

Mähdrescher verändern die Ernte - Zur Entwicklung des Mähdreschers

von Dr. agr. Peter Wacker, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim



Bild 2: Gezogener Querflußmähdrescher, 1937 „Mähdreschbinder“, Werkbild Claas

Der Mähdrescher hat sich zur Ernte von Körnerfrüchten in den industrialisierten Ländern durchgesetzt. Besser als bei anderen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren, z.B. der Kartoffel- oder Zuckerrüben-ernte ist es mit dem Mähdrescher gelungen, die Getreideernte in einem Arbeitsgang mit sehr geringen Verlusten, hoher Arbeitsqualität und hoher Durchsatzleistung durchzuführen.

Die Getreideernte war früher nicht nur eine schwere, sich über Wochen erstreckende und dem Wetterisiko ausgesetzte Arbeit, sondern sie erforderte auch eine große Zahl von Arbeitskräften. Für das Dreschen mit Dreschflügeln und anschließendem Reinigen der Körner im natürlichen Luftstrom, waren um das Jahr 1800 ungefähr 100 Arbeitskraftstunden je t Getreide (AKh/t) notwendig. Die Verwendung einfacher Geräte, später der Antrieb der Drescheinrichtungen mit Göpel, Dampfmaschine bzw. Elektromotor ermöglichten es, diesen Wert bis 1929 auf 0,5 AKh/t zu senken. Durch den Einsatz des Mähdreschers, der auch das Mähen mit übernahm, sank der Arbeitskraftbedarf auf unter 0,03 Arbeitskraftstunden je Tonne Getreide, Bild 1.

Erste Versuche mit Mähdreschern wurden in Deutschland 1928 durchgeführt, als vom Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft (RKTL) 15 gezogene amerikanische Mähdrescher auf Großbetrieben auf ihre Eignung für die hiesigen Erntebedingungen geprüft wurden. Diese ersten Versuche verliefen jedoch enttäuschend, da die im Vergleich zu Amerika

wesentlich höheren Korn- und Stroherträge sowie die höhere Gutfeuchte und das längere Stroh diesen Maschinen große Schwierigkeiten bereiteten. 1931 begannen die ersten europäischen Mähdrescherentwicklungen (Deutsche Industriewerke, Claas). Im selben Jahr wurde der erste Mähdrescher, Bauart Brenner, von Claas vorgestellt. Diese Bauart konnte sich nicht durchsetzen. 1937 wurde ein gezogener Querflußmähdrescher von Claas auf den Markt gebracht, dieser „Mähdreschbinder“ wurde bis 1942 über 1400 mal verkauft, Bild 2. Bereits 1942 gab es in Deutschland 8 Firmen, die sich mit der Entwicklung und dem Bau von Mähdreschern beschäftigten. Heute werden in Deutschland nur noch von 4 Firmen Mähdrescher hergestellt.

Anfang der fünfziger Jahre hatte sich, auch durch den Krieg verursacht, noch kein einheitliches Ernteverfahren durchgesetzt. Damals standen neben Binder und Dreschmaschine auch andere Verfahren wie der Schwadddrusch und vor allem der Häckseldrusch zur Debatte. Nach heftigen Diskussionen über das beste Getreideernteverfahren hat sich der Mähdrusch dann doch mehr und mehr durchsetzen können, zumal es beim Häckseldrusch auf dem Hof zur Überlastung des zu schwachen elektrischen Netzes während der Erntetage kam.

Inzwischen wurden durch züchterische Fortschritte, wie standsichere, ausfallfeste und gleichmäßig abreifende Sorten mit engem Korn-Stroh-Verhältnis, und durch pflanzenbauliche Maßnahmen, wie unkrautfreie, gleichmäßige Bestände, günstige Einsatzbedingungen für den Mähdrescher geschaffen. Neue ertragsstarke Sorten haben allerdings zum Zeitpunkt der Ernte bei niedriger Kornfeuchte noch eine hohe Strohfeuchte und erschweren dadurch zum Teil die Ernte.

Seit der Mähdrescher Mitte der sechziger Jahre die gesamte Körnerfruchternte übernommen hat, bestimmt er als Leitmaschine die Ernteleistung des gesamten Verfahrens der Getreideernte. Der nachfolgende Kornabtransport und die eventuell notwendige Trocknung müssen auf sein Leistungsvermögen abgestimmt werden, um teure Stillstandszeiten des sehr kapitalintensiven Mähdreschers zu vermeiden.

Entwicklungsstand 1956

Beim Mähdrusch dominierte 1956 der gezogene, von der Schlepperzapfwelle angetriebene Mähdrescher, der bei einem Körnerdurchsatz von ungefähr 1,5 t/h eine Schlepperleistung von 20 kW benötigte und zum großen Teil mit Absackstand, Anbaupresse und Vorrichtung zur Spreubergung ausgerüstet war. Wegen der geringen damals zur Verfügung stehenden Schlepperleistung und meist fehlender unabhängiger Zapfwelle am Schlepper war ein Teil der gezogenen Mähdrescher mit Aufbaumotoren ausgerüstet. Der nach dem Quer-Längsflußprinzip arbeitende gezogene Claas-Super wurde bis 1966 mit etwa 65 000 Stück verkauft. In Anlehnung an die Arbeitsweise der Mähbinder wurde das abgeschnittene Getreide über leicht ansteigende, quer zur Fahrtrichtung liegende Tücher dem Dreschwerk zugeführt. Durch die Anordnung von Schüttler und Reinigung in Längsrichtung ließen sich große Schüttlerflächen unterbringen.

Seit 1950 waren auch die ersten Selbstfahrer-Mähdrescher auf dem Markt. Für diese sprachen vor allem folgende Gründe: Frontschnitt, Einsatzmöglichkeit auf kleinsten Parzellen, stufenlos einstellbare Fahrgeschwindigkeit bei Motor-Nenn-drehzahl, zuverlässige Arbeitsweise unter schwierigen Erntebedingungen, mögliche Einmann-Bedienung und Ortsbeweglichkeit. Diese Gründe, die überwiegend noch heute gelten, haben den gezogenen Mähdrescher trotz seiner Kostenvorteile vom Markt verdrängt.

Mit den Selbstfahrern setzte sich das reine Längsflußprinzip und der Zwangseinzug des Getreides über Einzugsschnecke und Haspel mit gesteuerten Zinken durch. Der 1956 übliche Absackstand wurde Mitte der 60er Jahre durch den Korntank verdrängt, und der Mähdrescher wurde zur Einmann-Maschine. Auch die Strohbearbeitung wurde zeitlich von der Körnerernte getrennt. Unzureichende Motorleistungen, Funktionsstörungen und vor allem die vorteilhaftere Nachrocknung des Stroh im Schwad ließen den Abschied von der Anbaupresse leichtfallen.

