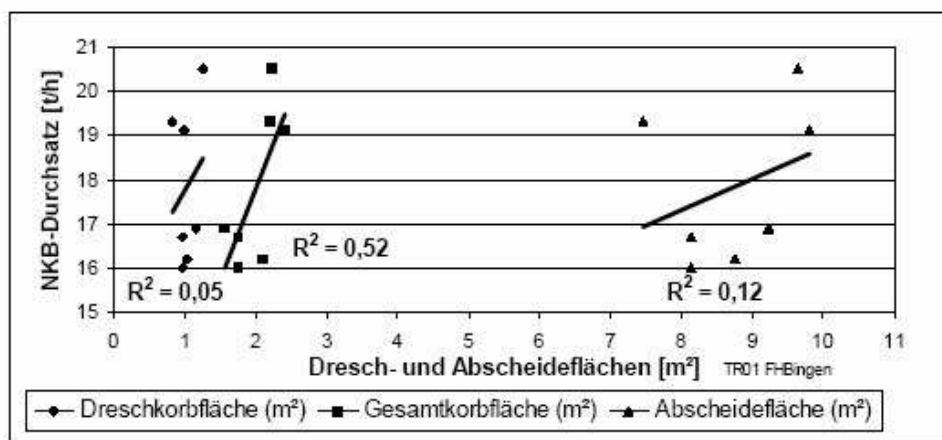


Erfahrungen mit neuer Mähdrusch-technik

Prof. Dr. Thomas Rademacher



Vergleichstest
Schüttler-Mäh-
drescher 2000



Erfahrungen mit neuer Mähdruschtechnik

Vortrag anlässlich der RKL-Tagungen in
Bernburg-Strenzfeld 2003 und Neumünster 2004

Prof. Dr. Thomas Rademacher ist Professor für Landtechnik an der Fachhochschule
Bingen, Fachrichtung Agrarwirtschaft, Berlinstraße 109, 55 411 Bingen, Telefon:
06721/409177

Gliederung	Seite
1. Einleitung	679
2. Druschleistung	680
3. Systeme und Ökonomie	683
3.1 Tangential-Schüttler-Mähdrescher	684
3.1.1 Konventionelles Dreschwerk	686
3.1.2 Beschleuniger-Dreschwerk	689
3.1.3 Zentrifugalabscheider-Dreschwerk	691
3.2 Tangential-Rotor-Mähdrescher	694
3.2.1 Konventionelles Dreschwerk mit zwei Axial-Abscheiderrotoren	696
3.2.2 Beschleuniger-Dreschwerk mit zwei Axial-Abscheiderrotoren	696
3.3 Axial-Mähdrescher	701
3.3.1 Ein Dresch- und Abscheiderotor	701
3.3.2 Zwei Dresch- und Abscheiderotoren	703
4. Datenerfassung	708
5. Zusammenfassung	711
6. Literaturverzeichnis	712

1. Einleitung

Moderne Mähdrescher sind je nach Hersteller mit unterschiedlichen Dresch- und Abscheideeinrichtungen ausgerüstet. Abhängig von den gegebenen Erntebedingungen und natürlich vom eingesetzten Dresch- und Abscheidesystem ergeben sich sehr unterschiedliche Reaktionen auf den Strohertrag, die Strohfeuchte und nur in geringem Maße auf den Kornertrag.

Jeder Mähdreschernutzer möchte den für seinen Betrieb geeignetsten Mähdrescher kaufen. Dies gilt vor allem für die eigenbetriebliche Nutzung. Im überbetrieblichen Einsatz stellt sich diese Frage dem Dienstleister, der jedoch häufig unter heterogeneren Bedingungen arbeiten muss und somit auf universell einsetzbare Technik angewiesen ist. Die Systemvielfalt erschwert die Kaufentscheidungen. Vor allem die unterschiedlichen Verläufe der Körnerverlustkurven und die damit verbundene, unterschiedliche Leistung erschweren die Kapazitätsplanung und somit die Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Es liegen wenig exakte Daten zur Druschleistung von Mähdreschern vor, vor allem von Großmähdreschern. In den obersten Leistungsklassen lassen die Hersteller kaum Vergleichsmessungen durch unabhängige Institutionen durchführen. Dies hat einen einfachen Grund: je nach Erntebedingungen ist quasi programmiert, wer ein

solches „Rennen“ gewinnt oder verliert. Entsprechen die Erntebedingungen im Test gerade nicht den Bedingungen, unter denen eine Maschine „stark“ ist, so kann ein Testergebnis Marktanteile kosten – auch wenn diese Maschine ansonsten als leistungsstark gilt. Somit helfen Ergebnisse von Exaktmessungen unter einseitigen Bedingungen einem Kaufinteressierten oft nicht weiter.

Ziel eines jeden Mähdreschernutzers ist die termingerechte Ernte. Er möchte mit für seine betrieblichen Bedingungen maximaler Druschleistung zu minimalen Kosten ernten, also Geld verdienen. Dazu gehört eine betriebspezifische Mähdrescherausrüstung ebenso wie eine hohe Qualität des Druschgutes (Fremdbesatz, Bruchkornanteil) und eine gleichmäßige Verteilung des kurz gehäckselten Stroh. Für die Strohbergung sollte es dagegen nicht zu kurz geschlagen sein. Darüber hinaus kann zu kurzes Stroh die Abscheidung an Schüttlern und Sieben beeinträchtigen.

2. Druschleistung

Die Definition von Druschleistungen bereitet immer wieder Verständnisprobleme [5]. Daher wurden in Abb. 1 die verschiedenen Varianten der Deklaration von Druschleistungen aufgelistet und bewertet.

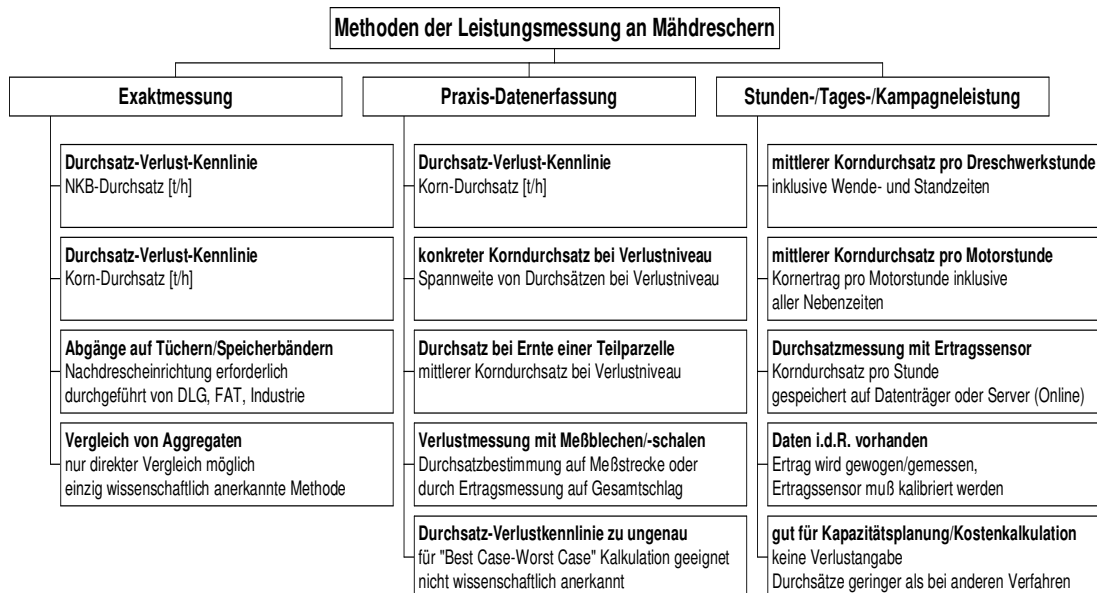


Abb. 1: Methoden der Leistungsmessung an Mähdreschern (NKB = Nicht Korn-Bestandteil)

Die einzig wissenschaftlich anerkannte Methode ist die **Exaktmessung**. Sie wird durchgeführt, um Mähdrescher unter definierten Bedingungen zu prüfen. Ergebnis ist

die Durchsatz-Verlust-Kennlinie. Die Messwerte gelten nur für die genannten Bedingungen und sind nicht auf andere Bedingungen wie höhere oder geringere Strohfeuchten oder andere Druschfruchtarten übertragbar. Es sind sogenannte Momentaufnahmen, die in der Regel den maximal möglichen Durchsatz unter den genannten Bedingungen darstellen [5]. Hersteller und Institutionen bedienen sich dieser teuren Methode nicht nur für Vergleichsmessungen, sondern auch zur Weiterentwicklung von Aggregaten bzw. Mähdreschern.

Abbildung 2 zeigt die Körnerverlustkennlinie des DLG-Vergleichsmähdreschers. Allein durch die Wahl verschiedener Regressionsfunktionen lässt sich der NKB-Durchsatz (Stroh-Spreu-Durchsatz) bei 1 % Körnerverlusten „manipulieren“. Bei Schüttler-Mähdreschern wird die Verlustcharakteristik am besten durch eine exponentielle Regression beschrieben.

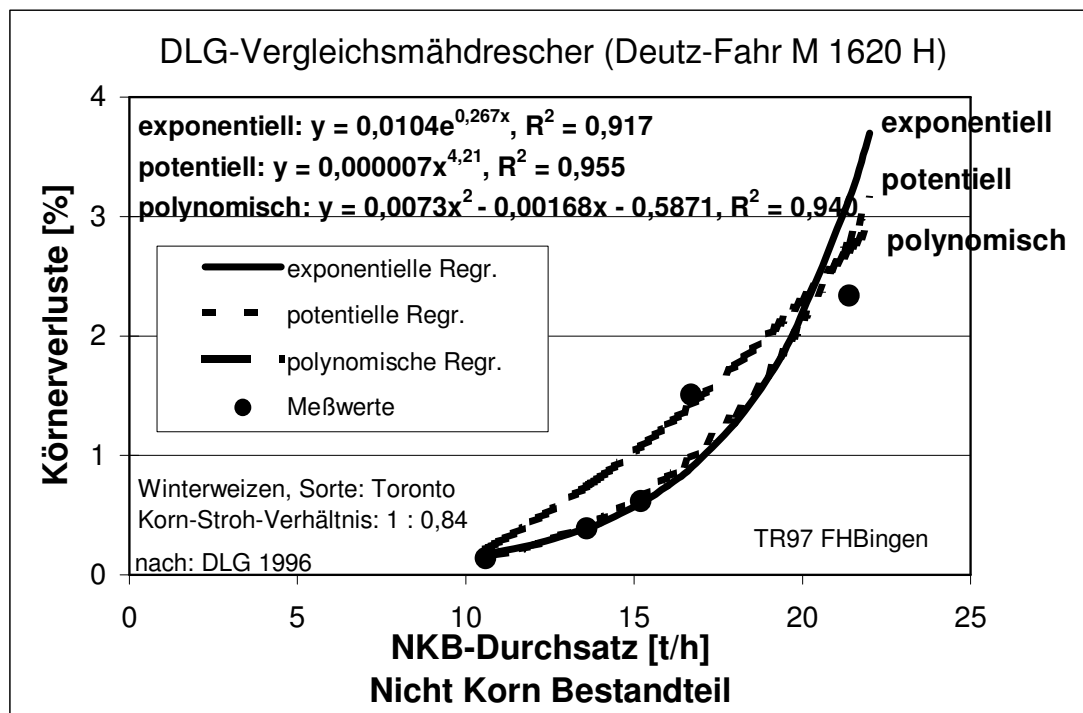


Abb. 2: Durchsatz-Verlust-Kennlinie des DLG-Vergleichsmähdreschers und der Einfluss unterschiedlicher Regressionen auf den Kurvenverlauf

Die **Praxis-Datenerfassung** wird oft durchgeführt. Sie ist mit geringerem Aufwand als die Exaktmessung verbunden. Im Gegensatz zu den Exaktmessungen werden die Körnerverluste nicht mit speziellen Auffangeinrichtungen wie Tüchern oder Speicherbändern, sondern mit Hilfe von Verlust-Messschalen aufgefangen. Dies birgt eine größere Ungenauigkeit in sich, weil die Fläche, auf der die Verluste gemessen werden, in der Regel nur maximal 0,5 m² beträgt, und die darauf erfassten Körner-

verluste auf die Gesamtfläche (Auswurfweite) hinter dem Mähdrescher hochgerechnet werden.

Daher ist es sinnvoll, bei diesem Verfahren einen Messpunkt durch eine hohe Anzahl von Wiederholungen (mindestens 4 Messungen) zu bestimmen. Aufgrund der dennoch gegebenen Ungenauigkeiten ist eine Durchsatzangabe in Form von Schwankungsbreiten sinnvoll. Z. B. könnte diese lauten: 20 bis 25 t/h NKB-Durchsatz bei 0,5 bis 1 % Verlusten. Da bei Praxismessungen meistens nicht der NKB-Durchsatz gemessen wird, wird der Korndurchsatz bei einem bestimmten Verlustniveau angegeben. Um diese Daten dann interpretieren zu können, sollte auf jeden Fall zumindest die Strohfeuchte gemessen werden, da diese bekanntlich den Durchsatz eines Mähdreschers in viel höherem Maße beeinflusst als der Kornertrag. Insgesamt ist eine Praxis-Datenerfassung sinnvoll, um Durchsatzbereiche von Mähdreschern anzugeben. Dies kann dann auch für eine Kalkulation „best-case-worst-case“ (günstigster und ungünstigster Fall) genutzt werden. Auch die Praxis-Datenerfassung ist eine Momentaufnahme, die nicht zu verallgemeinern ist.

