

## Tendenz – stufenlos (Gedanken zur Gestaltung von Schleppergetrieben)

In letzter Zeit mehren sich die Nachrichten, daß in verschiedenen Ländern an der Entwicklung stufenloser Triebwerke für Schlepper gearbeitet wird. Es ist deshalb angebracht, sich mit der Problematik und den Möglichkeiten des stufenlosen Antriebs zu beschäftigen.

Die Vielfalt der in der Landwirtschaft mit dem Schlepper zu verrichtenden Arbeiten verlangt eine zweckgebundene Auslegung des Schleppers in seiner Bauform und Funktion. Die Qualität der Arbeit auf dem Felde und die Arbeitsleistung sind neben der richtigen Einstellung des Arbeitsgerätes vor allem von der Arbeitsgeschwindigkeit abhängig.

Bild 1 zeigt eine Systematik der funktionell bedingten Geschwindigkeiten für Ackerschlepper in bezug auf die verschiedenen Arbeiten. Es ist ersichtlich, daß ein Schleppergetriebe, wenn es allen Ansprüchen genügen soll, ein Geschwindigkeitsbereich von 0,5 bis 25 km/h mit etlichen Zwischenstufen möglichst bei voller Ausnutzung der Motorleistung haben muß. Dieser Umstand führte zu den heutigen vielstufigen Zahnradschaltgetrieben mit 8 bis 12 Gängen (und darüber). Damit nimmt aber der Aufwand Formen an, der hart an der Grenze des wirtschaftlich Vertretbaren liegt.

Es ist also verständlich, daß in letzter Zeit ein „Generalangriff“ auf das Schleppergetriebe gestartet wurde mit dem Ziel, es bei idealer Geschwindigkeitsanpassung in seiner Funktion und Bedienung zu vereinfachen. Als Ergebnis dieser Anstrengungen ist das stufenlose Getriebe anzusehen.

### Vorteile stufenloser Getriebe in Schleppertriebwerken:

1. Jede beliebige Geschwindigkeit kann ohne Kraftflußunterbrechung eingestellt werden. Damit hat der Fahrer die Möglichkeit, sich mit dem Schlepper und Arbeitsgerät voll und ganz den Arbeitsbedingungen anzupassen.
2. Vereinfachung in der Bedienung, da das Kuppeln entfällt. Einhebelbedienung für alle Geschwindigkeiten bei Vor- und Rückwärtsfahrt.
3. Steigerung der Flächenleistung, bessere Ausnutzung des Motors im günstigsten Betriebsbereich.

Dabei muß der Umstand berücksichtigt werden, daß der Ersatz des Stufengetriebes nur dann vorteilhaft ist, wenn das stufenlose Getriebe in Lebensdauer und Betriebssicherheit dem Zahnradgetriebe gleicht oder es übertrifft bzw. im Punkt Raumbedarf und Gewicht unterschreiten kann.

### Möglichkeiten der stufenlosen Leistungsübertragung

Dem Stand der Technik entsprechend läßt sich folgende Gruppierung stufenloser Triebwerke vornehmen: mechanisch, elektrisch, pneumatisch, hydraulisch (hydrodynamisch bzw. hydrostatisch). Hieran

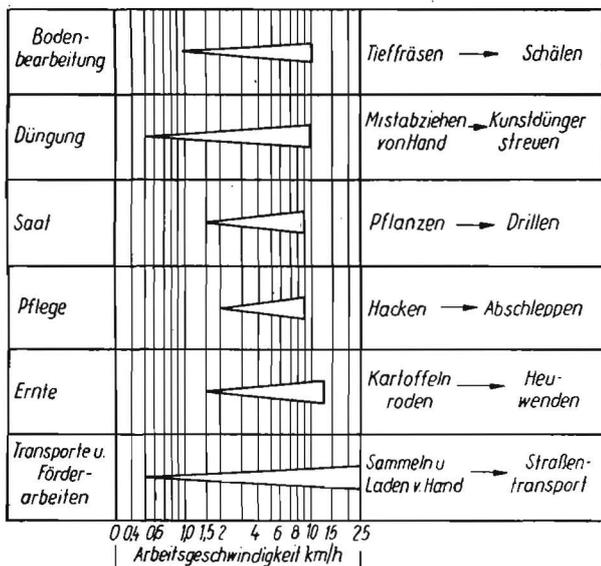


Bild 1. Bereiche der funktionell bedingten Geschwindigkeiten für Ackerschlepper

könnten nun die mannigfaltigsten Ausführungsformen stufenloser Getriebe angefügt werden. Im Hinblick auf den Schlepperbau sollen aber nur solche Ausführungen behandelt werden, die im Rahmen der technischen Möglichkeiten hierfür bedeutungsvoll sein können.

