

Sätechnik

Till Meinel

Kurzfassung

Landwirte passen ihre Anbaustrategien laufend an die veränderten Rahmenbedingungen für die Pflanzenproduktion an. Daraus resultierende Maßnahmen wie erweiterte Fruchtfolgen, präzisere Applikation von Startdüngern einschließlich deren Dokumentation oder breitere Anwendung mechanischer Bestandspflege erweitern die Anforderungen an Sätechnik. Neu entwickelte Drillmaschinen bieten den Landwirten flexiblere Anwendungsmöglichkeiten, z. B. bei der Verstellung von Reihenweiten und Fahrgassenabständen oder bei der gleichzeitigen Ausbringung mehrerer Saatgüter und Düngerarten. Applikationsdaten werden im ISO-XML-Format zur weiteren Verarbeitung mit einem Farmmanagement-Informationssystem bereitgestellt. Neuentwicklungen bei Einzelkornsämaschinen ermöglichen eine weitere Effizienzsteigerung. Verringerte Nebenzeiten durch zentrale Saatgutbefüllung tragen dazu ebenso bei wie der erweiterte Funktionsumfang z. B. durch die schnelle Reihenweitenverstellung für verschiedene Fruchtarten oder die Möglichkeit der flexiblen Fahrgassenanlage bei der Maisaussaat.

Schlüsselwörter

Drillmaschinen, Einzelkornsämaschinen, Reihendüngung, Fahrgassen

Seeding Technology

Till Meinel

Abstract

Farmers constantly adapt their cultivation strategies to the changed framework conditions for plant production. The resulting measures such as extended crop rotations, more precise application of starter fertilizers including their documentation or the broader use of mechanical crop maintenance expand the requirements for sowing technology. Newly developed seed drills offer the farmers more flexible application options, e. g. for adjusting row widths and tramline spacings or for applying several seeds and types of fertilizer at the same time. Application data are provided in ISO-XML format for further processing with a farm management information system. New developments in precision planters enable a further increase in efficiency. Reduced non-productive times through central seed filling also contribute to this, as does the extended range of functions, e. g. through the rapid row width adjustment for different types of crops or the option of the flexible tramline layout when sowing maize.

Keywords

Seed drills, Precision planters, Row fertilizing, Tramlines

Einleitung

Die Rahmenbedingungen für die Pflanzenproduktion verändern sich in vielen Anbauregionen durch Auswirkungen des Klimawandels. In Deutschland schränken zudem neue gesetzliche Rahmenbedingungen die Möglichkeiten des chemischen Pflanzenschutzes ein und fokussieren die Aufmerksamkeit der Landwirte auf präzisere Methoden bei der Düngung und den Einsatz mechanischer Verfahren zur Bestandspflege. Viele Landwirte verändern ihre Anbaustrategien und erweitern die Fruchtfolgen. Daraus ergeben sich neue Anforderungen an die Sätechnik, die bei einigen aktuellen Weiterentwicklungen dieser Schlüsselmaschinen für die Pflanzenproduktion bereits berücksichtigt werden. Bei Drillmaschinen kamen Neuentwicklungen auf den Markt, die dem Landwirt flexiblere Anwendungsmöglichkeiten bieten, z. B. durch leicht verstellbare Reihenweiten und Fahrgassenabstände bei mechanischen Drillmaschinen oder durch die Möglichkeit der gleichzeitigen Ausbringung mehrerer Saatgüter und Düngertypen. Hierzu dienen auch neu entwickelte Fronttanks mit erweitertem Funktionsumfang. Ähnliche Tendenzen zeigen sich bei Einzelkornsämaschinen, die für die Aussaat zusätzlicher Fruchtarten wie Soja und Raps optimiert wurden und ebenfalls flexible Fahrgassenbreiten bei gleichbleibender Präzision der Unterfußdüngung ermöglichen.

Drillsaat

Verfahren mechanischer Bestandspflege finden in der Praxis zunehmend breitere Anwendung. Daraus entsteht die Forderung, Reihenabstände bei der Drillsaat entsprechend den bevorzugten Abständen bei der mechanischen Bestandspflege einstellbar gestalten zu können. Ein flexibel handhabbares Dosiersystem für mechanische Drillmaschinen stellt HORSCH vor [1]. Das System lässt sich mit sehr geringem Aufwand für verschiedene Reihenweiten anpassen. Fahrgassenreihen können werkzeuglos durch Verschieben des Antriebsritzels geschaltet werden, **Bild 1**. Auf diese Weise lässt sich jede Säreihe als Fahrgassenreihe auswählen.

