

Sätechnik

Till Meinel

Kurzfassung

Die globale Nachfrage nach Präzisionssätechnik mit neuen und erweiterten Funktionen wird nach Ansicht amerikanischer Marktforscher bis 2032 jährlich um ca. 10% wachsen. Hersteller dieser Maschinen nutzen neueste Technologien, um Präzision, Schlagkraft, Flexibilität und Funktionsumfang weiter zu steigern. Als Beispiele für die Drilltechnik seien die gleichzeitige Aussaat mehrerer Kulturen in unterschiedlichen Ablagetiefen sowie die automatische Regelung der Ablagetiefe genannt. Bei Einzelkornsämaschinen illustrieren Bandlaufwerke zur Senkung des Bodendrucks einerseits und die kamerabasierte Überwachung der Ablagequalität andererseits die Bandbreite der hier vorgestellten Innovationen. Ebenso vielfältig sind die Themen aktueller Forschungsprojekte - sie reichen von betriebswirtschaftlichen Effekten einer definierten Ausrichtung der Maiskörner bis zu neuen Strategien für die Regelung der Ablagetiefe.

Schlüsselwörter

Drillmaschinen, Einzelkornsämaschinen

Seeding Technology

Till Meinel

Abstract

According to American market researchers, global demand for precision seeding technology with new and expanded functions will grow by around 10% annually until 2032. Manufacturers of these machines are using the latest technologies to further increase precision, efficiency, flexibility and range of functions. Examples of seed drill technologies include the simultaneous sowing of several crops at different seeding depths and automatic control of the depth. In precision seeders, belt drives to reduce soil pressure on the one hand and camera-based monitoring of the planting quality on the other hand illustrate the range of innovations presented. The topics of the research projects presented are just as diverse - they range from the economic effects of a defined corn seed orientation to new strategies for controlling the seeding depth.

Keywords

Seed drills, Precision seeders

Einleitung

Die weltweite Nachfrage nach Präzisionssätechnik steigt durch technische Fortschritte und die zunehmende Einführung intelligenter Produktionsmethoden in der Landwirtschaft. Zu diesem Schluss kommt eine aktuelle Studie des US-Marktforschungsunternehmens reliable research reports [1]. Die Notwendigkeit, Ernteerträge zu optimieren bei gleichzeitiger Senkung der Inputkosten trägt zur Steigerung der Nachfrage bei. Weitere Wachstumstreiber sind nach Meinung der Autoren der zunehmende Fokus auf nachhaltige Produktionstechnologien in der Landwirtschaft sowie die Einführung innovativer Funktionen in Sämaschinen, wie etwa GPS-basierte automatische Regelung von Saatmenge und -tiefe. Besonders gefragt sind künftig Sämaschinen, die mehrere Saatgüter verarbeiten können und die mit erweiterten Automatisierungsfunktionen wie z. B. variable Saatmengen ausgestattet sind. Eine Studie von Global Market Insights prognostiziert für den weltweiten Markt für Präzisionssätechnik bis 2032 jährliche Wachstumsraten von 10,1%. Das weltweite Marktvolumen wächst demnach von rund 5,2 Mrd. US-\$ im Jahr 2022 auf 10 Mrd. US-\$ im Jahr 2032 [2].

Drillsaat

Dosiergeräte sind eine Kernkomponente der Drillmaschinen. Sie sind verantwortlich für die Einhaltung der geforderten Ausbringmenge des Saatgutes, Düngers oder Pflanzenschutzmittels wie z. B. Schneckenkorn. Ihr Aufbau beeinflusst in starkem Maße die Grenzen der Ausbringmenge sowie die Bedienerfreundlichkeit, z. B. beim Abdrehen und beim Entleeren der Restmenge. Die Hersteller passen die Dosiergeräte ständig den Kundenwünschen und Markterfordernissen an und entwickeln sie weiter. An dieser Stelle wurde bereits mehrfach über ähnliche Entwicklungen berichtet [3]. Kuhn entwickelte in Kooperation mit Rauch eine neue Dosiergerätegeneration für Drillmaschinen, **Bild 1**. Entwicklungsziele waren eine maximale Ausbringmenge von 500 kg/ha bei 15 km/h Arbeitsgeschwindigkeit sowie ein hoher Bedienkomfort. Diese Werte erreicht das System in Kombination mit einem Drucktank.



Bild 1: Dosiergerät OPTISEED von KUHN mit demontierter Zellenradkassette [4].