Seit 1955 wurden Mähdrescher in größerem Umfang und mit zunehmender Stückzahl verkauft, im Jahre 1956 beispielsweise 4 869 Stück, Bild 3. Der Bestand an Mähdreschern betrug in diesem Jahre 12 600 Stück, davon waren bereits 2 520, also fast 20% Selbstfahrer. Im besten Verkaufsjahr 1961 wurden 24 677 Mäh-

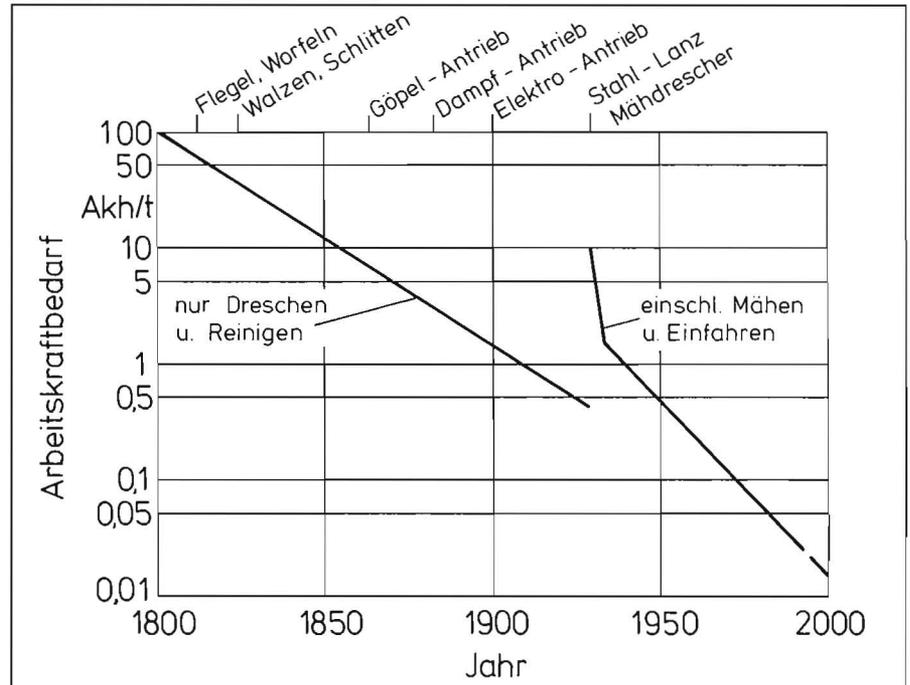


Bild 1: Abnahme des Arbeitskraftbedarfs in der Getreideernte (nach Feldmann)

drescher in der Bundesrepublik verkauft. In diesem Zeitraum wurden die „Bauernmähdrescher“ von Lanz (MD 150), IHC (D 61) und MF (MF 30) zu einem Preis von 9 990 DM ohne Anbaupresse angeboten, Bild 4. Sie wurden von einem VW-Benzinmotor mit 21 kW (29 PS) angetrieben, die Schnittbreite betrug zwischen 1,75 m und 1,95 m.

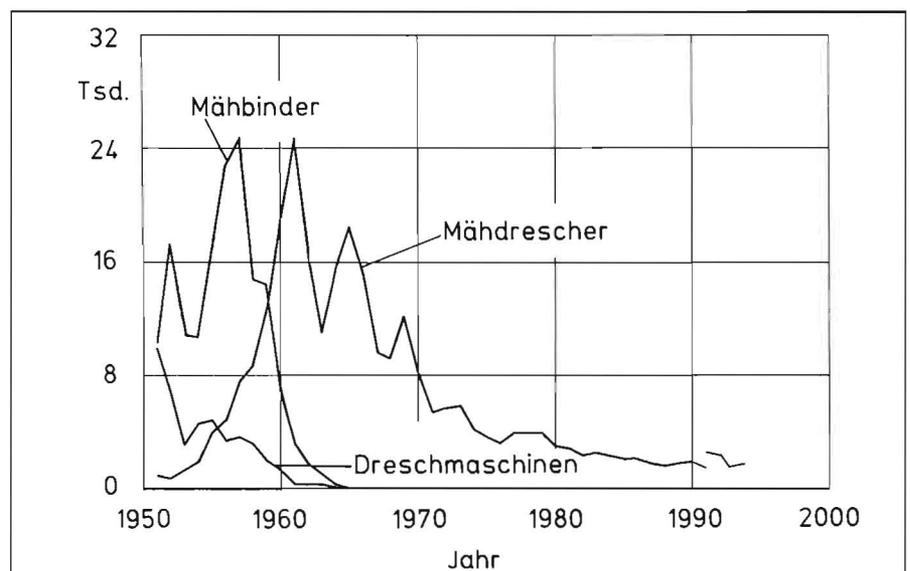


Bild 3: Absatzzahlen von Mähdreschern, Mähbindern und Dreschmaschinen

Der Absatz der Dreschmaschinen und der Binder ging in kurzer Zeit von 3 300 Dreschmaschinen und 22 800 Bindern im Jahre 1956 praktisch auf Null im Jahre 1965 zurück, während der Bestand an Mähdreschern in demselben Zeitraum auf 130 000, davon 90 000 Selbstfahrer, zunahm. Interessant ist auch der Anteil der Flächen, die vom Mähdrescher geerntet wurden: In den fünf Jahren von 1956 bis 1960 wurde eine Steigerung von 7% auf 30% erreicht.

War man ursprünglich davon ausgegangen, daß der Mähdrescher vor allem für große Flächen und extensive Bewirtschaftung geeignet sei, so ergab sich bald ein ganz anderes Bild. Besonders für die kleinen Flächen, vor allem im überbetrieblichen Einsatz, gewann der Mähdre-

scher schnell an Boden. Hier war ein Verfahren entstanden, das nicht nur für die Großbetriebe von Vorteil war, sondern auch den Kleinbetrieben eine Mechanisierung der Getreideernte ermöglichte. Die Senkung der Verluste auf bis dahin kaum vorstellbar niedrige Werte von 3 bis 5% bei gleichzeitiger Erhöhung des Ertrages um etwa 5 bis 10% wegen der besseren Ausreife auf dem Halm und die Verringerung des Arbeitskraftbedarfes trugen zu der schnellen Einführung des Mähdruschs wesentlich bei.

1956 wurden in Deutschland von zwölf Herstellern 28 verschiedene Mähdreschermodelle - darunter acht Selbstfahrer von sechs Herstellern - angeboten, Tab. 1. Firmen wie Speiser, Unkel, Mengele, Petermann und andere schieden schon bald danach aus dem Markt aus. Bereits Anfang der 60er Jahre nahm die Zahl der angebotenen, gezogenen Mähdreschermodelle stark ab. Seit 10 Jahren werden keine gezogenen Mähdrescher mehr in Deutschland gebaut.

Zu Beginn der 70er Jahre stellten so renommierte Mähdrescher-Marken wie Bautz, Dechentreiter, Fella und Ködel & Böhm den Mähdrescherbau ein bzw. wurden von anderen Herstellern übernommen. Heute werden von 8 Herstellern 63 Modelle auf dem deutschen Markt angeboten.

Bild 5 zeigt das Schema eines Tangentialmähdreschers mit Hordenschüttler. Das vom Schneidtisch kommende Gut wird über den Schrägförderer in einem gleichmäßigen Strom der Dreschtrommel zugeführt.

70 - 90 % der ausgedroschenen Körner werden durch den Dreschkorb abgeschieden und gelangen direkt zur Reinigungsanlage. Die danach noch im Stroh vorhandenen restlichen Körner werden weitgehend durch den Hordenschüttler abgetrennt. Dieser lockert das Stroh soweit auf, daß die noch mitgeführten losen Körner ausgeschüttelt werden und fördert das Langstroh aufs Feld oder zu einer Verteileinrichtung (Strohhäcksler, Strohzeile). Die abgeschiedenen Körner gelangen ebenfalls zur Reinigungsanlage. Diese übernimmt die Trennung der Körner aus dem Kurzstroh und der Spreu durch Luft und mechanische Anregung. Die gereinigten Körner werden in den Korntank gefördert, die nicht vollständig ausgedroschenen Ähren in der Überkehr werden dem Dreschprozeß erneut zugeführt.



