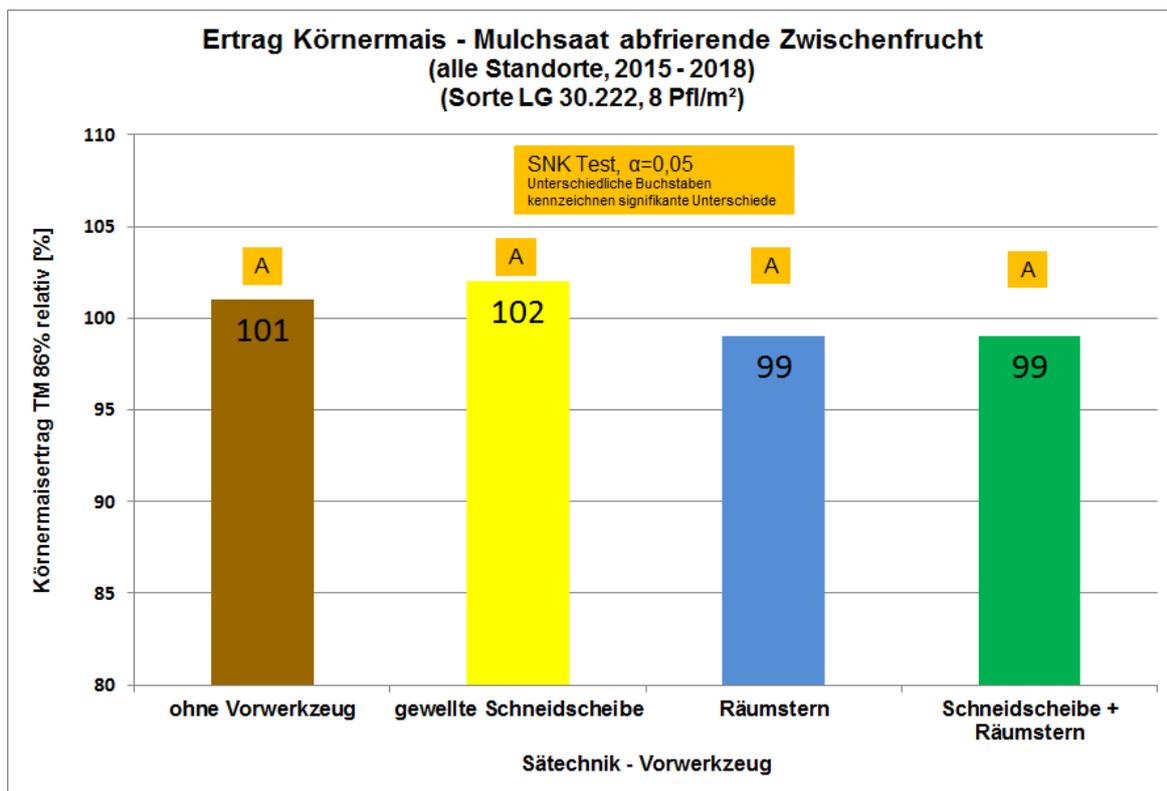


Abb. 28: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (nach abfrierender ZF)

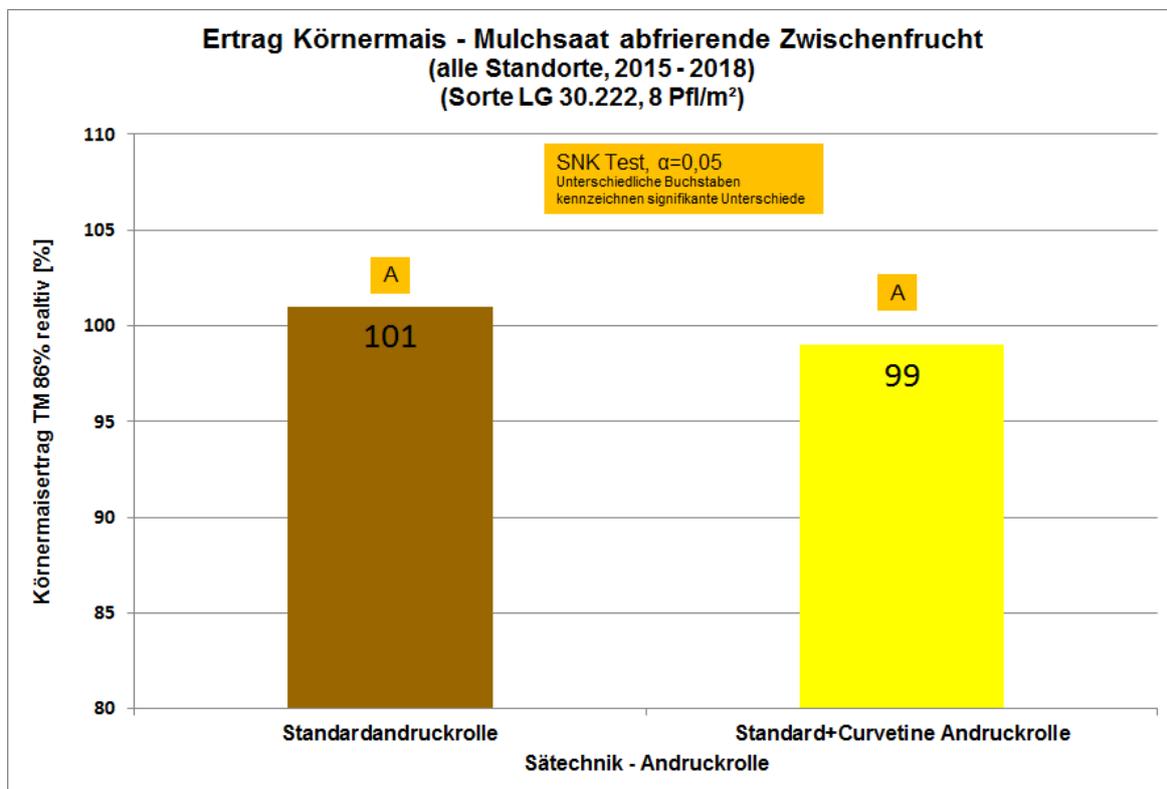


Abb. 29: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (nach abfrierender ZF)

Tab. 9: Körnermaisenertrag Mulchsaat abfr. ZF (alle Varianten/Standorte/Jahre)

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Ertrag TM 86% absolut [dt/ha]	Ertrag relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	122.92	105	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	122.44	104	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	121.82	104	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	121.34	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	120.61	103	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	119.97	102	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	119.53	102	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	117.29	100	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	116.93	100	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	116.71	99	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	114.70	98	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	113.33	97	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	113.25	97	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	113.02	96	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	112.55	96	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	110.57	94	B

4.4.4.2 Mulchsaat nach Roggen – Zweitfruchtmais (alle Jahre)

Bei der statistischen Verrechnung der Erträge des Zweitfruchtmaises waren die Ergebnisse ähnlich denen des Mulchsaatmaises nach abfrierender Zwischenfrucht. Auch hier war beim Faktor „Mulchsaatverfahren“ der Ertrag mit relativ 103% mit Saatbettbereitung signifikant höher als der Ertrag ohne mit 97% (Abb. 30).

Beim Faktor „Vorwerkzeug“ gab es ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Wie bei der Mulchsaat nach abfrierender Zwischenfrucht war nach Roggen der Räumstern tendenziell etwas schlechter (Abb. 31). Die Kombination „Schneidscheibe + Räumstern“ war ebenfalls tendenziell schlechter.

Beim Feldaufgang dagegen war diese Kombination (meist sogar signifikant) am besten.

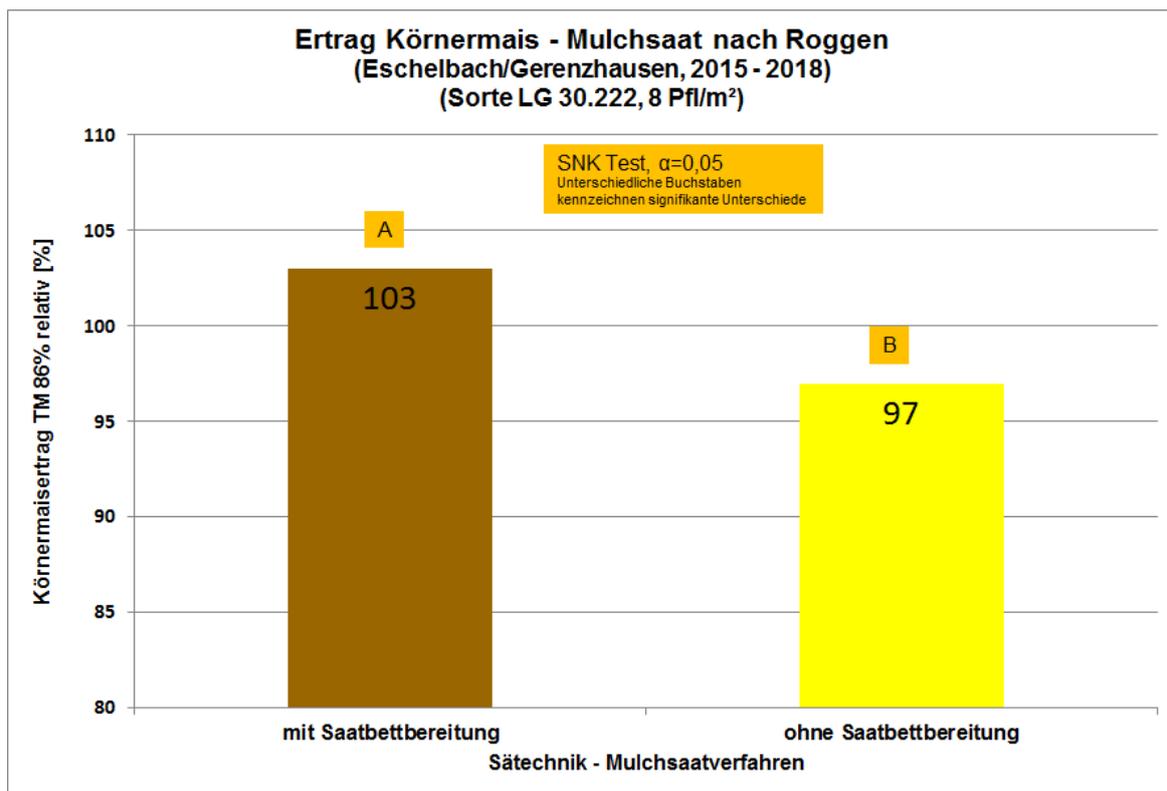


Abb. 30: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (nach Roggen)

