

## **Mähdrescher**

Stefan Böttinger

### **Kurzfassung**

Die Märkte für Mähdrescher sind weiter rückläufig. Viele Hersteller haben ihre Modelle überarbeitet und mit weiterentwickelten Regel- und Automatisierungssystemen ausgestattet. Eine vorausschauende Durchsatzregelung ist vorgestellt worden. Die Motorleistungen von Neuentwicklungen überschreiten die 500 kW-Grenze.

### **Schlüsselwörter**

Mähdrescher, Marktentwicklung, Automatisierung

## **Combine Harvester**

Stefan Böttinger

### **Abstract**

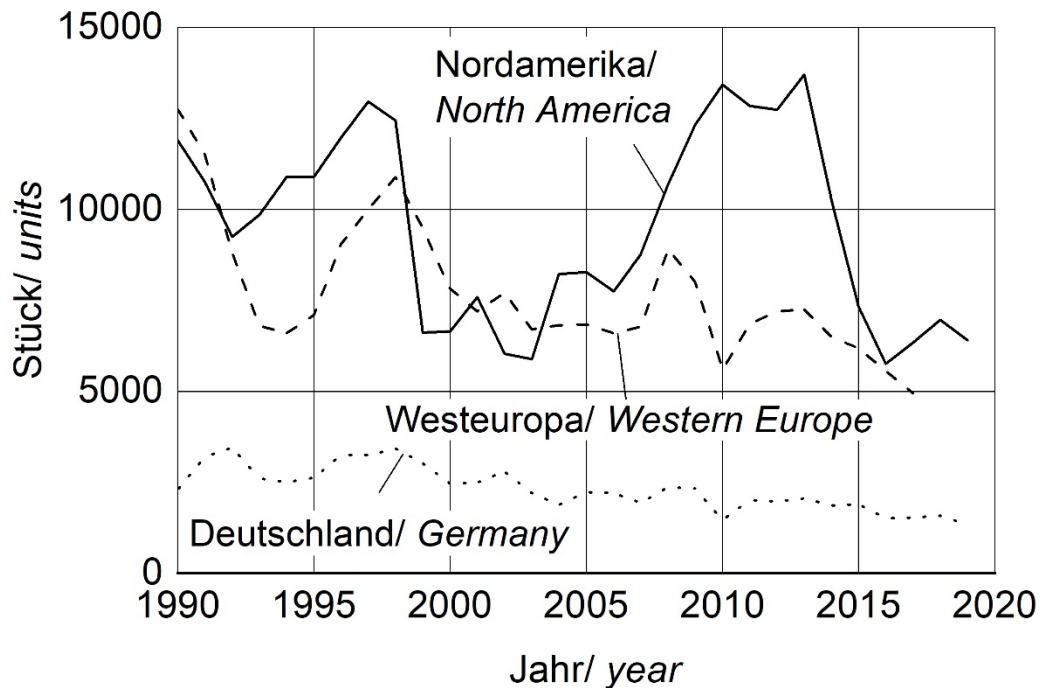
The markets for combine harvesters continue to decline. Many manufacturers have revised their models and equipped them with further developed control and automation systems. A forward-looking throughput control has been presented. The engine power of new developed machines exceeds the 500 kW limit.

### **Keywords**

Combine harvester, market development, automation

## Markt

Die Märkte für Mähdrescher haben sich größtenteils weiter rückläufig entwickelt. In Deutschland sank in der Saison 2018/19 der Absatz um über 14 % auf 1.335 Einheiten. In Kanada sank der Absatz um über 19 %, in den USA blieb er nahezu konstant. So ergibt sich für Nordamerika mit einer Reduktion von 6 % ein Gesamtmarkt von 6.502 Einheiten. In Russland sank der Absatz deutlich um über 22 % auf 4567 Einheiten, **Bild 1**, [1; 2].



**Bild 1:** Entwicklung wichtiger Mähdrescher-Märkte [1; 2]

**Figure 1:** Development of important combine markets [1; 2]

Anlässlich der SIMA in Paris wurden Bronzemedailien an Claas für das Convio Flex Bandschneidwerk und an New Holland für die Drehrichtungsänderung der Rotoren bei Blockaden an Mähdreschern der CR-Serie vergeben [3].

