

## Mähdrescher

Stefan Böttinger

### Kurzfassung

Die Mähdrescher-Märkte entwickelten sich uneinheitlich. Die Hersteller präsentierten neue Modelle und weitere Assistenz- und Automatiksysteme, mit denen die Maschineneinstellungen selbständig durchgeführt werden. Mit diesen Systemen wird die Bedienung der komplexen Arbeitsmaschinen auch für ungeübtere Fahrer deutlich erleichtert. An das Strohmanagement werden hohe Anforderungen gestellt. Die DEM Modellierung und Simulation wird in einem immer breiteren Maße angewandt.

### Schlüsselwörter

Mähdrescher, Marktentwicklung, Automatisierung, Strohmanagement, Simulation

## Combine Harvester

Stefan Böttinger

### Abstract

The combine harvester market developed unevenly. The manufacturers presented new models and further assistance and automatic systems with which the machine settings are carried out independently. These systems make it much easier to operate the complex working machines, even for inexperienced drivers. High requirements are placed on straw management. DEM modelling and simulation is being applied more and more widely.

### Keywords

Combine harvester, market development, automation, straw management, simulation

## **Markt**

Im Geschäftsjahr 2021/21 stieg der Absatz von Mähdreschern in Deutschland leicht von 1183 auf 1199 Einheiten. Für Europa liegen leider weiterhin keine Marktzahlen vor [1]. In Nordamerika (USA und Kanada) stieg der Absatz um 14,6 % auf 9242 Einheiten. Dagegen gingen die Zahlen für Russland um gut 30 % auf 5516 Einheiten zurück [2].

Die Tagung Landtechnik für Profis der DLG und der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik im VDI fand zum Thema Mähdrusch im ehrenvollen Gedenken an den verstorbenen Herrn Helmut Claas am 21./22.06.2022 in Harsewinkel statt [3 - 4]. Auf die thematisch passenden Vorträge dieser Tagung sowie der VDI-MEG Tagung Landtechnik am 22./23.11.2022 in Berlin wird im Folgenden eingegangen.

Ungebrochen setzt sich das Leistungswachstum bei Mähdreschern fort. Ein Überblick über das Angebot in Deutschland erfolgt in [5]. In verschiedenen Beiträgen werden auf die Details einzelner überarbeiteter oder neu entwickelter Modelle eingegangen [6 - 12]. Der finnische Hersteller Sampo ist wieder auf dem deutschen Markt vertreten [13]. Metalfor, Argentinien, bietet wieder ein Mähdreschermodell an. Die neu entwickelte Maschine verfügt über ein Axialrotor mit 750 mm Durchmesser und 3,15 m Länge für das Dreschen und Trennen und wird mit 272 kW Motorleistung angetrieben [14].

## **Mähdreschereinsatz**

Die Durchsatzleistung beim Einsatz am Hang nimmt bei Mähdreschern deutlich ab. Ein Überblick über die im Markt verfügbaren Systeme zur Kompensation des Hangeinflusses wird in [15] gegeben. Die Bestimmung der Körnerverluste ist beim Feldeinsatz sehr aufwändig. Durch eine bessere Fernsteuerung des Abwurfs von Auffangschalen und durch bessere Unterstützungen in den Smartphone-Apps für die Platzierung dieser Schalen und bei der Auswertung werden dem Anwender diese Kontrollmessungen erleichtert [16; 17].

Immer wieder wird betont, wie durch gut geschulte Fahrer, guter Maschineneinstellung und durch adäquate Logistik auf dem Feld, bei Feldwechsel und beim Transport die Kampagnenleistung bei der Getreideernte erhöht werden kann [18 - 20]. Basis hierfür ist die bestmögliche Wahl aus dem Produktprogramm der Hersteller. Einen guten Überblick über die Vielzahl an Wahlmöglichkeiten gibt [21]. Dabei darf nicht vergessen werden, dass in manchen Regionen der Welt noch für die Vorteile der maschinellen Ernte mit Maschinen im Vergleich zur Handernte geworben werden muss [22].

Bei den immer umfassender automatisierten Maschinen stellt sich die Frage nach der möglichen Gestaltung der Arbeitsplätze in den Kabinen. Je nach Unter- oder Überforderung des Bedieners werden ihm im Projekt Kabine 4.0 die Möglichkeit zur Entspannung oder zu Büroarbeiten angeboten [23 - 24]. Viel Gestaltungsfreiraum in der Kabine ergibt sich bei Ersatz des Lenkrads durch eine Joysticklenkung, wie sie wahlweise für Ideal-Mähdrescher von Agco erhältlich ist [12].

