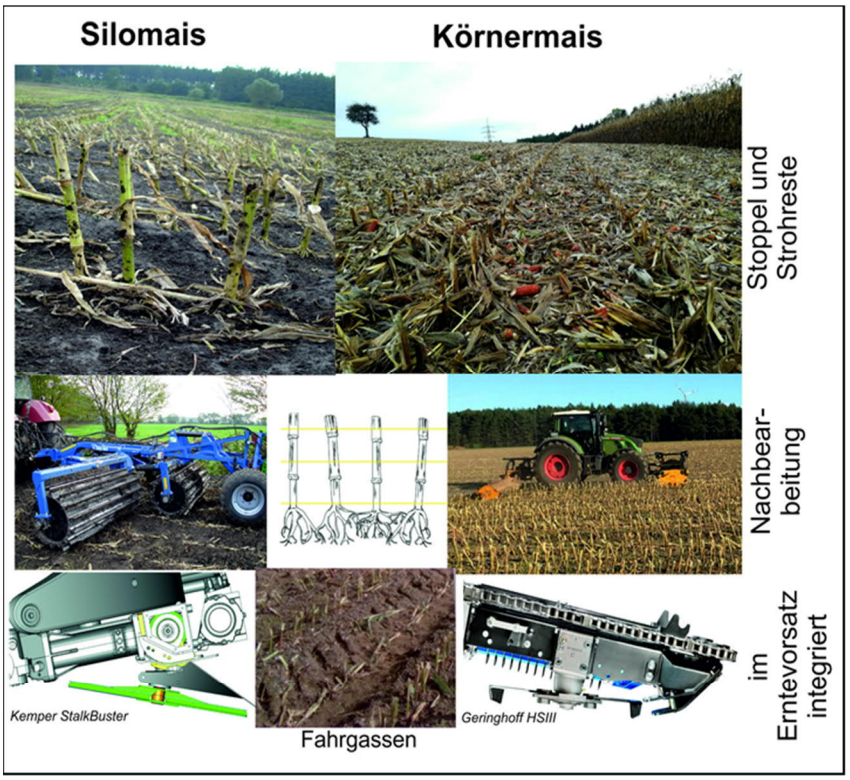
Rationalisierungs-Kuratorium
für Landwirtschaft

Stoppelbearbeitung nach Mais

(Silo- und Körnermais)

Anforderungen und Lösungsansätze zur Reduktion von Fusarien und Zünslerproblemen in der Folgefrucht



Prof. Dr. Yves Reckleben
Sebastian Ramm

ISSN 2190-6793

Prof.-Udo-Riemann-Stiftung **50** **2022**

Abschlussbericht

Stoppelbearbeitung nach Mais (Silo- und Körnermais) – Anforderungen und Lösungsansätze zur Reduktion von Fusarien und Zünslerproblemen in der Folgefrucht

Oktober 2022

M. Sc. agr. Sebastian Ramm ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt KI-Anbauplanung am Fachbereich Agrarwirtschaft der Fachhochschule Kiel

Prof. Dr. Yves Reckleben ist Lehrstuhlinhaber für das Fachgebiet Landtechnik am Fachbereich Agrarwirtschaft der Fachhochschule Kiel

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis einer von der Prof.-Udo-Riemann-Stiftung geförderten Untersuchung.

Herausgeber:
Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL e.K.)
Albert Spreu
Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-708110
Internet: www.rkl-info.de; E-mail: mail@rkl-info.de

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiges Beratungsunternehmen mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1000 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Inhalt

1. Einleitung 181

2. Stand des Wissens Maiszünsler und Fusarium: Biologie, Verbreitung und Schadwirkung 182

3. Silomais 184

3.1. Problemstellung (in Norddeutschland) 184

3.2. Lösungsansätze 186

3.3. Schlussfolgerungen 187

4. Körnermais 188

4.1. Problemstellung 188

4.2. Lösungsansätze 188

4.3. Schlussfolgerungen 190

5. Ergebnisse 191

5.1. Stroh- und Stoppelzerkleinerung 191

5.2. Problem: Plattgefahrene Stoppeln 194

5.3. Energieverbrauch für die Ernte und Stoppelbearbeitung 195

5.4. Mykotoxingehalt der Folgefrucht Winterweizen 197

6. Ausblick: Konsequentes Stoppelmanagement 198

4 Literatur 199

1. Einleitung

Mit einer Erntemenge in Höhe von ca. 1,15 Mrd. t im Jahr 2019 nimmt Mais den größten Anteil an der Weltgetreideproduktion ein (FAO 2021). Die Verwertung des Maises ist vielfältig. Der größte Anteil (58%) wird als Futtermittel eingesetzt. Mais ist somit das mengenmäßig bedeutendste Futtermittel weltweit (OECD/FAO 2021a). Weitere 16% werden zu Ethanol verarbeitet und machen mit 60% den größten Anteil an der Bioethanolproduktion zur Verwendung als Kraftstoff aus (OECD/FAO 2021a). Der Humanernährung dienen ca. 12% des Maises (OECD/FAO 2021b). In Entwicklungsländern ist vor allem Weißmais noch heute ein wichtiges Grundnahrungsmittel und liefert in Subsahara-Afrika ca. ein Viertel der Kalorienzufuhr (OECD/FAO 2021c, 2021b).

Steigende Erträge im Ackerbau erfordern angepasste Intensitäten in allen Bereichen – auch bei der Stoppelbearbeitung und Feldhygiene. Mit steigenden Erträgen nehmen auch die auf dem Feld belassenen Ernterückstände zu, die es schnell zu bearbeiten gilt. So kann die Rotte gefördert und das Risiko von Infektionen der Folgefrucht deutlich reduziert werden. Eine

intensive Produktion, hohe Ansprüche an die Feldhygiene und den Erosionsschutz stellen zunehmende Ansprüche an die Maisanbauer. Denn nachhaltig hohe Erträge sind die Zwänge für unsere Landwirte, die durch die Verknappung der Fläche umso größer werden.

Untersuchungen von (KROPF und SCHLÜTER 2013a, 2016) zeigen in einer seit 2006 begonnenen Erhebung, dass nahezu jede Maisstoppel in Norddeutschland mit Fusarien belastet ist. Die Fusarien Infektion des Stängels beim Silo-Mais Anbau in Norddeutschland ist meist latent. Das bedeutet, dass die Infektion nicht sichtbar ist und sich in Form von Kolbenfäule zeigt, wie sie aus den Körnermaisregionen Süddeutschlands bekannt ist. Ebenfalls sind derzeit kaum Standfestigkeitsprobleme oder geringere Ertragsleistungen messbar. Doch trotzdem besteht das Risiko, dass die von den Fusarien gebildeten Pilzgifte – die Mykotoxine – in das Silo und damit auch in die Nahrungskette gelangen können. Daher resultieren aus den infizierten Stoppeln besonders, wenn sie an der Oberfläche verbleiben und erst nach dem Winter eingearbeitet werden, große Risiken, denen man sich annehmen muss. Gerade, weil sich Fungizid-Behandlungen im Mais nur schwer und mit höherem Aufwand realisieren lassen.

Im Gegensatz zum Silomais bei dem der Großteil der Pflanze bei der Ernte vom Feld abgefahren wird, ist der Körnermais mit einem Korn zu Stroh Verhältnissen von 1:1,3 eine Frucht, bei der bei etwa 8 t/ha Kornertrag rund 10,4 t/ha Stroh auf dem Acker verbleiben. Der Anteil von Körnermais ist in ganz Deutschland, aber vor allem in Norddeutschland mit zunehmendem Anbauumfang in der Fruchtfolge vertreten. Die Erhebungen des Statistikamtes Nord (2019) zeigen den Körnermais mit einem Anteil 10 % der Ackerfläche, selbst in den nördlichen Landesteilen angebaut werden.

2. Stand des Wissens Maiszünsler und Fusarium: Biologie, Verbreitung und Schadwirkung

Der ***Maiszünsler*** (engl. European Corn Borer) ist ein Kleinschmetterling aus der Familie der Crambidae mit einem breiten Wirtspflanzenspektrum von mindestens 200 Pflanzen (MASON et al. 2018). Er kann im Wesentlichen alle Wild- und Kulturpflanzen befallen, dessen Stängeldurchmesser groß genug ist, um den Minierfraß der Larven im Inneren des Stängels zu ermöglichen. Er zählt zu den bedeutendsten Schädlingen an Mais in Deutschland, Europa und weltweit (MASON et al. 2018).