Auf der Agritechnica 2019 stellten die Hersteller überarbeitete und neue Modelle vor. Für den Bereich Mähdruschtechnik konnten neun Silbermedailien vergeben werden [4; 5]. Claas stellte zwei neue Lexion-Familien aus sieben Hybrid- und sechs Schüttlermodellen vor, die aktuell parallel mit den bisherigen Modellen angeboten werden. Der Lexion 8900 ist das größte Hybridmodell und hat eine maximale Motorleistung von 581 kW und einen Korntank mit 15.000 l bzw. optional mit 18.000 l Volumen. Neben völlig neuen Dreschwerken sind die Maschinen mit weiterentwickelten Automatiksystemen ausgestattet. Mit dem größten Schüttlermodell konnten über 8 Arbeitsstunden hinweg durchschnittlich 43,7 t/h bei einem Kraftstoffverbrauch von 1,5 l/h geerntet werden [6; 7].

Fendt erweitert die Ideal-Baureihe um das Modell 10 T mit 581 kW Maximalleistung des Motors und einem Korntank von 17.100 l. Es kann mit Schneidwerken bis zu 15 m Arbeitsbreite ausgestattet werden. Das Modell besitzt eine Joystick-Lenkung anstelle der konventionellen Lenksäule. Der Joystick ist in der linken Armlehne integriert. In ihm befindet sich auch die Betätigung von Blinker, Abblend- und Fernlicht, Hupe sowie die Aktivierung der Spurführung. Der Abscheidebereich der beiden Rotoren wurde vergrößert und die Reinigungsleistung durch geänderten Rücklauf- und Vorbereitungsboden an die größere Ernteleistung angepasst [8].

John Deere zeigte auf der Messe einen Prototyp der neuen X-Serie mit Doppelrotor und Motorleistung bis 515 kW. Dazu wurde die bisherige S-Serie umfassend für mehr Effizienz überarbeitet. Neben dem Doppelrotorkonzept mit verbesserter Zuführung durch einen konstanten Zuführungswinkel hat die Reinigungsanlage eine größere Siebfläche und ein neues Gebläse mit reduziertem Leistungsbedarf. Weitere Maßnahmen umfassen Verbesserungen beim Häcksler, dem Antriebsstrang sowie dem Fahrtrieb.

Der Tribine-Mähdrescher ist in Nordamerika nun für den Markt verfügbar. Durch die Knick- und die Hinterachslenkung ist auch das Fahren in versetzten Spuren möglich. Der Vorderwagen ist mit zwei Verbrennungsmotoren zum Antrieb von Schneidwerk sowie dem überarbeiteten Axialdreschwerk und von Fahrtrieb mit Hydraulik ausgestattet. Im Hinterwagen befinden sich der 35 m<sup>3</sup> große Korntank und der Kraftstofftank mit 1.900 l. Das Dreschwerk ist nun ein längs liegender Axialrotor mit 0,97 m Durchmesser und 2,74 m Länge. Die Leitflügel sind verstellbar und beeinflussen die Axialgeschwindigkeit des Gutes. Die Maschine wird über einen Joystick gelenkt. Die Breite der Maschine beträgt 4,5 m. An einer kleineren Lösung für Europa wird gearbeitet [9].