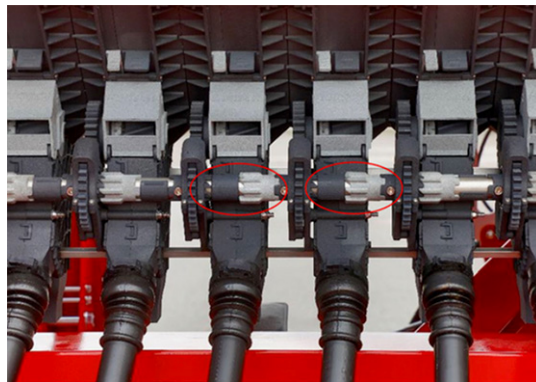


Bild 1: Werkzeuglose Einstellung einer Fahrgassenreihe, System HORSCH [1]

Figure 1: Tool-free adjustment of a tramline-row, system HORSCH [1]

Amazone stellte für die bekannte Großflächendillmaschine Primera DMC mit 9 und 12 m Arbeitsbreite ein Druckbehältersystem mit vier Teilbehältern vor, das die gleichzeitige Ausbringung von zwei Düngersorten und/oder Saatgütern in individuell einstellbaren Mengen ermöglicht [2; 3]. Die Ausbringung eines weiteren Mediums ist durch die Integration der Universal-

Drillmaschine GreenDrill zu realisieren. Die Ausrüstung der Maschine mit elektrischen Dosierantrieben ermöglicht eine Vielzahl von Funktionen wie z. B. die Saat mit ausgehobenen Scharen in nassen Senken sowie die elektronische Dokumentation der Arbeiten. Die Arbeitsdaten werden im ISO-XML-Format zur weiteren Verarbeitung mit einem Farmmanagement-Informationssystem bereitgestellt. Die gleichzeitige Ausbringung dreier Saatgüter wie z. B. Raps als Hauptfrucht im flachen Horizont, tiefer abgelegte Ackerbohnen zur Stickstofffixierung und oberflächlich platzierte Begleitpflanzen ist durch die Kombination der GreenDrill mit der Cirrus CC möglich [4].

Frontbehälter bilden bei allen wichtigen Herstellern einen flexiblen Baustein der Sätechnik und sind seit vielen Jahren auf dem Markt. Amazone bietet den Landwirten jetzt auch hinsichtlich der Elektronikausstattung flexible Wahlmöglichkeiten: Der FTender lässt sich mit vollständiger eigener ISOBUS-Elektronik ausrüsten oder alternativ mit der Elektronik aus der Sätechnik kombinieren [5]. Zur Rückverfestigung des Saatbettes zwischen den Traktorspuren kommen Reifenpacker zum Einsatz. Um zusätzliches Sichtfeld bei der Straßenfahrt zu erzielen, lässt sich der Reifenpacker in Transportstellung schwenken und in dieser angehobenen Position verriegeln. Dadurch kann der Frontbehälter um 25 cm tiefer abgesenkt werden. Pöttinger entwickelte einen flexibel konfigurierbaren Fronttank mit luftdicht verschließbarer Abdeckung (Drucksystem für höhere Fördermengen), **Bild 2**.



Bild 2: Fronttank mit Drucksystem [6]

Figure 2: Front hopper with pressurized system [6]

Der Landwirt kann wählen zwischen der reinen Saatgutausbringung und der gemeinsamen Ablage von Saatgut und Dünger (oder zweier unterschiedlicher Saatgüter) gemeinsam in einer Furche (Single Shoot). Dafür ist der Fronttank mit Einfach- oder Doppeldosierung lieferbar [6].

Einzelkornsaat

Die Saatgutbefüllung von Einzelbehältern kostet wertvolle Zeit bei der Einzelkornsaat, besonders beim Einsatz von Maschinen großer Arbeitsbreite. Mehrere Hersteller entwickelten deshalb zentrale Befüllsysteme, die eine kontinuierliche Saatgutlieferung aus einem Zentralbehälter ermöglichen [7; 8]. Väderstad bringt das System „Central Fill“ für die 12- bis 24-reihigen gezogenen Tempo L- Maschinen ab 2021 auf den Markt. Das System von Kverneland nutzt den Luftstrom des zentralen Gebläses zum Saatguttransport und arbeitet ohne Elektronik und bewegte mechanische Komponenten. Jedes Säaggregat verfügt über einen Puffertank mit 1,5 l Füllvolumen, um eine kontinuierliche Versorgung zu gewährleisten.

