

Aus der Praxis des Mähdrescher-Leichtbaues

Von Helmut Scheffter

Der Leichtbau entspringt, wie Professor Kloth des öfteren erwähnt hat, dem Wirtschaftlichkeitsdenken der Ingenieure, das sich in der Frage nach dem Wirkungsgrad äußert. In die Wirtschaftlichkeit einer Konstruktion geht nun nicht nur die Größe des Werkstoffaufwandes ein, sondern auch der aus der Verringerung des Maschinengewichtes resultierende geringere Kraftbedarf der Maschinen.

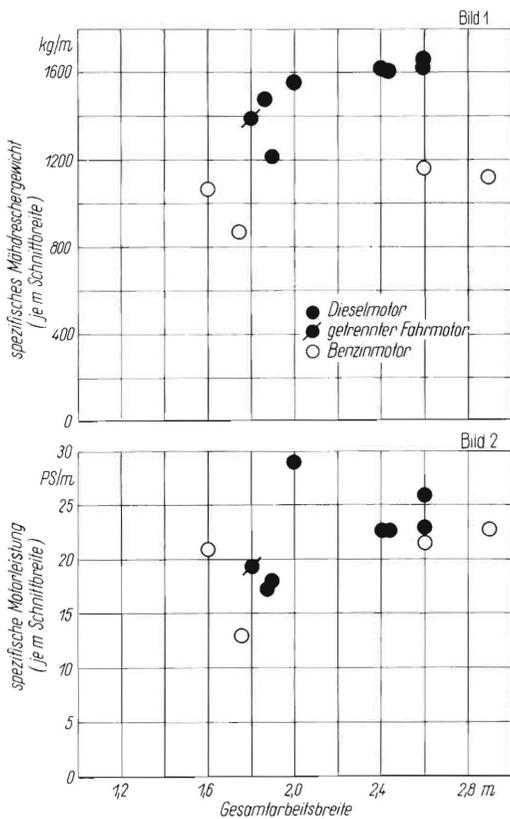


Bild 1 und 2. Spezifisches Mähdreschergewicht und spezifische Motorleistung (je 1 m Arbeitsbreite) von selbstfahrenden deutschen Mähdreschern.

Dieser Kraftbedarf hängt bei allen Selbstfahrern oder gezogenen Maschinen maßgeblich mit vom Gewicht der Maschine ab. Setzt man ebenes Gelände und eine Arbeitsgeschwindigkeit von 6 km/h voraus, so ergibt sich je 100 kg zusätzliches Maschinengewicht eine Erhöhung des Rollwiderstandes und damit eine Erhöhung des Zugkraftbedarfs von 0,22 PS, was sich mit den entsprechenden Übertragungswirkungsgraden mit 0,25 PS bis 0,4 PS beim Motor bemerkbar machen kann. Geringes Maschinengewicht verringert also u. a., worauf hier nicht weiter eingegangen werden soll, den Kraftbedarf für die Fortbewegung.

Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkt einmal die selbstfahrenden Mähdrescher, so lassen die in **Bild 1** auf einen Meter Schnittbreite bezogenen (spezifischen) Mähdreschergewichte keinen Zusammenhang mit der Arbeitsbreite der Mähdrescher erkennen. Vergleicht man in **Bild 2** die spezifischen Motorleistungen verschiedener Mähdrescher mit der Arbeitsbreite, so ist auch hier kein Zusammenhang mit der Arbeitsbreite zu finden. Wenn auch ein Teil dieser großen Unterschiede in der im Nenngewicht nicht ausgedrückten unterschiedlichen Ausrüstung der Maschinen zu erklären ist, so dürfte trotzdem die Streuung nicht mehr als 100% der niedrigsten Werte erreichen. Erst die Gegenüberstellung der spezifischen Motorleistungen mit den spezifischen Mähdreschergewichten in **Bild 3** zeigt ein etwas klareres Bild. Der eingezeichnete proportionale Anstieg der Motorleistung mit dem Maschinengewicht wäre vom technischen Standpunkt aus etwa zu erwarten. Die Extremwerte lassen die Möglichkeiten erkennen, die dem Leichtbau noch offenstehen.

Man findet häufig die Meinung, daß die Mähdrescher weitgehend nicht dem Leichtbau entsprechen und auch heute noch vorwiegend Rahmen mit Winkeleisenkonstruktionen verwendet werden. **Bild 4** zeigt aus den Anfängen einer Mähdrescherentwicklung (1952) die Bemühungen um den Leichtbau auch im Mähdrescherbau. In diesem Bild ist ein Papiermodell des Maschinengehäuses zu sehen, das selbsttragend war und ein Zentralrohr zur Aufnahme der Verwindungen hatte. Aus verschiedenen Gründen ging man damals von dieser ersten Konzeption ab; man baut die Maschinen heute serienmäßig, wie in **Bild 5** zu sehen ist.

