

Bild 4  
Prinzip der Sattelastübertragung mit einem biegesteifen Trägerstück unter der Traktorhinterachse hindurch

Bild 5  
Möglichkeit der Aufnahme höchster Sattelasten bei modernen, leistungsstarken Allradtraktoren

ein verbessertes Fahrverhalten durch die gleichmäßige Achsbelastung erreicht.

Die Forderung nach verschleißarmer Übertragung hoher Aufsattelasten (über 2 000 kp!) ist wegen der die Sattelast um ein Mehrfaches übersteigenden Zug- und Druckkräfte in den Gelenken und Lenkern nur mit erheblichem Material- und Fertigungsaufwand für das Kopplungssystem zu erreichen. Eine befriedigende Lösung konnte deshalb noch nicht erprobt werden.

Moderne, leistungsstarke Traktoren, wie der K-700 oder der in der Sowjetunion in Breitenprobung befindliche T-150 K, ermöglichen durch ihre Bauweise völlig neuartige Kopplungssysteme. Durch weit nach vorn Verlegen von Motor und Kabine und die dadurch erreichte Freiheit über der Hinterachse ergibt sich zwangsläufig die Möglichkeit, Anhän-

ger mit hoher Nutzlast oben vor der Hinterachse aufzusatteln (Bild 5).

Sicher müssen beim Gestalten der Traktorfahrwerke die dynamischen Belastungen hoher Aufsattelasten mit berücksichtigt werden.

Es ist jedoch zu erwarten, daß bei einer künftigen Generation von traktorähnlichen Zugmitteln in Verbindung mit speziellen kopplastigen Anhängern hoher Nutzmasse die jetzigen Grenzen der Leistungsfähigkeit und Einsatzsicherheit wesentlich überschritten werden könnten.

#### Literatur

—: Kopplungsvorrichtungen zum Anhängen kopplastiger Einachsanhänger an Traktoren. Hochschule für LPG Meißen, Forschungsbericht 1966  
A 8865

## Untersuchungen von hydraulischen Radantrieben für Traktorenaufsattelanhänger

Dipl.-Ing. F. Schmidt, KDT\*

### 1. Problemstellung

Von Fahrzeugen oder Fahrzeugkombinationen (Traktoren oder Lastkraftwagen mit Anhängern), die für den landwirtschaftlichen Transport eingesetzt werden, fordert man eine hohe Einsatzsicherheit. Unter Einsatzsicherheit der Fahrzeugkombinationen (Fzk) wird dabei die Fähigkeit verstanden, landwirtschaftliche Nutzflächen und Fahrbahnen bei schwierigen Witterungsbedingungen mit Sicherheit befahren zu können. Neben den Kriterien Motorleistung, Bereifung, Größe der Achslasten u. a., ist die Zahl der angetriebenen Achsen einer Fzk von entscheidender Bedeutung für die Einsatzsicherheit. Mathematisch kann die Bedeutung der angetriebenen Achsen durch den Triebachslastanteil ausgedrückt werden. Für ein Fahrzeug oder eine Fahrzeugkombination ermittelt sich der Triebachslastanteil aus

$$\frac{\sum \text{der Lasten der angetriebenen Achsen}}{\sum \text{der gesamten Achslasten}} \cdot 100\%$$

Bei sinnvoller Kombination hinsichtlich der Größenordnung ergeben sich folgende Triebachslastanteile (in Prozent) für die genannten Fzk:

- hinterradgetriebene Traktoren mit Zweiachsanhängern 15...25
- hinterradgetriebene Traktoren mit Aufsattelanhängern 25...40
- allradgetriebene LKW mit Anhängern 45...60
- allradgetriebene LKW bei Solobetrieb 100

\* Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim, Zweigstelle Meißen „Landwirtschaftlicher Transport“  
(Leiter: Prof. Dr. habil. K. Mührel)