Figure 1: Metering device OPTISEED from KUHN with dismantled cell wheel cassette [4].

Die zu verwendende Zellenradkassette wird dem Bediener im Display angezeigt, nachdem er alle notwendigen Auftragsdaten (Saatgutart, Ausbringmenge, Geschwindigkeit) eingegeben hat. Kuhn bietet dieses System aktuell für den Doppelkammer- Fronttank TF 2300C an. Jeder

Behälter dieser Maschine ist mit zwei voneinander unabhängigen Dosierorganen ausgestattet. Die beiden einzeln dosierten Produkte können anschließend gemischt oder getrennt ausgebracht werden [5]. Ein ähnliches System stellt Lemken vor [6]. Die Maschine weist 2.400 l im Drucktanksystem auf und bietet Anbaumöglichkeiten für einen optionalen Reifenpacker oder Zusatzgewichte.

Amazone stellte 2023 einen Verteilerkopf für pneumatische Drillmaschinen mit 54 Abgängen für Saatleitungen vor [7]. Dieses System wurde um zwei größere Modelle ergänzt: Mit 64 Abgängen für 8 m und mit 72 Abgängen für 9 m Arbeitsbreite mit je 12,5 cm Reihenabstand [8]. Die integrierten Einzelreihenabschaltungen ermöglichen mittels einer erweiterten Software Mehrfachreihenabstände (25; 37,5... cm) sowie frei konfigurierbare Fahrgassen. Spurweite, Spurbreite sowie Arbeitsbreite der Pflegemaschine können von der Traktorkabine aus frei gewählt werden. Zusätzliche Einstell- oder Montagearbeiten an der Drillmaschine sind für die Umstellung der Fahrgassenrhythmen nicht erforderlich.

Die gleichzeitige Aussaat mehrerer Kulturen in unterschiedlichen Ablagetiefen steht weiterhin im Fokus der Weiterentwicklung bei Drillmaschinen. Lemken stellt Aufbaudrillmaschinen mit 3 und 4 m Arbeitsbreite vor, die mit drei Tankeinheiten von 1.200, 800 und 200 l ausgestattet werden können. Die Kinematik der parallelogrammgeführten Doppelscheibenschare ermöglicht es, Schardruck und Ablagetiefe unabhängig voneinander einzustellen. Verschiedene Kulturen lassen sich dadurch in der jeweils passenden Ablagetiefe ablegen bei gleichzeitiger Einhaltung eines optimalen, an Fahrgeschwindigkeit und Bodenverhältnisse angepassten Schardruckes [9].

Die automatische Regelung der Ablagetiefe ist eine Technologie, die für Einzelkornsämaschinen bereits zum Stand der Technik gehört und die aktuell von mehreren Herstellern für Drillmaschinen entwickelt wird. Novag rüstet die Direktsaatmaschinenbaureihe T-Force Plus serienmäßig mit diesem System aus [10]. Mehrere Sensoren messen die Restkraft zwischen Andruckrollen und Boden (Auflagedruck). Basierend auf dem gemittelten Eingangssignal dieser Sensoren passt die Regelung den hydraulischen Schardruck für alle Schare in Echtzeit an [11].

Einzelkornsaat

Das sichere Schließen der Saatsfurche stellt unter schweren Bodenbedingungen und bei der Arbeit am Hang eine besondere Herausforderung bei der Einzelkornsaat dar. Amazone stellte für diese Bedingungen eine neue Kombination aus Sternscheibenzustreicher und Monodruckrolle vor, **Bild 2**. Nach Werksangaben sorgt diese Werkzeugkombination für ein sicheres Schließen der Saatsfurche sowohl unter schweren Bodenverhältnissen als auch im Fall von Abdrift bei Fahrten am Hang [8].



Bild 2: Sternscheibenzustreicher und Monodruckrolle [8].

Figure 2: Star disc coverer and Mono - press wheel [8].

Väderstad bietet mit der Tempo K eine 24-reihige Einzelkornsämaschine mit 30" (76,2 cm) Reihenabstand mit Raupenlaufwerken für den nordamerikanischen Markt an. Die Maschine weist eine dreiteilige Klappkinematik auf. Die Seitenteile passen sich durch doppelte Stützräder der Bodenkontur an. Dieses Fahrwerkskonzept ermöglicht die Übertragung des hohen Maschinengewichtes von maximal 19,5 t mit relativ niedrigem Bodendruck [12].