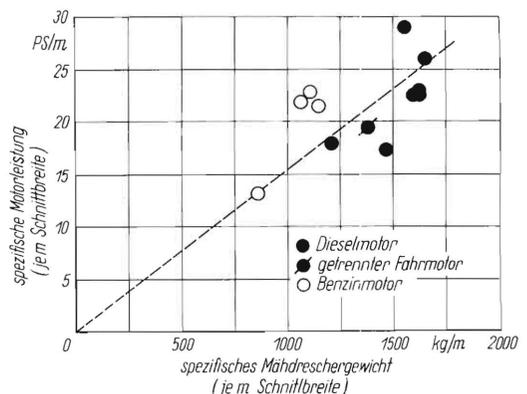


Bild 3. Spezifische Motorleistung in Abhängigkeit vom spezifischen Mähdreschergewicht von selbstfahrenden deutschen Mähdreschern.

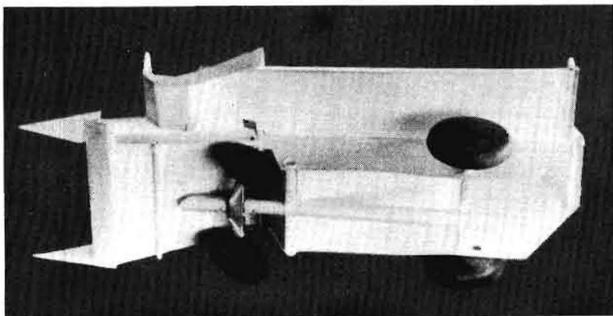
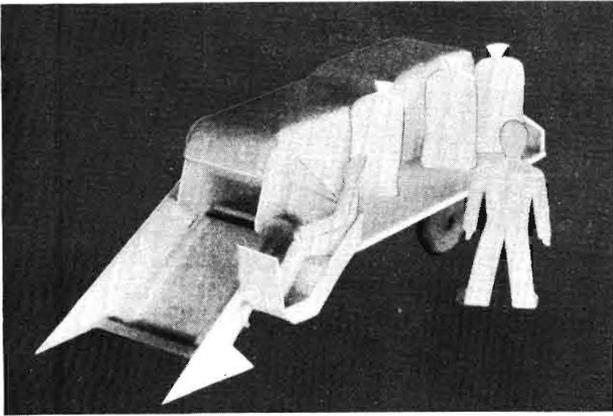


Bild 4. Papiermodell eines Vorläufers für Mährescher MD 630 (Massey-Harris).

Das Maschinengehäuse ist ein selbsttragendes Element aus Blech, horizontal in etwa halber Höhe getrennt, über Abkantungen verbunden und im oberen Teil durch eingepunktete Verstärkungen stabil gemacht. Bei der ersten Versuchsmaschine wurden zum Teil dünnere Bleche verwendet. Da aber nicht zu vermeiden ist, daß bei irgendeiner Gelegenheit jemand auf das Dach der Maschine klettert, gilt als eine generelle Konstruktionsrichtlinie, daß die geringste Belastung, die eine Landmaschine aufzunehmen hat, durch das Gewicht eines erwachsenen Menschen gegeben ist. Dementsprechend wurden damals auch die Tests durchgeführt und ihre Ergebnisse mit gutem Erfolg in die Serien übernommen. Das Maschinengehäuse an diesem Mährescher 630 S weist nun im Gegensatz zu den üblichen Ausführungsformen keinerlei Winkeleisenrahmen mehr auf. Lediglich ein aufgepunkteter Verstärkungswinkel läuft diagonal über das eigentliche Gehäuse, das am hinteren Ende eine Abkantung hat, die am oberen Ende zur Aufnahme einer Anbaustrohmpresse oder zum Anschluß der Abschlußhaube dient. Der eigentliche Rahmen, wenn man von einem solchen überhaupt sprechen kann und will, besteht bei dieser Maschine aus zwei schräg nach hinten zusammenlaufenden Winkeleisen, die praktisch nur eine Verbindung der Hinterachse mit der Triebachse darstellen.

In **Bild 6** ist an einer späteren Bauart bereits die Ablösung verschiedener dieser Winkeleisenstreben durch formgepreßte Hutprofile gezeigt.