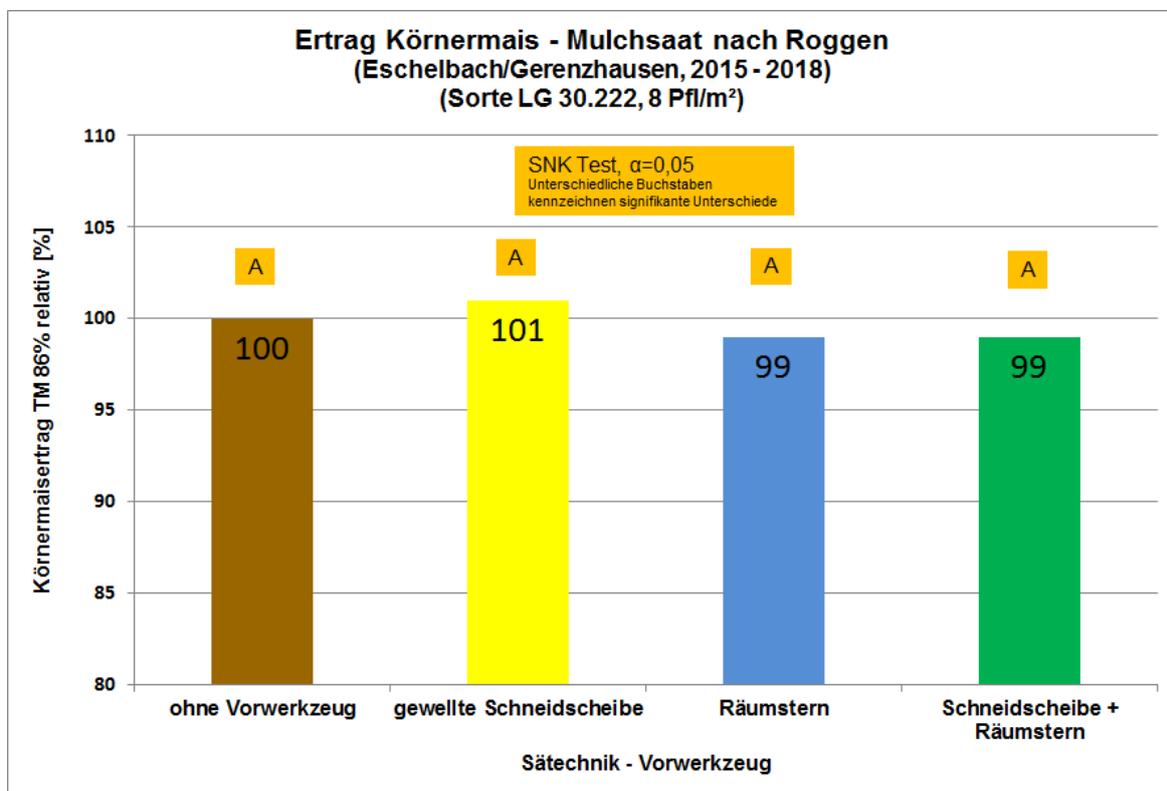


Abb. 31: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (nach Roggen)

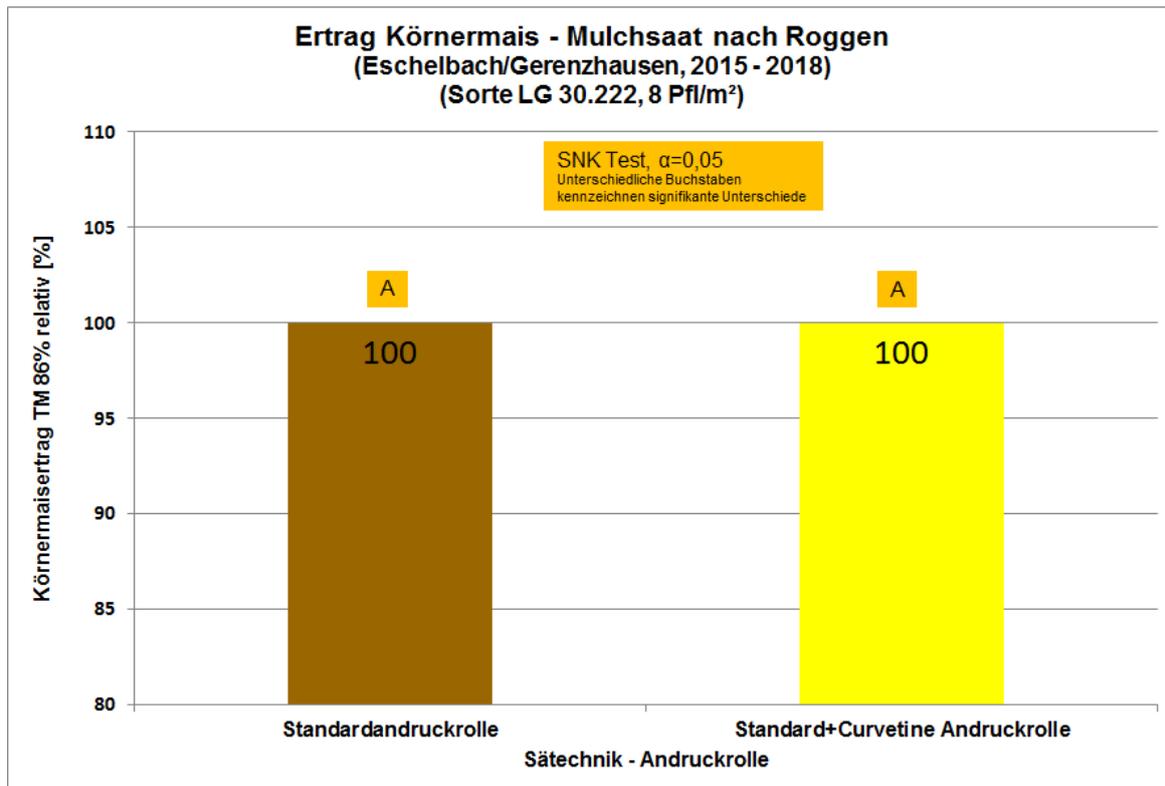


Abb. 32: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (nach Roggen)

Bei der Darstellung der kompletten Kombinationsmöglichkeiten in Tab. 10 gab es wiederum eine relativ hohe Spreizung von 106 bis 96%, aber keine Signifikanzen. Dennoch zeigt die Tabelle, dass alle Verfahren mit Bodenbearbeitung tendenziell die höheren Erträge hervorbringen und dadurch in der Tabelle oben stehen.

Tab. 10: Körnermaisertrag Mulchsaat n. Roggen (alle Varianten/Standorte/Jahre)

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Ertrag TM 86% absolut [dt/ha]	Ertrag relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	113.99	106	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	113.10	105	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	111.31	104	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	111.30	104	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	110.13	102	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	109.92	102	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	109.61	102	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	107.82	100	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	105.82	98	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	105.14	98	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	105.10	98	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	104.68	97	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	103.41	96	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	103.23	96	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	103.07	96	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	102.97	96	A

4.4.4.3 Mulchsaat - abfrierende ZF bzw. Roggen (alle Standorte/Jahre)

Bei der Verrechnung aller Standorte bzw. Verfahren und Jahre konnten ein paar weitere, zusätzliche Signifikanzen oder zumindest Tendenzen festgestellt werden. Beim Faktor „Mulchsaatverfahren“ festigte sich das Ergebnis (Abb. 33). Mit Saatbettbereitung war der Ertrag mit relativ 103% ganze 6 Prozentpunkte über dem Ertrag ohne Saatbettbereitung.

Beim Faktor „Vorwerkzeug“ konnte sich die Variante „Schneidscheibe“ mit 102% signifikant von den Varianten „Räumstern“ bzw. „Schneidscheibe + Räumstern“ mit je 99% abheben (Abb. 34). Die Variante „ohne Vorwerkzeug“ nahm mit relativ 100% eine Mittelstellung ein.

Beim dritten Faktor „Andruckrolle“ gab es keinen signifikanten Unterschied (Abb. 35). Tendenziell führte die „Strukturierte Andruckrolle“ zu einem geringeren Feldaufgang bzw. Ertrag. Bei allen Auswertungen lag der absolute Wert dieser Variante jeweils geringfügig unter dem Wert der Variante „Standardandruckrolle“.

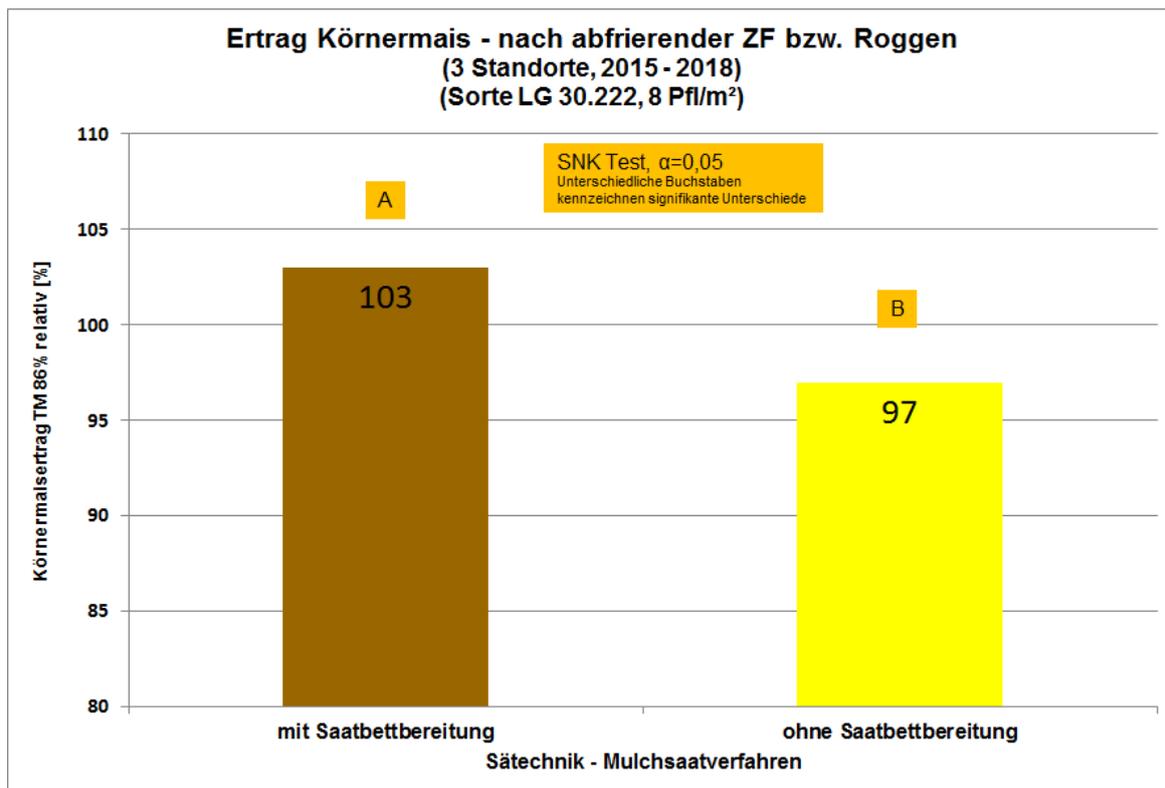


Abb. 33: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (alle Vorfrüchte)