Zwei Systeme zur punktgenauen Düngerapplikation bei der Einzelkornsämaschine wurden in den letzten Jahren vorgestellt: Kverneland PUDAMA [13] und Amazone FertiSpot [14]. Beide Hersteller präsentieren Feldversuchsergebnisse, die die positiven Auswirkungen hinsichtlich der Düngereinsparung belegen. Kverneland legte an 30 Standorten in sechs europäischen Ländern Feldversuche unter Praxisbedingungen an. Die Ergebnisse zeigen einen Anstieg des Relativvertrages um 1,5 % bei der punktgenauen Düngerapplikation mit 75 % Düngermenge gegenüber der kontinuierlichen Düngerapplikation mit 100 % Düngermenge [15]. Amazone berichtet von einer Steigerung um 1 % unter vergleichbaren Applikationsbedingungen [16].

Amazone stellt für die Einzelkornsämaschine Precea Düngerschare mit verbessertem Bedienkomfort vor [17]. Die Kinematik der Schare ist so aufgebaut, dass die gewünschte Differenz zwischen Korn- und Düngerablagertiefe nur einmal einzustellen ist. Bei jeder Verstellung der Kornablagertiefe passt sich die Düngerablagertiefe mit konstanter Differenz entsprechend an.

John Deere entwickelt ein kamerabasiertes System zur Überwachung der Ablagertiefe bei der Einzelkornsämaschine, **Bild 3** [18]. Die Bildauswertung dient sowohl der Überwachung der Kornver-einzelung und -abstände als auch der Ablagertiefe.

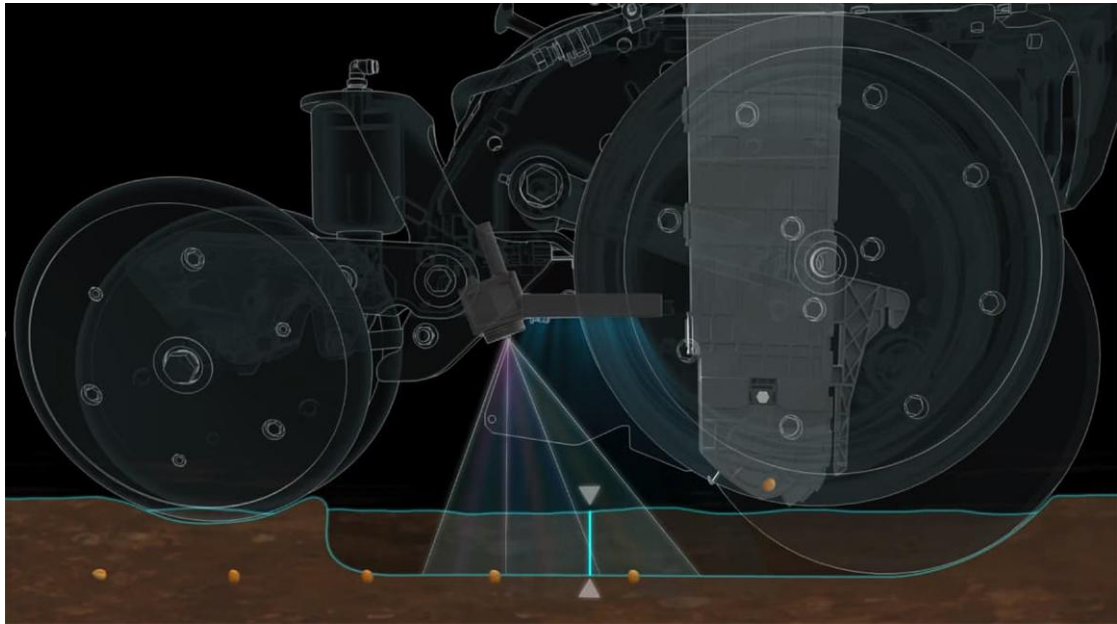


Bild 3: Kamerabasierte Überwachung der Ablagequalität bei Einzelkornsämaschinen [18].
Figure 3: Camera-based monitoring of placement quality in precision seed drills [18].

Forschungsergebnisse

Die großen Fortschritte bei der Genauigkeit der Saatgutvereinzelung und -platzierung machten eine Anpassung der Teststandards erforderlich. Eine mit Industrievertretern und Wissenschaftlern besetzte Arbeitsgruppe erarbeitete den ASABE Standard S658 und veröffentlichte diesen im Dezember 2023 [19]. Er trägt den Titel "Singulating Seeding Equipment Test Methods" [20]. Der Standard besteht aus folgenden drei Teilen: Part 1: General Information; Part 2: Monitoring Systems Performance sowie Part 3: Seed Spacing Performance. Unterlagen zur automatisierten Datenauswertung im Excel - Format stehen auf der ASABE - Website zum Download bereit [21].

