

PROBLEME UND AUSSICHTEN STUFENLOSER GETRIEBE FÜR ACKERSCHLEPPER

Schlepper in der Landwirtschaft

Impulse für die Forschung und Entwicklung auf technischen Gebieten kommen sowohl aus der Welt der Naturwissenschaft und Technik als auch aus der Bedarfslage. Dabei können also nicht nur neue Erkenntnisse der Grundlagenforschung, Entwicklungen auf Nachbargebieten und eigene Vorstellungen des Konstrukteurs über technische Möglichkeiten, sondern auch ökonomisch oder psychologisch bedingte, zu erwartende oder schon aufgetretene Ansprüche der jetzigen oder künftigen Verbraucher wirksam werden.

Diese Zusammenhänge gelten ebenso für die gesamte Landtechnik, besonders aber für den Schlepperbau. Die Vollbeschäftigung in der gesamten Wirtschaft, steigende Löhne und auch auf dem Lande zunehmende Lebensansprüche haben den Zug zur Mechanisierung und Motorisierung der Landwirtschaft in Europa in einem Ausmaß verstärkt, das vor zehn Jahren nicht für möglich gehalten worden ist. Dabei wirken sich die politischen und wirtschaftlichen Systeme im geteilten Deutschland sehr verschieden aus: Diesseits der Trennlinie wird die Entwicklung durch die Individualwirtschaft geprägt; die Aussichten der Betriebe oberhalb einer gewissen Größe werden durch Schaffung geeigneter Schlepper, Maschinen und Geräte laufend verbessert, wobei diese teilweise auch für überbetriebliche Nutzung bestimmt sind (1). Jenseits dagegen prägt der Großbetrieb die Entwicklung der gesamten Landtechnik (2).

Entsprechend der Zahl der Betriebe in der Bundesrepublik, ihrem Größenaufbau und der Schlepperproduktion (1958 fast 120 000 Schlepper, davon für das Inland rund 84 000) ist heute schon der Bestand an Schleppern verhältnismäßig hoch, er hat wahrscheinlich in der zweiten Jahreshälfte 1959 die Zahl von 750 000 in der Landwirtschaft überschritten. Bisherige Schätzungen über den Endbestand in der Bundesrepublik gehen etwas auseinander, lassen aber mit ziemlicher Sicherheit einen Bestand von 900 000 bis 1 Million Schlepper in etwa fünf Jahren erwarten (3).

Aus diesen hohen Zahlen könnte man den Schluß ziehen, daß die heutigen Konstruktionen bereits alle Wünsche der Landwirtschaft erfüllen. Sieht ein einzelner Landwirt im Schlepper zunächst nur den Ersatz für die Pferde, so mag das für ihn auch zutreffen. Aus der Sicht der oben angedeuteten Lage, die möglicherweise noch durch übernationale Zusammenschlüsse verschärft wird (4), kann man sich aber für die gesamte Landwirtschaft mit dem heutigen Bild des Schleppers nicht zufrieden geben. Er muß in den Rahmen einer konsequenten Mechanisierung hineinwachsen, die mit einem Minimum an Arbeitskräften und Maschinenkapital zu verfahrensmäßig optimalen und damit wirtschaftlichen Arbeitsabläufen führen soll. Außerdem soll der Schlepper so an den Menschen angepaßt werden, daß der Fahrer ihn nicht unter unzuträglicher Beanspruchung, z. B. durch Erschütterungen, Geräusch und Zwang zur äußersten Konzentration, „bedienen“ muß, sondern ihn mühelos und bequem, nur im Hinblick auf die eigentliche Aufgabe, führen kann (5, 6).

Damit liegen ganz bestimmte, vielleicht noch etwas allgemein gehaltene Forderungen für die weitere Entwicklung der Schlepper vor. Ihnen stehen auf der technischen Seite heute Erkenntnisse über neue Möglichkeiten gegenüber, die — aus der Eigengesetzlichkeit der Technik — zu einer Erhöhung der Leistung der mit dem Schlepper verbundenen Maschinen und Geräte, der Güte ihrer Arbeit und der Wirtschaftlichkeit sowie zu einer Arbeiterleichterung und Entlastung des Fahrers führen sollen.

Wie vielseitig in diesem ganzen Bereich sich die Weiterentwicklung und Umgestaltung einer einzigen Baugruppe des Schleppers, nämlich des Triebwerkes, auswirken kann, soll im folgenden gezeigt werden. Dabei wird auch nicht vor einem Ausblick auf sich abzeichnende künftige Möglichkeiten halt gemacht, da ohne ihn schon die nächsten Ziele nicht abgesteckt werden können.

Stufenlose Getriebe in Schleppertriebwerken

Als Schleppertriebwerk bezeichnet man diejenige Baugruppe des Schleppers, die die Motorleistung, in jeweils geeignete Form umgewandelt, zu den Triebrädern und den angetriebenen Maschinen und Geräten überträgt. Sie umfaßt zurzeit eine oder mehrere Kupplungen, das Schaltgetriebe, weitere Zahnradsätze, das Differential, die Bremsen usw., ferner den Zapfwellenantrieb, im allgemeinen auch noch den Mähwerk- und Riemenantrieb (7).

Die verwendeten Zahnradgetriebe haben relativ geringe Leistungsverluste, also einen hohen Wirkungsgrad, der in einem weiten Belastungs- und Übersetzungsbereich über 90 % liegen kann (8, 9). Sie lassen sich relativ klein, leicht und preiswert gestalten und fertigen. Die Fahrgeschwindigkeiten liegen zwischen etwa 1,5 und 20 km/h, d. h. bei einem Verhältnis von rund 1:13. Die Zahl der Gänge des Schaltgetriebes und ihre Abstufung müssen den erforderlichen Arbeits- und Transportaufgaben entsprechen (10). Durch ihre ständige Erweiterung hat sich die Gangzahl von früher 3, höchstens 4 Gängen auf inzwischen 6 bis 10, zum Teil noch mehr Gänge erhöht.

Den Zahnradgetrieben haften aber verschiedene Nachteile an, die eigentlich erst bei einem Vergleich mit anderen Systemen offenkundig werden, z. B. hinsichtlich des Schaltvorgangs. Vielfach bemüht man sich, ihn für den Fahrer zu erleichtern, ihn sogar kraftschlüssig zu gestalten, damit das Fahrzeug beim Geschwindigkeitswechsel nicht angehalten werden muß. Bei einer kürzlich in den USA in Serie gegangenen Konstruktion sind die Kuppel- und Schaltvorgänge sogar völlig automatisiert worden, so daß der Fahrer lediglich einen Gang-Wählhebel einzustellen und die Motordrehzahl kurzzeitig zu ändern hat (11). Das alles ist jedoch mit großem Aufwand und wahrscheinlich nicht besonders gutem Wirkungsgrad erkauft (9). Trotzdem besteht auch bei diesem Getriebe noch der Nachteil, daß beim Antrieb von Maschinen, die eine konstante Zapfwellendrehzahl verlangen, mit Fahrgeschwindigkeiten zwischen den Nenn-

fahrgeschwindigkeiten nicht gefahren werden kann.