### Mechanisch-stufenlose Getriebe

Mit diesem Stichwort verbindet sich in erster Linie das stufenlosregelbare Keilriemengetriebe, das heute bereits im Mähdrescherbau für den Fahrtrieb weit verbreitet ist. Allerdings blieb der Mähdrescher das einzige Anwendungsgebiet (vom Automobil- und Motorradbau einmal abgesehen). Die durch die Keilriemen übertragbaren Kräfte werden durch Verschleiß und Lebensdauer begrenzt.

Da bei einem Mähdrescher der Keilriemen nur einen Anteil der Motorleistung für den Fahrtrieb überträgt (der andere Teil wird für das Dreschwerk beansprucht) und sich seine Einsatzzeit nur auf die jährliche Erntesaison beschränkt, bleiben die funktionellen Vorteile in einem gesunden Verhältnis zu den Betriebskosten. Den unterschiedlichen, wechselhaften Beanspruchungen, denen ein Schlepper bei der Feldarbeit ausgesetzt ist, dürfte demnach der Keilriemenantrieb nicht gewachsen sein; besonders nicht in Leistungsklassen über 30 PS, wie sie bei uns erforderlich sind. Ein weiterer Nachteil des Keilriemenantriebs ist der relativ große Raumbedarf bei einem Schlepper. Es ist nicht ausgeschlossen, daß eines Tages weitere mechanisch-stufenlose Getriebe in Form von Kettenumschlingungs- und Reibradgetrieben im Traktorenbau an Bedeutung gewinnen können, da hierfür im Einachsschlepperbau (bis 5 PS) bereits Prototypen vorgeführt wurden.

### Pneumatische und elektrische Getriebe (Bild 2a)

Wohl der größte Teil des Maschinenbaues greift immer wieder auf diese bewährten Antriebsarten zur Leistungsübertragung zurück [1]. Für den Ackerschlepper dürften sie aber kaum geeignet sein, da mit diesen Antrieben großer Raumbedarf, hohes Gewicht und hohe Kosten verbunden sind.

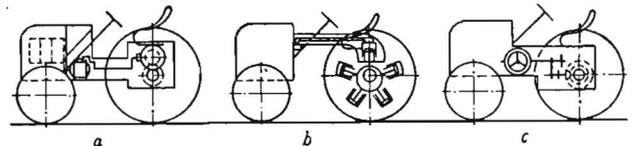


Bild 2. a Elektrischer Schlepperantrieb, b Schleppertriebwerk mit hydrodynamischem und mechanischem Getriebe, c hydrostatisches Schleppertriebwerk

Einem direkten Strombezug aus dem Netz für einen elektrischen Antrieb ist das Verteilernetz auf dem Lande z. Z. nicht gewachsen. Der starke Kabelverschleiß für derartig ausgelegte elektrische Schlepper verhinderte bisher den praktischen Einsatz der vorhandenen Schlepper in der UdSSR in größerem Rahmen.

### Hydrodynamische Getriebe (Bild 2b)

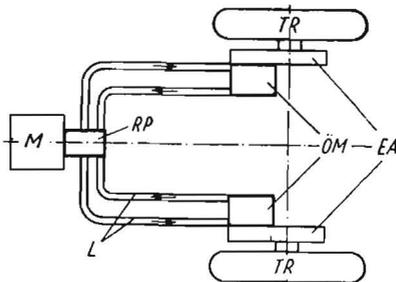
Von dieser modernen Getriebebauart wird im Straßen- und Schienenfahrzeugbau viel Gebrauch gemacht. Die Eigenheit dieser Getriebebauart, sich der jeweiligen Belastung durch Änderung der Drehmomentübersetzung anzupassen (was gleichbedeutend mit einer Änderung der Abtriebsdrehzahl ist), ist für den Schlepperbau ungeeignet. Bereits aus Bild 1 ist zu entnehmen, daß mit dem Schlepper zahlreiche Arbeiten verrichtet werden müssen, bei denen es auf die Einhaltung bestimmter konstanter Geschwindigkeiten oder Zapfwelldrehzahlen ankommt; die Anwendung eines solchen Getriebes ist also ausgeschlossen.

### Hydrostatische Getriebe (Bild 2c)

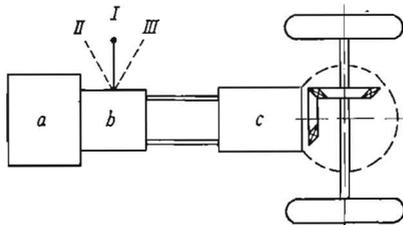
Bei dieser Form der Leistungsübertragung wird vom Motor eine Pumpe angetrieben. Der Ölstrom wird dann über Regeleinrichtungen, Rohr- oder Schlauchleitungen den Ölmotoren zugeführt, wo der Ölstrom seine Energie wieder in eine Drehbewegung umsetzt (Bild 3) [2]. Als Ölpumpen und -motoren kommen Systeme in Frage, wie sie in Regelantrieben bei Werkzeugmaschinen schon lange bekannt sind (Zahnradschalt- bzw. Flügelzellen mit unveränderlicher oder Radialkolben- bzw. Axialkolbenzelle mit veränderlicher Fördermenge). Die Öldrücke bewegen sich in der Größenordnung von 70 bis 200 at; je nach System können Wirkungsgrade von 60 bis 70% erreicht werden [3].