Vier Einzelkornsämaschinen mit 75 cm Reihenweite und 8 oder 9 Reihen unterzog die Zeitschrift profi in Kooperation mit dem Institut für Landtechnik der Universität Bonn im Jahr 2024 einem Praxistest bei der Maisaussaat mit gleichzeitiger Reihendüngung. Die Ergebnisse sind in [22] und [23] publiziert. Die Tests umfassen Labor- und Feldversuche zur Kornvereinzelung sowie Feldversuche zur Dünger- und Mikrogranulatverteilung bei Arbeitsgeschwindigkeiten von 12; 15 und 18 km/h.

Gilcher und Heinold veröffentlichten Ergebnisse zum Ertragsoptimum bei Winterweizen nach der Einzelkorn- und Drillsaat, **Bild 4** [18]. Die höchsten Erträge erreichte die Variante Einzelkornsaat bei Kornabständen von 2-3 cm. Bei Raps zeigten sich in Nordamerika ebenfalls Ertragsvorteile bei der Einzelkornsaat im Vergleich zur Drillsaat.

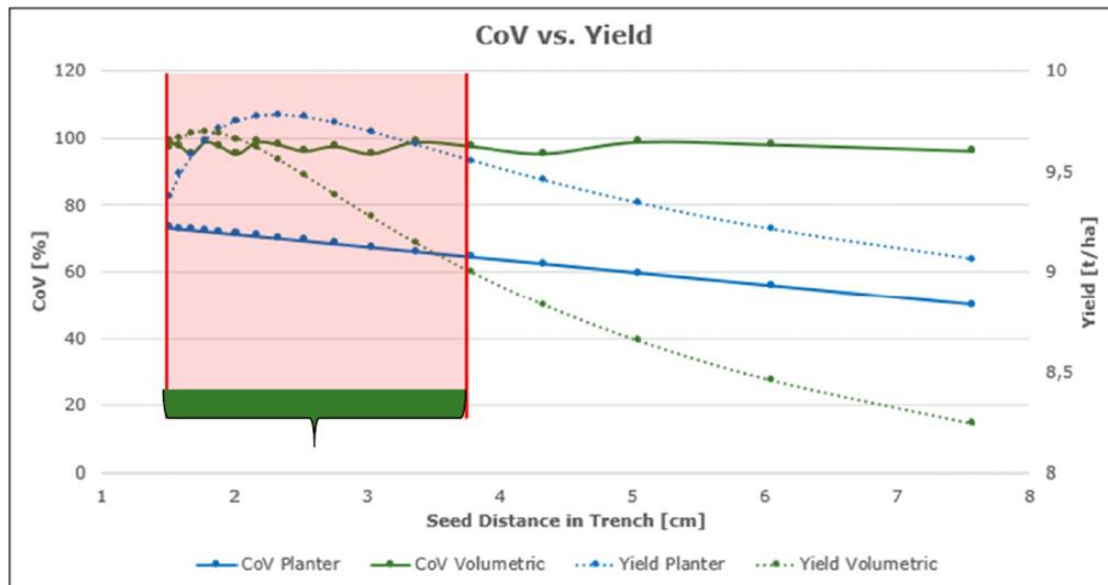


Bild 4: Ertrag und Standardabweichung bei der Aussaat von Winterweizen [18].

Figure 4: Winter wheat yield and standard deviation [18].

Ein zylinderförmiges Vereinzlungssystem für Winterweizensaatgut untersuchten Abdallah et al [24]. Für die sechsreihige Version erreichte man in Laborversuchen einen Vereinzlungsindex $>90\%$. Im Feld betrug der Variationskoeffizient der Kornabstände $3,43\%$.

Lu et al untersuchten die Arbeitsqualität einer sphärisch geformten, gezahnten Druckrollenvariante bei der Einzelkornsaat mittels Laborversuchen in der Bodenrinne sowie DEM-Simulationen [25]. Einflussfaktoren der Untersuchungen waren neben der Arbeitsgeschwindigkeit der Anstellwinkel, die seitliche Verschiebung sowie die Eindringtiefe der Druckrolle. Als Messgrößen dienten die Bewegung der Bodenaggregate, die wirkenden Kräfte sowie die Arbeitsqualität.