Diese mangelnde Anpassungsfähigkeit der Schaltgetriebe an die Bedürfnisse der Schlepperarbeit hat zu intensiven Entwicklungsarbeiten an stufenlosen Getrieben in allen wichtigen Schlepperbauländern geführt (12, 13, 14).

Solche Getriebe gestatten die Wahl jeder beliebigen Übersetzung bzw. Fahrgeschwindigkeit zwecks Anpassung an die jeweiligen Arbeits- oder Verkehrsbedingungen, ein kraftschlüssiges Ändern der Übersetzung, d. h. ein Ändern der Fahrgeschwindigkeit ohne Anhalten und Wiederanfahren des Fahrzeugs.

Damit sind, wie theoretische Untersuchungen und Messungen schon ergeben haben (15), folgende Vorteile verknüpft:

Verbesserung der Arbeitsgüte bei wichtigen Arbeiten durch feineres Anpassen der Geschwindigkeit an die Arbeitsanforderungen, Erhöhung der Flächenleistung und Zeitersparnisse durch bessere Ausnutzung der Motorleistung bei den meisten Arbeiten, Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch erhöhte Ausnutzung des Schleppers und seiner Geräte.

Bauarten stufenloser Triebwerke für Ackerschlepper

Untersucht man die verschiedenen Möglichkeiten einer stufenlos verstellbaren Leistungsübertragung im Hinblick auf die Eignung für Schlepper, so muß man das technisch Mögliche in Beziehung zu dem zur Verfügung stehenden Raum, dem zulässigen Gewicht, dem notwendigen Wirkungsgrad, den Anforderungen an Betriebsverhalten, Betriebssicherheit und Lebensdauer und endlich zu dem einzuhaltenden Preis setzen. Dazu kommt noch das unter Umständen sehr wichtige Kriterium der Freizügigkeit hinsichtlich der räumlichen Anordnung.

Daraus ergibt sich eine Gliederung und Bewertung der Möglichkeiten, die Übersicht 1 zeigt.

Mechanisch-stufenlose Getriebe

Die stufenlos verstellbaren Keilriemengetriebe in Mährescher-Selbstfahrern und neuerdings in Einachsschleppern sind bekannt.

Bei den Mähreschern fließt meist nur ein Teil der Motorleistung über den Keilriemen des Fahrgetriebes, die jährliche Einsatzzeit beträgt nur einige hundert Stunden und die Kosten für den Ersatz eines Keilriemens sind im Verhältnis zu den übrigen Betriebskosten unwesentlich. Für seine Anwendung bei Ackerschleppern über 12 PS Motorleistung bestehen im Hinblick auf Raumbedarf und ausreichende Lebensdauer wenig Aussichten.

Dem Keilriemengetriebe kommt ein stufenlos verstellbares Kettenumschlingungsgetriebe sehr nahe, bei dem außer den kegeligen Scheiben auch die Ketten aus Stahl sind. Wegen der geringen Reibung von Stahl auf Stahl sind die Anpreßkräfte bei großen Drehmomenten sehr hoch, sie erfordern daher eine hydraulische Verstellung der Übersetzung (16). Diesem Getriebe können heute große Aussichten für den Ersatz des Schaltgetriebes zugesprochen werden. Die langjährige Entwicklung hat zu einer fertigungstechnisch günstigen und einbaumäßig brauchbaren Lösung geführt. Der Wirkungsgrad kommt nahe an den von Zahnradgetrieben heran, der stufenlos verstellbare Übersetzungsbereich liegt bei 4:1, so daß noch zusätzlich ein mindestens zweistufiges Gruppengetriebe mit Rückwärtsgang erforderlich ist.

Von den Reibradgetrieben und ähnlichen Bauarten können einige wenige künftig vielleicht die Bedingungen der Verwendung in Ackerschleppern erfüllen (17). Das gleiche gilt für Schaltwerksgetriebe, die aber mehr Aussichten für andere landtechnische Anwendungen haben (18).

Elektrische und pneumatische Getriebe

Elektrische und pneumatische Leistungsübertragungen sind aus vielen anderen Gebieten bekannt; für Ackerschlepper sind sie jedoch hinsichtlich Raumbedarf, Gewicht und Kosten, bzw. Funktion und Wirkungsgrad, kaum geeignet (19).

Hydrokinetische Getriebe

Diese Getriebe haben sich für verschiedene Verwendungszwecke, z. B. in Straßen- und Schienenfahrzeugen, gut bewährt. Sie sind auch unter dem Namen hydrodynamische oder Strömungsgetriebe bekannt. Bei ihnen wird im allgemeinen innerhalb eines geschlossenen Gehäuses von einem Pumpen-

Übersicht 1

Bewertung verschiedener Systeme stufenloser Getriebe für Ackerschlepper und selbstfahrende Motorgeräte

System für	mechanisch				elektrisch	pneumatisch	hydraulisch	
	Keilriemen	Ketten	Reibräder u. ä.	Schaltwerke			hydrokinetisch	hydrostatisch
Acker- schlepper	Raumbedarf zu groß bei angemessener Lebensdauer	brauchbar	angemessene Lebensdauer noch nicht erwiesen	Theorie noch ungeklärt	Raumbedarf, Gewicht, Preis zu groß	Raumbedarf zu groß, Wirkungsgrad zu schlecht	Betriebsverhalten für Zapfwellenarbeiten ungeeignet	unterschiedlich brauchbar je nach System
selbst- fahrende Motor- geräte	brauchbar	brauchbar bei angemessenem Preis	möglich bei kleinen Drehmomenten	brauchbar bei geringen Ansprüchen	wie oben	wie oben	ungeeignet	wie oben

rad kinetische Energie auf Öl übertragen und von diesem wieder an ein Turbinenrad abgegeben. Sie vermögen zwar die Übersetzung der Belastung anzupassen, erfordern aber zum Einhalten einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit eine Änderung der Motordrehzahl, die für zapfwellengetriebene Geräte oder Maschinen nicht zulässig wäre (20). Ferner haben diese Getriebe einen für Ackerschlepper ungünstigen Wirkungsgradverlauf (9), sie haben sich bis jetzt nur in großen Vierradantriebs- und Kettenschleppern für die Bauwirtschaft in den USA einführen können.

Hydrostatische Getriebe

Diese sind u. a. als Regelantriebe von Werkzeugmaschinen schon lange bekannt, man findet sie auch häufig bei Transportkarren, Baumaschinen, Schiffswinden und anderen Förderanlagen, zum Teil mit Leistungen bis über 2000 PS.