### **Elektronik, Regel- und Informationstechnik**

Die Vorteile von digitalen Technologien zur Führung eines landwirtschaftlichen Betriebs werden in [25] aufgezeigt. Dabei haben Online-Betriebsdaten zur Bewertung von Maschineneinstellungen und des Maschineneinsatzes eine hohe Bedeutung [26]. Anhand von wenigen übertragenen CAN-Daten lässt sich ermitteln, ob der Mähdrescher sich auf der Straße oder auf einem Feld befindet und wenn ja auf welchem Feld [27]. Herstellerspezifische Einsatzdaten erlauben weitergehende Auswertungen. So wurde durch Data Mining aus Maschinendaten beim Einsatz von Mähdreschern in verschiedenen Klimaregionen eine Methode entwickelt, um anhand dieser Daten die Voreinstellungen einer Maschine beim Einsatz in der jeweiligen Region zu verbessern [28].

Auf Mähdreschern werden erste NIRS Messsysteme eingesetzt um aus deren Daten den aktuellen Proteingehalt in Weizen und künftig auch den Ölgehalt von Raps zu ermitteln. In Kombination mit Ertragsdaten kann dadurch noch besser der Nährstoffentzug ermittelt und daraus der Düngbedarf berechnet werden [29 - 31].

Ein Überblick über das vielfältige Angebot an Automatisierungssystemen gibt [32]. Das Automatisierungskonzept bei Mähdreschern der Firma Claas für die Maschineneinstellung zeigt [33] auf. Dabei wird die bei Cemos Automatic angewandte selbstlernende adaptive Kennfeldsteuerung zur Maschineneinstellung und -optimierung beschrieben. Das einfachere Claas Cemos Dialog System beinhaltet die Unterstützung für den Fahrer, die Körnerverluste des Mähdreschers zu ermitteln und die Empfindlichkeit der Sensoren am Mähdrescher entsprechend einzustellen [34].

Als Basis für den automatisierten bzw. autonomen Maschineneinsatz wurde ein kamerabasiertes System entwickelt. Es erkennt die Getreidekante und das Beständige am Vorgehende und ist die Basis für künftige autonome Systeme für die Getreideernte [35].

Zur Durchsatz- und Ertragsermittlung werden alternative und vereinfachte Systeme vorgeschlagen. Die Durchsatzermittlung am Mähdrescher kann auch durch eine Multi-Sensor-Fusion erfolgen: aus Fahrgeschwindigkeit, Drehmomente an Einzugsschnecke, Schrägförderer und Dreschwerk wird nach einer Lernphase auf den Durchsatz geschlossen [36]. An einem Reismähdrescher wird mit Schätzung des Korn-Stroh-Verhältnisses der Durchsatz allein aus der Schnitthöhe und aus dem Drehmoment am Antrieb des Schneidwerks ermittelt [37].

Für Kornverlustmessungen wurden Prallplattensensoren auf Basis von PVDF-Folien entwickelt. Durch entsprechende Schutzmaßnahmen für die mechanisch empfindliche Folie sowie mit geeigneter Auswertelektronik werden gute Ergebnisse erzielt. Weitere Verbesserungen sind laut Autoren für die Signalauswertung zur Filterung von Störsignalen nötig [38].

Mit Hilfe einer Geräuschanalyse lassen sich unterschiedliche Betriebszustände eines Mähdreschers erkennen. Vorgestellt wird hier aber die Erkennung, ob nur der Verbrennungsmotor läuft, oder auch das Dreschwerk eingeschaltet ist und ob Material gedroschen wird [39]. Weitergehende Auswertungen werden angedeutet.

Neue automatische Einstellungen des Mähdreschers werden an verschiedenen Instituten entwickelt. In [40] wird die automatische Einstellung des Dreschspaltes bei der Körnermaisernnte in Abhängigkeit vom Durchsatz beschrieben. Dadurch ergab sich ein um 7 % höherer Durchsatz bei um nur 3,4 % höherem Kraftstoffverbrauch. Zudem reduzierten sich Körnerbruch und Ausdruschverluste. Eine automatische Überladesteuerung zur Entlastung des Fahrers wird in [41] beschrieben. Die Position des Auslaufrohrs relativ zum Anhänger, die Relativgeschwindigkeiten und der Füllstatus des Anhängers werden erfasst und kontrolliert.

