

Untersuchung konstruktiver Mittel zur Erhöhung der Effektivität des Traktoreinsatzes

Prof. Dr. d. techn. Wiss. V. L. Stokov, Landwirtschaftliche Hochschule Wolgograd
Dozent Dipl.-Ing. Dr. agr. M. Delitz, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

1. Einführung

Die Ausrüstung der Landwirtschaft mit hochproduktiven Maschinen und Anlagen ist einer der Hauptfaktoren der weiteren komplexen Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion in den nächsten Jahren.

Dazu gehört u. a. die konstruktive Entwicklung und Einführung neuer leistungsfähiger selbstfahrender Maschinen und Traktoren. Zu ihrer Weiterentwicklung bestehen verschiedene Möglichkeiten:

- Einführung neuer, leistungsfähiger Baugruppen und Aggregate bekannter Funktion
- Schaffung konstruktiv und funktionell völlig neuer Lösungen

— Ermitteln optimaler Betriebsparameter und damit Optimieren vorhandener Lösungen hinsichtlich Produktivität und Effektivität, dazu gehören u. a. die Parameter Zugkraft, Arbeitsgeschwindigkeit, Reifeninnendruck, Parameter des Zusammenwirkens der einzelnen Bauelemente.

Zur Erfüllung der zuvor genannten Forderung wurden in den letzten Jahren an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Wolgograd Untersuchungen an Radtraktoren durchgeführt, deren Ergebnisse sowohl der letztgenannten der drei Möglichkeiten entsprechen als auch für die Entwicklung neuer konstruktiver Lösungen für Traktoren und selbstfahrende Landmaschinen mit Radfahrwerken von Bedeutung sind.

Im vorliegenden Beitrag soll über Ergebnisse berichtet werden, die in Wolgograd unter Leitung von Professor V. L. Stokov erarbeitet wurden und bereits gute Hinweise hinsichtlich der Produktivitätssteigerung von Radtraktoren, der Erhöhung der Effektivität ihres Einsatzes sowie ihres Fahrkomforts darstellen.

2. Gestaltung der untersuchten Einrichtungen

Die Weiterentwicklungen von Traktoren an der Landwirtschaftlichen Hochschule Wolgograd beruhen darauf, daß in die Kraftübertragung zwischen Motor und der Kontaktstelle der Antriebsräder mit dem Boden elastische Bauelemente eingesetzt werden. Sie haben die Aufgabe, bei stoßhaftem Ansteigen des Zugwiderstands als Speicher potentieller Energie zu wirken und gleichzeitig als Sicherheitseinrichtung für Motor und Kraftübertragungselemente zu dienen.

Erprobt wurden mehrere Varianten. Beim Traktor MTS-50 sind beispielsweise die Hinterräder frei drehbar auf den Antriebsachsen angeordnet, am Ende der Achsen sind Traversen mit je zwei Rollen befestigt, die gegen Blattfederpaare arbeiten (Bild 1). Die Blattfederpaare erlauben ein elastisches Verdrehen der Felgen gegenüber der Antriebsachse, deren Größe durch einen verstellbaren Anschlag begrenzt wird.

Beim Traktor T-28 H 4 ermöglicht ein vorgespanntes Tellerfederpaket in den Halbachsen (Antriebsachsen) ein Verdrehen (Bild 2). Die Hülse des elastischen Zwischengliedes ist geteilt und weist Anlaufschrägen auf. Beim Verdrehen der beiden Hülshälften gegeneinander wird das Federpaket weiter zusammengedrückt und wirkt so als Energiespeicher.

Von den entwickelten Varianten haben sich die zuvor genannten als die günstigsten erwiesen. Untersuchungen wurden an Traktoren verschiedener Zugkraftklassen durchgeführt, insbesondere an Traktoren der Zugkraftklasse 9... 14 kN (MTS-50; T-40 A; T-28 H 4; s. a. Tafel 1). Die Untersuchungen erfolgten sowohl im Labor als auch unter praktischen Einsatzbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion.

3. Ergebnisse der Untersuchungen

Beim Kupplungsvorgang entstehen im System Motor—Kraftübertragung—elastisches Bauteil Schwingungen. Die Feder Elemente gestatten bei richtiger Dimensionierung, die potentielle Energie zum Anfahren des Aggregats zu nutzen und die entstehenden Belastungsspitzen in der Kraftübertragung zu verringern. Dadurch wird die Arbeit der Kraftübertragungselemente des Traktors verbessert (Kupplungen, Getriebe, Kontaktstellen der Antriebsräder mit dem Boden):

- Die Motorbelastung vor allem während der Beschleunigung des Aggregats vermindert sich.
- Der Schlupf in der Fahrkupplung verringert sich beim Anfahren. Damit tritt der Zeit-

