

# Grundsätze zur technischen Gestaltung der Transportfahrzeuge

Dr.-Ing. F. Uhlemann, KDT/Dr. agr. Ing. M. Dreißig, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

## 1. Problemstellung

Um den vorhandenen Transportbedarf mit geringsten Aufwendungen und in hoher Qualität abzusichern, bedarf es der Entwicklung und des Einsatzes von verbesserten Transportfahrzeugen. Die qualitative Seite hat dabei in letzter Zeit an Bedeutung gewonnen, wobei folgende Forderungen im Mittelpunkt stehen:

- termingerechte Durchführung durch hohe Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit
- keinerlei negative Beeinträchtigung des Gutes (z. B. Belastung, Zerstörung, Riesel- und Abwehrverluste)
- minimale Einwirkung auf Umwelt und Boden, vor allem geringe Bodenbelastung der Fahrwerke
- günstige Arbeits- und Lebensbedingungen.

Unter Beachtung der nationalen Produktions- und Reproduktionsbedingungen werden damit hohe Anforderungen an die Solidität und Komplexität der wissenschaftlichen Ergebnisse gestellt.

## 2. Auswahl der Fahrzeugkonzeption

Die Erfüllbarkeit der an die Fahrzeuge gestellten Forderungen hängt wesentlich von der Wahl der Grundkonzeption und dem Niveau ihrer technischen Auslegung ab. Deshalb wird dieses Problem im Teil Meißen des Forschungszentrums für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben seit 30 Jahren mit unterschiedlichen Zielrichtungen bearbeitet.

Anfangs konzentrierten sich diese Untersuchungen auf Traktorenzüge, da LKW vorerst nur für Straßentransporte und für die Getreideernte vorgesehen waren.

Es zeigte sich, daß Traktoren mit sattellastigen Anhängern für den Feldeinsatz besonders geeignet sind. Der Traktor ZT 300 erreicht jedoch bei Nutzmassen über 10 t auch mit dieser Konzeption kein ausreichendes Fahrvermögen. Daher wurde versucht, dieses Problem mit getriebenen Anhängerachsen zu überwinden, was sich als zu aufwendig erwies.

Ab 1963 ließen positive Erfahrungen mit all-

radgetriebenen LKW im Feldeinsatz (Bild 1) Konzeptionen für spezielle landwirtschaftliche Transportfahrzeuge national und international entstehen.

Im Zeitraum von 1971 bis 1978 wurden auf der Basis dieser Konzeptionen verschiedene Varianten von Feldtransportfahrzeugen (Bilder 2 und 3) hinsichtlich ihrer technischen und technologischen Eignung sowie ihrer Effektivität im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit in der UdSSR, in der DDR und in der CSSR intensiv und langfristig untersucht.

Als spezielle landtechnische Probleme erwiesen sich dabei das Fahrvermögen und die Übergabeverluste.

## 3. Sicherung eines hohen Fahrvermögens und geringer Übergabeverluste

Als Bestandteil der Einsatzsicherheit von Transportfahrzeugen ist die Sicherung eines ausreichenden Fahrvermögens, vor allem bei der Ernte sowie bei Arbeiten in Hanglagen, Voraussetzung für die Einhaltung der agrotechnischen Termine und für eine verlustarme Übergabe des Erntegutes im Parallelverfahren.

Nach ersten Aufbereitungen der Theorie des Fahrens im Gelände und einfachen Messungen (Bild 4) begannen 1971 im Teil Meißen Untersuchungen von Reifen mit einer speziellen Meßachse. Dabei konnten wichtige Aussagen zum Verhalten auf verschiedenen Standorten erarbeitet werden (Bilder 5 und 6). Danach erfolgten bis Anfang der 80er Jahre vergleichende Untersuchungen mit kompletten Fahrzeugen mit Hilfe von Bremsfahrzeug, Meßstange sowie spezieller Registrier- und Auswertetechnik.