Bei der hydrostatischen Leistungsübertragung werden vom Verbrennungs- oder Elektromotor eine oder mehrere Ölpumpen angetrieben. Das von ihnen geförderte Öl wird über Steuer- und Regeleinrichtungen einem oder mehreren Ölmotoren zugeführt, in denen der Ölstrom wieder in eine Drehbewegung umgewandelt wird. Der Öldruck wird durch das den Ölmotoren abverlangte Drehmoment bestimmt, der Höchstdruck liegt, je nach System, im allgemeinen zwischen 70 und 200 atü. Die Übersetzung, d. h. das Verhältnis der Drehzahlen von Pumpe und Ölmotor, wird durch stetige Änderung der Fördermenge der Pumpe stufenlos verstellt.

Bild 1 zeigt einige Systeme von Ölpumpen und -motoren (20, 21). Grundsätzlich kann jede Pumpe auch als Motor verwendet werden. Dadurch, daß die Fördermenge der Pumpe geändert werden soll, können wesentlich weniger Systeme für sie als für den Motor verwendet werden.

Die Zahnradzellen (Bild 1a) sind als Pumpen mit fast konstanter Fördermenge je Umdrehung bekannt, sie sind klein, preiswert und zuverlässig. Die Flügelzellen (Bild 1b) eignen sich gut auch als Motoren, besonders auf Grund neuer Verbesserungen. Die Radialkolbenzellen (Bild 1c) sind von den Axialkolbenzellen (Bild 1d) hinsichtlich Gewicht, Raumbedarf, Leistung und Drehzahl zurzeit etwas in den Hintergrund gedrängt worden. Beide können als Regelpumpen für höhere Drücke und Wirkungsgrade als die nach a und b ausgeführt werden, sind jedoch komplizierter und teurer.

Die Anwendung hydrostatischer Leistungsübertragung bei Ackerschleppern wurde aussichtsreich, seitdem der allgemeine Entwicklungsstand der Bauelemente, wie der Ölpumpen, Ölmotoren, Steuer- und Regeleinrichtungen hinreichende Betriebssicherheit und genügend hohe Wirkungsgrade auch bei verhältnismäßig kleinen Abmessungen und Gewichten sowie erträgliche Fertigungskosten versprach. Die gesamte hydrostatische Einrichtung verlangt ein Höchstmaß an Fertigungsgenauigkeit, das erst bei großen Stückzahlen wirtschaftlich vertretbar ist. Die trotzdem fast unvermeidbaren Leck- und Strömungsverluste können sonst den Wirkungsgrad und durch ihre

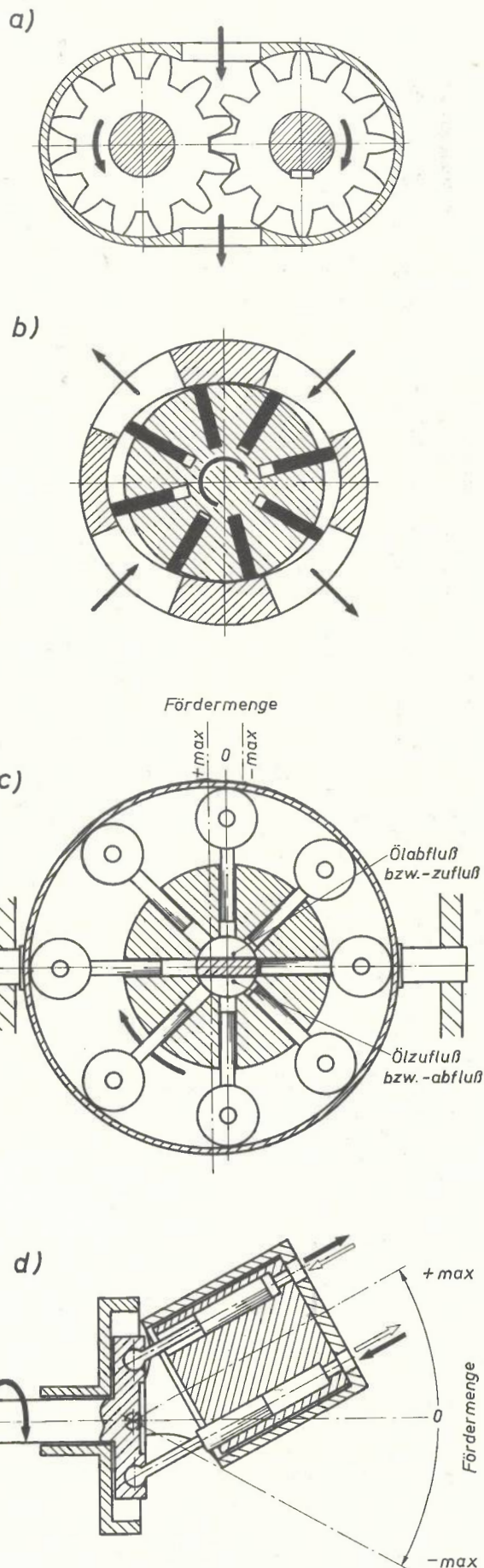


Bild 1, rechts: Einige Systeme von Ölpumpen und Ölmotoren.

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| a = Zahnradzelle | } mit unveränderlicher Fördermenge |
| b = Flügelzelle | |
| c = Radialkolbenzelle | } mit veränderlicher Fördermenge |
| d = Axialkolbenzelle | |

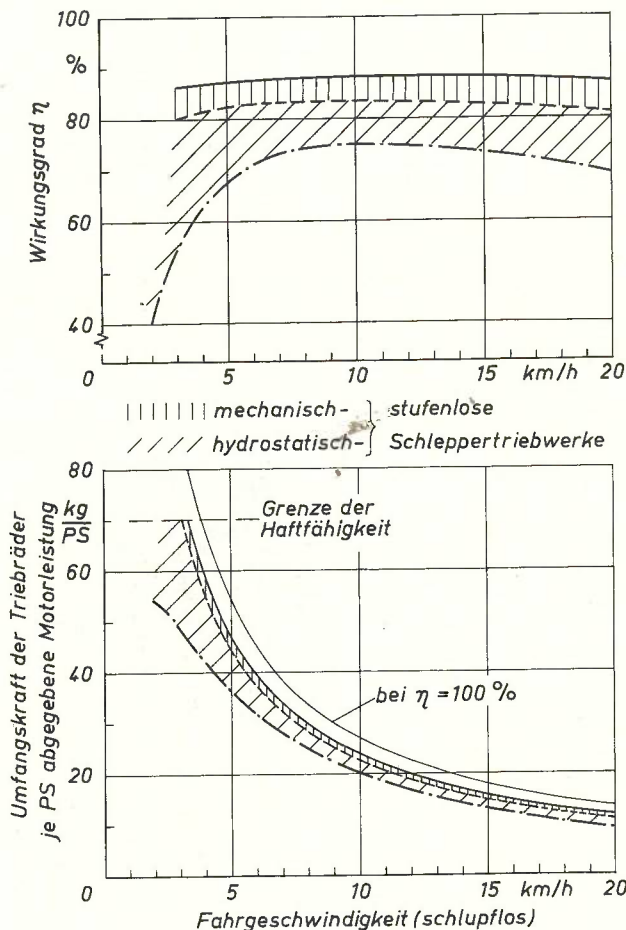


Bild 2: Die Wirkungsgradbereiche stufenloser Schleppertriebwerke und ihr Einfluß auf die an den Triebädern verfügbaren Umfangskräfte.