Die Auswirkungen von Kurvenkompensation bei der Einzelkornsaat mit elektrisch angetriebenen Vereinzlungsaggregaten dokumentiert [26]. Auf unterschiedlich großen und geformten Produktionsflächen ermittelten die Autoren die Größe der mit Kurvenkompensation bepflanzten Flächenanteile sowie die potenziellen Kosteneinsparungen bei Verwendung einer mit dieser Technologie ausgestatteten Einzelkornsämaschine. Auf den untersuchten Feldern wurde die Kurvenkompensation auf $4,7\%$ - $12,1\%$ der Fläche aktiviert. Die Ergebnisse zeigen eine Kostenersparnis von 16 - 212 US-\$ pro Hektar bei Verwendung der Kurvenkompensationsfunktion.

Die betriebswirtschaftlichen Effekte einer definierten Ausrichtung der Maiskörner während der Einzelkornsaat untersuchte ein Team unter Leitung von Wissenschaftlern der Oklahoma State University [27]. Im Ergebnis fünfjähriger Feldversuche zeigte sich, dass Mehrkosten von $\$32.000$ für die notwendige Technik zur Ausrichtung der Maiskörner bereits ab einer jährlichen Maisanbaufläche von 647 ha betriebswirtschaftlich sinnvoll sind. Mehrkosten von $\$96.000$ führten bei Großbetrieben mit 1295 ha Maisanbaufläche zu einem ausgeglichenen betriebswirtschaftlichen Ergebnis im Vergleich zur betriebsüblichen Aussaatmethode.

Ein Team der Anhui Agricultural University Hefei (China) beschäftigte sich mit der Reduzierung der Schwingungen, die eine aktiv angetriebene Bodenbearbeitungskombination (Tiefenlockerer + Kreiselegge) auf eine aufgesattelte Direktsaat- Einzelkornsämaschine überträgt [28]. Basierend auf einer Matlab/Simulink- Simulation fertigte man optimierte Feder- Dämpfer- Elemente. Feldtests mit diesen Elementen führten zu Verringerungen der Schwingungen in den drei Hauptachsen zwischen 14,3 und 16,4%.

Einen Prüfstand für Saugluft - Vereinzlungsaggregate für kleine Gemüsesamen mit 0,5 – 3 mm Partikeldurchmesser entwickelte ein chinesisches Forscherteam [29]. Er ist mit Kamerasensoren und Bilderkennungstechnologie ausgerüstet. Die Saatgut-zählung erfolgt mittels Kamera, während die Bilderkennung Doppel- und Fehlstellen sowie die Flugbahn der Saatkörner dynamisch in Echtzeit überwachen kann. Laborversuche zeigten folgende Genauigkeiten der Überwachungsfunktionen: Saatgut-zählung > 97%; Doppelstellen: > 93%. Größe, Form und Abstand der Saatkörner beeinflussen die Messqualität nur in geringem Maße.

Die geometrische Optimierung des Fallrohres eines Kornvereinzlungssystems für Mais wird in [30] beschrieben. Die Partikelführungseigenschaften untersuchte man mittels DEM- Simulationen für verschiedene Phänotypen von Maiskörnern. Die Simulationsergebnisse verifizierten die Forscher durch Prüfstandstests und Feldversuche. Optimale Ablagegenauigkeiten erzielte man bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 7,2 km/h. Fallrohre mit optimierter Kontur erzielten im untersuchten Geschwindigkeitsbereich von 7,2 – 14,4 km/h geringere Variationskoeffizienten der Kornabstände als die Serienkomponenten der Direktsäaggregate der Bauart Weichai Lovol 2BMQE-2B.

Die Befüllung eines Vereinzlungsaggregates für Mais bei geringer Restmenge im Saatgut-tank optimierten chinesische Ingenieure der Shandong University of Technology, Zibo [31]. Dieses Thema ist besonders relevant für die Bestellung kleiner Flächen sowie Parzellen in Zuchtfirmen. Die Leistungsfähigkeit von drei optimierten mechanisch- pneumatischen Systemen simulierte man mit EDEM, wobei die durchschnittliche kinetische Energie in der Füllzone als Kriterium diente. Auf einem Prüfstand untersuchte man die Vereinzlungsgenauigkeit dieser Systeme in einer vollfaktoriellen Versuchsreihe. Variiert wurden dabei die Rotationsgeschwindigkeit der Säscheibe und der Saugdruck.