Von den vier Entwicklungsstufen je Generation (Ei, Larve, Puppe, Imago), sind es die Larven, die erhebliche Schäden im Mais verursachen können. Der Maiszünsler durchläuft fünf Larvenstadien bevor er sich verpuppt. Abhängig von der geographischen Lage und Jahreszeit wechselt die ausgewachsene Larve in Dormanz und überdauert den Winter als Larve oder verpuppt sich noch im gleichen Jahr, um eine weitere Generation von Imago hervorzubringen (MASON et al. 2018). In Deutschland breitete sich der Maiszünsler beginnend aus Baden-

Württemberg und Bayern in Richtung Norden und Nordosten aus, wo er die Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns und Schleswig-Holstein erreicht hat. In 2007 waren in Deutschland ca. 400.000 ha vom Maiszünsler betroffen, von denen ca. 60.000 ha einen bekämpfungswürdigen Befall aufwiesen (ALBERT et al. 2008). Für das Jahr 2013 ist der Befall von Mais deutschlandweit für ca. 90% aller Landkreise dokumentiert (FREIER et al. 2015). BROOKES (2009: 6)

bezifferte die jährlich von wirtschaftlich relevantem Befall durch bohrende Insekten betroffene Maisfläche in der EU auf ca. 2,25 bis 4 Mio ha, abhängig von jährlich schwankenden Befallsstärken.

Die primäre Schadwirkung des Maiszünslers geht vom Fraß der Larven im Inneren des Maisstängels und an den Maiskolben aus, in dessen Folge der Wasser-, Nährstoff- und Assimilattransport beeinträchtigt wird. Der Minierfraß im Stängelinneren führt zur Abnahme der mechanischen Stabilität der Maispflanze, es kann zum Abknicken kommen. Die Folge sind erschwerte Erntebedingungen und erhöhte Kolbenverluste (MASON et al. 2018). Bei starkem Befall können sich die Ertragsverluste im Körnermais auf ca. 5 % bis 40 % belaufen (MEISSLE et al. 2010).

Neben den direkten Schäden begünstigen die Verletzungen der Maispflanze durch den Maiszünsler die Infektion durch pilzliche Schaderreger wie Fusarien (RECKLEBEN et al. 2014; BLANDINO et al. 2015). Aber nicht nur im Zusammenhang mit dem Auftreten des Maiszünslers stellen Fusarien eine Problematik im Maisanbau dar.

Fusarien bilden Mykotoxine mit teils erheblicher toxischer Wirkung auf Warmblüter. Die ca. 100 bekannten Fusarium-Toxine werden in mehreren Gruppen zusammengefasst. Im Getreide- und Maisanbau sind die Trichothecene und das Zearalenon (ZEA) von hoher Bedeutung. Deoxynivalenol (DON), aus der Gruppe der B-Trichothecene, ist das am intensivsten untersuchte Mykotoxin (BÖRNER et al. 2009). DON, auch bekannt als Vomitoxin, führt bei hohen Dosen zu Übelkeit und Erbrechen. Es beeinträchtigt das Immunsystem und hemmt die Proteinbiosynthese. Mehrere Untersuchungen verschiedener Institute zeigen, dass der Einsatz DON belasteter Futtermittel zu Wachstums-beeinträchtigungen und verringerter Futteraufnahme bei Schweinen führen kann. Im Vergleich zu DON weist ZEA eine geringere akute Toxizität auf. ZEA kann aufgrund der ausgeprägten östrogenen Wirkung zu Fruchtbarkeitsproblemen und Vergrößerungen der Gebärmutter bei Sauen führen. Grundsätzlich gelten Monogastriden, zu denen auch der Mensch zählt, als empfindlicher gegenüber Mykotoxinen als Wiederkäuer. Aufgrund der gesundheitlichen Risiken regelt die EU-Verordnung 1881/2006 unter anderem die zulässigen Höchstmengen an Mykotoxinen in unverarbeiteten Ernteprodukten und Lebensmitteln. Die Belastung der Ernteprodukte mit Fusarien-Toxinen unterliegt von Jahr zu Jahr starken Schwankungen. Günstige Witterungsbedingungen zum Infektionszeitpunkt können zu einer erheblichen Belastung der Ernteprodukte führen. So ergaben die Untersuchungen im Rahmen der Besonderen Ernte-

und Qualitätsermittlung (BEE) des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im „Fusarien-Jahr“ 2012, dass 6 % der untersuchten Weizenproben den DON-Grenzwert von 1250 µg/kg überschritten.

Fusarien können sich saprophytisch, auf abgestorbenem Pflanzenmaterial, weiterentwickeln und überdauern. Auf dem Feld verbleibende Erntereste können somit als „Brücke“ in die Folgekultur dienen. Speziell Körnermais hinterlässt große Mengen an Ernteresten, die langsam verrotten. Ohne zusätzliche Zerkleinerung überdauern sie häufig eine weitere Vegetationsperiode. Körnermaisstroh und –stoppeln stellen somit ein ideales Substrat für Fusarien dar. Infizierte Erntereste an der Bodenoberfläche sind eine stete Infektionsquelle für die Folgekultur. Von Ihnen ausgehend kann die Infektion durch Askosporen und Konidien erfolgen. Ausgehend von den im Boden liegende Ernterückständen erfolgt die Infektion über Wurzel oder Halmbasis (SCHLÜTER und KROPF 2010).

3. Silomais

3.1. Problemstellung (in Norddeutschland)

Besonders die Bodenbearbeitung nimmt mit über 30 % der Gesamtkosten neben der Ernte einen der Hauptkostenblöcke im Acker und Feldfutterbau ein. Die Bodenbearbeitung ist neben dem Klima und dem Bewuchs ein wesentlicher strukturbildender Faktor und verändert die Grob- und Feinstruktur des Bodens. Die Bodenbearbeitung stellt somit einen tief greifenden Eingriff in den Boden dar. Der Schutz des Bodens auf Wasser- oder Winderosionsgefährdeten Standorten trägt auch zur Diskussion über die richtige Bearbeitung des Ackers bei.

Drei wesentliche Fragen stehen im Vordergrund:

1. Wie kann der Maiszünsler effektiv bekämpft werden?
2. Welches Gerät eignet sich für welchen Standort?
3. Was kostet die Zünslerbekämpfung?

Zahlreiche Untersuchungen von verschiedenen Institutionen haben gezeigt, dass der Maiszünsler sich im April/Mai aus den Puppen, die aus den Larvern im Stängel des Maises vom Vorjahr überwintern, entwickelt. Als Falter fliegt er in neue Mais Bestände und legt dort seine Eier ab. Der Mais ist zu diesem Zeitpunkt kurz vor dem Fahnenschieben. Die aus den Eiern schlüpfenden Raupen fressen sich schnell in den Stängel, wo sie vor Insektiziden oder natürlichen Feinden geschützt sind. Die Wirksamkeit von Insektiziden oder auch biologischen Fressfeinden (Schlupfwespe) ist damit auf wenige Tage begrenzt, denn von der Eiablage bis zum einfressen der Raupen vergehen maximal 14 Tage (Wyss, 2011 in (PLISCHKE 2012). Die Ausbringung erfordert Spezialtechnik, da der Mais zu diesem Zeitpunkt meist mehr als 2 Meter hoch ist.

Foto 2: Selbstfahrende Pflanzenschutzspritze mit hydraulischer Fahrwerksanpassung an die Pflanzenhöhe (Werkfoto)

Die Raupen, die sich in den Maisstängel eingefressen haben sind jetzt geschützt und fressen sich im Stängel nach unten. Befallene Pflanzen sind an den abgeknickten Fahnen zu erkennen. Die Raupen bewegen sich also im Stängel nach unten, einzig an den Knoten fressen sie sich nach außen und unterhalb eines jeden Knotens wieder in den Stängel hinein. Unterhalb des letzten Knotens bilden sie dann Larven aus, die dort überwintern und im Frühjahr die nächste Generation von Faltern hervorbringen. Das bedeutet, je tiefer man häckselt, desto mehr Raupen werden schon vom Feld abgefahren und einsiliert, desto höher ist aber auch der Verschleiß am Häcksler.