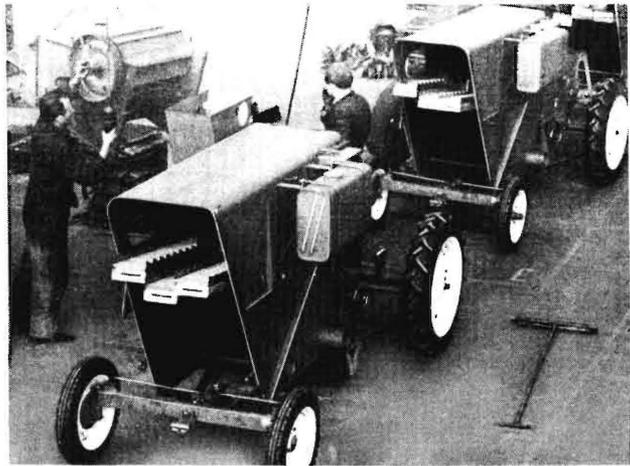


Bild 5. Maschinengehäuse des Mähreschers MD 630 in Serienfabrikation (Massey-Ferguson).

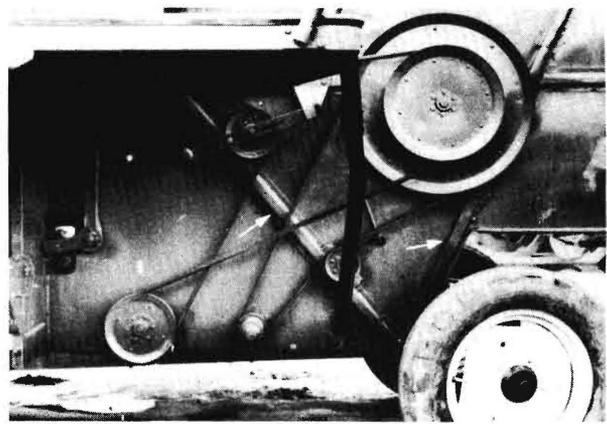


Bild 6. Formgepreßte Hutprofile, zur Verstärkung auf die Seitenwände des Maschinengehäuses aufgepunktet.

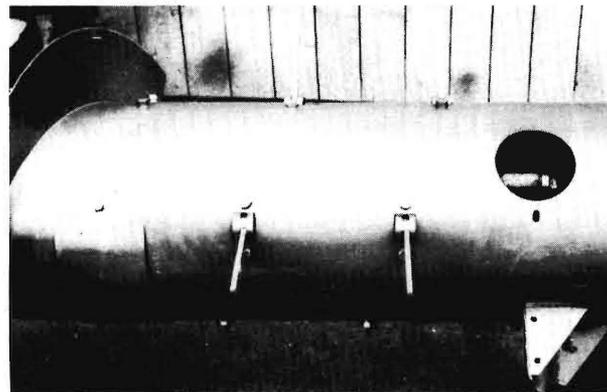


Bild 7. Übliche Fronteingzugsschnecke aus einem geschlossenen Blechzylinder mit aufgeschweissten Schneckengängen und zurückziehbaren Fingern.

Die Verwendung dieser Profile wurde dadurch wesentlich erleichtert, daß die Seitenwände des Maschinengehäuses keine horizontale Unterteilung mehr aufweisen.

An einer Reihe von Beispielen wird nun im folgenden gezeigt, welche Veränderungen gegenüber bekannten Konstruktionen vorgenommen wurden und welche neuen Bauelemente auf dem Wege zu einem geringeren Gewicht geholfen haben. Zunächst bringt **Bild 7** eine Darstellung der vorderen Eingzugsschnecke, wie sie bei selbstfahrenden

Mähreschern seit Jahren bekannt ist. Diese Schnecke besteht im wesentlichen aus einem geschlossenen Zylinder mit aufgeschweißten Schneckengängen; in der Mitte sind nach innen zurückziehbare Finger angebracht, die über eine Exzenterwelle gesteuert werden. Die Montage dieser Finger ist sehr schwierig, da man nur durch ein Handloch seitlich neben den Fingern die Montage ausführen kann und praktisch ohne Sicht arbeiten muß.

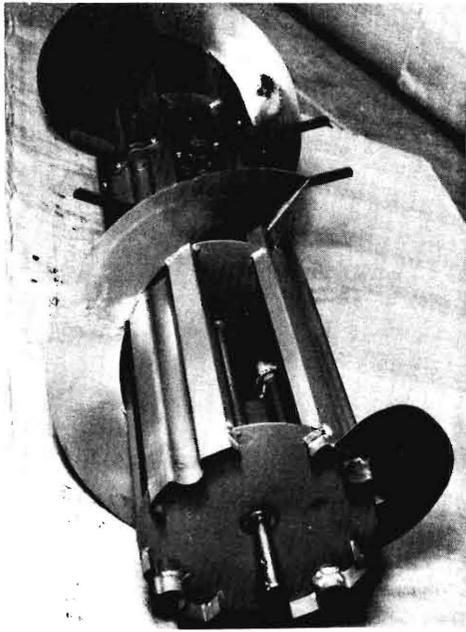


Bild 8. Fronteinzugsschnecke des MD 630. Durch die Auflösung der Konstruktion ist eine beachtenswerte Gewichtseinsparung und Verringerung der Montagezeit gegenüber der Schnecke nach Bild 7 zu vermerken.