Den Einfluss verschiedener Messverfahren der Arbeitsgeschwindigkeit auf die Ablagegenauigkeit elektrisch angetriebener Einzelkornsämaschinen unter verschiedenen Feldbedingungen untersuchte ein chinesisches Autorenteam [32]. Verglichen wurden GPS- Messung mit und ohne RTK; Drehzahlsensor und Dopplerradars bei der Aussaat auf Feldern mit und ohne Bodenbearbeitung bei Arbeitsgeschwindigkeiten von 4 - 10 km/h. RTK-GPS erwies sich unter allen Bedingungen als das am besten geeignete Geschwindigkeitsmesssystem.

Zwei Strategien für die Regelung der Ablagetiefe bei Einzelkornsämaschinen sind in [33] beschrieben. Bodenfeuchtigkeit und Schüttdichte sowie deren Wechselwirkung haben bei unterschiedlichen Saattiefen einen signifikanten Einfluss auf den Schardruck. Ein mathematisches Modell für Schardruck, Saattiefe, Schüttdichte des Bodens und Bodenfeuchtigkeit wurde erstellt. In Feldversuchen verglich man zwei Regelstrategien für den Schardruck bei einer Ar-

beitsgeschwindigkeit von 6 km/h: (a) auf Basis gemessener und vorhergesagter Bodenparameter und (b) Steuerung basierend auf Kraftmesswerten an der Tiefenführungsrolle. Die höchste Genauigkeit zeigte sich bei der Variante (a). Dies deutet darauf hin, dass nach einer Echtzeitmessung von Bodendichte und Feuchtigkeitsgehalt die Ablagetiefe sehr genau geregelt werden kann

Die geometrischen Eigenschaften von Weizensamen beschreiben die Autoren einer Studie mit DEM- Modellen, die zwischen 7 und 23 Ellipsoide aufweisen [34]. Modelle mit 7 – 11 Sphären stellen einen guten Kompromiss zwischen Genauigkeit und Rechenleistung für einfache Anwendungen wie z.B. Schüttwinkelsimulation dar. Die Modellierung komplexerer Prozesse mit guter Genauigkeit wie z.B. Saatgutrocknung in einer Siebtrommel erfordern Modelle mit 15 – 23 Sphären.

Zusammenfassung

Aktuelle Entwicklungen bei Technik für die Drillsaat betreffen Volumendosiergeräte mit verbessertem Bedienkomfort sowie neue Fronttanks mit erweitertem Funktionsumfang. Verteilerköpfe für pneumatische Drillmaschinen mit bis zu 72 Abgängen und der Möglichkeit für konfigurierbarer Fahrgassen werden vorgestellt. Der Beitrag stellt technische Lösungen für die gleichzeitige Aussaat mehrerer Kulturen in unterschiedlichen Ablagetiefen sowie die automatische Regelung der Ablagetiefe vor.

Themen im Bereich der Einzelkornsaat sind Werkzeuge zum sicheren Furchenschluss bei schweren Böden, Raupenlaufwerke für Großmaschinen, Feldversuchsergebnisse zur punktgenauen Düngerapplikation, Düngerschare mit automatischer Tiefenanpassung an die Ablagetiefe sowie ein kamerabasiertes System zur Überwachung der Ablagetiefe.

Der Beitrag stellt Forschungsergebnisse zu folgenden Themen vor: Neue US- Standards zum Test von Einzelkornsämaschinen; praktische Vergleichstests von vier Einzelkornsämaschinen bei der Maisaussaat in Deutschland; Ertragsoptimum bei Winterweizen nach der Einzelkorn- und Drillsaat; Vereinzlungssystem für Winterweizensaatgut; Arbeitsqualität von Druckrollen bei der Einzelkornsaat; Auswirkungen von Kurvenkompensation bei der Einzelkornsaat; betriebswirtschaftliche Effekte einer definierten Ausrichtung der Maiskörner; Schwingungsreduzierung bei Säkombinationen; Vereinzlung kleiner Gemüsesamen; Geometrieoptimierung des Fallrohres; Reduzierung der Restmenge bei der Maiskornvereinzlung; Messverfahren der Arbeitsgeschwindigkeit; Strategien für die Regelung der Ablagetiefe; Simulation geometrischer Eigenschaften von Weizenkörnern.