Ausführungsmöglichkeiten hydrostatischer Schlepperantriebe: Für alle Systeme gleich sind die Aggregate: Verbrennungsmotor, Ölpumpe, Regeleinrichtung und Ölmotor. Nach Bild 4 wurde das Schaltgetriebe durch den Ölmotor ersetzt; die Pumpe ist direkt am Motor angeblockt. Alle übrigen Triebwerksteile bleiben unverändert.

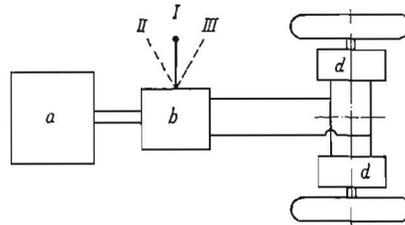
Bild 5 und 6 zeigen das Schema eines hydrostatischen Antriebes mit Leistungsverzweigung (Einzelantrieb). Die Ölmotoren werden entweder direkt in die Räder oder vor den Endvorgelegen eingebaut. Dadurch ändert sich die Konzeption des Schleppers vollständig. Neben Kupplung und Schaltgetriebe entfällt auch noch das Differential [4].



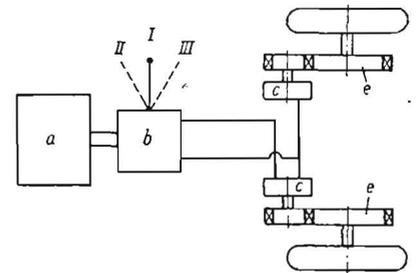
**Bild 3.** Schema einer hydrostatischen Leistungsübertragung mit Einzelantrieb. *M* = Schlepperdieselmotor, *RP* = Regeleinrichtung, *L* = Rohr- u. Schlauchleitungen. Es bedeuten: *ÖM* = Ölmotoren, *EA* = Endantriebsvorgelege, *TR* = Triebräder



**Bild 4.** Antrieb der Hinterachse über einen Ölmotor, als Ersatz für das Schaltgetriebe unter Beibehaltung des Differentials. *a* Motor, *b* Pumpe, *c* Ölmotor; *I* neutral, *II* vorwärts, *III* rückwärts



**Bild 5.** Kompletter hydrostatischer Schlepperantrieb mit Radmotoren (Wegfall von Kupplung, Schaltgetriebe, Differential und Endvorgelege), *d* Ölradmotor



**Bild 6.** Kombiniertes Antriebskonzept (Einzelantrieb über Zahnradendvorgelege), *e* Vorgelege

Als Vorteile sind erkennbar:

1. Regelung der Geschwindigkeit von 0 bis  $v_{max}$ ;
2. keine mechanischen Verbindungen zwischen An- und Abtrieb; Sicherung gegen Überlastung und unsachgemäße Bedienung;
3. Freizügigkeit in der konstruktiven Gestaltung des Schleppers;
4. Leistungsverzweigung, Einzelantrieb.

Praktische Ausführung hydrostatisch getriebener Schlepper: Zur Erzielung sehr niedriger Fahrgeschwindigkeiten, wie sie für Pflanz- und Pflegearbeiten erforderlich sind, hat die International Harvester Co. (USA) ihre Schlepper nicht mit einer mechanischen Kriechganguntersetzung ausgerüstet, sondern mit einem hydrostatischen Antrieb als Zusatzaggregat [5].

Der Antrieb entspricht dem Prinzip nach Bild 4. Die vom Motor angetriebene Hydraulikpumpe der Kraftheberanlage (heute Standardausrüstung bei jedem landwirtschaftlichen Schlepper) speist über Rohrleitungen und Regelventil einen hydrostatischen Motor (Umkehrung der Kraftheberpumpe) und betreibt über ein Untersetzungsgetriebe die eingerückte Wegezapfwelle.

Der Weg der Leistungsübertragung vom Motor über die hydrostatische Anlage und weiter über das normale Wechselgetriebe zu den Rädern erscheint zwar umständlich, konnte aber ausschließlich mit Serienteilen bewältigt werden.