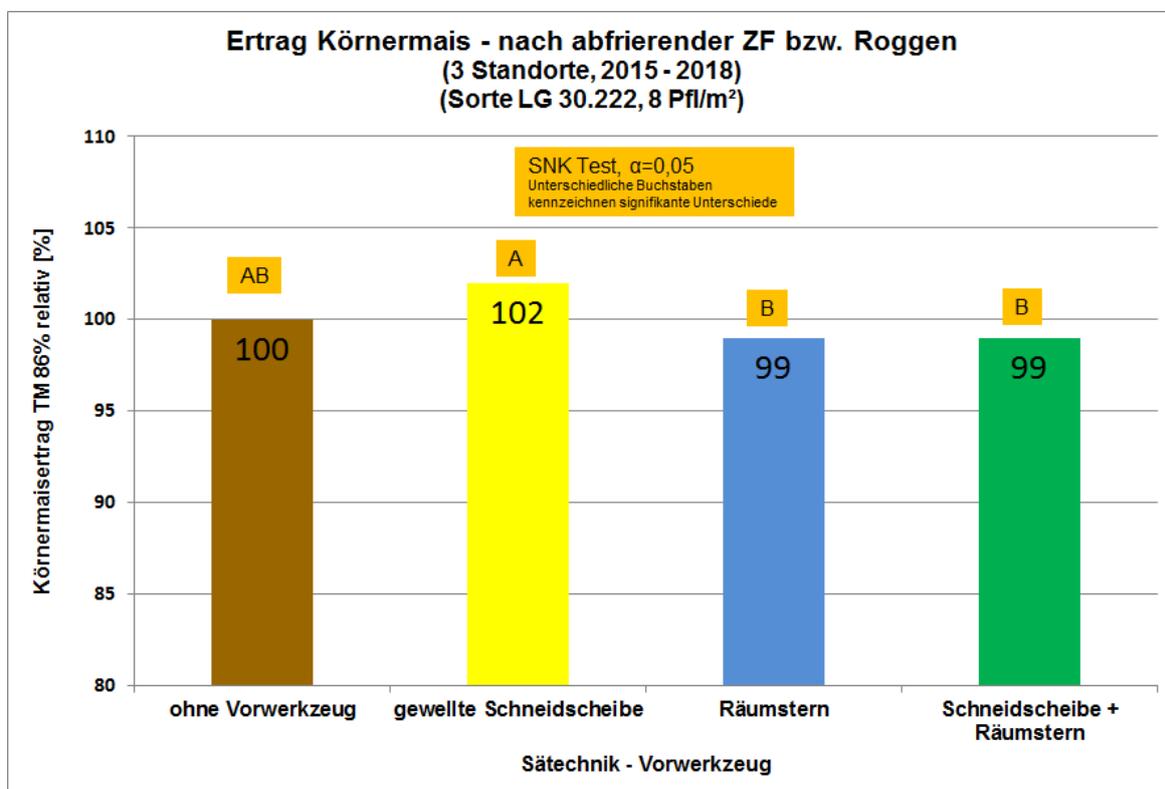


Abb. 34: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (alle Vorfrüchte)

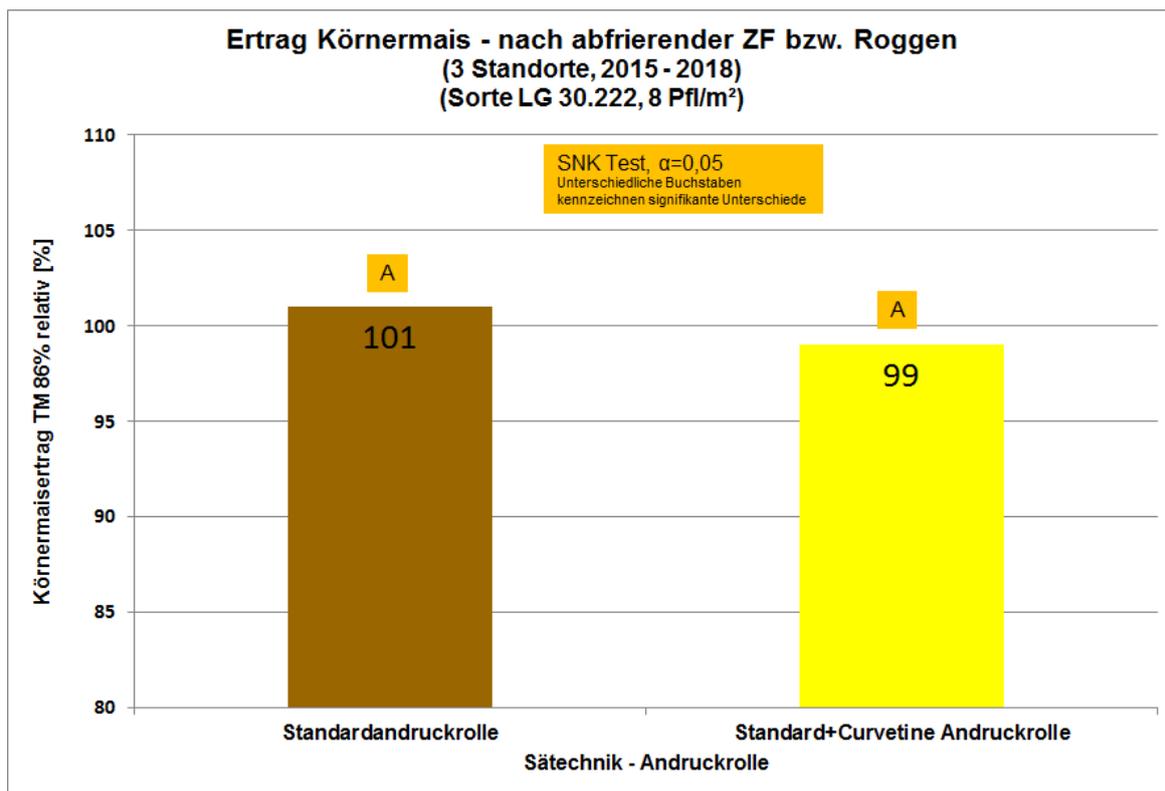


Abb. 35: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (alle Vorfrüchte)

Diese Beobachtung ist auch in Tab. 11 gut zu sehen, die alle möglichen Kombinationen zeigt. Die Kombination „Standardandruckrolle + curvetine Andruckrolle“ ist in den beiden Blöcken (vor allem im Block mit Saatbettbereitung) tendenziell in der unteren Hälfte zu finden. Alle Varianten „mit Saatbettbereitung“ stehen wiederum in der oberen Hälfte der Tabelle.

Tab. 11: Körnermaisertrag alle Varianten (alle Standorte/Jahre)

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Ertrag TM 86% absolut [dt/ha]	Ertrag relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	120.69	105	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	120.10	105	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	118.77	103	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	118.29	103	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	117.96	103	ABC
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	117.80	103	ABC
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	117.13	102	ABCD
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	115.23	100	ABCDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	113.82	99	ABCDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	113.73	99	ABCDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	112.48	98	BCDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	111.21	97	CDE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	110.85	97	DE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	110.51	96	DE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	110.22	96	DE
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	109.10	95	E

4.4.5 Trockensubstanz Körnermais

Die Auswertung der Trockensubstanz Gehalte erfolgte nach dem gleichen Muster wie die Auswertung des Feldaufganges bzw. des Ertrages. Die ermittelten Daten zeigen, dass Unterschiede im Trockensubstanzgehalt zwischen den einzelnen Faktoren kaum vorhanden oder signifikant waren. Auf eine detaillierte, aufgegliederte Darstellung wird deshalb an dieser Stelle verzichtet.

Wie beim Feldaufgang und beim Ertrag (der unmittelbar mit der Trockensubstanz zusammen hängt) waren eindeutige Unterschiede nur beim Faktor „Mulchsaatverfahren“ zu erkennen (Tab. 12). Hier konnte über alle Jahre und Standorte ein signifikanter Unterschied ermittelt werden, der absolut betrachtet mit 69,30% TS bei „Mulchsaat mit Saatbettbereitung“ zu 69,13% TS bei „Mulchsaat ohne Saatbettbereitung“ gering ausfiel. Bei den Vorwerkzeugen und bei den Andruckrollen gab es keine eindeutigen Unterschiede.

Die Unterschiede durch die Art der Saatbettbereitung sind auch in den Abb. 10 bis Abb. 12 zu erkennen. Der etwas spätere Feldaufgang und die zögerliche Jugendentwicklung durch das Fehlen der Saatbettbereitung haben sich auf das Wachstum und letztendlich

auch etwas auf die Reife des Maises ausgewirkt. Ab Feldaufgang bis etwa Juni waren die Unterschiede meist deutlich zu erkennen. Mit zunehmender Abreife verschwanden die Unterschiede bzw. waren mit dem Auge nicht mehr zu erkennen. Durch die lange und warme Herbstvegetation der letzten Jahre konnten sich die Reifegrade zwischen den Varianten mit und ohne Saatbettbereitung stärker angleichen, sodass der Unterschied zwar signifikant, aber sehr gering war.