### **Schneidwerk**

Wegen des gleichmäßigeren Gutflusses, der guten Boden Anpassung und den möglichen größeren Arbeitsbreiten werden für die Getreideernte zunehmend Bandschneidwerke eingesetzt. Für Maispflücker wird es wegen der steigenden Arbeitsbreiten vermehrt klappbare Systeme geben. [42]

Im Praxiseinsatz wurde das PowerFlow Schneidwerk von MF mit dem TrueFlex von Geringhoff verglichen. Das PowerFlow besitzt ein Längsförderband und eine Querförderschnecke, das TrueFlex ist dagegen ein Draper-Schneidwerk mit Querförderbändern und einer Dreiteilung für eine bessere Boden Anpassung quer zur Fahrtrichtung. Es werden auch die Gewichte und die Preise der Schneidwerke angegeben [43].

Um die Leistungsgrenze eines Schneidwerks zu ermitteln, wurde mit Hilfe einer quer zur Fahrtrichtung angeordneten Kamera die Geschwindigkeiten von Getreidehalme vor, beim und nach dem Schnitt untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass beim Übergang zu einem schlechten Schnittbild auch die Halme ein sich änderndes Bewegungsverhalten zeigen [44].

Für die Bearbeitung der Maisstoppel wird ein neuer Maispflücker mit Unterbau-Häcksler angeboten. Zur Bewertung der Arbeitsqualität wurde eine verbesserte Bewertungsmethode vorgestellt. Andere Untersuchungen zeigen einen nur geringen Anstieg des Leistungsbedarfs und dadurch des Kraftstoffverbrauchs am Mähdrescher auf. Dagegen entfällt die zusätzliche Fahrt mit einem Mulcher [45 - 47].

### **Strohmanagement**

Von Pflanzenbauern wird immer wieder auf die Bedeutung der Häcksel- und Strohverteilqualität sowie des Bodendrucks bei der Ernte auf die nachfolgenden Bestellarbeiten hingewiesen [48]. Mittels einer Praktikerlösung aus zwei Querförderbändern am Heck des Mähdreschers können große und noch leicht feuchte Strohschade auf zwei kleinere, leichter zu trocknende Schwad geteilt werden [49].

Für das Strohmanagement nach der Getreideernte im Hochschnitt wurde in Braunschweig der Kombi-Mulcher entwickelt. Das noch stehende Stroh wird gemäht. Ein variabler Teil des Strohs wird gehäckselt und auf dem Feld breit verteilt, der Rest wird als Langstroh im Schwad abgelegt [50].

Die Bekämpfung von Unkrautsamen im Reinigungsübergang ist eine Nische, für die verschiedene Systeme angeboten werden. Am Beispiel der Seed Control Unit von Redekop, die in Deutschland von John Deere als Option für ihre Mähdrescher angeboten wird, wird die Funktion beschrieben. Durch das Mahlen des gesamten Reinigungsübergangs werden darin befindliche Unkrautsamen keimunfähig gemacht [51].

### **Modellierung und Simulation**

Die Diskrete Elemente Methode wird immer häufiger für die Modellierung und Simulation der Vorgänge im Mähdrescher eingesetzt. Es werden Strohmodelle vorgestellt, die mit teilweise unterschiedlicher Zielstellung entwickelt worden sind: Soll das Scherverhalten von Strohaufwerken [52] oder soll der Einfluss von unterschiedlichen Maschineneinstellungen auf den Strohbruch und damit einer höheren Reinigungsbelastung untersucht werden [53].

Ähnlich unterschiedliche Ansätze verfolgen die Modellierungen des Körnerbruchs. Wichtig sind dabei immer die Festigkeitsparameter, der Restitutionskoeffizient sowie Partikelform und -größe. Die mechanische Einwirkung auf die Körner sind je nach Einsatzfall unterschiedlich [54 - 55]. Zur einfacheren Erkennung von Körnerbruch bei Reis wird in [56] eine Bildverarbeitung mit Hilfe eines Smartphones vorgestellt.