Umsetzung in Wärme die Betriebssicherheit beeinträchtigen. Die Eignung dieser Übertragungsart für Ackerschlepper steht heute zwar außer Zweifel, im Einzelfall muß aber noch viel Entwicklungsarbeit geleistet werden.

Der Wirkungsgrad kann nach den bisherigen Unterlagen je nach System im Optimum zwischen 70 und 85% liegen. Durch eine sogenannte Leistungsverzweigung, z. B. mittels Planetengetriebes, kann die hydrostatisch zu übertragende Leistung allerdings auf Kosten des Regelbereichs verringert und damit der Wirkungsgrad des Getriebes verbessert werden. Wegen der erforderlichen geschlossenen Bauweise kann ein solches Getriebe nur an die Stelle des bisherigen Schaltgetriebes treten, während hydrostatische Getriebe ohne Leistungsverzweigung eine größere Freizügigkeit gestatten.

Bild 2 gibt einen Überblick darüber, welche Wirkungsgrade stufenlose Schleppertriebwerke etwa haben können und wie sich diese auf die Summe der an den Triebädern verfügbaren Umfangkräfte je PS Motorleistung als Funktion der Fahrgeschwindigkeit auswirken. Die Darstellung soll nur die Tendenz und die Bereiche zeigen, innerhalb derer die Werte zu erwarten sind. Eine etwa 70 kg/PS übersteigende Umfangskraft ist unnötig, da sie bei den angestrebten niedrigen Leistungsgewichten der luftbereiften Schlepper nicht abgestützt werden könnte, sie kann aber auch mit einem bei geringer Fahrgeschwindigkeit schlechten

Wirkungsgrad nicht mehr erreicht werden (20, 22). Die durch den Wirkungsgrad angedeuteten Leistungsverluste in der Übertragung können jedoch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten von dem Gewinn durch stärkere Auslastung der Motoren und bessere Anpassung an die Arbeitsbedingungen überdeckt werden (15). Trotzdem werden die Wirkungsgrade und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme sorgfältig gegeneinander abgewogen werden müssen.

Verschiedentlich wurde schon die Frage aufgeworfen, ob es überhaupt richtig sei, für den rauen landwirtschaftlichen Einsatz so empfindliche Maschinenaggregate, wie z. B. ein hydrostatisches Triebwerk mit seinem Regelsystem, zu verwenden. Dem ist aber entgegenzuhalten, daß es sich nur um eine Frage der Zeit handelt, bis solche Getriebe auch für den Schlepper eine befriedigende Betriebssicherheit und Lebensdauer erreicht haben. Solche Bedenken gab es auch vor etwa 30 Jahren, als die ersten schnelllaufenden Dieselmotoren mit ihrem zunächst recht empfindlichen Einspritzsystem im Ackerschlepper eingebaut wurden. Heute wird dagegen die Betriebssicherheit von Dieselmotoren vor allem dort, wo ein entsprechender Kundendienst vorhanden ist, höher eingeschätzt als die von Vergasermotoren. Auch die hydraulischen Kraftheber haben in den ersten Jahren viele Sorgen bereitet, die im wesentlichen auf das Fehlen eines geschulten Kundendienstes zurückzuführen waren.

In diesem Zusammenhang erscheint folgende Überlegung angebracht zu sein: Die Lebensdauer der Schlepper liegt heute etwa bei 12 bis 15 000 Stunden, ehe hohe Reparaturkosten den Ersatz durch einen mindestens gleichwertigen neuen Schlepper wirtschaftlicher erscheinen lassen. Die Triebwerke sind heute so konstruiert, daß sie diese Lebensdauer der Schlepper durchhalten. Es ist aber sehr die Frage, ob bei dem ständigen technischen Fortschritt und bei der in vielen bäuerlichen Betrieben relativ geringen jährlichen Ausnutzung der Schlepper heute nicht allgemein eine etwas geringere Lebensdauer des ganzen Schleppers ausreichen könnte (23). Die Betriebssicherheit dürfte dadurch nicht beeinträchtigt werden, aber die Anschaffungskosten müßten gesenkt werden können. Bei dem heutigen Stand der Entwicklung stufenloser Getriebe sollte deshalb nicht generell zur Bedingung gemacht werden, daß sie ebenso lange zu halten haben wie die bisherigen Zahnradgetriebe.

Dieser Überblick über stufenlose Getriebe führt zu dem Schluß, daß mechanisch-stufenlose und hydrostatische Getriebe für Ackerschlepper geeignet sind.

Folgerungen für die Schlepperkonstruktion

Die stufenlos verstellbaren Getriebe können sehr unterschiedliche Auswirkungen auf die Schlepperkonstruktion haben. Diese sind z. T. unabhängig von dem verwendeten System, sie können aber auch bei bestimmten Bauarten hydrostatischer Leistungsübertragung zu der schon angedeuteten Erweiterung der Bauformen führen.

Motor

Wie bereits erwähnt, wird ein Schleppermotor bei einem stufenlosen Getriebe durch das ermöglichte ständige Anpassen der Geschwindigkeit an die wechselnden Boden- oder Bestandsverhältnisse im

Mittel wesentlich höher belastet. Mit normalen Schaltgetrieben kann man auch bei schweren Arbeiten nur selten über 80 % mittlerer Motorbelastung gelangen und im Durchschnitt des Jahres in vollmotorisierten Betrieben i. allg. nur auf etwa 40 % und weniger (24). Die durch ein stufenloses Getriebe bewirkte Erhöhung der Motorbelastung kann sich z. B. auf den Verschleiß günstig auswirken, sofern er durch zu stark gekühlte Zylinder hervorgerufen wurde. Sie kann aber auch sehr unangenehm werden, falls der Motor, z. B. durch sein Brennverfahren und durch örtlich begrenzt auftretende hohe Temperaturen, empfindlich ist, oder wenn die Kühlung hohen Lufttemperaturen, z. B. in den Tropen, zu wenig Rechnung trägt (25).

Durch das stufenlose Getriebe ergibt sich auch dadurch eine andere Entwicklungsrichtung, daß es nicht mehr auf den bislang als wichtig angesehenen Drehmomentanstieg bei fallender Drehzahl, sondern auf ein günstiges Betriebs- und Temperaturverhalten im ganzen Drehzahlbereich ankommt. Der spezifische Kraftstoffverbrauch sollte eher bei Vollast als bisher bei Teillast niedrig bleiben, und die Rauchgrenze dürfte auch nach längerer Laufzeit trotz hoher Belastung nicht erreicht werden (25).

