

# Einflüsse auf den Kraftstoffverbrauch beim Transport mit Güterkraftwagen

Dipl.-Ing. H. Schulz, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

## 1. Allgemeine Betrachtungen

Für die umfangreichen Transporte in der Landwirtschaft werden nach [1] jährlich mehr als 300 Mill. Liter Dieselmotorkraftstoff benötigt, wobei die Transportleistungen noch zu steigern sind. Der hauptsächliche Anteil der Transporte innerhalb der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft wird mit Gkw<sup>1)</sup> durchgeführt, von denen z. Z. über 45 000 Stück zur Verfügung stehen. Bei dieser großen Anzahl ist es volkswirtschaftlich bedeutungsvoll, daß jeder Gkw mit geringstem Kraftstoffaufwand betrieben wird. Einige technische Hinweise zum Erreichen eines geringen Kraftstoffverbrauchs bei Transportaufgaben in der Landwirtschaft wurden bereits an gleicher Stelle gegeben [2] [3].

Außer durch organisatorische und verkehrstechnologische Maßnahmen in den Landwirtschaftsbetrieben wird auch durch die gesetzlich festgelegte Geschwindigkeitsbeschränkung für Gkw der Kraftstoffverbrauch beeinflusst [4]. Der Normverbrauch für Kraft- und Schmierstoffe wird dabei entsprechend dem Standard TGL 39-852/02 ermittelt.

Neben den technologisch-organisatorischen Bedingungen für den Einsatz von Gkw sind folgende Einflüsse auf den Kraftstoffverbrauch vorhanden:

- Konstruktive Gestaltung des jeweiligen Typs
- Zustand des Fahrzeugs
- Fahrweise des Fahrers
- Einsatzbedingungen, wie topografische Voraussetzungen und Fahrbahnverhältnisse, Einsatzbereiche, Witterung und Transportgutart
- richtige oder falsche Auswahl des eingesetzten Fahrzeugs für den einzelnen Verwendungszweck, bewertet z. B. nach dem Auslastungsgrad.

Von diesen Einflußfaktoren sind zum Erreichen eines geringen Kraftstoffverbrauchs die technischen Bedingungen und die Fahrweise von besonderer Bedeutung, da sie vom Fahrer dominierend zu beeinflussen sind.

## 2. Ursachen und Beeinflussbarkeit des Kraftstoffverbrauchs

### 2.1. Grundlagen

Der Aufwand an Kraftstoff für ein Fahrzeug ist technisch-physikalisch bedingt. Die durch Kraftstoffverbrennung freiwerdende Energie

wird zum Überwinden der Widerstände und Verluste beim Fahrzeug- und Baugruppenantrieb benötigt (Bild 1). Im einzelnen ist Kraftstoff erforderlich zum

- Aufbringen der Energiewandlungs- und Eigenverluste des Motors (Bild 2) [5]
  - Überwinden der Verluste in der Kraftübertragung einschließlich des Schlupfes (Bild 3 und 4)
  - Überwinden der Fahrwiderstände
  - Erzeugen von Zug- und/oder Drehkräften.
- Bei Gkw wird der Kraftstoffaufwand u. a. nach dem auf die Fahrstrecke bezogenen Kraftstoffverbrauch  $B_S$  beurteilt, für den die folgende Beziehung gilt

$$B_S = \frac{B_e \cdot 100}{\rho_{Kr} v_F}$$

$B_S$  auf die Fahrstrecke von 100 km bezogener Kraftstoffverbrauch in  $dm^3/100$  km

$B_e$  absoluter Kraftstoffverbrauch in  $kg/h$

$\rho_{Kr}$  Kraftstoffdichte in  $kg/dm^3$

$v_F$  Fahrgeschwindigkeit in  $km/h$ .

Daraus ergibt sich mit

$$B_e = P_{e,bed} b_e \quad (2)$$

$P_{e,bed}$  bedingte (erforderliche) Motorleistung in  $kW$

$b_e$  spezifischer Kraftstoffverbrauch in  $kg/kW \cdot h$ , der bei der Leistungsabgabe  $P_{e,bed}$  auftritt,

die Grundbeziehung für den absoluten Kraftstoffverbrauch. Zunächst ist der Verbrauch gering, wenn der Leistungsaufwand für die Fahrwiderstände und Verluste  $P_{e,bed}$  gering ist. Er ist andererseits auch verringert, wenn ein Motor im Bereich des geringsten spezifischen Kraftstoffverbrauchs  $b_e$  genutzt wird.