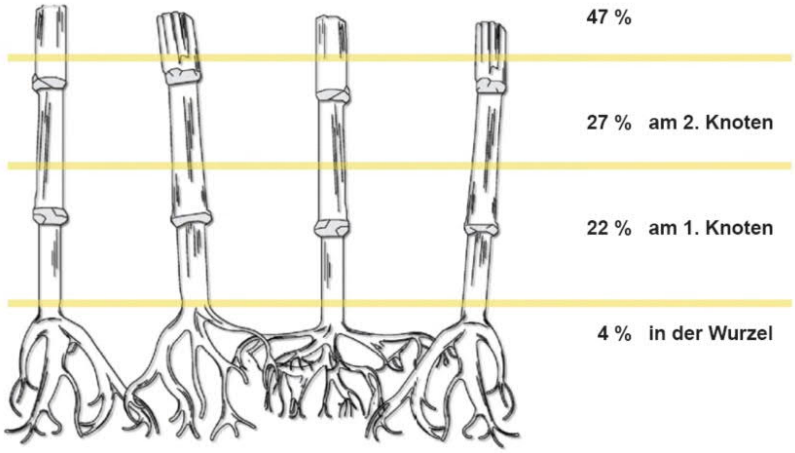


Abb. 1: Larvenposition im Stängel zum Zeitpunkt der Ernte (Demmel, 2010)

Je tiefer also gehäckselt wird, desto weniger überlebensraum für die Larven besteht. Die Schadschwelle von 30 Larven auf 100 Pflanzen muss unterschritten werden, sonst kommt es zu Ertragseinbußen von mehr als 30 % wie Ergebnisse aus Süddeutschland zeigen.

3.2. Lösungsansätze

Also kommt nur eine zusätzliche Bearbeitung der Stoppel in Frage. In der Praxis haben sich verschiedene Systeme bewährt, die auf verschiedenen Vorführungen im Einsatz begutachtet werden konnten. Eine intensive Bearbeitung der Stoppeln hat mehrere Vorteile, zunächst werden die Lebensräume für die Zünslerlarven zerstört. Außerdem werden die Stoppeln aufgefasert und können so leichter verrottet werden.

Ergebnisse zeigen hier, dass ein Einfaches unterpflügen der Stoppeln nicht ausreicht, da die Larven in den Stoppeln im Boden überdauern und außerdem Schadpilze an den Stoppeln haften können. Eine Infektion der Folgefrucht, oder ein erneutes hochpflügen dieser infizierten Stoppeln in den Folgejahren ist nicht auszuschließen und damit ist auch das Zünslerproblem nicht gelöst. Bis zu 5 Jahren findet man noch Stoppeln, die einfach nur untergepflügt wurden. Also ist eine „Stoppelbearbeitung“ zusätzlich erforderlich. Hier haben sich das Nachhäckseln mit Sichel- oder Schlegelmulchern als sehr intensive Methode etabliert, bei der aber alle Ziele (Stoppelzerstörung und Auffaserung) erreicht werden.

Foto 3: Maisstoppel nach intensiver Bearbeitung mit einem Schlegelmulcher – die derzeit intensivste Stoppelbearbeitung

Allerdings haben alle Mulcher Probleme mit heruntergefahrenen Stoppeln durch die Erntetechnik oder die Abfahrwagen (DEMMEL M., KIRCHMEIER H., UPPENKAMP N. 2011). Walzen, die die Stoppeln platt drücken haben sich für eine Zünslerbekämpfung ebenfalls

etabliert, können allerdings die Stoppeln nur schwer auffasern und somit die Rotte nur schwer in Gang bringen. Was zu einem erhöhten Pilzdruck in den Folgefrüchten führt. Trotzdem sind auch hier einige interessante Geräte zu finden, wie die Dal-Bo Messerwalze, die die Stoppel zerdrückt und zerschneidet und der Zünslerschreck der im Frontanbau genutzt werden kann und besonders für Wasserschutzgebiete geeignet ist. Die Messerwalze zerschneidet die Stoppeln alle 15 cm, allerdings ist sie auf schweren Standorten und unter nassen Bedingungen benachteiligt, da sie sich zusetzt und dadurch die Arbeitsqualität abnimmt.

3.3. Schlussfolgerungen

Die Sichel- und Schlegel-Mulcher sind zur „Stoppelbearbeitung“ also der Auffaserung entwickelt. Diese bearbeiten den Boden gar nicht. Die Mulcher haben ihre Probleme vor allem bei platt gefahrenen Stoppeln. Der Zünslerschreck bearbeitet ebenfalls nur die Stoppeln kann aber auch mit einer Scheibenegge kombiniert werden und so auch eine flache Bodenbearbeitung durchführen.

Die Messerwalzen zerschneiden als einzige die Stoppeln und werfen auch Boden auf so dass hier eigentlich die Bedingungen für die Zünslerbekämpfung und Stoppelrotte als optimal einzustufen sind. Allerdings haben die Messerwalzen vor allem auf nassen und schwereren Böden ihre Probleme, da sich die Werkzeuge/Messer zusetzen und das Arbeitsbild mancherorts zu wünschen übriglässt.

Der Grubber als auch der Pflug sind hingegen für die eigentliche Bodenbearbeitung entwickelt und zerstören die Stoppeln kaum, sind als alleinige Maßnahme gegen Zünsler oder für eine wirksame Stoppelrotte nur schwer geeignet. In Kombination mit den Mulchern hingegen sind sie wirksame Werkzeuge, um dem Zünsler und den Fusarien entgegenzuwirken.

Alle diese zusätzlichen Arbeitsgänge sind mit weiteren Kosten verbunden. Nach Auskunft verschiedener Lohnunternehmen bewegen sich diese von 10 €/ha für den Zünslerschreck bis hin zu 45 €/ha für den Schlegelmulcher. Trotzdem ist eine intensive Stoppelbearbeitung ein sicherer Garant für sichere Erträge auch in der Zukunft. Eine intensive Bearbeitung und Einarbeitung führt zur verbesserten Rotte und vermindert das Fusarien- und Zünslerrisiko deutlich. Der Pflug kann, nach einer intensiven Stoppelbearbeitung im Herbst nach der Ernte, wie gewohnt im Frühjahr eingesetzt werden. Auch die Mulchsaat kann nach einer intensiven Stoppelbearbeitung betrieben werden und damit aktiv der Erosionsschutz und die Befahrbarkeit verbessert werden (PLISCHKE 2012).

4. Körnermais

4.1. Problemstellung

Körnermais wird heute flächendeckend mittels Mähdrescher und Maispflückvorsatz geerntet. Je nach Region sind die Erntevorsätze allerdings sehr unterschiedlich ausgestattet. Dies betrifft sowohl den Reihenabstand als auch die Intensität der Strohzerkleinerung. Die Bandbreite der Reihenweiten liegt weltweit zwischen 50 cm und 2,60 m. In seltenen Fällen kommen auch engere Reihenabstände wie 37,5 cm vor. Im Mittleren Westen der USA dominiert der Reihenabstand von 30 Zoll (76,2 cm). Circa 90% der Maispflücker werden entsprechend ausgerüstet. Am weitesten verbreitet sind 12-reihige Maschinen mit starrer Rahmenbauweise. Horizontalhäcksler zur Strohzerkleinerung und tiefen Stoppelschnitt werden nur an ca. 5% der Maschinen verbaut. Ein kleiner Anteil der Erntevorsätze von ca. 10% wird für engere Reihenabstände von 20–22 Zoll (50,8–55,9 cm) ausgestattet.

In Europa wird großer Wert auf die Zerkleinerung des Maisstrohs und das saubere Abtrennen der Pflanze vom Maisstoppel gelegt. So werden ca. 90% aller Maispflücker mit Horizontalhäcksler ausgeliefert. Die Reihenabstände liegen klassischerweise zwischen 70 cm und 80 cm. In den meisten europäischen Ländern dominiert der Reihenabstand von 75 cm.