Bei den heutigen Ackerschleppern findet man, wie auch aus der unterschiedlich schnellen Drehzahländerung von Motoren beim Beschleunigen im Leerlauf hervorgeht, sehr verschiedene Schwungradbemessungen. Die Variationsbreite der (auf die Höchstleistung bezogenen) „relativen Schwungradgröße“ übersteigt ein Verhältnis von 10 zu 1. Die Schwungradbemessung ist ein Kompromiß zwischen gutem Durchzugvermögen bei Vollastüberschreitung und rascher Änderung der Drehzahl des Motors beim Schalten des bisherigen Wechselgetriebes (26). Bei stufenlosen Getrieben in Ackerschleppern verlieren schnelle Änderungen der Leerlaufdrehzahl des Motors an Bedeutung, so daß sich eine nicht zu geringe Schwungradbemessung auf die Fahrleistung vorteilhaft auswirken kann.

Für eine hydrostatische Leistungsübertragung ist auch schon die Kombination von Antriebsmotor und Ölpumpe vorgeschlagen worden (27), die zu einem kompakten „Druckölgenerator“ führen könnte. Ob dieser noch eine Kurbelwelle enthalten muß oder z. B. wie eine Freikolbenmaschine aufgebaut sein kann, läßt sich heute noch nicht beurteilen.

Regelung

Erhöhte Flächenleistung bedingt, wie erwähnt, ein ständiges Anpassen der Geschwindigkeit an die Änderungen von Boden oder Bestand. Die bisher übliche, rein gefühlsmäßige Beurteilung der Motorbelastung genügt dafür nicht mehr, der Schlepperfahrer braucht zumindest eine Anzeige für den Belastungsgrad. Dazu eignet sich im allgemeinen gut die Stellung der Regelstange der Einspritzpumpe des Dieselmotors (28). Eine zusätzliche Einrichtung für die Messung des Drehmomentes wäre unnötiger Aufwand. Im übrigen bleibt die Anzeige auch dann noch einwandfrei, wenn der Motor, z. B. durch hohen Verschleiß, nicht sein volles Drehmoment abgeben kann. Bei den meisten Arbeiten kann und muß sich die Übersetzung dem wechselnden Zugkraftbedarf selbsttätig anpassen, zumeist bei der oberen Vollastdrehzahl. Hierfür kann die Stellung der Regelstange ebenfalls verwendet werden. Daneben kann die Drehzahl als

Regelgröße bei Arbeiten notwendig sein, bei denen nur ein Bruchteil der Motorleistung nötig ist und ein möglichst geringer Kraftstoffverbrauch je Stunde oder je ha erreicht werden soll. Der Fahrer wird durch die automatische Regelung physisch und psychisch wesentlich entlastet und kann sich mehr als bisher auf den landwirtschaftlichen Arbeitserfolg konzentrieren. Besonders bei Arbeiten mit zapfwellengetriebenen Erntemaschinen kann jedoch ein zusätzliches Eingreifen des Fahrers, z. B. zum Vermeiden von Verstopfungen und dergleichen, erforderlich werden.

Getriebe

Das mechanisch-stufenlose Getriebe kann nur das Schaltgetriebe ganz oder teilweise ersetzen, das hydrostatische Getriebe mit Leistungsverzweigung macht dagegen neben dem Schaltgetriebe — wie alle hydrostatischen Getriebe — auch die Kuppelung überflüssig. Der übliche Achsantrieb mit dem Differential muß beibehalten werden. Damit kommen diese Bauarten in erster Linie für Standardschlepper, also Schlepper üblicher Bauart mit Heckgeräten, und für Tragschlepper in Betracht.

Bei einem hydrostatischen Getriebe ohne Leistungsverzweigung mit einer Pumpe und ebenfalls nur einem Motor können diese beiden getrennt voneinander, jedoch durch Rohrleitungen miteinander verbunden, angeordnet werden; damit besteht in der gegenseitigen Lage von Dieselmotor und Ölpumpe einerseits und Ölmotor und Achsantrieb andererseits eine Freiheit, die den Tragschleppern und Geräteträgern zugute kommen könnte.

Wird die Motorleistung auf zwei Ölmotoren übertragen, so kann auch das Differential wegfallen; alle Abstufungen von der Differentialwirkung bis zur Differentialsperre können durch Steuerung des Ölflusses erzielt werden. Grundsätzlich kann auch die äußere Form des Antriebs der Schlepperäder sich wandeln. Werden relativ rasch laufende Ölmotoren verwendet, so kann ihre Anordnung in einem Hinterachsgehäuse, ähnlich dem bisherigen, zunächst noch den Vorteil bieten, daß mehrere Zahnradübersetzungen, gegebenenfalls auch Schaltstufen, hinter ihnen eingefügt werden können.

Werden jedoch zwei bzw. vier Ölmotoren direkt an oder in den Triebädern angeordnet und über Rohre und Schlauchleitungen mit dem Drucköl der Pumpen versorgt, so fällt das ganze bisherige Triebwerk mit seinen konstruktiven Bindungen weg. Der so erzielbare Einzelradantrieb kann daher zu neuen Schlepperbauarten führen.

Diese Möglichkeiten werden durch die Schaffung von Ölmotoren mit mäßiger Drehzahl, aber hohem Drehmoment bei geringen Abmessungen und Gewichten aussichtsreich (29). Sie können zu kompakten Radantrieben gestaltet werden, wobei man im allgemeinen eine Zahnraduntersetzungsstufe beibehalten wird.

Wie schon angedeutet, liegen die Probleme bei stufenlosen Getrieben in der beanspruchsgerechten Gestaltung und Bemessung, der Verschleißfestigkeit, Betriebssicherheit und im Wirkungsgrad. Auf jeden Fall müssen die Übertragungsteile zwischen dem Motor und den Triebädern so ausgeführt werden, daß sie den Beanspruchungen des Schlepperbetriebes auch bei der erst durch sie ermöglichten hohen Dauerlast gewachsen sind, sie müssen ferner gut zugänglich sein. Bei komplizier-

ten Teilen sollten Tauschaggregate zur Verfügung stehen. Damit können einfache Wartungs- und Überprüfungsarbeiten auch in weniger gut ausgestatteten Werkstätten durchgeführt werden, während schwierigen Reparaturen ein einfacher Austausch des gesamten Aggregates vorzuziehen ist.

Bei der Entwicklung werden sich noch manche schwierigen Detailfragen ergeben. So wird man z. B. bei hydrostatischer Leistungsübertragung Schwierigkeiten haben, die Pumpenantriebsdrehzahl bis auf die Höhe der Drehzahl mancher neuen Dieselmotoren zu treiben. Störungsfreier Betrieb ist allerdings schon bei 2200 U/min der Ölpumpe in Baumaschinen und Flurfördergeräten erzielt worden. Die Lösung, speziell entwickelte Ölmotoren als Triebbradnaben auszubilden, ist in dem ersten hydrostatisch angetriebenen Versuchsschlepper in Silsoe verwirklicht worden (12), führt aber zu besonderen Entwicklungsproblemen und zu relativ hohen Gewichten (30). Sie verlangt zudem eine Sonderfertigung, während unter deutschen Verhältnissen nur universell verwendbare Ölmotoren eine große Serienfertigung versprechen.