Die **Stunden-, Tages- oder Kampagneleistung** wird häufig in Fläche pro Zeiteinheit (ha/h, ha/d, ha/a) angegeben, was zu ungenau ist. Daher ist es zweckmäßig, anstelle der Flächenangaben mit Durchsatzwerten zu arbeiten. D. h., es wird der mittlere Korndurchsatz pro Dreschwerk-Betriebsstunde angegeben. Dies geschieht durch Wägung der Erntemasse in Bezug auf die dafür benötigte Anzahl Dreschwerk-Betriebsstunden. Weil die Dreschwerk-Betriebsstunden auch gezählt werden, wenn der Mähdrescher wendet oder auf einen Standwagen überlädt, müssen diese Durchsatzwerte kleiner sein als die Ergebnisse der Praxis-Datenerfassung bzw. Exaktmessung. Wenn der Durchsatz auf die Motor-Betriebsstunden bezogen wird, trifft dies in noch höherem Maße zu.

Da viele Großmähdrescher inzwischen mit Durchsatzsensorik ausgerüstet sind, werden die Daten der Ertragsmessung zur Angabe der mittleren Durchsätze verwendet. Dies setzt natürlich eine präzise und häufige Kalibrierung der Messeinrichtung voraus. Diese Durchsatzwerte werden dann ebenfalls auf die Dreschwerk-Betriebsstunde bezogen. Neben der Aufzeichnung dieser Leistungswerte durch das Informationssystem des Mähdreschers besteht auch die Möglichkeit, die Daten online auf einen Server (Kap. 4) zu übertragen, um sie danach weiter zu verarbeiten.

Die Stunden-, Tages- und Kampagneleistungswerte sind gut für die Kapazitätsplanung und Kostenkalkulation verwertbar, weil sie ein für einen Betrieb oder eine Region repräsentatives Leistungsbild eines Mähdreschers darstellen. Der einzige große Nachteil dieser Methode besteht in der nicht gegebenen Angabe der Verlusthöhe.

Hier nennen Betriebsleiter meistens das stichprobenartig erfasste, mittlere Verlustniveau, also z. B. bis 0,5 % oder im Bereich von 0,5 bis 1 %.

Insgesamt wird deutlich, dass die verschiedenen Methoden der Leistungsmessung an Mähdreschern durch unterschiedliche Messverfahren und Genauigkeiten sowie Bezugsgrößen gekennzeichnet sind. Daher ist es sachlich nicht vertretbar, die unterschiedlichen Ergebnisse zu vergleichen oder zu verallgemeinern. Bei Leistungsangaben von Mähdreschern sollte daher immer deklariert werden, auf welcher Messmethodik die Werte basieren.

3. Systeme und Ökonomie

Nach Abbildung 3 lassen sich die derzeit angebotenen Dresch- und Abscheidesysteme in Mähdreschern in drei Obersysteme gliedern: Tangential-Schüttler-, Tangential-Rotor- und Axial-Mähdrescher [3]. Das vielseitigste Angebot gibt es nach wie vor bei den Schüttler-Mähdreschern. Bei den Tangential-Rotor-Mähdreschern wurde das Angebot mit dem Ende der Produktion des New Holland TF reduziert. Bei den Axial-Mähdreschern hat sich die Angebotsvielfalt durch den John Deere STS und den New Holland CR erhöht. John Deere bietet als einziger Hersteller Mähdrescher mit drei verschiedenen Dresch- und Abscheidesystemen an.

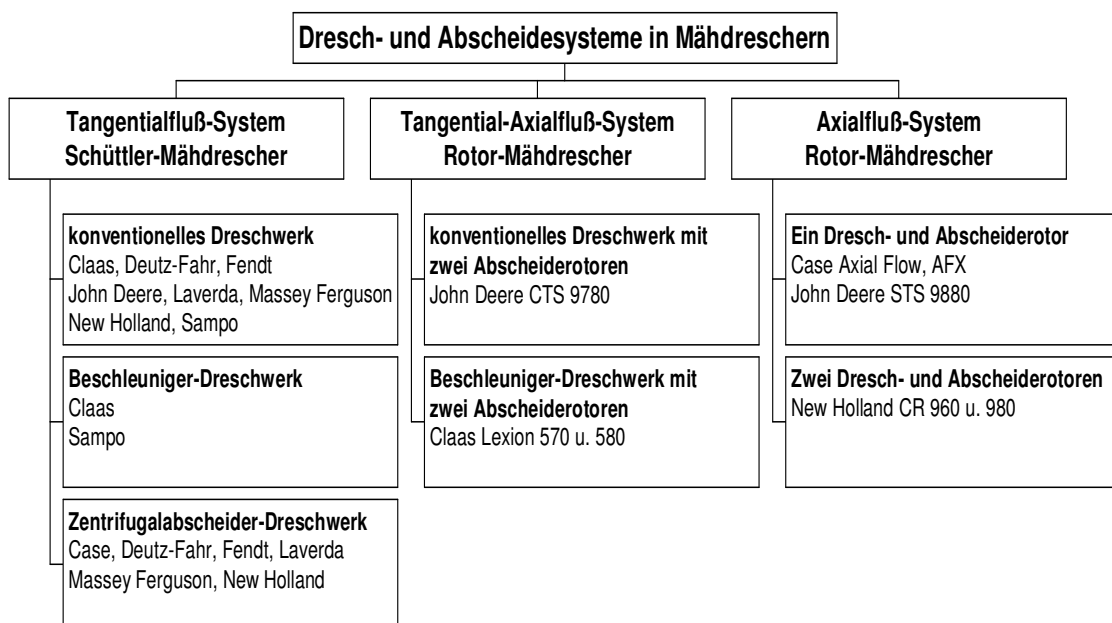


Abb. 3: Derzeit angebotene Dresch- und Abscheidesysteme

3.1 Tangential-Schüttler-Mähdrescher

Da die Leistungsfähigkeit des konventionellen Dreschwerkes (Abb.4) begrenzt ist, werden zusätzliche Abscheiderotoren verwendet. Denn eine einfache Vergrößerung des Dreschwerkes stößt nicht nur an physikalische Grenzen, sondern ist auch aufgrund der zulässigen Transportbreite eines Mähdreschers nicht weiter möglich. Wird z. B. der Umschlingungswinkel des Korbes um die Dreschtrommel erhöht, so ist dies u. a. am Korbeingang mit Annahmeproblemen und am Korbausgang mit Abgabeschwierigkeiten in Form von erzeugtem Bruchstroh und über die Trommel geworfenem Korn mit der Folge eines erhöhten Bruchkornanteiles verbunden.

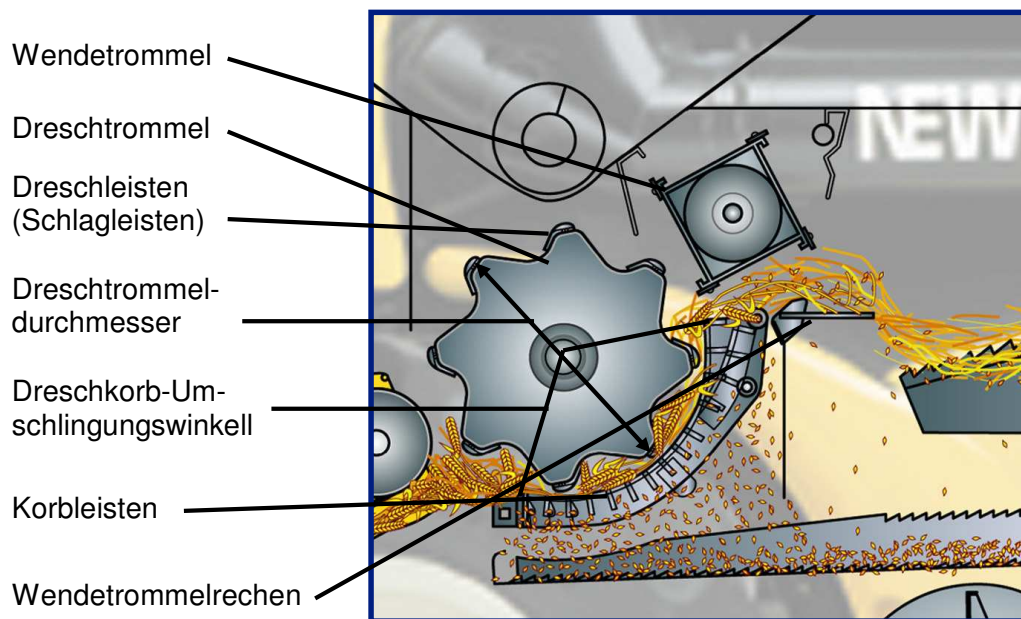


Abb. 4: Konventionelles Dreschwerk – Dreschwerk mit Wendetrommel, Bauteile und Bezeichnungen (nach: Werkbild New Holland)

Die aktuellsten Leistungsdaten von Schüttler-Mähdreschern stammen aus einem Vergleichstest, der im Auftrag der Redaktion profi von der DLG im Jahr 2000 [1] in der Magdeburger Börde in Rottmersleben durchgeführt wurde. Das Ergebnis dieses Vergleiches wurde schon veröffentlicht in profi 11/2000 und muss hier nicht noch einmal präsentiert werden. Jedoch liegt zum Vergleich der verschiedenen Dreschwerke eine relative Betrachtung der Ergebnisse nahe. Da die Dreschwerke von Sechs-Schüttler-Mähdreschern unterschiedlich breit sind (1,52 m bis 1,7 m), stellt sich die Frage, wie hoch die Druschleistung pro Meter Dreschkanalbreite ist. Dazu wurden die Testergebnisse gemäß Abb. 5 verrechnet. Da in drei Weizensorten Exaktmessungen durchgeführt wurden und die Durchsatzwerte bei 0,5, 1,0 und 2 % Körnerverlusten umgerechnet wurden, ergeben sich für jeden Mähdrescher 9 Einzelpunkte. Beim Deutz-Fahr sind nur drei Punkte zu erkennen, weil sie sich übereinan-

der befinden. Denn die Durchsatzwerte des Deutz-Fahr wurden gleich 100 % gesetzt. Außerdem ist dieser Mähdrescher zweimal vertreten, weil die Prüfung in zwei Gruppen stattfand und der Deutz-Fahr-Mähdrescher in beiden Gruppen geprüft wurde.

Abbildung 5 zeigt, dass der kanalbreitenbereinigte, relative Durchsatz unterschiedlich ist. Die Werte sind bei MF am geringsten. Hier wurde offensichtlich die hohe Kanalbreite von 1,68 m nicht vollständig genutzt. Die geringen Werte des John Deere lassen sich auf das konventionelle Dreschwerk zurückführen. New Holland und Claas, gefolgt von Case nutzen den Meter Dreschkanalbreite am intensivsten. Multipliziert man die relativen Werte mit den Dreschkanalbreiten, so ergeben sich die tatsächlichen, relativen Durchsätze. Dann ändert sich die Reihenfolge: Claas, gefolgt von Case und New Holland.