Tab. 12: Trockensubstanz Körnermais nach abfrierender ZF bzw. Roggen

(alle Standorte/Jahre)

Variante	Trockensubstanz absolut [%]	Trockensubstanz relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	69,30	100	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	69,13	100	B

5 Fazit, Diskussion und Empfehlungen

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

Um die Saatgutablage und Einbettung bei hohen Mulchauflagen und unter Direktsaatverhältnissen zu optimieren, werden in den USA Einzelkornsämaschinen zumeist mit Zusatzwerkzeugen („Planter Attachments“) ausgerüstet. In Bayern, Deutschland und Westeuropa ist dies bisher nicht üblich. Da auch keine wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Effekten von Zusatzwerkzeugen bekannt sind, wurden in einem vierjährigen Forschungsvorhaben an 3 Standorten die Effekte unterschiedlicher Vorwerkzeuge (gewellte Schneidscheibe, Strohräumer) und Andruckrollen (Standardandruckrolle, strukturierte Andruckrolle) auf den Feldaufgang und den Ertrag von Mais bei Mulchsaat mit und ohne Saatbettbereitung untersucht.

Die umfangreichen Untersuchungen haben erneut gezeigt, dass mit Mulchsaat ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“) mit durchschnittlich 37% Bodenbedeckung mit organischem Material nach der Saat ein deutlich höheres Erosionsschutzniveau erreicht werden kann, als bei einer Mulchsaat mit (vorsichtiger) Saatbettbereitung (24%

Bodenbedeckung). Dieser Vorteil war in den Versuchen mit durchschnittlich 6% Ertragsminderung verbunden. Die Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass der Bodenbedeckungsgrad nach der Maisaussaat sehr stark Standort und Jahres abhängig ist und in den Versuchen bei der Mulchsaat mit Saatbettbereitung zwischen 5 und 42%, bei der Mulchsaat ohne Saatbettbereitung zwischen 8 und 58% schwankte (siehe Kapitel 4.4.1, Seite 24-30). Demgegenüber betragen die Ertragsunterschiede zwischen den Mulchsaaten mit Saatbettbereitung und den Mulchsaaten ohne Saatbettbereitung an den unterschiedlichen Standorten und den einzelnen Jahren etwa 6%.

Die Unterschiede beim Bodenbedeckungsgrad zwischen Mulchsaat mit und ohne Saatbettbereitung müssen im Hinblick auf den Erosionsschutz auch bei der Auswahl der Verfahren für die Gülleausbringung zur Maisaussaat berücksichtigt werden.

Eine weitere Herausforderung stellt in Zukunft die Reduzierung oder ein Verzicht auf Totalherbizide (Glyphosat) ohne eine deutliche Intensivierung der Bodenbearbeitung dar. Ein am Institut für Landtechnik und Bauwesen angelaufenes Projekt soll 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.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass moderne, Mulchsaat taugliche Einzelkornsäugeräte mit stabilen Säaggregaten, Doppelscheibenscharen und ausreichenden Schardrücken unter vielen Bedingungen (Saatbettbereitung, Bodenbedeckung bis 30%, gute Bodenstruktur) auch ohne spezielle Zusatzwerkzeuge in der Lage sind, das Saatgut exakt abzulegen, einzubetten und damit einen hohen Feldaufgang und Ertrag zu sichern.

Signifikante Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Zusatzwerkzeugen hinsichtlich Feldaufgang und Ertrag konnten nicht festgestellt werden, tendenziell waren jedoch positive Effekte erkennbar. Sowohl bei der Mulchsaat mit, als auch bei der Mulchsaat ohne Saatbettbereitung, war der Ertrag der besten Variante mit Zusatzwerkzeug (jeweils gewellte Schneidscheibe) 2,5% höher als das Mittel der jeweiligen Versuchsvarianten.

Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass Zusatzwerkzeuge vor allem unter schwierigeren Bedingungen positiv wirken. Bei lockerer Mulchauflage können frei bewegliche Strohräumer (eventuell in Verbindung mit Schneidscheibe) zum Einsatz kommen. Unter harten Bodenverhältnissen wie nach der Grünroggenernte können vorauslaufende Wellscheiben (solo) - eventuell in Kombination mit frei beweglichen Strohräumern – mehr Feinerde schaffen. Von fest montierten Strohräumsternen ist auf Grund der Ergebnisse abzuraten. Die in den Versuchen teilweise negativen Auswirkungen auf den Feldaufgang und den Ertrag beruhen vermutlich darauf, dass insbesondere zu tief eingestellte Strohräumer zur Keimung notwendige Feinerde aus der Saatrille transportieren. Auf Grund des starren Anbaus, neigen diese Strohräumer auf unebenen Flächen oder bei wechselnden Bodenbedingungen dazu, einerseits zu tief zu arbeiten und andererseits das Material gar nicht mehr zu erfassen. Demgegenüber können sich frei bewegliche, schwimmend angebaute Strohräumer in bestimmtem Maße dem Boden anpassen. In den USA werden inzwischen sogar beweglich angebaute Strohräumer angeboten und eingesetzt, die pneumatisch oder hydropneumatisch be- oder entlastet werden, um einfach an unterschiedliche Bedingungen angepasst werden zu können.

Bei harten oder bindigen Böden sollen strukturierte Andruckrollen das Verschließen der Saatrillen verbessern. Bei den Versuchen konnte beobachtet werden, dass bei wechselnden oder leichten Böden diese aggressiven Andruckrollen auch Saatgut heraushebeln oder

zumindest in der Saatrille verschieben können. Die Untersuchung zeigte keine signifikanten Unterschiede im Feldaufgang und Ertrag zwischen strukturierten und glatten Andruckrollen. Tendenziell waren der Feldaufgang und der Ertrag durch deren Einsatz sogar geringfügig niedriger.

Grundsätzlich sollte beim Kauf neuer Einzelkornsäegeräte darauf geachtet werden, dass die Möglichkeit besteht Zusatzwerkzeuge wie Strohräumer und/oder Schneidscheiben anbauen oder nachrüsten zu können. Hierzu müssen geeignete Befestigungsmöglichkeiten vorhanden bzw. vorgesehen und ausreichend Platz zum Rahmen bzw. zu den Sä- oder Düngerscharen verfügbar sein. Spezielle Andruckrollen lassen sich in der Regel einfach nachrüsten und können auch schnell montiert oder gewechselt werden. Vorwerkzeuge dagegen sind zumeist mit etwas größerem Aufwand und teilweise unter sehr beengten Verhältnissen zu montieren bzw. demontieren.

Letztlich muss der Landwirt seine Verhältnisse selbst einschätzen und beurteilen, ob Vorwerkzeuge oder spezielle Andruckrollen Verbesserungen bei der Saatgutablage und Einbettung ermöglichen. Speziell unter schwierigen Bedingungen erzielten die untersuchten Zusatzausrüstungen zumeist eine Verbesserung der Arbeitsqualität. Leider wirkten sich diese Verbesserungen bei der Saat nicht signifikant auf den Feldaufgang und letztlich den Ertrag aus.

Neben den Kernreihen wurden aus versuchstechnischen Gründen die bei der Aussaat befahrenen Rendreihen separat beerntet. Hier ist das Ergebnis sehr eindeutig. Die Fahrspuren der Aussaat wirkten sich zumeist negativ auf den Ertrag aus. Nur unter extrem trockenen Aussaatbedingungen hatte die Rückverfestigung durch die Reifen einen positiven Einfluss. Im Durchschnitt aller Jahre und Standorte war der Einfluss mit -2,6% Ertragsdepression (die Spanne reichte je nach Vorfrucht/Jahr/Standort von +4 bis -13%!) eindeutig negativ. Der Landwirt sollte deshalb besonderes Augenmerk auf die Befahrbarkeit der Felder zum Zeitpunkt der Aussaat legen und die Maschinengewichte und Reifendrucke möglichst niedrig halten.

6 Eigene Veröffentlichungen und Vorträge

6.1 Veröffentlichungen

DEMMELE, M. (2017): Mehr Leistung bei optimaler Ablage. Allgäuer Bauernblatt, H. 15/2017, S. 42 – 44

DEMMELE, M. (2016): Trends in der Einzelkornsäat bei Mais - Die Entwicklung der Einzelkornsäetechnik geht weiterhin in Richtung höherer Leistungsfähigkeit bei präziser Ablage unter vielfältigen Einsatzbedingungen. Ackerbauprofi, Jänner 2016, Die Revolution in der Säetechnik, S. 26 - 28

DEMMELE, M. (2015): Leistungsfähiger - präziser - vielfältiger. Milchpur, H. 4, Hrsg.: Milchprüfung Bayern e. V., S. 40 - 43

DEMMELE, M., BRANDHUBER, R. (2014): Moderner Ackerbau in Einklang mit Umwelt-Boden- und Erosionsschutz. Tagungsband der LfL-Jahrestagung: „Ackerbau - mit hohen Erträgen erfolgreich wirtschaften“ am 30.10.2014 in Schweinfurt. Schriftenreihe der

Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 2014, S. 9 - 23 (LfL-Schriftenreihe 6/2014)

DEMMELE, M., BRANDHUBER, R., KIRCHMEIER, H. (2014): Konservierende Bodenbearbeitung - technische Lösungen. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Bd. 26, Technik in der Pflanzenproduktion, S. 12 - 15

DEMMELE, M., KIRCHMEIER, H. (2014): Technik für erosionsmindernde Bestellverfahren. Tagungsband zur landtechnischen Jahrestagung „Neue Techniken im Ackerbau“ am 26.11.2014 in Deggendorf. Hrsg.: Dr. G. Wendl, S. 37 - 50 (LfL-Schriftenreihe 7/2014)

6.2 Vorträge

Demmel, M.	Bodenbearbeitung und Bestellung im Zeichen des Klimawandels	Fleischerzeugerringe Oberfranken, Mittelfranken und Unterfranken e.V. und AELF Erding	Schwarzenau, 30.11.2018
Demmel, M.	Neue Entwicklungstrends in der Landtechnik	MR Rottal-Inn e.V., Mitglieder Maschinen- und Betriebshilfsring Rottal-Inn e.V.	Tann, 02.03.2017
Demmel, M.	Entwicklungen der Landtechnik – Anforderungen und Leistung im Wandel der Zeit	MR Neumarktplus e.V., Mitglieder des Maschinen- und Betriebshilfsring Neumarktplus e.V.	Neumarkt, 07.03.2017
Demmel, M.	Ausblick: Zukünftige Techniken und Verfahren zum Bodenschutz	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen und Fachhochschule Südwestfalen, Landwirte, Berater, Administration	Haus Düse, Bad Sassendorf, 14.06.2017
Demmel, M., Kirchmeier, H.	Bodenbearbeitungssysteme - Eigenschaften, Einsatz und Technik	FüAk Erzeugerringberatung LKP, Fachzentrum Pflanzenbau	Freising, 30.11.2016
Demmel, M., Kirchmeier, H., Lutz, S., Kupke, S., Brandhuber, R., Kistler, M., Hammerl, G., Scheidler, M.	Klimaänderung und Antworten der Landtechnik	LfL, Mitglieder des wissenschaftlich technischen Beirates der LfL	Freising, 11.07.2016
Demmel, M., Kirchmeier, H.	Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren - Eigenschaften, Einsatz und Technik	LKP, Landwirte und Berater	Aiterhofen, 10.03.2016

Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Technik für bodenschonende, „konservierende“ Bestellverfahren	Biogasanlage Pellmeier, Landwirte	Giggenhausen, 03.12.2015
Demmel, M.	Trends und Entwicklungen in der Verfahrenstechnik der Pflanzenproduktion	BayStMELF, Delegation des Departments of Agriculture der Guangdong Provinz, VR China	Freising, 19.10.2015
Demmel, M., Kirchmeier, H.	Untersuchung und Bewertung der Wirkung von Zusatzwerkzeugen für Einzelkornsäegeräte für die Mulchsaat von Mais	Uni Hohenheim, Wissenschaftler, Versuchsansteller, Berater	Stuttgart- Hohenheim, 05.05.2015
Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Technik für nicht wendende Bestellverfahren	LfL, Gutsverwalter und Gutsangestellte	Landshut- Schönbrunn, 29.01.2015
Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Technik für nicht wendende Bestellung	ALB, LMS Schönbrunn, Landwirte	Landshut- Schönbrunn, 30.01.2015
Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Umweltschonende und kostensparende Verfahren im Ackerbau	HLS Rothalmünster, Landw. Fachschüler	Rothalmünster, 18.02.2014
Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Entwicklungen Verfahrenstechnik Pflanzenbau Verfahrensvergleich Bodenbearbeitungssysteme	FüAk, Lehrkräfte Pflanzenbau an den Landwirtschaftsschulen	Regenstauf, 14.05.2014
Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Konservierende Bodenbearbeitung - technische Lösungen	Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V., Wissenschaftler	Wien, Österreich, 16.09.2014
Demmel, M., Kirchmeier, H.	Technik für erosionsmindernde Bestellverfahren	LfL, Landwirte, Berater	Deggendorf, 26.11.2014

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. **Steinert, Konrad.** Schneller fahren und trotzdem präzise säen - Einzelkornsäetechnik: Marktübersicht und neue Trends. *Landwirtschaft ohne Pflug.* 2018, 01/02.
4. **Laflen, J.M., Amemya M. und E.A. Hinz.** Measuring crop residue cocer. *Soil and water conservation.* 36, 1981, Seite 341 - 343.

8 Danksagung

Die Bearbeiter möchten sich an dieser Stelle bei allen beteiligten Personen bedanken. In erster Linie gilt unser Dank der Firma Väderstad, die uns für den gesamten Versuchszeitraum ein Sägerät zur Verfügung gestellt hat. Ohne diese bereitwillige Überlassung der Sätechnik und der entsprechenden Zusatzwerkzeuge wäre die Durchführung dieser Untersuchung nicht möglich gewesen.

Des Weiteren gilt unser besonderer Dank dem Lehr-, Versuch- und Fachzentrum Achselschwang insbesondere der Außenstelle Westerschondorf. Hier besonders zu erwähnen ist Herr Hammerl, der uns Unterstützung zugesagt 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 und etliche lange Tage mit uns unterwegs war.

Ebenfalls bedanken wollen wir uns an dieser Stelle bei der TUM insbesondere bei der Forschungsstation Thalhausen bzw. Dürnast. Der ehemalige Baumeister Josef Weindl konnte uns in allen Jahren eine geeignete Versuchsfläche zur Verfügung stellen und unterstützte uns tatkräftig soweit notwendig bei der Durchführung. Herr Weindl verstarb 2018 unerwartet und tragisch.

Für den Standort in Eschelbach bzw. ab 2016 in Gerenzhausen möchten wir den beiden Betriebsleitern Herrn Höckmeier und Herrn Starringer danken, die uns nicht nur die Flächen zur Verfügung gestellt haben, sondern uns ebenfalls wenn nötig mit Maschinen bestens unterstützt haben.

Ein großer Dank geht an Herrn Beck von der Versuchsstation Straßmoos, der uns mit dem Mähdrescher bei der Maisernte unterstützte.

Nicht zuletzt danken wir auch den Kollegen innerhalb der LfL die uns bei der Ernte (Herr Harlander) und bei der Versuchsauswertung (Herr Schmidt und Herr Eckl) bestens geholfen haben.

9 Anhang

9.1 Angebaute Zwischenfrüchte

Firma BSV Saaten: GeoVital MS 100 A MulchSaat Aktivator

Beschreibung (Firmenangaben):

Alternative zu MS 100 - ohne Buchweizen, dafür mit Phacelia, Serradella und Kresse. MS 100 A ist dadurch anspruchsloser und ein besonders effektiver Bodenaktivator. Gleichzeitig ist MS 100 A für die frühe Saat geeignet und ermöglicht daher einen sauberen, unkrautfreien Acker sofort nach der Getreideernte mit Humusbildung bis in den Spätherbst.

Zusammensetzung (Gewichts-%):

Anteil	Art
79% Leguminosen	Alexandrinerklee, Serradella, Saatwicke
21% Sonstige	Kresse, Phacelia, Ramtillkraut

Anbauhinweise:

Saatstärke	34 kg/ha
Saatzeit	Juli bis Mitte August
Saattiefe	2-3 cm
Düngung	keine Düngegabe notwendig
Nutzung	Gründüngung, Erosionsschutz
Fruchtfolgeeignung	v.a. nach frühräumendem Getreide
Original-Pack	25 kg

Zusammensetzung (Flächen-%):

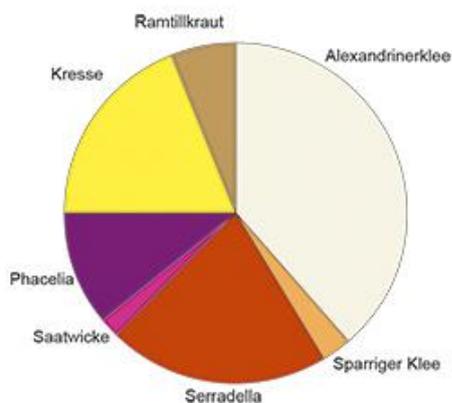


Abb. 36: Etikett und Zusammensetzung BSV „MS 100 A“

Firma Andrae Saaten: HumusPro

Beschreibung (Firmenangaben):

Mischungen aus der Humus Pro-Reihe sorgen für Bodenverbesserung aller Lagen. Sie lockern die Fruchtfolge und lösen festsitzende Nährstoffe. Außerdem wird das Bodenleben aktiviert und nachhaltig die Bodenstruktur verbessert. Die sorgfältig ausgesuchten Zutaten schaffen darüber hinaus Schutz vor Erosion und Nährstoffauswaschung. Ihr Ertragspotential wird dank HumusPro-Mischungen nachhaltig gesteigert. Nebenbei lockern Sie das Landschaftsbild enorm auf und stellen Wildtieren und nützlichen Insekten wie Bienen kostbaren Lebensraum zur Verfügung. Alle Produkte aus der HumusPro-Reihe sind für den Anbau im Rahmen des GREENINGS geeignet



Abb. 37: Etikett Andrae Saaten „HumusPro“

9.2 Ertrag Mulchsaat Einzelstandorte

9.2.1 Westerschondorf – abfrierende Zwischenfrucht (alle Jahre)

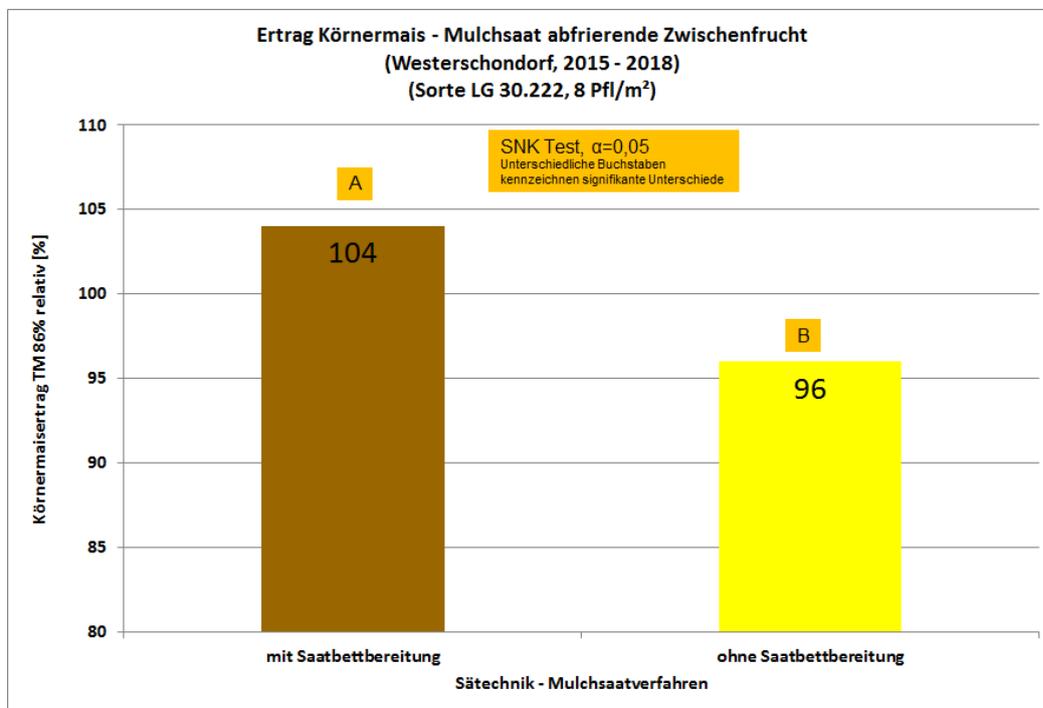


Abb. 38: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (Westerschondorf)