Der Trend zu höheren Arbeitsgeschwindigkeiten ist bei Einzelkornsämaschinen durch kurze Einsatzzeitfenster und gestiegene Anbauflächen vor allem bei der Maisaussaat besonders stark ausgeprägt [9]. Mehrere Hersteller haben Maschinen entwickelt, die zum Vereinzeln und zum Transport der Saatkörner zum Furchengrund Druckluft anwenden. Die hohen Transportgeschwindigkeiten der vereinzelt Körner von bis zu 20 m/s bei gleichzeitig hohen Arbeitsgeschwindigkeiten bis zu 20 km/h erfordern ein sicheres Fangen und Einbetten der Körner am Furchengrund. Raue, steinige Böden und Feuchtigkeit bilden die Einsatzgrenzen der hierfür eingesetzten Fangrollen und verringern die Standgenauigkeit der Pflanzen. Väderstad entwickelte eine Fangrolle mit speziell geformten Gummispeichen, die Stöße absorbieren und das Verkleben mit feuchtem Boden verringern, **Bild 3** [10]. Dadurch ergibt sich ein besserer Kontakt des Saatgutes zum Boden.



Bild 3: Flexible Fangrolle [10]

Figure 3: Flexible stop wheel [10]

Die Sojaanbaufläche wächst weltweit und hat sich in Deutschland von 2016 bis 2019 nahezu verdoppelt [11]. Um die unterschiedlichen Reihenweiten bei der Aussaat von Soja und Raps gegenüber Mais mit einer Maschine realisieren zu können, kündigt Väderstad für 2021 eine Neuentwicklung an [12]. Die Tempo L 32 sät 32 Reihen Soja und Raps mit 37,5 cm (oder 15 inch) Reihenweite. Für die Maisaussaat mit doppelter Reihenweite kann jedes zweite

Säaggrat hydraulisch angehoben und in dieser Position verriegelt werden. Um bei engen Reihenweiten verstopfungsfrei arbeiten zu können, sind die Säaggregate in Fahrtrichtung versetzt angeordnet. Row Cleaner und Tragrollen werden gegenüber der 75 cm-Variante schmaler ausgeführt.

Im Jahrbuch Agrartechnik 2019 wurde über die Möglichkeit berichtet, die Saatstärke bei der Maisaussaat auch beim Anlegen von Fahrgassen durch Verschieben von Säaggregaten beizubehalten [13]. Amazone stellt für die Einzelkornsämaschine Precea ein System vor, das Säaggregate und die zugehörigen Düngerschare zur Unterfußdüngung gleichzeitig verschiebt [2]. Hydraulikzylinder bewegen die Säaggregate neben den Fahrgassen auf 65 cm Reihenweite, wodurch 95 cm breite Fahrgassen entstehen, **Bild 4**.

