



KÖRNERMAIS IM FOKUS

maiskomitee.de

 **DMK**
Deutsches Maiskomitee e.V.

INHALT



PERSPEKTIVEN DES KÖRNERMAISANBAUS

- 03** Wie steht es um die Ökonomie des Maisanbaus in Deutschland?

HACKEN IM KÖRNERMAIS

- 06** Eine betriebswirtschaftliche Einschätzung und Berechnung des CO₂-Fußabdrucks

ZUSATZBEWÄSSERUNG IM KÖRNERMAIS

- 09** Potenzial eines effizienten Wassereinsatzes mit Hilfe von Bewässerungssteuerungslösungen

STROH- UND STOPPELMANAGEMENT WÄHREND UND NACH DER KÖRNERMAISERNTE

- 12** Mechanische Möglichkeiten der Maiszünslerbekämpfung im Überblick

KÖRNERMAIS ZWEIFACH NUTZEN

- 16** Welche Zukunftsperspektiven hat die Koppelproduktion von Körnermais und Maisstroh?

TROCKNUNG IM FOKUS

- 20** Energieeffizienz und Rentabilität der Körnermaistrocknung

PERSPEKTIVEN DES KÖRNERMAISANBAUS

Wie steht es um die Ökonomie des Maisanbaus in Deutschland?

Viele Faktoren beeinflussen die Wirtschaftlichkeit des Körnermaisbaus. Neben Markt-, Umwelt- und politischen Einflüssen sind das natürlich auch regionale Besonderheiten. Wir geben Ihnen einen Überblick über die Perspektiven des Maisanbaus in Deutschland und Europa.

Grundsätzlich sind die ökonomischen Perspektiven der Körnermaisproduktion in Deutschland von mehreren Faktoren abhängig:

Nachfrage: Mais wird sowohl für Futtermittel- als auch für die Lebensmittelproduktion nachgefragt. Zudem kommen Verwertungen in Biogasanlagen, die Herstellung von Ethanol und andere Industrieanwendungen hinzu.

Preisentwicklung: Der Preis für Körnermais hängt auch von globalen Faktoren ab. Wetterbedingungen und Handelspolitik greifen hier in die Entwicklung ein. Auch die hiesigen Produktionsbedingungen können die Kostenstruktur und damit die Rentabilität beeinflussen.

Züchtung und Produktionsbedingungen: Die Forschung in Züchtung und Anbaumethodik kann zu gesteigerter Effizienz beitragen. Im Idealfall sind steigende Erträge bei sinkenden Produktionskosten das Ziel.

Politische Rahmenbedingungen: Die Agrarpolitik der EU mit Subventionen und Förderprogrammen hat Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit.

Für die Nachfrage in Deutschland lässt sich konstatieren, dass die Produktionsmenge von Körnermais seit 2022 deutlich gestiegen ist. Nach Daten der Europäischen Kommission und des Deutschen Maiskomitees lag die Erzeugung seit 2024 bei knapp 4,7 bis 5,0 Mio. t pro Jahr.

Damit wurde das schwache Erntejahr 2022 deutlich übertroffen. (Quelle: EU-Kommission). Laut BMLEH lag der Selbstversorgungsgrad in 2022/23 bei nur 57 %. Im Wirtschaftsjahr 2024/2025 lag er infolge der höheren Erntemengen inzwischen bei etwa 75 %. Einer Produktion von knapp 5 Mio. t stand zuletzt ein Inlandsverbrauch von 6,6 Mio. t gegenüber. Deutschland bleibt also weiterhin auf erhebliche Maisimporte angewiesen, insbesondere aus anderen EU-Mitgliedstaaten wie Polen, Frankreich, Italien, Ungarn oder Rumänien sowie aus der Ukraine. Die Drittlandsimporte beliefen sich in 2024/25 auf 418.863 t (Quelle: Europäische Kommission Agri Food Data Portal).



Ein wesentlicher Kostentreiber im Körnermaisbau ist die Trocknung, die je nach Erntebedingungen und Energiepreisen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat (Foto: H. Sprich).



Züchtung und Anpassungsstrategien an den Klimawandel sind entscheidend, um Erträge und Qualität des Körnermaises auch unter veränderten Bedingungen zu sichern (Foto: H. Sprich).

Körnermais in Deutschland

Im Anbaujahr 2026 ist die Fläche um ca. 4 % im Vergleich zum Vorjahr gestiegen. Dennoch gilt: Der Selbstversorgungsgrad beim Körnermais liegt in Deutschland – trotz Flächenwachstum und sinkender Tierzahlen – weiterhin unter 100 %. Damit wird für inländische Produzenten der Absatz gesichert sein. Die Frage ist nur, zu welchem Preis.

Denn die Preisentwicklung des Körnermaises unterliegt auch in Deutschland den Einflüssen des Weltmarktes. Hier zeigten sich zuletzt festere Tendenzen. Ausschlaggebend dafür sind sehr schlechtere Ertragserwartungen in den USA: Wie das US-Agrarministerium zuletzt bekanntgab, wird für 26/27 eine Ernte in Höhe von 406,4 Mio. t (Quelle: USDA Juli 26) prognostiziert mit verbleibenden Endbeständen von 45,5 Mio. t. Im Wirtschaftsjahr 2025/26 lagen diese Mengen noch bei 432,3 Mio. t bzw. 51,3 Mio. t. Mit den Aussichten auf diese angespanntere Versorgungslage hat sich das Preisniveau in den vergangenen Wochen verbessert. Das macht sich auch am hiesigen Kassamarkt bemerkbar. Auch ein steigendes Weizenpreisniveau spiegelt sich in höheren Maispreisen wider.

Wie entwickelt sich die Körnermaisproduktion in Europa?

Die Erzeugung in Europa wird für 2026 mit 51,9 Mio. t (Quelle: EU-Kommission) prognostiziert. Damit wird der 5-Jahres-Durchschnitt deutlich um 13,8 % unterschritten. Im Wirt-

schaftsjahr 2024/25 summierten sich die Drittlands-Exporte aus Europa auf knapp 3 Mio. t, die Drittlands-Importe betrugen 20 Mio. t. Insbesondere Polen hat in den vergangenen Jahren Anbau und Erntemenge deutlich steigern können: Mit 10,5 Mio. t überschritt die Produktion 2025 die Vorjahresmenge um 12 %. Im Jahr 2025 betrug die Exportmenge Polens nach Deutschland 1,1 Mio. t – damit war Polen Deutschlands wichtigster Maislieferant.

Angesichts der Hitzewellen und Trockenheit wird für Polen in 2026 nur noch eine Erntemenge von 8,7 Mio. t prognostiziert. Frankreichs Ernte schrumpft ebenfalls um knapp 4 Mio. t auf 10 Mio. t.

Hindernisse und Herausforderungen für den Körnermaisanbau

Der Klimawandel ist eine der großen Herausforderungen für den Körnermais. Extremwetterereignisse mit Dürren, Überschwemmungen und Temperaturschwankungen können zu Ertragseinschränkungen sowie Totalausfällen führen. Auch Schädlinge und Krankheiten können vermehrt auftreten. Darüber hinaus führen steigende Energiekosten zu hohen Trocknungskosten. Der Trocknungsaufwand ist einer der Hauptkostentreiber für den Körnermaisanbau: Die Trocknung nimmt etwa 20 % – 35 % der Direktkosten in Anspruch. Dieser Anteil kann aber auch bei feuchter Ernte oder hohen Energiepreisen auf bis zu 40 % ansteigen. Die Ernte erfolgt zumeist bei einem Kornfeuchtegehalt von 30 bis 35 %. Für eine sichere Lagerung muss die maximale Feuchte unter 15 % liegen.

Auch politische Ziele wie eine Reduzierung des chemischen Pflanzenschutzinsatzes, eine höhere Biodiversität sowie einer Verringerung von Treibhausgasemissionen stellen die Landwirtschaft vor Herausforderungen. Die Anpassung der Anbaustrategien sowie die Züchtung von trockenheits- und schädlingsresistenten Pflanzen können mögliche Lösungsansätze sein.

Auswirkung des Ukraine-Krieges

auf den Körnermaismarkt

Auch im Jahr 2026 dauert der Krieg in der Ukraine weiterhin an. Unter erschwerten Bedingungen wird seit vier Jahren versucht, die Produktion und den Export aufrecht zu erhalten. Für das Wirtschaftsjahr 2026/2027 wird für die Ukraine eine Produktion von 30 Mio. t prognostiziert. Knapp 77 % davon werden exportiert, damit liegt das Land weltweit auf Platz vier der Maisexporteure. Innerhalb der EU sind Italien, Spanien und die Niederlande die Hauptabnehmer von ukrainischem Mais. Aber auch Deutschland erhält direkt oder über Niederlande oder Polen ukrainischen Mais. Das zusätzliche Angebot kann zeitweise für Druck auf die Preise sorgen. Um die Auswirkungen abzumildern, hat die EU Zölle und Kontingente für bestimmte Agrarprodukte beschlossen. So kann ein bestimmtes Kontingent an Mais zollfrei in die EU verkauft werden, ist es überschritten, werden Zölle fällig. Aktuell erschweren die Eskalationen in der Schwarzmeerregion am Asowschen Meer die Exporte aus dieser Region. Das heißt, nicht die Kontingente begrenzen den Markt am stärksten, sondern die Logistik- und Exportfähigkeit der Ukraine.

Die weitere Entwicklung ist noch unsicher. Sollte Russland im weiteren Verlauf des Krieges größere Teile der Ukraine kontrollieren, könnten Maisanbau und -export stärker eingeschränkt werden, was die Versorgungssicherheit negativ beeinflussen könnte. Auf der anderen Seite ist bei einem eventuellen Beitritt der Ukraine in die EU mit einem größeren Angebot zu rechnen, das auch verstärkt auf den deutschen Markt gelangen könnte. Das könnte die Preisentwicklung belasten.

Iran: ein weiterer Krieg bewegt den Markt

Durch das Kriegsgeschehen im Nahen Osten kommt es zu Störungen auf den Seewegen im Persischen Golf und der Straße von Hormus. Das führt zu Verwerfungen am Rohölmarkt, denn diese Wege gehören zu den wichtigsten Energierouten weltweit. Als Folge steigen die



Der Markt für Körnermais ist global vernetzt, Preise und Lieferketten werden durch internationale Entwicklungen und Ernteprognosen beeinflusst (Foto: H. Sprich).

Rohölnotierungen zum Teil deutlich an. Und das wirkt sich auch auf den Maismarkt aus, denn Mais dient als Rohstoff für die Ethanolherstellung. Die Wettbewerbsfähigkeit von Ethanol wird durch die gestiegenen Benzinpreise verbessert. Die Nutzung von Biokraftstoffen wird attraktiver und die Ethanolhersteller können bessere Margen erzielen. Je länger die Energiekrise andauert, umso stärker wird die Nachfrage nach Benzinersatz. Diese Effekte können sich auch auf den Maismarkt in Deutschland auswirken, denn eine höhere internationale Nachfrage und höhere Produktionskosten führen zu festere Körnermaispreisen.