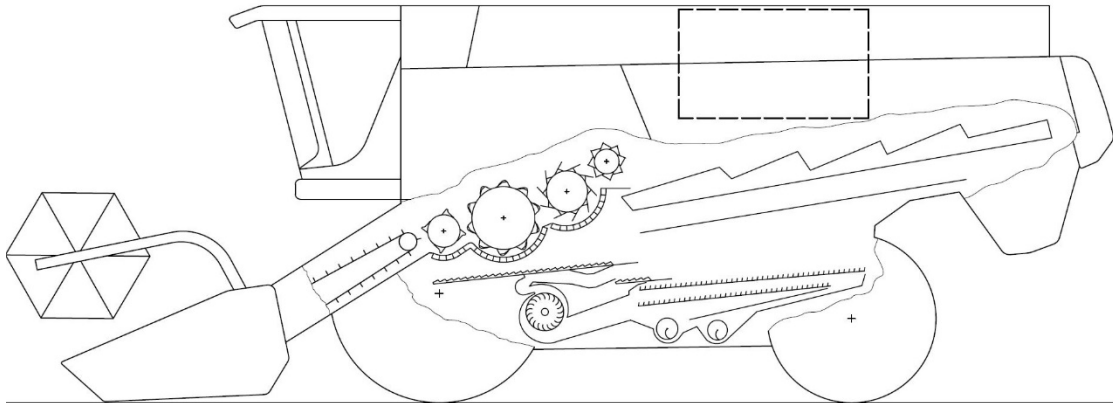
Die Zeitschrift profi blickt auf 30 Jahre praxisbezogene Tests und Vergleiche von Mähdreschern zurück [10]. In einem aktuellen Test wird dem Deutz-Fahr Mähdrescher C7206 TSB eine ordentliche Druschleistung bei guter Druschqualität bescheinigt. Bei diesem günstigen Mähdrescher könnten allerdings die Einstellungen verbessert werden [11]. Eine Umfrage bei Landwirten zu Verschleißkosten ergab bei 55 Maschinen, die im Durchschnitt 6 Ernten und ca. 4.000 ha alt waren, deutliche Unterschiede zwischen den Herstellern. Bei Claas Hybrid-Mähdreschern entstanden im Schnitt Kosten von 0,55 €/t gedroschenem Gut, bei New Holland Maschinen mit Doppelrotoren waren es 0,5 €/t und bei John Deere mit Einfach-Rotor 0,34 €/t. Dabei verursachten die Schneidwerke zwischen 23 und 30 % der Verschleißkosten [12].

### **Dreschen, Trennen, Reinigen**

Für das Dreschwerk der neuen Lexion-Baureihen kombiniert Claas die bisherige Beschleunigertrommel mit 450 mm Durchmesser nun mit einer 755 mm großen Dreschtrommel. Die Schüttlermodelle sind zusätzlich mit einer Abscheidetrommel von 600 mm Durchmesser ausgestattet. Eine Wendetrommel leitet das Gut auf die Schüttler, **Bild 2**, bei den Hybrid-Modellen eine Zuführtrommel zu den Rotoren [6; 13; 14].

Die verbesserte Abscheideleistung und die höhere Kapazität der Reinigungsanlagen in den Ideal-Modellen von Agco wird in einem Beitrag auf der VDI-MEG Tagung Landtechnik 2019

beschrieben. Die Vorentmischung des Reinigungsgutes wird durch ein Kurvenprofil des Vorbereitungsbodens verstärkt. Der körnerreichere Gutanteil konzentriert sich in der unteren Mitte jeder konkaven Teilbreite des Vorbereitungsbodens. An der Fallstufe gelangt dieser Gutanteil schneller auf das Obersieb. Das mit Nichtkornbestandteilen (NKB) angereicherte Gut befindet sich deutlich höher, ist damit einer höheren Fallstufe ausgesetzt und kann besser durch die Luftströmung an der Fallstufe ausgeblasen werden [15].



**Bild 2:** Claas Mähdrescher Lexion 6900

**Figure 2:** Claas combine harvester Lexion 6900

New Holland zeigte auf der Agritechnica für die Dreschwerke der CX-Mähdrescher eine Dreschtrommel, bei der die Schlagleisten nicht über die gesamte Breite gehen, sondern segmentiert und gegeneinander versetzt sind. Dadurch soll die Gutannahme besser und der Lauf der schwereren Trommel ruhiger sein. Die Fahrer seien durch die größere Laufruhe eher geneigt, mit der Maschine schneller zu fahren und an die Leistungsgrenze zu gehen [16].

In [17] wird ein Überblick über die Axial-Dresch- und Trenneinrichtungen in Mähdreschern speziell für Mais gegeben. Bei dieser Untersuchung liegt der Fokus auf Körnerbruch und Energiebedarf. Untersuchungen wurden an einem Dresch- und Trennrotor mit Mais durchgeführt. Dabei erfolgt zuerst mit Hilfe einer Simulation mit DEM (Diskrete Elemente Methode) die Optimierung des Winkels der Einzugsschnecken am Rotor. Die nachfolgende Überprüfung an einem Versuchsstand zeigte den Erfolg dieser computerunterstützten Optimierung [18].

Zur Simulation der Entmischung von Reiskörnern aus einer Strohschicht wurde ebenfalls DEM eingesetzt. Sich ausbildende Konvektionsbewegungen behindern die Entmischung. Eine Verstärkung der Schwingungsanregung durch andere Frequenz und Amplitude und einer besseren Übertragung dieser Anregung auf die Gutschicht durch eine modifizierte Gestaltung des Vorbereitungsbodens konnte die Konvektionsbewegungen eliminieren und die Abscheidung verbessern [19].