4.2. Lösungsansätze

Typische Pflückaggregate zur Körnermaisernte sind mit zwei Pflückwalzen ausgerüstet (Abb. 1). Sie ziehen die Maispflanze durch die Pflückplatten hindurch und streifen den Kolben ab. Dieser wird dem Mähdrescher zugeführt. Das übrige Pflanzenmaterial wird auf dem Feld abgelegt. In der Ausgestaltung der Pflückwalzen gehen die Hersteller unterschiedliche Wege in der Läge, dem Durchmesser und der Form (gradlinig oder konisch). Je nach Ausstattung mit Schneidkanten bzw. Messerleisten, wird das Maisstroh bereits durch die Pflückwalzen gequetscht und (vor-) zerkleinert. Die verschiedenen Modelle von Maispflückern unterschiedlicher Hersteller unterscheiden sich teils erheblich in der Zerkleinerungsintensität des Maisstrohs und der Leistungsaufnahme. Aftermarket-Produkte eingeschlossen, finden sich Pflückwalzen mit vier bis zehn Schneidkanten bzw. Messerleisten am Markt. Die Schneidkanten der gegenüberliegenden Pflückwalzen können entweder ineinander eingreifen oder einander gegenüberstehen. Die Vielfallt ist vor allem den unterschiedlichen Erntebedingungen weltweit als auch der Optimierung hinsichtlich verschiedener Zielstellungen wie z.B. der Leistungsaufnahme, der Zerkleinerung und/ oder Auffaserung der Erntereste geschuldet.

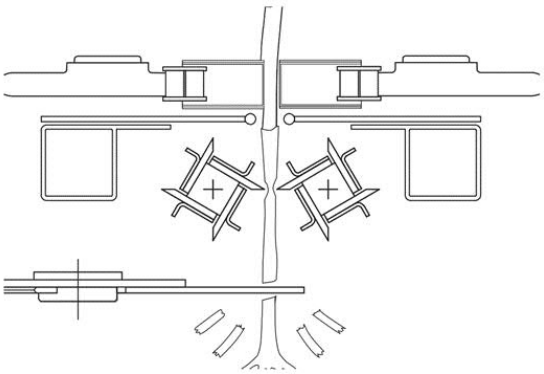


Abb. 1: Funktionsprinzip eines 2-Walzen-Pflückaggregates mit Horizontalhäcksler des Mais Star* Horizon (Geringhoff)

Die von Firma Geringhoff entwickelte 3-Walzen-Technik ergänzt die zwei Pflückwalzen um einen dritten, mit Schneidscheiben bestückten Rotor. Die Schneidscheiben des gegenläufig rotierenden Rotors greifen in die Schlitze der zwei Pflückwalzen ein. In der Bewegung der Pflanze entlang der Pflückwalzen wird eine nahezu diagonale Schnittführung durch den Maisstängel erreicht (Abb. 2).

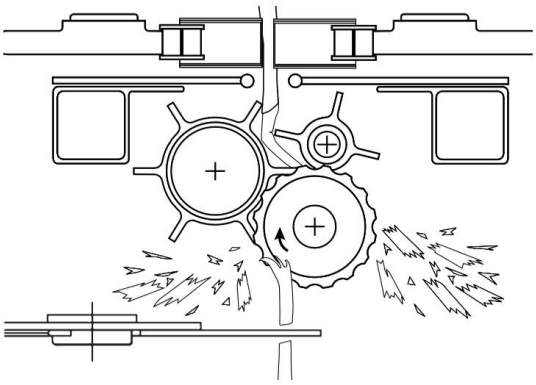


Abb. 2: Funktionsprinzip eines 3-Walzen-Pflückaggregates mit Horizontalhäcksler des Horizon Star* II (Geringhoff)

Der optionale Horizontalhäcksler trennt die Pflanze vom Stoppel und zerkleinert das Maisstroh im freien Schnitt. Die Maisstoppeln verbleiben unversehrt auf dem Feld. Beim überwiegenden Anteil der Maispflücker mit Horizontalhäckslern sind diese mit je zwei Messern ausgerüstet (vgl. Abb. 1, Abb. 2). Die Modelle der verschiedenen Anbieter unterscheiden sich vor allem in der Position der Horizontalhäcksler hinter oder seitlich der Reihenaggregate und damit auch in der Länge der Messer.

Die Weiterentwicklung der bisherigen Erntevorsätze hat zu dem Vorsatz Horizon Star* III geführt, der ihm Rahmen der Agritechnica 2019 mit einer Silbermedaille von der Neuheiten Jury der DLG prämiert wurde (Abb. 3).

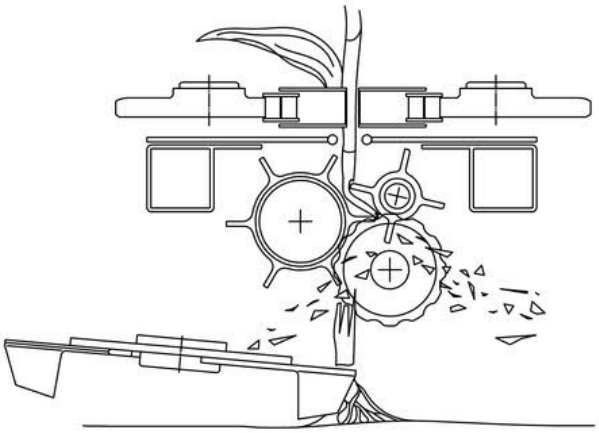


Abb. 3: Funktionsprinzip des Horizon Star* III (Geringhoff)

Der neue Erntevorsatz HS3 basiert auf der Vorgängerversion HS2. Er ist der weltweit erste, serienreife Maispflücker, der die Maisstoppeln bereits während des Ernteprozesses bis zum Wurzelansatz auffasern kann. Dazu sind die Horizontalhäcksler dieser neuen Generation von Maispflückern mit speziellen Hybridmessern bestückt, die sowohl schneidend - als auch schlagend - auf die Maisstoppeln einwirken und ein Auffasern bis zum Wurzelansatz herbeiführen (siehe Abb. 3).

4.3. Schlussfolgerungen

Zur Stoppelbearbeitung nach Körnermais haben sich Sichel- und Schlegelmulcher in der Praxis etabliert. Sie führen nach bisherigem Stand der Technik zur intensivsten Aufbereitung der Maisstoppeln. Horizontalhäcksler am Maispflücker hinterlassen vergleichsweise kurze und feststehende Maisstoppeln. Diese können durch (Schlegel-) Mulcher bei richtiger Einstellung und geeigneten Rahmenbedingungen sehr gut bearbeitet werden. Problematisch ist jedoch die Zerkleinerung niedergefahrener Stoppeln. Sie können zumeist nicht ausreichend erfasst werden. Dies gilt besonders auf feuchten Böden, wie sie regelmäßig bei der Körnermaisernte zu erwarten sind. Ist der Boden nachgiebig, werden die Maisstoppeln tief in den Boden gedrückt. Häufig genügt das überrollen nicht, um den Maisstoppel ausreichend zu beschädigen. Es bleiben intakte Internodien zurück, in denen der Maiszünsler überwintern kann. Je nach Arbeitsbreite des Erntevorsatzes und der Erntelogistik werden in der Praxis regelmäßig mehr als 30 % der Maisstoppeln überfahren. Hier liegt der wesentliche Vorteil in der Kombination von Ernte und Stoppelzerkleinerung. Der Horizon Star* III bearbeitet die Maisstoppeln, bevor sie überfahren werden und erzielt somit eine gleichbleibende Arbeitsqualität, unabhängig von Fahrspureinflüssen.

5. Ergebnisse

5.1. Stroh- und Stoppelzerkleinerung

Unabhängig davon, ob eine Maisstoppelbearbeitung mittels Schlegelmulcher oder direkt am Erntevorsatz vorgenommen werden soll, haben die Rahmenbedingungen einen entscheidenden Einfluss auf das erzielbare Arbeitsergebnis. Um ein Auffasern der Reststoppel bis zum Wurzelansatz zu erreichen, scheint es notwendig, die Werkzeuge unmittelbar am oder unterhalb des niedrigsten Knotens der Maispflanze zu führen. Andernfalls reißen die Maisstoppeln häufig nur bis zum nächst tieferen Knoten auf. Darunter bleibt ein intakter, für die Überwinterung des Maiszünslers geeigneter, Stängelabschnitt zurück. Ob das vollständige Auffasern der Maisstoppeln technisch möglich ist, hängt zum einen vom Abstand zwischen der Bodenoberfläche und dem untersten Knoten der Maispflanze und zum anderen von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche ab. Stehen die Maisstoppeln in tiefen Mulden, bei gleichzeitig geringem Abstand des ersten Knotens von der Bodenoberfläche, sind sie nur schwer zu bearbeiten.