Literatur

- [1] N.N.: Markt für Sämaschinen vielversprechend. Zwei aktuelle Studien beschreiben Marktentwicklung, Ausblick und wichtige Player. In: agrarzeitung 13/2024, S. 16.
- [2] Wadhvani, P.; Ambekar, A.: Precision Planting Market Size 2023 – 2032. Global Market Insights Inc. Selbyville. Online verfügbar unter <https://www.gminsights.com/industry-analysis/precision-planting-market>, zuletzt geprüft am 23.01.2025.
- [3] Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015, Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-11.
- [4] Müller, V.: Neuheiten Sätechnik KUHN 2024, 20.12.2024. E-Mail an T. Meinel.
- [5] KUHN SAS: Zweikammer - Fronttank TF 2300 C. Saverne - Cedex France, September 2024.
- [6] Lemken GmbH & Co. KG: Innovatives Drillen mit dem neuen LEMKEN Solitair Frontbehälter. Alpen, September 2024.
- [7] Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2023. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2024. S. 1-11.
- [8] Lummer, B.: Amazone Sätechnikneuheiten 2024, 06.01.2025.
- [9] Lemken GmbH & Co. KG: Ein unschlagbares Duo: Die neue LEMKEN Solitair mit Kreiselegge Zirkon. Alpen, Juli 2024.
- [10] Novag SAS: T-ForcePlus Drillen. Fressines 2025. Online verfügbar unter <https://novagsas.com/de/t-forceplus-drillen/>, zuletzt geprüft am 13.01.2025.
- [11] Novag SAS (Hrsg.): Betriebsanleitung T-FORCEPLUS® 350, 450 & 450CT. Fressines, 2024. Online verfügbar unter <https://novagsas.com/wp-content/uploads/2024/04/703171-%E2%88%99-User-Manual-T-ForcePlus-350450-GER-A.pdf>, zuletzt geprüft am 13.01.2025.
- [12] Väderstad Group (Hrsg.): Tempo K 24. Superior field productivity. Online verfügbar unter <https://www.vaderstad.com/ca-en/planting/tempo-planter/tempo-k/>, zuletzt geprüft am 14.01.2025.
- [13] Schanzenbach, V.: Optima SX Pudama – 0 - series 2023. Kverneland Group Soest GmbH. Soest, 2022.
- [14] Wessels, M.: FertiXact für Einzelkornsätechnik "Precea". Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2023. Hasbergen, 2023.
- [15] Kverneland Group: Kverneland PUDAMA Europaweite Feldversuche. Online verfügbar unter <https://www.kverneland.de/News/Produkt-News/kverneland-pudama-europaweite-feldversuche>, zuletzt geprüft am 14.01.2025.
- [16] AMAZONEN-WERKE H. DREYER SE & Co. KG: FERTISPOT für die Einzelkorn-Sämaschinen Precea 25% Unterfußdünger einsparen, 100% Ertrag ernten. Online verfügbar unter <https://amazone.de/de-de/planen-wirtschaften/wirtschaften/black-series/details/fertispot-fuer-die-einzelkorn-saemaschinen-precea-25-unterfussduenger-einsparen-100-ertrag-ernten-1592284>, zuletzt geprüft am 14.01.2025.