In einem einfachen Reismähdrescher fällt das vom Dresch- und Trennrotor abgeschiedene Gut direkt auf das Obersieb der Reinigungsanlage. Für die Beurteilung der Reinigungsleistung wurden die Schwebegeschwindigkeiten der Gutbestandteile ermittelt und die Luftgeschwindigkeiten über dem Sieb gemessen. Eine grundlegende Konstruktionsänderung war nötig und

führte zur Integration eines Rücklaufbodens und zu zwei luftdurchströmten Fallstufen. Dadurch konnten die Reinigungsverluste um 85 % und die Reinheit um 73 % verbessert werden [20].

Die Materialeigenschaften von Stroh waren Inhalte weiterer Untersuchungen. Das Bruchverhalten von Reisstroh beim Dreschen wurde detailliert untersucht. Die auf das Gut wirkenden Kräfte wurden ermittelt und die Zug- und Druckbeanspruchungen dargestellt [21]. Mit Weizenstroh wurden Biegeversuche durchgeführt und diese in DEM nachgebildet. Die Stoffparameter zur Nachbildung der Kraft-Weg-Auslenkung und für die Feder-Dämpfungseigenschaften wurden in DEM ermittelt [22].

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

Die Hersteller verbessern die bestehenden Systeme weiter. So hat John Deere den Vorfahrtregler für ihre S-Serie optimiert und mit der automatischen Maschineneinstellung für minimalen Besatz und Bruchkorn kombiniert. Für die W- und T-Serien sind Verbesserungen und Erleichterungen der Einstellungen wie z. B. die Spurführung, die Dokumentation und auch für die Synchronisation beim Überladen eingeführt worden [23]. Claas bietet für die neuen Baureihen mehrere Cebis-Monitore mit Bedienung über Touch und wie gewohnt über Dreh-Drücksteller an. Zudem können im Fahrhebel bis zu sieben beliebige Funktionen hinterlegt und bedient werden [13; 14; 24]. Auf die Joystick-Bedienung von Fendt wurde oben bereits eingegangen.

Automatische Lenksysteme sind im Markt sehr stark verbreitet. Claas stellte als Nachfolger seines an der Seite des Schneidwerks befindlichen Laser Piloten nun den Field Scanner vor, der auf dem Kabinendach befestigt ist. Durch diesen Scanner kann die Bestandskante an beiden Seiten des Schneidwerks erfasst werden. Zusätzlich ermöglicht diese Technik auch das Folgen einer Fahrspur innerhalb der Schnittbreite, wie es beispielsweise bei Controlled Traffic Farming Systemen auftritt [6; 14; 25].

Automatische Vorfahrtregler sind von Durchsatz- und Verlustsignalen abhängig, die erst in dem Mähdrescher ermittelt werden können. John Deere stellte auf der Agritechnica eine vorausschauende Durchsatzregelung vor. 3D Stereokameras erkennen die Bestandssituation vor dem Mähdrescher. Bestandshöhen, liegende Bestände mit Lagerichtung, Lücken, Fahrgassen und geerntete Flächen werden detektiert und klassiert. Zusätzlich werden Daten aus Biomassekarten, die aus Vegetationsmodellen per Satellit oder anderen Techniken ermittelt wurden, berücksichtigt. Während der Ernte berechnet das System Regressionsmodelle aus den Echtzeitdaten und den georeferenzierten Biomassekarten und nutzt dabei Online Learning Methoden [4; 5; 26].

Automatische Maschineneinstellungen wurden als erstes von Claas 2012 eingeführt. Heute haben alle namhaften Hersteller ähnliche Systeme. Sensoren erfassen die entscheidenden Druschparameter und eine intelligente Regeltechnik passt die Einstellungen der Baugruppen anhand von Prozessmodellen automatisch an. Durch den Fahrer ist nur noch nötig, dass er den Zielkonflikt zwischen Durchsatzleistung und Drusch- und Reinigungsqualität mittels einer Strategievorgabe auflöst. Einzelne Systeme sind heute schon selbstlernend und es werden Leistungssteigerungen von mehr als 20 % ermöglicht [27].