Fazit

Ein Selbstversorgungsgrad in Deutschland von unter 100 %, hitzebedingt geringere Ertragserwartungen in den europäischen Hauptanbauländern sowie die geopolitischen Krisen in der Schwarzmeerregion und dem Nahen Osten lassen festere Tendenzen am Körnermaismarkt erwarten. Gleichzeitig bleibt jedoch auch zu beachten, dass die Trocknungskosten mit den steigenden Energiekosten ebenfalls ansteigen werden. Der Anbau von frühen Sorten, die Nutzung alternativer Trocknungsverfahren oder die Verwendung als Feuchtmals wären dafür mögliche Anpassungsstrategien.

Stephanie Stöver-Cordes

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Mars-la-Tour-Str. 6
26121 Oldenburg
stephanie.stoever-cordes@lwk-niedersachsen.de

HACKEN IM KÖRNERMAIS

Eine betriebswirtschaftliche Einschätzung und Berechnung des CO₂-Fußabdrucks

Unter betrieblichem Mehraufwand bietet der Einsatz von Hacktechnik einen Lösungsansatz zur Reduktion von Pflanzenschutzmitteln. Doch dürfen Betriebswirtschaftlichkeit und Treibhausgasbilanz nicht ungeachtet bleiben.

Auf einem Praxisbetrieb im Osnabrücker Land wurden drei verschiedene Pflanzenschutztechniken in den Jahren 2021 und 2022 auf drei Versuchsflächen hinsichtlich ihres Erfolgs in der Unkrautbehandlung verglichen. Im Fokus standen die Varianten (V):

V 1 = chemischer Pflanzenschutz = **chem. Ps.**

V 2 = Hacktechnik = **Ha.**

V 3 = Hacktechnik mit Bandspritzung im absetzigen Verfahren = **Ha. & Ba.**

Rückblick: Versuchsbeschreibung und Ergebnisse

Die Versuchsanordnung auf den drei Praxisflächen war streifenförmig. Die Pflanzenschutzmaßnahmen (PSM) erfolgten betriebspezifisch und flächenindividuell durch die Abschätzung des Betriebsleiters und des Lohnunternehmers. Bei allen Versuchsflächen fand in den Varianten chem. Ps. und Ha. & Ba. eine PSM-Applikation statt. Die mechanische Unkrautregulierung mit Hacktechnik wurde in Abhängigkeit der Versuchsfläche zwei bis drei Mal durchgeführt. Le-

diglich im Jahr 2022 wurde der Striegel jeweils einmal im Vor- und Nachauflauf eingesetzt:

V 1 = 1,0 x PSM-Applikation

V 2 = 0,3 x Striegeln; 2,6 x Hacken

V 3 = 0,3 x Striegeln;

1,0 x PSM-Applikation; 2,3 x Hacken

Die Ergebnisse zeigen, dass bei jenen Varianten mit PSM in der Anwendung ein höherer Behandlungserfolg erzielt wurde. Im Mittel der drei untersuchten Versuchsflächen reichten die Körnermaiserträge von 8,2 t FM/ha bis 9,5 t FM/ha (Abb. 1).

Auf Basis dieser Versuchsergebnisse wird nachfolgend eine betriebswirtschaftliche Einschätzung zur möglichen Auswirkung der Reduktionsziele auf die Wirtschaftlichkeit im Körnermaisanbau vorgenommen. In diesem Zusammenhang wird auch der CO₂-Fußabdruck abgeschätzt. Da der Einsatz von mechanischen Verfahren zur Unkrautregulierung mit einem höheren Einsatz an Maschinenstunden und Diesel verbunden ist. Die Einschätzungen zur

Eingesetzte Schmotzer Hacke (links) und eingesetzter Zinkenstriegel (rechts) (Quelle: T. Jorissen).



Wirtschaftlichkeit und des CO₂-Fußabdrucks der Pflanzenschutzvarianten basieren neben Ergebnissen aus den Praxisversuchen auf Standardwerten des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL). Ebenso entstammen die Dieselverbräuche und Maschinenkosten der untersuchten Pflanzenschutztechniken sowie die Betriebsmittelpreise und Emissionsfaktoren entsprechenden KTBL-Datenbanken. Betriebswirtschaftliche Einschätzung Für die verwendeten Pflanzenschutztechniken in den Versuchen werden nachfolgende Arbeitserledigungskosten angenommen (Abb. 2):

- Striegel = 17 €/ha
- Hacke = 58 €/ha
- Hacke & Bandspritze (absetzig) = 69 €/ha
- Anbauspritze = 11 €/ha

Unabhängig vom Arbeitsverfahren haben die Maschinenkosten mit ca. 49 % den größten und die Dieselverbräuche mit ca. 18 % den geringsten Anteil an den Arbeitserledigungskosten. Die gemessenen Erträge der drei untersuchten Varianten führten unter Annahme eines fiktiven Körnermaispreises in Höhe von 240 €/t zu schwankenden Leistungen aus dem Verkauf des Körnermaises von 1.960 €/ha (V 2) bis 2.272 €/ha (V 1). Aufgrund der Häufigkeit an Überfahrten sind die höchsten Pflanzenschutzkosten mit 165 €/ha bei V 2 festzustellen (Abb. 3).

Die niedrigsten Pflanzenschutzkosten ergeben sich mit 88 €/ha bei V 1. Infolge eines vergleichsweise positiven Leistungsniveaus sowie geringer Pflanzenschutzkosten, sind die pflanzenschutzkostenfreien Leistungen¹ mit 2.120 €/ha am höchsten bei V1. Hohe Pflanzenschutzkosten und ein niedriges Leistungsniveau führen bei V 2 zu niedrigen pflanzenschutzkostenfreien Leistungen in Höhe von 1.795 €/ha.

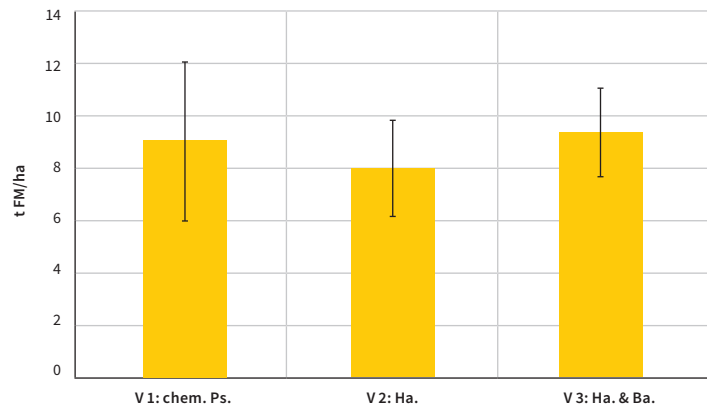


Abb. 1: Mittlere Körnermaiserträge der drei Versuchsflächen (2021 und 2022) in Abhängigkeit der Varianten

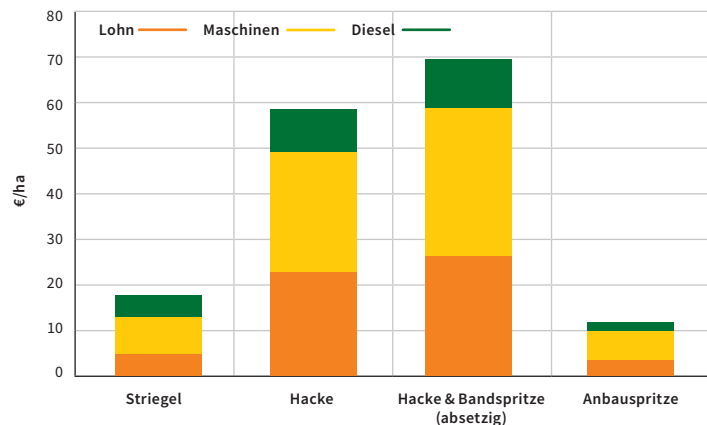


Abb. 2: Arbeitserledigungskosten der untersuchten Pflanzenschutztechniken

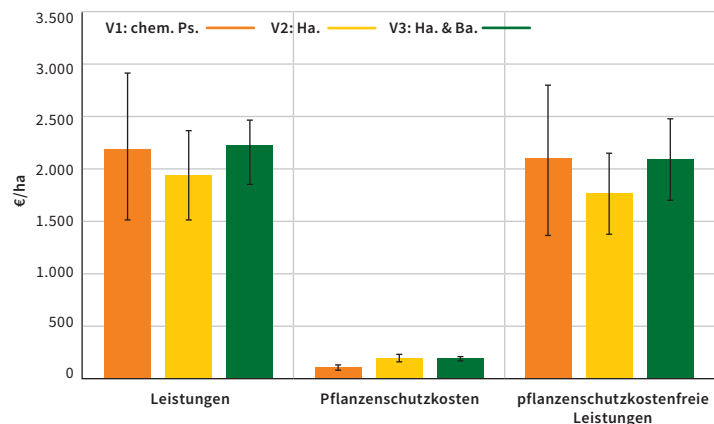


Abb. 3: Kosten- und Leistungsrechnung der untersuchten Varianten im Durchschnitt (2021 und 2022)

* Die Forschungen im Bundesverbundprojekt Agro-Nordwest werden durch Mittel des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft und des Projektträgers BMLEH gefördert. Ein großer Dank geht an die Studenten Christian Georg Debbeler, Laurens Fangmann und Hendrik Flessner für die Vorarbeiten zu diesem Aufsatz. Ein besonderer Dank geht an den Landwirt Frederik Langsenkamp sowie die Firmen Amazonen-Werke und Claas für ihre Unterstützung bei den Praxisversuchen.

¹ Die pflanzenschutzkostenfreien Leistungen berechnen sich aus den Erlösen des Verkaufs des Ernteprodukts, abzüglich der Aufwendungen für Diesel, Maschinen und Arbeitskraft einer Pflanzenschutzmaßnahme.

Maiskolben
aus den Varianten
Ha. (links),
Ha. & Ba. (mittig)
und chem.
Ps. (rechts)
auf der Versuchs-
fläche im Jahr 2022
(Foto: T. Jorissen).



Einschätzungen zum CO₂-Fußabdruck

Unter Verwendung der Emissionsfaktoren und Verfahrensdaten aus der KTBL-Datenbank wurden für die Pflanzenschutztechniken folgende Treibhausgasemissionen kalkuliert:

- Striegel = 11 kg CO₂äq
- 22 Hacke = kg CO₂äq
- Hacke & Bandspritze (absetzig) = 25 kg CO₂äq
- Anbauspritze = 4 kg CO₂äq (Abb. 4).