Die günstigeren Werte bei den einzelnen Fzk werden immer dann erreicht, wenn den Zugfahrzeugen bzw. Traktoren Anhänger mit relativ kleiner Gesamtmasse zugeordnet werden. Mit zunehmendem Triebachslastanteil steigt die Einsatzsicherheit der Fzk an. So ist hinreichend bekannt, daß Traktoren mit Aufsattelanhängern einsatzsicherer als mit gleichgroßen Zweiachsanhängern sind. Einen Triebachsanteil von 100 Prozent erreichen nur LKW mit Allradantrieb, wenn sie ohne Anhänger eingesetzt werden. Hingewiesen sei noch auf den Umstand, daß die Größe des Triebachslastanteils keine absolute Aussage über die Einsatzsicherheit einer Fzk gestattet. Neben dem Lastanteil der getriebenen Achsen haben insbesondere die Art und Größe der Triebachsbereifung u. a. Faktoren entscheidenden Einfluß. Trotzdem kann nach den Erfahrungen des Verfassers festgestellt werden, daß für landwirtschaftliche Fzk Triebachslastanteile von 15 bis 25 Prozent als unbefriedigend, von 25 bis 40 Prozent als befriedigend, von 40 bis 60 Prozent als gut und von mehr als 60 Prozent als sehr gut anzusehen sind.

### 2. Zusätzliche Achsantriebe

Die bisherigen Ausführungen lassen deutlich erkennen, daß Interesse besteht, bei landwirtschaftlichen Fzk die Zahl der angetriebenen Achsen zu erhöhen. Dabei genügt es, daß diese „Zusatzantriebe“ nur dann zur Verfügung stehen, wenn es die Fahrbahnbedingungen erforderlich machen. Diese Einschränkung gestattet von vornherein bestimmte Vereinfachungen der Wirkungsweise. Das trifft auf die notwendige Fahrgeschwindigkeit, die Anpassung an den Hauptbetrieb u. a. technische Fragen zu. In den 50er Jahren wurden Triebachsanhänger entwickelt, bei denen die Achse des Traktoren-

aufsattelanhängers über die Zapfwelle des Traktors zusätzlich angetrieben werden konnte. Dabei handelte es sich meistens um Kombinationen zwischen kleinen Traktoren und Anhängern geringer Tragfähigkeit (3 bis 4 t). Aus folgenden Gründen konnte sich diese Lösung nicht durchsetzen:

- der Aufwand für mechanische Triebachsen ist insbesondere bei Anhängern geringer Tragfähigkeit zu hoch
- die Anpassung der Triebachsgeschwindigkeit an die Fahrgeschwindigkeit des Traktors ist bei Zapfwellenantrieb zu schwierig
- die für Aufsattelanhänger bekannte Art der Anhängung (Hitch) erschwert die richtige Anordnung der Gelenkwelle
- die mechanische Übertragung erfordert eine bestimmte einfache Achskonstruktion am Anhänger. Für Tandemradanordnung mit Pendelaufhängung, wie bei großen Aufsattelanhängern üblich, ist sie überhaupt nicht geeignet.

### 3. Hydraulische Radantriebe „System Sisu“

Da zusätzlich Radantriebe aus den oben geschilderten Gründen beim Einsatz von leistungsstarken Traktoren mit großen Aufsattelanhängern (8 bis 12 t Tragfähigkeit) wieder aktuell sind, wurden vom Verfasser 1969 hydraulische Radantriebe der Firma Oy Suomen Autoteollisuus AB, Helsinki — Finnland (Sisu) untersucht. Kernstück der hydraulischen Zusatzantriebe sind die Sisu-Radmotoren. Es handelt sich dabei um langsam laufende Radialkolbenmotoren mit hohem Drehmoment, die direkt in die Radnabe eingebaut bzw. als Radnabe ausgebildet sind. Die Wirkungsweise soll an Bild 1 kurz erläutert werden. In dem fest mit der Fahrzeugachse verbundenen, also stillstehenden Gehäuse *a* befinden sich 5 radiale Bohrungen *b*, in denen freiliegend Kolben *c* untergebracht sind. Die Kolben stützen sich im Betrieb mit den Rollen *d* gegen die Spolige Kurvenbahn der Radnabe *e* ab und bringen diese zum Rotieren. Mit der Radnabe *e* ist der Steuerapparat *f* synchrondrehend verbunden. Er sorgt dafür, daß den Arbeitskolben in richtiger Folge Hydrauliköl zugeführt wird. Die Motoren können in beiden Drehrichtungen laufen. Die im Schema angedeuteten Kanäle (*g* und *h*) können also jeweils Zu- oder Ablauf sein. Wird der zusätzliche Antrieb nicht benötigt, der Zufluß des Ölstroms also abgeschaltet, so drückt ein im Freiraum *i* herrschender Druck von etwa 1,5 bis 1,8 kp/cm<sup>2</sup> die Arbeitskolben nach innen. Der Motor ist „freigekuppelt“.