Die Beschaffenheit der Maisstoppeln, in Form des Habitus, hat Einfluss auf die Arbeitsqualität des im Nachernteverfahren eingesetzten Mulchers. Vor dem Mulchen wurde der Habitus der Maisstoppeln in den Parzellen der Mulcher-Varianten bewertet. Schräg stehende und abgeknickte Stoppeln, speziell in Bereichen mit Fahrspureinfluss, können zu einer erheblichen Verringerung des Arbeitserfolges führen. Abb. 4 stellt den dreistufigen Boniturschlüssel dar.

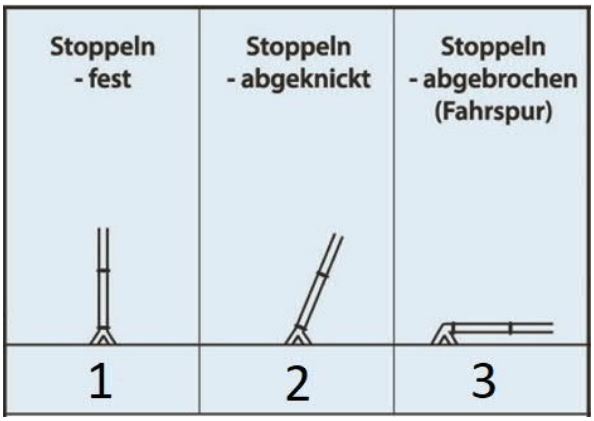


Abb. 4: Boniturschlüssel zum Habitus der Maisstoppeln (BRUNOTTE und VOßHENRICH 2017: 20)

Die Bonitur erfolgte separat für Maisstoppeln innerhalb und außerhalb der Fahrspuren des Mähdreschers.

Die Bewertung des Arbeitsbildes erfolgten in Anlehnung an das „Bonitursystems für die Maisstoppelbearbeitung zur Anwendung in der Praxis“ nach BRUNOTTE und VOßHENRICH (2017: 18–23). Abb. 5 stellt den fünfstufigen Boniturschlüssel dar.

Abb. 5: Boniturschlüssel für die Maisstoppelbearbeitung (BRUNOTTE und VOßHENRICH 2017: 20)

Neben der Bestimmung des Zerstörungsgrades, werden die Gesamthöhe sowie die Höhe des zurückgebliebenen, massiven Anteils der bonitierten Reststoppelen gemessen. Stängelabschnitte ohne nennenswerte Auffaserung, werden hierbei als massives Segment verstanden (siehe Abb. 6).

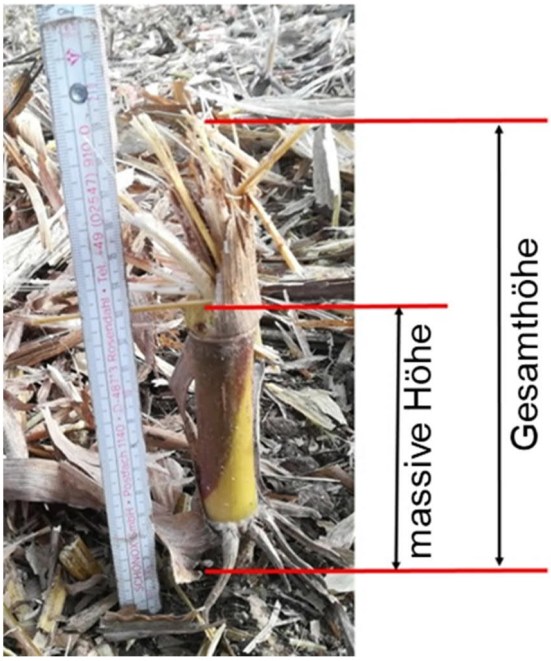


Abb. 6: Bestimmung der Gesamtlänge und der Länge des massiven Stoppelanteils

Die Bewertung der Zerkleinerungsintensität erfolgte durch die Siebfraktionierung von Proben des Maisstrohs. Eine anschließende Bonitur der groben Siebfraktionen ermöglichte die Bewertung der Struktur des Pflanzenmaterials. Zur Entnahme der Proben wurde ein Alu-Rahmen (Abb. 7) mit einer Größe von 100 cm x 75 cm quer zur Aussaatrichtung auf das Maisstroh aufgelegt, sodass der Bereich einer Maisreihe über die Länge von 1 m erfasst werden konnte.

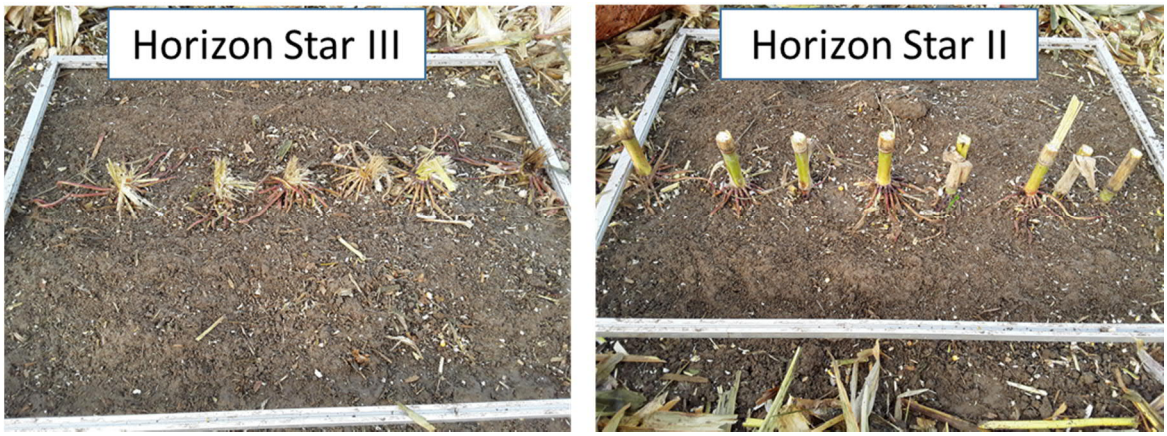


Abb. 7: Beispiel des Stoppelbild vom Horizon Star* III (li.) und Horizon Star* II (re.) innerhalb des Boniturrahmens

Die Proben wurden anschließend für die Dauer von 12 bis 14 Tagen mittels Heißluftgebläse in einer Trockenkammer auf Gleichgewichtsfeuchte getrocknet. Zusätzlich zur Probenahme erfolgten eine Fotodokumentation des Stoppelbildes innerhalb des Alu-Rahmens sowie die Erfassung der Anzahl von Maisstoppeln im Boniturrahmen (Abb. 7).

Nachfolgend soll exemplarisch das Ergebnis der Stoppelbonitur exemplarisch für einen Schleswig-Holsteinischen Standort dargestellt werden (Abb. 8).

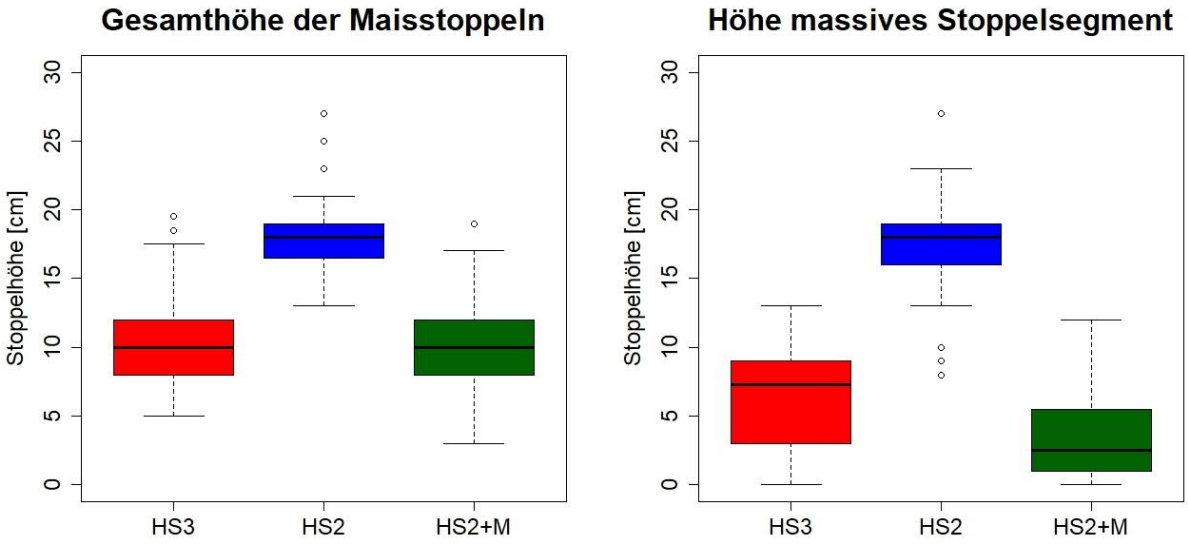


Abb. 8: Gesamthöhe der Reststoppeln und Höhe des massiven Stoppelsegments in Bereichen ohne Fahrspureinfluss am Standort Timmaspe