Als Ergebnis liegen konkrete und allgemeingültige Aussagen zu einzelnen Bereifungsvarianten sowie zu Fahrzeugkonzeptionen vor (Bild 7 und Tafel 1).

Als zweckmäßig erwies sich, die Ergebnisse verschiedener Versuchsstandorte jeweils auf die Werte der Fahrzeugkombination Traktor ZT 303 mit Anhänger HW 80.11 oder des LKW W50 LA/Z zu beziehen.

Bei der Untersuchung von Regelungsmög-

lichkeiten und elektronischen Anzeigen zur Verringerung der Beladeverluste bei Erntearbeiten konnte festgestellt werden, daß derartige Lösungen zu einem hohen Aufwand (z. B. zur Fahrerinformation) führen und der Nutzen nur bedingt nachweisbar ist. Durch die Überleitung des Einheitlichen Aufbausystems (EAS) konnten die Probleme der Gutübergabe reduziert werden (bessere Sicht- und Übergabebedingungen).

Zur Reduzierung der Gutverluste bei der Entladung wurden Grundlagenuntersuchungen zur Gestaltung von Hinterkippern durchgeführt, auf deren Grundlage große Stapelhöhen bei der Entladung auf Freischüttflächen bei geringem technischen Aufwand gesichert werden. Außerdem wurden für Seitenkipper mit Bordwandautomatik einfache Einrichtungen zur Vermeidung der Übergabeverluste bei der Entladung in Annahmeförderer entwickelt.

## 4. Bewertung verschiedener Fahrzeugkonzeptionen

### 4.1. Traktorenzüge

Traktorenzüge sind in der Landwirtschaft universell und disponibel einsetzbar. Zweichsachsanhänger haben sich als Universalanhänger bewährt und erlauben durch Kopplung hohe Nutzmassen beim Transport auf festen Fahrbahnen. Sattellastige Anhänger bis zu einer Nutzmasse von rd. 10 t sind für den Feldeinsatz besonders geeignet, und bei Heckentladung verfügen sie über relativ günstige Voraussetzungen zur Montage bodenschonender Fahrwerke.

Die Nutzung sehr leistungsfähiger Traktoren (z. B. Traktor K-700) als Transportmittel (Bild 8) erwies sich wegen des Zusammenfallens der Arbeitsspitzen bei Transport und Bodenbearbeitung als unzuweckmäßig.

International werden zunehmend schneefende Traktoren mit Geschwindigkeiten von 40 bis 50 km/h für Transportarbeiten eingesetzt.

### 4.2. LKW-Züge

Allradgetriebene LKW sichern hohe Trans-



Bild 1. LKW W50 LA/S (Prototyp) des VEB Kraftfahrzeugwerk „Ernst Grube“ Werdau mit Sattelaufleger während der landwirtschaftlichen Erprobung 1962/1963 [1]



Bild 2. Landwirtschaftliche Transportmittel (Klasse I) werden arbeitsteilig im RGW von der UdSSR bearbeitet

Tafel 2. Erfüllbarkeit der landwirtschaftlichen Forderungen an verschiedene Fahrzeuge (m<sub>N</sub> Nutzmasse)

	Traktor mit Zweiachs- anhänger	Traktor mit sattel- lastigem Anhänger m <sub>N</sub> > 10 t    m <sub>N</sub> ≤ 10 t		Transport- traktor mit Anhänger	LKW solo	LKW mit Anhänger	LKW- Wechsel- pritsche (Container)	Sattel- zug
hohe Nutzmasse	+	+	-	+	- (0)	+	-	+
relative geringe Bodenbelastung	0	-	+	0	+	-	+(0)	-
hohes spezifisches Ladevolumen	+	-	+	+	-	0	0(-)	0
hohe Geschwindigkeit	-	-	-	0	+	+	+	+
hohe Einsatzsicherheit	-	0	+	-	+	-	+	0
Universalität der Zugmaschine	+	+	+	0	-	-	+	0
kurze Umrüstzeit	+	+	+	+	-	-	+	+
gute Arbeitsbedingungen	-	-	-	-	+	+	+	+
Geschwindigkeitsanpassung an Erntemaschine	+	+	+	+	0	0(-)	0	0(-)
geringer Reifenverschleiß bei Straßenfahrt	0	-	0	0	+	+	+	0
verwindungssteife Aufbauten möglich	-	+	+	-	0	0	0(+)	+
Sicht in gesamten Laderaum	0	+	+	0	+	-	0	+
mechanischer Antrieb der Aufbauten	0	+	+	0	+	-	0	-
geringe Ladefläche	0	+	+	0	-	-	-	0
geringe spezifische Eigenmasse	- (0)	-	-	0	0	+	-	0(+)