Sisu-Radnabenmotoren stehen in verschiedenen Größen und Ausführungen zur Verfügung. Vier Baugrößen besitzen ein Schluckvermögen von je 1,6; 2,0; 2,8 und 4,0 Liter je Umdrehung. Die zugehörigen maximalen Drehmomente betragen rd. 600 bis 1000 kpm. Die Kennlinie eines Radmotors mit 2-l-Sluckvermögen zeigt Bild 2. Dieser Motor hat eine Grenzdrehzahl von 120 Umdrehungen bei hydraulischem Antrieb. Mit einem Reifendurchmesser von einem Meter kann er eine Geschwindigkeit von rd. 22 km/h hydraulisch betrieben fahren. Freigekuppelt sind 700 Umdrehungen und damit praktisch jede Fahrgeschwindigkeit möglich. Jede der genannten Baugrößen wird wieder in zwei verschiedenen Tragfähigkeitsklassen gebaut. Danach gibt es Motoren mit 6 und 12 t dynamischer Radlast. Die großen Tragfähigkeiten ermöglichen den Einsatz an Sonderfahrzeugen. Es gibt Motoren ohne Bremsen und Motoren, die mit hydraulischen oder S-Nockenbremsen ausgerüstet sind. Ein umfangreiches Sortiment an Zubehörteilen gestattet den Einbau der Motoren in die verschiedensten Achskonstruktionen. Bild 3 zeigt einen Sisu-Radmotor im Achspendel eines 12-t-Aufsattelanhängers eingebaut.

### 4. Hydraulischer Zusatzantrieb für Traktor ZT 300 mit 12-t-Aufsattelanhänger

Bild 4 zeigt die einfachste hydraulische Schaltung, wie sie die Firma Sisu empfiehlt und vom Verfasser bei einem gebauten

Bild 1  
Sisu-Radmotor  
schematisch  
(Erläuterung  
im Text)

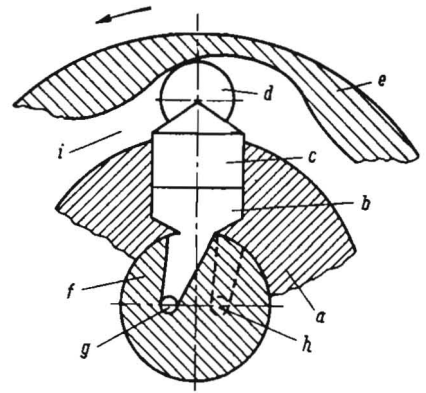
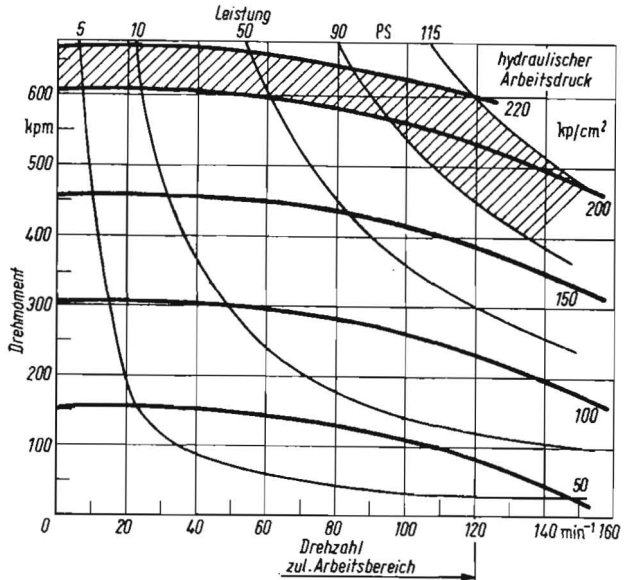
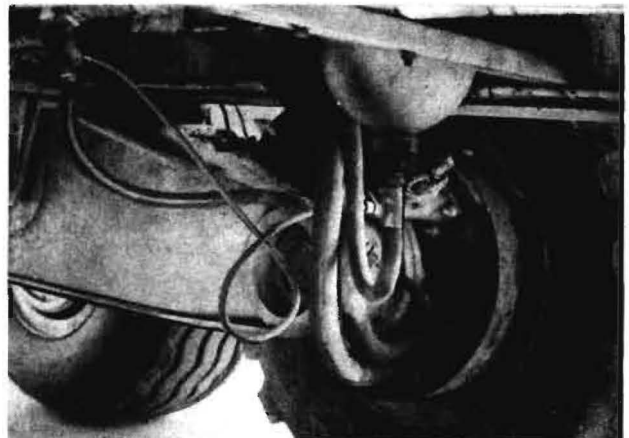