### 2.2. Fahrzeugzustand

Voraussetzung für das kraftstoffsparende Fahren ist ein guter technischer Zustand des Gkw, insbesondere in Abhängigkeit von Pflege, Wartung sowie von der Qualität der Instandsetzung. An Gkw sind Einflüsse auf den

Kraftstoffverbrauch durch den Motor, den Reifennendruck, die Reifenbauform und die Radstellung sowie durch die Bremseneinstellung möglich. Aber auch die verwendeten Schmierölsorten und die Füllmengen für Motor, Getriebe und Achsen sind zu beachten. Zu große und zu geringe Füllmengen sind gleichermaßen nachteilig. Einen besonderen Einfluß auf den Kraftstoffverbrauch haben der Zustand, die Einstellung und die Nutzung des Motors. Zu beachten sind:

- Kraftstoffanlage und Wirksamkeit der Drehzahlregelung
- Spaltmaß zwischen Kolben und Zylinderkopf

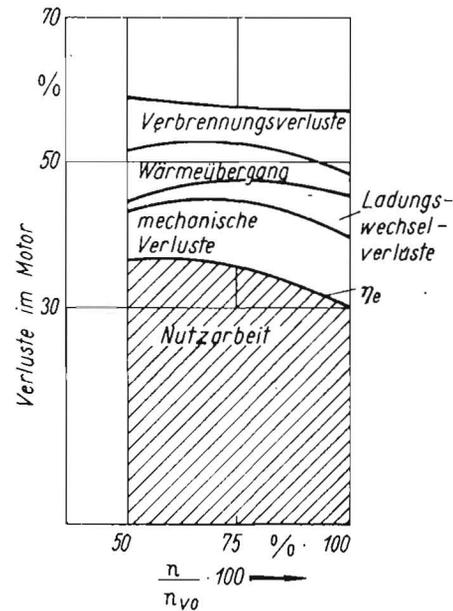


Bild 2. Energiebilanz eines Fahrzeugdieselmotors:  $n_{v0}$  Vollastdrehzahl,  $n$  beliebige Motordrehzahl

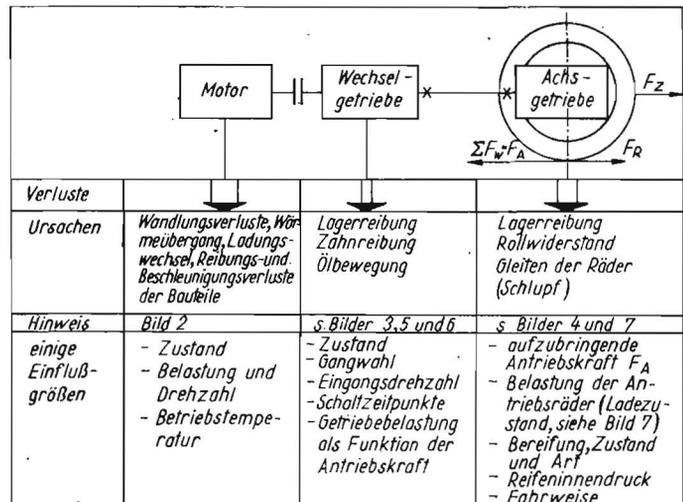


Bild 1. Einige Ursachen und Einflußgrößen auf den Kraftstoffverbrauch

Fortsetzung von Seite 552

## Literatur

Strokov, V. L.: Untersuchung von Mitteln zur Erhöhung der Effektivität beim Einsatz von Maschinen mit Radfahrwerken unter Bedingungen der Landwirtschaft. Landwirtschaftliche Hochschule Wolgograd, Dissertation B 1975 (unveröffentlicht).

A 1818

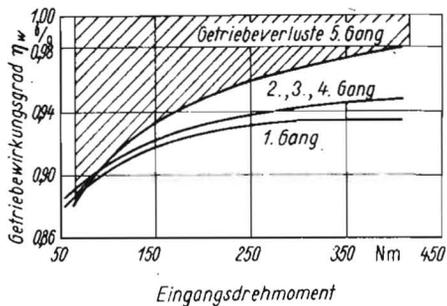
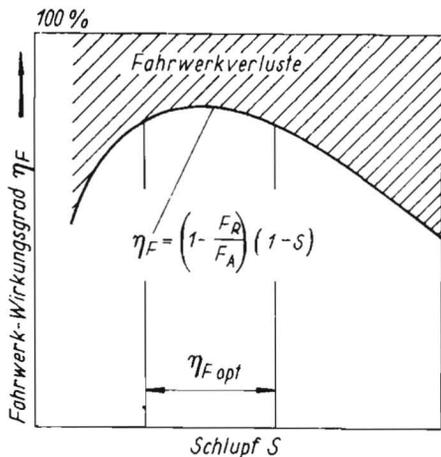