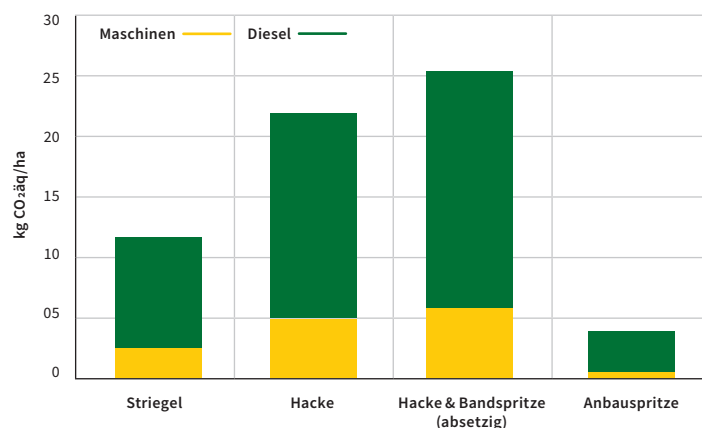


Abb. 4: Treibhausgasemissionen der untersuchten Pflanzenschutztechniken

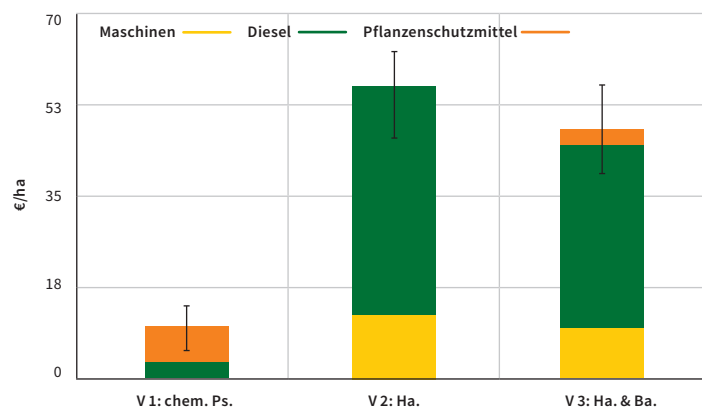


Abb. 5: Treibhausgasemissionen der untersuchten Varianten im Durchschnitt (2021 und 2022)

Verfahrensübergreifend haben die Dieselerbräuche mit ca. 23 % bei der Arbeitserledigung die höchsten Anteile an den Treibhausgasemissionen. Bei Betrachtung der drei Varianten ergeben sich die höchsten Treibhausgasemissionen mit 7,9 kg CO₂äq/t FM bei V 2 und die niedrigsten bei V 1 mit 1,4 kg CO₂äq/t FM (Abb. 5). Wie schon bei den Ergebnissen zur Wirtschaftlichkeit, haben die Häufigkeiten der Überfahrten bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen einen wesentlichen Einfluss auf den CO₂-Fußabdruck der Varianten. Da bei V 1 im Gegenzug zu V 3 vollflächig PSM appliziert werden, sind auch die Treibhausgasemissionen aus PSM deutlich höher und haben einen großen Anteil an den Gesamtemissionen von V 1.

Fazit und Ausblick

Mit dem Einsatz von chemischem Pflanzenschutz lassen sich unter den vorherrschenden Versuchsbedingungen effizientere Behandlungserfolge erzielen.

Kalkulationen zur Wirtschaftlichkeit lassen hingegen eine mögliche Wettbewerbsfähigkeit von kombinierten Maßnahmen aus chemischer und mechanischer Unkrautbehandlung erkennen. Treibhausgasemissionen sind zwar bei mechanischen Pflanzenschutzverfahren am höchsten und sollten demzufolge in Diskussionen berücksichtigt werden, jedoch sind diese im Vergleich zu anderen Emissionsquellen im Ackerbau (Mineraldüngereinsatz, Lachgasemissionen etc.) eher von geringerer Bedeutung.

**Dr. Tobias Jorissen und
Prof. Dr. Guido Recke**
Hochschule Osnabrück
Oldenburger Landstraße 24
49090 Osnabrück
t.jorissen@hs-osnabrueck.de

ZUSATZBEWÄSSERUNG IM KÖRNERMAIS

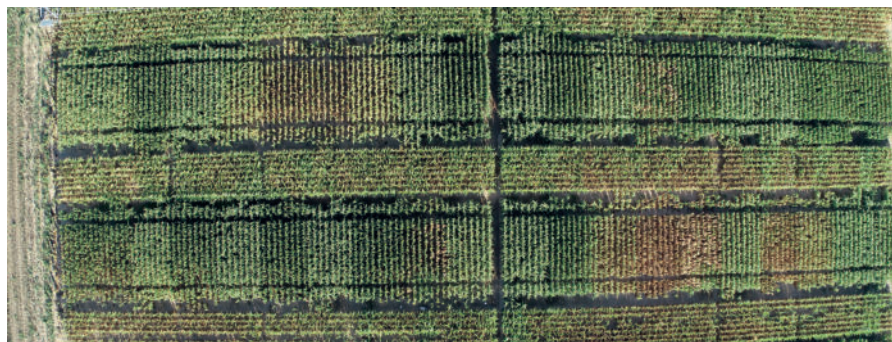
Potenzial eines effizienten Wassereinsatzes mit Hilfe von Bewässerungssteuerungslösungen

Mit dem fortschreitenden Klimawandel steigt der Bewässerungsbedarf landwirtschaftlicher Kulturen. Unter den Ackerfrüchten sind neben Kartoffel und Soja auch Mais in einigen Regionen beregnungswürdig (Butz und Schraml, 2021); das bedeutet die Mehrerlöse dieser Kulturen decken mindestens die Mehrkosten der Bewässerung. Gleichzeitig wird der gesamtgesellschaftliche Bedarf an Wasser vor allem in den Sommermonaten zunehmen und damit einhergehend die Forderung, das Wasser so effizient wie möglich einzusetzen.

In der aktuellen Bewässerungspraxis scheint die langjährige Erfahrung immer noch das Mittel der Wahl bei der Entscheidung zur Bewässerung zu sein. Die Nutzung einer Beregnungsentscheidungslösung könnte eine Möglichkeit für eine ressourceneffizientere Bewässerung darstellen. Daher wurden verschiedene Tools in Feldversuchen hinsichtlich ihrer Wirkung in zwei verschiedenen Versuchen auf Ertragsparameter sowie auf den ressourceneffizienten Einsatz von Wasser bewertet.

Feldversuche zur Bestimmung der Bewässerungseffizienz

In den Jahren 2017 bis 2021 wurden in einer 2-faktoriellen Spaltenanlage verschiedene Bewässerungssteuerungslösungen in 4-facher Wiederholung verglichen (Sorte P9903, K290,). Weitere Entscheidungstools wurden im Interreg Oberrhein-Projekt KLIMACrops in 1-faktorieller Blockanlage mit 3 bzw. 4 Wiederholungen in den Jahren 2023 bis 2025 getestet (Sorte P8812, K250,). Die in den Versuchen eingesetzten



Bewässerungsentscheidungslösungen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Beide Versuche wurden auf dem sandigen Standort der Versuchsstation Rheinstetten-Forchheim des LTZ Augustenberg (Oberrheingraben, IS, AZ 30, nFK von 12,4 Vol-% in den oberen 80 cm; Temperatur im langjährigen Mittel: 10,1°C, 724 mm Niederschlag) unter einer parzellengenauen Linearberegnungsanlage durchgeführt. Beregnet wurde immer auf höchstens 80 % der nFK (nutzbaren Feldkapazität) bei einer Beregnungsmenge von maximal 30 mm je Termin.

Auswirkungen von Trockenstress

Grundsätzlich führt Hitze selbst bei ausreichender Wasserversorgung zu einer deutlich früheren Abreife, und Trockenstress wirkt sich beim Körnermais ertragsreduzierend aus. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Periode der Trockenheit in den Zeitraum der Blüte fällt, in der sie die Bestäubung stört bzw. verhindert. Eine weitere ertragsempfindliche Phase ist die Kornfüllung.

Das Jahr 2021 zeichnete sich durch relativ regelmäßige Niederschläge aus und bildet deshalb das

Beregnungsversuche zum Vergleich von Bewässerungsentscheidungsmodellen im Körnermais an der Versuchsstation des LTZ in Rheinstetten-Forchheim im Jahr 2020 (Quelle: J. Ott).

Tab. 1: Auflistung der getesteten Bewässerungsentscheidungslösungen inkl. Anbieter und verwendeter Entscheidungsgrundlage, deren Einsatz in den unterschiedlichen Versuchszeiträumen sowie der verwendeten Schwellenwerten der nutzbaren Feldkapazität (nFK).

Steuerungslösung	Anbieter	Entscheidungsgrundlage	Berechnungsschwellenwert (% nFK)	Versuchszeiträume
Akeine Zusatzbewässerung (auch keine Notbewässerung)				beide
Geisenheimer Steuerung	Hochschule Geisenheim	Modell	40	2017 – 2021
Agrowetter	Deutscher Wetterdienst	Modell	wechselnd	2017 – 2021
Bewässerungs-App	ALB Bayern e. V.	Modell	35	beide
RiverFox	heliopas.ai	Modell & Satelliteninformation		2023 – 2025
Irré-LIS	ARVALIS	Modell	wechselnd	2023 – 2025

Ertragspotenzial des Versuchsstandorts gut ab (Abb. 1). Dagegen waren die Jahre 2018 bis 2020 geprägt von Phasen des Trocken- und Hitzestresses während der Wachstumsphase des Mais.

Effekte und Effizienz einer Zusatzbewässerung

Grundsätzlich profitiert Körnermais sehr stark von zusätzlichen Wassergaben. So führte eine Zusatzbewässerung – bis auf die feuchten Jahre 2021 und 2024 – immer zu einem signifikanten Mehrertrag gegenüber der unbewässerten Kontrolle (Tab. 2).

Die Modelle empfahlen in allen Jahren stark unterschiedliche Berechnungsmengen (Tab. 2). Diese Zusatzwassermengen wurden von den Maissorten P9903 und P8812 fast linear in Mehrertrag umgesetzt (Korrelation $r_{\text{Spearman}} = 0,71$ (2017 – 2021) bzw. $0,79$ (2023 – 2025); Abb. 2). Die Streuung der Daten in Abbildung 2 deutet allerdings darauf hin, dass die Wassermenge nicht der alleinige Einflussfaktor ist, sondern dass auch die Zeitpunkte der Bewässerungsgaben eine Auswirkung auf die Inwertsetzung des Wassers haben.

Die Effizienz der Berechnung (dt pro mm Zusatzwasser) weist insbesondere hohe Schwankungen zwischen den Jahren auf. In beiden Versuchen gab es keine statistischen Unterschiede in der Wassereffizienz der verschiedenen Lösungen (Ergebnisse nicht gezeigt). Mit der Geisenheimer Steuerung wurden in fast allen Jahren die höchsten Erträge produziert, allerdings war die Wassereffizienz reduziert (35 kg Zusatzertrag pro mm Zusatzwasser). Hohe, ineffizientere Gesamtwassergaben – auch im feuchten Jahr 2021 – resultierten wahrscheinlich insbesondere aus der fehlenden Priorisierung kritischer Entwicklungsstadien. Diese Priorisierung erfolgt z. B. mit Irré-LIS, welches trotz hoher Gaben im nassen Jahr 2024 sowohl in Bezug auf die Wassereffizienz als auch ökonomisch die besten Ergebnisse im Vergleich der drei Tools erzielte.