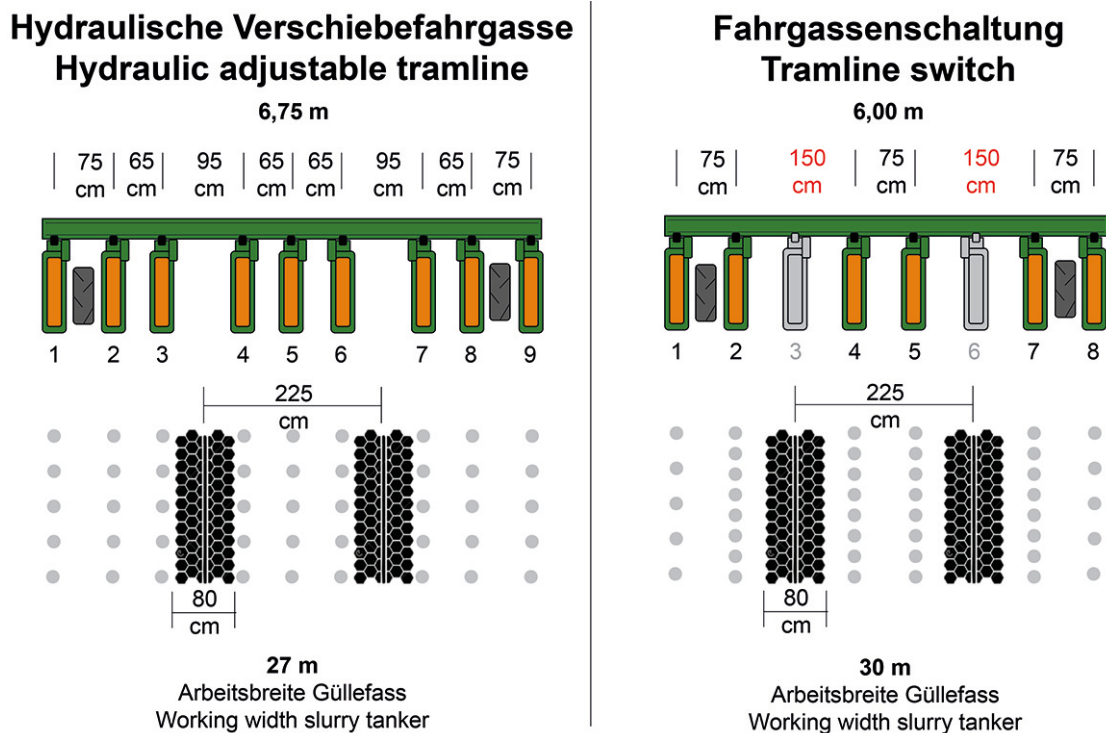


Bild 4: Fahrgassensysteme bei der Maisaussaat [2]

Figure 4: Tramline systems for Maize seeding [2]

Forschungsergebnisse

Den Einfluss der Standraumverteilung auf Durchwurzelungsintensität und Ertrag beim Silomaisanbau untersuchten Reckleben und Brandenburg [14]. In zwei Versuchsjahren untersuchten die Autoren Reihenweiten von 17,5 cm, 35 cm, 45 cm und 75 cm an einem Geest-Standort in Schleswig-Holstein. Die Reihenweiten 17,5 und 35 cm wurden mit einer Drillmaschine, 45 und 75 cm mit Einzelkornsämaschine gesät. Im Ergebnis zeigt sich, dass eine exakte Kornablage, kombiniert mit engen Reihenweiten, zu geringen Morisita-Index-Werten und hohen Masseeerträgen führt.

Dreijährige Versuchsergebnisse zur punktuellen Düngerapplikation an vier Standorten in Deutschland werden in [15] abschließend vorgestellt. Punktuelle Düngerplatzierung ist eine Möglichkeit zur Steigerung der Düngereffizienz. Bei betriebsüblicher Düngeraufwandmenge konnte ein signifikanter Ertragsvorteil durch die punktuelle Platzierung über drei Jahre nachgewiesen werden. Die punktuelle Platzierung zeigt bei 25 % reduzierter Düngeraufwandmenge keine negativen Effekte auf die Jugendentwicklung oder den Ertrag. Bei einer 50 % reduzierten punktuellen Platzierung gab es in einem zweijährigen Versuch ebenfalls keine Ertragsnachteile.

Die Wirkung verschiedener Druckrollen auf Feldaufgang und Ertrag bei der Direktsaat von Mais in Wisconsin untersuchte ein Team der University of Wisconsin-Madison [16]. An einer vierreihigen Einzelkornsämaschine 7000 von John Deere montierten die Autoren neben der originalen V-Druckrolle drei weitere After-Market Produkte verschiedener Hersteller. Der Feldaufgang verbesserte sich durch den Einsatz der After-Market Druckrollen signifikant um 2 %, der Einfluss auf den Ertrag blieb jedoch im nicht signifikanten Bereich. Die Autoren weisen darauf hin, dass die korrekte Einstellung der Druckrollen das Arbeitsergebnis vor allem unter feuchten und feinkrümeligen Bodenbedingungen stark beeinflusst.

Über die Neu- und Weiterentwicklung von Mechanismen zur Saatgutdosierung und -vereinzelung berichten mehrere Veröffentlichungen. Mitarbeiter der China Agricultural University entwickelten im Rahmen eines Projektes zur Optimierung der Aussaat von Luzerne ein Dosiergerät für Luzernesamen und stellen Simulationsergebnisse mit EDEM vor [17]. Geometrische Parameter sowie die Drehzahl werden variiert. Im optimalen Betriebspunkt erreicht der vorgestellte Zellenraddosierer Variationskoeffizienten unter 10 % bei der Saatgutdosierung.

Das Verhalten von Erbsen (*Pisum sativum*) bei der Dosierung mit Zellenrädern (Modell Buhler Verstile air cart AC600) simulierten Forscher University of Manitoba [18]. Sie verwendeten bei ihren DEM-Simulationen bis zu 18000 Körner, um möglichst praxisnahe Bedingungen zu erreichen. Das Rolling resistance contact model kam bei den Untersuchungen mit der PFC 3D-Software zum Einsatz. Der relative Fehler zwischen Realexperiment und Simulation im Drehzahlbereich von 10 bis 50 min⁻¹ betrug maximal 16,5 %.