Bild 4: Kleiner Selbstfahrer 1963 „Bauernmähdrescher“ Werkbild Massey Ferguson

Steigende Motor- und Durchsatzleistung

Die Motorleistung der Mähdrescher war 1956, gemessen an heutigen Größenordnungen, noch relativ gering. Das Angebot an Selbstfahrer-Mähdreschern ist in Abb. 6 dem jeweiligen Angebot von 1976 und 1996 gegenübergestellt. Es ist die Motorleistung über der Dreschtrommelbreite aufgetragen (ohne Mähdrescher mit Axialdreschwerk).

Die Verschiebung zu größeren Motorleistungen ist augenscheinlich. Die Motorleistung stieg in den letzten 40 Jahren jährlich um mehr als 4%. Die Dreschtrommelbreiten waren mit 0,6 bis 1,5 m schon 1956 relativ groß; dies ist auf die vom Breitdrusch der stationären Dreschmaschinen herrührenden Trommelabmessungen zurückzuführen. Bild 6 zeigt deutlich, daß im Jahr 1956 die preisgünstig verfügbare Motorleistung (< 50 kW) begrenzend war, während bei den heute angebotenen Mähdreschern die maximale Dreschtrommelbreite mit derzeit 1,7 m begrenzend wirkt.

Im Laufe der Zeit wurde die Motorleistung im Verhältnis zur Dreschtrommelbreite erhöht. Dadurch ließ sich der auf die Dreschtrommelbreite bezogene Durchsatz erheblich steigern. Möglich wurde diese Leistungssteigerung durch die zunehmende Erfahrung mit den im Einsatz befindlichen Maschinen, aber auch durch die gewaltige Entwicklungsarbeit bei den Mähdrescherherstellern und durch die wissenschaftliche Forschung, die wichtige Beiträge zur Funktionsweise der Dreschtrommel und des Schüttlers lieferte.

Neben diesen Verbesserungen der Dresch- und Trenntechnik, neben der Anpassung der Mähdrescher an letztlich über 50 verschiedene Druschfrüchte wie beispielsweise Getreide, Sorghum, Mais, Grassamen, Raps, Lein und neben der Anpassung an extrem trockene und feuchte Erntebedingungen wurde der Mähdrescher hinsichtlich Bedienung, Zuverlässigkeit und funktioneller Sicherheit erheblich weiterentwickelt.

Gegenüber den Mähdreschern von 1956 haben sich viele Funktionen und Merkmale geändert, Bild 7. So sind beispielsweise der Hockendrusch und der Standdrusch heute nicht mehr üblich. Der Absackstand mit der Sortierung wurde durch den Korntank ersetzt. Die Spreubergung ist heute nicht mehr sinnvoll. Die Anbau-

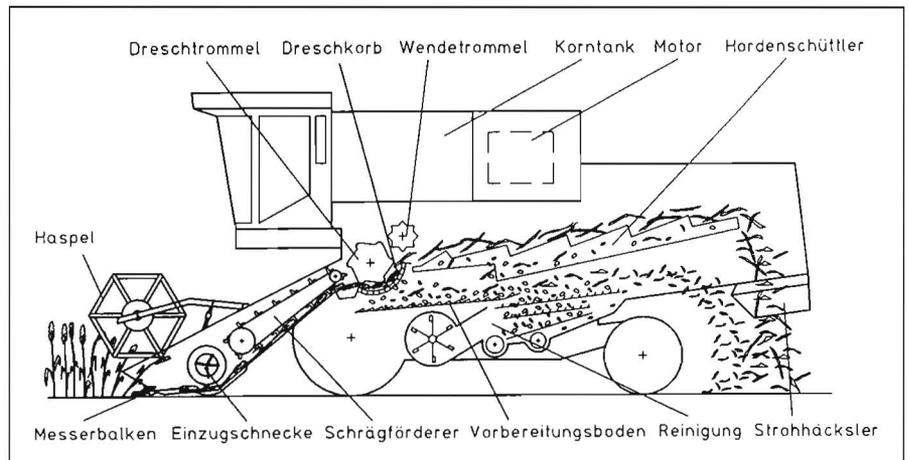


Bild 5: Mähdrescher mit Tangentialdreschwerk und Hordenschüttler

presse kann entfallen, da Körnerernte und Strohbergung zeitlich getrennt durchgeführt werden. Zur Erleichterung der Arbeit des Fahrers sind die Maschinen mit umfangreichen Informations- und Regelungseinrichtungen sowie hohem Komfort ausrüstbar. Die Klimaanlage gehört häufig zur Serienausstattung.

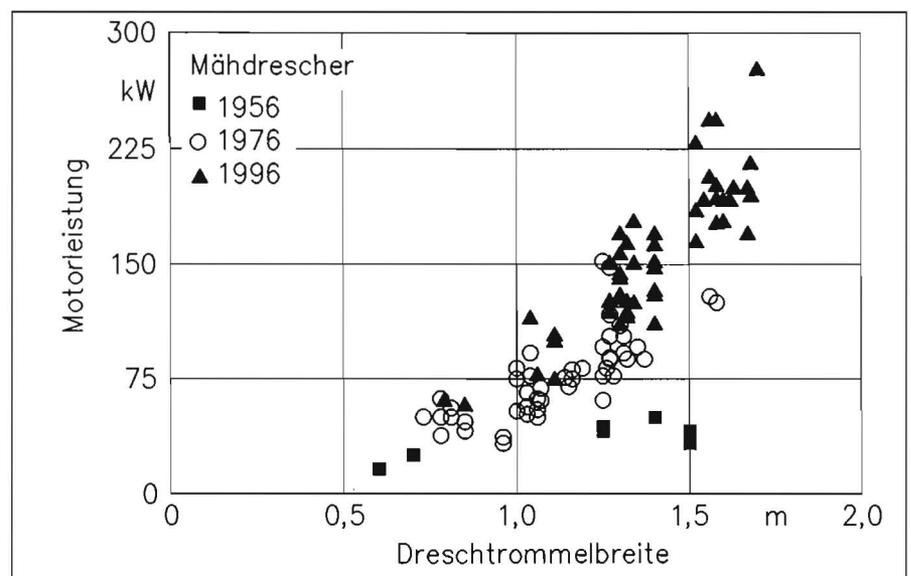


Bild 6: Angebot 1956, 1976 und 1996 an SF-Mähdreschern

Kontroll-Monitore zur Überwachung von Fahrzeug- und Funktionsdaten werden von fast allen Mähdrescherherstellern angeboten. Automatische Einstellungen der Arbeitsorgane wie Haspeldrehzahl in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit oder Dreschtrommeldrehzahl, Dreschkorbabstand und Gebläsedrehzahl in Abhängigkeit von der zu reinigenden Frucht sind lieferbar. Durch Positionsbestimmung des Mähdreschers auf dem Feld und gleichzeitiger Durchsatzmessung ist eine Ertragskartierung möglich.