+ gewährleistet, 0 bedingt erfüllbar, - nicht gesichert

portgeschwindigkeiten, ein sehr hohes Fahrvermögen und gute Arbeitsbedingungen. Mit Anhängern erreichen sie eine hohe Leistungsfähigkeit, vor allem bei Entfernungen von 5 bis 6 km.

Nachteilig wirkt sich der hohe Umrüstaufwand zum Wechsel des Aufbaus der Pritsche aus. Die Verkürzung dieser Zeit durch Wechselpritschen- oder Containersysteme (Bild 9) muß durch erhebliche Nutzmassereduzierungen erkauft werden. Eine weitere Steigerung der gegenwärtig erreichten Transportleistung, des Fahrvermögens und des Fahrkomforts kann durch die Nutzung dreiachsiger LKW mit der Radformel 6 × 6 bzw. 6 × 4 gesichert werden. Im Erntetransport bzw. beim Transport zum Feld entspricht die Leistungsfähigkeit dieser LKW mit Anhängerfahrzeuge der von 2 bis 3 Traktorenzügen. Für Straßentransporte sind jeweils Varianten ohne getriebene Vorderachse einzusetzen.

### 4.3. Sattelzüge

Sattelzüge haben sich für den Transport von Nahrungsgütern, Vieh und Mischfutter im Straßeneinsatz bewährt. Bei Beachtung folgender Kriterien/Einsatzgebiete haben sie eine besondere Bedeutung:

- eine allradgetriebenen Sattelzugmaschine
- einfache und kurzfristige Wechselbarkeit der Nutzmasseträger
- geringe Beladeverluste durch gute Sicht

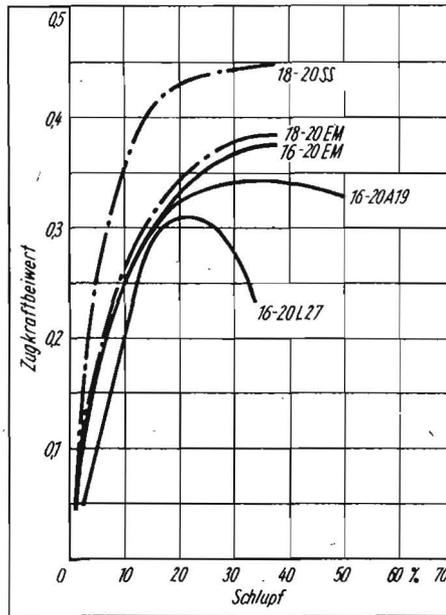


Bild 5. Vergleich unterschiedlicher Reifenprofile auf lehmigen Sand, Getreidestoppel [2]

und ungeteilte Ladefläche (Bild 10), auch mit Futteraufbau

- großes einheitliches Ladevolumen führt durch anwachsende Beladezeit zu höheren Gutdichten bei Grün- und Welkgut (bis 15%)

Tafel 1. Vergleich der Laufwerkwirkungsgrade  $\eta_L$  von Transportfahrzeugen beim Befahren verschiedener Steigungen auf geschältem Stoppelacker, Oberfläche abgetrocknet (Schluff, Bodenwassergehalt 23%) nach [3]