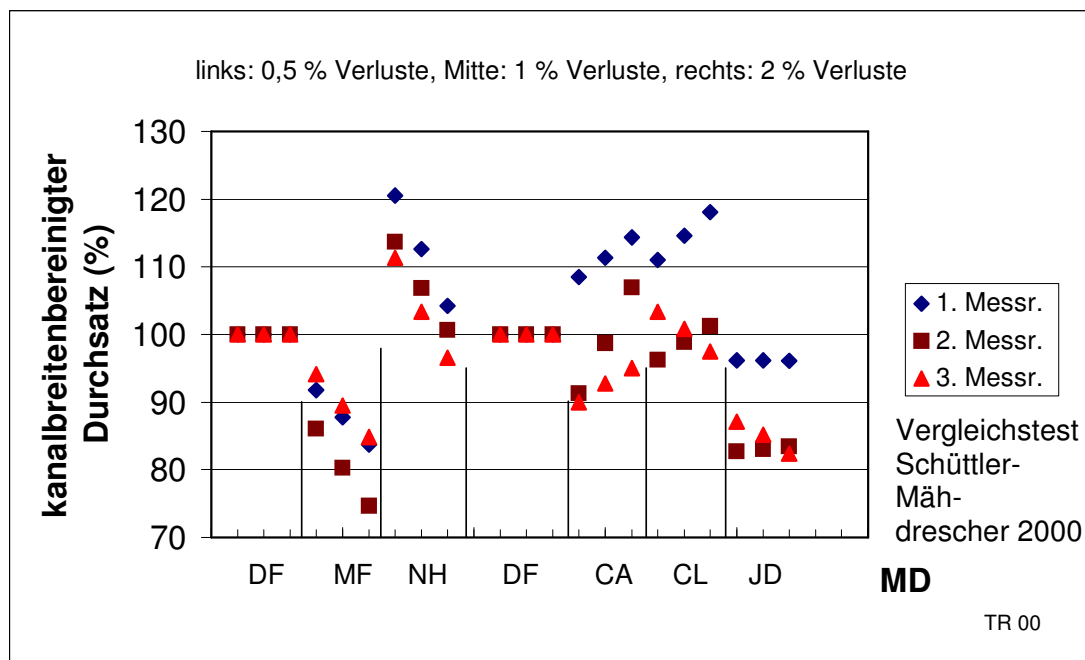
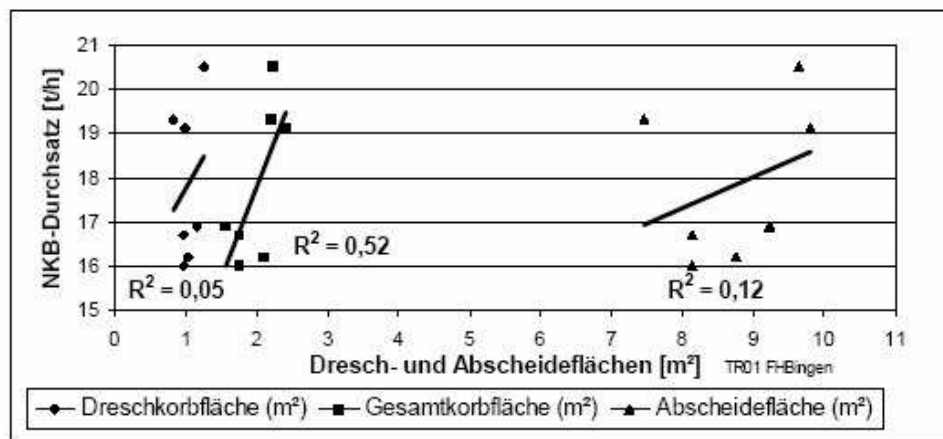


Abb. 5: Dreschkanalbreitenbereinigter, relativer Durchsatz von Schüttler-Mähdreschern – Deutz-Fahr (DF) = 100 %, MF = Fendt, NH = New Holland, CA = Case, CL = Claas, JD = John Deere (nach DLG, profi 2000)

Die Dreschkanalbreite ist demzufolge kein Parameter, der Rückschlüsse auf die absolute Druschleistung zulässt. Dies gilt ebenso für die technischen Daten der Mähdrescher, wie Dreschkorb-, Abscheidekorb- und Gesamt-Abscheidefläche wie Abb. 6

verdeutlicht. Hier wurde versucht, einen Zusammenhang zwischen den von der DLG gemessenen Durchsätzen und diesen technischen Daten zu berechnen. Das geringe Bestimmtheitsmaß von 52 % des funktionalen Zusammenhanges von NKB-Durchsatz und Gesamtkorbfläche sagt einfach ausgedrückt aus, dass die technischen Daten dieser Mähdrescherklasse vergleichend keine Rückschlüsse auf die tatsächliche Leistung zulassen (s. auch RKL- Schrift „Mähdrescher – aktuelle Modelle, Daten und Fakten, November 2003 [3]).



Vergleichstest
Schüttler-Mäh-
drescher 2000



Abb. 6: NKB-Durchsatz von Schüttler-Mähdreschern in Abhängigkeit von den Dresch- und Gesamtkorb- sowie Gesamtabscheideflächen (nach DLG, profi 2000)

3.1.1 Konventionelles Dreschwerk

John Deere setzt als einziger Hersteller in der obersten Schüttler-Leistungsklasse auf das konventionelle Dreschwerk mit einem Trommeldurchmesser von 66 cm (Abb.7). Seit 2001 wird die Baureihe WTS als Nachfolgemaschine der 22er Serie vermarktet. Prinzipiell hat sich an den Maschinen nicht viel geändert. Der Dreschkorb wurde um eine Leiste verkürzt und der Dreschspalt ist auf halbem Dreschweg am engsten. Unter der Wendetrommel befindet sich jetzt ein halber Korb und die Schüttler wurden mit mehr, aber flacheren Fallstufen versehen. Anstelle des früher eingesetzten Querschüttlers befindet sich jetzt ein Zinken-Abscheiderotor hinten oberhalb

der Schüttler. Die Zinken greifen in den Gutstrom, verringern die Strohschichtdicke und verbessern somit die Abscheidung.

Für die Arbeit am Hang sind die Maschinen mit dem Hillmaster Fahrwerk-Hangausgleich versehen, der die Mähdrescher bis zu 15 % Seitenhangneigung waagrecht hält. Der Siebkasten ist baugleich mit dem Siebkasten des Rotor-Mähdreschers CTS (s. Kap. 3.2.1). Ebenso sind neben den Schneidwerken viele andere Baugruppen wie Kabine, Kornbunker, Fahrwerk etc. baugleich. Die Hersteller versuchen die Anzahl der Baugruppen und damit die Teilevielfalt zu reduzieren. Ein Hersteller wie John Deere achtet als weltweiter Marktführer in hohem Maße auf universellen Einsatz und somit weltweite Vermarktung eines Dresch- und Abscheidekonzeptes, was unter europäischen und speziell maritimen Erntebedingungen oft mit geringeren Durchsätzen im Vergleich zum Wettbewerb verbunden ist.

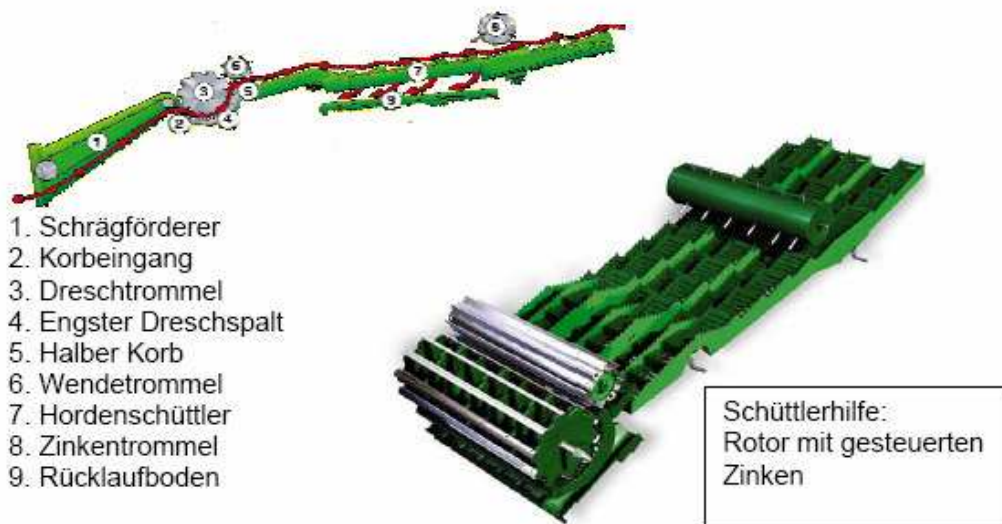
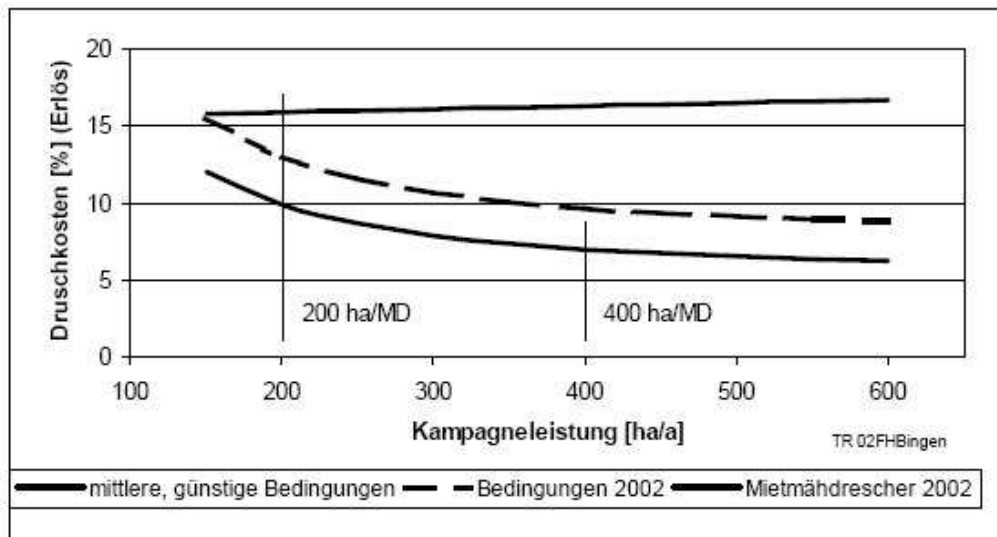


Abb. 7: John Deere Dresch- und Abscheidesystem – Baureihe WTS
 (Werkbild John Deere)

Die John Deere Schüttlermaschinen sind einfach aufgebaute Mähdrescher und demzufolge kostengünstig. Je nach Beschaffenheit des Druschgutes bzw. Region muss dieser einfache Aufbau ohne zusätzlichen Abscheiderotor kein Nachteil sein wie die Vollkostenanalyse in Abb. 8 bestätigt. Abgetragen die Druschkosten in Prozent des Erlöses der Ernte, die auf dem Acker aufwächst, in Abhängigkeit von der Kampagneleistung in einem Betrieb in der nördlichen Magdeburger Börde. Er hat von 1995 bis 2001 eine Schüttlermaschine (John Deere 2066) mit 400 ha/a Kampagneleistung eingesetzt. Die untere Kurve zeigt, dass er im Mittel der Jahre 7 % des Erlöses für die Ernte ausgegeben hat, was ein sehr guter Wert ist. Denn eigene

Untersuchungen zeigen immer wieder, dass Betriebe, die unter 10 % des Erlöses an reinen Mähdruschvollkosten, also Kosten für die Maschine, fixe und variable Kosten und den Fahrer ausgeben, bei Eigenmechanisierung sozusagen „auf der sicheren Seite liegen“.



Zeichnung: Steinkühler
(prof.) 1999

7 % = 29 083 €/a (1995 bis 2001)
14,8 % = 44 660 €/a (2002)

Abb. 8: Vollkosten der Druschfruchternte eines Marktfruchtbaubetriebes in der Magdeburger Börde mit eigenem Schüttler-Mähdrescher – günstigster Fall (untere Kurve) und ungünstigster Fall (mittlere Kurve plus obere Linie)

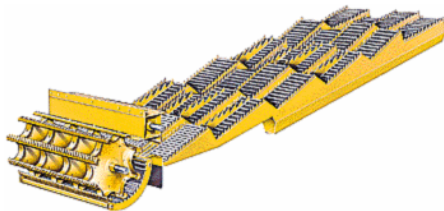
In einem Extremjahr wie 2002 kann dies völlig anders sein: in 2002 hatte der Betrieb stark erschwerte Erntebedingungen und musste eine Mietmaschine zukaufen. Dies beschreibt die obere Linie. Die mittlere Kurve (gestrichelt) beschreibt die Vollkosten des eigenen Mähdreschers unter den Bedingungen des Jahres 2002. Die Flächenleistung pro Maschine betrug nur 200 ha in dieser Kampagne. Somit hat die Ernte in diesem Betrieb im Jahr 2002 dann insgesamt 14,8 % des Erlöses, also 44 660 statt sonst 29 000 € gekostet. Dieses Beispiel zeigt, dass sich die Mähdrusch-Vollkosten in einem Betrieb mit Eigenmechanisierung zwischen 7 und 15 % des Erlöses bewegen können. Betragen die Kosten langfristig mehr als 12 bis 15 % des Erlöses, so ist der Zukauf von Mähdrusch als Dienstleistung kostengünstiger.

Die Vor- und Nachteile der konventionellen Schüttlermaschinen sind in Abbildung 9 zusammengefasst. Sie sind universell einsetzbar und deshalb auch weltweit gut vermarktbar. Bauweise und Einstellung sind einfach. Die Nachteile bestehen darin,

dass die Gefahr des Körnerbruchs hoch ist. Wer eine einfache Schüttlermaschine hoch auslasten möchte, ist gezwungen, scharf zu dreschen. Scharfes Dreschen hat hohe Körnerbruchwerte zur Folge. Dazu ist anzumerken, dass einerseits zwar über 1 oder 2 % Körnerverluste hinter dem Mähdrescher diskutiert wird. Andererseits aber je nach Erntebedingungen und Einstellung der Bruchkornanteil 7 bis zu 8 % betragen kann. Dies sind natürlich viel zu hohe Werte. Druschleistung und Kornqualität stellen einen Zielkonflikt dar. Zusätzlich steigt bei diesen Maschinen die Körnerverlustkurve relativ steil an, was die Verwendbarkeit bei feuchtem Stroh einschränkt.