Die neue Ausführung zeigt **Bild 8**. Hier besteht die Schnecke nur mehr aus einem Skelett. Eine Anzahl von kreisrunden Scheiben tragen 4 Profilleisten, die über die ganze Länge der Schnecke gehen. Auf diese Profilleisten sind wie früher die notwendigen Schneckengänge aufgesetzt, die den Transport des Getreides zur Einzugsöffnung des Mähreschers übernehmen. Durch die Auflösung

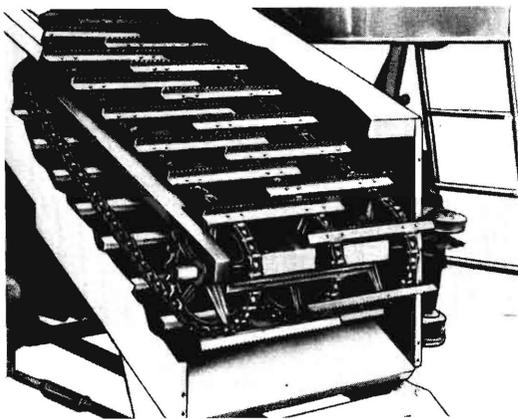


Bild 9. Der allgemein gebräuchliche Kettenelevator, bestehend aus zwei Wellen, je drei Kettenrädern, einer federnden Aufhängung der vorderen Welle und den durch Leisten verbundenen drei Ketten.

der Konstruktion wurde hier zweierlei erreicht: einmal eine beachtenswerte Gewichtseinsparung und zum anderen eine sehr erwünschte und fühlbare Zeiteinsparung bei der Montage der Schnecke. Auf die Anbringung der Finger wird später noch eingegangen. Die Einführung dieser Schnecke war nicht ganz einfach, denn jeder, der erstmalig eine solche Konstruktion sieht, erwartet, daß das Getreide mit den vorauseilenden Stoppelenden in die Zwischenräume der Schnecke eindringt und dadurch automatisch ein Wickeln eintritt. Dies ist jedoch nicht der Fall, wie durch den praktischen Einsatz bewiesen werden konnte.

In **Bild 9** ist nun als Einzugsvorrichtung hinter der Frontschnecke der allgemein gebräuchliche Kettenelevator zu sehen. Dieser Kettenelevator besteht aus zwei Wellen mit je drei Kettenrädern, einer federnden Aufhängung der vorderen Welle und den drei durch Transport- oder Mitnehmerleisten verbundenen Ketten. Vergleicht man die konstruktive Einfachheit der rotierenden Förder-

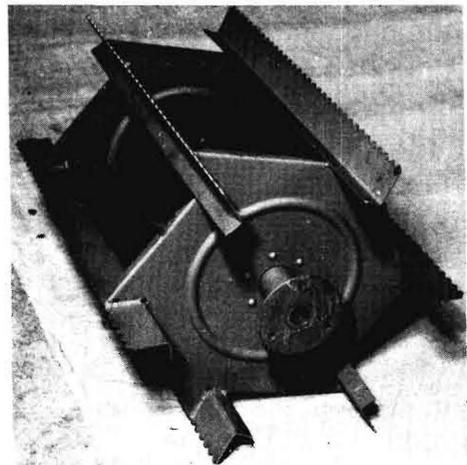


Bild 10. Die gegenüber dem Kettenelevator einfache Konstruktion der Fördertrommel.
(Einsparung von Gewicht und Montagezeit!)

trommel nach **Bild 10** mit dem vorstehenden Kettenelevator und seinen vielen Verschleißteilen, so wurde eine sehr fühlbare Verringerung der Zahl der Einzelteile erreicht. Die Fördertrommel selbst hat eine sehr nette konstruktive Form gefunden; die eigentlichen Förderleisten, die den Transport des Getreides im Einzugskanal übernehmen, sind an Segmenten der Mitnehmerscheiben, die um 90° abgekantet wurden, angepunktet. Die ganze Fördertrommel besteht also in ihrem primären Aufbau aus den zwei auf der Welle befestigten Scheiben und den sechs am Umfang aufgepunkteten Transportleisten. Der Kuriosität halber sei erwähnt, daß diese Fördertrommel in der ersten Ausführung noch leichter war, als sie heute ist. Die Verstärkung ist nicht aus Gründen der Haltbarkeit oder Fertigung vorgenommen worden, sondern weil die Monteure in der Werkstatt mit Blech von 1/2 mm Stärke nicht zurechtkamen.