Für eine Körnerbrucherkennung bei der Körnermaisernte wird eine Vorrichtung vorgeschlagen, bei der einzelne Körner durch eine Vorrichtung mit Kamera fallen. Aus den aufgenommenen Bildern erfolgt eine Klassierung in Ganzkorn, Bruch oder Fremdbesatz [28].

Eine Weiterentwicklung von Körner-Verlustsensor auf Basis von PVDF-Folie wird vorgestellt. Damit ist eine sehr hohe Detektionsrate von über 1.500 Impulsen/s möglich. Dank eines mehrschichtigen Sensor-Arrays ist auch die Position des Aufpralls bestimmbar. Interessant wird es sein, etwas zur Lebensdauer und zu verschiedenen Einflussgrößen wie z. B. elektromagnetischen Störungen zu erfahren [29]. Eine weitere Publikation beschäftigt sich mit der Unterscheidung von ganzen und von beschädigten Körnern anhand der Aufprallsignale von Verlustsensoren [30].

### **Schneidwerk**

Mit Silbermedaillen wurden auf der Agritechnica drei Produkte aus dem Bereich der Vorsätze für Mähdrescher ausgezeichnet. Geringhoff integriert in den Maispflücker auf Basis zweier Pflück- und einer Schneidwalze einen Stoppelzerkleinerer. Damit dessen Rotoren möglichst nah am Boden geführt werden, ist der Vorsatz in der Mitte mit einem Drehgelenk versehen. Biso vereinigt in dem Schneidwerk 3D Varioflex die Vorteile einer variablen Schneidischlänge mit der eines flexiblen Messerbalkens mit einstellbarem Auflagedruck. Schumacher bietet mit SmartCut im Messerantrieb integrierte Sensoren für Drehwinkel und Drehmoment. Diese ermitteln die Schnitt- und Reibkräfte im Messerbalken. Die Schnittkräfte sind fruchtart- und fahrgeschwindigkeitsabhängig und können ein frühes Signal für eine Durchsatzregelung liefern. Die Reibkräfte erhöhen sich bei verbogenen Fingern oder Messerklingen. Fremdkörper und Defekte können sofort mit diesem System erkannt werden [4].

Das Angebot der Mähdrescherhersteller an Vorsätzen wird immer umfangreicher. Vermehrt werden Schneidwerke mit Querförderbändern anstatt Schnecken angeboten. Diese sind nun auch schon ab Arbeitsbreiten von 7,7 m verfügbar. Bei großen Arbeitsbreiten lassen sich diese Schneidwerke durch Gelenke im Rahmen quer zur Fahrtrichtung an Bodenunebenheiten anpassen [13]. Aus dem Entwicklungsprozess eines neuen Schneidwerkes mit Querförderband wird in einem Beitrag berichtet, in dem es besonders um den Einsatz von DMS Dynamic System Models bei der Konzeption geht [31].

### **Antriebe und Fahrwerk**

Bei der gründlichen Überarbeitung und bei der Neuentwicklung von Mähdreschern ist die Optimierung des Antriebsstranges und des Fahrtriebs ein besonderes Thema. Für die Übertragung von höheren Drehmomenten kann in einem gewissen Rahmen die Umfangsgeschwindigkeit der Riemen erhöht werden. Das Layout der Rientriebe wird verbessert, um neben der Servicefreundlichkeit auch die Breite des Antriebsstranges gering zu halten [6].

Bereits 2017 und nun auf der Agritechnica 2019 ist ein Mähdreschermodell mit Erdgasmotor vorgestellt worden. Für das größere Tankvolumen wird auch der Platz über der Strohhäube genutzt [32].

Umfassend wurden die Möglichkeiten für den Fahrtrieb von Mähdreschern untersucht. Verschiedene Antriebskonzepte werden anhand von Lastkollektiven und mit Hilfe eines Simulationsmodells hinsichtlich ihrer Effizienz bewertet. Dabei schneidet ein Summierungsantrieb aus einer Verstellpumpe mit zwei Verstellmotoren am günstigsten ab [33]. Im Prototyp der X-Serie von John Deere ist dieses Konzept realisiert. Die sequentiell angesteuerten Verstellmotoren ermöglichen einen stufenlosen Fahrtrieb ohne Zugkraftunterbrechung [4].