Vorteile:

- universeller Einsatz, daher weltweit gut verwendbar
- einfache Bauweise
- einfache Einstellung



Nachteile:

- Gefahr des Körnerbruchs bei intensivem Drusch
- Druschleistung durch Bauvolumen beschränkt
- Leistungsabnahme bei feuchtem, zähem Stroh (Exponentialfunktion der Durchsatz-Verlust-Kennlinie)

Abb. 9: Vor- und Nachteile von konventionellen Schüttler-Mähdreschern (Werkbild New Holland)

3.1.2 Beschleuniger-Dreschwerk

Das Beschleuniger-Dreschwerk wird nur von den Herstellern Claas und Sampo (Finnland) angeboten. Claas stellt zwei Varianten her, zum einen den Lexion-Schüttler mit 60er Dreschtrommel und zum anderen den Mega mit 45er Dreschtrommel. Das Mega-Dreschwerk wird in den Typen 350 und 360 nach einigen Jahren der Nichtverfügbarkeit wieder am deutschen Markt in der Saison 2004 vermarktet. Die Mähdrescher sind bezüglich Dreschen und Abscheiden baugleich mit den alten Typen Mega 204 und 208/218. Ähnlich wie New Holland mit der Baureihe CS (Kap. 3.1.3) bietet Claas damit eine kostengünstige Maschine für gehobene Leistungsansprüche, vor allem unter feuchten Erntebedingungen an.

Bei den Lexion-Modellen verzichtet Claas auf die Rafferzinken als Schüttlerhilfe. Ähnlich wie bei John Deere befindet sich ein Zinkenrotor oberhalb der Schüttler, der das Material auflockert (Abb. 10). Die Steuerzeiten der Zinken sind abhängig von den Erntebedingungen einstellbar. Ergebnisse von Exaktmessungen bezüglich der

Druschleistungsunterschiede zwischen den Varianten „Rafferzinken und Zinkenrotor“ bei Claas und „Querschüttler und Zinkenrotor“ bei John Deere sind nicht bekannt.



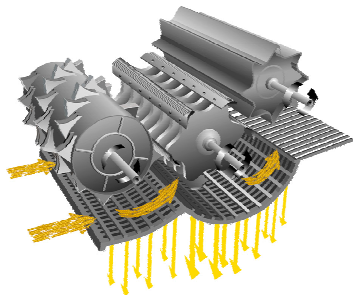
Abb. 10: Beschreibung des Systems Claas Lexion-Schüttler (Werkbilder Claas)

Der finnische Hersteller Sampo stellt ebenfalls Beschleuniger Dreschwerke her. Die Durchmesser des Beschleunigers und der Dreschtrommel betragen 40 bzw. 50 cm [3]. Bei einer Kanalbreite von 1,11 und 1,33 m sind dies Maschinen der mittleren und unteren Leistungsklasse, die hier nicht näher beschrieben werden. Auf der Agritechnica stellte Deutz-Fahr den Typ 3085 TS von Sampo in Deutz-Fahr-Grün vor. Ob überhaupt und in welchen Märkten diese Maschine vermarktet werden soll, wurde nicht mitgeteilt.

Die Vor- und Nachteile der Beschleuniger-Dreschwerke beschreibt Abb. 11. Hervorzuheben sind 20 bis 30 % Mehrleistung bei feuchten Erntebedingungen gegenüber vergleichbaren, konventionellen Dreschwerken sowie der gleichmäßige Gutfluss. Dieser wirkt sich in sehr hohem Maße beim Rapsdrusch aus, da am Vorkorb bereits viel Korn abgeschieden wird, was die Druschleistung steigert. Vor allem bei der Körnermaisernte zeigt die Variante mit 60er Dreschtrommel (Claas Lexion) sehr hohe Durchsätze aufgrund der großen Korbfläche. Lohnunternehmer ernten Corn-Cob-Mix durchaus mit einem Durchsatz bis 70 t/h Mais-Spindel-Gemisch Frischmasse. Dann begrenzen in der Regel der Elevator bzw. der Motor die Leistung.

Vorteile:

- 20 bis 30 % Mehrleistung im Vergleich zum ähnlich dimensionierten, konventionellen Dreschwerk bei feuchtem, zähem Stroh
- Gleichmäßiger Gutfluss
- rel. geringe Strohbeanspruchung.
- sehr hohe Druschleistung bei Raps durch Vorabscheidung
- hohe Druschleistung bei Mais durch große Korbfläche

**Nachteile:**

- hohe Schlagpunktzahl und dadurch Gefahr des Körnerbruches
- Brüchiges Stroh wird stark zerstört, was die Abscheidung an Schüttlern beeinträchtigt
- hoher Bauaufwand
- Beschleuniger steinempfindlicher als Schlagleisten-Dreschtrommel

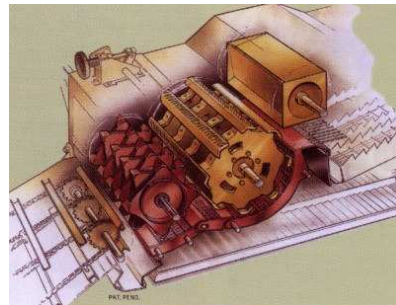


Abb. 11: Vor- und Nachteile von Mähdreschern mit Beschleuniger-Dreschwerk (Werkbilder Claas, Sampo)

Die Nachteile sind im aggressiven Drusch zu sehen. Die Dreschwerke erzeugen eine hohe Schlagpunktzahl (Trommeldrehzahl x Dreschleistenzahl x Korbleistenzahl). Um den Bruchkornanteil gering zu halten, ist man gezwungen, die Drehzahlen zu reduzieren. Fahrer, die von den Einstellungen bei einem konventionellen Dreschwerk ausgehen, ernten zu Beginn meistens mit zu hohen Trommeldrehzahlen und zu engen Dreschspaltweiten. Auf steinreichen Böden zeigt sich ein weiterer Nachteil: Der Beschleuniger nimmt mit seinen Nocken Steine eher an als eine Dreschtrommel.

3.1.3 Zentrifugalabscheider-Dreschwerk

Das Zentrifugalabscheidersystem stammt ursprünglich von New Holland. Die Dreschtrommeldurchmesser betragen 60 bis mittlerweile 75 cm. Die meisten Hersteller vermarkten heute Maschinen mit Zentrifugalabscheidern zur Steigerung der Druschleistung unter schwierigen Erntebedingungen. Deutz-Fahr, MF und Fendt vermarkten die auf den Deutz-Fahr Topliner basierenden, baugleichen Modelle. Ebenso sind die MF und Fendt-Maschinen bezüglich der „inneren Werte“ baugleich.

Laverda spielt in Deutschland eine untergeordnete Rolle, war aber auf der Agritechnica mit den überarbeiteten Modellen der von Fiat stammenden MCS Baureihe prä-

sent – leistungsstarke und vor allem flexibel einsetzbare Mähdrescher (s. RKL-Schrift Mähdrescher – aktuelle Modelle, Daten und Fakten, November 2003 [3]). Case vermarktet die CT-Baureihe im Schüttlersektor, baugleich mit dem bisherigen New Holland TX.

Weiterentwicklung 2003:

Änderung des Korbumschlingungswinkels

- 85 Grad bei brüchigem Stroh
- 121 Grad bei feuchtem, zähem Stroh

CS-Dreschwerk mit Siebbrücke unter der Wendetrommel - erstmalig verwendet in der 80er Baureihe (70er Jahre)

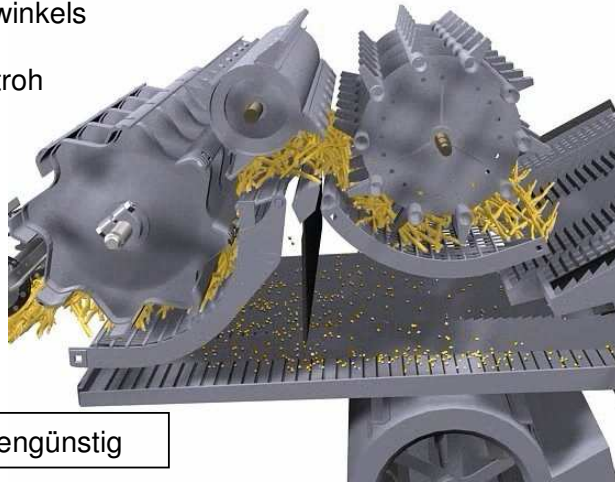


Abb. 12: Zentrifugalabscheider-Dreschwerk New Holland CS (Werkbild New Holland)

New Holland hat die neue Baureihe CS (Abb. 12) zur Agritechnica vorgestellt. Erstmals ist bei dieser Maschine eine Umstellung des Dreschkorbes möglich. Das heißt, unter trockenen Erntebedingungen kann mit 85 ° Korbumschlingungswinkel geerntet werden. Das Material wird schonend behandelt, damit das Stroh nicht zu stark zerkleinert wird und es nicht zu Verlusten an den Schüttlern kommt. Unter schwierigen Bedingungen ist es möglich, mit 121 ° Korbumschlingungswinkel zu ernten. Welche Druschleistungs- und Qualitätseffekte damit verbunden sind, wird sich in der nächsten Saison sicher herausstellen. Insgesamt ist das Konzept eine gute Idee, für die New Holland von der DLG eine Silbermedaille erhielt. Der CS-Mähdrescher lässt sich somit einfach per Hebel an der rechten Maschinenseite auf die jeweiligen Bedingungen umstellen.

Seit einigen Jahren bietet New Holland das Großdreschwerk der CX-Baureihe an (Abb. 13). Der Trommeldurchmesser wurde von bisher 60 cm auf 75 cm erhöht, die Kanalbreite ist mit 1,56 m unverändert. Die Druschleistung ist aber nicht von der Trommelgröße abhängig. Der vergrößerten Dreschtrommel folgt eine verkleinerte Wendetrommel im Vergleich zum Vorgängermodell TX, weil sich eine hohe Abscheideleistung nur aus dem Zusammenspiel der Aggregate ergibt. Die Wirkungen sind einerseits Reiben und Schlagen und andererseits Zentrifugieren. Wird auf der einen

Seit dem Trommeldurchmesser erhöht, dann nimmt der reibende Effekt zu, der zentrifugierende Effekt nimmt ab. Also muss die Wendetrommel eine höhere Beschleunigungsarbeit übernehmen. Das kann man erreichen, indem man bei identischer Umfangsgeschwindigkeit den Durchmesser reduziert.

Insgesamt wurde die Druschleistung der CX-Modelle gegenüber dem Vorgängermodell TX um etwa 10 bis 15 % gesteigert. Somit sind die CX-Mähdrescher z.Zt. die Schüttler-Maschinen mit der mit Abstand höchsten Druschleistung pro Meter Dreschkanalbreite.

CX-Dreschwerk :
Höchste Drusch-
Leistung pro Meter
Dreschkanalbreite
bei Schüttler-MD



- oberste Leistungsklasse bei Schüttler-Mähdreschern (CX 880)
- Mehrleistung im Vergleich zu TX (Case TC) etwa 10 - 15 %

CX-Dreschwerk seit 2001 vermarktet

Abb. 13: Zentrifugalabscheider-Dreschwerk New Holland CX
(Werkbild New Holland)

Abbildung 14 zeigt die Vor- und Nachteile von Zentrifugalabscheider-Dreschwerken. Es zeigen sich 20 bis 30 % Mehrleistung gegenüber identischen Modellen ohne Zentrifugalabscheider bei der Weizenernte. Praktikererfahrungen und Exaktmessungen bestätigen immer wieder: je feuchter und zäher das Stroh, desto vorzüglicher sind Mähdrescher mit Zentrifugalabscheider.

Keine Vorteile ohne Nachteile: ein Problem ist brüchiges Stroh. Das Stroh wird relativ stark zerstört, woraus konstruktive Maßnahmen resultieren, mit dem Ziel, weniger aggressiv abzuschneiden. So werden die Spaltweiten zwischen Rotoren und Abscheiderkörben erhöht, um das Stroh, wenn es brüchig ist, nicht so stark zu zerstören. Dennoch zeigte der Mähdreschervergleich 2000 eindeutig, dass die beiden Maschinen mit konventionellem (John Deere) und Beschleuniger-Dreschwerk (Claas) das längste Stroh ablegten. Der Bauaufwand für Zentrifugalabscheider-Dreschwerke ist mit bis zu 4 Trommeln (Case, New Holland) relativ hoch. Bei der Ernte von Raps mit

hohen Strohanteilen kann es schon mal vorkommen, dass Körner auch ins Stengelmark gedrückt werden.