Mit der Verbesserung des Abwurfverhaltens einer außenbefüllten Vereinzelungsscheibe bei Sojasaatgut beschäftigten sich Xue et al. [19]. Dies wird erreicht durch eine Leitkontur im Abwurfbereich, deren Formoptimierung mittels experimentellen und Simulationsmethoden die Autoren erläutern.

Die Entwicklung und den Feldtest einer vierreihigen Kombinations-Einzelkornsämaschine für Erdnüsse für die Aussaat unter Folie beschreibt [20]. Die Maschine ermöglicht eine 3-4 cm tiefe Aussaat bei einem Kornabstand von 15 cm mit Reihenweiten zwischen 25 und 35 cm. Gleichzeitig legt sie die Folie und Schläuche für die Tröpfchenbewässerung. Die Saatgutvereinzelung erfolgt nach dem bekannten Prinzip mittels Lochscheibe und Saugluft. Die vereinzelt Saatkörner werden anschließend an einen Mechanismus übergeben, der die Folie stanzt und eine Pflanzöffnung in den Boden schneidet. Abschließend präsentiert der Beitrag Testergebnisse zur Ablagegenauigkeit basierend auf dem chinesischen Standard GB/T 6973-2005: „Testing methods of single seed drills (precision drills)“.

Ein GNSS-basiertes low-cost-System für die Saatmengenregelung bei Einzelkornsämaschinen entwickelten Mitarbeiter der Universität Vicosa (Brasilien) [21]. Das System ermöglicht die beiden Modi Verwendung von Applikationskarten und Direkteingabe von Saatstärken. Die im Feldtest gemessenen Saatstärkenabweichungen sind nach Einschätzung der Autoren durch die geringen Komponentenpreise von 338 US\$ akzeptabel.

Arbeiten zur Verbesserung der Vereinzelnungsqualität eines außenbefüllten Saugluftdosierers für Feinsaatgut (Raps mit einem TKG von 2,3 g) dokumentiert [22]. Die Autoren simulieren die Vereinzelnungsqualität verschiedener Sauglochgeometrien mit Fluent und ANSYS. Prüfstandtests validieren die Simulationsergebnisse und zeigen eine maximale Ablagegenauigkeit von 90,6 %.

Bai et al. untersuchten die Wirkung einer aktiven Anpressdruckregelung an einer chinesischen Direktsaatmaschine des Typs Zhongnongji 2BJ-470B [23]. Versuchsparameter der Feldtests sind mit Geschwindigkeiten von 6, 8 und 10 km/h, einer Sätiefe von 5 cm und einem Soll-Anpressdruck von 3000 N angegeben. Als wesentliche Einflussfaktoren auf den vorhandenen Anpressdruck erkannten die Autoren wechselnde Bodenbedingungen, Bodenunebenheiten und die Geschwindigkeit. Die gemessenen Anpressdrücke sinken bei steigender Geschwindigkeit.

Chinesische Wissenschaftler arbeiten an einer Technologie für die Einzelkornsaat im Nassreisanbau, die gegenüber der herkömmlichen Pflanztechnologie Kosten und Arbeitsaufwand sparen sowie eine höhere Ertragssicherheit ermöglichen soll. Einen Vereinzelnungsmechanismus für die Direktsaat von Nassreis stellt [24] vor. Die Vereinzelnung arbeitet mit innen befüllten Lochscheiben und Unterdruck. Um Brückenbildung im Reissaatgut zu vermeiden und eine kontinuierliche Befüllung der Sälöcher zu gewährleisten, montierten die Autoren Röhrelemente auf der Säscheibe. Die Geometrie dieser Elemente wurde mittels EDEM-Simulation und Prüfstandtests optimiert.

Die exakte Sortierung von Maiskörnern mit einer Kombination aus mechanischer Vibration und Bildverarbeitung beschreiben Zhao et al. [25]. Ein Convolutional Neural Network (CNN) wurde mittels deep learning durch einen Vergleich mehrerer Auswahlmodelle der Maiskörner optimiert. Die besten Ergebnisse erzielte das „Faster R-CNN“ Modell, das sich nach Ansicht der Autoren auch für weitere Anwendungsfälle in der Landwirtschaft bis hin zur Sortenerkennung nutzen lässt.