Zur Reinigung von Reiskörnern mit Hilfe eines Trieurs wird die Gutbewegung und die Abscheidung mit DEM simuliert [57]. Zur pneumatischen Trennung von Reisspelzen von -körnern wird die gekoppelte CFD und DEM Simulation verwendet [58]. Auch der Entleervorgang eines Korntanks wurde mit DEM simuliert. Hierbei war das Ziel, die Form des Korntanks für eine schnellere und vollständige Entleerung zu optimieren [59].

Verschieden Untersuchungen fokussieren sich auf die Parameter für die DEM Simulation und der Vergleichsprozesse, um die Simulationsgüte bewerten zu können. So wird in [60] die Schüttdichte von Weizen in einem Behälter in Abhängigkeit von der Korngrößenverteilung und der Fallhöhe mit Hilfe der DEM Simulation ermittelt. In Abhängigkeit von Druck und Kornfeuchte erfolgt dies für Triticale in [61]. Bei niedrigen Restitutionskoeffizienten ist nach [62] besonders auf die Kontaktkraft-Modelle bei der DEM Simulation zu achten. Bei biologischem Material treten ungewöhnliche Effekte auf. So hat die Flächenpressung bei biologischem Material, hier Körner auf einer Strohunterlage, einen Einfluss auf die ermittelten Reibbeiwerte, die in der DEM Modellierung exakt abgebildet werden müssen [63].

### **Zusammenfassung**

Die Tagung Landtechnik für Profis wurde im Jahr 2022 zum Thema Mähdrusch durchgeführt. Auch auf der VDI-MEG Tagung Landtechnik wurden Präsentationen zu diesem Themenbereich gehalten. Die Hersteller führten neue Modelle und Assistenz- und Automatiksysteme im Markt ein. Im Bereich der Forschung werden noch umfassender DEM Modellierungen und Simulationen eingesetzt.

## Literatur

- [1] Nonnenmacher, P.: VDMA-Statistik: Mähdrescher-Absatzzahlen Deutschland 2021/2022. Schriftliche Mitteilung, 07.02.2023.
- [2] N.N.: US, Canada and Russia Ag Tractor and Combine Reports. AEM, URL: <https://www.aem.org/market-share-statistics/us-ag-tractor-and-combine-reports>.
- [3] Volz, F.: Mähdruschtechnik im Fokus – Land.Technik für Profis 2022. DLG Landwirtschaft (2022), S. 4-7.
- [4] Pawelzik, B.: Mähdrescher: Auf dem Weg zur Multiproblemlösungs-Maschine. Eilbote 70 (2022) H. 28, S. 8-11.
- [5] Göggerle, T.: XXL-Mega-Mähdrescher: Das sind die größten der Welt. URL: <https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/xxl-mega-maehdrescher-groessten-welt-596250%3Fid%3D596337>, Zugriff am: 22.1.2023.
- [6] Feuerborn, B.: Claas Lexion: noch größer, noch besser. agrarheute.de, URL: [https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/claas-lexion-noch-groesser-noch-besser-596694?id=596724&utm\\_campaign=traction-nl&utm\\_source=tra-nl&utm\\_medium=newsletter-link&utm\\_term=2022-08-18-09](https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/claas-lexion-noch-groesser-noch-besser-596694?id=596724&utm_campaign=traction-nl&utm_source=tra-nl&utm_medium=newsletter-link&utm_term=2022-08-18-09), Zugriff am: 24.03.2023.
- [7] N.N.: Der Lexion 8600 als Einstieg in die Top-Liga. Eilbote 70 (2022) H. 37, S. 18-19.
- [8] Willmer, H.: Neue Kabine und neue Modelle – Claas Lexion-Update. profi 34 (2022) H. 10, S. 42-44.
- [9] Eikel, G.: Maßstab mit Niveau ... jetzt mit Ultra-Flow – New Holland CX860 vs. CX8.90. profi 34 (2022) H. 10, S. 112-117.
- [10] N.N.: Neuer 700er Vario und Corus Mähdrescher. Eilbote 70 (2022) H. 35, S. 18-19.
- [11] N.N.: Einstiegsbaureihe – Fendt Corus 500. top-agrar 51 (2022) H. 11, S. 89.
- [12] N.N.: Komfortabler drescher. top-agrar 51 (2022) H. 8, S. 82.
- [13] N.N.: Sampo wieder da. profi 34 (2022) H. 8, S. 92.
- [14] N.N.: Cosechadora nueva. profi 34 (2022) H. 3, S. 132.
- [15] Rademacher, T.: Technik für schiefe Ebenen – Mähdrusch in Hanglagen. profi 34 (2022) H. 6, S. 88-91.
- [16] N.N.: Bushel Plus: Verlustbestimmung vereinfacht. profi 34 (2022) H. 8, S. 12.
- [17] N.N.: Mähdruschverluste einfacher bestimmen. Eilbote 70 (2022) H. 24, S. 18.
- [18] Olbrich, M.: DEULA-Expertentipp - Mähdrescher: Gut eingestellt in die Saison. Lohnunternehmen 75 (2022) H. 6, S. 36-37.
- [19] Dörpmund, H.-G.: Umfrage - Mähdrusch: Der standhafte Klassiker. Lohnunternehmen 75 (2022) H. 6, S. 14-19.
- [20] Pentzlin, K.: Optimierung der Verfahrenskette - Potentiale bei der Organisation. Land.Technik für Profis 2022, 21./22.06.2022, Harsewinkel. In: DLG e.V. (Hrsg.): Mähdrusch, Frankfurt: DLG Verlag, S. 71-74.