Die beiden reduzierten Varianten der Geisenheimer Steuerung (50 kg Zusatzertrag pro mm Zusatzwasser) und des Modells Agrowetter (46 kg Zusatzertrag pro mm Zusatzwasser) setzten das Wasser am effizientesten in Ertrag um; bei beiden Modellen wurde erst ab dem Rispenschie-

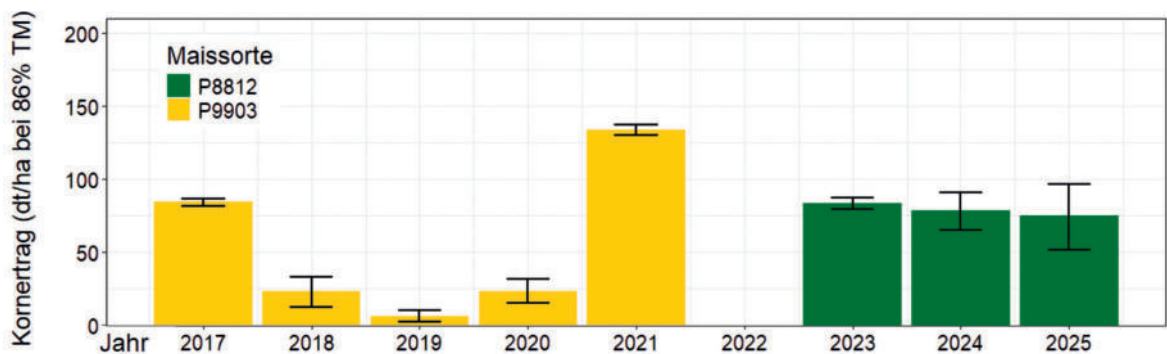


Abb. 1: Durchschnittliche Kornträge ohne Zusatzbewässerung der Sorte P9903 in den Jahren 2017 – 2021 und der Sorte P8812 in den Jahren 2023 – 2025 auf dem Standort Rheinstetten-Forchheim. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung an.

Tab. 2: Kornrerträge (dt/ha bei 86% TM) der Sorten P9903 (2017 – 2021) und P8812 (2023 – 2025) am Standort Rheinstetten-Forchheim. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen die innerhalb eines Jahres statistisch signifikant verschiedenen Erträge ($p < 0,05$). Für jede Bewässerungsentscheidungslösung ist außerdem die im Jahr gegebene Zusatzwassermenge (mm) angegeben.

Jahr	unbewässerte Kontrolle		DWD Agrowetter		DWD Agrowetter reduziert		Geisenheimer Steuerung		Geisenheimer Steuerung reduziert		Bewässerungs App		Irré-LIS		RiverFox	
	(mm)	(dt/ha)	(mm)	(dt/ha)	(mm)	(dt/ha)	(mm)	(dt/ha)	(mm)	(dt/ha)	(mm)	(dt/ha)	(mm)	(dt/ha)	(mm)	(dt/ha)
2017	84	a	80	123 bcd	55	110 bc	120	141 d	53	116 bc						
2018	23	a	183	108 c	84	78 b	260	140 d	180	108 bc	80	78 b				
2019	6	a	180	103 d	65	38 b	254	116 de	134	127 e	120	60 c				
2020	23	a	195	96 bc	130	75 b	327	143 d	230	130 cd	180	110 bcd				
2021	142	a	60	154 a	0	142 a	138	149 a	110	158 a	0	152 a				
2023	83	a									100	118 b	100	128 b	100	123b
2024	78	a									20	106 a	80	119 a	20	107a
2025	74	a									160	124 ab	160	137 b		

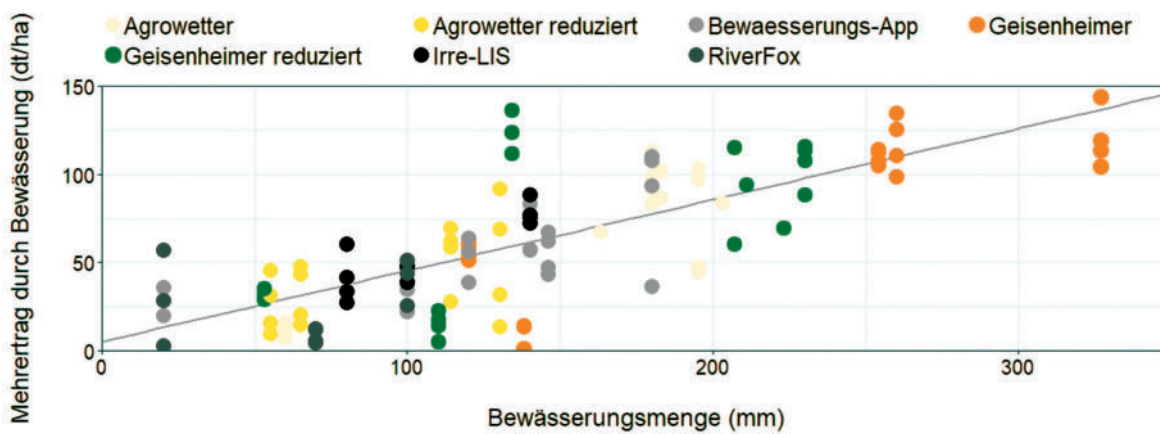


Abb. 2: Zusammenhang zwischen der Bewässerungsmenge und dem im Vergleich zur unbewässerten Kontrolle erzielten Mehrertrag der Körnermaissorten P9903 (2017 – 2021) und P8812 (2023 – 2025) am Standort Rheinstetten-Forchheim über die verschiedenen Bewässerungsentscheidungslösungen hinweg. Die eingezeichnete Regressionslinie stellt den linearen Zusammenhang über beide Sorten und alle Jahre dar, da sich die Regressionslinien der einzelnen Sorten kaum unterscheiden.

ben bewässert. Allerdings unterscheiden sie sich hinsichtlich des nFK-Schwellenwerts, ab dem bewässert wurde (Tabelle 1). Dieser Unterschied resultierte vor allem beim Modell „Agrowetter reduziert“ in deutlich reduzierten Erträgen und deutet darauf hin, dass der Schwellenwert von 30 % nFK für den Standort Rheinstetten-Forchheim zu niedrig ist. Sowohl Agrowetter als auch die BewässerungsApp (in beiden Versuchen; nachdem fehlerhafte Einstellungen im ersten Jahr korrigiert wurden) lagen bei der Wassereffizienz und den Erträgen im Versuchszeitraum im guten Mittelfeld, so dass sie zusammen mit dem Modell der „Geisenheimer Steuerung reduziert“ am besten zu bewerten sind.

Fazit

Der Mais ist in der Lage Zusatzwasser effizient in Kornrertrag umzusetzen. Die meisten der verglichenen Bewässerungssteuerungslösungen liefern sehr gute Empfehlungen zur Ertragsoptimierung.

Die Sicherung der Wasserversorgung zu ertragsrelevanten Stadien und die Nutzung von an den Standort und die Entwicklungsstadien angepassten Bewässerungsschwellenwerten (z. B. Rheinstetten-Forchheim: 35 % nFK nach Saat, 40 % nFK ab Blüte und 30 % nFK in der Abreife) tragen zum effizienteren Einsatz des Wassers bei. Die Standortabhängigkeit der Schwellenwerte ist stark abhängig von der Bodentextur und anderen Faktoren wie der Temperatur. Mit der zunehmend kritischen Diskussion um den Wassereinsatz vor allem in den Sommermonaten wären verstärkte Entwicklungen der Tools hin zu einer höchst wasser-, ertrags- wie ökonomisch effizienten Form der Defizitbewässerung als Standardempfehlung wünschenswert.

Dr. Andreas F. Butz, Dr. Martine Schraml

Kutschenweg 20 | 76287 Rheinstetten-Forchheim

martine.schraml@ltz.bwl.de

STROH- UND STOPPELMANAGEMENT WÄHREND UND NACH DER KÖRNERMAISERNT

Mechanische Möglichkeiten der Maiszünslerbekämpfung im Überblick

Die Ernterückstände des Maises sind nicht nur Lebensraum für die Larven des Maiszünslers sowie für Fusarien und andere Krankheiten, sondern dienen auch als Brücke in die folgende Vegetationsperiode. Durch eine intensive Zerkleinerung kann dem Maiszünsler die Winterbehausung genommen und die Rote gefördert werden. Maisstoppeln können heute bereits während der Ernte zerschlagen werden, aber wie steht es um das Maisstroh?

Zum Zeitpunkt der Maisernte befinden sich die meisten Larven des Maiszünslers in den Maisstoppeln, in der Regel innerhalb der untersten 30 cm beziehungsweise vom zweiten Knoten abwärts. Dort überwintern die ausgewachsenen Larven, bevor sie sich im Frühjahr verpuppen und als Kleinschmetterlinge neue Bestände anfliegen. Durch das Zerkleinern und Aufbrechen der Maisstoppeln kann das Überwinterungshabitat des Maiszünslers zerstört und damit die Anzahl der Larven, die bis in die nächste Anbausaison überleben, erheblich reduziert werden. Obwohl die Mehrheit der Larven in den Stoppeln gefunden wird, ist es ebenso wichtig, die Stängelsegmente im Maisstroh zu schreddern, da auch hier ein Teil der Larven vorkommen kann. Darüber hinaus sind die Larven mobil,

das heißt, sofern sie nicht während des Zerkleinerungsprozesses getötet werden, können sie neue Stängelabschnitte besiedeln. Neben den direkten Schäden begünstigen die durch den Maiszünsler verursachten Verletzungen der Maispflanze Infektionen durch Krankheiten wie Fusarien. Auch Fusarien nutzen die Erntereste: So können sich Konidiosporen auf ihnen bilden, die über kurze Distanzen, zum Beispiel durch aufschlagende Regentropfen, transportiert werden und benachbarte Pflanzen infizieren. Ausgehend von untergepflügten Ernterückständen können Myzelien und Sporen die Wurzeln und unteren Halmabschnitte infizieren. Im Mais führen nicht nur die Kolben- und Stängelfäule zu Ertragseinbußen, sondern Fusarien produzieren zudem giftige Mykotoxine (z. B. DON und ZEA)

Die Fraßschäden des Maiszünslers begünstigen Infektionen durch Krankheiten wie Fusarien. Die Larven überwintern in den Maisstoppeln (Quelle: S. Ramm).



und bedrohen die Qualität der Ernteprodukte. Es gilt, eine zügige Strohrotte zu erreichen. Dazu müssen die Ernterückstände hinreichend zerkleinert und aufgefasert werden.