Fahrzeugkombination	Nutzmasse: Gesamtmasse	Laufwerkwirkungsgrad $\eta_L$ in % bei einer Steigung von			
		5%	10%	15%	25%
W50 LA/Z solo	0,42	11,7	18,1	22,1	25,1
W50 LA/Z + HW 60.11	0,53	14,9	22,0	-	-
LKW 6 × 6 mit Sattelaufleger	0,57	16,6	25,2	k. K. <sup>1)</sup>	-
ZT 303 + HW 80.11	0,46	12,0	k. K. <sup>1)</sup>	-	-
ZT 303 + HTS 90.04	0,52	16,3	23,3	k. K. <sup>1)</sup>	-

1) k. K. keine Kurvenfahrt

$$\eta_L = \frac{\text{Nutzmasse}}{\text{Gesamtmasse}} \cdot \frac{\text{nutzbare Zugkraft}}{\text{Triebkraft}} (1 - \text{Schlupf})$$



Bild 3. Landwirtschaftlicher LKW-Zug auf der Basis des Tatra T157 agro aus der ČSSR

Fahrzeugkombination	Grenze des Fahrens an der Steigung	Nutzmasse t	Bruttomasse t
W50 LA/K - ND + THK 5	rd. 22%	10,1	18,5
W50 LA/Z - HD + HW 80	rd. 18%	14,1	24,0
ZT 300 + TEK 12	rd. 14%	13,9	25,9
ZT 300 + HW 80.11	rd. 8%	8,9	18,2

Bild 4. Ergebnisse des Vergleichs des maximal erreichbaren Steigungswinkels als Methode zur Kennzeichnung des Fahrvermögens (Bedingungen: Weizenstoppel 12 h nach dem Mähdrusch, Bodenart LT...T, Bodenwassergehalt an der Oberfläche 29%)

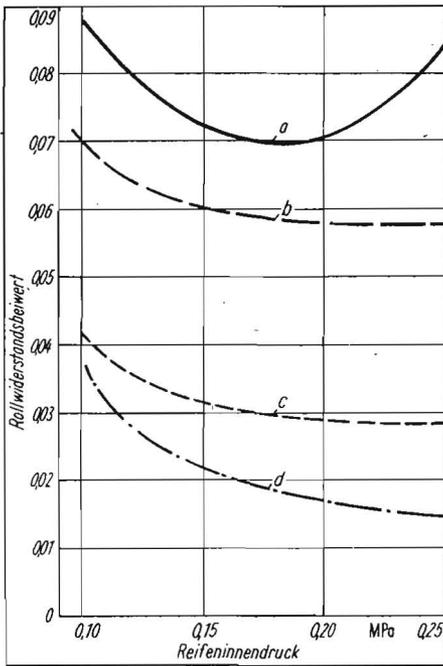
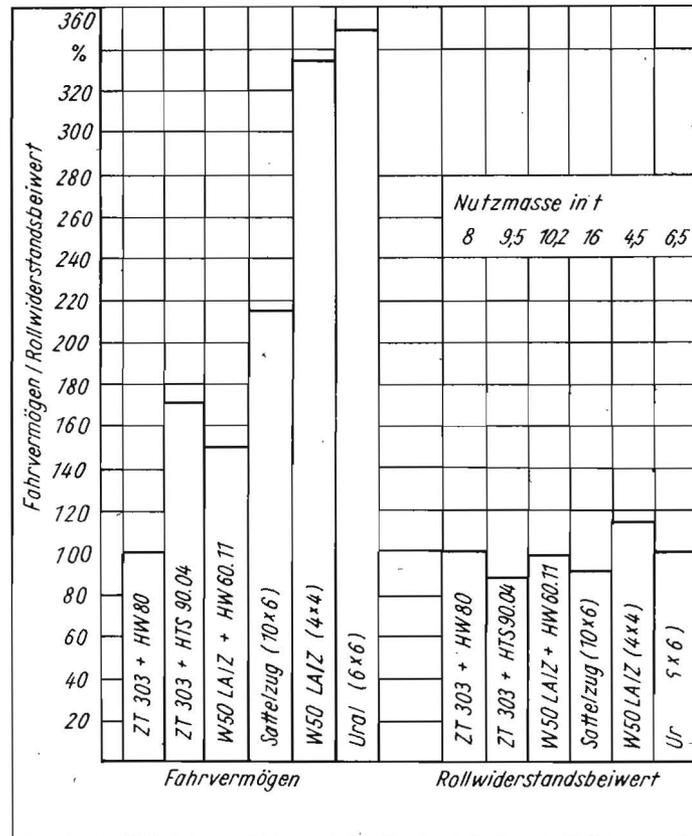