Mit dem Größenwachstum von Mähdreschern müssen auch die Reifen und der Antriebsstrang den Anforderungen aus den größeren Massen und den höheren Fahrgeschwindigkeiten gerecht werden. Die Last auf den Hinterrädern ist bei Feld- und bei Straßenfahrt ähnlich hoch, da bei Straßenfahrt das Schneidwerk angehängt mitgeführt wird. Zudem wird auf der Straße bis zu 40 km/h schnell gefahren. Wie größere Hinterräder in den Bauraum der Gesamtmaschine integriert werden konnten wird dargestellt [34].

### **Sonstiges**

Bei der Getreideernte gelangt ein großer Teil der Unkrautsamen mit dem Reinigungsübergang wieder auf das Feld. Mit zunehmender Verbreitung von Herbizidresistenzen von Unkräutern werden Lösungen zur Reduktion des Unkrautdrucks auch im Bereich der Getreideernte gesucht. Wenn der Reinigungsübergang auf das Strohschwad abgelegt und mit gepresst wird, dann hat dies nur einen geringen Effekt auf die Reduzierung des Unkrautdrucks [35]. Auf der Agritechnica wurden drei verschiedene Lösungen zur Nachrüstung an Mähdreschern gezeigt, mit denen der gesamte Reinigungsübergang mechanisch bearbeitet wird. Die Lösungen des Seed Terminators (Vertrieb Fa. Zürn), des Harrington Seed Destroyers und der Redekop Seed Control Unit (auf dem Stand von John Deere) werden alle vom normalen Antriebssystem über zusätzliche Riemen angetrieben. Unterschiede sind in der Art der mechanischen Beanspruchung des Siebübergangs, eher mehr reibend oder mehr schlagend, zu finden. Alle Hersteller erwähnen Keimreduzierungen von bis zu 98 %.

Mit Hitze lässt sich auch die Keimfähigkeit von Unkrautsamen reduzieren [35]. Ob und in wie weit dies mit den Abgasen des Verbrennungsmotors erreicht werden kann war Inhalt einer detaillierten Untersuchung. Es zeigte sich, dass für relevante Unkrautarten eine Behandlung mit 140 °C über 4 bis 6 s nötig ist, damit die Keimfähigkeit völlig zerstört ist [36].

Die Verlustmesstechnik mit Prüfschalen wurde weiterentwickelt. Mit ferngesteuerter Auslösung von Elektromagneten lassen sich Prüfschalen, die an Vorrichtungen des Schneidwerks hängen, verteilt über die Arbeitsbreite des Mähdreschers abwerfen. Eine weitere Verbesserung ist das Aussieben der Körner aus dem aufgefangenen Gut mit Hilfe eines Gebläses [37].

Die Vorteile der Mechanisierung der Getreideernte in Entwicklungsländern im Vergleich zur Handarbeit wurden am Beispiel der Reisernte in Bangladesch ermittelt. Bei Handernte und -drusch wurden im Mittel 6,1 % Verluste ermittelt. Mit Maschinenmahd und stationärem Drescher ergaben sich geringere Verluste von ca. 4,2 %. Bei einem Klein-Mähdrescher wurden Ernteverluste von nur 1,2 % ermittelt. Zudem ergab sich eine Arbeitseinsparung von 65 % beim Mähdrusch und von 52 % beim Einsatz des Mähers und der Standdruscheinrichtung [38].

Für die Unterstützung bei kritischen Entscheidungen während der Getreideernte wie z. B. der Wahl von Maschinen und des Erntezeitpunktes wurde ein Modell zur Optimierung des Gewinns des Landwirts entwickelt. Der Kompromiss zwischen Körnerverlusten und Trocknungskosten berücksichtigt auch die Anbauregion und Marktinformationen. Beim Einsatz bei mehreren Betrieben des Mittleren Westens der USA konnte gezeigt werden, dass bis zu 10 % geringere Körnerverluste möglich sind [39].

### **Zusammenfassung**

Das Größenwachstum bei Mähdreschern setzt sich fort. Die maximale Motorleistung übersteigt die 500 kW-Grenze. Claas führt in den neuen Lexion-Baureihen größere Dreschtrommeldurchmesser ein. Automatische Maschineneinstellungen und Regelsysteme werden weiterentwickelt und stehen auch zunehmend den kleineren Modellreihen zur Verfügung. Die Betriebskosten stehen im Fokus.