Vorteile:

- 20 bis 30 % Mehrleistung im Vergleich zum ähnlich dimensionierten, konventionellen Dreschwerk bei feuchtem, zähem Stroh
- hohe Druschleistung bei Weizen
- je feuchter und zäher das Stroh, desto relativ höher die Druschleistung

Nachteile:

- hohe Schlagpunktzahl und dadurch Gefahr des Körnerbruchs
- Brüchiges Stroh wird stark zerstört, was die Abscheidung an Schüttlern beeinträchtigt
- Hoher Bauaufwand
- Körnerverluste bei Raps durch ins Stengelmark gepresste Körner



Abb. 14: Vor- und Nachteile von Mähdreschern mit Zentrifugalabscheider-Dreschwerk (Werkbilder MF, New Holland)

3.2 Tangential-Rotor-Mähdrescher

Seit der Einstellung der Produktion der New Holland TF-Mähdrescher bieten nur noch Claas den Lexion 570 und 580 und John Deere den 9780 CTS in diesem Systembereich an. Die grundsätzlichen Vorteile von Rotor-Mähdreschern zeigt Abbildung 15 in Form des Verlaufes der Körnerverlust-Kennlinien. Bei Rotormaschinen steigt die Körnerverlustkennlinie (durchgezogene Linie) nur gering an. Zu begründen ist dies mit der geringen Gutschichtdicke zwischen Rotoren und Abscheidekörben sowie mit der Fliehkraftabscheidung (Zwangabscheidung). Je nach Rotordrehzahl passiert das Gut die Abscheidekörbe etwa zehnfach schneller als die Schüttler in Schüttlermaschinen.

Eine Schüttlermaschine ist dagegen grundsätzlich durch einen exponentiellen Kurvenverlauf (gestrichelte Linie) gekennzeichnet – gleichgültig, ob mit oder ohne zusätzliche Abscheiderotoren (Beschleuniger, Zentrifugalabscheider). Denn bei zunehmendem Durchsatz und damit steigender Schichtdicke auf den Schüttlern fallen die Körner nicht mehr durch die Strohmatte per Schwerkraftwirkung hindurch. Bei geringem Verlustniveau ist mit der Rotormaschine nicht sehr viel Mehrleistung zu erzielen. Bei gehobenem Verlustniveau vergrößert sich die Leistungsdifferenz. Das

hat zur Folge, dass viele Betriebe mit einem Claas Lexion 480 zwei vorhandene konventionelle Schüttlermaschinen ersetzt haben.

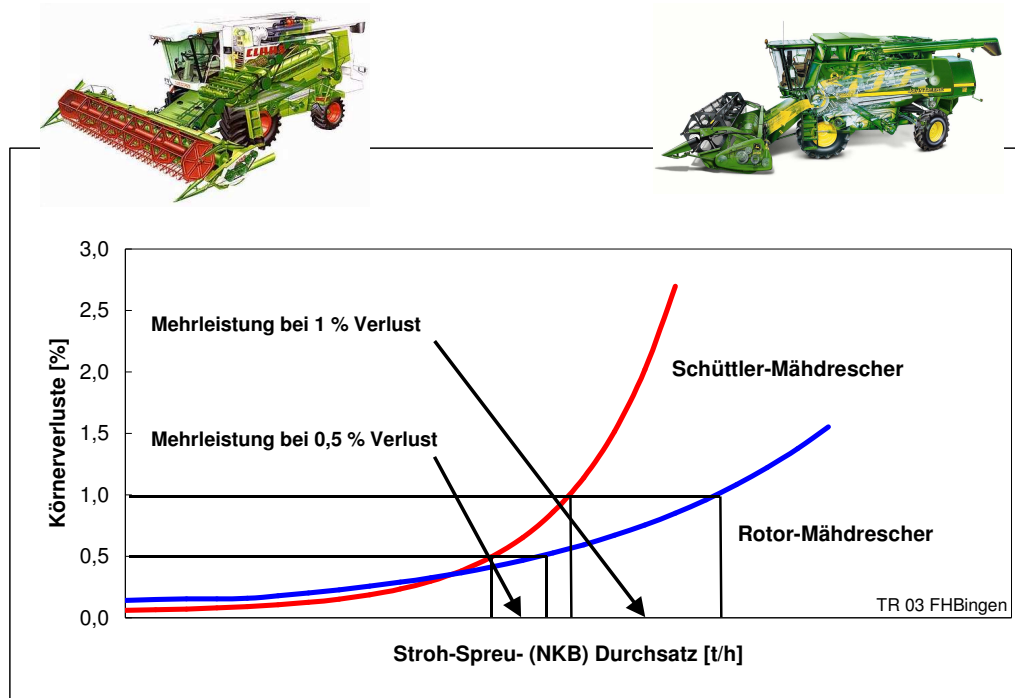


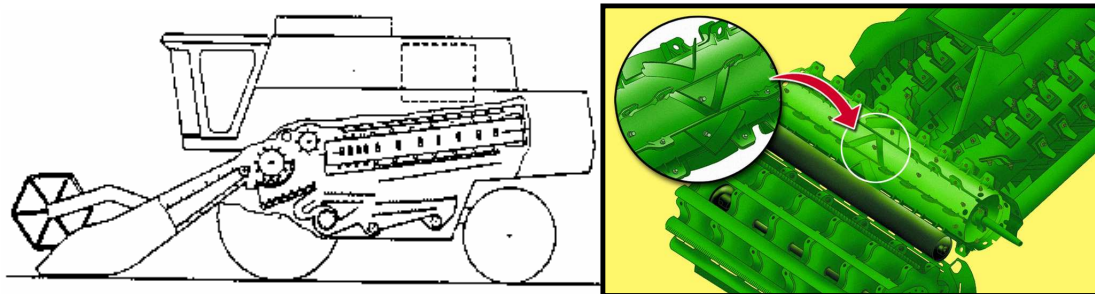
Abb. 15: Typische Verlustkennlinien von Schüttler- und Rotor-Mähdreschern (Werkbilder)

Ein großer Vorteil gegenüber Schüttler- und Axialmähdreschern ist die Wahl verschiedener Rotordrehzahlen. Je nach Dreschwerkeinstellung und Siebkastenbelastung werden die Drehzahlen der Rotoren abgestimmt. Bei sanfter Dreschwerkeinstellung lassen sich durch die Rotoren noch einige Restkörner ausdreschen, was bei Schüttlermaschinen nicht möglich ist. Soll das Stroh geborgen werden, lässt sich bei reduzierter Rotordrehzahl – und evtl. reduziertem Durchsatz - noch Langstroh ablegen, was mit Axialmaschinen nicht möglich ist. Mit diesen Eigenschaften sind die Tangential-Rotor-Mähdrescher am universellsten einsetzbar.

3.2.1 Konventionelles Dreschwerk mit zwei Axial-Abscheiderrotoren

John Deere produziert mit dem 8790 CTS einen Rotor-Mähdrescher auf Basis der Fünf-Schüttler-Mähdrescher der WTS-Baureihe (Abb. 16) mit 140 cm Trommelbreite. Daher ist diese Maschine nicht dem höchsten Leistungssegment zuzuordnen.

Dem konventionellen Dreschwerk sind zwei Zinkenrotoren nachgelagert. Die ursprüngliche Wendetrommel ist eine gegenläufig rotierende Trommel, die das Material von oben auf die Rotoren wirft. Eine Abkämmwalze verhindert Überwurf über die Dreschtrommel. Die Maschine ist vergleichsweise aufwendig aufgebaut. Da sie ursprünglich für den Reisdrusch konzipiert wurde, lässt sich die gesamte Rotoreinheit über Zahnsegmente nach hinten aus dem Rumpf „herauskurbeln“ – positiv für Wartung, Reinigung und anfallende Reparaturen.



Prinzipskizze

gegenläufige Leittrammel

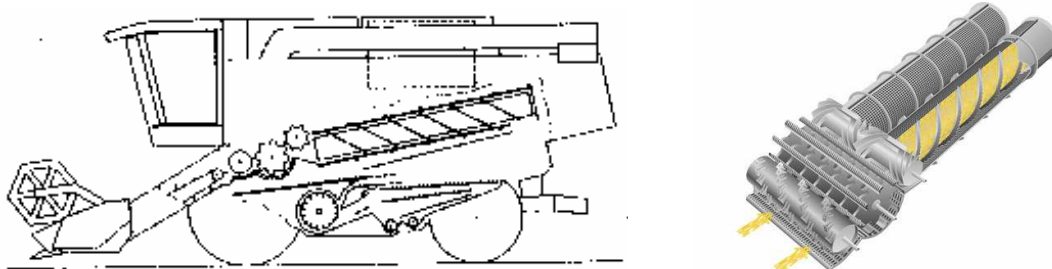
- kein Mähdrescher der obersten Leistungsklasse
- Druschleistung größer als bei WTS-6-Schüttler
- universeller Einsatz, auch für Schwadablage

Abb. 16: John Deere CTS 9780 (Zeichnung: Wacker, Schneider 1997, Werkbild)

3.2.2 Beschleuniger-Dreschwerk mit zwei Axial-Abscheiderrotoren

Claas vermarktet mit dem bisherigen Lexion 480 den meisterverkauften Mähdrescher in Deutschland. Zur Saison 2004 werden die beiden Typen 580 und 570 produziert. Die Dreschwerke sind identisch mit den Lexion-Schüttler-Maschinen. Die Wendetrommel ist ebenso wie beim John Deere CTS so profiliert, dass sie den Gutstrom teilt und zu den Rotoren leitet. Abb. 17 zeigt das Dresch- und Abscheideprinzip des Lexion 580. Die Rotoren sind mit Förderleisten bestückt. Beim Lexion 570 mit einer Trommelbreite von 1,42 m sind die Rotoren geometrisch mit denen des Lexion 580 gleich, jedoch ähnlich wie bei John Deere mit Zinken anstelle der Leisten

bestückt. Darüber hinaus ist der Lexion 570 mit einer von der Kabine aus steuerbaren Abscheidekorbabdeckung ausgerüstet, die unter trockenen Bedingungen eine Überbelastung der Reinigung mit Kurzstroh verhindert.



- Claas Lexion 580: Mähdrescher der obersten Leistungsklasse
- Claas Lexion 570: Druschleistung größer als bei Lexion-6-Schüttler
- universeller Einsatz, Schwadablage, beste Strohverteilung

Abb. 17: Claas Lexion Rotor (Zeichnung: Wacker, Schneider 1997, Werkbild)

Die Maschinen sind durch die bekannte, spezielle Stroh-Häckseltechnik mit Wurfgebläse (L 580) gekennzeichnet. Dies ist das derzeit einzige System, mit dem das Häckselgut bei Arbeitsbreiten von 9 m noch auf die gesamte Breite verteilt werden kann. Für den Lexion 570 hat Claas auf der Agritechnica den Häcksler mit Tangentialverteilerrotoren (Abb. 18) vorgestellt. Das gehäckselte Gut wird direkt vom Häckselrotor den beiden Verteilerrotoren zugeführt und dann nach außen geschleudert. Wurfweite und die Verteilung werden eingestellt, indem ein oszillierender Abweiser entsprechend angesteuert wird. Das System zeigte in der Saison 2003 bei 7,50 m Arbeitsbreite eine gute Verteilqualität bzw. ausreichende Wurfweite des Häckselgutes.

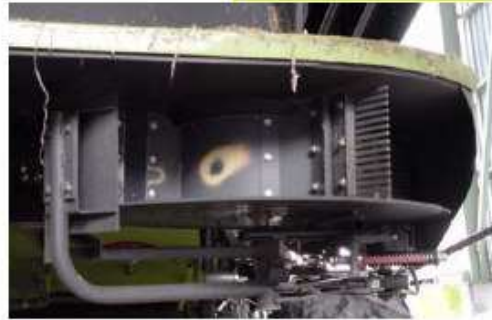


Tangentialverteiler
mit oszillierendem
Abweiser

Tangentialverteiler
Seitenansicht



Prinzip



- direkter Materialfluss vom Häcksler zu den Verteilrotoren
- weniger Leistungsinput als bei 480/580, erste Erfahrungen aus 2003 positiv

Abb. 18: Claas Lexion 570 Häcksler mit Verteilrotoren
(Werkbild, Rademacher 2003)

Da der Claas Lexion 480 der meistverkaufte Mähdrescher in Deutschland ist und er vor allem in Großbetrieben eingesetzt wird, existieren von diesen Maschinen die meisten Leistungsdaten und Praxiserfahrungen. Abbildung 19 zeigt Leistungsdaten von Mähdreschern des Typs Lexion 480 aus dem Jahr 1998. Betrieb I befindet sich in Mecklenburg und Betrieb II in Thüringen. Beide nutzen identische Rotormaschinen, jeweils zwei Lexion 480 mit einem Horsch Umladewagen. Betrieb I erntete 649 ha pro Maschine, Betrieb II 823 ha. Da Betrieb I ein höheres Ertragsniveau realisiert, verarbeitet ein Mähdrescher über 5000 t Getreide und Raps pro Saison. Im Betrieb II werden trotz der höheren Fläche nur knapp 4400 t pro Maschine geerntet.

Gemäß KTBL-Kalkulation erntet Betrieb II mit 59,82 €/ha sehr kostengünstig und somit billiger als Betrieb I. Bezieht man die Druschkosten jedoch auf die Druschfruchtmasse, so erntet Betrieb II mit 11,27 €/t teurer als Betrieb I. Betrieb I hat einen höheren Rapsanteil in der Fruchtfolge an und demzufolge ist die Erlössumme höher. Bezieht man nun die Mähdruschkosten auf den monetären Ertrag, also den Erlös – und nur vom Erlös muss die Maschine bezahlt werden, weder von der Fläche, noch von der Masse –, so erntet Betrieb I mit Kosten von 8,70 % des Erlöses sehr günstig.