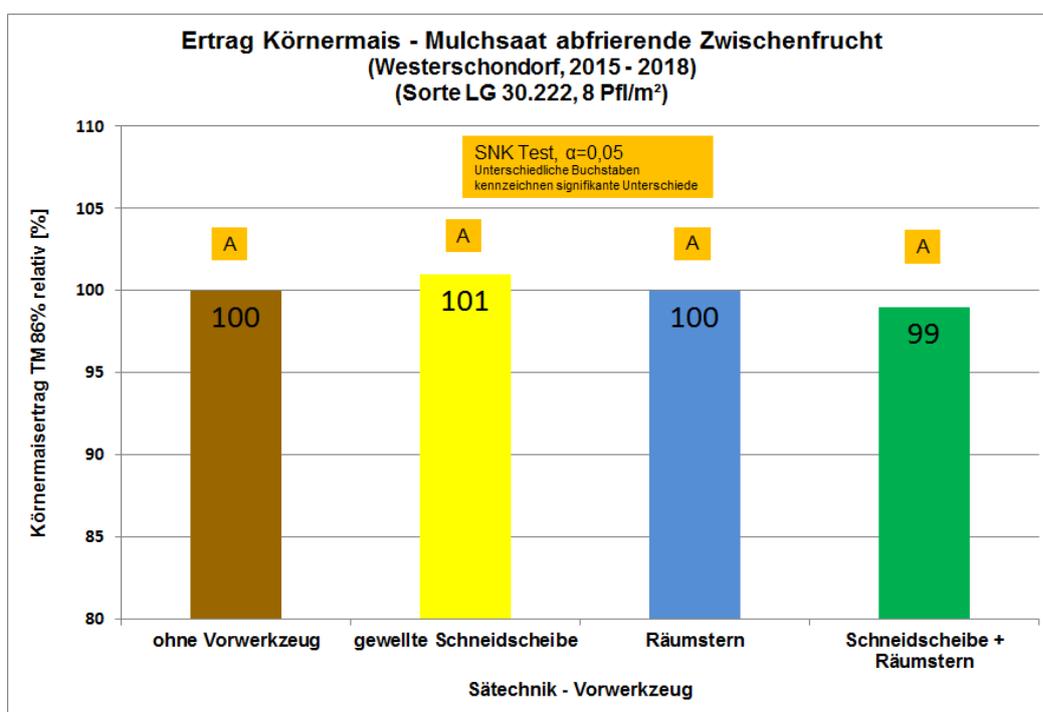


Abb. 39: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (Westerschondorf)

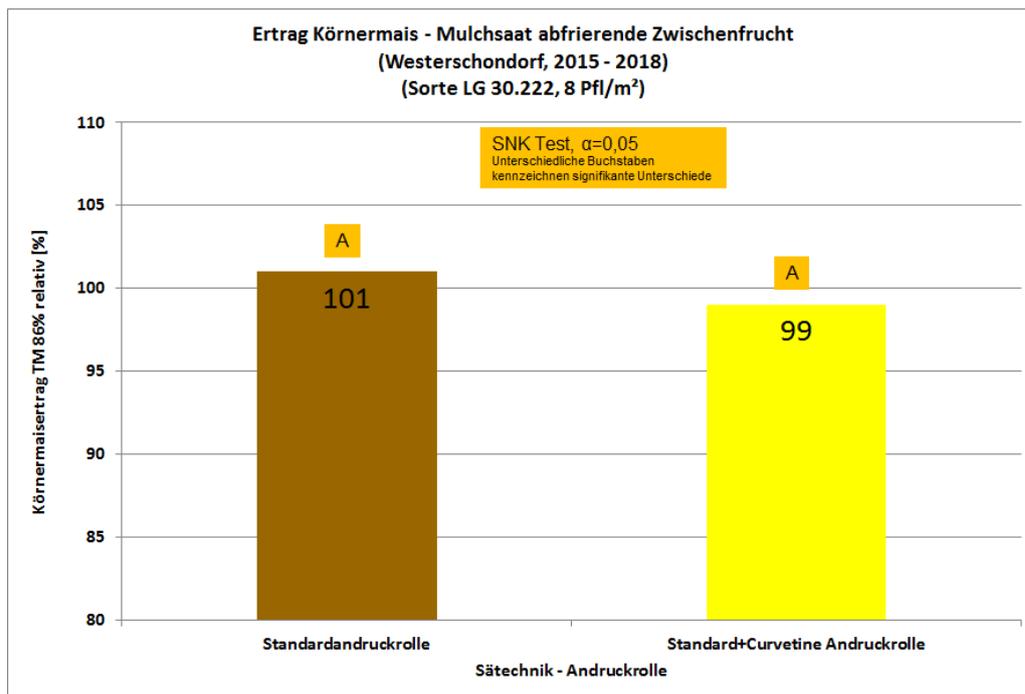


Abb. 40: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (Westerschondorf)

Tab. 13: Körnermaisertrag Mulchsaat abfrierend (Westerschondorf alle Jahre)

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Ertrag TM 86% absolut [dt/ha]	Ertrag relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	112.81	108	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	112.18	108	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	108.62	104	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	107.76	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	107.32	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	107.08	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	106.88	102	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	105.09	101	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	104.88	101	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	104.31	100	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	103.11	99	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	98.32	94	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	98.29	94	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	98.02	94	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	97.87	94	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	96.74	93	A

9.2.2 Dürnast/Thalhausen – abfrierende Zwischenfrucht (alle Jahre)

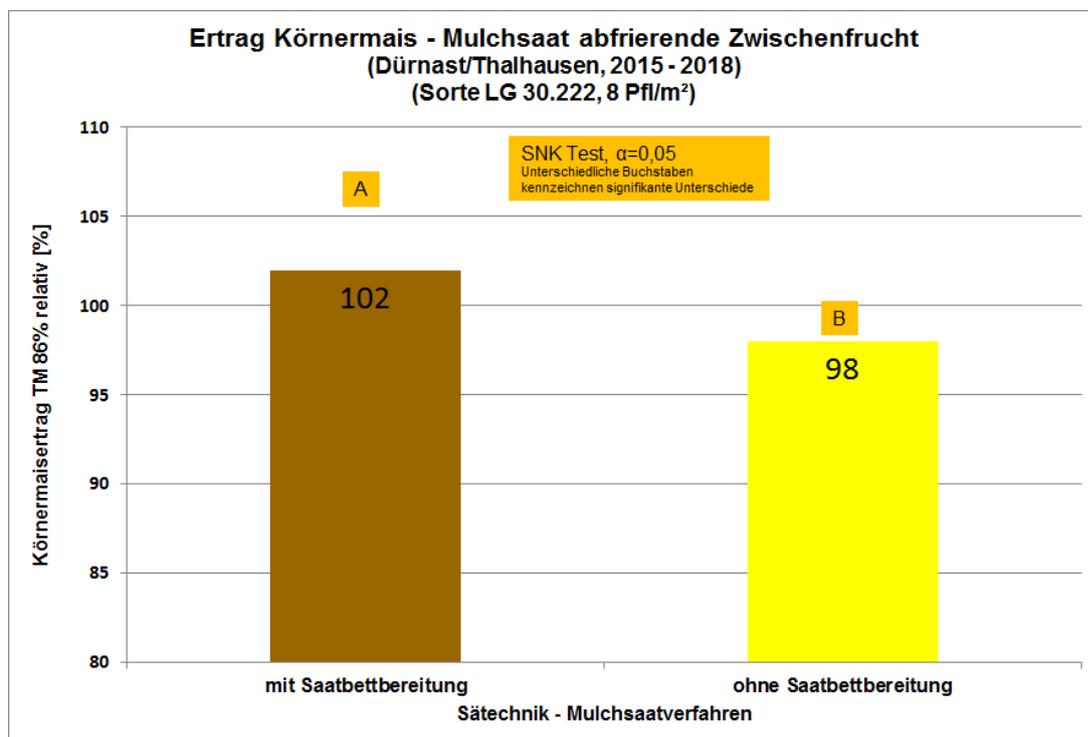


Abb. 41: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Ertrag (Dürnast/Thalhausen)

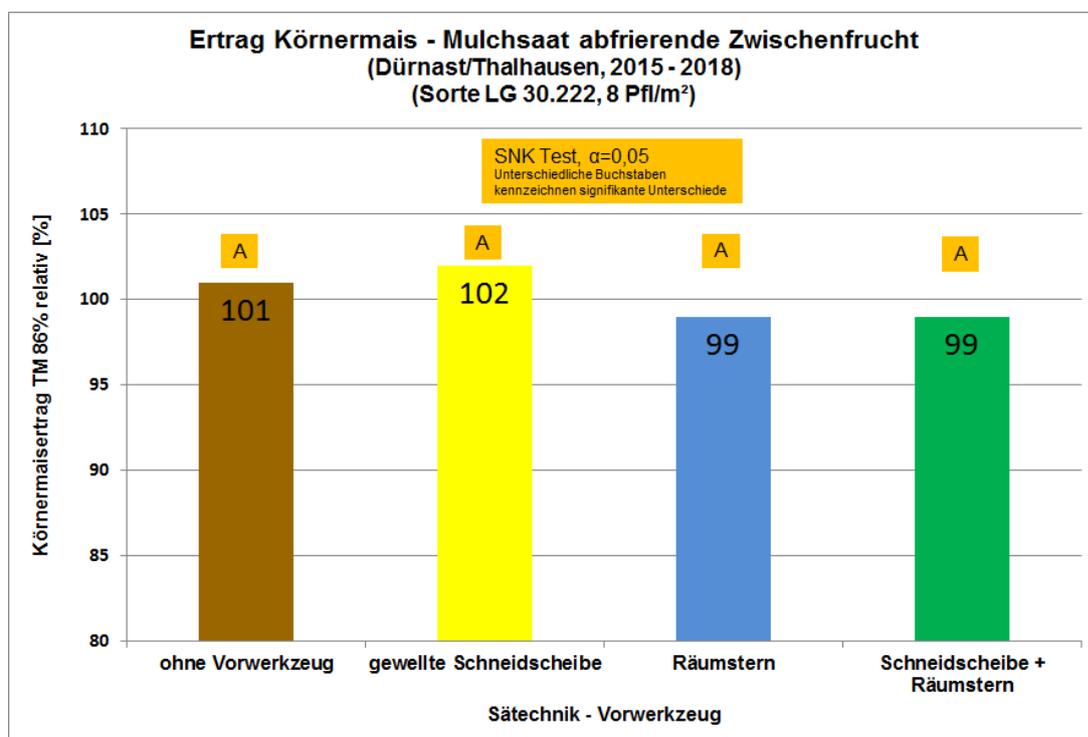


Abb. 42: Einfluss Vorwerkzeug auf den Ertrag (Dürnast/Thalhausen)