Bild 3. Getriebeverluste in den fünf Gängen eines 5-t-Gkw

Bild 4. Fahrwerkverluste eines Gkw auf Ackerboden (Tendenz)



- Einstellung der Steuerung (besonders des Ventilspiels)
- Lüfterschaltautomatik
- Funktion des Thermostaten.

Die ungenügende Wartung der Luftfilter, insbesondere die des Kokosfaser-Filtereinsatzes bei Ölbadluftfiltern, wirkt sich nachteilig auf den Kraftstoffverbrauch aus. Der Mehrverbrauch kann über  $1 \text{ dm}^3/100 \text{ km}$  betragen.

### 2.3. Motornutzung

Für die Motornutzung ist es nach Gl. (2) besonders wichtig, daß zum Erreichen eines geringen Kraftstoffaufwands der Motor im Bereich seines minimalen spezifischen Kraftstoffverbrauchs genutzt wird. Das ist zu erreichen, wenn Gkw bei Solobetrieb in den hohen Gängen gefahren werden; aber auch die Nutzung mit Anhänger ergibt eine Belastung in Bereichen geringeren Verbrauchs. Erst wenn die Fahrmöglichkeiten in den hohen Gängen erschöpft sind, ist zurückzuschalten (Bild 5).

Dabei darf der Motor mechanisch oder thermisch nicht überlastet werden. Um Kraftstoff zu sparen, sollten alle Gänge, besonders der höchste Gang, als Fahrgang nur bis zu  $\frac{2}{3}$  der Drehzahl und des möglichen Drehmoments gefahren werden, denn dann wird in etwa der Fahrbereich mit minimalem Kraftstoffverbrauch eines Dieselmotors erreicht. Die bedingte Leistung  $P_{e \text{ bed}}$  ist dabei infolge der geringen Luftwiderstandsleistung entsprechend Gl. (2) relativ klein.

Bild 5 Gkw-Nutzung mit Hilfe des Normal-Fahrzustandsdiagramms (NFD);  
a) NFD des Gkw W 50 LA/Z  
b) falsches Fahren in den Gängen  
c) richtige Nutzung der Gänge (Fahrbereiche)

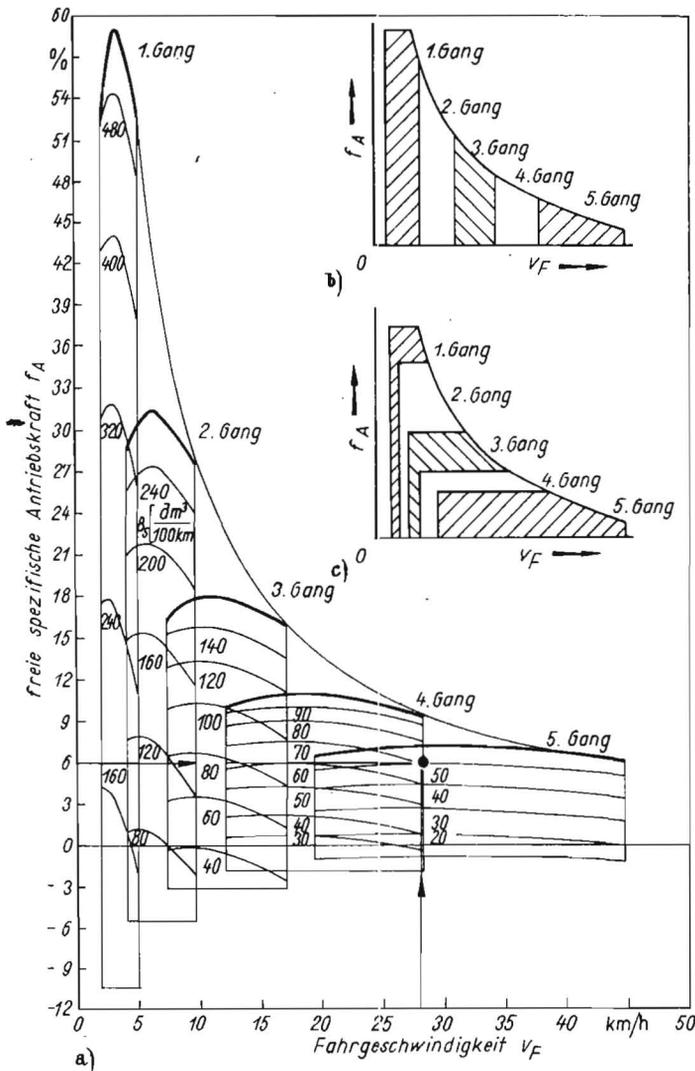
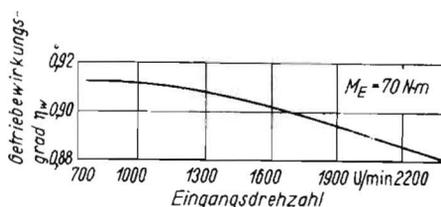