	1956	1996
Einsatzbereiche:	Mähdrusch Schwaddrusch Hockendrusch Standdrusch	Mähdrusch (Schwaddrusch) Pflückdrusch
Ausrüstung serienmäßig:	Absackstand Sortierung	Korntank Kabine
Ausrüstung auf Wunsch:	Korntank Anbaupresse Strohhäcksler Spreubergung Pick-up Garbeneinleger rotierende Halmteiler	Klimaanlage Maispflücker Strohhäcksler Klappbares Schneidwerk (Pick-up) Allradantrieb Breitreifen Hangausgleich Überwachungseinrichtungen Durchsatzmessung Autom. Einstellung Ertragskartierung
Arbeitsbreite:	1,6 - 3 m	2,7 - 7,6 m
Antriebsmotor:	16 - 50 kW Otto/Diesel	57 - 276 kW Diesel
Antrieb:	mechanisch	hydraulisch (mechanisch)

Bild 7: Wesentliche Merkmale von SF-Mähdreschern 1956 und 1996

Erhöhung der Durchsatzleistung

Bisherige Leistungssteigerungen konnten weitgehend durch Vergrößerung der Bauelemente erzielt werden. Heutige Großmähdrescher haben jedoch die zulässigen Grenzen für die äußeren Abmessungen erreicht, die sich vor allem aus der Straßenfahrt mit einer maximal zulässigen Breite (ohne Sondergenehmigung) von höchstens 3 m ergeben.

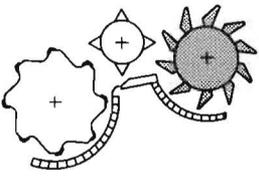
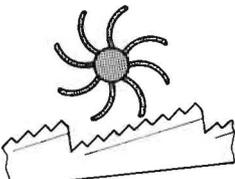
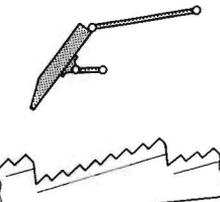
zusätzl. Kornabtrennung vor dem Hordenschüttler durch	zusätzl. Gutauflockerung auf dem Hordenschüttler durch	
	Zentrifugalabscheider	Taumelzinken
		

Bild 8: Mechanische Schüttlerhilfen

Da eine Leistungssteigerung durch Größenwachstum kaum mehr möglich ist, erstrecken sich die Bemühungen der letzten Jahre auf funktionelle Verbesserungen der Trennelemente im Mähdrescher und den Einbau von Regelungseinrichtungen. An der Verbesserung der Trennelemente wird praktisch seit Erfindung des Schlagleisten-Dreschwerkes durch A. Meikle im Jahr 1785 gearbeitet.

Das leistungsbegrenzende Bauteil ist unter mitteleuropäischen Erntebedingungen der Schüttler, der wegen seines großen Raumbedarfs eine weitere Leistungssteigerung der Mähdrescher nicht mehr zuläßt. Ziel der seit Mitte der 70er Jahre angebotenen mechanischen Schüttlerhilfen ist es, die Kornabscheidung durch zusätzliche Gutauflockerung mit sich bewegenden Zinken (Claas, John Deere) zu verbessern oder durch vorgeschaltete Trennelemente den Hordenschüttler zu entlasten, Bild 8.

Eine deutliche Entlastung des Schüttlers von einem zu hohen Kornanteil kann durch eine zusätzliche Abscheidetrommel zwischen Dreschwerk und Schüttler erreicht werden. Einen so aufgebauten Zentrifugalabscheider hat Ford New Holland seit 1974 im Programm und bietet ihn für verschiedene Mähdreschermodelle an. Eine abgeänderte Wendetrommel übernimmt das Gut von dem etwas verkürzten Dreschkorb und gibt es an die folgende Abscheidetrommel weiter. Nach Auslaufen des Patents von Ford New Holland haben weitere Hersteller ähnliche Einrichtungen entwickelt, Bild 9. Deutz Fahr hat 1987 den Turbo-Separator vorgestellt. 1991 kamen entsprechende Einrichtungen von MDW (Separiertrommel), Massey Ferguson (Rotationsabscheider, RS), Fiatagri (Multi-Crop-Separator) auf den Markt.

Zur Verbesserung der Kornabscheidung im Dreschbereich baut Claas seit 1992 in den meisten Modellen einen Beschleuniger vor der Dreschtrommel (0,45 m) ein (Mega-System). Im selben Jahr stellte John Deere sein 2-Trommel-System vor. Bei diesem ist anstelle der Wendetrommel eine zweite Dresch- und Abscheidetrommel mit Abscheidekorb eingebaut. Durch eine zusätzliche Wendetrommel (Quattrotrommel) im Anschluß an den bekannten Zentrifugalabscheider wird seit 1993 bei einigen Mähdreschern von Ford New Holland das Gut besser auf den vorderen Teil des Schüttlers geleitet. 1996 erhöhte Claas in einer neuen Baureihe den Durchmesser der Dreschtrommel auf

0,6 m. Es ist wohl davon auszugehen, daß eine zusätzliche Trommel zur Verbesserung der Kornabscheidung des Dreschwerkes zukünftig zu der Standardausrüstung der jeweils leistungsstärksten Mähdrescher mit Tangentialdreschwerk gehört.

Neue Dresch- und Trennsysteme

Parallel zu diesen Bemühungen sind bei wohl allen Herstellern und an vielen Instituten Untersuchungen über die Eignung anderer Dresch- und Trennsysteme durchgeführt worden. Ziel dieser Untersuchungen ist es vor allem, den Hordenschüttler mit seinem großen Raumanpruch und ungünstigem Verlustverhalten zu ersetzen. Aber erst ab Mitte der 70er Jahre hat sich das bis dahin einheitliche Bild des Mähdreschers mit Tangentialdreschtrommel und Hordenschüttler geändert. Bild 10 zeigt die Schnittbilder schüttlerloser Mähdrescher. Mit eingezeichnet ist jeweils der Materialfluß des Stroh durch den Mähdrescher. 1975 ist New Holland als erster in den USA mit einem Axialmähdrescher, dem TR 70, auf den Markt gekommen. Weitere Firmen sind mit ähnlichen Entwicklungen gefolgt (Case International, Allis Chalmers, White und Versatile).

Bisher haben sich noch keine einheitlichen Bauprinzipien und Bauformen ergeben. Die Entwicklung geht in zwei Richtungen:

1. Beibehaltung des Tangentialdreschwerkes und Ersatz des Hordenschüttlers durch rotierende Trennelemente, Bild 10 oben.

Bei dem von Claas 1981 vorgestellten CS („Cylinder-System“) wird das Gut nach Verlassen der Tangentialdreschtrommel zwischen acht Abscheidetrommeln und Abscheidetrommeln zwangsweise hindurchgeführt. Der Ausbruch und der größte Teil der Kornabscheidung erfolgt durch die Dreschtrommel, die restlichen Körner werden durch die Trennzylinder abgetrennt.