Tafel 1. Charakteristiken elastischer Zwischenglieder in der Kraftübertragung von Traktoren

Charakteristik	Traktortyp MTS-50	T-40 A	T-28 H 4
Art des Federlements	Blattfeder	Tellerfedern an den Hinterrädern, zylindrische Schraubenfedern an den Vorderrädern	Tellerfedern
Montagestelle am Traktor	am Triebbad	an der letzten Getriebestufe des Hinter- und Vorderantriebes	an der Halbachse
optimale Federsteife bezogen auf die Triebachse in kN · m/rad	20,0	6,0 (hinten) , 0,8 (vorn)	8,0
Maßnahmen zum Verändern der Federsteife	Verändern der Lagenzahl	Verändern der Anzahl der Tellerfedern und Auswechseln der Schraubenfedern	Verändern der Anzahl der Tellerfedern
Verdrehwinkel, bezogen auf die Antriebsräder, in °	45...50	60...75	45...50
Einrichtungen zum Begrenzen des möglichen Verdrehwinkels	verstellbarer Anschlag auf der Felge	Scheiben zwischen den Tellerfedern	Scheiben zwischen den Tellerfedern

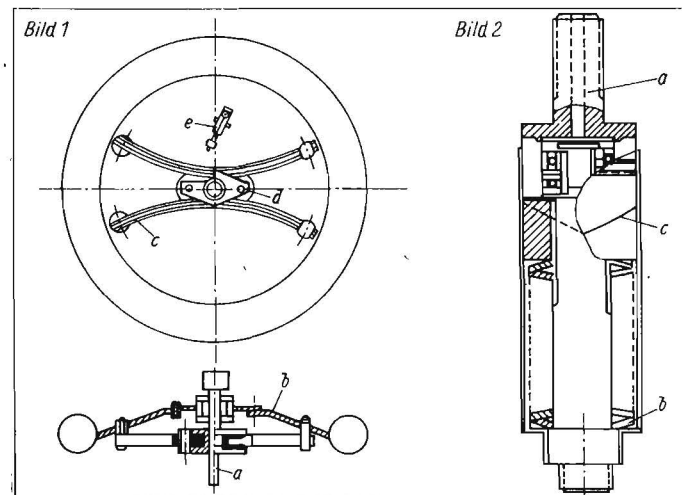


Bild 1
Elastischer Antrieb am Traktor MTS-50;
a Antriebsachse,
b Felge,
c Biegeblattfeder,
d Traverse,
e Anschlag

Bild 2
Elastische Halbachse am Traktor T-28 H 4;
a Achse,
b Tellerfeder,
c Anlaufschräge

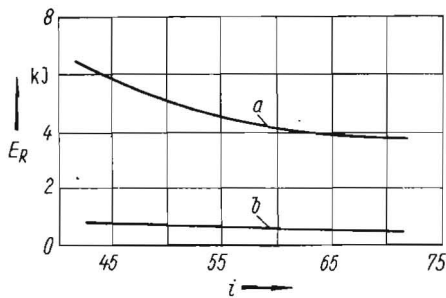


Bild 3. Reibarbeit E_R an der Kupplung des Traktors T-40 A in Abhängigkeit vom Getriebeübersetzungsverhältnis i ; a serienmäßige Ausführung, b mit elastischem Antrieb

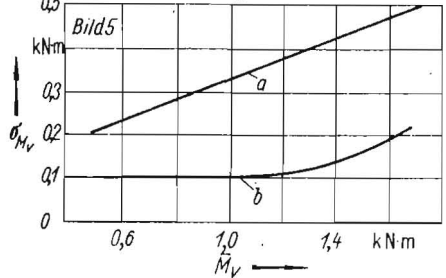
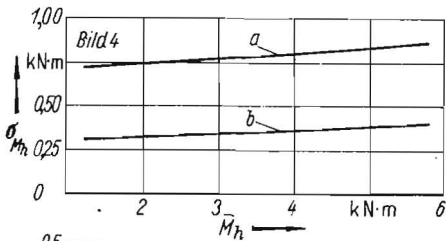


Bild 4. Standardabweichung des Drehmoments an der Hinterachse σ_{M_h} des Traktors T-40 A in Abhängigkeit vom Mittelwert \bar{M}_h

Bild 5. Standardabweichung des Drehmoments an der Vorderachse σ_{M_v} des Traktors T-40 A in Abhängigkeit vom Mittelwert \bar{M}_v

punkt der vollen Übertragung des Drehmoments früher ein.

— Die Reibungsarbeit in der Kupplung sinkt um 50 bis 80% (Bild 3) gegenüber starrer Kraftübertragung.

— Die Anfahrtzeit des Aggregats wird kürzer.

— Die erforderliche Kurbelwellendrehzahl sinkt beim Anfahren um 7 bis 15%.