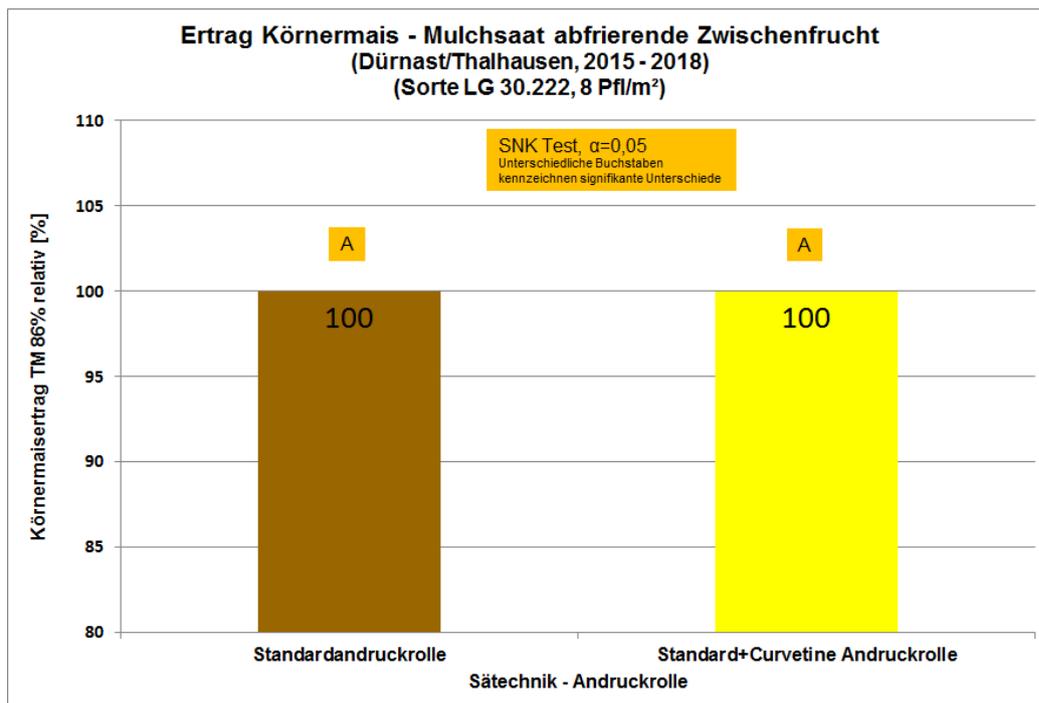


Abb. 43: Einfluss Andruckrolle auf den Ertrag (Dürnast/Thalhausen)

Tab. 14: Körnermaisertrag Mulchsaat abfrierend (Dürnast/Thalhausen alle Jahre)

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Ertrag TM 86% absolut [dt/ha]	Ertrag relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	130.72	106	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	128.85	104	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	128.57	104	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	127.38	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	127.25	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	124.98	101	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	123.86	100	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	123.78	100	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	123.52	100	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	122.91	99	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	122.85	99	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	120.86	98	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	120.59	97	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	119.67	97	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	117.56	95	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	117.49	95	A

9.3 Feldaufgang Mulchsaat Einzelstandorte

9.3.1 Westerschondorf – abfrierende Zwischenfrucht (alle Jahre)

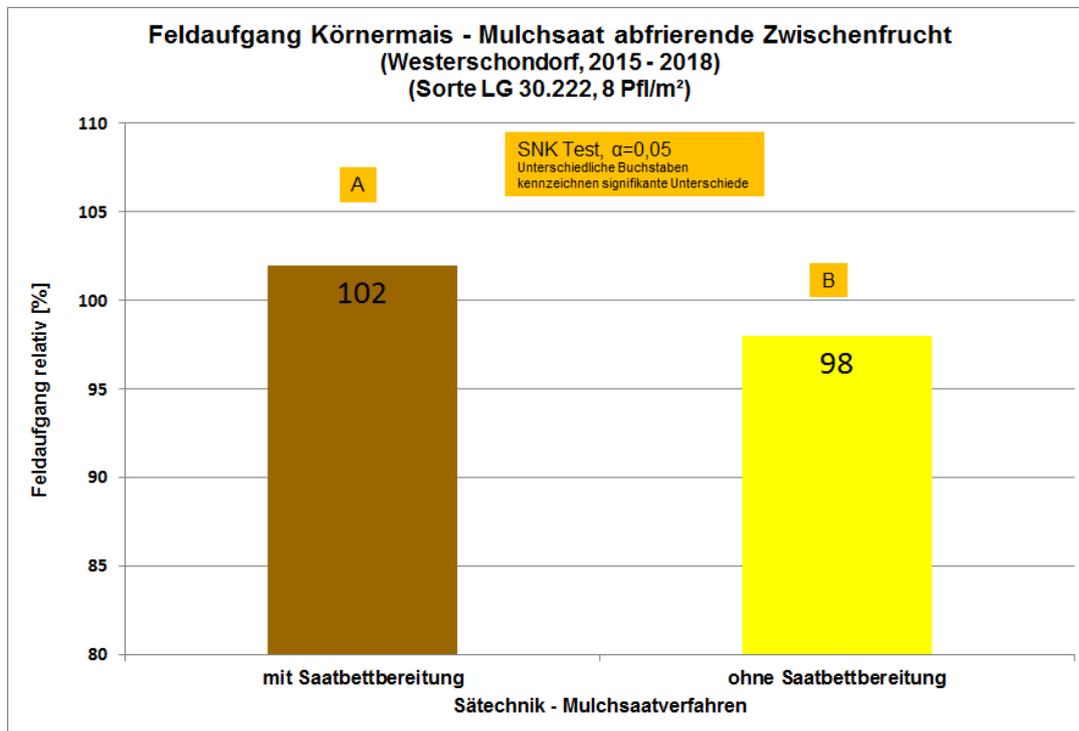


Abb. 44: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Feldaufgang (Westerschondorf)

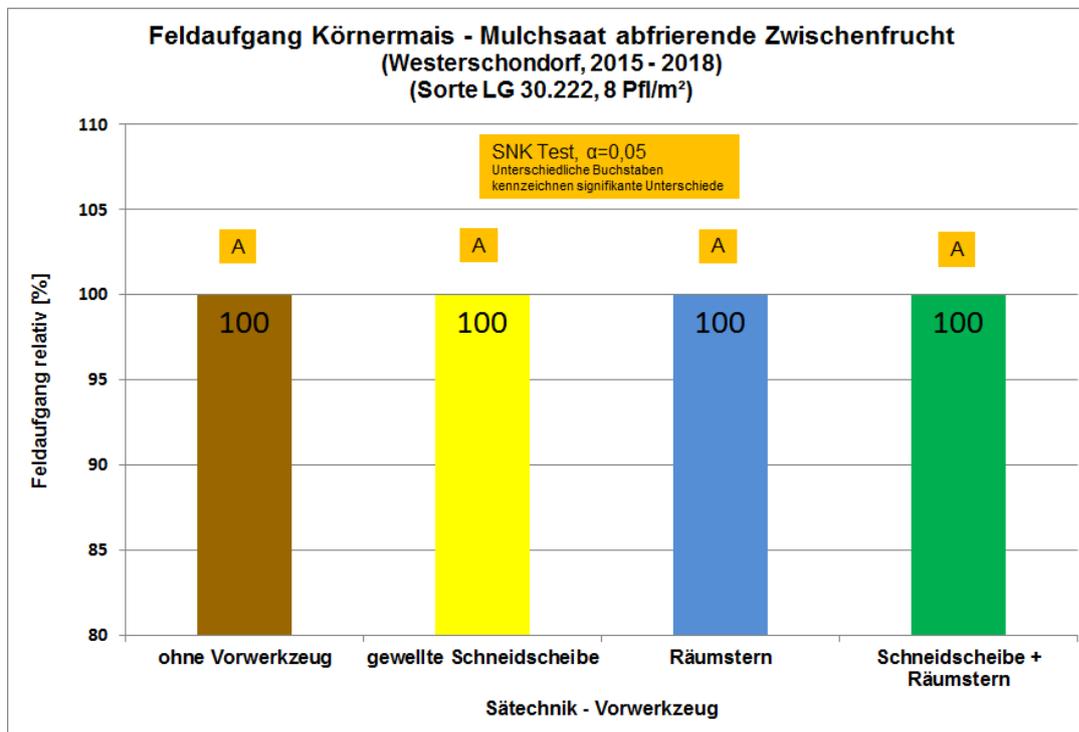


Abb. 45: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (Westerschondorf)

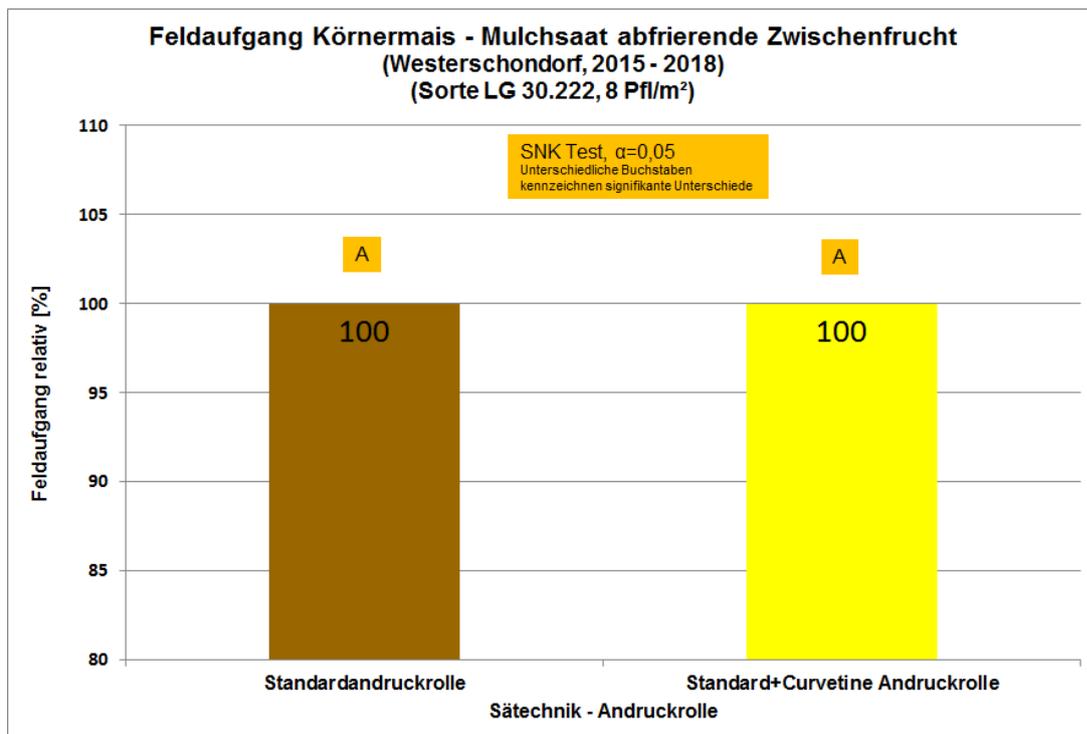


Abb. 46: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (Westerschondorf)