Ein System zur gleichmäßigen Ausrichtung von Maissaatgut bei der Kornablage entwickelten Bai et al. [26]. Das System soll erreichen, Maissaatgut mit seiner Längsachse quer zur Särichtung und mit seinem Keimling nach oben in der Furche abzulegen. Eine Kamera ermittelt die Ausgangsposition der Saatkörner und liefert das Eingangssignal für die Ansteuerung einer Luftdüse, die per Luftstrahl die Körner bei Bedarf in die richtige Position dreht.

Die Ermittlung des Auflaufzeitpunktes bei Mais mittels Kamerabildern von Drohnen beschreibt [27]. Die besten Ergebnisse erzielten die Forscher während der ersten beiden Wochen nach dem Auflaufen bis zum Zweiblattstadium der Maispflanzen.

Untersuchungen mit drei kommerziell verfügbaren Sensoren zur Messung des Bodenwasserghaltes in ihrer Werkseinstellung sind in [28] veröffentlicht. Die Sensoren kamen in drei Tiefen

und in verschiedener Orientierung beim konventionellen Maisanbau in Bushland, Texas, über eine Anbauperiode 2018 zum Einsatz. Die von den Sensoren gelieferten Daten ergaben bis 15 cm Tiefe zufriedenstellende, in 46 und 76 cm Tiefe gute Ergebnisse. Allerdings hatte die Orientierung der Sensoren im Boden (horizontal oder vertikal) großen Einfluss auf die Messwerte.

Vergleichende Untersuchungen zur Messgenauigkeit dreier handelsüblicher Bodenfeuchtesensoren veröffentlichten Feng und Sui [29]. Die Sensortypen CS655 (TDR, Hersteller Campbell Scientific), GS1 (FDR, Meter Group) und TDR315 (TDR, Acclima) wurden in verschiedenen Bodenbedingungen des US-Bundesstaates Mississippi im Feld und unter Laborbedingungen angewendet. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Sensoren gute Ergebnisse liefern, wenn sie sorgfältig kalibriert wurden.

Wang und Jun beschreiben mechanische Eigenschaften der feinkörnigen Saatgüter Raps und Hirse [30], die eine wesentliche Voraussetzung für die Optimierung von Vereinzlungsaggregaten darstellen.

Statische und dynamische Reibwerte von Mais- und Weizen untersuchten Chen et al. mittels Schwingtribometer UMT TriboLab (Fa. Bruker) [31]. Sie geben Reibwerte Korn-Stahl, Korn-Acryl und Korn-Korn an und entwickelten eine Messmethodik, die für weitere Saatgutarten ebenfalls einsetzbar ist.

Zusammenfassung

Bei Drillmaschinen stellt der Beitrag eine neu entwickelte mechanische Maschine mit flexibel verstellbaren Reihenweiten und Fahrgassenbreiten vor. Neue und weiterentwickelte Tank-, Dosier- und Schar Komponenten gestatten die gleichzeitige und individuell regelbare Ausbringung mehrerer Saatgut- und Düngerarten in pflanzenbaulich sinnvollen Ablagehorizonten.

Maschinen zur Einzelkornsaat wurden effizienter und einsatzsicherer. Hierzu präsentiert der Beitrag neue zentrale Befüllsysteme und optimierte Fangrollen zur Saatguteinbettung. Einzelkornsämaschinen mit versetzt angeordneten und hydraulisch aushebbaren Säaggregaten gestatten die Aussaat von Mais, Soja oder Raps in verschiedenen Reihenweiten (z. B. 75 und 37,5 cm) ohne Umbauarbeiten. Die Anlage von Fahrgassen für verschiedene Spurweiten und Reifenbreiten bei Einzelkornsämaschinen ermöglichen hydraulisch verschiebbare Säaggregate und Düngerschare.

Aktuelle Forschungsergebnisse präsentieren den Einfluss pflanzenbaulicher und technischer Parameter auf Jugendentwicklung und Ertrag von Silomais. Dazu gehören Standraumverteilung, punktuelle Düngerapplikation, Gestaltung der Druckrollen und die Anpressdruckregelung der Säaggregate. Mehrere Veröffentlichungen stellen Simulationen und Laboruntersuchungen an Dosiermechanismen für Luzerne, Erbsen, Reis, Soja und Feinsaatgüter vor. Entwicklungsergebnisse im Bereich der Einzelkornsaat betreffen eine Kombinations-Einzelkornsämaschine für Erdnüsse für die Aussaat unter Folie sowie ein GNSS-basiertes low-cost-System für die Saatmengenregelung. Vergleichende Untersuchungen zur Genauigkeit von Bodenfeuchtesensoren sowie Arbeiten zur Ermittlung mechanischer Saatguteigenschaften von Raps, Hirse, Mais und Weizen ergänzen dieses Kapitel.