Bild 2  
Kennlinie eines  
Sisu-Radmotors  
mit 2-l-Sluck-  
vermögen



Funktionsmuster angewendet wurde. Ein Traktor ZT 300 und ein Funktionsmuster eines Aufsattelanhängers mit 12 t Tragfähigkeit wurde mit einem hydraulischen Zusatzantrieb ausgerüstet. Vom Traktormotor *a* werden die Freikupplungsstropmpumpe *b* und die Hauptstropmpumpe *c* angetrieben. Der Hauptstrom wird über das vorgesteuerte Druckbegrenzungsventil *i* auf den gewünschten Arbeitsdruck eingestellt. Dadurch kann die Schubkraft der Radmotoren geregelt werden. Über den Steuerschieber *h*

Bild 3. Hydraulischer Radmotor im Achspendel eines 12-t-Aufsattelanhängers eingebaut



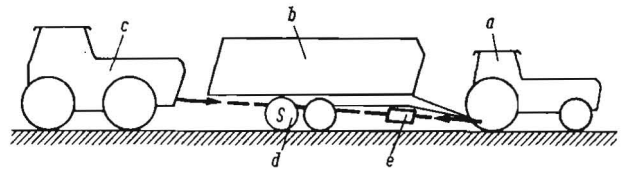
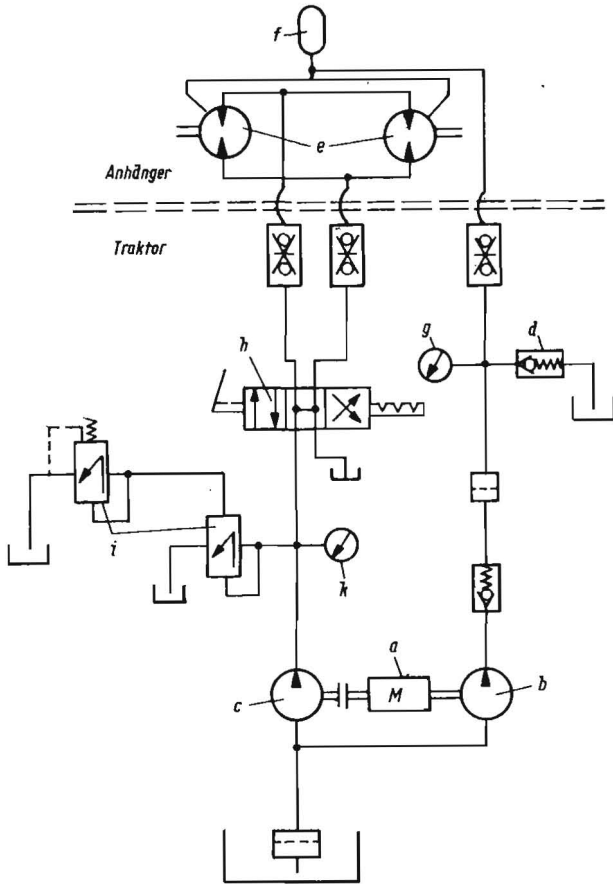