Tab. 15: Feldaufgang Mais Mulchsaat abfrierend (Westerschondorf alle Jahre)

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Feldaufgang absolut [%]	Feldaufgang relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	90.63	104	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	89.94	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	89.63	102	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	89.38	102	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	88.81	101	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	88.75	101	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	87.94	100	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	87.81	100	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	87.75	100	AB
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	87.19	100	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	86.25	99	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	86.25	99	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	85.75	98	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	85.56	98	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	84.88	97	AB
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	83.88	96	B

9.3.2 Dürnast/Thalhausen – abfrierende Zwischenfrucht (alle Jahre)

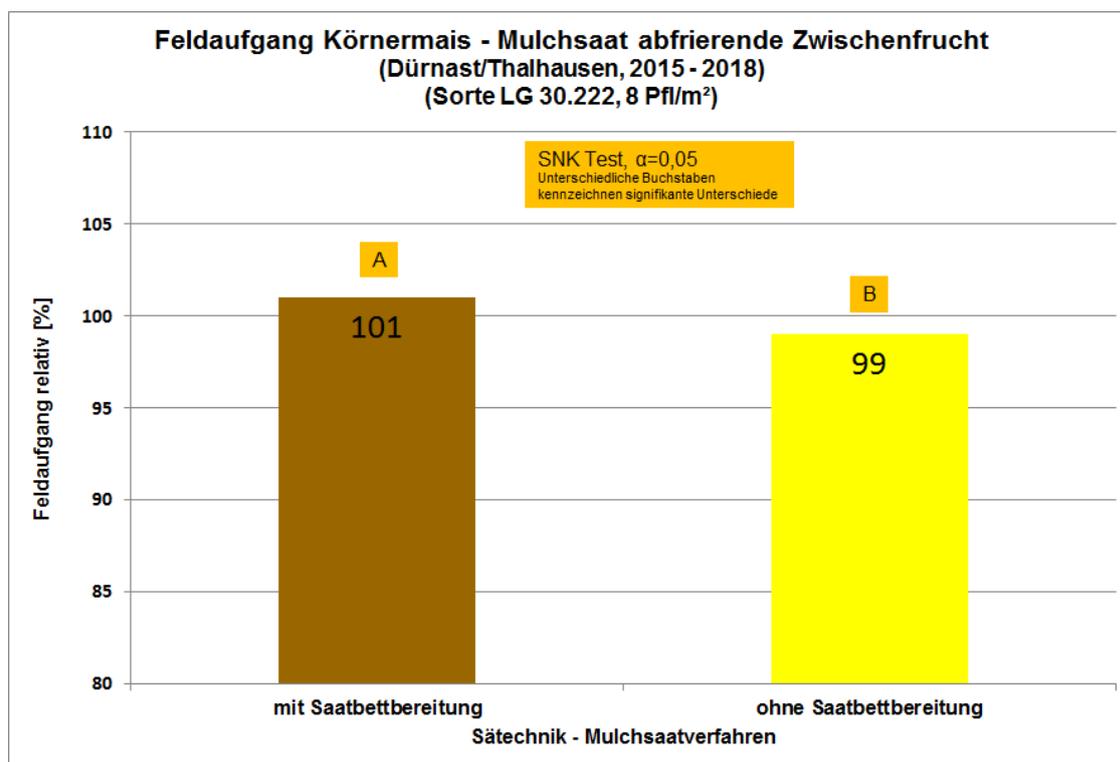


Abb. 47: Einfluss Mulchsaatverfahren auf den Feldaufgang (Dürnast/Thalhausen)

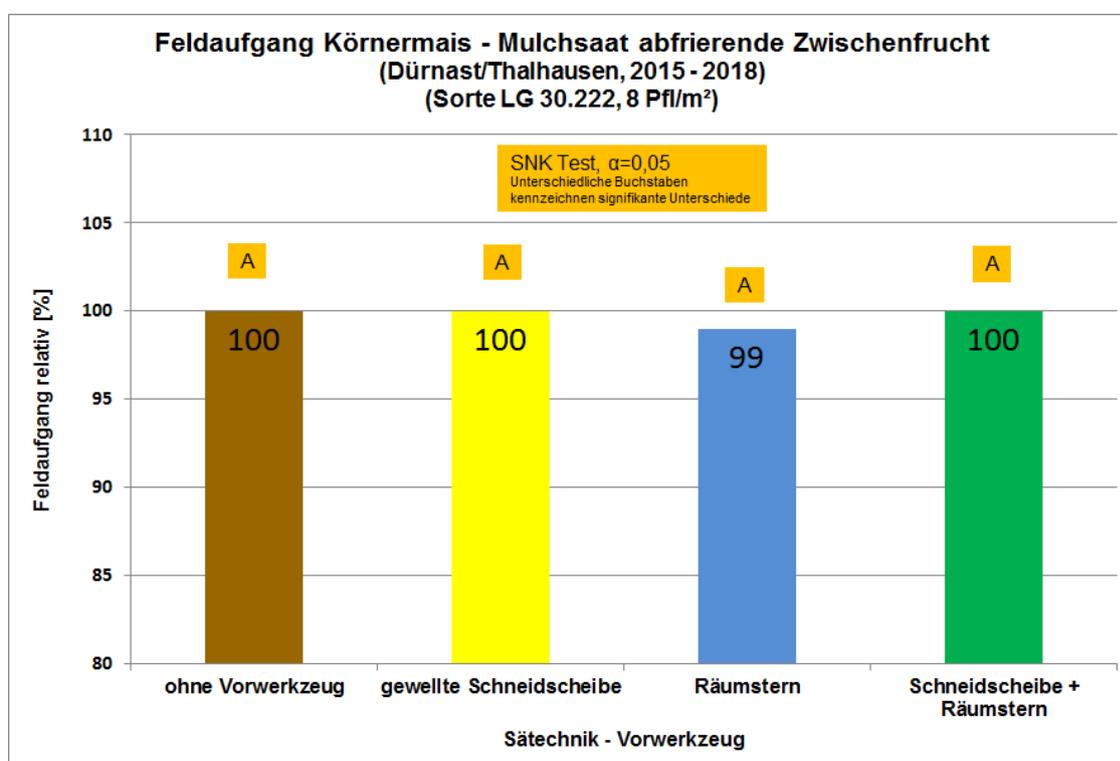


Abb. 48: Einfluss Vorwerkzeug auf den Feldaufgang (Dürnast/Thalhausen)

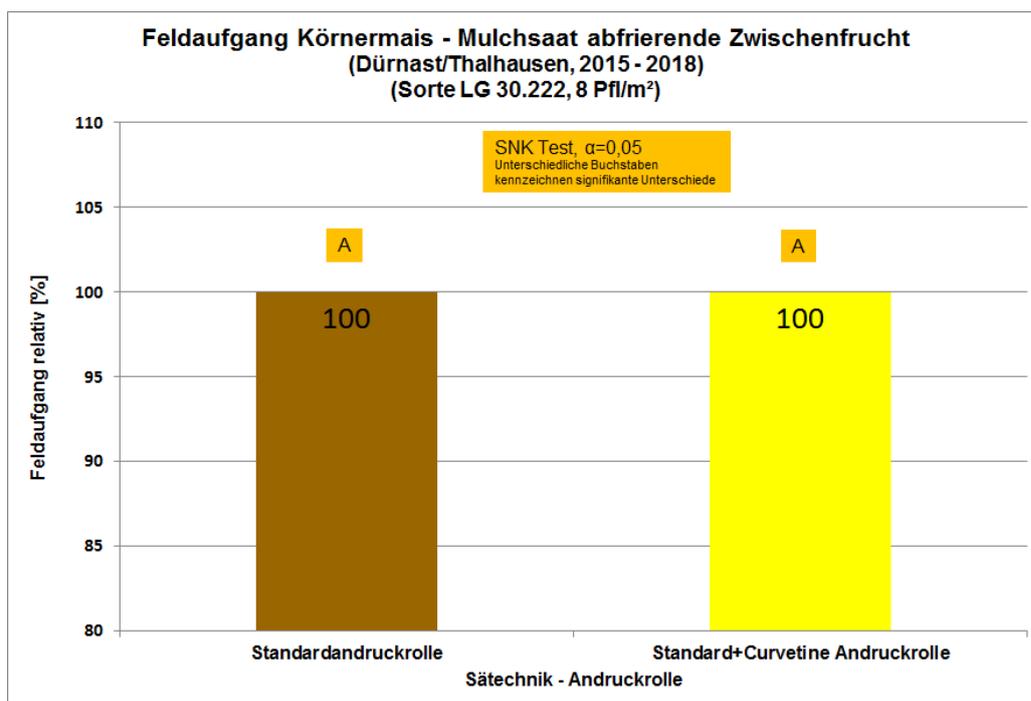


Abb. 49: Einfluss Andruckrolle auf den Feldaufgang (Dürnast/Thalhausen)

Tab. 16: Feldaufgang Mais Mulchsaat abfrierend (Dürnast/Thalhausen alle Jahre)

Mulchsaatverfahren	Vorwerkzeug	Andruckrolle	Feldaufgang absolut [%]	Feldaufgang relativ [%]	Signifikanz
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	95.90	103	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	95.08	102	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	94.69	101	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	94.50	101	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	94.40	101	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	94.40	101	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	94.27	101	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standardandruckrolle	93.98	101	A
Mulchsaat mit Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	93.69	100	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standard+curvetine Andruckrolle	92.83	100	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standard+curvetine Andruckrolle	92.71	99	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schneidscheibe+Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	92.23	99	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	gewellte Schneidscheibe	Standardandruckrolle	91.85	98	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standard+curvetine Andruckrolle	91.60	98	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Räumstern	Standardandruckrolle	90.35	97	A
Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	ohne Vorwerkzeug	Standardandruckrolle	90.15	97	A