Vom englischen National Institute of Agricultural Engineering (N.I.A.E.) wurde bereits 1952 ein Versuchsmuster eines hydrostatisch angetriebenen Schleppers herausgebracht<sup>1)</sup>. Durch den Wegfall der Kupplung des Schaltgetriebes, des Differentials und der Endabtriebe wurde ein Freiraum zwischen den Achsen erzielt, der praktisch jeden Standardschlepper zum Geräteträger werden läßt. Die Bedienung erfolgt über zwei Handhebel, irgendwelche Fußpedale sind nicht vorhanden. [6]

Inzwischen arbeiten Schlepperfirmen in England sowie in Westdeutschland an der Lösung des hydrostatischen Antriebes, vermut-

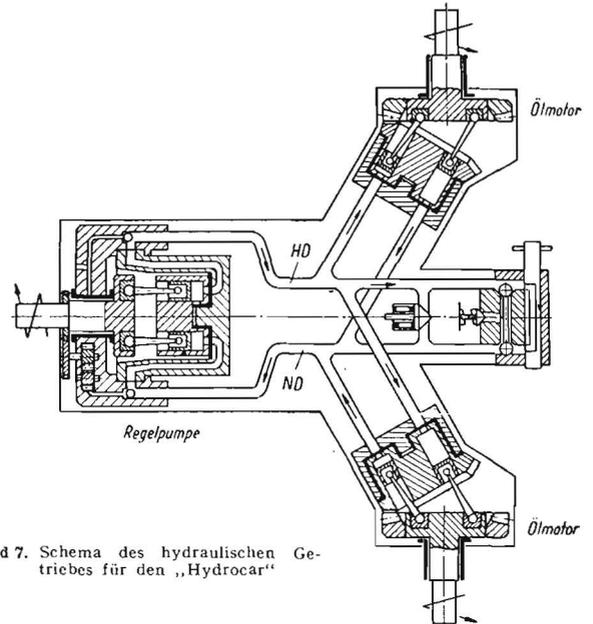
<sup>1)</sup> Siehe Deutsche Agrartechnik (1957) H. 1, S. 8, Bild 2.

lich nach dem englischen Muster. Prototypen, an denen Einzelheiten nicht zu ersehen waren, wurden bereits auf Ausstellungen vorgeführt [7]. Vom westdeutschen Schlepperwerk Güldner wurde ein hydrostatisch angetriebenes Transportfahrzeug unter der Bezeichnung „Hydrocar“ herausgebracht (Bild 7). Als Ölpumpe verwendet man eine Axialkolbenpumpe, die von einem Einzylinder-Dieselmotor angetrieben wird. Von den beiden Handhebeln neben der Sitzbank dient einer zum Lenken der Räder, der andere zur Regulierung des Förderstroms nach Menge und Richtung der Axialkolbenpumpe (Einstellen der Fahrgeschwindigkeit und Fahrtrichtung, d. h. vor- und rückwärts) [8].

### Schlußfolgerung

Der hydrostatische Schlepperantrieb ist Neuland, deshalb fehlen z. Z. noch erschöpfende Zahlen- und Versuchswerte. Die theoretischen Erkenntnisse erfordern eine weitgehende Untermauerung durch die Praxis.

Obwohl die Gestaltung von hydrostatischen Schleppertriebwerken bis zur Schaffung von Prototypen noch beträchtliche finanzielle Aufwendungen erfordert, sollte dies kein Grund sein, Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiete länger hinauszuschieben. Es steht heute bereits fest, daß die erfolgreiche Lösung des hydrostatischen Fahrzeugantriebes den Schlepperbau in ein neues Stadium bringen wird.



**Bild 7.** Schema des hydraulischen Getriebes für den „Hydrocar“

### Literatur

- [1] SCHILLING, F.: Landmaschinen Bd. 1 (1955) S. 246.
- [2] COENENBERG, H.: Stufenlose Getriebe machen von sich reden. Landtechnik (1959) H. 12, S. 392 bis 394.
- [3] Probleme und Aussichten stufenloser Getriebe für Ackerschlepper. Landmaschinenrundschaue (1960) H. 1, S. 9 bis 16.
- [4] Another Hydrostatic Transmission. Farm Mechanization (1959) H. 7, S. 266 bis 267.
- [5] COENENBERG, H.-H.: Eine hydrostatische Lösung des Kriechgangproblems. Landtechnik (1959) H. 3, S. 57.
- [6] BLUMENTHAL, R.: Getriebeabstufung für Ackerschlepper. Deutsche Agrartechnik (1957) H. 1, S. 7 bis 13.
- [7] Unerwartet erfolgreiche DLG-Ausstellung. Landmaschinen-Rundschaue (1959) H. 5, S. 145 bis 146.
- [8] MARTYRER, E./WELTE, A.: Ein Blick auf die deutsche Industriemesse 1957. Konstruktion (1957) H. 8, S. 319.