Bild 5. Meßanordnung zur Bestimmung der „freien Zugkraft“ (Erläuterung im Text)



Bild 6. Traktor ZT 300 mit 12-t-Aufsattelanhängen (Funktionsmuster); in der hinteren Achse des Aufsattelanhängers sind die Radmotoren eingebaut

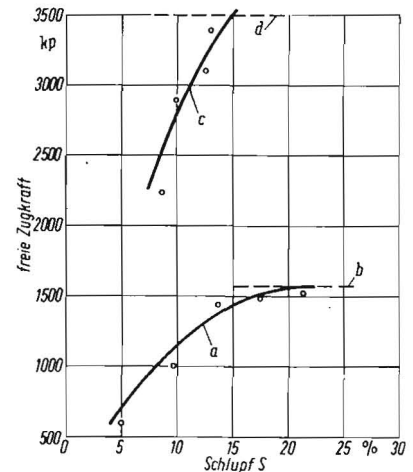
ist das Ab- bzw. Zuschalten der Radmotoren *e* für Vor- und Rückwärtsfahrt möglich. Der Freikupplungsstrom, der über den Druckspeicher *f* in die Radmotoren gelangt, wird durch das Drosselventil *d* auf einem konstanten Druck von 1,5 bis 1,8 kp/cm<sup>2</sup> gehalten. Der Druckspeicher *f* im Freikupplungssystem ist erforderlich, um beim Zuschalten der Motoren den aus deren Freikupplungsräumen austretenden Ölstrom zu dämpfen.

Selbstverständlich ist zwischen dem mechanischen Antrieb des Traktors und dem hydraulischen Zusatzantrieb eine bestimmte Abstimmung erforderlich. Der Traktor ZT 300 bietet mit seinen 9 Vorwärtsgängen (3 Gruppen mit je 3 Gängen) und seiner in zwei Drehzahlen arbeitenden Zapfwelle, die die Hauptstrompumpe antreibt, günstige Möglichkeiten dafür. Folgende Anpassung wurde gewählt:

Drehzahl der Frontzapfwelle	min <sup>-1</sup>	540	1000
Pumpenantriebsdrehzahl über Übersetzungsgetriebe	min <sup>-1</sup>	972	1800
Fördermenge der Pumpe theoretisch	l/min	66	124
Schluckvermögen der Radmotoren	l/U	2,0	
Drehzahl der beiden Radmotoren	min <sup>-1</sup>	16,5	31,0
Praktisch gemessene Fahrgeschwindigkeit bei Bereifung 18-20 E 58/1	km/h	2,95	5,6
Zugeordnete Schaltung am Traktor (Gruppe/Gang)	I/1		II/2
Zugeordnete Fahrgeschwindigkeit des Traktors	km/h	3,09	6,0
Nachlauf des hydraulischen Zusatzantriebs	%	4,5	6,5

◀ Bild 4  
Hydraulische Schaltung für den Zusatzantrieb (Erläuterung im Text)

Bild 7  
Freie Zugkraft der untersuchten Fahrzeugkombination mit und ohne hydraulischen Zusatzantrieb; Fahrbahn: Feuchter anlehmiger Sand, eben, Rollwiderstand der FzK 1080 kp



An sonstigen fahrmechanischen Daten sind noch von Interesse:

Masse des Traktors	5 310 kg
Leermasse des Aufsattelanhängers	4 200 kg
Nutzmasse des Anhängers	12 000 kg
Gesamtmasse der FzK	21 510 kg
Triebachslast am Traktor	≈ 5 500 kp
Triebachslast am Anhänger	≈ 7 820 kp
Triebachslastanteil ohne Zusatzantrieb	≈ 25,5%
Triebachslastanteil mit Zusatzantrieb	≈ 63,0%