- [17] Amazonen-Werke H. DREYER SE & Co. KG: FerTeC twin HD-Doppelscheiben-Düngerschar. Online verfügbar unter <https://amazone.de/de-de/produkte-digitale-loesungen/landtechnik/saetechnik/einzelkorn-saetechnik/fertec-twin-hd-doppelscheiben-duengerschar-das-leistungsfahige-duengerschar-1480068>, zuletzt geprüft am 16.01.2025.
- [18] Gilcher, S.; Heinold, M.: Sätechnik. Landtechnische Wintervorträge. TH Köln. VDI Kölner Bezirksverein, Fachnetzwerk Bau- und Landmaschinentechnik. Köln, 17.01.2024.
- [19] Kocher, M. F.; Smith, J. A.; Arnett, G.; Werning, J. L.; Siemens, M. C.; Hanna, H. M.: Advances in Determining Singulating Seeder Performance: ASABE Standard S658. In: ASABE Annual International Meeting 2024. Online verfügbar unter doi 10.13031/aim.202401559, zuletzt geprüft am 17.01.2025.
- [20] ASABE (2023): ASABE S658. Singulating Seeding Equipment Test Methods. St. Joseph, Michigan. Online verfügbar unter <https://elibrary.asabe.org/pdfviewer.aspx?GUID=F2E0666A-4737-42E8-9253-E7A8FEF3B227>, zuletzt geprüft am 17.01.2025.
- [21] ASABE (2024): Excel Links for ASABE S658. St. Joseph, Michigan. Online verfügbar unter <https://www.asabe.org/S658>, zuletzt geprüft am 17.01.2025.
- [22] Schulz, S.: Mit Druck ins Heck. Vier Einzelkornsäugeräte mit Fronttanks im Vergleich, Teil 1. In: profi 11/2024, S. 24–33.
- [23] Schulz, S.: Körnerquartett. Vier Einzelkornsäugeräte und Fronttanks im Vergleich, Teil 2. In: profi 12/2024, S. 24–33.
- [24] Abdallah, A. D.; Liao, Q.; Lei, W.; Ibrahim, E.: Performance Investigation of Precision Seeding of a Multi-Rows Pneumatic Cylindrical System for Wheat. In: Journal of the ASABE 67 (4), S. 843–851. DOI: 10.13031/ja.15722.
- [25] Lu, Q.; Liu, L. J.; Liu, Z. J.; Zhou, J. P.: Star-Tooth Spherical Disc Closing Wheels for a Row Crop Planter: Experiment and Discrete Element Method Modeling. In: Journal of the ASABE 67 (3), S. 675–688. DOI: 10.13031/ja.15786.
- [26] Mishler, B.; Badua, S.; Sharda, A.: Benefits of Planter Turn Compensation on Irregular Shaped Fields. In: Applied Engineering in Agriculture 40 (3), S. 293–301. DOI: 10.13031/aea.15692.
- [27] Coleman, E.; Bir, C.; Taylor, R. K.; Landolt, D.; Koller, A.: Estimated Feasibility of Controlled Corn Seed Orientation. In: Journal of the ASABE 67 (4), S. 903–908. DOI: 10.13031/ja.15600.
- [28] Xue, C.; Chen, L. Q.; Liu, C.; Wang, W. W.: A method for optimising the parameters of connecting parts of a corn no-till planter. In: Biosystems Engineering Vol. 245, S. 177–189. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2024.07.006>, zuletzt geprüft am 17.01.2025.
- [29] Weipeng Z.; Bo, Z.; Shengbo, G.; Yue, Z.; Liming, Z.; Kang, N.: Design and experiment of an intelligent testing bench for air-suction seed metering devices for small vegetable seeds. In: Biosystems Engineering Vol. 245, S. 84–95. Online verfügbar unter
-

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511024001569?via%3Dihub>,
zuletzt geprüft am 22.01.2025.
- [30] Jia, X.; Zhu, J.; Guo, G.; Huang, Y.; Gao, X.; Zhang, C.: Design and test of a novel converging groove-guided seed tube for precision seeding of maize. In: *Biosystems Engineering* Vol. 245, S. 36–55. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511024001466?via%3Dihub>, zuletzt geprüft am 22.01.2025.
- [31] Deng, S.; Feng, Y.; Cheng, X.; Wang, X.; Zhang, X.; Wei, Z.: Disturbance analysis and seeding performance evaluation of a pneumatic-seed spoon interactive precision maize seed-metering device for plot planting. In: *Biosystems Engineering* Vol. 247, S. 221–240. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511024002095?via%3Dihub>, zuletzt geprüft am 22.01.2025.
- [32] Ling, L.; Wu, G.; Wen, C.; Xiao, Y.; Fu, W.; Dong, J.: Influence of speed measurement method on performance of an electric-drive maize precision planter. In: *Biosystems Engineering* Vol. 238, S. 175–187. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511024000205?via%3Dihub>, zuletzt geprüft am 22.01.2025.
- [33] Liu, L.; Wang, X.; Zhang, X.; Cheng, X.; Wei, Z.; Ji, J.: Sowing depth control strategy based on the downforce measurement and control system of ‘T’-shaped furrow opener. In: *Biosystems Engineering* Vol. 247, S. 97–108. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S153751102400206X?via%3Dihub>, zuletzt geprüft am 22.01.2025.
- [34] Fan, J.; Wang, H.; Sun, K.; Zhang, L.; Wang, L.; Zhao, L.: Experimental verification and simulation analysis of a multi-sphere modelling approach for wheat seed particles based on the discrete element method. In: *Biosystems Engineering* Vol. 245, S. 135–151. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511024001624?via%3Dihub>, zuletzt geprüft am 22.01.2025.

Autorendaten

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

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 25.02.2025

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2024. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2025. S. 1-6

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202502071041-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/satechnik-13.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.