Bild 6 Abhängigkeit des Getriebewirkungsgrades von der Eingangsdrehzahl bei kleinem konstantem Eingangsdrehmoment (5. Gang eines 5-t-Gkw)



### 2.4. Übertragungsverluste und Fahrwiderstände

Bei den Übertragungsbaugruppen, wie Kupplung, Wechsel- und Achsgetriebe, sind besonders die Verluste im Wechselgetriebe veränderlich und am höchsten. Die energetischen Verluste bei eingerückter Kupplung sind vernachlässigbar klein. Verluste treten hier besonders bei schnellem Einkuppeln durch das auftretende hohe Kupplungsmoment auf. Weitere Übertragungsverluste sind Getriebe- und Schlupfverluste. Um die Getriebeverluste gering zu halten, sind die gleichen Fahrbedingungen einzuhalten, die den geringsten spezifischen Kraftstoffverbrauch ergeben, nämlich das Fahren in hohen Gängen (Bild 5). Damit verbunden ist auch das richtige Nutzen des jeweils gefahrenen Gangs, bei dem die Fahrleistung bei möglichst geringer Drehzahl (Bild 6) und hohem Getriebeeingangsdrehmoment (Bild 3) zu verwirklichen ist. Die Größe der Verluste an den Antriebsrädern ergibt sich aus Rollwiderstand und Schlupf, wobei letzterer von der aufzubringenden

Antriebskraft, vom Fahrzeugzustand (Bild 7) und von den Fahrbahnverhältnissen abhängt. Insgesamt sind durch die Antriebskraft  $F_A$  folgende Fahrwiderstände zu überwinden

(Bild 1):

$$F_A = \sum F_w = F_R + F_L + F_{St} + F_B + F_Z; \quad (3)$$

$\sum F_w$	Summe der Fahrwiderstände
$F_R$	Rollwiderstand
$F_L$	Luftwiderstand
$F_{St}$	Steigwiderstand
$F_B$	Beschleunigungswiderstand
$F_Z$	Zugkraft.

Während Roll- und Luftwiderstand immer am Fahrzeug wirken, ergeben sich die weiteren je nach der Fahrsituation. Für ein kraftstoffsparendes Fahren sollen die Fahrwiderstände so gering wie möglich sein. Das gilt besonders für den Roll- und Luftwiderstand, z. B. durch Einhalten des richtigen Reifeninnendrucks, durch bevorzugtes Verwenden von Radialreifen [6] und durch Vermeiden von Höchstgeschwindigkeiten zum Erreichen einer geringen Luftwiderstandsleistung (Bild 8) [7]. Der auf die Nutzmasse bezogene Kraftstoffaufwand ist im Zusammenhang mit dem Rollwiderstand vom unterschiedlichen Nutzmassequotienten der einzelnen Gkw-Bauformen abhängig (Bild 9).

### 2.5. Fahrweise und Wechselfahrt

Bekanntlich wird der geringste Kraftstoffverbrauch bei gleichförmiger Fahrt auf ebener Fahrbahn erzielt. Der mit zunehmender Fahr-