Bild 6. Rollwiderstandsbeiwert in Abhängigkeit vom Reifennendruck beim Reifen 465-610 (konstante Radlast) [3]; a gegrubberter Lößlehm, relative Bodenfeuchte 18%, b Lößlehm, Spur, relative Bodenfeuchte 18%, c gemähtes Kleefeld, d trockener Boden

Bild 7 Vergleich des Fahrvermögens und des Rollwiderstandsbeiwerts verschiedener Fahrzeuge in bezug auf Traktor ZT 303 mit Anhänger HW 80.11 [3]



- Erhöhung der Nutzmasse beim Gülletransport (Bild 11) auf 15 bis 21 t
- besseres/gleiches Fahrvermögen wie LKW-Züge mit gleicher Gesamtmasse
- problematisch ist die Übertragung hoher Antriebsleistungen
- außerhalb der Ernte- und Verteiltransporte ist ein Einsatz der LKW mit eigener Ladefläche (Kipper) und Anhänger effektiver.

Als Basisfahrzeuge für Sattelzugmaschinen erwiesen sich gegenüber Traktoren (Bild 12) und Dumpfern (Bild 13) die LKW-ähnlichen Fahrzeuge in ihren Einsatzkennwerten überlegen. Gründe dafür sind höhere zulässige Sattellast, geringere Eigenmasse, gutes Zugvermögen und günstiges Fahrverhalten. Die Bewertung der einzelnen Fahrzeugarten ist in Tafel 2 übersichtlich zusammengefasst.



Bild 8. Traktor K-700 mit aufgesatteltem Hinterkipper

### 5. Agrotechnische Anforderungen an landwirtschaftliche Transportfahrzeuge

Als allgemeine Forderungen an die Transportfahrzeuge sind zu nennen:

- spezifische Motorleistung von 5 bzw. 3 bis 4 kW/t Gesamtmasse für LKW- bzw. Traktorenzüge
- Beachtung der Richtwerte für die zulässige Bodenbelastung
- Sicherung eines höheren Fahrvermögens als das des Traktors ZT 323 mit Anhänger HW 80.11
- einfache Anpassung der Fahrgeschwindigkeit an die der Erntemaschine
- Einhaltung der maximalen Achslast von 60 bis 80 kN für landwirtschaftliche Wege (maximal 60 kN für ganzjährig eingesetzte Fahrzeuge)
- keine Transportverluste/gutspezifische Dichtheit des Laderaums
- geringe Ladeflächenhöhe zur Sicherung eines hohen, variierbaren Ladevolumens



Bild 9. Versuchs-LKW (6 x 6) des VEB Automobilwerke Ludwigsfelde mit Seitenkippsattelaufleger [2]



Bild 10. LKW W50 LA/S (4 x 4) mit Seitenkippsattelaufleger und Leichtgutaufbau (Nutzmasse 13 t) [2]



Bild 12. Zugmittel ZM 1800 (Prototyp) des VEB Traktorenwerk Schönebeck auf der Basis von Traktorenbaugruppen [2] aus dem Jahr 1972



Bild 11. KamAZ-Sattelzug (6 x 4) mit Tanksattelaufleger (Prototyp) des VEB Fahrzeugwerk Annaburg für den Gülletransport (18 m<sup>3</sup>) aus dem Jahr 1976