Bei geeigneter Ausbildung kann die hydrostatische Leistungsübertragung auch zum Abbremsen des Schleppers verwendet werden. Betriebsbremse und Pedal können wegfallen, der Fahrhandhebel wird zugleich Bremshebel. Es bleibt lediglich die übliche Feststellbremse erforderlich.

Zapfwelle und andere Geräteantriebe

Die Motorleistung wird zu Geräten und Maschinen mehr und mehr über die Zapfwelle übertragen. Dabei hat als Antriebsart die sogenannte Motorzapfwelle besondere Bedeutung erlangt, bei der es möglich ist, ohne Unterbrechung der Leistungsübertragung zum Gerät oder zur Maschine anzuhalten und wiederanzufahren. Für den Mähwerk-antrieb wird diese Antriebsart ebenfalls viel verwendet. Ob daneben noch die Antriebsart der sogenannten Wegzapfwelle Bedeutung haben wird, kann erst die weitere Entwicklung zeigen. Sie ist u. a. für Aufnahmelemente von Erntemaschinen und für Triebachsanhänger günstig.

Bei mechanisch-stufenlosen Getrieben wird der bisherige mechanische Antrieb der Zapfwelle selbstverständlich beibehalten. Bei hydrostatischen Getrieben ist es aber fraglich, ob diese Lösung noch möglich und vorteilhaft bleibt. Bei Einzelradantrieb kann der Übergang auf eine hydrostatische Leistungsübertragung auch zu den Geräten und Maschinen sowie zum Mähwerk günstiger sein (19), obgleich zusätzliche Ölpumpen und Ölmotoren erforderlich werden. Die bisher notwendigen Wellen, einschließlich der Gelenkwellen, fallen dann weg, und der mit dem Schlepper über Schläuche verbundene Geräteölmotor kann mit Schnellverschluß mühelos umgesteckt werden. Die heutigen Versuchsausführungen hydrostatischer Antriebe für Mähwerke werden wahrscheinlich erst in Verbindung mit einem hydrostatischen Schlepperantrieb aktuell werden, wenn sie auch vielleicht zusammen mit dem Kraftheber und dem Lader von einer besonderen Ölpumpe versorgt werden müssen.

Amerikanische Entwicklungen von Erntemaschinen für Obst haben daneben gezeigt, daß zentraler mechanischer Antrieb solcher vielgliedrigen

Maschinen praktisch unmöglich werden kann (31). Man ist dadurch zur Anordnung von Einzelantrieben der verschiedenen Baugruppen mit jeweils einem kleinen Ölmotor gelangt. Ihre Vorzüge liegen in der guten Regelbarkeit und in den Kosten.

Laufwerk

Bei Schleppern mit stufenlosen Getrieben irgendwelcher Bauarten anstelle des Schaltgetriebes und ggf. der Kupplung ergeben sich hinsichtlich des Laufwerks noch keine Unterschiede gegen heutige Ausführungen.

Unterstellt man die Ausstattung jedes Triebrades mit einem gesonderten kleinen Ölmotor, der an- oder eingebaut ist, so hat der Konstrukteur eine Freizügigkeit, wie er sie bisher nicht gekannt hat. Bei ausreichender Flexibilität der Ölleitungen zu den einzelnen Rädern kann diesen eine geradezu unbegrenzte Beweglichkeit gegeben werden.

Damit bestehen folgende Möglichkeiten:

1. Vierradantrieb, beliebig einschalt- und sperrbar,
2. Vierradlenkung, gleichsinnig oder gegensinnig,
3. Einzelradfederung sämtlicher Räder,
4. Änderung von Spurweite und Radstand,
5. Hangverstellung, soweit als notwendig angesehen.

Hierzu ist im einzelnen folgendes zu bemerken:

Die Vorzüge des Vierradantriebes für die Zugfähigkeit eines Fahrzeugs auf ungünstigem Boden sind bekannt, mit einer bestimmten Bodenfreiheit und geringer Schwerpunkthöhe ist er konstruktiv bisher schwierig zu verwirklichen. Wie schon früher vorgeschlagen, könnte man oberhalb 10 km/h die Ölversorgung für die Vorderräder abschalten, wodurch sich die Ansprüche an die Fördermenge der Ölpumpe verringern würden.

Eine Vierradlenkung kann die Wendigkeit eines Fahrzeuges sehr erhöhen, sie kann aber auch so ausgenützt werden, daß am Hang beim Fahren in der Schichtlinie sämtliche Räder gegen den Hang angestellt werden, in ähnlicher Weise, wie es bei der Hanglenkung einiger Geräteträger schon geschieht. Bei bestimmten Arbeiten dürfen nur die vorn befindlichen Räder gelenkt werden, was sich hier unabhängig von der Fahrtrichtung leicht bewerkstelligen ließe.

Die Einzelradfederung könnte die von der Fahrbahn herrührenden Schwingungen von dem Fahrer und dem Beifahrer in einem Maße fernhalten, wie es bei ungefederter Hinterachse trotz bester Federung und Polsterung des Sitzes nicht möglich ist (32). Dadurch könnten bei hoher jährlicher Arbeitszeit auftretende gesundheitliche Schäden vermieden werden (33).

Eine Änderung der Spurweite ist bei bestimmten Reihenabständen von Hackfrüchten erforderlich, der Radstand kann bei einigen Typen von Geräteträgern bereits verändert werden.

Eine Hangverstellung ist bereits verwirklicht, in Deutschland (34) und in Italien versuchsweise, in der Sowjetunion serienmäßig (35). Bei der sogenannten Stufenstellung bleibt am Hang beim Fahren in der Schichtlinie der Schlepperrumpf und damit auch der Fahrer lotrecht. Der hierfür erforderliche Aufwand ist bei den bisherigen Schlepper-

triebwerken relativ hoch, während er bei hydrostatischem Einzelradantrieb so gering sein könnte, daß er für viele Betriebe mit Hangflächen erschwinglich wäre. Die Hangverstellung kann vielleicht auch noch derart abgewandelt werden, daß eines oder alle Räder angehoben bzw. gesenkt werden können, um den Geräteanbau zu erleichtern.

Um keine Mißverständnisse aufkommen zu lassen, muß bemerkt werden, daß hier nur auf Möglichkeiten hingewiesen worden ist, die sich kaum gleichzeitig werden ausnützen lassen.

Neue Schlepperbauarten

Führt man die Überlegungen über den Einfluß eines hydrostatischen Einzelradantriebes weiter, dann kommt man zu dem Schluß, daß dieser Antrieb zu Bauformen führen kann, die die Anforderungen der Arbeitsgeräte in einem bisher nicht möglichen Ausmaß berücksichtigen.