Das von New Holland entwickelte und 1982 auf den Markt gebrachte TF-System ist eine Kombination von Tangential- und Axialsystemen. Der Hordenschüttler ist durch einen quer eingebauten Trennrotor ersetzt worden. Nachdem das Gut die Tangentialdreschtrommel und den Zentrifugalabscheider durchlaufen hat, wird der Gutstrom im Trennrotor geteilt und axial nach links bzw. rechts gefördert. Das Gut legt jeweils einen Weg von etwa

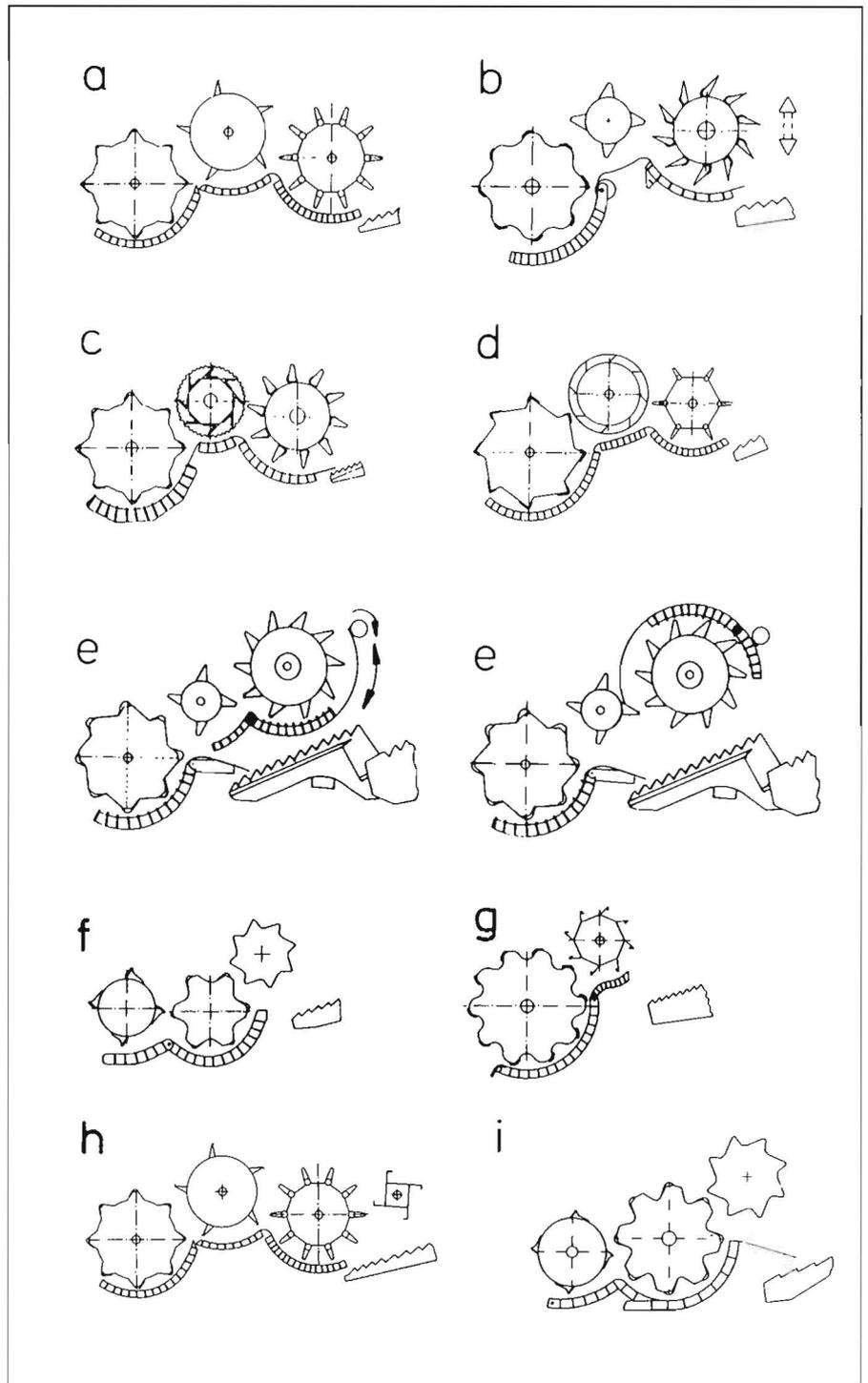


Bild 9: Zusätzliche Abscheidetrommeln zur Entlastung des Hordenschüttlers: a) Ford New Holland, b) Deutz-Fahr, c) MDW, d) Dronningborg, Massey Ferguson, e) Fiatagri, f) Claas \varnothing 0,45m, g) John Deere, h) Ford New Holland, i) Claas \varnothing 0,6 m

1 1/2 Umläufen zurück, bis es an den Seiten nach hinten ausgeworfen wird.

Bei dem seit 1995 von Claas angebotenen Lexion 480 wird der Schüttler wie bei den CTS-Maschinen von John Deere (USA) durch rotierende Trennelemente ersetzt, Bild 11. Beim Lexion sind zwei

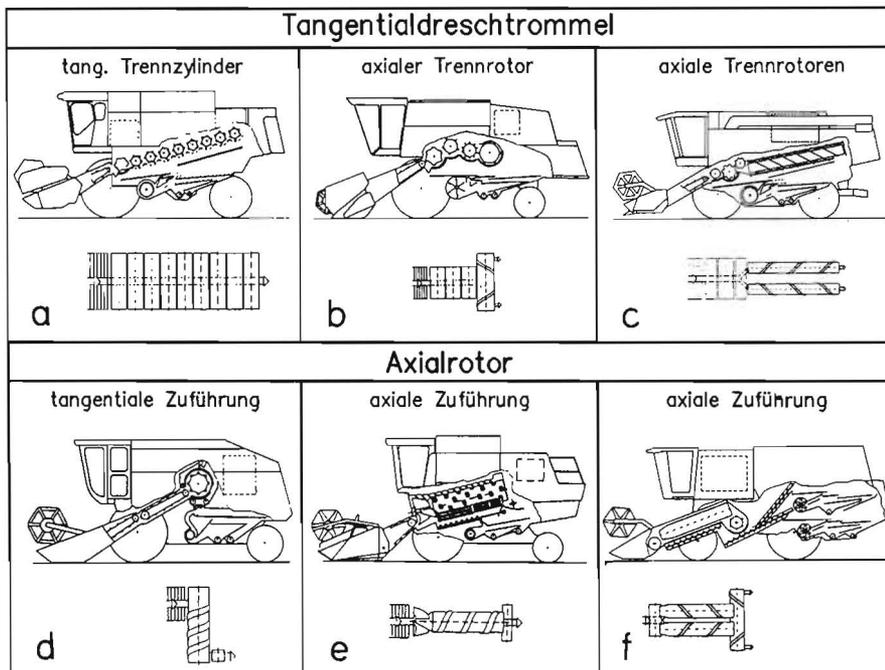


Bild 10: Mähdrescher mit rotierenden Trennelementen zur Korn-Stroh-Trennung
a) Claas CS, b) New Holland TF, c) Claas Lexion, d) Agco Gleaner, e) Case Axialflow, f) MDW Arcus

axialwirkende Trennrotoren in Längsrichtung in die Maschine eingebaut. Der axiale Guttransport wird durch die schneckenförmigen Förderleisten der Rotoren erreicht. Das Tangentialdreschwerk ist mit der Beschleunigertrommel des Mega-Systems ausgerüstet. Die Wendetrommel verteilt durch entsprechende Gestaltung das Gut auf die beiden Trennrotoren.

2. Übernahme des Dreschens und Trennens von einem Arbeitsorgan (Axialrotoren, Bild 10 unten).

Bei diesen Mähdreschern sind die Aufgaben von Dreschwerk und Hordenschüttler in einem Arbeitsorgan zusammengefaßt. Die vorhandenen Systeme unterscheiden sich durch unterschiedliche Anzahl, Anordnung und Gestaltung der Rotoren.

Das abgemähte Gut wird beim Axialdreschsystem, wie beim Mähdrescher mit Tangentialdreschwerk, von einem Schrägförderer dem Einzugsbereich zugeführt. Die Gutzuführung zum Rotor kann axial oder tangential erfolgen. Während bei tangentialer Zuführung (Bild 10 d) ein direkter Einlauf in den Dreschbereich erfolgt, findet bei axialer Zuführung (Bild 10 e und f) zunächst eine Umlenkung des Gutstromes statt. Bei Axialdreschwerken mit zwei Rotoren wird der Gutstrom außerdem im Einzugsbereich aufgeteilt.