Bild 13. Dumper G116, umgebaut als Sattelzugmaschine mit Gülletanksattelaufleger (Volumen 15 m<sup>3</sup>)

- gute Sicht auf den Be- und Entladevorgang auch bei Dunkelheit
- hohe Hangtauglichkeit (zulässige Hangneigung in Fall- und Schichtlinie entsprechend Rüstzustand mindestens 25 bis 18%)
- verlustfreie Übergabe in Annahmeeinrichtungen und geringe Verluste bei der Entladung auf Freischüttflächen (z. B. durch Überfahren)
- gute Arbeitsbedingungen, besonders bei Langsamfahrt und hohen Temperaturen sowie beim Befahren von Feldern und schlechten Wegen.

Darauf aufbauend sind folgende Ziele bei der Entwicklung der einzelnen Fahrzeugarten zu nennen:

#### LKW

- Bereitstellung einer Baureihe mit den Radformeln 4 x 4; 4 x 2 und 6 x 4; 6 x 6
- zulässige Fahrgeschwindigkeit  $\geq 60$  km/h

- Nutzmasse: Eigenmasse  $> 1$
- Realisierung von Hinter- und Seitenkippsattelauflegern
- Montierbarkeit von Breitreifen

#### Traktoren

- Sicherung einer zulässigen Sattel-/Hitchlast  $\hat{=}$  Zugkraftklasse
- zulässige Fahrgeschwindigkeit  $\geq 40$  km/h für Transportvarianten
- Bereifung mit Reifeninnendruck  $\leq 150$  kPa, mit Zwillingsbereifung 80 kPa

#### Anhänger

- sattellastige Anhänger vorrangig für den Feldeinsatz (zulässige Gesamtmasse  $\hat{=}$  etwa der 7fachen Sattellast)
- Niederdruckbereifung und Montierbarkeit von Zwillings- oder Breitreifen
- alle Kipphanhänger/-aufbauten mit Bordwandautomatik und Paßfähigkeit zum Einheitlichen Aufbausystem
- Erhöhung der ableitbaren Varianten
- Sicherung einer Lebensdauer von  $> 15$  Jahren für Kipp- und Pritschenanhänger.

#### 6. Zusammenfassung

In den letzten Jahren konnten weitere Erkenntnisse zur effektiven Gestaltung der

Transportfahrzeuge erarbeitet werden. Dies sind vor allem:

- Durch die technische Gestaltung der Aufbauten sind Gutbeschädigungen und -verluste wesentlich zu beeinflussen.
- Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit ist komplex auf die Be- und Entladezeiten, die Fahrgeschwindigkeit und die Nutzmasse einzuwirken.
- Geringer Energiebedarf erfordert hohes Fahrvermögen bei geringem Rollwiderstand.
- Bei der Reduzierung der Bodenbelastung sind technische Maßnahmen auf Schwerpunktarbeiten, z. B. Applikation und Befahren von Dauergrünland, zu konzentrieren. Die geringe Bodenbelastung muß zu einer Erhöhung der Einsatzsicherheit in Problemsituationen führen, ohne den Rollwiderstand wesentlich zu erhöhen.
- Hohe ökonomische Effekte sind vorrangig durch Spezialfahrzeuge bei entsprechender Auslastung erreichbar.

#### Literatur

- [1] Lorenz, R., u. a.: Versuchsbericht Nr. 172/63. VEB Kraftfahrzeugwerk „Ernst Grube“ Werda und Hochschule für LPG Meißen, Institut für Mechanisierung, 1963.
- [2] Ermittlung und Festlegung weiterer konstruktiver Einzelheiten spezialisierter Transportmittel und ihrer Entladeeinrichtungen. Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim, Betriebsteil Meißen, Arbeitsbericht 1974.
- [3] Uhlemann, F.: Bewertung des Fahrvermögens von Transportfahrzeugen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion, Schlieben (1983)2. A 5818