Durch das Vermindern der Reibungsarbeit in der Kupplung nimmt der Verschleiß ab, und es erhöhen sich entsprechend die Grenznutzungsdauer und die Verfügbarkeit des gesamten Traktors. Das ist besonders bedeutungsvoll für

Aggregate mit hoher Schalthäufigkeit, beispielsweise für Baumaschinen.

Durch das stoßmindernde Wirken der elastischen Elemente erhöht sich die Belastbarkeit des Motors um 10 bis 15%. Das bedeutet, die Zugkraft kann um diesen Betrag ansteigen, oder das Übersetzungsverhältnis des Getriebes kann entsprechend kleiner werden. Damit steigt die Produktivität des Traktors, und der Kraftstoffaufwand wird verringert. Die Drehmomente in den Getriebebauteilen verringern sich infolge des Abbaus der Belastungsspitzen an den Antriebsachsen (Bilder 4 und 5) um 33 bis 50%. Dadurch können die Abmessungen und die Masse der Getriebebauteile verringert oder das zu übertragende Motordrehmoment erhöht werden. Die Stabilität des Drehmoments am Antriebsrad erhöht auch die Stabilität der Fahrgeschwindigkeit. Das führt zur Verminderung der Traktorschwingungen sowohl in Fahrtrichtung als auch in vertikaler Richtung (Bild 6). Der Ungleichförmigkeitsgrad der Zugkraft an der Anhängerkupplung sinkt z. B. bei Bestellarbeiten um 10 bis 25% und beim Transport um 50 bis 80%.

Durch den Einsatz der elastischen Elemente wird beim Arbeiten mit niedrigem Reifeninnendruck die zur Eigenfortbewegung des Traktors erforderliche Energie kleiner als bei starrer Kraftübertragung, da sich die Verformungsarbeit an Reifen und Fahrbahn verringert. Mit abnehmendem Reifeninnendruck ist außerdem das Anwachsen dieses Energiebetrags wesentlich kleiner als beim starren Antrieb (Bild 7). Daher eignen sich Traktoren mit elastischen Antriebselementen besonders für die Arbeit mit Niederdruckreifen.

Das Abbauen der Belastungsspitzen hat auch infolge verminderter Verformungsarbeit im Reifen und Boden ein Verringern des Schlupfes zur Folge. Der Schlupf an den Antriebsrädern verringert sich um 10 bis 13%.

Wenn man den Quotienten aus der zur Eigenfortbewegung des Traktors nötigen Energie und der zur Überwindung des Zugwiderstands nötigen Energie bildet, so läßt sich die Bodenzerstörung infolge Verformungsarbeit und damit der Schlupf als Funktion dieses Quotienten darstellen. Für einige Arbeitsarten wurden die optimalen Größen des Zugwiderstands F_z , des Reifeninnendruckes p_i und die Zugkraftklasse bei Traktoren mit elastischem Antrieb ermittelt (Tafel 2).

4. Zusammenfassung

Die Versuchs- und Erprobungsergebnisse lassen die Aussage zu, daß sich durch den Einbau elastischer Bauelemente in die Kraftübertragung von Traktoren deren Produktivität und Verfügbarkeit erhöhen läßt. Insbesondere ver-

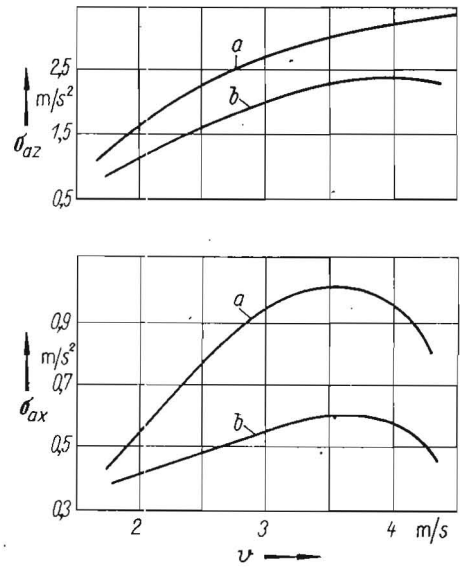


Bild 6. Standardabweichung der Horizontalbeschleunigung σ_{ax} und der Vertikalbeschleunigung σ_{az} am Traktor MTS-50 in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit v ; a serienmäßige Ausführung, b mit elastischem Antrieb