Da nicht die theoretischen sondern viel mehr die praktischen Druschleistungen in Form von Tages- und Kampagneleistungen für den einzelnen Betrieb von besonde-

rer Bedeutung sind, sei hier auf nochmals (s. Kap. 2) auf diese Leistungen verwiesen. Im Vergleich zu Spitzenleistungen (Exaktmessungen, Praxis-Datenerfassung) erscheint die mittlere Kampagne-Druschleistung gering. Tatsächlich sind Druschleistungen von 25 bis 30 t/h Weizen pro Dreschwerkstunde jedoch hervorragende Leistungen, die bisher über eine gesamte Kampagne hinweg noch von keinem anderen Mähdrescher bekannt sind.

Kennwerte	Einheit	Betrieb	
		I	II
Fläche pro Rotor-Mähdrescher	ha/a	649	823
Erntemasse pro Rotor-Mähdrescher	t/a	5066	4373
Kostenart		Kosten	
flächenbezogen	€/ha	78,23	59,82
massebezogen	€/t	9,97	11,27
erlösbezogen	%	8,70	10,02



Zeichnung: Claas 1998

Kalkulationsgrundlagen:

- betriebsspezifische Erträge und Maschinendaten 1998
- Nutzungsdauer: 7 Jahre bei Restwert: 10 % von A
- Preise: Getreide: 100 €/t, Raps: 175 €/t

Spektrum Kampagneleistung: etwa 2000 bis 6000 t/a

- max. Praxisleistungen: über 60 t/h Weizen
- hohe Tagesleistungen bis 400 t Weizen
- sehr hohe, mittlere Kampagne-Druschleistungen: bis 30 t/h (Weizen pro Dreschwerkstunde)

Abb. 19: Claas Lexion 480 – Leistungsdaten von zwei Betrieben und Kennwerte

Die Vor- und Nachteile der Tangential-Rotor-Mähdrescher zeigt Abbildung 20. Mit dem Tangential-Rotor-Mähdrescher Claas Lexion 580 können zwei Schüttlermaschinen ersetzt werden. Der große Vorteil von Tangential-Rotormaschinen ist, dass sie auch bei feuchtem Stroh noch einsetzbar sind, bzw. auch langes und zähes Stroh noch verarbeiten können. Das Stroh lässt sich noch ernten, wenn mit reduzierter Rotordrehzahl gedroschen bzw. abgeschieden wurde. Hervorzuheben ist also der universelle Einsatz dieser Maschinen. Bei brüchigem Stroh kann der Siebkasten überbelastet werden (Abdeckung der Abscheidekörbe bei Claas). Der Bauaufwand ist relativ hoch.

Da das Stroh stärker zerstört wird als bei Schüttler-Mähdreschern und dies Energie kostet, stellt sich die Frage nach dem Dieselverbrauch. Betriebe, die ihre Mähdre-

scher gering belasten, verbrauchen bis zu 10 % Diesel mehr pro t Druschgut. Betriebe mit hoher Maschinenauslastung, erzielen einen höheren Gesamtwirkungsgrad des Systems „Motor-Mähdrescher“ und demzufolge ähnliche, manchmal sogar geringere Dieserverbrauchswerte als Schüttlermaschinen. Bei Vergleichen zwischen Betrieben mit ähnlichen Erntebedingungen zeigt sich, dass die Mähdrescher mit breiten Schneidwerken tendenziell weniger Diesel als mit schmaleren Schneidwerken verbrauchen, weil mit breiteren Schneidwerken langsamer gefahren wird, was weniger Motorleistung kostet und die Wendezeiten geringer sind. Darüber hinaus beeinflusst der Rollwiderstand den Dieserverbrauch: Standardbereifung und Fahrt auf Sandböden hat höhere Rollwiderstände als Breitreifung oder Gummibandlaufwerke auf tragfähigen Schluff- oder Lehmböden und daher höhere Dieserverbrauchswerte zur Folge. Der Fahrwerk-, Boden und Geschwindigkeitseinfluss kann durchaus bis zu 0,5 l/t (Diesel pro Tonne Druschgut) betragen.

Vorteile:

- Sehr hohe Druschleistung, dadurch Ersatz von bis zu 2 Schüttler-Mähdreschern
- Universeller Einsatz auch bei feuchtem Stroh und hohen Stroherträgen
- Schonenderer Drusch als bei vergleichbaren Schüttler-Mähdreschern
- Bei reduzierter Rotordrehzahl Schwadablage des Strohs möglich

Nachteile:

- Brüchiges Stroh wird stark zerstört, was die Abscheidung an der Reinigung beeinträchtigen kann
- Hoher Bauaufwand
- Dieserverbrauch bis zu 10 % höher als bei Schüttler-Mähdreschern (bei hoher Auslastung durch zunehmenden Wirkungsgrad auch geringer)

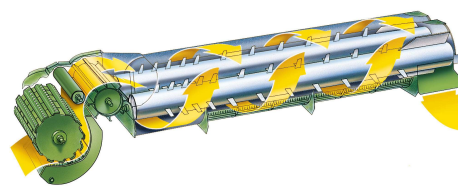
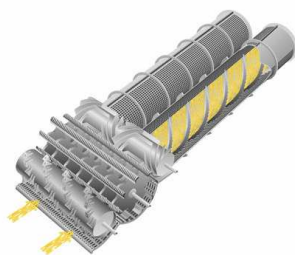


Abb. 20: Vor- und Nachteile von Tangential-Rotor-Mähdreschern (Werkbilder Claas, John Deere)

3.3 Axial-Mähdrescher

Axial-Mähdrescher wurden bis 2001 nur von Case IH in Form des AF in Deutschland vergleichsweise erfolgreich vermarktet. Die Stückzahlen blieben insgesamt jedoch mit maximalen Marktanteilen unter 10 % immer gering, weil Axial-Dreschwerke mit Leistungseinbußen auf feuchtes und zähes Stroh reagieren und das Stroh so stark zerstört wird, dass es sich zur Bergung kaum noch eignet. Darüber hinaus ist der universelle Einsatz dieser Technik nicht immer gewährleistet, was sicher auch durch Mängel bei Zusatzausrüstungen wie Hangausgleich und Häckselgutverteilung zu begründen ist. Demgegenüber ist ein großer Vorteil dieser Technik zu nennen: durch den mehr reibenden als schlagenden Drusch entsteht weniger Bruchkorn.

3.3.1 Ein Dresch- und Abscheiderotor

Das Angebot an Axial-Mähdreschern mit einem Rotor hat sich nach der Vorstellung des John Deere 9880 STS auf der Agritechnica 2001 nochmals erhöht. Case stellte auf der Agritechnica 2003 den AFX 8010 (Abb. 21) vor. Kernstück des AFX ist der vom AF-Xclusive bekannte Rotor. Baugruppen wie Schneidwerk, Siebkasten, Rahmen, Fahrwerk, Kornbunker, etc. sind baugleich mit denen der Rotor-Mähdrescher von New Holland (s. Kap. 3.3.2).



Rotortechnik übernommen vom Case AF, identisch mit AF 2388 Xclusive
Komponenten wie Siebkasten und Schneidwerk mit New Holland baugleich

- keine Druschleistungsangaben aus 2003 – oberste Leistungsklasse?
- geringe Bruchkornanteile wie bei AF 2388 zu erwarten

Abb. 21: Axial-Mähdrescher Case AFX 8010 (Werkbild Case)

Da Case den AFX in der vergangenen Saison nicht großflächig eingesetzt hat, liegen bisher auch noch keine Erfahrungen bezüglich seiner Druschleistung vor. Die technischen Daten wie Motorleistung (400 PS) und Rotorgeometrie lassen nicht darauf schließen, dass die Maschine zur obersten Leistungsklasse mit maximalen Durch-

sätzen von 60 t/h Weizen (Exaktmessung, Praxis-Datenerfassung) gehören wird. Nach der nächsten Saison werden sicherlich mehr Erfahrungen vorliegen.

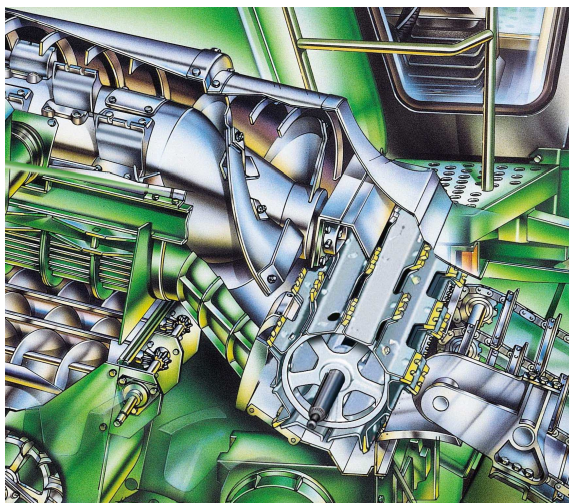
Mit dem John Deere 9880 STS wurden bereits in höherem Maße Erfahrungen gesammelt. Die Einrotor-Maschine mit Zinkenrotortechnik (Abb. 22) spielt ihre Vorteile vor allem bei trockenem Stroh aus. Unter diesen Bedingungen erreicht die Maschine in der Ebene praktische Weizendurchsatzwerte von 60 t/h. Bei feuchtem, zähem Stroh ergeben sich größere Leistungseinbußen als bei Tangential-Rotor-Mähdreschern.



John Deere, Baureihe STS



STS – 3 Stufen-Dresch- und Abscheidesystem



Übergang vom Schrägförderer zum Leitrotor und zur Einzugsschnecke

- Praxisleistung bis zu 60 t/h Weizendurchsatz bei trockenem Stroh in der Ebene
- Mähdrescher der obersten Leistungsklasse
- geringe Bruchkornanteile
- Schwadablage kritisch

Abb. 22: Axial-Mähdrescher John Deere 9880 STS (Werkbilder John Deere)
Bei diesem System führt ein Leitrotor das Erntegut zum Axialrotor. Unterhalb des Leitrotors befindet sich eine Steinfangmulde zum Schutz der empfindlichen Axial-

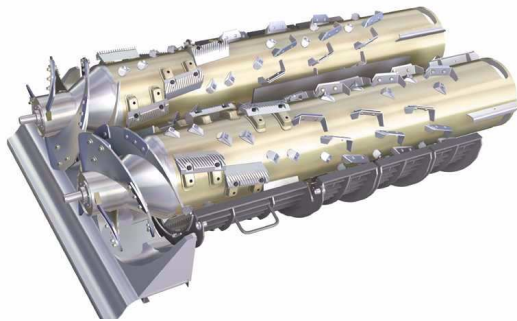
dreschtechnik vor Fremdkörpern. Eine Besonderheit bei John Deere ist die sogenannte 3-Stufen-Abscheidung. D.h., das Rotorgehäuse wird im oberen Bereich immer mehr exzentrisch je weiter das Material nach hinten gefördert wird. Durch diesen immer größer werdenden Abstand zwischen Rotor und Rotorgehäuse (auch beim John Deere CTS) soll sich das Material auflockern, was die Abscheideintensität erhöht.

3.3.2 Zwei Dresch- und Abscheiderotoren

New Holland bietet die Mähdrescher der Baureihe CR an. Der CR 960 basiert auf den CX-Schüttler-Mähdreschern mit einer Dreschkanalbreite von 1,3 m und der CR 980 baut auf den Sechs-Schüttler-Mähdreschern mit einer Kanalbreite von 1,56 m auf. Kernstück der CR-Maschinen ist die Zweirotor-Dresch- und Abscheidetechnik. Diese baut New Holland bereits seit Ende der 60er Jahre in Amerika in die sogenannten Twin-Rotor-Maschinen ein, deren Produktion jetzt aber eingestellt wurde. Offensichtlich wurde sehr viel Entwicklungsarbeit geleistet, um diese Maschinen an europäische Verhältnisse anzupassen. Der Einzugskanal wurde verengt, damit die Einzugsschnecken der Rotoren von beiden Seiten gleichmäßig viel Gut greifen können. Der Rotoreingang, d.h., die Schnecken wurden verändert und die Rotoren wurden mit anderen Dresch- und Reibsegmentensegmenten versehen, wie Abbildung 23 zeigt.

Wie bei allen Axial-Mähdreschern folgt dem vorderen Einzugsbereich der Rotoren ein Dreschbereich mit Dreschkorb. Im hinteren Abscheidebereich ist der Rotor mit Mitnehmerleisten bestückt. Die Untenansicht zeigt die verschiedenen Körbe. Die Abscheidekörbe sind weitmaschiger als die Dreschkörbe. Bei Axialmaschinen können Steine zu Beschädigungen führen, deren Reparatur kostspielig ist. Relativ alte Untersuchungen aus Kanada zeigen, dass dann auch die Arbeitsqualität nicht mehr gewährleistet ist. Daher hat New Holland ein Steinschutzsystem in den Schrägförderer integriert. Im unteren vorderen Holm und in der vorderen Umlenkwalze der Einzugskette befinden sich Piezoelemente, also Klopfensoren. Sobald es poltert, d. h., ein Stein in den Einzugskanal gerät, öffnet sich die recht große Klappe unterhalb des Einzugskanals und das Material samt Stein wird dort abgeschieden. Die Sensibilität des Klopfensensors ist einstellbar.