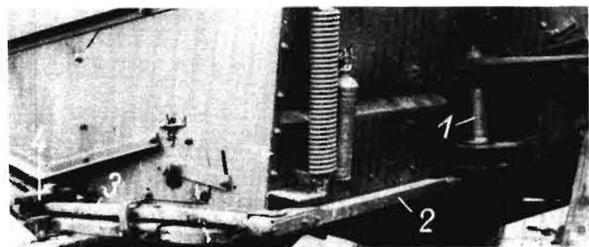


Bild 11. Messerantrieb über Kurbelwelle, Schubstange und Schwinge.

1 Kurbelwelle 2 Schubstange 3 Schwinge 4 Messerkopf

Der Übergang vom Kettenelevator zur Fördertrommel ist natürlich nicht ohne weiteres in jedem Fall möglich, da ja eine bestimmte Förderhöhe überbrückt werden muß. Diese Förderhöhe konnte bei unserem Streben nach geringer Bauhöhe jedoch so klein gehalten werden, daß die Fördertrommel für den Transport ausreicht.

- 1 Motor
- 2 Fahrgetriebe
- 3 Triebbad
- 4 Dreschtrommel
- 5 Vorderer Schläger
- 6 Hinterer Schläger
- 7 Gebläse oder Ventilator
- 8 Körnerschnecke u. -elevator
- 9 Schüttlerkurbelwellen
- 10 Überkehrschnecke- u. -elevator
- 11 Reinigungsantrieb (Kurbel u. Pleuelstange)
- 12 Schwingwelle für Siebkasten oder Reinigung
- 13 Messerantrieb
- 14 Schneidwerk
- 15 Frontschnecke
- 16 Haspel
- 17 Fördertrommel
- 18 Haspelantrieb

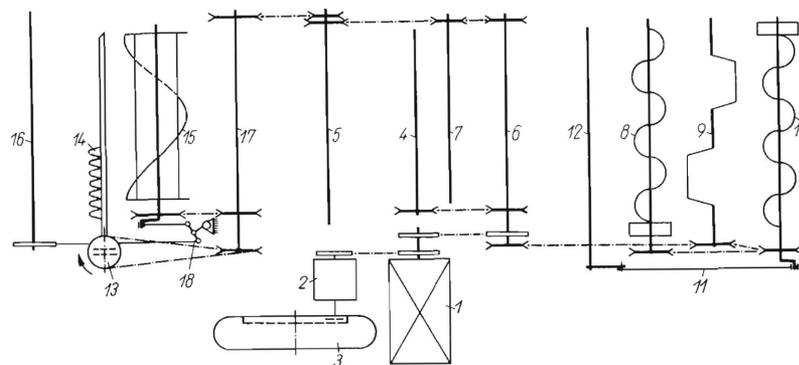


Bild 13. Antriebsschema des selbstfahrenden Mähreschers MD 630.

Ein weiteres Beispiel für Einsparung von Gewicht und Einzelteilen zeigt der Vergleich von **Bild 11** und **Bild 12**. Bild 11 zeigt zunächst den Messerantrieb, wie er bei den großen Mähreschertypen zu finden ist, bestehend aus einer senkrechten Kurbelwelle in der Ecke zwischen der Rückwand des Tisches und dem Einzugskanal, einer Schubstange, die zur linken Außenseite des Schneidtisches geht, einer Schwinge, die auf der Unterfläche des Schneidtisches gelagert ist, und dem Messerkopf.

Vergleicht man dazu den Messerantrieb beim Mährescher 630 in Bild 12, so stellt man fest, daß Schubstange und Schwinge vermieden werden konnten, indem der senkrechte Kurbeltrieb direkt über das Messer gesetzt wurde. Dieser vereinfachte Antrieb hat sich inzwischen sehr gut bewährt. Ursprünglich war auf der Kurbel nur ein gehärteter Gleitstein, der aber später zur Verbesserung der Gleiteigenschaften gegen eine gehärtete Rolle mit Nadellager ausgetauscht wurde.

Weitere Einsparungsmöglichkeiten ergeben sich, wenn man bei der Konstruktion einer Maschine von vornherein auf die geringstmögliche Zahl der Antriebsglieder (**Bild 13**) achtet. Neben diesem kleinen Selbstfahrer dürfte kaum eine Maschine auf dem Markt zu finden sein, die weniger An-

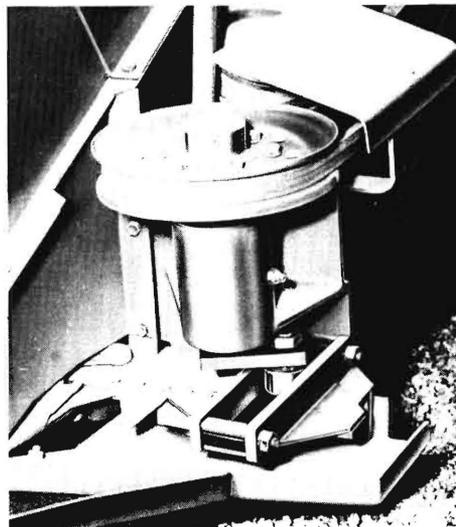


Bild 12. Vereinfachter Messerantrieb für den Mährescher MD 630.

triebsriemen und Wellen aufweist. Diese Maschine leistet alles das, was andere Maschinen mit einer Mehrzahl von Antriebswellen und dementsprechend vielen zusätzlichen Lagerungen erreichen.