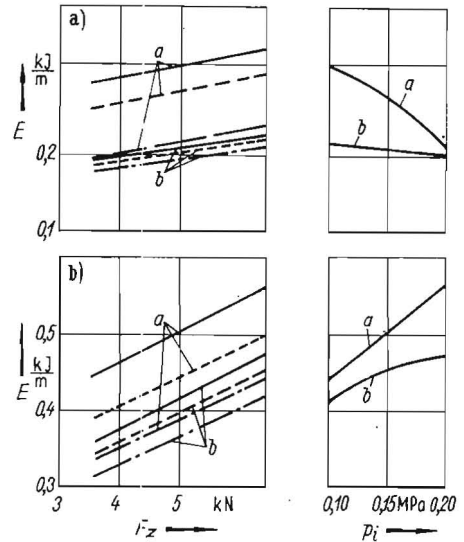


Bild 7. Energieverbrauch E für die Fortbewegung des Aggregats, bezogen auf 1 m Fahrstrecke, in Abhängigkeit von der Zugkraftklasse des Traktors und für die Zugkraftklasse 5 kN in Abhängigkeit vom Reifeninnendruck — auf unbearbeitetem Acker (obere Darstellung) — auf frisch gepflügtem Acker (untere Darstellung); a serienmäßige Ausführung, b mit elastischem Antrieb
 ——— 0,20 MPa
 - - - - 0,15 MPa
 ······ 0,10 MPa

Tafel 2. Zugwiderstand F_z , Reifeninnendruck p_i und Zugkraftklassen für Traktoren mit elastischem Antrieb

Arbeitsart	Zugkraftklasse					
	14... 16 kN		16... 20 kN		20... 25 kN	
	p_i MPa	F_z kN	p_i MPa	F_z kN	p_i MPa	F_z kN
Aussaat	0,06... 0,08	8... 10	0,065... 0,085	9... 11	0,07... 0,1	10... 12
Pflegearbeiten	0,07... 0,09	8... 11	0,08... 1,0	9... 12	0,10... 0,12	11... 15
Pflügen, Erntearbeiten	0,10... 0,12	11... 14	0,11... 0,12	13... 15	0,12... 0,14	14... 18

bessert sich das Zusammenwirken des Traktors mit dem Boden.

Einige Probleme sind noch näher zu untersuchen. Dazu gehört beispielsweise das Wirken von in den Antriebsrädern eingebauten Blattfedern als Energiespeicher beim Bremsvorgang.

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 hauptsächlichste Anteil der Transporte innerhalb der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft wird mit Gkw¹⁾ 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 $\text{dm}^3/100 \text{ km}$

B_e absoluter Kraftstoffverbrauch in kg/h

ρ_{Kr} Kraftstoffdichte in kg/dm^3

v_F Fahrgeschwindigkeit in km/h .

Daraus ergibt sich mit

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

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

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

die Grundbeziehung für den absoluten Kraftstoffverbrauch. Zunächst ist der Verbrauch gering, wenn der Leistungsaufwand für die Fahrwiderstände und Verluste $P_{e \text{ bed}}$ 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

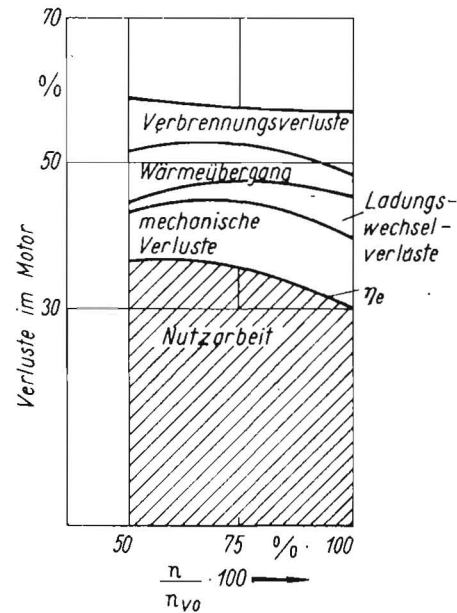
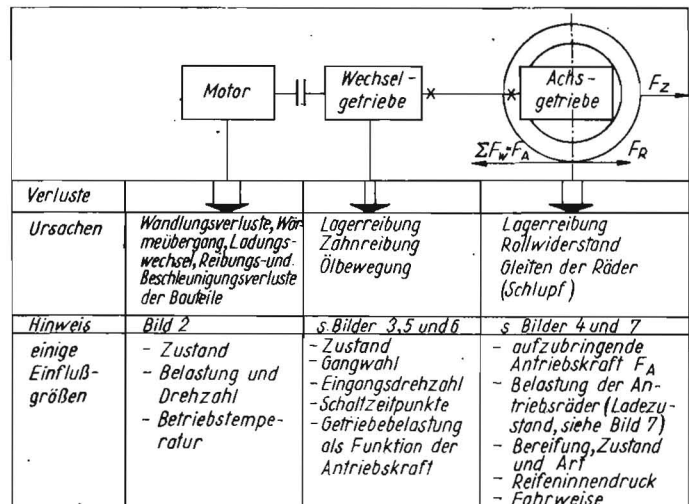


Bild 2. Energiebilanz eines Fahrzeugdieselmotors: n_{v0} Vollastdrehzahl, n beliebige Motordrehzahl

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