Die bisherigen Erfahrungen mit dem CR 980 zeigen, dass dieser Mähdrescher mit Praxisleistungen von bis zu 70 t/h Weizendurchsatz derzeit das höchste Druschleistungspotential in sich birgt. Leistung und Kornqualität sind sehr gut. Problematisch ist bei den Versionen 2002 und 2003 noch die Strohbehandlung: Schwadablage und Strohverteilung lassen noch Wünsche offen.

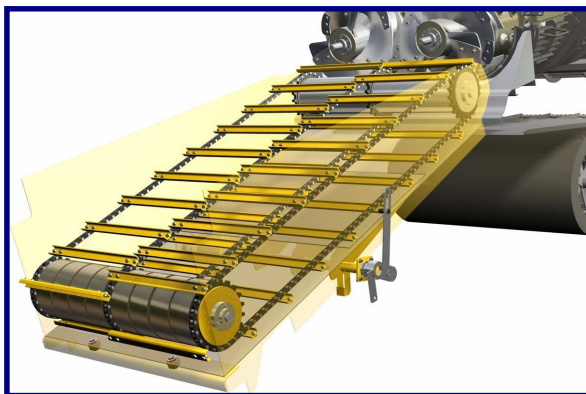


Axialrotoren Obenansicht



Axialrotoren Untenansicht

Prinzip NH CR-System

Steinschutz - Prinzip:
Klopfsensoren in vorderer
Umlenkwalze und im Kanalboden

- Praxisleistungen: 65 bis 70 t/h Weizendurchsatz
- z. Zt. höchstes Leistungspotential bei Serienmähdreschern
- geringe Bruchkornanteile und wenig NKB im Korn
- sehr gute Entspelzung
- Strohbergung und Häckselgutverteilung bisher problematisch

Abb. 23: Axial-Mähdrescher New Holland CR (Werkbilder New Holland)

Mähdrescher der verschiedenen Hersteller zeigen meistens große Preisdifferenzen. Daher liegt es nahe, unterschiedliche Versionen mit unterschiedlichen Anschaf-

fungskosten mit Hilfe von Modellkalkulationen, die auf den bisherigen Erfahrungen mit diesen Systemen basieren, zu untersuchen. Abbildung 24 zeigt die Daten eines Modellvergleiches zwischen einem Tangential-Rotor-Mähdrescher (MD1) und einem Axial-Mähdrescher (MD2) unter norddeutschen Erntebedingungen mit feuchtem, zähem Stroh. Die Differenz der Anschaffungspreise beträgt 30 000 €. Der Wiederverkaufswert und die Druschleistung sowie der Bruchkornanteil des MD2 sind geringer. Demgegenüber wird die bessere Strohverteilung des MD 1 mit 5 % mehr Ertrag bei Raps bewertet.

Kenngröße	Wert	
	MD 1	MD 2
Anschaffungspreis (A) [€]:	250 000	220 000
Wiederverkaufsprozentsatz bei 500 bzw. 450 ha/a [%]	25	18
Max. Nutzungsdauer (N) [a]:	8	8
Zinssatz (i):	6	6
Versicherung [€/a]:	511	511
Reparaturkosten bei geringster Auslastung [€/ha]:	9	9
Motorleistung [kW]:	368	338
Dieselpreis [€/l]:	0,80	0,80
Kosten der eigenen Akh (Fahrer) [€/h]:	20	20
Lohnarbeitssatz [€/ha]:	115	115
Ernteleistung [h/ha]:	1	2

Stroh-
feuchte

scho-
nender
Drusch

Kennwert	Fruchtfolgedaten		
	Flächenanteil [%]	Ertrag [t/ha]	Preis [€/t]
Frucht			
Weizen	50	9,5	120
Gerste	8,33	7	90
Roggen	8,33	9	100
Raps	33,33	4 u. 3,8	220

Strohverteilung: - 5% Rapserttrag bei MD 2

Abb. 24: Tabellen mit den Daten von zwei Vergleichsmähdreschern für eine Vollkostenkalkulation und norddeutschen Erntebedingungen

Die Kostendegressionskurven in Abb. 25 zeigen interessante Ergebnisse: trotz des Mehrpreises von 30.000 € für MD1 unterscheiden sich die Druschkosten in % des Erlöses wenig. In 173 bzw. 175 Dreschwerk-Betriebsstunden pro Saison erntet MD2

450 ha und MD1.500 ha. Der Lohnunternehmersatz wurde mit 115 €/ha entsprechend diesem Beispiel mit 12 % des Erlöses veranschlagt. Ab etwa 400 ha/a Kampagneleistung lohnt sich die Eigenmechanisierung. Die flächenbezogene Kalkulation weist bei den gegebenen Kampagneleistungen einen Vorteil des MD2 von etwa 2 €/ha gegenüber MD1 aus. Aufgrund der Mehrleistung und des höheren Rapsertages ergibt sich jedoch tatsächlich ein Kostenvorteil von etwa 0,5 %-Punkten des MD1 gegenüber MD2. Die Modellkostenkalkulation zeigt, dass die erlösbezogene Kalkulation einerseits realer ist als die flächenbezogene, weil die Wirkungsweisen von Technik und Ausrüstungen berücksichtigt werden. Andererseits sind Ausrüstungen wie ein Häcksler in diesem Fall oder z. B. ein Lenkautomat oder ein Schneidwerk mit variabler Tischlänge bezüglich der verfahrenstechnischen Kosten schwer zu bewerten.

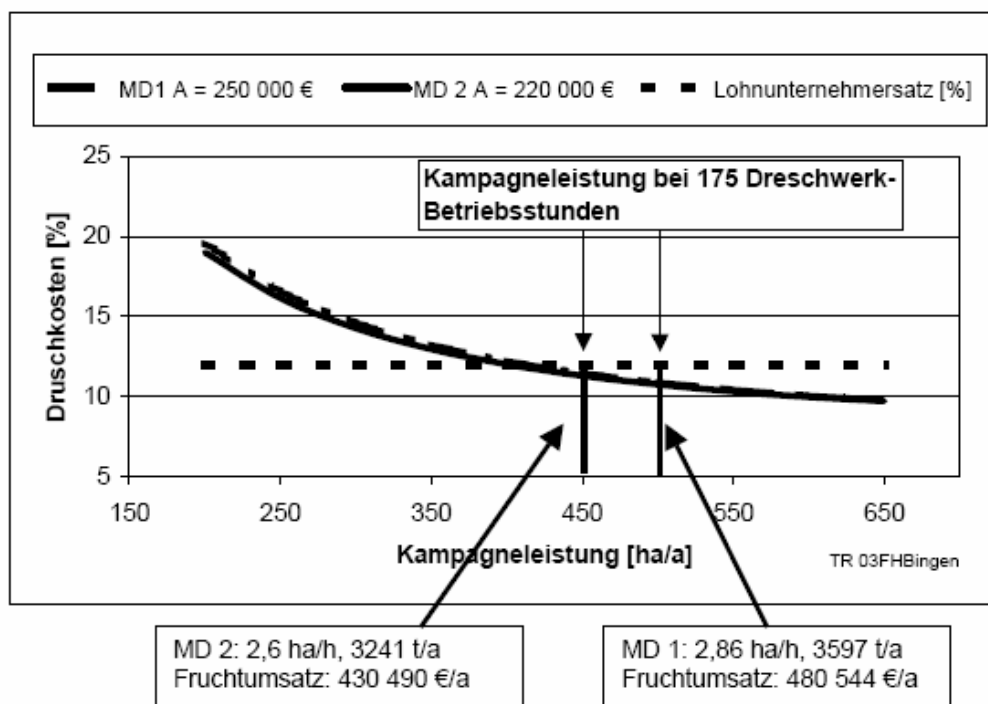


Abb. 25: Vollkostenvergleich von zwei Mähdreschern der obersten Leistungsklasse (MD1: Tangential-Rotor-Mähdrescher, MD2: Axial-Mähdrescher) unter norddeutschen Erntebedingungen

Die Vor- und Nachteile von Axialmähdreschern zeigt Abbildung 26. Ebenso wie bei den Tangential-Rotormaschinen können jeweils mit den Maschinen der obersten Leistungsklasse zwei Schüttler-Mähdrescher ersetzt werden [4]. Der sehr schonende Drusch mit Bruchkornanteilen unter 1 % ist positiv zu bewerten. Bei entsprechender Einstellung der Reinigung ergibt sich je nach Maschine ein geringer Besatz an Nicht-Korn-Bestandteilen im Korn. Jedoch besteht auch hier das Problem der Überlastung

der Reinigung bei zu hohem Bruchstrohanfall. In der vergangenen Saison zeigte vor allem der New Holland CR eine hervorragende Kornqualität mit wenig anhaftenden und losen Spelzen sowie geringsten Bruchkornanteilen. Ein Problem der Axial-Mähdrescher ist nach wie vor das Stroh: bei 9 m Arbeitsbreite sind die Maschinen weder in der Lage das Stroh gleichmäßig zu verteilen, noch es ins Schwad zu legen.

Die Bauweise der Axial-Mähdrescher ist einfacher als bei Tangential-Rotormaschinen und demzufolge können Hersteller wie Case, John Deere und New Holland diese Maschinen auch günstiger anbieten als Claas den Lexion-Rotor. Ob dann tatsächlich auch günstiger geerntet wird, muss durch einzelbetriebliche Kalkulationen berechnet werden – nicht immer ist der Billigere auch der Günstigere. Fakt ist jedoch auch, dass der billigere Mähdrescher zunächst die Liquidität eines Betriebes schont. Ob der Dieselverbrauch der Axial-Mähdrescher so gering ist wie der von Tangentialmaschinen, müssen Vergleichsmessungen noch zeigen.

Vorteile:

- sehr hohe Druschleistung, dadurch Ersatz von bis zu 2 Schüttler-Mähdreschern
- schonenderer Drusch als bei beim Tangential-Dreschwerk -durch reibenden Drusch weniger Bruchkorn
- einfachere Bauweise als bei Tangential-Mähdreschern – kostengünstiger

Nachteile:

- brüchiges Stroh wird stark zerstört, was die Abscheidung an der Reinigung beeinträchtigen kann
- Schwadablage fast nicht möglich - Stroh wird zerrieben, ungleichmäßige Schwadform
- Dieselverbrauch bis zu 20 % höher als bei Schüttler-Mähdreschern – muss für JD STS und NH CR geprüft werden

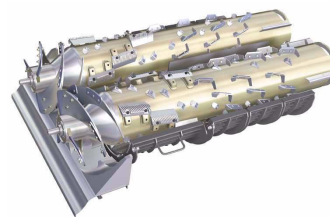
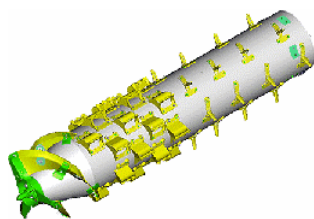


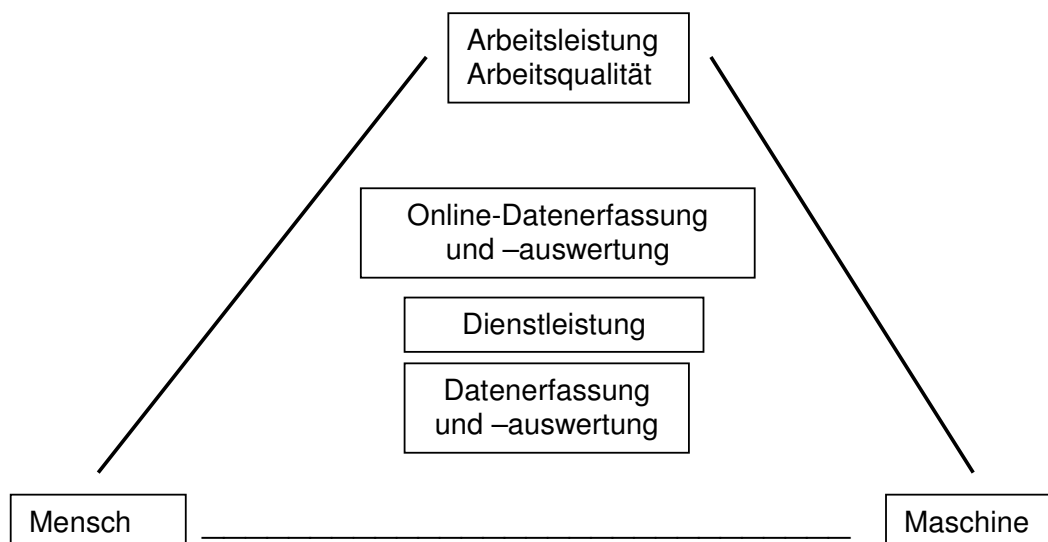
Abb. 26: Vor- und Nachteile von Tangential-Rotor-Mähdreschern (Werkbilder John Deere, New Holland)

4. Datenerfassung

Seit zur Agritechnica 2001 Telemetriesysteme zur Datenerfassung und –übertragung vorgestellt wurden, haben sich in diesem Bereich einige Entwicklungen

ergeben. Das ursprüngliche Ziel des Einsatzes dieser Technik lautet: **Erhöhung der Verfügbarkeit einer Maschine**. Demzufolge wird bei Defekten der Fehlerspeicher zentral fernausgelesen, um Fahrten zur Maschine zu sparen. Wenn das defekte Teil bereits von der Werkstatt diagnostiziert wird, reduzieren sich somit vor allem die Wegezeiten für die Reparatur.