Im Vergleich zwischen der Mulcher-Variante und dem HS3, als Variante mit integrierter Stoppelzerkleinerung, zeigten sich keine relevanten Unterschiede in der Gesamthöhe der Reststoppeln (siehe Abb. 8). Mit einer durchschnittlichen Reststoppellhöhe von 10,5 cm lag das Ergebnis des HS3 nahe bei dem der Mulcher-Variante, mit durchschnittlich 10,0 cm. Entscheidend für die Unterschiede in der Aufbereitungsqualität ist die Länge des massiven Anteils der Reststoppel. Mit durchschnittlich 6,6 cm in der Variante HS3 gegenüber 3,4 cm in der Mulcher-Variante, hinterließ der HS3 deutlich längere massive Stoppelsegmente. Die Ursache für die geringere Arbeitsqualität des HS3

im Vergleich zu der Mulcher-Variante in Bereichen ohne Fahrspureinfluss kann in diesem Beispiel nicht abschließend ermittelt werden. Mehrere Ursachen sind denkbar, am wahrscheinlichsten ist: Aufgrund fehlender Reihentaster war keine automatische Spurführung des Mähdreschers möglich, sodass der Fahrer den Mähdrescher selbst lenken musste. Die Auswirkungen der nicht korrekten Ausrichtung des Erntevorsatzes zur Maisreihe stellen eine mögliche Ursache dar.

5.2. Problem: Plattgefahrene Stoppeln

Die Ergebnisse der von Ramm (RAMM und RECKLEBEN 2020; RAMM S. et al. 2022) in Schleswig-Holstein bis Baden-Württemberg durchgeführten Versuche zeigen, dass das kombinierte Verfahren mit dem Horizon Star* III unter guten Bedingungen 78 % bis >90 % aller Maisstoppeln bis zum Wurzelansatz auffasern kann. In Bereichen ohne Fahrspureinfluss lagen die in der Referenzvariante eingesetzten Schlegelmulcher gleichauf. Im Durchschnitt über die Wiederholungen und Standorte hinterließen beide Versuchsvarianten nicht mehr als 4 bis 11 % der Maisstoppeln mit einem intakten Internodium. Dort, wo die Reifen oder Bandlaufwerke des Mähdreschers die Stoppelreihen niederdrücken, zeigen sich hingegen erhebliche Unterschiede. 2019 blieben beispielsweise an einem niedersächsischen Versuchsstandort im Bereich der Mähdrescherfahrspur durchschnittlich 56,5 % der Maisstoppeln nach dem Mulchen (Schlegelmulcher, Front/Heck-Kombination) mit einem intakten Segment zurück. Die Stoppeln wurden beim überfahren zu tief in den weichen, feuchten Boden gedrückt, sodass sie nachträglich durch die Schlegel nicht erfasst werden konnten. Die übrigen Stoppeln wurden deutlich verletzt, aber nur 11,5 % der Maisstoppeln waren vollständig aufgefasert.

Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft den Einfluss des Fahrspureffektes auf die Gesamthöhe der Stoppeln am gleichen Standort Timmaspe im Erntejahr 2020 (Abb. 9).

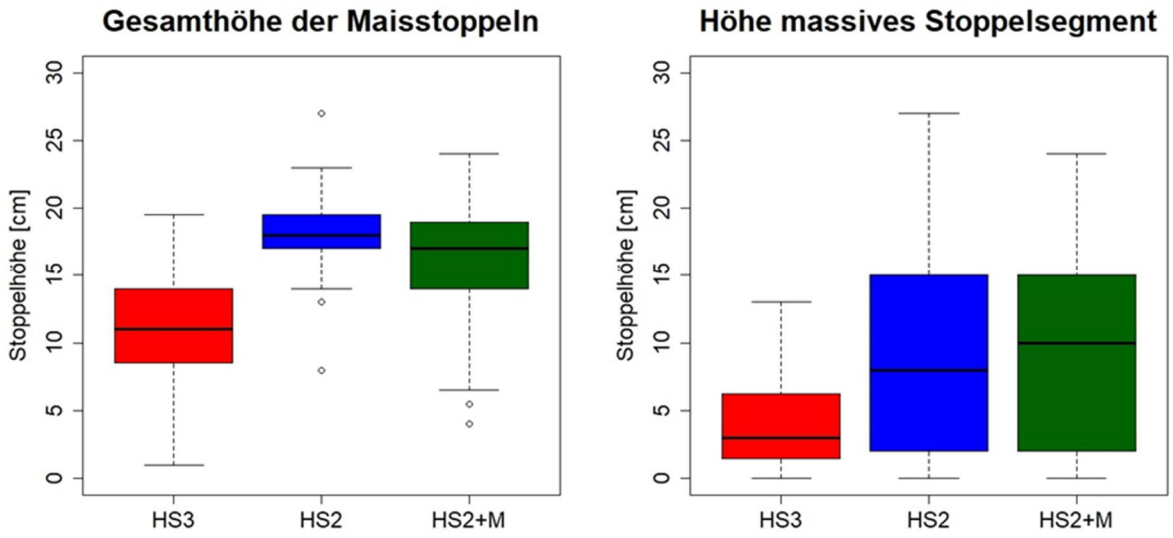


Abb. 9: Gesamthöhe der Reststoppeln und Höhe des massiven Stoppelsegments in Bereichen mit Fahrspureinfluss am Standort Timmaspe

In der Variante HS3 betrug die durchschnittliche Gesamthöhe der Reststoppeln 11,1 cm und war somit geringfügig länger als in Bereichen ohne Fahrspureinfluss. Mit durchschnittlich 3,9 cm war die Höhe des massiven Anteils hingegen geringer und unterlag im Vergleich der Varianten einer deutlich geringeren Streuung. Der Schlegelmulcher konnte die von dem Erntevorsatz HS2 zurückgelassenen Maisstoppeln nur um wenige Zentimeter einkürzen. Selbiges gilt für den massiven Anteil der Maisstoppeln.

Über die Versuchsstandorte von Nord nach Süd kann im Ergebnis festgehalten werden, dass der Mulcher außerhalb der Fahrspuren die Stoppeln optimal bearbeiten kann. Bei der Ernte mittels 8-reihigem Pflücker werden kontinuierlich zwei Reihen, d.h. 25 %, überfahren. Werden die Teilergebnisse entsprechend gewichtet, so wurden über die Gesamtfläche ca. 66,3 % der Stoppeln bis zum Wurzelansatz aufgefasert. Am gleichen Standort erreichte der Erntevorsatz Horizon Star* III dank der Unabhängigkeit von Fahrspureinflüssen 90,5 % vollständig aufgefaserte Maisstoppeln, wobei das Überfahren der kurzen Reststoppel tendenziell noch zu einer Verbesserung des Ergebnisses führte.

5.3. Energieverbrauch für die Ernte und Stoppelbearbeitung

Für die Datenaufzeichnung wurde der Mähdrescher und Erntevorsatz mit einem CAN-Bus basiertem Messsystem ausgerüstet, um relevante Prozessdaten aufzeichnen zu können. Die Abbildung 10 gibt einen Überblick zu den erfassten Parametern beim Mähdrusch mit dem AGCO IDEAL 8T mit Horizon Star III (/II) Maispflückvorsatz. Der Erntevorsatz wurde mit einer NCTE Kraftmessnabe der Serie 7000 ausgerüstet. Diese misst mit einer Genauigkeit ≤ ±0,5 % die anliegende Drehzahl und das Drehmoment für den Antrieb des Maispflückers. Die Messwerte wurden als CAN-Botschaft mit einer Frequenz von 100 Hz an den zentralen Datenlogger des Typs Proemion CANlogger 5002 übermittelt.