## 5. Prüfung und Einsatzergebnisse

Um eine quantitative Aussage treffen zu können, wurde die mit dem hydraulischen Zusatzantrieb ausgerüstete Fahrzeugkombination nach der im Bild 5 schematisch dargestellten Meßanordnung geprüft. Dabei ist *a* und *b* die zu untersuchende Fahrzeugkombination\* Traktor ZT 300 mit 12-t-Aufsattelanhängen. In der hinteren Achse des Aufsattelan-

hängers ist der hydraulische Radantrieb  $d$  eingebaut. Mit einem Zugkraftschreiber  $e$  wurde die durch den Bremstraktor bewirkte „freie Zugkraft“ gemessen. Aus den zur Durchfahrt einer Meßstrecke erforderlichen Zapfwellenumdrehungen ließ sich der Schlupf ermitteln. Als schlupflose Fahrt wurde die Leerfahrt des Traktors auf Betonfahrbahn definiert. Bild 6 zeigt den Gesamtzug bei der Meßfahrt. Mit der gewählten Meßanordnung konnte die Triebkraft des mechanischen Traktorenantriebs, die Schubkraft des hydraulischen Zusatzantriebs und das Zusammenwirken beider Antriebe gemessen werden. Die gleiche Meßeinrichtung, allerdings in abgeänderter Form, diente zum Bestimmen des Fahrwiderstands der Fzk.

Im Bild 7 ist eine Meßreihe, gefahren auf feuchtem anlehmigem Sand, dargestellt. Die maximale freie Zugkraft, die ohne zusätzlichen Radantrieb ermittelt wurde, ist durch den Schlupf der Traktorentriebräder begrenzt. Mit Zusatzantrieb wird sie durch die Motorleistung des Traktors bestimmt. Die Differenz zwischen den beiden freien Zugkräften ist praktisch die Schubkraft des Zusatzantriebs. Die Gesamtschubkraft, die von der Fzk erzeugt wird (mechanischer und hydraulischer Antrieb), erhält man, wenn man zur maximalen freien Zugkraft noch den Rollwiderstand der Fzk addiert. Diese Gesamtschubkraft steht der Fzk zur Überwindung des Rollwiderstands und der Steigung zur Verfügung. Das bei eingeschaltetem Zusatzantrieb für sandige Fahrbahnen relativ günstige Schlupfverhalten verdeutlicht gleichzeitig das gute Zusammenwirken zwischen dem mechanischen Radantrieb des Traktors und dem hydraulischen Zusatzantrieb des Anhängers.

Neben den beschriebenen theoretischen Untersuchungen bewiesen eine Vielzahl praktischer Einsatzfälle bei landwirtschaftlichen Transporten, daß sich die Einsatzsicherheit der mit dem Zusatzantrieb ausgerüsteten Fzk entscheidend verbesserte, bzw. daß die von einem derartigen Fahrzeug zu fordernde Einsatzsicherheit überhaupt erst mit Zusatzantrieb zu erreichen ist. Es konnten derartige Fahrbahnverhältnisse mit Sicherheit gemeistert werden, die der Traktor ZT 300 mit kleineren Anhängern nicht bewältigte. Der hydraulische Zusatzantrieb hat sich als einfach in der Bedienung, funktionssicher und robust erwiesen.

## 6. Zusammenfassung

Für landwirtschaftliche Transportfahrzeuge ist zur Bewältigung schwieriger Fahrbahnverhältnisse ein genügend großer Triebachslastanteil erforderlich. Dieser kann durch zusätzliche Triebachsen erreicht werden. Ein hydraulischer Zusatzantrieb mit Radmotoren der Fa. Sisu wurde in einem Traktor ZT 300 mit 12-t-Aufsattelanhängern eingebaut und untersucht. Der grundsätzliche Aufbau der Anlage wird beschrieben. Messungen der „freien Zugkraft“ wiesen die Wirksamkeit der zusätzlichen Radantriebe nach. Sie erhöhen die Einsatzsicherheit der Fahrzeugkombination entscheidend.