Literatur

- [1] Bultmann, H.: Neuheitenübersicht Sätechnik HORSCH Maschinen GmbH, persönliche Mitteilung, 04.01.2021.
- [2] Lummer, B.: Neuheitenübersicht Sätechnik Amazonen - Werke. Hasbergen, persönliche Mitteilung, 15.12.2020.
- [3] N.N.: Prospekt Primera FDC DMC; Amazonen - Werke. Hasbergen 2019.
- [4] N.N.: Alle guten Dinge sind drei: Triple-Shoot mit Cirrus-CC. Hasbergen. URL – <https://amazone.de/de-de/service-support/fuer-medien/presse-meldungen/aktuell/alle-guten-dinge-sind-drei-triple-shoot-mit-cirrus-cc-310192>, Zugriff am 04.01.2021.
- [5] N.N.: Frontbehälter FTender 1600 und 2200. URL – <https://amazone.de/de-de/service-support/fuer-medien/presse-meldungen/presse-archiv-2019/front-behaelter-ftender-1600-und-2200-70502>, Zugriff am 04.01.2021.
- [6] N.N.: AEROSEM FDD: Neue Fronttank-Sämaschine. Einzigartige Technologie für höchste Einsatzflexibilität. Grieskirchen. URL – https://www.poettinger.at/de_de/news-room/presse/?id=SM, Zugriff am 14.01.2021.
- [7] N.N.: Introducing central-fill to the high-speed Tempo planter. URL – <https://www.vaderstad.com/en/about-us/news/news-archive/2019/international/introducing-central-fill-to-the-high-speed-tempo-planter/>, zuletzt aktualisiert am 03.10.2019, Zugriff am 07.01.2021.
- [8] Potthast, A.: Zentraler Saatguttank der Kverneland Optima TFprofi SX. Gesteigerte Effizienz bei der Maisaussaat. Kverneland Group Deutschland GmbH, Soest, 2020.
- [9] Meinel, T.: Sätechnik. In: Jahrbuch Agrartechnik 2017, Bd. 29, S. 1-11. URL – <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151505>, Zugriff am 05.01.2021.
- [10] Hovnert, M.: Väderstad launches a new innovative stop wheel for the Tempo planter. URL – <https://www.vaderstad.com/en/about-us/news/news-archive/2020/international/vaderstad-launches-a-new-innovative-stop-wheel-for-the-tempo-planter/>, Zugriff am 05.01.2021.
- [11] Ahrens, S.: Anbaufläche von Sojabohnen in Deutschland bis 2019. URL – <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1172777/umfrage/anbauflaeche-sojabohnen-deutschland/>, Zugriff am 07.01.2021.
- [12] Ektander, V.: Väderstad's Tempo L 32 will be the largest Tempo planter yet. URL – <https://www.vaderstad.com/en/about-us/news/news-archive/2020/international/vaderstads-tempo-l-32-will-be-the-largest-tempo-planter-yet/>, Zugriff am 07.01.2021.
- [13] Meinel, T.: Sätechnik. In: Jahrbuch Agrartechnik 2019, Bd. 31, S. 1–13. URL – <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202001201529-0>, Zugriff am 07.01.2021.
- [14] Reckleben, Y. und Brandenburg, B.: Standraumverteilung bei Mais und deren Einfluss auf die Durchwurzelung und Nährstoffausnutzung. In: LANDTECHNIK 74 (6), S. 136-144. URL – <https://doi.org/10.1515/lt.2019.3215>, Zugriff am 07.01.2021.