Neue Trends in der Stoppelzerkleinerung

Für eine intensive Zerkleinerung von Maisstop-peln und -stroh haben sich Schlegelmulcher bewährt. Als besonders effektives Verfahren erzielen sie hervorragende Ergebnisse, vorausgesetzt, die Maisstop-peln können von den Werkzeugen des Mulchers korrekt erfasst werden. Die Bearbeitung überfahrener Maisstop-peln ist jedoch problematisch. Die meisten Mäh-drescher-Modelle überfahren während der Ernte zwei Stoppelreihen, was bei einer achtreihigen Ernte 25 % der Maisstop-peln entspricht. Hinzu kommen Wendemanöver am Vorgewende und der Einsatz von Überladewagen, die weitere Maisstop-peln zu Boden drücken. Man kann davon ausgehen, dass regelmäßig mehr als 30 % der Maisstop-peln überfahren werden. In eigenen Versuchen blieben im Fahrspurbereich des Mäh-dreschers mindestens 44 % der Mais-stop-peln nach dem Mulchen mit einem intakten Internodium zurück. Unter guten Bedingungen, das heißt bei ebener Bodenoberfläche, blieben hingegen außerhalb der Fahrspuren nicht mehr als 11 % der Maisstop-peln mit einem intakten Internodium zurück, während mehr als 80 % der Maisstop-peln bis zum Wurzelansatz aufgefasert werden konnten.

Um das Problem der überfahrenen Stop-peln zu umgehen, werden Erntevorsätze entwickelt, die die Maisstop-peln bereits bearbeiten, bevor sie durch Erntefahrzeuge überfahren werden können. Im Jahr 2017 stellte die Maschinenfabrik KEMPER mit dem StalkBuster den ersten Erntevorsatz mit integrierter Stoppelzerkleinerung für die Silomais-ernte vor. Im Jahr 2019 folgte mit dem Horizon Star* III der Firma Geringhoff der erste Maispflücker für die Körnermais-ernte, der nicht nur das Maisstroh, sondern auch die Mais-stop-peln zerkleinern kann. Im Jahr 2022 wurde der CORIO STUBBLE CRACKER der Firma Claas vorgestellt.



Überfahrene Maisstop-peln (o.) und Dämme zwischen den Reihen (u.) beeinträchtigen die Arbeitsqualität (Quelle: S. Ramm).

Anders als beim StalkBuster und CORIO STUBBLE CRACKER setzt Geringhoff nicht auf zusätzliche Aggregate für die Stoppelzerkleinerung, sondern stattet die Horizontalhächsler des Maispflückers mit speziellen Hybridmessern aus, die am Ende mit einem abgewinkelten Schlegel versehen sind. Ein feinfühliges Höhenführungssystem ermöglicht es, die Werkzeuge dicht an der Bodenoberfläche zu führen und die Maisstop-peln bodennah zu zerschlagen. Bereits in der Ausgabe 3/2021 haben wir von unseren Versuchen mit dem Horizon Star* III berichtet. Bei genauer Einstellung und unter geeigneten Bedingungen erreichte der Horizon Star* III vergleichbare Intensitäten in der Stoppelzerkleinerung wie die parallel eingesetzten Schlegelmulcher außerhalb der Fahrspuren. Doch sowohl der Pflücker als auch die Mulcher erzielen nur dann die gewünschten Ergebnisse,



Der Horizon Star* III nutzt spezielle Werkzeuge am Horizont-hächsler, um die Maisstop-peln bodennah zu zerschlagen (Quelle: S. Ramm).



wenn sie die Maisstoppeln auch erfassen können. Befinden sich Dämme zwischen den Maisreihen oder stehen die Maisstoppeln in tiefen Mulden, wird die Bearbeitung erschwert. Häufig reißen die Stoppeln dann nur bis zum unteren Knoten auf. Darunter bleibt ein intaktes Internodium zurück, das sich als Winterquartier für die Larven des Maiszünslers eignet. Tendenziell war der Bearbeitungserfolg durch den Horizon Star* III unter diesen Bedingungen etwas stärker beeinträchtigt als die Schlegelmulcher.

Stimmen die Rahmenbedingungen, können die Maisstoppeln bis zum Wurzelansatz bearbeitet werden (Quelle: S. Ramm).

Grundsätzlich gilt es, bereits mit der Aussaat des Maises vernünftige Bedingungen für die Stoppelzerkleinerung zu schaffen.

Blick auf die Maisstrohzerkleinerung

Je nach Ausstattung des Maispflückers wird das Maisstroh bereits während der Ernte mehr oder weniger intensiv zerkleinert. Beim Horizon Star* III setzt die Firma Geringhoff auf das 3-Walzen-Prinzip, das bereits von den Modellen Rota Disc® und Horizon Star* II bekannt ist. Dabei wird die Restpflanze mithilfe eines gegenläufig rotierenden Rotors, der mit 15 Schneidscheiben bestückt ist, die in die geschlitzten Pflückwalzen eingreifen, zerkleinert. So wird eine schräge Schnittführung durch den Maisstängel erreicht. Wird nach der Körnermaisernte ein Schlegelmulcher eingesetzt, bearbeitet dieser natürlich nicht nur die Maisstoppeln, sondern auch das Maisstroh. Doch wie groß ist der zusätzliche Zerkleinerungseffekt? Um dieser Frage nachzugehen, wurden über drei Jahre hinweg bundesweit Versuche an insgesamt sechs Versuchsstandorten durchgeführt. Dabei wurde der Horizon Star* III nicht nur mit den neuen Hybridmessern an den Horizontalhäckslern getestet, sondern auch mit den Standardmessern des Horizon Star* II. Zudem wurde nach der Ernte mit dem Horizon Star* II an jedem Versuchsstandort ein Schlegelmulcher eingesetzt.

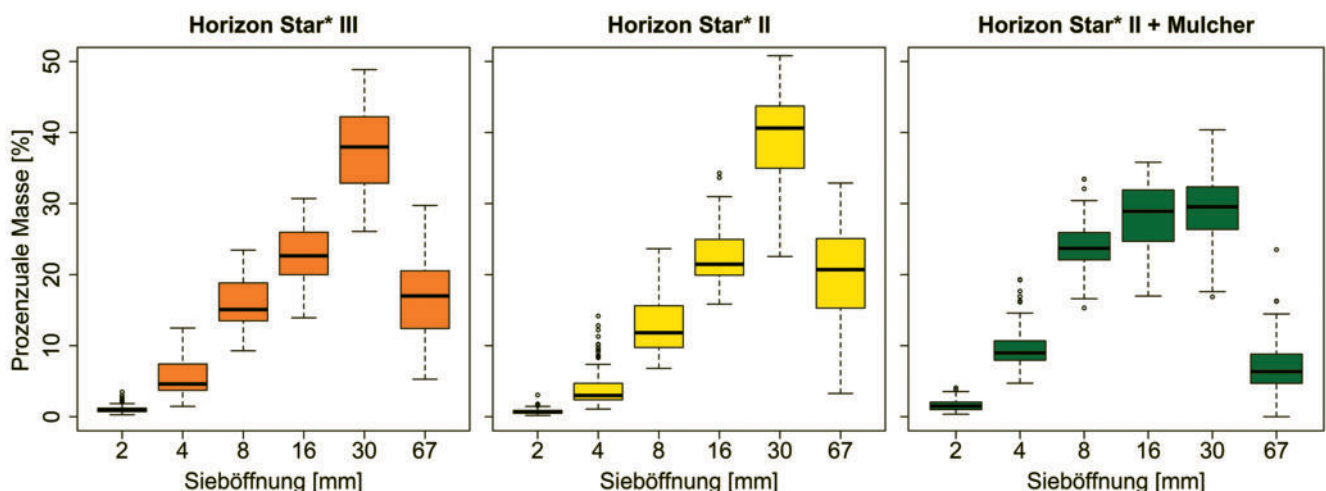


Abb.1: Relative Anteile der Siebfractionen an der Gesamtmasse der Proben nach Versuchsvarianten (verändert nach Ramm et al., 2024)

Zur Ermittlung der Partikelgrößenverteilung wurden insgesamt 315 Maisstrohproben von jeweils 0,75 m² entnommen, getrocknet, mittels Kaskadensiebanlage in sechs Fraktionen unterteilt und gewogen. In Abbildung 1 sind die relativen Siebrückstände für die drei Versuchsvarianten dargestellt. Das zusätzliche Mulchen führt zu einer deutlichen Reduktion des Anteils groben Pflanzenmaterials > 30 mm um 23,4 % im Vergleich zur nicht gemulchten Variante und um 18,0 % im Vergleich zum Horizon Star[®] III, der mit den zur Stoppelzerkleinerung konzipierten Hybridmessern ausgestattet ist. Dies zeigt jedoch auch, dass die Hybridmesser einen zusätzlichen Effekt auf die Strohzerkleinerung haben. Sie reduzieren den Anteil groben Pflanzenmaterials > 30 mm im Durchschnitt um 5,4 % gegenüber den Standardmessern. Dementsprechend ergeben sich signifikante Unterschiede in der mittleren Partikelgröße. Diese beträgt für den Horizon Star[®] III 31,9 mm und für den Horizon Star[®] II 35,5 mm. Durch das Mulchen verringert sich die mittlere Partikelgröße auf 23,7 mm.

Stängelabschnitte im Maisstroh

Die Maisstängel machen etwa die Hälfte der Trockenmasse des Maisstrohs aus. Da sie den Maiszünseln als Winterquartier dienen können und zudem vergleichsweise langsam verrotten, kommt ihnen eine besondere Bedeutung zu. Neben der Größe der Stängelabschnitte ist ihr struktureller Zustand entscheidend. Sind die Stängelabschnitte ausreichend aufgebrochen, eignen sie sich nicht als Winterquartier für die Larven und können schneller verrotten als intakte und durch Knoten abgeschlossene Stängelabschnitte. Daher wurde das Pflanzenmaterial > 30 mm nochmals genauer untersucht (Tab. 1). Dabei wurden alle Stängelabschnitte mit einem Durchmesser > 5 mm und einer Länge > 30 mm, die nicht bereits vollständig zerfasert waren, herausselektiert, gewogen und bewertet. Der relative Anteil dieser Stängelabschnitte am Gesamtgewicht der Proben lag lediglich im einstelligen Bereich und betrug für den Horizon Star[®] III 5,2 % und für den Horizon Star[®] II 6,4 %. Durch das Mulchen konnte der Anteil auf 2,5 % reduziert werden. Trotz des geringen Massenanteils

Tab 1.: Durchschnittliche Anzahl nicht vollständig aufgeschlossener Stängelabschnitte pro Quadratmeter

Stängeldurchmesser	Horizon Star [®] III	Horizon Star [®] II	Horizon Star [®] II + Mulcher
>5 mm–10 mm	7.15	7.60	4.97
intaktem Internodium	0.11	0.16	0.09
>10 mm	13.83	16.56	8.13
Mit intaktem Internodium	0.13	0.32	0.06

teils ist die Anzahl der nicht vollständig aufgebrochenen Stängelabschnitte in einem relevanten Bereich, wie aus der Tabelle hervorgeht. Intakte Internodien, das heißt Stängelabschnitte mit intakter Seitenwand, abgeschlossen durch Knoten, kamen hingegen nur in einem sehr geringen Umfang vor. Der Großteil der Stängelabschnitte war zumindest beschädigt.