Das Gut wird schraubenförmig im Spalt zwischen Rotor und feststehendem Siebzylinder gefördert. Durch den längeren Weg des Gutes im Axialdreschwerk ist die Einwirkungszeit auf das Erntegut wesentlich länger als beim Tangentialdreschwerk.

Der Ausdrusch erfolgt nach einer starken Schlagbeanspruchung und Beschleunigung im Einzugsbereich dann im wesentlichen durch Reibung. Die meisten Körner (> 80%) werden schon im Dreschbereich, die restlichen Körner - von hohen Fliehkraften unterstützt - im Trennbereich abgeschieden. Im Auswurfbereich am Ende des Rotors wird das Stroh aus dem Axialdreschwerk gefördert.

In Deutschland werden zur Zeit nur von Case Axialflußmähdrescher angeboten. Sie werden in dieser Bauart seit 1977 gebaut. Der Gleaner von Agco ist wegen der tangentialen Gutzuführung sehr breit und darf auf europäischen Straßen nicht gefahren werden. In diesem Jahr wurde von MDW der Axialmähdrescher „Arcus“ mit 2 Rotoren vorgestellt. Er soll 1997 in Serie gehen.

Regelungs- und Informationssysteme

Der Mähdrescherfahrer muß nicht nur den Mähdrescher entlang der Bestandskante über das Feld lenken, sondern auch die Funktion der einzelnen Arbeitsorgane überwachen und deren Einstellung an die augenblicklichen Erntebedingungen anpassen. Es besteht deswegen schon lange der Wunsch, den Fahrer durch Regelungseinrichtungen zu entlasten.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten haben die Vorteile aufgezeigt, die sich z.B. durch eine Anpassung der Fahrgeschwindigkeit an die Bestandsdichte, Regelung der Dreschtrommeldrehzahl und Regelung der Reinigungsanlage ergeben. Die relativ hohen Kosten, vor allem aber technische Probleme, wie etwa das Fehlen eines Sensors zur Erfassung der Bestandsdichte vor dem Mähdrescher, haben bis jetzt diese Regelungseinrichtungen noch nicht in die Serie einfließen lassen. Aufgrund der intensiven Arbeit auf diesem Gebiet und der schnellen Kostensenkung elektronischer Bauteile ist zukünftig mit einem starken Anwachsen des Einsatzes von Mikroelektronik beim Mähdrescher zu rechnen.



Bild 11: Selbstfahrer-Mähdrescher 1996, Lexion 480 (Werkbild Claas)

Bis jetzt sind nur kleinere Schritte in diese Richtung verwirklicht worden, wie beispielsweise die Regelung der Schneidhöhe über elektrohydraulische Einrichtungen, wobei der Abstand zum Boden über Taster oder federnde Ährenheber erfaßt wird. Lösungen dieser Art sind 1972 von Massey Ferguson und 1974 unter anderem von Schumacher vorgestellt worden. Sie sind heute auf Wunsch für fast jeden Mähdrescher lieferbar. In den letzten Jahren ist die Schneidwerksregelung um den Seitenausgleich bis etwa ± 4 ergänzt worden, der eine parallele Führung des Schneidwerkes zum Boden unabhängig von der Neigung des Mähdreschers ermöglicht. Claas setzt für diese Aufgabe einen speicherprogrammierbaren Rechner ein und bereitet so auch die prozeßrechnergesteuerte Kontrolle weiterer Funktionen vor.

Gleiches gilt für Drehzahl-Überwachungseinrichtungen, die Anfang der 70er Jahre vorgestellt worden sind und in Verbindung mit komfortablen, geräuschgedämpften Kabinen für die Überwachung der Maschinen unbedingt notwendig sind, weil der Fahrer durch die geräuschgedämpfte Kabine zum Teil den Bezug zur Mähdrescher-Arbeit verliert. Durch eine analoge oder digitale Anzeige werden die Drehzahlen von Antriebsmotor, Dreschwerk und Gebläse, Ausfälle (Stillstand) und übermäßiger Schlupf einzelner Antriebe (z.B. Schneidwerk, Körnerförderung, Schüttler) dem Fahrer optisch (Aufleuchten einer Warnlampe) oder akustisch (Hupe) angezeigt.

Vor allem für größere Mähdrescher haben sich Körnerverlustmonitore als Zusatz-einrichtung eingeführt. Sie geben über ein Zeigerinstrument im Fahrerstand den absoluten Körnerverlust an und vereinfachen dadurch die Handhabung des Mähdreschers. Als Sensoren werden Prallplattenelemente in einen Teil des Gutflusses von Schüttler und Reinigung gebracht. Erstmals angewandt wurden diese Geräte in Deutschland bereits 1967; sie werden heute von Mähdrescher-Herstellern und einer Reihe von Zulieferfirmen gefertigt. An der Verbesserung dieser Geräte, vor allem im Hinblick auf die zuverlässige Erfassung der auf den Durchsatz bezogenen Körnerverluste und die Ausschaltung von Störimpulsen, wird weiter gearbeitet.

Von den vielen Möglichkeiten der Reihenführung, die in den letzten 50 Jahren untersucht und zum Teil labormäßig erprobt worden sind, konnten trotz intensiver Bemühungen nur wenige zur Praxisreife entwickelt werden. Für die Führung des Mähdreschers entlang eines Getreidebestandes hat VEB-Fortschritt 1976 eine Einrichtung vorgestellt, die die Bestandskante über zwei Fühler mechanisch abtastet. Allgemein durchgesetzt hat sich diese Lösung jedoch nicht. Etwas einfacher und betriebssicherer ist die Führung von Erntemaschinen an Maisreihen zu verwirklichen, da die Maisstengel ausreichende Festigkeit für die Abtastung bieten. Die 1976 von Claas und Fahr vorgestellten Lenkautomaten arbeiten ebenfalls mit zwei Tastbügeln. Mehrjährige Praxis

erfahrung mit zunehmenden Stückzahlen haben inzwischen die Vorteile gezeigt. Der Fahrer ermüdet nicht so schnell, fährt im Mittel mit einer etwas höheren Fahrgeschwindigkeit und kann auch bei schlechten Sichtverhältnissen in der Dämmerung noch ernten.

Zur Information des Fahrers über Ernteflächen, Erntezeiten und Flächenleistungen bieten die Mähdrescherhersteller Bordrechner an (Claas: Bordinformatör; LH agro als Zusatzausstattung für Case IH, John Deere und Deutz-Fahr; Fiatagri: in Agritronic enthalten; MDW: Bordcomputer). Am weitesten ist das System Daniavision von Dronningborg bzw. Datavision von MF ausgebaut, bei dem alle Informationen auf einem Bildschirm im Fahrerstand dargestellt werden. Mit dem CEBIS bietet Claas seit 1992 ein Informationssystem aus 5 Modulen für Mähdrescher an, das ebenfalls mit einem in die Konsole integrierten Bildschirm im Fahrerstand arbeitet. Die Anzeigen der Daten auf dem Bildschirm erfolgen digital oder analog mit auf dem Bildschirm simulierten Rundinstrumenten.

Zur Erleichterung der Einstellung des Mähdreschers auf verschiedene Gutarten und Erntebedingungen werden von CEBIS und Daniavision die einzelnen Einstellwerte auf dem Bildschirm angezeigt. Bei der AME (automatische Mähdreschereinstellung) von John Deere wird die Einstellung von Trommeldrehzahl, Korbabstand und Gebläsedrehzahl auto-

matisch aufgrund der gespeicherten Einstellwerte vorgenommen, wobei die Werte für neun verschiedene Erntegüter vorgegeben werden können. Weitere Einstellwerte wie beispielsweise Sieb- und Überkehröffnung werden ähnlich wie bei den beiden anderen Systemen angezeigt.