Bei den Tragschleppern und Geräteträgern legen die Lage des Motors, der Aufbau des Zahnradtriebwerkes, der Sitzplatz des Fahrers usw. die Gesamtkonstruktion fest. Auf der anderen Seite versuchen die Hersteller von Sammelerntemaschinen „Geräteträger“ zu entwickeln, die wohl als „Schlepper“ genutzt, auf denen aber zunächst Erntemaschinen für ober- und unterirdische Früchte auf- oder angebaut werden können. Dabei stehen die Forderungen des Schlepperbetriebes, bzw. die Gesichtspunkte für die Gestaltung von Geräteträgern für Bestellungs- und Pflegegeräte zumeist im Widerstreit mit den Erfordernissen der Erntemaschinen. Abgesehen von der für notwendig erachteten Motorleistung, gilt dies besonders für die Anordnung des Motors, des Trieb- und Laufwerks sowie für die Wahl des Fahrerplatzes.

Dadurch, daß Kupplungs- und Bremspedal wegfallen und die Lenkung bei Ausnützung der Hydraulik ebenfalls nicht mehr an das unverrückbare Lenkrad gebunden ist, kann der Fahrerplatz allein nach den jeweiligen Bedürfnissen der Arbeit und der Beobachtung der Werkzeuge bzw. des Straßenverkehrs gewählt werden. Dazu kommt, daß der Motor mit der oder den Ölpumpen an einen Platz gelegt werden kann, an dem er die Arbeitsgeräte und die Sicht auf sie am wenigsten stört und trotzdem gut zugänglich ist. Die Diskussionen über Motorfahrgestelle und Motortriebachsen als Variationen von Standard- und Tragschleppern sowie Geräteträgern (36) würden neue Aspekte durch den hydrostatischen Einzelradantrieb gewinnen (37). Dabei spielt auch die Leistung des einzubauenden Motors eine große Rolle. Beschränkt man sich zunächst auf 25 oder äußerstenfalls 35 PS (38), dann erscheint das Problem eines im obigen Sinn universell zu verwendenden oder eines leicht abzuwandelnden Motorfahrgestelles einfacher lösbar.

Auf jeden Fall sind die Kräfte zwischen dem „Schlepper“ und den Werkzeugen und Geräten so zu berücksichtigen, daß die Achslastverteilung, bzw. die Belastung der Triebbräder, möglichst günstig für die verschiedenen Geräte, Maschinen und Fahrzeuge wird.

Die Anbringung nicht nur des Pfluges, sondern auch der Bestellungs- und Pflegegeräte am Heck, würde den Spurlockerer ersparen, verlangt aber

den Sitz des Fahrers bei der Arbeit hinter den Geräten, was, wie schon erwähnt, technisch zu lösen wäre.

Wie gerade diese Bemerkungen erkennen lassen, werden durch den hydrostatischen Einzelradantrieb Fragen ausgelöst, die noch viele Untersuchungen auf der einen Seite und Entwicklungsarbeit auf der anderen notwendig machen, bis das unter den verschiedenen Verhältnissen Realisierbare herausgeschält und von dem nur Spekulativen klar unterschieden ist. Dies gilt z. B. auch für die Anpassung des Luftdruckes der Luftreifen an die Härte der Fahrbahn während der Fahrt (39), die selbsttätige Regelung von Lenk- und Fahraufgaben und von komplizierten Erntevorgängen zur Einsparung oder Entlastung der Menschen (40).

In der Landwirtschaft mag vielleicht eine zu weit getriebene Technisierung auf Grund dieser Ausführungen befürchtet werden, der der einzelne Bauer ohne technische Schulung nicht mehr gewachsen ist. Das Ziel aller Bemühungen zur Erleichterung und sozialen Aufwertung der Landarbeit kann aber nur über die Landtechnik erreicht werden. Der Landwirt muß sich ihrer Möglichkeiten auch geistig bemächtigen, damit er souverän über sie verfügen und so den Blick für das Naturgeschehen behalten kann.

Zusammenfassung

Der derzeitige hohe Motorisierungsgrad der Landwirtschaft der Bundesrepublik darf nicht zu der Auffassung führen, daß die Entwicklung der Schlepper alle Wünsche befriedigt und schon abgeschlossen ist. Am Beispiel der stufenlosen Getriebe wird gezeigt, welche Aussichten sich für die Weiterentwicklung der Schlepper, für ihre erhöhte Ausnützung und für die Entlastung des Menschen bieten, und welche Fragen in diesem Zusammenhang noch zu lösen sind.

Schrifttumsnachweis

1. HEUSER, O. E.: Neuordnung des westdeutschen Agrarraumes. — In: Raum und Landwirtschaft I. 1958. S. 1—20. (Forschungs- und Sitzungsberichte der Akademie für Raumforschung u. Landesplanung. Bd. 9.)
PLATE, R.: Die westdeutsche Landwirtschaft am Vorabend des Gemeinsamen Europäischen Marktes. — Frankfurt a. M.: DLG-Verl. (1959) 23 S. (Flugschriften der DLG, Bd. 29).
2. ROSEGGER, S.: Die Mechanisierung von landwirtschaftlichen Großbetrieben auf der Grundlage ihrer Produktionsbedingungen. — Berlin: Dt. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften 1958. S. 2 (Berichte und Vorträge, 4).
3. SCHNIEDERS, R.: Der Schleppermarkt der Bundesrepublik an der Grenze der Expansion. — Wirtschaftskonjunktur 11 (1959) H. 2, S. 32—38.
4. ENGEL, E.: Probleme des gemeinsamen Agrarmarktes aus der Sicht der westdeutschen Land- und Ernährungswirtschaft. — Ber. über Landwirtschaft 36 (1958) H. 4, S. 741—750.
5. HAACK, M.: Über die Beanspruchung des Menschen durch Erschütterungen auf Schleppern und Landmaschinen. — In: 11. Konstrukteurh. T. 1 (1953) S. 110—115 (Grundlagen der Landtechnik H. 4).