Fazit

Das Stroh- und Stoppelmanagement als präventive Maßnahme gegen Schädlinge und Krankheiten wird auch zukünftig nicht an Bedeutung verlieren. Neue technische Lösungen, wie die Integration der Stoppelzerkleinerung in den Ernteprozess, können helfen, die Zerkleinerung der Stoppen weiter zu optimieren – vorausgesetzt, die Einsatzbedingungen sind geeignet. Die vorgestellte Untersuchung des Horizon Star[®] III hat gezeigt, dass während der Stoppelzerkleinerung auch ein zusätzlicher Effekt auf das Maisstroh erzielt wird. Allerdings kann der Pflücker das Maisstroh nicht so intensiv zerkleinern und auffasern, wie es durch einen zusätzlichen Arbeitsgang mit dem Mulcher möglich ist. Dennoch werden kaum intakte Stängelabschnitte zurückgelassen.

Sebastian Ramm

Prof. Dr. Yves Reckleben

Prof. Dr. Eberhard Hartung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Kiel (HAW)

Grüner Kamp 11

24783 Osterrönnfeld

yves.reckleben@haw-kiel.de

Wertvolles Nebenprodukt: Das Abkippen von Maisstroh im Fahrsilo zeigt, wie aus ehemaligen Ernteresten ein leistungsfähiges Biogassubstrat wird (Quelle: D. Augustin).



KÖRNERMAIS ZWEIFACH NUTZEN

Welche Zukunftsperspektiven hat die Koppelproduktion von Körnermais und Maisstroh?

Mit voraussichtlich 509.900 ha steigt der Körnermaisanbau 2026 ein weiteres Mal und erreicht damit eine der größten Ausdehnungen seit der Etablierung von Mais in den Sechzigerjahren. Diese Entwicklung deutet die Wettbewerbsfähigkeit unter den Markfrüchten und seine Vorzüglichkeit an. Dabei wird das Potenzial von Maisstroh in der Praxis bislang kaum genutzt.

Von den 1,94 Mio. ha Maisanbaufläche in Deutschland entfielen ca. 50 % auf die Tierfütterung. Die andere Hälfte ist für die Biogasproduktion vorgesehen. Hier sind zukünftig große Veränderungen zu erwarten, da der schon bestehende sogenannte „Mais- und Getreidekorndeckel“ (§ 39h EEG 2017) für neuere Anlagen (44 – 47 %) zukünftig gemäß Biomassepaket schon je nach Förderzeitraum bei 25 % in Zukunft voraussichtlich bei 30 % greifen wird. Die meisten Anlagen werden also ihren Silomaiseinsatz zukünftig etwa halbieren müssen. Für Anlagen ohne Maisdeckel kommt sogar eine stärkere Reduktion zum Tragen. Bei leicht sinkender Maisanbaufläche steigt der Körnermaisanbau.

Auf der Suche nach Alternativen

Ein starker Treiber zur Verringerung des Biogasseinsatzes geht auf das Ausscheiden von Anlagen in Stromproduktion bei gleichzeitig steigender Gasproduktion für den Mobilitätssektor zurück. In dieser Produktionsrichtung ist der erreichte CO₂ Fußabdruck und die damit erzielten CO₂ Zertifikate entscheidend. Der wiederum ist bei Nebenprodukten, denen nicht die Produk-

tionsaufwendungen angerechnet werden, sehr viel günstiger. Im Ergebnis dürfen solche Anlagen maximal etwa 10 % Hauptkulturen einsetzen und werden noch stärker als die oben genannten Anlagen nach Silomaisalternativen suchen. Die Frage lautet also, welche Substrate zukünftig Silomais ersetzen werden. Auf der Hand liegt das Stroh aus dem Körnermaisanbau, da es als Nebenprodukt nicht dem Maisdeckel unterliegt und gleichzeitig einen sehr guten CO₂-Fußabdruck aufweist.

Was macht Maisstroh interessant?

Mit Maisstroh fällt bezogen auf die Trockenmasse etwa 90 % des Kornertrages oder die Hälfte der TM eines Silomaises an. In Deutschland bleiben damit jährlich etwa 4,5 Mio. t TM ungenutzt und könnten energetisch bei vollständiger Nutzbarmachung bis zu 300.000 ha Silomais ersetzen. Dabei kann Maisstroh mit durchschnittlich 318 Normlitern je Tonne organische Trockenmasse (oTM) überzeugen. Das sind immerhin 80 – 95 % der Ausbeuten von Silomais. In der Praxis wird dieses Potential bisher kaum genutzt.



Mit dem Maisstroh geht bisher auf viele Körnermaisflächen ungenutztes Potenzial verloren – dabei bietet es spannende Nutzungsmöglichkeiten (Quelle: D. Augustin).

in Höhe von 240 t täglich zur Verfügung, können entsprechend nur gute 15 ha täglich gedroschen werden. Bei einem realisierten Ertrag von 15 t FM je ha fallen also täglich lediglich 225 t FM an. Damit kann keine effiziente Erntekette organisiert werden. Hohe, das Verfahren teuer gestaltende, Rüstzeiten und eine schlechtere Substratqualität sind die Folge.

Hemmnisse überwinden

Vorrangig ist der insbesondere Richtung Norden späte Erntezeitpunkt in Verbindung mit der dann unsicheren Wetterlage zu nennen. Die Strohernte selbst folgt dem Drusch, der wiederum eng an den verfügbaren Trocknungskapazitäten orientiert ist. Die Herausforderung für Biogasanlagen besteht also darin, in Kooperation mit Maisanbauern und den Betreibern der Trocknungsanlagen ausreichende Ernteflächen zu bekommen, die eine effiziente Verfahrenskette erlauben. Das Nadelöhr liegt in dem Missverhältnis der zu erntenden Strohmenge zur zu trocknenden Körnermaismenge. Wenn beispielsweise zur Auslastung des Walzschleppers 90 t Frischmasse je Stunde benötigt werden, braucht es neben den entsprechenden Transportfahrzeugen 6 ha je Stunde oder 60 ha täglich für eine Verfahrenskette. Das entspricht aber etwa 840 t nasse Ware zum Trocknen. Geringere Kapazitäten ziehen das Verfahren zeitlich entsprechend in die Länge.

Damit verringert sich der Spielraum für einen wetteroptimierten Erntezeitpunkt erheblich. Stehen praxisüblichere Trocknungskapazitäten

Preise und Silierfähigkeit

Gelingt es dagegen, größere Einheiten zu beernsten, belaufen sich die Verfahrenskosten auf 29 – 30 € je t TM und liegen damit etwa auf der Höhe von Silomais. In Regionen mit Nährstoffüberschüssen wird Maisstroh teilweise nicht zuletzt aus phytosanitären Gründen und aufgrund der einfacheren Bodenbearbeitung kostenlos abgegeben. Unter diesen Bedingungen verringern sich die Stromgestehungskosten um etwa 5 ct je Kilowattstunde. Entsprechend hoch könnte die Zahlungsbereitschaft für das Stroh sein, wenn unter optimalen Bedingungen geerntet wird.

Allerdings führen Feldliegezeiten bei Temperaturen von über 4° C zu einem Abbau des vorhandenen Zuckers durch Hefepilze. Sie senken also den Methanertrag und verschlechtern die Silierfähigkeit. Durchschnittlich wurden in den Versuchen 324 l/kg oTM bei unmittelbarer Ernte erzielt und damit 90 % des Methanertrages der

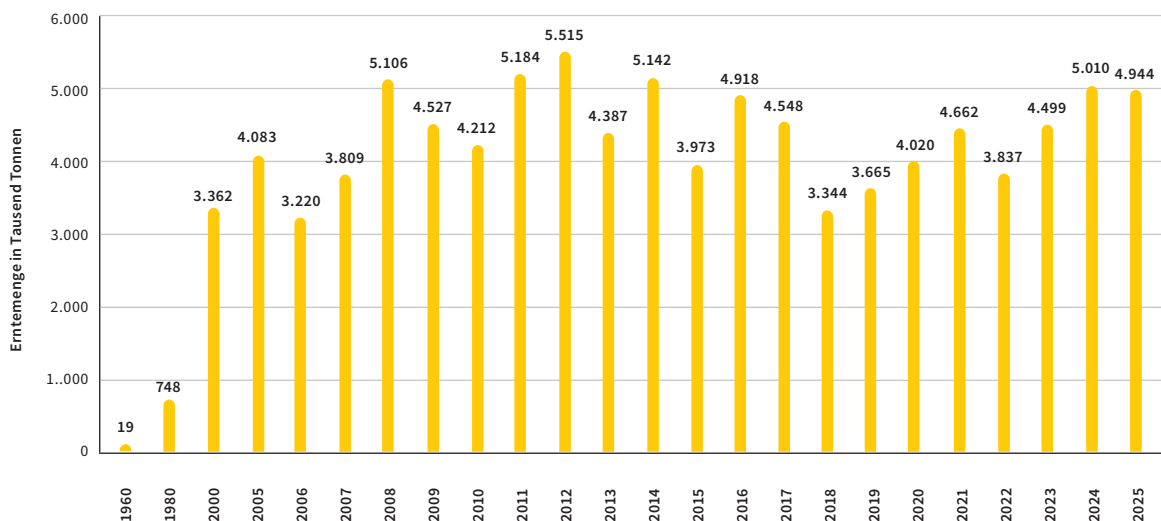


Abb. 1: Erntemenge von Körnermais in Deutschland in den Jahren 1960 bis 2025 (in 1.000 Tonnen)

Gemeinsam stark:
Die Kombination aus
Zuckerrüben und
struktureichem
Maisstroh erleichtert
die Verdichtung und
liefert ein optimales
Silierergebnis
(Quelle: D. Augustin).



Maissilage erreicht. In Versuchen verringerten Feldliegezeiten von wenigen Tagen die Gasausbeute um 3 % (314 l/kg oTM) und dürften für die Praxis bei kaum zu vermeidenden höheren Feldliegezeiten eher als Maßstab dienen.

Ernteverfahren

Zunächst fällt das Maisstroh nur bei wenigen Gebissherstellern ins Schwad. Dabei ist die Gefahr geringer, Bodenanteile aufzunehmen und in die Anlagen zu fahren. Außerdem werden auf diese Weise die hochverdaulichen Spindeln nahezu vollständig gesammelt, sodass bei diesem Verfahren zwar 30 % Stroh nicht geerntet werden können, aber die Qualität des Substrates ist höher. Verbreiteter ist die flächige Verteilung des Strohens. Hier muss in einem weiteren Arbeitsgang geschwadet werden. Zwar eignen sich Bandschwader sehr gut, zeigen aber je nach Wetter, Reifegrad des Maises und der Feldliegedauer sehr unterschiedliche Ergebnisse. Liegt das Stroh mehrere Tage auf dem Feld, entstehen deutlich höhere Lagerungsdichten, die in der Regel mit größeren Ernteverlusten verbunden sind. Je nach Technik und Bedingungen kann es allerdings auch zu einer besseren Ausschöpfung des Strohpotenzials führen. Hier gibt es noch erhebliches Optimierungspotenzial.