- [15] Bouten, M.; Meinel, T. und Kath-Petersen, W.: Effekte einer punktuellen Düngerapplikation in Mais. In: LANDTECHNIK 75 (4), S. 206-216. URL – <https://doi.org/10.15150/lt.2020.3246>, Zugriff am 07.01.2021.
- [16] Drewry, J. L.; Luck, B. D. und Arriaga, F. J.: Impact of planter closing wheels on corn emergence in No-till systems. In: Applied Engineering in Agriculture 36 (5), S. 727-732. URL – <https://doi.org/10.13031/aea.13957>, Zugriff am 08.01.2021.
- [17] Xu, P. et al.: Optimized Design of Cone-hole Wheel Type Seed Metering Device Based on EDEM. In: ASABE Meeting Presentation 2020, S. 1-7. URL – <https://doi.org/10.13031/aim.202000501>, Zugriff am 08.01.2021.
- [18] Guzman, L. J.; Chen, Y. und Landry, H.: Discrete element modeling of seed metering as affected by roller speed and damping coefficient. In: Transactions of the ASABE 63 (1), S. 189-198. URL – <https://doi.org/10.13031/trans.13152>, Zugriff am 08.01.2021.
- [19] Xue, P. et al.: Design and test of a double-curved guiding groove for a high-speed precision seed metering device. In: Transactions of the ASABE 63 (5), S. 1349-1360. URL – <https://doi.org/10.13031/trans.13331>, Zugriff am 08.01.2021.
- [20] Kang, J. et al.: Design and testing of a punching-on-film precision hole seeder for peanuts. In: Transactions of the ASABE 63 (6), S. 1685-1696. URL – <https://doi.org/10.13031/trans.13967>, Zugriff am 11.01.2021.
- [21] Coelho, A. L. F. et al.: Development of a variable-rate controller for a low-cost precision planter. In: Applied Engineering in Agriculture 36 (2), S. 233-243. URL – <https://doi.org/10.13031/aea.13784>, Zugriff am 11.01.2021.
- [22] Liu, L.; Yuefeng Du, Y. und Wang, L.: Design and Experiment of Pneumatic Roller Type Seed-Metering Device with Small Particle Size. In: ASABE Meeting Presentation 2020, S. 1-11. URL – <https://doi.org/10.13031/aim.202000276>, Zugriff am 11.01.2021.
- [23] Bai, H. et al.: Research on pressure regulation performance of electro-hydraulic control system of planter in field. In: ASABE Meeting Presentation 2020, S. 1-5. URL – <https://doi.org/10.13031/aim.202000555>, Zugriff am 11.01.2021.
- [24] Xing, H. et al.: Design an experimental analysis of a stirring device for a pneumatic precision rice seed metering device. In: Transactions of the ASABE 63 (4), S. 799-808. URL – <https://doi.org/10.13031/trans.13096>, Zugriff am 11.01.2021.
- [25] Zhao, C. et al.: Precise selection and visualization of maize kernels based on electromagnetic vibration and deep learning. In: Transactions of the ASABE 63 (3), S. 629-643. URL – <https://doi.org/10.13031/trans.13389>, Zugriff am 11.01.2021.
- [26] Bai, H. et al.: Research on simulation test of corn orientation part based on EDEM. In: ASABE Meeting Presentation 2020, S. 1-6. URL – <https://doi.org/10.13031/aim.202000450>, Zugriff am 11.01.2021.
- [27] Vong, C. N. et al.: Estimating Corn Emergence Date using UAV-based Imagery. In: ASABE Meeting Presentation 2020, S. 1-11. URL – <https://doi.org/10.13031/aim.202000473>, Zugriff am 11.01.2021.

- [28] Chen, Y. et al.: Factory-calibrated soil water sensor performance using multiple installation orientations and depths. In: Applied Engineering in Agriculture 36 (1), S. 39-54. URL – <https://doi.org/10.13031/aea.13448>, Zugriff am 11.01.2021.
- [29] Feng G. und Sui, R.: Evaluation and calibration of soil moisture sensors in undisturbed soils. In: Transactions of the ASABE 63 (2), S. 265-274. URL – <https://doi.org/10.13031/trans.13428>, Zugriff am 11.01.2021.
- [30] Wang, Z. und Jun, C.: The Physical Parameters and Mechanical Properties of Small Round Seeds for Air Suction Precision Seed Metering Device. In: ASABE Meeting Presentation 2020, S. 1-8. URL – <https://doi.org/10.13031/aim.202000406>, Zugriff am 11.01.2021.
- [31] Chen, Z.; C. Wassgren, C. und Ambrose, R. P. K.: Measurements of grain kernel friction coefficients using a reciprocating-pin tribometer. In: Transactions of the ASABE 63 (3), S. 675-685. URL – <https://doi.org/10.13031/trans.13748>, Zugriff am 11.01.2021.

Autorendaten

Prof. Dr.-Ing. Till Meinel ist stellvertretender Institutsdirektor am Institut für Bau- und Landmaschinentechnik Köln der Technischen Hochschule Köln.

<p>Bibliografische Angaben / Bibliographic Information</p> <p>Wissenschaftliches Review / Scientific Review Erfolgreiches Review am 12.02.2021</p> <p>Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2020. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2021. S. 1-11</p> <p>Zitierfähige URL / Citable URL https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202012111245-0</p> <p>Link zum Beitrag / Link to Article https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2020/chapter/saetechnik.html</p> <p>Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.</p>
--