Ertragskarten

Digital gespeicherte Ertragskarten sind ein wichtiger Baustein zur Grunddatenerfassung in einem computerunterstützten Ackerbau. Aus der Kenntnis der örtlichen Erträge können Rückschlüsse auf standortbedingte Bodenunterschiede innerhalb eines Feldes gezogen werden. Auch läßt sich der Nährstoffentzug durch die Pflanzen nach einer Wachstumsperiode für die weitere Düngplanung abschätzen. Betriebstechnische Angaben wie die abgeerntete Fläche, die Erntemenge und die Arbeitszeit werden bei der Datenerfassung automatisch mitgeliefert.

Zur dafür notwendigen Positionsbestimmung des Mähdreschers können Satelliten-Navigationssysteme eingesetzt werden. Mit speziellen GPS-Empfängern ist eine dreidimensionale Positionsbestimmung (Längengrad, Breitengrad, Höhe) des Antennenstandorts möglich. Durch Verfälschungen der Satellitenbahndaten im Funksignal (SA = Selective Availability) ist aber die erreichbare Genauigkeit auf etwa 30 m beschränkt.

Die Genauigkeitsanforderung bei der Ertragskartierung liegt in der Größenordnung der Schneidwerksbreite eines Mähdreschers, also im Bereich von etwa 5 m. Diese Genauigkeit kann im zivilen Bereich durch Anwendung des Differential-GPS (DGPS) erreicht werden. Mit Hilfe eines DGPS-Referenzempfängers können Korrekturdaten ermittelt und die Genauigkeiten aller im Referenzbereich arbeitenden Empfänger verbessert werden.



Bild 12: Selbstfahrer-Mähdrescher mit hydrostatischem Fahrtrieb
(Werkbild Ködel & Böhm)

Vereinfachung und Erleichterung der Bedienung

Die Vereinfachung der Bedienung stand seit Beginn der Entwicklung im Vordergrund. Ausgehend von einfachen Lösungen (versetzbare Verschraubungen, Klemmvorrichtungen) ergaben sich Erleichterungen durch mechanische Fernbedienung, beispielsweise für die Dreschspalteinstellung.

Die stufenlose Drehzahlverstellung der Dreschtrommel seit 1955 und des Reinigungsgebläses über Keilriemenvariator Anfang der 60er Jahre brachte weitere Erleichterung; zuvor mußten zur Drehzahlwahl verschiedene Ketten- oder Keilriemenräder gewechselt werden. Diese Verstelleinrichtungen wurden zunächst durch Handräder an den Keilriemenscheiben bedient, bevor eine Fernbedienung diese einfachen Lösungen ersetzte. Zur Verlängerung der Lebensdauer des Verstellkeilriemens werden hochbeanspruchte Variatoren seit etwa 1975 mit drehmomentabhängigen Spanneinrichtungen eingesetzt. Die automatische Anpassung der Haspeldrehzahl an die Fahrgeschwindigkeit des Mähdreschers ist inzwischen bei fast allen Herstellern möglich.

Die Arbeit des Mähdrescherfahrers wird auch durch laufende Verbesserungen des Fahrerstandes erleichtert. Seit 1966 werden die Mähdrescher zunehmend serienmäßig mit einer staub- und schalldämmten Kabine ausgerüstet, die durch Verwendung von Bezugstoffen und ansprechenden Farben sowie Einbaumöglichkeiten für Klimaanlage, Radio und Funk immer höheren Ansprüchen genügt. Es wird auch versucht, die Sicht vor allem auf das Schneidwerk, beispielsweise durch eine tief heruntergezogene Frontscheibe und Fenster im Kabinenboden, zu verbessern. Hebel und Pedale werden ergonomisch günstiger gestaltet und die Informationstechnik wird sinnfälliger. Die Integration verschiedener Schalter für die Bedienung von Schneidwerk und Haspel in den Bedienhebel für den Fahrtrieb wurde 1985 von Claas vorgestellt (Multifunktionshebel). Inzwischen sind alle Hersteller mit ähnlich gestalteten Bedienhebeln gefolgt.

Zunehmend wird für Stellvorgänge elektrische oder hydraulische Hilfsenergie eingesetzt und dadurch die Belastung des Fahrers durch körperliche Arbeit wesentlich reduziert, wie beispielweise bei der Einstellung der Gebläsedrehzahl, der

Verstellung der Trennkörbe (CS), der Verstellung des Häcklerleitbleches und bei der Aktivierung der Reversiereinrichtungen. Claas bietet seit 1995 für die Lexion Mähdrescher eine elektrische Einstellung der Sieböffnungen vom Fahrerstand aus an.

Damit werden auch die Voraussetzungen für den Einsatz von Regeleinrichtungen günstiger, da diese auf Stelleinrichtungen gewiesen sind.

Hydrostatischer Fahrtrieb, Fahrwerk

Der Fahrtrieb mit Dreigang-Getriebe und Keilriemenvariator ist bereits bei den ersten Selbstfahrern benutzt worden. Da nur ein Teil der Motorleistung für den Fahrtrieb benötigt wird, ließ sich eine stufenlose Fahrgeschwindigkeitseinstellung einfacher als im Schlepper verwirklichen. Dies gilt auch für den hydrostatischen Antrieb, der erstmals 1965 von Ködel & Böhm in Deutschland vorgestellt wurde, Bild 12. Obwohl die Leistungsverluste durch den hydrostatischen Antrieb erheblich sind, bietet die einfache stufenlose Fahrgeschwindigkeitseinstellung und vor allem das einfache und leichte Reversieren für den Benutzer deutliche Vorteile. Versuche, den gleichen Bedienungscomfort über mechanische Getriebe mit hydrostatisch geschalteter Doppelkupplung (John Deere 1972, Claas 1974) zu erreichen, wurden vom Anwender nicht voll akzeptiert.

Durch die Zunahme der Maschinenmasse und Vergrößerung des Korntankvolumens bis zu 12 m³ erreichen Großmähdrescher bei gefülltem Korntank über 20t, die auf dem Feld auch bei ungünstigen Verhältnissen bewegt werden müssen und zu Bodenverdichtungen führen können. Durch die Schneidwerke wird vor allem die Antriebsachse des Mähdreschers belastet. Durch entsprechend gestaltete Breitreifen und durch Zwillingsbereifung kann der Bodendruck vermindert werden. Zur Verbesserung der Traktion unter schwierigen Bedingungen bieten als erste Fahr und Claas seit 1976 einen hydrostatischen Allradantrieb für Mähdrescher an.

	1956	1966	1976	1986	1996
Gezogen					
Hersteller	10	5	3	1	-
Modelle	20	9	5	1	-
Selbstfahrer					
Hersteller	6	9	7	8	8
Modelle	8	41	50	66	63
Gez. und SF					
Hersteller	12	11	8	8	8
Modelle	28	50	55	67	63
Absatz (Stück)	4869	14852	3246	2091	2624*
					*1995

Für den Einsatz unter sehr schwierigen Bedingungen, zum Beispiel in der Körnermaisernte und Reisernte, wurden Kettenlaufwerke entwickelt, die aber wegen ihrer erheblichen Mehrkosten nur bei überwiegendem Einsatz unter diesen Bedingungen wirtschaftlich eingesetzt werden können. Der von MDW 1996 vorgestellte Mähdrescher Arcus kann auf der Straße bis 40 km/h fahren. Dazu war es notwendig vorne zu lenken und die großen Antriebsräder hinten anzuordnen.

