

# Motorbelastung und Kraftstoffverbrauch des Traktors ZT 300 beim Grubbern

Dipl.-Ing. H. Schulz, KDT/Dozent Dr.-Ing. K. Queitsch, KDT  
 Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion

**Verwendete Formelzeichen**

A	ha/h	Flächenleistung
a	Konstante (a = 7 000)	
B <sub>a</sub>	kg/h	stündlicher Kraftstoffverbrauch
b	Konstante (b = 2 736)	
b <sub>A</sub>	kg/ha	flächenbezogener Kraftstoffverbrauch
b <sub>s</sub>	g/kWh	spezifischer Kraftstoffverbrauch
b <sub>G</sub>	m	Arbeitsbreite des Grubbers
c	Konstante (c = 14 300)	
F <sub>A</sub>	N	Antriebskraft
F <sub>H</sub>	N	Hinterachskraft
F <sub>R</sub>	N	Rollwiderstand
F <sub>Z</sub>	N	Zugkraft
F <sub>Z'</sub>	N/m	auf Antriebsbreite bezogene Zugkraft
l		Gesamtübersetzung des Getriebes (Leistungsübertragung)
K <sub>M</sub>		Konstante (motorabhängig)
M <sub>A</sub>	Nm	Radnabenmoment (Getriebeausgangsdrehmoment)
M <sub>d</sub>	Nm	Motornennmoment
M <sub>E</sub>	Nm	Getriebeeingangsdrehmoment
M <sub>erf</sub>	Nm	vom Motor abgefordertes (aufzubringendes) Moment
m <sub>T</sub>	kg	Masse des Traktors
n <sub>A</sub>	U/s	Drehzahl der Antriebsräder (Getriebeausgangsdrehzahl)
n <sub>E</sub>	U/s	Getriebeeingangsdrehzahl (≙ n <sub>M</sub> )
n <sub>M</sub>	U/s	Motordrehzahl
P <sub>A</sub>	kW	Leistung an den Radnaben (Getriebeausgangsleistung)
P <sub>E</sub>	kW	Getriebeeingangsleistung (≙ P <sub>erf</sub> )
P <sub>erf</sub>	kW	vom Motor abgeforderte Leistung
P <sub>e,nenn</sub>	kW	Motornennleistung
P <sub>R</sub>	kW	Rollwiderstandsleistung
P <sub>Z</sub>	kW	Zugleistung
P <sub>σ</sub>	kW	Schlupfleistung
p <sub>e</sub>	MPa	effektiver Mitteldruck des Motors
r <sub>w</sub>	m	wirksamer Radius der Antriebsräder
v <sub>F</sub>	m/s	Arbeitsgeschwindigkeit
w <sub>e</sub>	kWh/m <sup>3</sup>	Energiedichte
ζ		Zugkraftbeiwert
η <sub>l</sub>		Getriebewirkungsgrad (Leistungsübertragung)
η <sub>F</sub>		Fahrwerkwirkungsgrad
λ		Auslastungsgrad des Motors
μ <sub>K</sub>		Kraftschlußbeiwert
ρ		Rollwiderstandsbeiwert
ρ <sub>Kr</sub>		Kraftstoffdichte (ρ <sub>Kr</sub> ≈ 0,83 kg/l)
σ		Schlupf der Antriebsräder
φ <sub>1</sub>		relative vertikale Vorderachskraft
φ <sub>2</sub>		relative vertikale Hinterachskraft

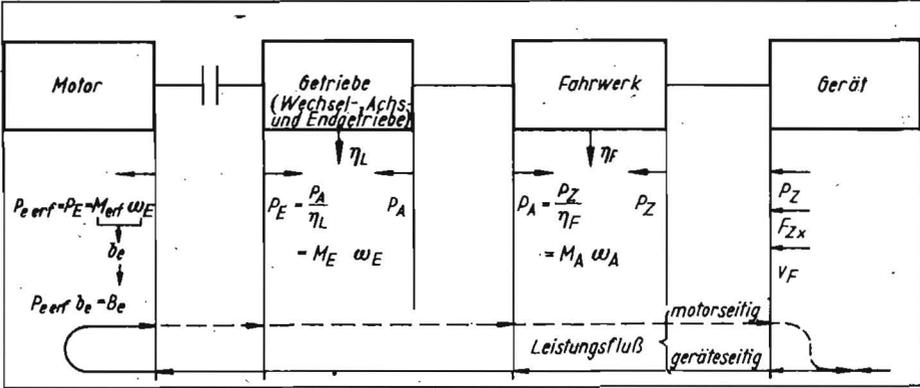


Bild 1. Leistungsfluß im Traktor für den Geräteantrieb

zufolge beeinflussbar. Beim Grubbern treten z. B. folgende Einflußgrößen auf:  
 – spezifischer Arbeitswiderstand  
 – Bearbeitungsquerschnitt  
 – Aggregatbildung  
 – Arbeitsgeschwindigkeit  
 – Gangwahl  
 – Fahrweise.