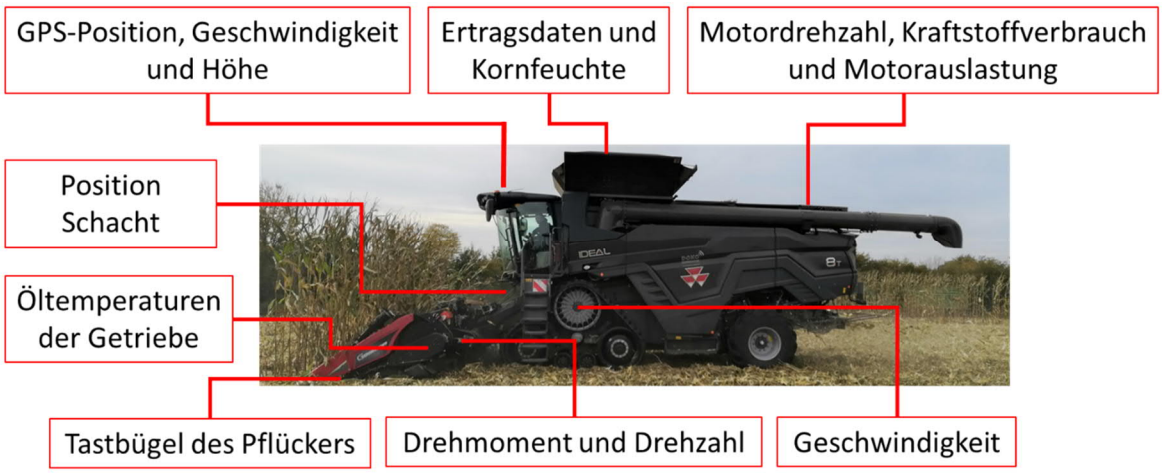


Abb. 10: Erfasste Parameter beim Maisdrusch mit dem Horizon Star* III und AGCO IDEAL 8T

Mähdrescherseitig wurden sowohl Signale des Motor-CAN-Bus als auch des ISOBUS erfasst. Über den ISOBUS konnten die Position des Schachts bzw. Schrägförderers, Ertragsdaten und Kornfeuchte, sowie die Fahrgeschwindigkeit aufgezeichnet werden. Informationen zum momentanen Kraftstoffverbrauch, der Motordrehzahl und –auslastung wurden vom Motor-CAN-Bus abgegriffen. Zur Georeferenzierung der Messwerte kam ein externes GPS-System des Typs Trimble AgGPS 372 mit RTK-Korrektursignal zum Einsatz, das zusätzlich Geschwindigkeit und Höhe an den zentralen Datenlogger übermittelte. Die Positionsdaten wurden mit einer Frequenz von 10 Hz ausgegeben

Zur Datenaufzeichnung während des Mulchens wurde auf dem eingesetzten Traktor ein Exatrek T2 (EXA Computing GmbH) Telemetriemodul zu Aufzeichnung der Daten installiert. Das Modul greift die Signale vom CAN-Bus der Maschine ab und sendet diese per Mobilfunk an ein Webportal, von wo aus die Daten mit einer Auflösung von 1 Hz abrufbar sind. Das Telemetriemodul verfügt über einen integrierten GPS-Empfänger mit EGNOS-Korrektur. Sofern auf dem CAN-Bus der Maschine ein präziseres Positionssignal abgegriffen werden kann, wird dieses stattdessen verwendet. Der zum Mulchen eingesetzte Fendt 936 Vario verfügte über ein GPS-System mit RTK-Korrektur, sodass präzise Positionsdaten vorliegen.

Nachfolgendes Beispiel (Tab. 1) verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Erntevorsatz und zusätzlichem Mulcher Arbeitsgang an einem Standort in Schleswig-Holstein im Jahr 2020.

Tab. 1: Ergebnisse zum energetischen und leistungsbezogenen Verfahrensvergleich an einem Standort

Variante	Erntevorsatz	Arbeitshöhe [cm]	Geschwindigkeit [km/h]	Verfahren der Stoppelzerkleinerung	Kornertrag [t/ha] ±SD	Kraftstoff-verbrauch [l/ha] ± SD
HS3	Horizon Star III	minimal	6	integriert	9 ± 0.2	22.2 ± 0.6
HS2	Horizon Star II	15-25	6	ohne	9 ± 0.2	20.4 ± 0.3
HS2+M	Horizon Star II	15-25	6	Schlegelmulcher	9 ± 0.2	30.0 ± 0.6

Es zeigt sich bei dem kombinierten Ansatz im HS3 zunächst ein höherer Kraftstoffverbrauch, der aber durch die direkte Stoppelzerkleinerung begründet ist. Außerdem werden die festen Stoppelreste bodennah aufgefasert so dass der Kraftstoffverbrauch (Tab. 1) mit 22,2 l/ha im Vergleich zu der Variante HS2 ohne Mulcher von 8 % höher liegt. Die HS2 Variante mit zusätzlichem Mulcherarbeitsgang, der neben dem Kraftstoffverbrauch von 9,6 l/ha auch zusätzliche Arbeitszeit und Maschinenkapazität kosten die nicht in der Tab. 1 berücksichtigt sind. Die HS2 Variante mit Mulcher kosten allein im Kraftstoffverbrauch 35 % mehr je Hektar.

5.4. Mykotoxingehalt der Folgefrucht Winterweizen

In den Feldversuchen beim Körnermais an den Versuchsstandorten Zeutern und Steinheim (2018/19) sowie Stettfeld (2019/20) in Baden-Württemberg wurde die Wirkung der erprobten Verfahren des Ernterückstandsmanagements im Körnermais auf Bestandsparameter und den Mykotoxingehalt in der Folgekultur Winterweizen untersucht (RAMM S. et al. 2022).

Auf Basis der zweijährigen Versuchsergebnisse ist eine abschließende und gesicherte Bewertung der Wirkung der erprobten Verfahren des Ernterückstandsmanagements auf die Ertrags- und Qualitätsparameter der Folgefrucht Winterweizen nicht möglich. Es lassen sich lediglich Tendenzen ableiten.

In beiden Versuchsjahren wurden nur sehr geringe DON-Gehalte ermittelt. Eine eindeutige Wirkung des Fungizideinsatzes zeigte sich nicht. Gründe hierfür könnten ein geringes Inokulum aber vor allem witterungsbedingt schlechte epidemische Entwicklungsbedingungen für die DON produzierenden Fusarium Arten gewesen sein. Dennoch ergaben sich an den Standorten Zeutern und Stettfeld die niedrigsten DON-Gehalte in der Mulcher-Variante, die zwischen 44 % und 62 % niedriger waren als die Pflücker-Variante mit dem nächst höheren mittleren DON-Gehalt. (SCHNEIDER und LENZ 2017) berichten ebenfalls von einer Reduktion des DON-Gehaltes durch Mulchen von 50 % nach pflugloser Bestellung. Ebenso konnten (KIRCHMEIER und DEMMEL 2008) eine Minderung der DON-Gehalte durch das Mulchen feststellen. In den Versuchen von (GROSA et al. 2016) konnte keine Minderung nachgewiesen werden. Auch in diesen Versuchen zeigten sich nur sehr niedrige DON-Gehalte

Für die Mulcher-Variante wurde zusätzlich an den Versuchsstandorten Zeutern und Stettfeld ein im Vergleich erhöhter Ertrag festgestellt. Im Tausendkorngewicht und dem Proteingehalt zeigte sich kein einheitlicher Trend über die Standorte und Varianten.

Im Silomais konnten von (KROPF und SCHLÜTER 2013b, 2016) in jedem Jahr mindestens drei Fusarium Arten an nahezu allen Maisstoppeln nachgewiesen werden. Die Infektionen waren latent und meist nicht sichtbar, bedeuten aber für die Folgefrucht Weizen ein stetiges Problem. Die Hauptursache für die Infektion im Weizen sind die unzerkleinerten Maisstoppeln an der Oberfläche. Diese gilt es durch ein intensives Stoppelmanagement zu verringern und auch im Silomais haben sich Mulcher und kombinierte Erntevorsätze in den letzten Jahren etabliert.