Günstige Erntebedingungen für Maisstroh:

- frühe Ernte
- trockene Ernte
- sehr gut vorbereitetes Saatbett, ebenes Erntefeld
- niedrige Maisstoppel
- kurze Feldliegezeiten

Praktische Erfahrungen

Auf den Versuchsgütern der Georg August Universität Göttingen haben wir über sieben Jahre Erfahrungen mit Maisstroh sammeln können. Unter sehr günstigen Bedingungen ernteten wir auf diese Weise in einem Jahr 7,8 t TM je ha bei 8 % Rohasche. Unter Berücksichtigung des natürlichen Rohaschegehaltes war also auch der Erdanhang erfreulich und unerwartet niedrig. Bei etwa gleichem Strohpotenzial gab es aber auch Jahre, in denen der Ertrag lediglich 3 t/ha TM betrug, auf dem Feld verbleibendes Maisstroh die Bodenbearbeitung behinderte und keine Wirtschaftlichkeit erzielt werden konnte. Als ertragssenkende Probleme sind neben dem Fehlen der obigen Bedingungen zu nennen: die Überfahrt mit Abtankwagen, Regenwetter, schlechte Erntebedingungen und das Vorhandensein von Feldsteinen, die eine entsprechende Höhe der Pick-up erforderten. Bei Steinbesatz empfiehlt sich der Einsatz von Dreschern mit Schwadablage.

In Versuchen der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft bewegten sich die tatsächlich abgefahrenen Erntemengen in der Bandbreite zwischen 4,8 und 6,3 t TM je ha. Das Aufsammeln aus dem Schwad kann mit dem Ladewagen oder mit dem Häcksler erfolgen. Das Verfahren ohne Häcksler ist günstiger, führt aber auch zu größerem Substrat. Auch der Häcksler ist bei Maisstroh – insbesondere wenn es sehr trocken ist – nicht in der Lage, das Substrat, wie vom Silomais gewohnt, klein zu häckseln. Hierzu fehlt im Gutfluss der Gegendruck. Dadurch kann es in der Biogasanlage je nach Bauart zu Störungen kommen. Die Bandbreite in den Anlagen reicht von keinen Problemen bis zu zwingend erforderlichen Umbaumaßnahmen. Ernteverfahren und Anlage müssen zusammenpassen.

Zuckerrüben als ideale Substratpartner

Je nach Trockensubstanzgehalt kann die Verdichtung von Maisstroh Probleme bereiten. Wenn zum Beispiel nesterweise Luft eingeschlossen wird, mindert dies den Ertrag bei der

Entnahme die Nacherwärmung. Bei einer Monosilierung von Maisstroh im Schlauch wurden theoretisch ausreichende Verdichtungsverhältnisse erzeugt, das Verfahren ist jedoch teuer.

Auf der Suche nach alternativen Silierv Verfahren kommt die Zuckerrübe nicht nur aufgrund des zeitgleichen Erntefensters infrage. Maisstroh fehlt zur idealen Silierung der Zucker, ist in heißen Sommern zu trocken, lässt sich schwer verdichten und kann im Feststoffdosierer sperrig sein. Die Rübe mit ihrem geringen Trockensubstanzgehalt, dem niedrigen pH-Wert und dem hohen Zuckergehalt gleicht diese Punkte aus. Sie kann aufgrund der fehlenden Struktur schwer allein siliert werden, was wiederum Maisstroh ermöglicht. Mit gebröckelten Rüben ergeben beide zusammen eine ideale Silage, die in ihren biochemischen Eigenschaften der Maissilage sehr nahe kommt und die Fütterung über das ganze Jahr ermöglicht. Das Mischungsverhältnis kann bzw. sollte so gewählt werden, dass idealerweise ein Trockensubstanzgehalt zwischen 32 und 45 % entsteht. Hier kommt es natürlich wesentlich darauf an, in welchem Verhältnis beide Substrate zur Verfügung stehen. Gemeinsam siliert ersetzen Maisstroh und Zuckerrüben den Silomais und bilden ein probates Mittel, den in Zukunft stärker gedeckelten Mais zu ersetzen.

Aber auch ohne die politisch gewollte Begrenzung des Silomais kann die Rentabilität durch den Einsatz von Maisstroh verbessert werden. Wenn es trotz der beschriebenen Probleme gelingt, die Erntekosten auf dem Niveau einer Silomaisernte zu halten, verringern sich durch den Einsatz von Maisstroh die Stromgestehungskosten um bis zu fünf Cent je Kilowattstunde. Da die Stromerlöse aus dem Biomassepaket niedriger ausfallen, sind bei fortschreitender Inflation Einsparungen – wie in diesem Fall beim Substrat – für den zukünftigen Anlagenbetrieb existenziell.

Fazit

Aufgrund der zukünftigen politischen Anbaubedingungen wird die Maisanbaufläche, die der

Biogasproduktion dient, schrumpfen müssen. Damit muss für Silomais eine Substratalternative etabliert werden. Maisstroh ist ein weit verbreitetes und geeignetes Biogassubstrat, das allein oder in Verbindung mit Rüben, aber auch Zwischenfrüchten praxisreif siliert werden kann. Unter guten Bedingungen kann ein Hektar Maisstroh ein Drittel Silomais ersetzen. Schon bei den derzeitigen niedrigen Körnermaispreisen weist das Verfahren wirtschaftliche Vorteile auf, die sich mit der Möglichkeit, mit Maisstroh Rüben bis in den Sommer zu konservieren, vergrößern. Die Veredelung des Stroh zu Biogas kann unter guten Bedingungen die Wettbewerbskraft von Körnermais erheblich verbessern und den oben genannten Verlust an Silomaisfläche überkompensieren. Zusätzlich eröffnen sich Möglichkeiten, schwankende Erträge einfacher zu managen, wenn mit Doppelnutzungssorten zwischen Silomais und Körnermais gewählt werden kann. Mittel- und langfristig gewinnt die Strohnutzung zusätzlich nicht nur durch den Maisdeckel an Bedeutung, sondern auch der sich ausweitende Biogaseinsatz im Mobilitätssektor begünstigt das Nebenprodukt Maisstroh. Weiterhin erleichtert in Nährstoffüberschussregionen die Strohfütterung die Einhaltung der Düngeverordnung. Die häufig stickstofflastigen Substratmischungen erhalten eine eiweißarme Komponente. Viel politischer, wirtschaftlicher und ökologischer Rückenwind für Körnermais in Verbindung mit der Strohnutzung, der allerdings für die Umsetzung in der Praxis die Weiterentwicklung und Optimierung der Erntekette erfordert. Dann hat Maisstroh das Potential, sich vom Nischen- zum Standardsubstrat zu mausern. Die Silomaisfläche sollte zugunsten der Körnermaisfläche sinken. Eine Überkompensation erscheint aus den beschriebenen Gründen erwartbar.

Dr. Dirk Augustin

Georg-August-Universität Göttingen

Carl-Sprengel-Weg 1

37073 Göttingen

dirk.augustin@zvw.uni-goettingen.de

TROCKNUNG IM FOKUS

Energieeffizienz und Rentabilität der Körnermaistrocknung

Wie beeinflussen die Trocknungseigenschaften und die Energieeffizienz verschiedener Maissorten die Rentabilität des Trocknungsprozesses? In einem realitätsnahen Versuch wurde analysiert, wie sich der Korntyp auf den Energieverbrauch und die Trocknungsdauer auswirkt und welche wirtschaftlichen Vorteile durch die Sortenwahl erzielt werden können. Die Studie liefert wichtige Erkenntnisse für Landwirte und Erzeuger, die ihre Produktionskosten senken und ihre Energieeffizienz steigern wollen.

Mais ist eine der weltweit am häufigsten angebauten Nutzpflanzen und spielt in unseren Breitengraden eine zentrale Rolle in der Tierernährung. Da Mais mit einem hohen Wassergehalt geerntet wird, muss er getrocknet werden, um die Lagerfähigkeit zu gewährleisten. Dieser Prozess erfordert einen erheblichen Energieaufwand und die Effizienz kann je nach Maissorte variieren. Verschiedene Maissorten haben unterschiedliche Trocknungseigenschaften, die den Energieverbrauch und damit die Wirtschaftlichkeit beeinflussen.

Die beiden Korntypen, Zahnmais und Hartmais, unterscheiden sich in einigen wesentlichen Eigenschaften. Zahnmais, der seinen Namen von der zahnartigen Einkerbung an der Spitze

des Korns hat, zeichnet sich durch eine weiche, mehlig Konsistenz des Endosperms und eine harte äußere Schicht aus (Abb.1). Diese Struktur ermöglicht eine schnellere Feuchtigkeitsabgabe während der Trocknung, was den Prozess effizienter macht. Im Gegensatz dazu hat Hartmais, der eine rundere und dichtere Kornstruktur aufweist, ein gleichmäßiges und hartes Endosperm, das die Feuchtigkeitsabgabe verlangsamt und die Trocknung zeit- und energieaufwändiger macht.

Außerdem unterscheiden sich die beiden Korntypen in folgenden Punkten. Zahnmais enthält einen höheren Anteil an Amylopektin, was die Feuchtigkeitsabgabe begünstigt, während Hartmais einen höheren Anteil an Amylose auf-



Abb.1: Zahnmaise enthalten genetisch bedingt weniger glasige Stärke als Hartmaise. Daher ist die Stärke-Abbaugeschwindigkeit bei Zahn- höher als bei Hartmaisen.



Genau hinschauen lohnt sich: Durch den Anbau trocknungseffizienterer Maissorten könnte der Verbrauch fossiler Brennstoffe reduziert werden (Quelle: H. Sprich).

weist, was die Trocknung zusätzlich erschwert. Die Körnermaispertien werden jedoch nicht nach Kornart angekauft, da das Bezahlssystem für Körnermais pauschal ist, wobei das unterschiedliche Trocknungsverhalten zwischen den Sorten nicht berücksichtigt wird.

In einem Trocknungsversuch wurden zwei ausgewählte Maissorten miteinander verglichen: eine Zahmaissorte und eine hartmaisähnliche Sorte. Ziel der Untersuchung war es, die Auswirkungen der unterschiedlichen Korntypen auf ihre Energieeffizienz und Rentabilität bei der Trocknung zu bewerten. Es wurde analysiert, wie sich die Verwendung der verschiedenen Sorten auf den Energieverbrauch, die Dauer und die Gesamtwirtschaftlichkeit des Trocknungsprozesses auswirken.

Der Versuch

Der Versuch zur Untersuchung der Energieeffizienz und Rentabilität der Körnermaistrocknung wurde auf dem Gelände des „Moser Agrar und Baufachzentrum“ in Großmehring durchgeführt. Getestet wurden zwei Maissorten: eine Zahnmaissorte und eine hartmaisähnliche Sorte. Die Trocknung erfolgte mit einem modernen Trockner des Typs STKX6-10/02 der Firma Bühler, der sowohl thermische als auch elektrische Energie nutzt.