### **Literatur**

- [1] N.N.: US, Canada and Russia Ag Tractor and Combine Reports. URL – <https://www.aem.org/market-data/statistics/us-ag-tractor-and-combine-reports/> - Zugriff am 23.03.2020.
- [2] VDMA: Marktdaten Deutschland 18/19.
- [3] N.N.: Vorfreude auf Paris – SIMA Innovation Award 2019. profi 31 (2019) H. 1, S. 103.
- [4] N.N.: Agritechnica Innovation Magazine 2019, DLG e.V. Frankfurt/M. 2019.
- [5] Rademacher, T.: Trends zur Verfahrenstechnik der Druschfruchternte. URL – <https://press.lectura.de/de/article/trends-zur-verfahrenstechnik-der-druschfruchternte/48470> - Zugriff am 01.03.2020.
- [6] N.N.: Die zweite Lexion-Generation startet. Eilbote 67 (2019) H. 33, S. 18.
- [7] Wilmer, H.: Drusch-Rekord vom Claas-Lexion 6900 – Fast 44 Tonnen pro Stunde mit 6 Schüttlern! profi 31 (2019) H. 10, S. 124-125.
- [8] N.N.: Fendt: Viel Neues zur Agritechnica. profi 21 (2019) H. 8, S. 36-37.
- [9] Vale, S.: Zwei Motoren und neues Dreschwerk – Tribine-Mähdrescher T1000. profi 31 (2019) H. 5, S. 70-72.
- [10] Wilmer, H.: 30 Jahre Juckreiz – 30 Jahre Mähdrescher-Tests. profi 31 (2019) H. 7, S. 74-81.
- [11] Wilmer, H.: Einfach, oder einfach gut? – Deutz-Fahr C7206 TSB. profi 31 (2019) H. 2, S. 30-35.
- [12] Siegmund, L.: Wie hoch ist der Verschleiß? – Die Mähdrescherkosten im Blick behalten. Bauernblatt (2019) H. 33, S. 31-32.
- [13] N.N.: Neue Generation mit noch mehr Leistung. DLG-Mitteilungen 135 (2019) H. 9, S. 76.
- [14] Bertling, A.: Mehr Leistung dank neuem Herz – Claas Lexion 6900 und 8900. profi 31 (2019) H. 9, S. 42-45.



- [15] Bilde, M. L.; Andersen, J. T. und Morrison, A.: New cleaning system design for high capacity combine harvesters. LandTechnik AgEng 2019, 08.-09.11.2019 Hannover. In: LandTechnik AgEng 2019. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2019, S. 537-543.
- [16] Höhner, G.: Ruhige Trommel. top-agrar 48 (2019) H. 9, S. 122-123.
- [17] Guo, J.; Du, Y.; Wu, Y. und Mao, E.: Research Status and Development Trend of Corn Harvester Threshing Device. 2019 ASABE International Meeting, July 7 - 10, 2019 Boston, Massachusetts. In: 2019 ASABE International Meeting: American Society of Agricultural and Biological Engineers 2019.
- [18] Fan, C.; Cui, T.; Zhang, D. und Qu, Z.: Design of Feeding Head Spiral Angle Longitudinal Axis Corn Threshing Separation Device Based on EDEM. 2019 ASABE International Meeting, July 7 - 10, 2019 Boston, Massachusetts. In: 2019 ASABE International Meeting: American Society of Agricultural and Biological Engineers 2019.
- [19] Ma, X.; Guo, B. und Li, L.: Simulation and experiment study on segregation mechanism of rice from straws under horizontal vibration. Biosystems Engineering 186 (2019), S. 1-13.
- [20] Liang, Z.; Li, Y.; Baerdemaeker, J. D. et al.: Development and testing of a multi-duct cleaning device for tangential-longitudinal flow rice combine harvester. Biosystems Engineering 182 (2019), S. 95-106.
- [21] Tang, Z.; Li, Y.; Li, X. und Xu, T.: Structural damage modes for rice stalks undergoing threshing. Biosystems Engineering 186 (2019), S. 323-336.
- [22] Schramm, M.; Tekeste, M. Z.; Plouffe, C. und Harby, D.: Estimating bond damping and bond Young's modulus for a flexible wheat straw discrete element method model. Biosystems Engineering 186 (2019), S. 349-355.
- [23] N.N.: Mähdrescher mit vielen Updates. profi 31 (2019) H. 8, S. 118.
- [24] Hüsmann, A.: Schüttler mit neuem Dreschwerk. top-agrar 48 (2019) H. 9, S. 128-130.
- [25] Redenius, J.; Belau, S.; Irmer, D. et al.: 'Virtual Harvesting' as a key element in the development of a novel LiDAR based combine harvester steering system. LandTechnik AgEng 2019, 08.-09.11.2019 Hannover. In: LandTechnik AgEng 2019. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2019, S. 173-178.
- [26] Münch, P.: Predictive feed-rate control for combine harvesters. LandTechnik AgEng 2019, 08.-09.11.2019 Hannover. In: LandTechnik AgEng 2019. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2019, S. 545-552.
- [27] Ehnts, A.: Wie funktioniert die automatische Mähdreschereinstellung? agrarheute 3 (2019) H. 7, S. 111.
- [28] Zhu, X.; Du, Y.; Chi, R. und Deng, X.: Design of On-line Detection Device for Grain Breakage of Corn Harvester Based on OpenCV. 2019 ASABE International Meeting, July 7 - 10, 2019 Boston, Massachusetts. In: 2019 ASABE International Meeting: American Society of Agricultural and Biological Engineers 2019.
- [29] Sun, Y.; Cao, R.; Lu, Z. et al.: Design and Testing of an Impact Sensor Using Two Crossed Polyvinylidene Fluoride (PVDF) Films. Transactions of the ASABE 62 (2019) H. 5, S. 1195-1205.
-