Die Wechselbeziehungen zwischen diesen Größen sollten als Einsatzzeigenschaften bei der Aggregatierung bekannt sein. Nachfolgend werden derartige Zusammenhänge an einem Beispiel für die Praxis verdeutlicht, indem der Arbeitsgang „Grubbern“ mit dem Traktor ZT 300 und dem Grubber B 250 untersucht wird. Vorausgesetzt wird die Kenntnis der Beziehungen zwischen Motorbelastung und Drehzahl sowie dem daraus resultierenden Kraftstoffverbrauch. Anhand des Motorkennlinienfelds wurden diese Zusammenhänge für den Motor des Traktors ZT 300 in [1] übersichtlich und verständlich dargestellt. Zu bemerken ist, daß sich bisher relativ wenige Publikationen – im Gegensatz zur allgemeinen Fahrzeugtechnik – mit der Belastung und dem Kraftstoffverbrauch von

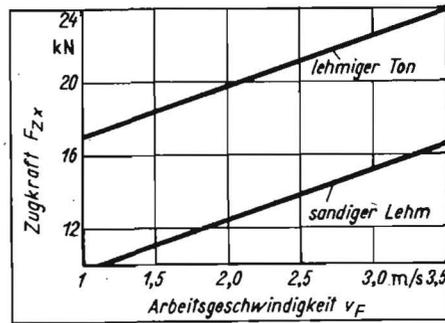
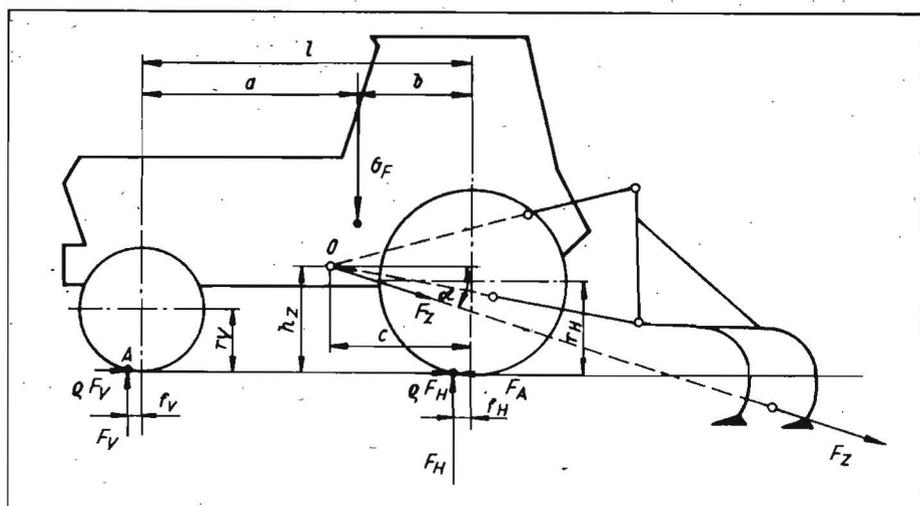


Bild 2. Horizontaler Zugkraftbedarf des Grubbers in Abhängigkeit von Arbeitsgeschwindigkeit und Bodenart

Traktorenmotoren in Abhängigkeit von Leistungsbedarf und Eigenverlusten befaßten [2 bis 6], denn bekannt ist, daß sich die Motorbelastung im Gesamtsystem Gerät – Boden – Fahrwerk – Getriebe – Motor einstellt [6, 7, 8]. Von Bedeutung sind auch noch Motor-elastizität, Getriebebesprung, Gangwahl, zu erreichende Flächenleistungen sowie Funktion und Lebensdauer.

Bild 3. Belastung des Traktors ZT 300 beim Grubbern; l = 2 800 mm, a = 1 950 mm, c = 1 640 mm, h<sub>Z</sub> = 420 mm, α = 7°, f<sub>V</sub> = 28 mm, f<sub>H</sub> = 57 mm, r<sub>V</sub> = 467 mm, r<sub>H</sub> = 720 mm, G<sub>F</sub> = 59,15 kN



**1. Einleitung**

Bei allen landwirtschaftlichen Arbeiten, speziell bei der Bodenbearbeitung, ist der Energieaufwand (Kraftstoffverbrauch) wesentlich von der Motorbelastung abhängig und dem-