Ein weiteres Ziel des Einsatzes dieser Technik lautet: **Optimierung der Verfahrenstechnik**. Dazu werden die Daten (Abb. 27), die das Bordinformationssystem ohnehin erfasst, an eine Zentrale gesendet und ausgewertet. Diese Zentralen befinden sich zur Zeit noch bei den verschiedenen Herstellern, die sich mit der Thematik beschäftigen. Zukünftig könnten die Daten über das Internet abgerufen werden wie z. B. schon beim John Deere AMS (JD Link) möglich, oder ein Betrieb kauft die entsprechende Software und wertet die Daten selbst aus. Der große Vorteil dieser Telemetriesysteme ist die Zeitnähe, die es quasi möglich macht, die Arbeit der Maschine am Bildschirm zu verfolgen und dem Fahrer gegebenenfalls sogar Hilfestellungen zu leisten.



Datenerfassung an der Erntemaschine und Verfahrensoptimierung:

- Maschinendaten (Zustände der Aggregate)
- Maschineneinstelldaten (Drehzahlen, Positionen)
- Leistungsdaten (Durchsatz, Flächenleistung, Zeiten)

Abb. 27: Schema der Datenerfassung zur Optimierung von Arbeitsleistung und Arbeitsqualität

Eine andere Möglichkeit besteht gemäß Abb. 28 darin, die Daten des Informationssystems ohne den Einsatz von Telemetrie erst später auszulesen, um dann anhand dieser Daten eine Analyse der Verfahrenstechnik zur Verbesserung oder Optimierung der Vorgehensweise durchzuführen. Dies ist natürlich mit dem Nachteil des Zeitversatzes verbunden - ein direkter Zugriff auf die Maschine ist nicht möglich.

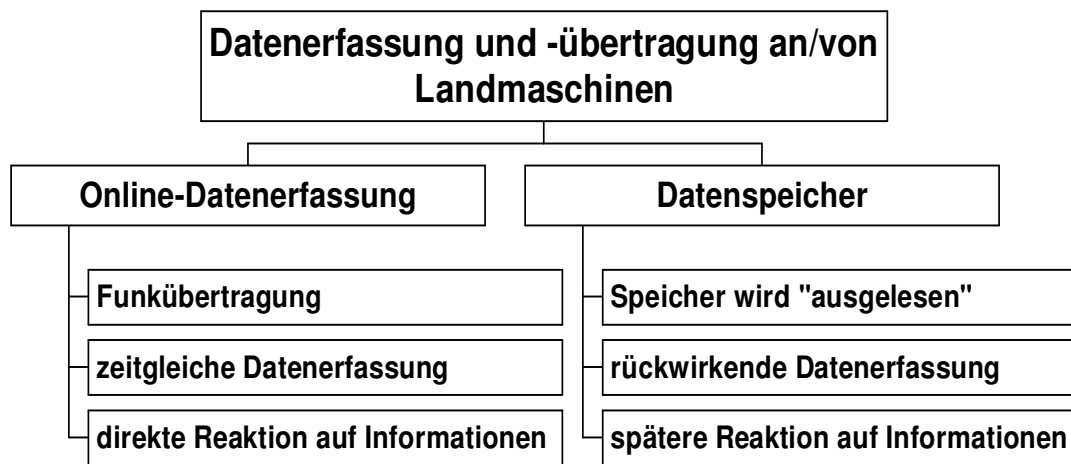


Abb. 28: Möglichkeiten der Datenerfassung und –übertragung an/von Maschinen

Die Protokolle von Einsatzdaten können für den Manager bzw. Betriebs- und Einsatzplaner von hohem Nutzen sein. Da diese Dokumente farbig erstellt werden, ist es aufgrund der geringen Kontraste der Originale leider nicht möglich, sie als Schwarz-Weiß-Bild in dieser Schrift darzustellen. Bei Claas beinhaltet ein derartiger Onlineschrieb Angaben über die Motordrehzahl, die Fahrgeschwindigkeit und den Korndurchsatz. Darüber hinaus ist ersichtlich, ob die Überladeschnecke ein- und ausgeschaltet wurde und der Korntanksensor das Signal „voll“ meldet. Die Daten werden mit Datum und Uhrzeit fortgeschrieben [2]. Die Kurven in den Protokollen lassen viele Schlüsse bezüglich des Mähdreschereinsatzes erkennen.

Anhand der Protokolle lassen sich u. a. folgende Punkte genau nachvollziehen:

- Motordrehzahl: Auslastung des Mähdreschers, Defekte und Pausen
- Fahrgeschwindigkeit: Geschwindigkeit während der Ernte und bei Wendemännövern
- Durchsatz: Korndurchsatz und Maschinenauslastung
- Überladeschnecke ein/aus: Überladen während der Fahrt
- Bunker voll und anschließender Stillstand: Wartezeit auf ein Transportfahrzeug.

Darüber hinaus lassen sich verschiedene Arbeitsteilzeiten erkennen:

- Hauptzeit (auch Prozesszeit genannt): beschreibt die Druschzeit, in der sich Korn im Elevator befindet
- sonstige Zeit: die Elektronik (Zündung) ist zwar eingeschaltet, der Motor jedoch nicht

- Überladezeit: bei stehendem Mähdrescher ist die Überladeschnecke eingeschaltet, die Fahrgeschwindigkeit beträgt jedoch Null
- Wendezeit: der Mähdrescher fährt mit eingeschaltetem Dreschwerk, erntet jedoch nicht (kein Signal vom Ertragssensor)
- Rüstzeit: der Motor dreht mit reduzierter Drehzahl (Standgas), die Aggregate stehen still und die Fahrgeschwindigkeit beträgt Null
- Fahrzeit: die Aggregate stehen still und die Fahrgeschwindigkeit ist hoch

In gut durchorganisierten Betrieben mit günstigen Strukturen kann nach bisherigen Erfahrungen von Claas [2] der Anteil der Hauptzeiten über 60 % betragen. Unter ungünstigen Bedingungen mit Überladen auf den Standwagen kann er dagegen durchaus unter 40 % sinken. Mit diesem System hat der Maschinennutzer erstmalig die Möglichkeit, die Arbeitszeiten auch ohne Stoppuhr genau zu erfassen. Er kann Schwachstellen erkennen und mit geeigneten Maßnahmen wie parallel Überladen oder weniger Pausen sowie kürzere Wendezeiten (z. B. hin und her ernten statt Beete ernten) reagieren, um den Anteil der Hauptzeit zu erhöhen, d. h., die Produktivität zu steigern.

Außerdem zeigen die Protokolle u. a. bestimmte Verhaltensweisen beim Ernten:

- die Zeit, die der Fahrer benötigt, um den maximal möglichen Durchsatz zu erzielen (z. B. bei Beginn des Einsatzes, oder nach dem Verändern der Einstellungen)
- Restbeet bzw. Reststreifen ernten: hohe Fahrgeschwindigkeit, geringer Durchsatz
- Abbunkern auf einen Standwagen beim Anmähen: Kornbunker voll, Durchsatz gegen Null, Fahrgeschwindigkeit nimmt zu (Rückwärtsfahrt) und danach kurzzeitig geringer Durchsatz - typisch für „Platz für ein Transportfahrzeug schaffen“
- neues Beet anmähen: Überladen auf einen Standwagen vor einer langen Erntestrecke

Das Protokoll zeigt, wie der Fahrer mit seiner Maschine vertraut ist und ob das Verfahren „Ernte“ kontinuierlich voranschreitet. Insgesamt ist sehr gut erkennbar, ob die Verfahrenstechnik stimmt oder aufgrund von verschiedenen Einflussgrößen, sei es der Fahrer, oder die Abfuhrlogistik oder die Schlagstruktur, Probleme auftreten, die zukünftig beseitigt werden sollten. Die Technik der Datenerfassung und –auswertung befindet sich noch im Anfangsstadium und wird bisher nur von wenigen Betrieben in Zusammenarbeit mit der Industrie genutzt. Sie wird jedoch bei sachgerechter Nutzung helfen, je nach Betrieb und Struktur ein mehr oder weniger großes Rationalisierungspotential zu erschließen und danach Verfahrenskosten zu sparen.

5. Zusammenfassung

Technische Daten von Mähdreschern lassen kaum auf die Druschleistung schließen (RKL Mähdrescher – aktuelle Modelle, Daten und Fakten, November 2003 [3]). Daher ist es sinnvoll, die Mähdrescher aufgrund von Feldvergleichen oder Exaktmessungen in Leistungsgruppen einzuteilen. Die Angabe der Druschleistung kann sehr unterschiedlich erfolgen: die genauesten Daten liefert nach wie vor die Exaktmessung. Das Ergebnis ist die Körnerverlustkennlinie. Praxis-Datenerhebungen mit Messungen per Prüfschale sind dagegen ungenauer und demzufolge nicht wissenschaftlich anerkannt. Auf einer Prüfstrecke gemessene Durchsätze sollten keinesfalls mit mittleren Tages- oder Kampagneleistungen gleichgesetzt werden. Denn bei Letztgenannten wird der Durchsatz auf die Dreschwerk-Betriebsstunde (inklusive Wendezeiten) bezogen, so dass er immer geringer sein muss als der Durchsatz bei der sogenannten „Momentaufnahme“ (Exaktmessung und Praxis-Datenerhebung).

Die New Holland Mähdrescher der Baureihe CX erreichen pro m Kanalbreite die höchste Druschleistung in der Schüttlerklasse und gehören somit mit den breiteren Mähdreschern der Claas Lexion Baureihe zu den leistungsstärksten Schüttlermaschinen. Zur Reduzierung der Kosten in der Getreideernte werden immer mehr Schüttlermaschinen, vor allem in Großbetrieben durch Rotor-Mähdrescher ersetzt. Mähdrescher der obersten Rotorklasse wie der Claas Lexion 480/580 und der John Deere STS sowie der New Holland CR 980 können zwei Schüttler-Mähdrescher ersetzen. Bei hoher Auslastung und Quantifizierung technischer Besonderheiten wie Lenkautomat und Gebläsehäcksler können höhere Anschaffungspreise sogar niedrigere Verfahrenskosten (% des Erlöses) zur Folge haben. Diese sollten bei Eigenmechanisierung unter 10 Prozent betragen.

Axial-Mähdrescher werden nicht mehr nur von Case, sondern seit 2001 auch von John Deere und New Holland (2002) angeboten. Nach den bisherigen Erfahrungen ist der New Holland CR 980 derzeit der Mähdrescher mit dem höchsten Leistungspotential überhaupt. Axialmaschinen haben auf Grund der sehr hohen Kornqualität mit geringen Bruchkornanteilen zukünftig sicher eine Chance am Markt. Ein Problem bei diesen Maschinen ist neben dem Leistungsrückgang bei feuchtem, zähem Stroh nach wie vor die Schwadablage von Langstroh sowie die Strohverteilung bei Ausrüstung mit 9 m Schneidwerken.

Die Datenerfassung am Mähdrescher, sei es online per Telemetrie oder per Datenspeicher wird zukünftig an Bedeutung gewinnen. Anhand der Protokolle lassen sich Arbeitszeitanalysen durchführen. Darüber hinaus ist ersichtlich, wie die Maschine verfahrenstechnisch sinnvoll eingesetzt wird. Die Technik wird zukünftig sicherlich

vermehrt genutzt werden, um nicht nur ganze Verfahren sondern auch Teilarbeitsschritte zu optimieren.

6. Literaturverzeichnis

1. EIKEL, G., WILMER, H., RADEMACHER, TH.: Die Sechsschüttler-Klasse im Vergleich. profi, Magazin für Agrartechnik, Heft 11, 2000, S. 20 - 33 (in englischer Sprache erschienen in profi international, Heft 1, 2001)
2. EIKEL, G.: Die Schwachstellen-Analyse. profi, Heft 5, 2003, S. 86 - 88
3. RADEMACHER, TH.: Mähdrescher – aktuelle Modelle, Daten und Fakten. Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL), RKL-Schrift 41414, November 2003, S. 619 – 666
4. RADEMACHER, TH.: Trends zur Verfahrenstechnik der Druschfruchternte. 58 Landtechnik, Heft 6, 2003, S. 362 - 363
5. RADEMACHER, TH.: Bewertung von Verfahren zur Bestimmung der Druschkapazität von Mähdreschern. VDI/MEG Kolloquium Landtechnik, Heft 28, Mähdrescher, Tagung Hohenheim, 17./18. März 1997, Tagungsband S. 69 - 82