Hang-Mähdrescher

Ein besonderes Problem des Mähdreschers ist die horizontale Ausrichtung zur vollen Ausnutzung des möglichen Durchsatzes. Früher wurden z.B. die stationären Dreschmaschinen mit der Wasserwaage ausgerichtet. Die Ausweitung des Getreideanbaues in Hanglagen führte zu Sonderlösungen, die mit den Hang-Mähdreschern geschaffen und ab 1976 auch in Deutschland zunächst von John Deere, dann von weiteren Herstellern angeboten werden (Deutz-Fahr, Ford New Holland, MF). Die Kosten für die aufwendige Regelung und Hydraulik sind erheblich. Überlegungen gehen deswegen dahin, die einzelnen Trennorgane möglichst lageunabhängig zu gestalten, beziehungsweise nur die einzelnen Elemente möglichst horizontal auszurichten. So wird beispielsweise bei den Mähdreschern von New Holland und bei Deutz-Fahr, nur die Reinigungsanlage bei Querfahrt am Hang durch eine Regeleinrichtung in horizontaler Lage gehalten. Claas bietet seit 1984 die „3D-Reinigung“ an. Bei dieser wird durch zusätzliche seitliche Schwingungen der Reinigungsanlage erreicht, daß sich das Gut - trotz Schräglage der Siebe beim Arbeiten am Querhang - gleichmäßig über die Siebe verteilt.

Schneidwerke, Sonderausrüstungen

Die Leistungsfähigkeit von Mähdreschern wird auch wesentlich durch eine möglichst gleichmäßige Gutzufuhr positiv beeinflusst. Deswegen wird der Einzugsbereich besonders kritisch beurteilt und bei möglichen Verbesserungen überarbeitet. So wurde beispielsweise die Übergabe von der Einzugschnecke zum Schrägförderer durch mehr gesteuerte Finger (Multifinger) verbessert. Bei einigen Schneidwerken wird der Abstand zwischen Messer und Einzugschnecke durch umlaufende, breite Förderbänder (MF: Powerflow, Dronningborg: Multicrop) überbrückt.

Der in Silsoe, Großbritannien entwickelte Stripper, der nur die Ähren durch Abstreifen mit rotierenden Kämmen erntet, wird seit 1986 auf dem Markt angeboten. Durch diesen Vorsatz wird der Strohdurchsatz des Mähdreschers wesentlich verringert. Während sich die Dresch- und Trennverluste durch den Stripper wesentlich verringern lassen, treten erhebliche Ausfall- und Spritzverluste auf, so daß der Einsatz des Strippers begrenzt bleiben wird. Ein weiterer Nachteil ist, daß er nicht für alle Erntegüter z.B. Raps und Erntebedingungen geeignet ist.

Zur Verminderung der Rüstzeiten beim Umsetzen des Mähdreschers von einem Feld zum anderen wurden Lösungen entwickelt, bei denen das Schneidwerk nicht vom Mähdrescher abgebaut werden muß. Durch hydrostatisch betätigte Klapp- und Schwenkeinrichtungen kann das Schneidwerk auch bei Straßenfahrt am Mähdrescher angebaut bleiben. So werden fast von allen Herstellern fünf- und sechsstufige Maispflückvorsätze in einer einklappbaren Ausführung angeboten. Für das Getreideschneidwerk hat Geringhoff 1989 eine Lösung vorgestellt

und inzwischen an die Raps- und Sonnenblumenernte angepaßt, bei dem die Transportbreite von 3 m durch ein Einklappen und Übereinanderlegen der Schneidischeile erreicht wird. Claas bietet seit 1991 ein Schneidwerk an, bei dem die Schneidwerksteile nach vorne geschwenkt werden können.

An die Ernte von Mais, Raps, Sonnenblumen, Erbsen, Bohnen, Grassamen, Öllein, Ölrettich oder Sojabohnen kann der Mähdrescher durch Sonderausrüstungen angepaßt werden. Neben Änderungen an den Trennelementen sind vor allem spezielle Ausrüstungen im Schneidwerksbereich wie Ährenheber, Spezialmesser, Tischverlängerungen oder Seitenschneider notwendig. Die Entwicklung in diesem Bereich wird laufend auch von Zulieferfirmen vorangetrieben.

Leistungsklasse und maßstäblich dazu gestrichelt die Umrisse einer großen Dreschmaschine. Die heutigen Mähdrescher sind bei zehnfach höherem Durchsatz pro Stunde nicht größer als die früher eingesetzten Dreschmaschinen. Gegenüber ihren Vorläufern müssen und können sie aber auch Getreide mit höherer Feuchtigkeit dreschen und auch bei Hanglage arbeiten. Der Arbeitsbedarf pro t Korn verringerte sich außerdem um das Zwanzigfache.

Besonders bei diesen großen Mähdreschern bereiten die Kosten und der Energiebedarf zunehmend Sorge. Der Wunsch nach kostengünstigen, zuverlässigen, leichten und einfach bedienbaren Mähdreschern mit noch besseren und energie günstigeren Arbeits- und Trennelementen bleibt weiter bestehen.

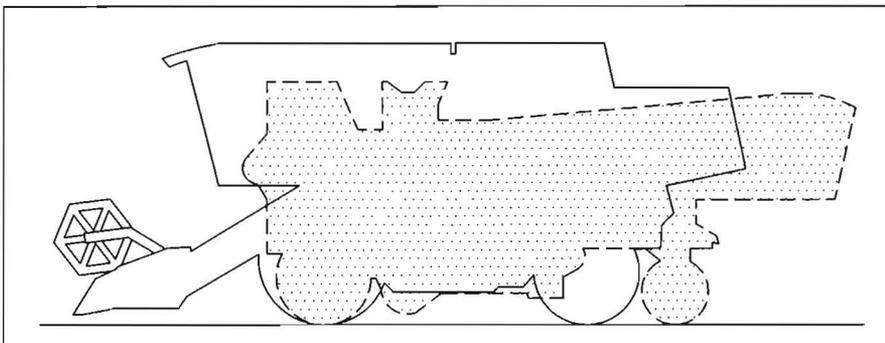


Bild 13: Größenvergleich Mähdrescher - Dreschmaschine

Ausblick

Die Körnerfruchternte wird heute mit dem Mähdrescher mit einem bei der Ernte anderer Früchte noch nicht erreichten geringen Verlustniveau von wenigen Prozent durchgeführt. Zusammen mit anderen Vorteilen hat dies zu einem nicht vorhersehbaren schnellen Vordringen des Selbstfahr-Mähdreschers geführt. Die Leistungsfähigkeit der Mähdrescher ist in den letzten 40 Jahren stetig angehoben, der Bedienungskomfort laufend verbessert worden. Trotz des bereits Erreichten ist mit einem weiteren Größenwachstum von jährlich 2 bis 4 % des jeweils größten Mähdreschers zu rechnen, um die gewohnten Flächenleistungen beibehalten beziehungsweise die Ernte in noch kürzeren Zeiträumen zu den günstigsten Ernteterminen durchführen zu können.

Welche Fortschritte dabei hinsichtlich der Baugröße erreicht worden sind, zeigt als Beispiel Bild 13. Abgebildet sind die Umrisse eines Mähdreschers der höchsten