6. DUPUIS, H., R. PREUSCHEN u. B. SCHULTE: Zweckmäßige Gestaltung des Schlepperführerstandes. — Bad Kreuznach: Inst. für landw. Arbeitswiss. 1955. 177 S. (Landarbeit u. Technik, H. 20).
7. COENENBERG, H. H.: Die Triebwerke der Acker-schlepper. — Technik und Landw. 7 (1955) H. 23, S. 566—569 mit Forts., Schluß in 8 (1956) H. 11, S. 254—256.
8. KIENE, W.: Versuche mit Getriebeölen der Viskosität SAE 80 und SAE 90. — Landtechn. Forsch. 8 (1958) H. 1, S. 10—13.
9. LAMP, B. J. JR. u. S. G. HUBER: Laboratory Efficiency Tests of Farm Tractor Transmissions. — Vortrag bei der Wintertagung der ASAE Dez. 1958 in Chicago (USA).
MALACHOWSKY, W. E.: Untersuchungen des Wirkungsgrades der Traktor-Triebwerke. — Kraftfahrz.-Techn. 7 (1957) H. 1, S. 6—9.
10. MEYER, H.: Probleme der Schlepperentwicklung. — In: 14. Konstrukteurh. (1957) S. 10—29 (Grundlagen der Landtechnik. H. 9).
MEYER, H. u. H. H. COENENBERG: Welche Stufung der Fahrgeschwindigkeiten sollte der Schlepper haben? — Landtechn. 14 (1959), H. 21, S. 710—713.
11. ERWIN, R. L. u. C. T. O'HARROW: Tractor Transmission Responds to Finger-Tip Control. — Agric Eng. 40 (1959) Nr. 4, S. 198—203.
12. HAMBLIN, H. J.: The Application of Hydrostatic Transmission to Tractors. — Inst. Brit. Agric. Eng. 12 (1956), Nr. 3, S. 10—28.
13. PETUCHOV, A. V.: Besstupenčataja neredača traktora (Stufenlose Übertragungen bei Schleppern). — Mechanisacija i elektrifikacija 15 (1958) H. 4, S. 20 bis 22.
14. 5000 Hours' Hydrostatic Transmission can be counted on. — Farm Impl. Mach. Rev. 85 (1959) Nr. 1012, S. 551—555.
15. MEYER, H.: Die Bedeutung eines stufenlosen Getriebes für den Ackerschlepper und seine Geräte. — In: 16. Konstrukteurh., VDI-Verl., Düsseldorf (1959) S. 5—12 (Grundlagen der Landtechnik H. 11).
16. DITTRICH, O.: Ein stufenlos verstellbarer Umschlingungstrieb mit neuartiger Reibungskette. — In: Getriebe, Kupplungen, Antriebs-elemente. Braunschweig: Vieweg (1957). (Schriftenreihe Antriebs-technik, Bd. 18.)
17. Das stufenlose Beier-Getriebe. — ATZ 58 (1956) H. 1, S. 29.
18. HAIN, K.: Schaltgetriebe. — Vortrag bei der 16. Tagung der Landmaschinen-Konstrukteure Braunschweig-Völkenrode (1958).
19. MEYER, H. u. H. H. COENENBERG: Die Bedeutung einer hydrostatischen Leistungsübertragung für Ackerschlepper. — Landtechn. Forschung 5 (1955), H. 1, S. 22—25.
20. MARTYRER, E.: Hydraulische Getriebe. — In: 16. Konstrukteurh. VDI-Verl., Düsseldorf (1959) S. 13—21 (Grundlagen der Landtechnik H. 11).
21. PFAFF, H.: Die Verdrängermaschinen. — Ölhydr. u. Pneumat. 2 (1958) H. 5, S. 177—182, H. 6, S. 209—217.
22. TAYLOR, P. A.: Measuring the performance of hydrostatic transmissions. — J. Agric. Eng. Res. 3 (1958) Nr. 1, S. 57—65.
23. ISSELSTEIN, R.: Gebraucht-schlepper — ein ernstes Problem. — Landtechn. 14 (1959) H. 14, S. 474—475.
24. GERLACH, A.: Erfassung der Triebwerksbelastung von Ackerschleppern. — Landtechn. Forsch. 8 (1958) H. 3, S. 61—67.
25. SEIFERT, A.: Untersuchungen über Zylinder- und Kolbenringverschleiß an luft- und wassergekühlten Ackerschlepper-Dieselmotoren. — ATZ 61 (1959) H. 5, S. 125—130.
— Wartung und Reparatur des Ackerschleppers. — Landbauforsch. 9 (1959) H. 2, S. 30—32.
26. COENENBERG, H. H.: Zur Schwungradbemessung bei Ackerschleppern. — In Vorber. Landtechn. Forsch. — Zum Schwungradeinfluß auf die Fahreigenschaften. — In Vorber. ATZ.
27. MARKS, K.: Die Eignung des hydraulischen Antriebs für Ackerschlepper. — Konstruktion 9 (1957) H. 9, S. 361—365.
28. COENENBERG, H. H.: Zählverfahren für rauhe Einsatzbedingungen. — Landtechn. Forsch. 8 (1958) H. 6, S. 152—158.
29. Ölmotor. — Ölhydr. u. Pneumat. 3 (1959) H. 3, S. 117.
30. Staffa Nr. 4 Hydraulic Motor MK II. — Silsoe NIAE (1958). (Reports on Tests. No. 178).
31. LAMOURIA, L. H.: Designing a Grape Harvester. — Agric. Eng. (1958) Nr. 4, S. 218—221.
32. HAACK, M.: Über die günstigste Gestaltung der Schleppersitzfederung bei luftbereiften Ackerschleppern mit starrer Hinterachse. — Landtechn. Forsch. 3 (1953) H. 1, S. 1—13.
33. ROSEGGGER, R.: Das harmonische Zusammenwirken von Fahrer und Schlepper. — Wiss. Z. TH Dresden 8 (1958/59), H. 1.
34. MEYER, H.: Ein Stufenschlepper für Reifenversuche am Hang. — Landtechn. Forsch. 6 (1956) H. 5, S. 139—142.
35. KURDOWANIDSE, L. W.: Neue sowjetische Bergschlepper. — Dt. Agrartechn. 7 (1957) H. 10, S. 440—444.
36. SCHULTE, K. H. u. G. Th. ZAUNMÜLLER: Gedanken zur systematischen Weiterentwicklung der Ackerschlepper in der DDR. — Dt. Agrartechn. 8 (1958) H. 6, S. 272—278.
WEHSELY, K.: Die Entwicklung von Traktoren zu Vollerntemaschinenträgern — einige Gedanken zur Lösung des Trieb-satzproblems. — Dt. Agrartechn. 8 (1958) H. 6, S. 278—280.
37. HAMBLIN, H. J.: The Motive Power of the Future. — J. Agric. Eng. Res. 2 (1957) Nr. 1, S. 25—29.
MORGAN, K. E.: Diskussionsbeitrag. — In: ASHFIELD, H. E.: The Design of a power-frame Tractor. — J. and Proc. Inst. Brit. Agric. Eng. 15 (1959) Nr. 1, S. 6—7.
38. STEFFEN, G.: Betrachtungen zur landtechn. Entwicklung. — Landtechn. Forsch. 9 (1959) H. 2, S. 29—34.
FRANKE, R.: Ein Schlepperbauprogramm. — Landtechn. Forsch. 9 (1959) H. 3, S. 57—62.
39. ZOEPPRITZ, H. P.: Reifen und Reifendruck. — ATZ 45 (1942) H. 13, S. 353—359.
JOHNSON, St. Jr., VAUGHN, H. HARDY u. P. C. MORTENSON: New Passenger - Car Power Assists. — SAE J. 66 (1958) H. 1, S. 54—58.
LAVRENTJEV, W. B.: Sposob povyšjenja prochodimosti kolesnych avtomobilei. (Einrichtung zur Erhöhung der Geländegängigkeit von Automobilreifen). — Automobilnaja (1958) Nr. 12, S. 13—15.
40. MORGAN, K. E.: A step towards an automatic tractor. — Farm Mech. 10 (1958) H. 11, S. 440—441.
RICHEY, C. B.: "Automatic Pilot" for farm tractors. — Agric. Eng. 40 (1959) Nr. 2, S. 78—79.