- [21] Rademacher, T.: Betriebsspezifische Wahl von Erntetechnik. Land.Technik für Profis 2022, 21./22.06.2022, Harsewinkel. In: DLG e.V. (Hrsg.): Mähdrusch, Frankfurt: DLG Verlag, S. 23-26.
- [22] Hasan, M. K., Ali, M. R., Saha, C. K., Alam, M. M., Hossain, M. M.: Technical Performance and Benefit of Mini Combine Harvester in Southern Delta of Bangladesh. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America 52 (2021) H. 3, S. 45-53.
- [23] Metzger, S.; Lehr, P.; Geimer, M.: Beanspruchungsadaptive Nutzerschnittstelle für die vernetzte Landwirtschaft. ATZ heavy duty 15 (2022) H. 1, S. 48-52.
- [24] Willmer, H.: Der Arbeitsplatz der Zukunft? – Onfield: Fahrerkabine 4.0. profi 34 (2022) H. 6, S. 86-87.
- [25] Breunig, P.: Betriebswirtschaftliche Bewertung digitaler Technologien. Land.Technik für Profis 2022, 21./22.06.2022, Harsewinkel. In: DLG e.V. (Hrsg.): Mähdrusch, Frankfurt: DLG Verlag, S. 101-102.
- [26] Chen, M.; Jin, C.; Ni, Y.; Yang, T.; Zhang, G.: Online field performance evaluation system of a grain combine harvester. Computers and Electronics in Agriculture 198 (2022), S. 107047.
- [27] Michielan, E.; Mattetti, M.: Combiner harvester - Outlining the combine harvester usage through CANBUS data analysis. 22.-23.11.2022, Berlin. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): AgEng-LAND.TECHNIK 2022 – International Conference on Agricultural Engineering, VDI-Berichte, Bd. 2406, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2022, S. 41-46.
- [28] Altaleb, M.; Hertzber, J.; Deeken, H.; Wrenger, B.: Analysis of Combine Harvester Threshing Systems Across Different Climate Regions. 22.-23.11.2022, Berlin. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): AgEng-LAND.TECHNIK 2022 – International Conference on Agricultural Engineering, VDI-Berichte, Bd. 2406, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2022, S. 17-24.
- [29] Böhrnsen, A.: Mähdrescher mit Qualitätskartierung. profi 34 (2022) H. 10, S. 86-88.
- [30] Michels, B.: Nachhaltigkeit im Feld erleben. Eilbote 70 (2022) H. 40, S. 26-27.
- [31] Tastowe, F.: Qualität sortieren. top-agrar 51 (2022) H. 11, S. 96-97.
- [32] Rademacher, T.: Noch mehr Automatisierung. Eilbote 70 (2022) H. 10, S. 12-15.
- [33] Baumgarten, J.: Ausnutzung der installierten Leistung - Automatisierung der Maschineneinstellung. Land.Technik für Profis 2022, 21./22.06.2022, Harsewinkel. In: DLG e.V. (Hrsg.): Mähdrusch, Frankfurt: DLG Verlag, S. 63-70.
- [34] Dieckmeyer, S.; Schröder, M.: An interactive solution to calibrate loss sensors of a combine harvester. 22.-23.11.2022, Berlin. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): AgEng-LAND.TECHNIK 2022 – International Conference on Agricultural Engineering, VDI-Berichte, Bd. 2406, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2022, S. 25-30.
- [35] Luo, Y.; Wei, L.; Xu, L.; Zhang, Q.; Liu, J.; Cai, Q.; Zhang, W.: Stereo-vision-based multi-crop harvesting edge detection for precise automatic steering of combine harvester. Biosystems Engineering 215 (2022), S. 115-128.
-