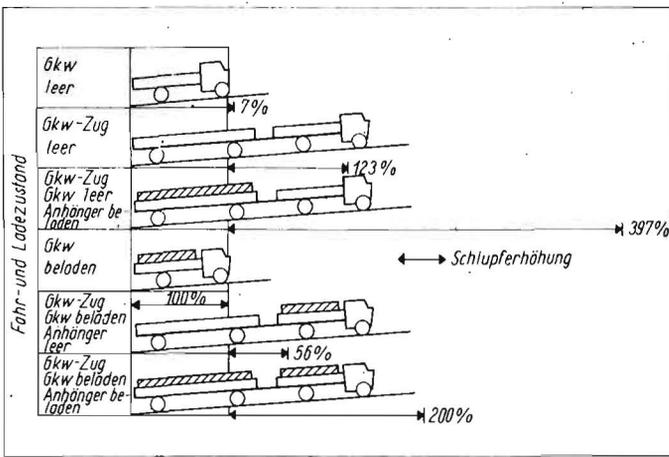


Bild 7  
Einfluß von Fahr- und Ladestand von Gkw auf den Antriebsrad-schlupf

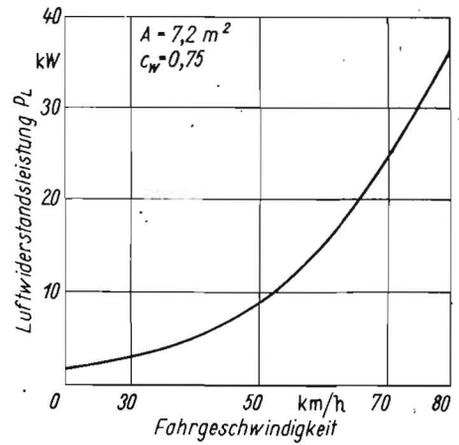


Bild 8  
Leistungsbedarf zum Überwinden des Luftwiderstands eines 5-t-Gkw mit Verdeck

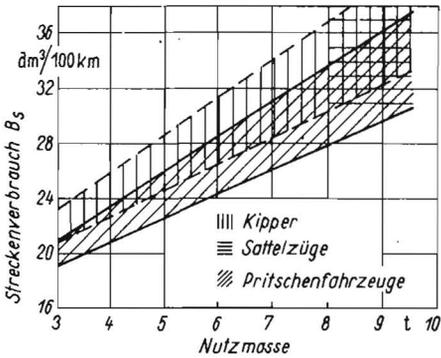


Bild 9. Auf die Fahrstrecke bezogener Kraftstoffverbrauch  $B_s$  von Gkw in Abhängigkeit von Bauform und Nutzmasse (Verbrauchswerte nach TGL 39-852/02)

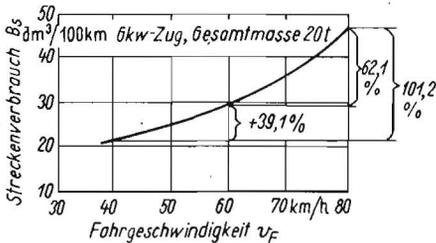


Bild 10. Auf die Fahrstrecke bezogener Kraftstoffverbrauch  $B_s$  eines Gkw-Zuges bei jeweils gleichförmiger Geschwindigkeit auf ebener Fahrbahn

geschwindigkeit steigende Kraftstoffverbrauch ist durch die inneren und äußeren Widerstände am Gkw bedingt, wobei mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit der Luftwiderstand eine immer größere Bedeutung hat. Im Bild 10 ist der auf die Fahrstrecke bezogene Kraftstoffverbrauch für einen 20-t-Gkw-Zug bei jeweils gleichförmiger Geschwindigkeit dargestellt. Die eingetragenen Prozentwerte, die den Mehrverbrauch gegenüber 40 km/h bzw. 60 km/h kennzeichnen, zeigen sehr deutlich, welche Einsparungen erzielt werden können. Für eine „wirtschaftliche“ Geschwindigkeit kann kaum eine Norm angegeben werden, weil sie eng mit der Transportleistung verknüpft ist. Für viele Einsatzfälle reicht aber sicherlich eine Geschwindigkeit aus, die im Bereich eines geringeren Kraftstoffverbrauchs liegt. Beim Einsatz von Gkw herrscht meist aber nicht die gleichförmige Fahrt vor, sondern die Fahrbedingungen sind eine Mischung aus

Beschleunigen, gleichförmigem Fahren und Verzögern. Diese Bedingungen und ihr Einfluß auf den Verbrauch können nach [8] durch einen Faktor der Fahrkonstanz ( $k = 1$  bei gleichförmiger Fahrt,  $k = 0$  bei reiner Wechselfahrt — nur Beschleunigen und Verzögern) berücksichtigt werden. Versuche haben ergeben, daß ein Mehrverbrauch bei abnehmendem  $k$ -Wert von etwa 100 bis 170% eintreten kann, wenn durch Bremsen verzögert wird, daß er jedoch bei einer reinen Wechselfahrt, wenn das Fahrzeug ausrollen kann, 30% beträgt. Je gleichförmiger die Fahrt ist und je mehr „rollend“ gefahren wird, um so geringer wird der Kraftstoffverbrauch.