Beide Maischargen wurden unter ähnlichen Wetterbedingungen an zwei separaten Tagen geerntet und sofort in ein Nassmaissilo eingelagert, um die Ausgangsfeuchte zu erhalten. Die Trocknungsversuche wurden am folgenden Tag im Umlaufverfahren durchgeführt.

Dieses Verfahren gewährleistet eine gleichmäßige und vollständige Trocknung, da der Körnermais mehrmals durch den Trockner geführt wird. Die Temperatur wurde aufgrund von Erfahrungswerten auf 115°C eingestellt.

Die Zahnmaissorte und die hartmaisähnliche Sorte wurden, mit jeweils ca. 60 Tonnen, separat in den Trockner eingefüllt. Während des Prozesses wurden in regelmäßigen Abständen Proben entnommen, um die Feuchtigkeit und das Hektolitergewicht zu bestimmen. Diese Probenahmen wurden alle 15 Minuten durchgeführt und systematisch dokumentiert, um die Erstellung einer Trocknungskurve zu ermöglichen.

Parameter:

- Umgebungsbedingungen
- Start- und Endgewichte der getrockneten Maisschargen
- Eingangsfeuchte
- Schüttdichte
- Korntemperatur im Trockner
- Thermische Energie
- Elektrische Energie
- Trocknungsdauer

Die Energieeffizienz und Rentabilität der getrockneten Maissorten wurden verglichen. Der Verbrauch an thermischer Energie während der Trocknung von 25 % auf 14,5 % Restfeuchte und die Trocknungszeit bei identischen Einstellungen wurden gemessen.

Die Rentabilität einer Maissorte ist entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg des Anbaus und der Trocknung durch Landwirte

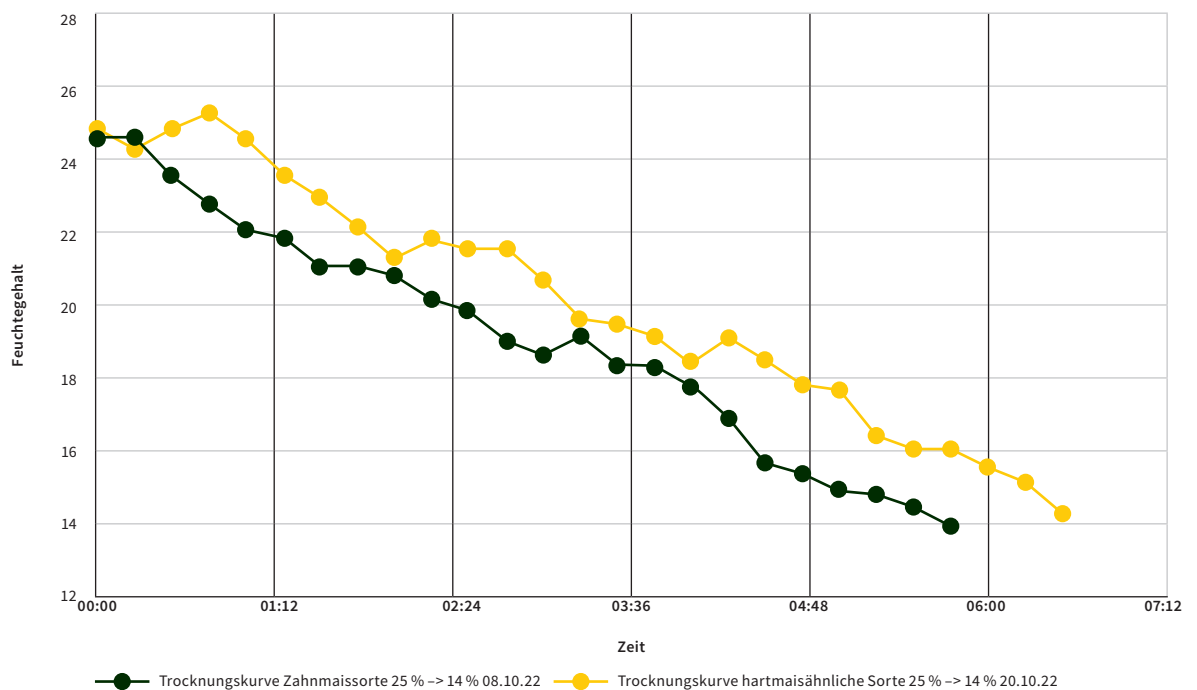


Abb. 2: Trocknungskurven der beiden ausgewählten Maissorten

und des Landhandels. Die Rentabilität wurde anhand einer Deckungsbeitragsrechnung ermittelt. Mit Ausnahme der Trocknungskosten wurden für diese Berechnung die gleichen Parameter angenommen. Auf diese Weise konnten die Rentabilitätsunterschiede aufgrund der Trocknungseigenschaften dargestellt werden.

Geringere Trocknungsdauer

Die Ergebnisse des Trocknungsversuches von Zahnmais und hartmaisähnlichem Mais zeigen deutliche Unterschiede in der Effizienz und im Energieverbrauch. Die Zahnmaissorte erreichte den gewünschten Feuchtigkeitsgehalt von 14,5 % Restfeuchte um 60 Minuten schneller als die hartmaisähnliche Sorte. Dies ist in Abbildung 2 dargestellt. Es ist zu beachten, dass es sich hierbei um das Ergebnis eines einzigen Trocknungsversuches handelt. Um verlässliche Aussagen treffen zu können, müsste dieser Versuch wiederholt werden.

Energieeffizienz

Zur Bewertung der Energieeffizienz wurde die erforderliche Menge an thermischer Energie während des Trocknungsvorgangs gemessen. Diese Werte wurden alle 15 Minuten am Durch-

flussmengenähler des Warmlufterzeugers abgelesen.

Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, hat die Zahnmaissorte 195 m³ weniger Gas verbraucht, um die ca. 58 Tonnen Körnermais von 25 % auf 14,5 % Restfeuchte zu trocknen. Das sind 3,3 m³ Gas pro Tonne weniger. Zum Vergleich: Eine Wohnung mit einer Wohnfläche von 100 m² Wohnfläche verbraucht im Jahr durchschnittlich 1.400 m³ Gas zum Heizen (Quelle: E.ON

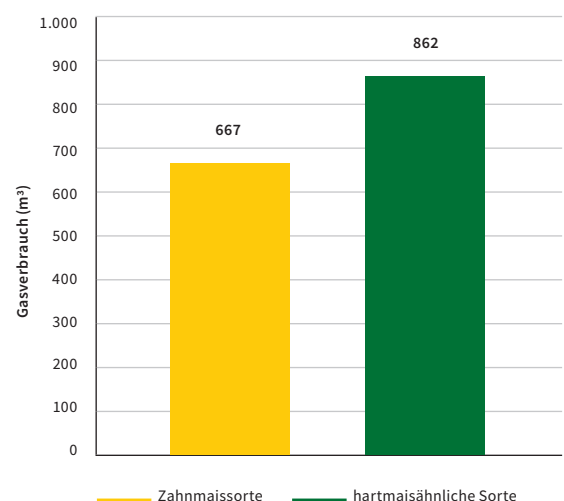


Abb. 3: Gasverbrauch bei der Trocknung der beiden Maisproben von 25 % auf 14,5 % Restfeuchte

Tab.1: Vergleich der Deckungsbeiträge inklusive des Mehrertrags zum Ausgleich, bei einer Erntemenge von 580 dt und einem Erzeugerpreis von 19,12 €/dt

Gaspreis (€/m ³)	Deckungsbeitrag pro Hektar Zahnmaissorte (€)	Deckungsbeitrag pro Hektar hartmaisähnliche Sorte (€)	Differenz (€)	Mehrertrag zum Ausgleich (dt)
1,50	777,50	710,9	66,6	3,5
1,70	750,90	675,80	75,1	3,9
2,00	709,70	620,10	89,6	4,7

Energie Deutschland GmbH). Es müssten also 425 Tonnen Mais getrocknet werden, um den Gasverbrauch eines Haushalts einzusparen.

Rentabilität

Die Grundlage für den Vergleich der Rentabilität ist der Deckungsbeitrag. Tabelle 1 zeigt drei verschiedene Gaspreise. Diese sollen verdeutlichen, dass ein Zusammenhang zwischen dem Deckungsbeitrag und dem Gaspreis besteht.

Je höher der Gaspreis, desto größer ist die Differenz der beiden Sorten. Dieser Vergleich verdeutlicht die Abhängigkeit der Rentabilität von den Gaskosten.

In Tabelle 1 ist auch der Mehrertrag zur Kompensation angegeben. Dieser basiert auf einem Erzeugerpreis von 19,12 €/dt im Jahr 2022. Basierend auf diesen Werten müsste die hartmaisähnliche Sorte bei einem Gaspreis von 1,50 €/m³ einen Mehrertrag von 3,5 dt produzieren, um die gleiche Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Wahl der Maissorte einen erheblichen Einfluss auf die Energieeffizienz und den Trocknungsprozess hat. Die Zahnmaissorte erzielte aufgrund der schnelleren Trocknung und des geringeren Energieverbrauchs eine höhere Rentabilität. Dies ist besonders in Zeiten hoher Energiepreise relevant.

Die Trocknungskurven zeigen die Unterschiede in der Feuchtigkeitsabgabe der beiden Maissorten. Diese Unterschiede können auf die unterschiedliche Kornstruktur und Stärkezusammensetzung zurückzuführen sein. Der

Zahnmais enthält einen höheren Anteil an Amylopektin, was eine schnellere Feuchtigkeitsabgabe ermöglicht. Im Gegensatz dazu weist die hartmaisähnliche Sorte eine höhere Dichte auf, was die Trocknung erschwert.

Fazit

Die Ergebnisse dieses Versuches könnten zu wesentlichen Verbesserungen in mehreren Schlüsselbereichen führen: Sie zeigen Wege auf, wie durch den Anbau trockenungseffizienterer Maissorten der Verbrauch fossiler Brennstoffe reduziert werden kann. Darüber hinaus legen sie nahe, das Abrechnungssystem für Körnermais zu überdenken und das Bezahlssystem durch die Berücksichtigung verschiedener Korntypen anzupassen. Solche Änderungen könnten die Effizienz und Nachhaltigkeit der Maistrocknung verbessern und damit die Wirtschaftlichkeit und Attraktivität für Landwirte und Landhändler erhöhen.

Es ist zu beachten, dass es sich hierbei um das Ergebnis eines einzigen Trocknungsversuches handelt. Um verlässliche Aussagen treffen zu können, müsste dieser Versuch wiederholt werden und das Sortenspektrum erweitert werden.

Julian Thomas

Kantstraße 32 B
97688 Bad Kissingen
thomasjulian@t-online.de



www.maiskomitee.de | www.sortenspiegel.de | www.maisprog.de | www.maisfakten.de

Folgen Sie uns: @Deutsches Maiskomitee