6. Ausblick: Konsequentes Stoppelmanagement

Die Zielsetzung der EU und des Bundes im Rahmen der europäischen Farm to Fork Strategie (MICHEL J. 2022) bis zu 55 % Pflanzenschutzmittel je Hektar einzusparen – bezogen auf die Aufwandmenge der Jahre 2015-2017 und die Ergebnisse zahlreicher Studien (KIRCHMEIER und DEMMEL 2008; SCHLÜTER und KROPF 2010; KROPF und SCHLÜTER 2016; MASON et al. 2018; RAMM S. et al. 2022) zeigen deutlich, dass besonders beim Silo- und Körnermais die gute fachliche Praxis – also die intensive Stoppelbearbeitung und Zerkleinerung – von entscheidender Bedeutung ist. Nur so können Maiszünsler und Fusarium in ihrer Schadwirkung ausreichend gemindert werden.

In eigenen Untersuchungen im Silo- und Körnermais haben sich nach der Ernte vor allem die aktiven Zerkleinerungen mittels Mulchern etabliert, die zeitnah nach dem Erntevorgang folgen müssen, um die verbliebenen Erntereste zu zerkleinern und aufzufasern und so den Maiszünslerlarven die Möglichkeit zur Überwinterung zu nehmen. Zur Förderung der Stoppelrotte ist es ebenso notwendig die Erntereste zusätzlich mit Erde in Kontakt zu bringen und so eine schnelle Rotte zu fördern (RECKLEBEN 2007).

Im Gegensatz zum Silomais bei dem der Großteil der Pflanze bei der Ernte vom Feld abgefahren wird, ist der Körnermais mit Korn zu Stroh Verhältnissen von 1:1,3 eine Frucht, bei der bei etwa 9 t/ha Kornertrag rund 11.7 t/ha Stroh auf dem Acker verbleiben. Der Anteil von Körnermais in ganz Deutschland, aber vor allem in Norddeutschland mit zunehmendem Anbauumfang in der Fruchtfolge vertreten. Besonders hier hat sich der 2019 auf der Agritechnica von der Neuheitenkommission prämierte Erntevorsatz aus Dreiwalzenpflücksystem und Unterflurhäcksler der Firma Geringhoff (Horizon Star* III) etabliert. Die Vorzüge: keine plattgefahrenen Stoppeln und damit eine von 78 auf mehr als 90 % der Fläche optimal zerkleinerte Erntereste und ein geringerer Energieaufwand je Hektar als bei vergleichbaren Erntesystemen mit Mulcher.

Die Ernte und das Stoppelmanagement bei Silo- und Körnermais sind zukünftig das A und O, denn nur so lassen sich besonders im Mais die Pflanzenschutzaufwendungen weiter reduzieren. Aus diesem Grund sollten zunehmend auch in den norddeutschen Regionen die Arbeiten direkt mit in den Ernteprozess beim Lohnunternehmen integriert werden und so die Vorzüge von Schlagkraft und Termin optimal aufeinander abgestimmt werden.

4 Literatur

Albert, R.; Maier, G.; Dannemann, K. (2008): Maiszünslerbekämpfung – Bekämpfung und neue Entwicklungen beim Trichogramma brassicae-Einsatz. Gesunde Pflanzen 60(2), S. 41–54, https://doi.org/10.1007/s10343-008-0180-8

Blandino, M.; Scarpino, V.; Vanara, F.; Sulyok, M.; Krska, R.; Reyneri, A. (2015): Role of the European corn borer (Ostrinia nubilalis) on contamination of maize with 13 Fusarium mycotoxins. Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment 32(4), pp. 533–543, https://doi.org/10.1080/19440049.2014.966158

Börner, H.; Schlüter, K.; Aumann, J. (2009): Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Berlin/Heidelberg, Springer, 8. Aufl.

Demmel M., Kirchmeier H., Uppenkamp N. (2011): Mulchen nach Mais: Wie arbeiten die Systeme? - Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/technik/aussenwirtschaft/mulchen-maisstoppeln.htm, Zugriff am 30.9.2022

FAO (2021): World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021, Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Freier, B.; Wendt, C.; Neukampf, R. (2015): Zur Befallssituation des Maiszünslers (Ostrinia nubilalis) und Westlichen Maiswurzelbohrers (Diabrotica virgifera virgifera) in Deutschland und deren Bekämpfung. Journal für Kulturpflanzen 67(4), S. 113–123, https://doi.org/10.5073/JFK.2015.04.01

Grosa, A.; Bögel, T.; Edler v. d. Planitz, B. (2016): Mulchen von Maisstoppeln. Optimierung des Mulchereinsatzes zur wirksamen Bekämpfung von Fusariumerkrankungen und Maiszünslerbefall im pfluglosen Ackerbau

Kirchmeier, H.; Demmel, M. (2008): Fusariuminfektionen im Winterweizen – Effekte von Maisstrohzerkleinerung und Bodenbearbeitungsverfahren. Landtechnik 63(3), S. 150–151, https://doi.org/10.15150/lt.2008.799

Kropf, U.; Schlüter, K. (2013a): Fusarien im norddeutschen Maisanbau. Mais; DLG agroFood Medien GmbH Verlag, 03/2013 vom 2013

Kropf, U.; Schlüter, K. (2013b): Mais: Der Patient von morgen? topagrar, Landwirtschaftsverlag GmbH, 10/2013 vom 2013

Kropf, U.; Schlüter, K. (2016): Mit Fusarien ist nicht zu spaßen. Land & Forst (23 (9. Juni 2016)), S. 28–29

Mason, C.E.; Rice, M.E.; Di Fonzo, C.D.; Porter, R.P. (2018): European Corn Borer Ecology, Management, and Association with Other Corn Pests

Meissle, M.; Mouron, P.; Musa, T.; Bigler, F.; Pons, X.; Vasileiadis, V.P.; Otto, S.; Antichi, D.; Kiss, J.; Pálinkás, Z.; Dorner, Z.; van der Weide, R.; Groten, J.; Czembor, E.; Adamczyk, J.; Thibord, J.-B.; Melander, B.; Nielsen, G.C.; Poulsen, R.T.; Zimmermann, O.; Verschwele, A.; Oldenburg, E. (2010): Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. Journal of Applied Entomology 134(5), S. 357–375, https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01491.x

Michel J. (2022): Deutsche Landwirte sollen 55 Prozent Pflanzenschutzmittel einsparen. Farm-to-Fork-Strategie. https://www.agrarheute.com/politik/deutsche-landwirte-55-prozent-pflanzenschutzmittel-einsparen-596634, Zugriff am 08.10.2022

OECD/FAO (2021a): OECD-FAO Agricultural Outlook. OECD Agriculture statistics (database)

OECD/FAO (2021b): OECD-FAO Agricultural Outlook. OECD Agriculture statistics (database)

OECD/FAO (2021c): OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030, Paris, OECD Publishing

Plischke, M. (Hg.) (2012): Maiszünsler - Vorbeugung und Bekämpfung. LU-Wissen, Lehrte, Beckmann Verlag
Ramm, S.; Reckleben, Y. (2020): Stoppelbearbeitung nach Körnermais - Problemzone Fahrspur. Lohnunternehmen (12), S. 86–89
Ramm S.; Steen, R.; Reckleben, Y.; Dutzi, S. (2022): DBU - Umweltverträglicher Pflanzenschutz bei der Bekämpfung des Maiszünslers durch Vermeidung von Insektiziden: Entwicklung eines neuen Verfahrens der mechanischen Stoppelbearbeitung bei der Körnermaisernte zur Verbesserung der Feldhygiene und Bekämpfung von Schadinsekten | Projektdatenbank. AZ: 34090/01. https://www.dbu.de/projekt_34090/01_db_2409.html, Zugriff am 03.10.2022
Reckleben, Y. (2007): Getreidehochschnitt. Vor- und Nachteile unter der Lupe, Rendsburg, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft
Reckleben, Y.; Thomsen, H.; Börger, T. (2014): Fungizid Applikationen im Mais. LKSH Abschlussbericht. Syngenta-Studie, S. 1–58
Schlüter, K.; Kropf, U. (2010): Untersuchungen zum Auftreten von Fusarium-Arten im Weizenanbau Schleswig-Holsteins, Fachhochschule Kiel
Schneider, M.; Lenz, M. (2017): Möglichkeiten zur Bekämpfung von Maiszünsler und Fusarium. Vorteile der Strohzerkleinerung und Stoppelbearbeitung nutzen. DMK-Schwerpunkt: Stroh und Stoppelmanagement nach Mais, S. 3–11