Auch andere, scheinbar simple Änderungen helfen zur Gewichtseinsparung. Als Beispiel diene hier das Gebläse für die Reinigung an einem größeren Mähreschertyp (**Bild 14**). Das vierflügelige Gebläse mit einem Durchmesser von etwa 700 mm und einer verstellbaren Drehzahl zwischen 580 und 690 U/min geht wie üblich über

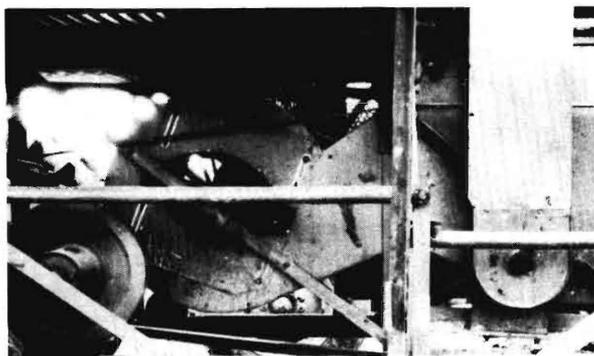


Bild 14. Gebläse für die Reinigung.
Durchmesser 700 mm Drehzahl 580 bis 690 U/min

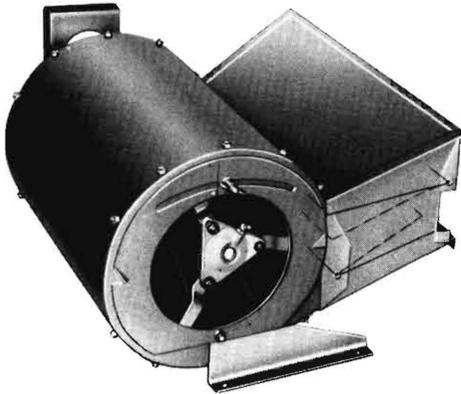


Bild 15. Gebläse des Mähreschers MD 630. Erhöhung der Leistung bzw. Verringerung des Gewichtes durch Erhöhung der Drehzahl.

Durchmesser 320 mm Drehzahl 2 000 U/min

die volle Gehäusebreite. **Bild 15** zeigt dagegen die neue Ausführung des Gebläses, wie sie an dem kleinen Selbstfahrer MD 630 gewählt wurde, mit einem Gebläsedurchmesser von 320 mm. Auch hier ist die Gebläsebreite gleich der Breite des

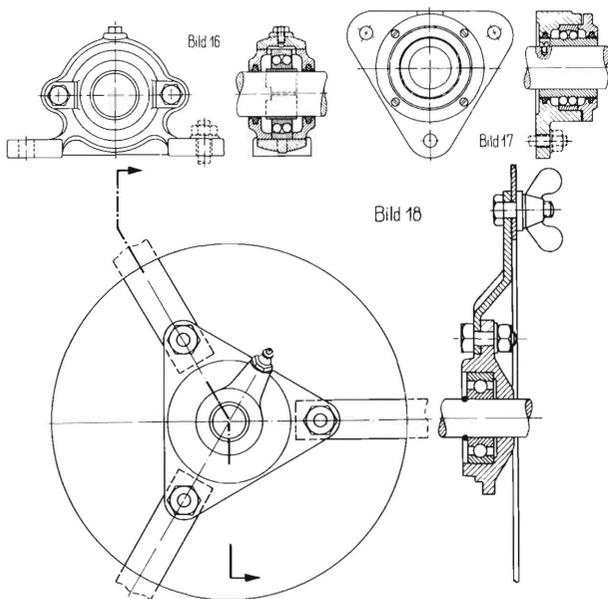


Bild 16 bis 18. Gegenüberstellung eines normalen Stehlagers, eines normalen Flanschlagers mit Kugellagern und Filzdichtung und eines Flanschlagers mit einem sogenannten Z-Kugellager.

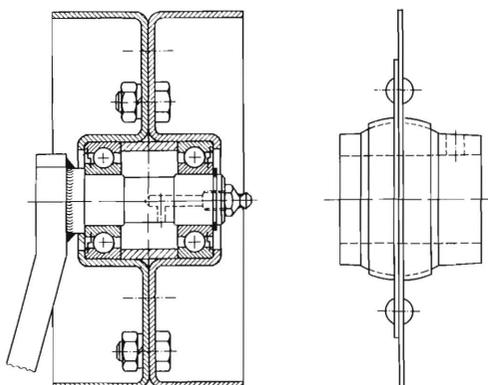


Bild 19 und 20. Leichtbau von Lagern und Lagergehäusen.