- [30] Guo, M.; Ma, Y. und Yang, X.; Mankin, R. W.: Detection of damaged wheat kernels using an impact acoustic signal processing technique based on Gaussian modelling and an improved extreme learning machine algorithm. *Biosystems Engineering* 184 (2019), S. 37-44.
- [31] Yanke, B.; Vandeven, M. und Bomleny, D.: High capacity draper header. *LandTechnik AgEng 2019*, 08.-09.11.2019 Hannover. In: *LandTechnik AgEng 2019*. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2019, S. 527-535.
- [32] Eder, J.: Gomselmash testet ersten gasbetriebenen Mähdrescher. URL – <https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/gomselmash-testet-ersten-gasbetriebenen-maehdrescher-538545> - Zugriff am 01.03.2020.
- [33] Häberle, S.: Anforderungs- und einsetzungsgerechte Auslegung von Fahrtrieben mobiler Erntemaschinen. Dissertation, 2019, Universität Stuttgart.
- [34] Behra, J. P. und Stockhofe, H.: Development of increased tire diameters and the effects on axles and drive trains of a combine harvester, S. 553-560.
- [35] Glasner, C.; Vieregge, C.; Robert, J. et al.: Evaluation of New Harvesting Methods to Reduce Weeds on Arable Fields and Collect a New Feedstock. *Energies* 12 (2019) H. 9, S. 1688.
- [36] Jakobsen, K.; Jensen, J. A.; Bitarafan, Z. und Andreasen, C.: Killing Weed Seeds with Exhaust Gas from a Combine Harvester. *Agronomy* 9 (2019) H. 9, S. 544-557.
- [37] N.N.: Wenn sich der Weizen nicht von der Spreu trennt. *Eilbote* 2019 (67) H. 21, S. 20-21.
- [38] Ali, R.; Hasan, K.; Saha, C. K. und Alam, M.: Losses of Paddy in Harvesting Practices in Bangladesh. 2019 ASABE International Meeting, July 7 - 10, 2019 Boston, Massachusetts. In: 2019 ASABE International Meeting: American Society of Agricultural and Biological Engineers 2019.
- [39] Lin, T.; Liao, W.-T.; Rodríguez, L. F. et al.: Optimization Modeling Analysis for Grain Harvesting Management. *Transactions of the ASABE* 62 (2019) H. 6, S. 1489-1508.

### **Autorendaten**

Prof. Dr.-Ing. Stefan Böttinger leitet das Fachgebiet Grundlagen der Agrartechnik am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Stuttgart.

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Böttinger, Stefan: Mähdrescher. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2019. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2020. S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202001201536-0>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2019/chapter/maehdrescher.html>

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