## Literatur

- : Untersuchungen zum Einsatz von hydraulischen Radmotoren in Traktoraufsattelanhängern. Forschungsbericht, Hochschule für LPG Meißen, Institut für Landtechnik, 1970
- : Prospektmaterial der Firma OY Suomen Autoteollisuus (Sisu), Helsinki — Finnland A 0875

Dr.-Ing. E. Strouhal\*

## Stand und Entwicklungstendenzen in der landwirtschaftlichen Ladetechnik der ČSSR

### 1. Bisherige Entwicklung

Mit der stürmischen Entwicklung der Landtechnik in den letzten 20 Jahren mehr oder weniger gleichlaufend hat sich auch die Ladetechnik entwickelt. In ihren Anfängen freilich konzentrierten sich die Forderungen auf den einfachen Ersatz der schweren körperlichen Arbeit durch die Maschine unter Beibehaltung des herkömmlichen technologischen Arbeitsablaufs. In der Anfangsphase während der fünfziger Jahre ging es um die Entwicklung von Mechanismen für das Laden von Garben, von in Haufen abgelegten Zuckerrüben im Anschluß an die manuelle Ernte, von Fässern, Säcken u. dgl. Vom heutigen Standpunkt aus betrachtet, war die Leistungsfähigkeit dieser wenigen Einrichtungen sehr gering, auch wenn diese in ihrer Etappe die Forderung nach Erleichterung der schweren körperlichen Arbeit im Prinzip erfüllten.

Die Ladetechnik in der ČSSR besteht gegenwärtig neben einigen Typen von Spezialladern vorwiegend aus im Lande hergestellten und importierten Universal-Schwenkladern. Aus dem Fertigungsprogramm der Maschinenwerke Humpolec sind die Traktorlader zu nennen, und zwar UNHN 500 zum Anbau an die Dreipunktaufhängung eines Radtraktors und UNHZ 500 auf einem leichten Einachsrahmgestell zum Anhängen an den Traktor. Bei den Importmaschinen handelt es sich um selbstfahrende Typen aus dem VEB Weimar-Kombinat bzw. aus dem Betrieb „Rotes Banner“ in Döbeln. Es

sind die Varianten T 172 und T 157(1) aus der älteren sowie T 174-1 und T 157/2 aus der neueren Serie.

Trotz des relativ umfangreichen Sortiments der Ladetechnik in bezug auf Typen, Ausführung, Auswahl an Arbeitsorganen usw. werden die Forderungen der landwirtschaftlichen Praxis nicht völlig erfüllt. Die Landwirtschaft behilft sich mit einem weiteren Sortiment von Ladegeräten aus anderen Zweigen der Volkswirtschaft, ungeachtet dessen, daß diese Technik nicht für die physikalisch-mechanischen Eigenschaften der in der Landwirtschaft üblichen Güter ausgelegt ist. Das ist die erste Frage, die die Hersteller von ladetechnischen Einrichtungen für die Landwirtschaft zum Nachdenken anregen sollte. Das zweite Problem ist die Leistungsfähigkeit. Bis heute wird von der Ladetechnik gefordert, daß je Minute 1 t bewältigt werden muß, was bei Gütern mit einer Dichte von 300 bis 350 kg/m<sup>3</sup> einem Durchsatz von etwa 60 t/h entspricht. Bereits in nächster Zukunft wird es notwendig sein, den Durchsatz annähernd zu verdoppeln, d. h. auf 100 bis 140 t/h, bisweilen sogar auf 160 t/h zu erhöhen. Dies wird z. B. für die leistungsstärksten LKW-Aufbaustallungstreuer aktuell, die eine Streuleistung von 100 bis 120 t/h haben werden, weil nämlich bei mindestens gleichbleibender Ladeleistung der Streuer zweimal beladen werden müßte.

Ein weiterer Aspekt ist der Einfluß der ständig wachsenden Leistung der Erntemaschinen praktisch in allen Erntetechnologien des Pflanzenbaus, wobei diese Erntemaschinen

\* Forschungsinstitut für Landtechnik, Prag 6 — Repr