Maschinengehäuses. Die Drehzahl wurde jedoch auf etwa das $3\frac{1}{2}$ fache der früheren Drehzahl heraufgesetzt, so daß es jetzt mit 2 000 U/min arbeitet. Daraus ergibt sich ebenfalls eine Verringerung des Gewichtes und eine bessere Werkstoffausnutzung. Die gleiche Welle überträgt bei höherer Drehzahl bei gleichem Drehmoment eine erheblich höhere Leistung, wie dies ja auch den Überlegungen zugrunde liegt, die man in Amerika beim Übergang zur Schlepperzapfwelle mit 1 000 Umdrehungen anstellt.

Aber nicht nur diese ins Auge fallenden Änderungen halfen auf dem Wege zur Gewichtseinsparung, es gibt sehr viel einfachere Wege, z. B. bei den gebräuchlichen Wellenlagern. **Bild 16 bis 18** zeigt zunächst einmal eine Gegenüberstellung eines Stehlagers, eines normalen Flanschlagers mit Kugellagern und Filzdichtung und eines Flanschlagers mit einem sogenannten Z-Kugellager, d. h., dieses Kugellager ist einseitig mit einer angepreßten Metallplatte abgedichtet. Das Gewicht des Stehlagergehäuses für eine 20er Welle beträgt etwa 1 180 g, das Gewicht des Flanschlagers für das gleiche Lager beträgt etwa 870 g, und das Flanschlager mit Z-Kugellager wiegt etwa 420 g. Es ergibt sich also eine Gewichtsverringerung durch Übergang vom Stehlager zum Flanschlager, wobei beim Stehlager berücksichtigt werden muß, daß noch eine Tragkonsole notwendig ist, so daß der Gewichtsunterschied in der Gegenüberstellung nicht ganz den wirklichen Verhältnissen entspricht.

Bild 19 und 20 zeigen nun weitere Möglichkeiten zur Gewichtsverringerung. In eine Riemenscheibe nach Bild 19 sind zwei RS-Lager eingebaut. Das ganze Lagergehäuse besteht nur mehr aus den Teilen der Riemenscheibe, welche um die RS-Lager herumgezogen sind. Ein Einbau dieser Art vermeidet die Anbringung einer zusätzlichen Dichtung, sowie eine sonst zusätzlich erforderliche Nabe zur Verbindung mit der blechgepreßten Riemenscheibe. Diese Art Lager werden mit gutem Erfolg seit längerer Zeit in allen Spannrollen für die verschiedenen Rientriebe der Mährescher verwendet. Eine andere Möglichkeit zur Gewichtseinsparung zeigt Bild 20; es handelt sich hier um ein gegossenes Gußeisengleitlager mit Einstellkugel am äußeren Umfang. Lager dieser Art werden seit langem in Strohpressen verwendet, um den Lagern eine gewisse Einstellmöglichkeit zu geben. Die Anbringung dieser Lager an den Seitenwänden der Pressen erfolgt mit aus Blech gepreßten, angenieteten Halteflanschen, wobei oft die Pressenseitenwand selbst durchgezogen und damit ein Flanschring ersetzt wird. Auch hier erreicht man mit einfachen Mitteln das, was man mit viel Aufwand z. B. bei einem Pendelkugellager erkaufte.

Bei dem Mährescher werden eine ganze Anzahl von Wiederholungsteilen für Lagerungen verwendet, die aus Kunststoff sind. Es handelt sich hier um kleine Lager aus Kunststoff Typ 74 mit Graphiteinlage, die mit einer Ausnahme für alle Wellen verwendet werden, die weniger als 400 U/min machen. Der Durchmesser all dieser Wellen beträgt 20 mm, so daß überall die gleichen Lager verwendet werden können. Diese Lager sind mit Schmiernippel ausgerüstet und werden in der Gehäusewand mit zwei Flanschen befestigt; sie können sich bei evtl. Verwindungen der Maschine unschwer einstellen, und können leicht ausgewechselt werden, wenn nach längerer Laufzeit oder, was leider auch noch vorkommt, durch mangelnde Wartung einmal ein Lager ersetzt werden muß.