### 3. Einsparungshinweise

Einen Schwerpunkt beim Durchführen landwirtschaftlicher Transporte stellt der wirtschaftliche Einsatz von Kraftstoff dar, wobei aus volkswirtschaftlicher Sicht die materielle Seite und nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten die Betriebskosten von Bedeutung sind. Da der wirtschaftliche Einsatz mit allen Fahrzeugen zu realisieren ist, sollten folgende Nutzungshinweise beachtet werden:

- Vorgeschiedene Pflege-, Wartungs- und Überprüfungsmaßnahmen einhalten
- Motoren bei Fahrzeugstillstand nur, wenn es unbedingt notwendig ist, im Leerlauf laufen lassen
- gefühlvoll fahren, insbesondere rasches Beschleunigen vermeiden
- kurze Geschwindigkeitsspitzen grundsätzlich vermeiden, da sie keinen Zeitgewinn bringen und mehr Kraftstoff erfordern
- „wirtschaftlichste“ Geschwindigkeit einhalten; bereits bei Geschwindigkeiten unter 80 km/h beginnen die Luftwiderstandswerte enorm zu steigen, was sich entsprechend auf den Kraftstoffverbrauch auswirkt (Bild 10)
- möglichst wenig die Bremsen betätigen und die kinetische Energie des Gkw zum Fahren nutzen
- zügige Fahrweise; ruhig und mit gleichförmiger Geschwindigkeit fahren, gefühlvoll

den Fahrfußhebel (Gashebel) betätigen — Nutzung von Anhänger beim Gkw-Einsatz verstärkt vornehmen, da dadurch der Nutzmassequotient (Verhältnis Nutz- zu Eigenmasse eines Fahrzeugs bzw. Zugs) [9] um 40 bis 50% erhöht und die Eigenverluste und damit der Kraftstoffverbrauch, bezogen auf die transportierte Nutzmasse, gesenkt werden.

### Literatur

- [1] Mührl, K.: Grundsätze und Hinweise zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs im landwirtschaftlichen Transport. agrartechnik 26 (1976) H. 4, S. 155—157.
- [2] Schulz, H.: Kraftstoffsparendes Fahren der Lkw. agrartechnik 23 (1973) H. 3, S. 108—109.
- [3] Schulz, H.: Einflüsse auf den Kraftstoffverbrauch beim Straßentransport mit Traktoren. Dt. Agrartechnik 21 (1971) H. 7, S. 307—308.
- [4] Anordnung über die Geschwindigkeitsbeschränkung von Nutzfahrzeugen zum sparsamen Verwenden von Kraftstoff. GBl. Teil I Nr. 18 vom 3. Juni 1976.
- [5] Aepler, E.: Die mechanischen Verluste von Hubkolben-Verbrennungsmotoren. Wiss. Zt. der TH „Otto v. Guericke“ Magdeburg 11 (1967) H. 2, S. 263—275.
- [6] Weinhold, H.-W.: Der Reifen zwischen Fahrzeug und Fahrbahn. Kraftfahrzeugtechnik 20 (1970) H. 12, S. 363—366.
- [7] Hoche, A.: Der Kraftfahrzeugdieselmotor und die Energiewirtschaftlichkeit. Kraftfahrzeugtechnik 25 (1975) H. 4, S. 101—103.
- [8] Eberan v. Eberhorst, R.: Der Bremsstoffverbrauch des Kraftfahrzeuges bei Wechselfahrt. ATZ 53 (1951) H. 9, S. 225—234.
- [9] Mührl, K.: Landwirtschaftliche Transporte und Fördertechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1974. A 1775

1) Güterkraftwagen, genauere Bezeichnung für Lastkraftwagen

### Wer hat Interesse für unsere Arbeit?

Wir suchen einen neuen Mitarbeiter für unsere Redaktion. Der Bewerber sollte einen Fach- oder Hochschulabschluß möglichst auf landtechnischem Gebiet haben. Er müßte sich für die journalistische Arbeit interessieren, spezielle Vorkenntnisse in dieser Richtung sind jedoch nicht erforderlich.

Wollen Sie es versuchen, dann wenden Sie sich vertrauensvoll an uns. Wir geben gern weitere Auskünfte und sind jederzeit auch zu einem Gespräch bereit.

Redaktion agrartechnik