- [36] Zhang, Y.; Yin, Y.; Meng, Z.; Du Chen; Qin, W.; Wang, Q.; Dai, D.: Development and testing of a grain combine harvester throughput monitoring system. *Computers and Electronics in Agriculture* 200 (2022).
- [37] Sun, Y.; Liu, F.; Zhang, M.; Li, M.; Zhang, Z.; Li, H.: Design of feed rate monitoring system and estimation method for yield distribution information on combine harvester. *Computers and Electronics in Agriculture* 201 (2022).
- [38] Ying, S.; Nie, X.; Zhou, Y.; Cao, R.; Yu, Y.; Tian, H.; Qian, X.; Wang, J.: Optimum Design of Impact Sensors With Array Structure Polyvinylidene Fluoride (PVDF) Films. *Journal of the ASABE* 65 (2022) H. 5, S. 937-947.
- [39] Khorasani, N. E.; Thomas, G.; Balocco, S.; Mann, D.: Agricultural Harvester Sound Classification using Convolutional Neural Networks and Spectrograms. *Applied Engineering in Agriculture* 38 (2022) H. 2, S. 455-459.
- [40] Fan, C.; Zhang, D.; Yang, L.; Cui, T.; He, X.; Dong, J.; Zhao, H.: Power consumption and performance of a maize thresher with automatic gap control based on feed rate monitoring. *Biosystems Engineering* 216 (2022), S. 147-164.
- [41] Liu, Z.; Dhamankar, S.; Evans, J. T.; Allen, C. M.; Jiang, C.; Shaver, G. M.; Etienne, A.; Vyn, T. J.; Puryk, C. M.; McDonald, B. M.: Development and experimental validation of a system for agricultural grain unloading-on-the-go. *Computers and Electronics in Agriculture* 198 (2022), S. 107005.
- [42] Dutzi, S.: Innovaitonen in der Schneidwerkstechnik. *Land.Technik für Profis 2022*, 21./22.06.2022, Harsewinkel. In: DLG e.V. (Hrsg.): Mähdrusch, Frankfurt: DLG Verlag, S. 37-50.
- [43] Willmer, H.: PowerFlow oder TruFlex? – Schneidwerke im Vergleich. *profi 34* (2022) H. 4, S. 24-26.
- [44] Dekkers, S.; Saeys, W.; Missotten, B.: Assessment of cutting quality on a combine harvester header using optical flow - Relation between velocity drop over knife and stubble height variation. 22.-23.11.2022, Berlin. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): *AgEng-LAND.TECHNIK 2022 – International Conference on Agricultural Engineering*, VDI-Berichte, Bd. 2406, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2022, S. 165-172.
- [45] Herter, F.; Schwaer, C.: Valuation Method for Corn head integrated Stubble Cracker System. 22.-23.11.2022, Berlin. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): *AgEng-LAND.TECHNIK 2022 – International Conference on Agricultural Engineering*, VDI-Berichte, Bd. 2406, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2022, S. 173-178.
- [46] N.N.: Kampfansage an den Maiszünsler – Claas Corio Stubble Cracker. *Eilbote* 70 (2022) H. 33, S. 18.
- [47] Willmer, H.: Mais pflücken, Stängel mulchen – Claas Corio mit Stubble Cracker. *profi 34* (2022) H. 9, S. 38-39.
- [48] Dölger, D.: Bestellung - nach der Ernte ist vor der Ernte. *Land.Technik für Profis 2022*, 21./22.06.2022, Harsewinkel. In: DLG e.V. (Hrsg.): Mähdrusch, Frankfurt: DLG Verlag, S. 93-100.
-