Bild 21 zeigt nun eine Gegenüberstellung der vorher erwähnten Fingerlagerung, wie sie früher üblich war, und der Fingerlagerung, wie sie jetzt ausgeführt wird. Es wurde vom komplizierten Gußgehäuse für die im Landmaschinenbau üblichen Langrollenlager mit am Gehäuse angebrachter Halterung für die einziehbaren Finger übergegangen zu einem wesentlich einfacheren Element, nämlich einem Kunststofflager mit eingepreßtem Flanschring, an welchem der Finger angeschraubt wird. Eine sehr namhafte Kunststoffirma war der Meinung, die Verwendung von normalem Blech für diese Zwecke sei nicht möglich, bzw. man könnte Kunststoffteile dieser Art nicht mit eingepreßten Blechteilen herstellen, ohne in Toleranzschwierigkeiten zu kommen. Die Fingerlagerungen in der in **Bild 21** gezeigten Form werden inzwischen von einer kleineren Firma ausgeführt und arbeiten zur vollen Zufriedenheit.

Als letztes Beispiel eines planmäßigen Leichtbaues sei noch **Bild 22** gezeigt. Es zeigt eine aus 3 mm Blech gepreßte Flachriemenscheibe von 445 mm ϕ und 65 mm Breite, deren Gewicht 5,8 kg beträgt. Die Nabe dazu, die zur gleichzeitigen Aufnahme eines Kettenrades dient, wiegt 1,43 kg. Auch dieses Preßteil bringt eine erhebliche Gewichtsverringerung, wie sich aus dem Vergleich mit der Listenangabe für eine handelsübliche Gußeisenscheibe ergibt, deren Gewicht mit 17 bis 19 kg angegeben wird.

Zum Schluß dieses Berichtes sei noch einmal zusammenfassend folgendes festgestellt. Anhand von Bildern wurden die verschiedenen Möglichkeiten, die der Leichtbau im Landmaschinenbau hat, aufgezeigt. Es gibt den Formleichtbau, der demonstriert wurde an den Beispielen des Maschinengehäuses, der Frontschnecke, der Fördertrommel und der Flachriemenscheibe. Es gibt daneben den Funktionsleichtbau durch Verringerung der Zahl der Teile, wie er demonstriert wurde, am Messerantrieb, bei Verwendung

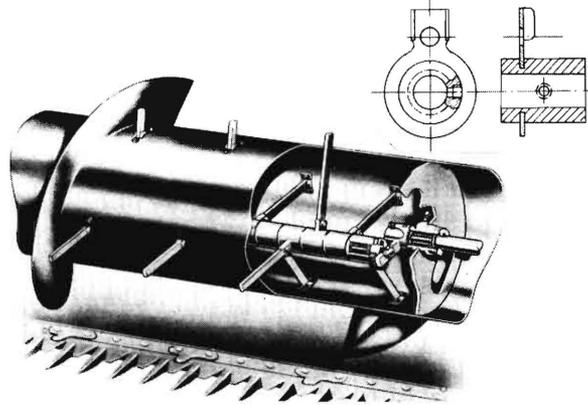


Bild 21. Fingerlagerung aus Kunststoff in einer Fördertrommel.

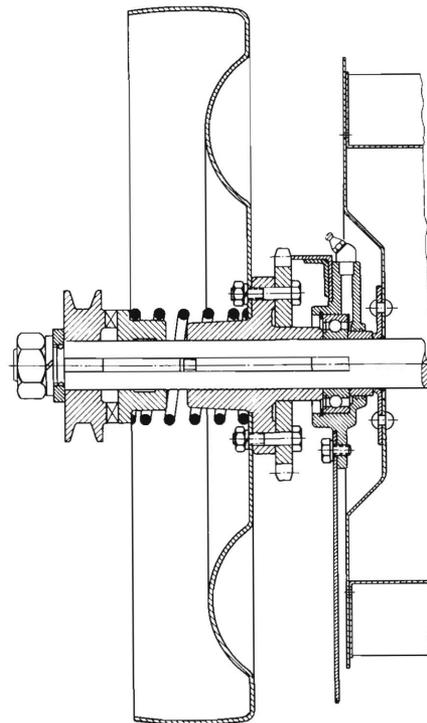


Bild 22. Leichtbau einer Flachriemenscheibe.

der Fördertrommel an Stelle des Kettenelevators und durch Straffung des gesamten Antriebes. Eine dritte Möglichkeit besteht im Werkstoffleichtbau, wie er z. B. durch Übergang zum Kunststofflager für langsamer laufende Wellen und für die Fingerlagerung an der Frontschnecke durchgeführt wurde. Eine weitere Möglichkeit ist der Leichtbau durch Drehzahlerhöhung (z. B. beim Gebläse). Je konsequenter der Konstrukteur diese Möglichkeiten verfolgt, desto größer und sicherer wird sein Erfolg sein.

22 Fotos und Zeichnungen: Massey-Ferguson

*

Eingegangen am 8. 4. 1958

Anschrift des Verfassers: Dr.-Ing. Helmut Scheffter, Köln