- [49] Hallmeyer, G.: Geteiltes Schwad ist halbes Schwad. *profi* 34 (2022) H. 10, S. 62.
- [50] Depenbrock, C.; Frerichs, L.: Investigation and testing of a novel concept for straw management with the "Kombi-Mulcher" - How the decoupling of combine threshing and straw management by means of a "Kombi-Mulcher" contributes to environmental protection and energy saving. 22.-23.11.2022, Berlin. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): *AgEng-LAND.TECHNIK 2022 – International Conference on Agricultural Engineering*, VDI-Berichte, Bd. 2406, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2022, S. 179-188.
- [51] Heck, P.; Dahlhauser, O.: Problem Beikraut: Lösungen für das Samen-Management während dem Mähdrusch. *Land.Technik für Profis 2022*, 21./22.06.2022, Harsewinkel. In: DLG e.V. (Hrsg.): *Mähdrusch*, Frankfurt: DLG Verlag, S. 51-62.
- [52] Schramm, M.; Tekeste, M. Z.: Wheat straw direct shear simulation using discrete element method of fibrous bonded model. *Biosystems Engineering* 213 (2022), S. 1-12.
- [53] Liu, Y.; Li, Y.; Zhang, T.; Huang, M.: Effect of concentric and non-concentric threshing gaps on damage of rice straw during threshing for combine harvester. *Biosystems Engineering* 219 (2022), S. 1-10.
- [54] Chen, Z.; Wassgren, C.; Ambrose, R. K.: Development and validation of a DEM model for predicting impact damage of maize kernels. *Biosystems Engineering* 224 (2022), S. 16-33.
- [55] Zeng, Y.; Mao, B.; Jia, F.; Han, Y.; Li, G.: Modelling of grain breakage of in a vertical rice mill based on DEM simulation combining particle replacement model. *Biosystems Engineering* 215 (2022), S. 32-48.
- [56] Salish, K.; Gamboa, J. A.; Ambrose, K.: Analysis of Broken Rice Kernels Using an Android Application. *Applied Engineering in Agriculture* 38 (2022) H. 2, S. 401-408.
- [57] Meng, X.; Chen, H.; Han, Y.; Jia, F.; Chu, Y.; Chen, P.; Li, A.; Zhao, H.: Separation characteristics of white rice in an indented cylinder separator with a baffle. *Biosystems Engineering* 216 (2022), S. 46-64.
- [58] Chen, P.; Han, Y.; Jia, F.; Zhao, D.; Meng, X.; Li, A.; Chu, Y.; Zhao, H.: Investigation of the mechanism of aerodynamic separation of rice husks from brown rice following paddy hulling by coupled CFD-DEM. *Biosystems Engineering* 218 (2022), S. 200-215.
- [59] Ma, Z.; Traore, S. N.; Zhu, Y.; Li, Y.; Xu, L.; Lu, E.; Li, Y.: DEM simulations and experiments investigating of grain tank discharge of a rice combine harvester. *Computers and Electronics in Agriculture* 198 (2022), S. 107060.
- [60] Petingco, M. C.; Casada, M. E.; Maghirang, R. G.; Thompson, S. A.; Turner, A. P.; McNeill, S. G.; Montross, M.: Discrete Element Method Simulation of Wheat Bulk Density as Affected by Grain Drop Height and Kernel Size Distribution. *Journal of the ASABE* 65 (2022) H. 3, S. 555-566.
- [61] Chiputula, J.; Khedher Agha, M. K. A.; Saber, M.; Yang, L.; Bucklin, R.; Thompson, S. A.; Blount, A. R.: Effects of Pressure and Moisture Content on Bulk Density of Triticale Grain under Compaction. *Journal of the ASABE* 65 (2022) H. 2, S. 393-399.
-

- [62] Yu, J.; Chu, J.; Zhang, R.; Li, Y.; Zhang, J.: Validation of compliant contact force models for low coefficient of restitution impact. *Biosystems Engineering* 218 (2022), S. 216-228.
- [63] Roth, P. M.; Appich, F. M.; Böttinger, S.: Interaction properties of wheat straw and grain for Discrete Element Method. 22.-23.11.2022, Berlin. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): *AgEng-LAND.TECHNIK 2022 – International Conference on Agricultural Engineering*, VDI-Berichte, Bd. 2406, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2022, S. 549-554.

### **Autorendaten**

Prof. Dr.-Ing. Stefan Böttinger ist Leiter des Fachgebiets Grundlagen der Agrartechnik am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim in Stuttgart.

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Böttinger, Stefan: Mähdrescher. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2022*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2023. S. 1-10

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202301130834-0>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2022/chapter/maehdrescher.html>

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