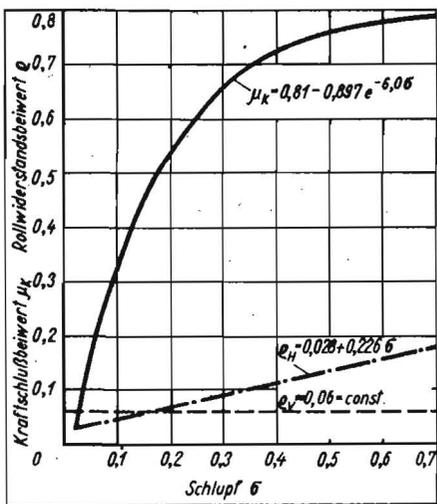


Bild 4. Kraftschluß- und Rollwiderstandsbeiwert für das Fahrwerk des Traktors ZT 300 auf anlehmigem Sand

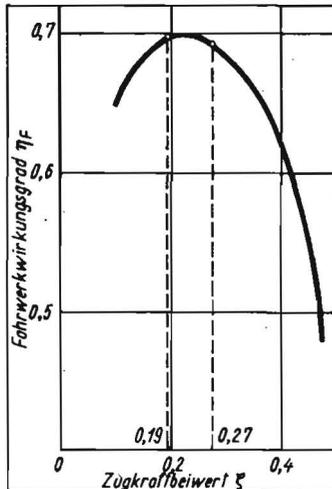


Bild 5. Fahrwerkwirkungsgrad  $\eta_f$  des Traktors ZT 300 in Abhängigkeit vom Zugkraftbeiwert  $\zeta$  (Werte nach Bild 4, anlehmiger Sand)

Der Zugkraftbedarf eines Geräts (Gerätewiderstand oder „Lastprozeß“) bestimmt ursprünglich die Motorbelastung. Bei der Bodenbearbeitung, so auch beim Grubbern, ändert sich der Zugkraftbedarf mit der Arbeitsgeschwindigkeit. Unter Beachtung der auftretenden Verluste und in Abhängigkeit von der Gangwahl können aus dem Zugkraftbedarf die Motorbelastung und der Kraftstoffverbrauch ermittelt werden (Bild 1). Belastung und Verbrauch sind entweder durch Messungen oder grafo-analytisch mit Hilfe des Motorkennlinienfelds (s. Bild 7), das zur Verbrauchsermittlung vorliegen muß, ermittelt und darstellbar [9, 10]. Zum Feststellen der Belastungs- und damit der Verbrauchsbereich

che eines Motors ist vom Gerätewiderstand auszugehen (s. Bild 7), wobei für die Betrachtungen meistens quasistatische Belastungen unterstellt werden.

### 2. Gerätewiderstandslinien

Die Einflußgrößen auf den Grubberwiderstand und auf spezifische Größen zu seiner annähernden Ermittlung sind bekannt [11]. Durch umfangreiche Versuche und deren statistische Auswertung wurden für Grubber zur Berechnung einer bezogenen Zugkraft  $F_z'$  folgende Ansätze ermittelt [12, 13]:

$$F_z' = a + b v_f \quad (1a)$$

– auf lehmigem Ton

$$F_z' = c + b v_f \quad (1b)$$

Der Grubberzugkraftbedarf ergibt sich damit aus

$$F_z = F_z' b_0 \quad (2)$$

und für den Grubber B 250 nach Bild 2 aus einem für diese Arbeiten interessierenden Geschwindigkeitsbereich von 4 bis 12 km/h (1,10 bis 3,33 m/s). Dieser Bereich wird durch die Gänge I/3, II/3 und III/1 des Traktors ZT 300 abgedeckt. Für die Beispielsbetrachtung werden die Gänge II/3 und III/1 gewählt, als Bodenart wird sandiger Lehm angenommen [14].

### 3. Fahrwerkverluste

Der Zugkraftbedarf für den Grubber zuzüglich des Rollwiderstands des Traktors muß als Antriebskraft  $F_A = F_{z_x} + \Sigma F_R$  zwischen den Antriebsrädern und dem Boden erzeugt werden. Beim Erzeugen der Antriebskraft tritt – abhängig von ihrer Größe – ein mehr oder weniger großer Schlupf auf. Schlupf und Rollwiderstand sind die Verlustursachen am Fahrwerk.

Die bodenseitig erzeugbare Antriebskraft des Traktors ist vom Kraftschluß zwischen den Rädern und dem Boden und vom Schlupf  $\mu_k = F_A/F_H = f(\sigma)$  abhängig. Die Größe der Belastung der Antriebsachse hängt von der statischen Achskraft und von der Achskraftänderung ab, die wiederum vom Gerätewiderstand und von der Verbindungsart abhängig ist. Sie bestimmt neben den Kraftschlußbedingungen die Traktionsfähigkeit, ausgedrückt durch die  $\mu_k$ - $\sigma$ -Kurve und den Fahrwerkwirkungsgrad. Für die gewählte Aggregatierung nach Bild 3 lassen sich folgende Beziehungen herstellen.

#### 3.1. Vertikale Achskräfte

Nach Bild 3 ergeben sich bei der Aggregatierung folgende Gleichgewichtsbedingungen:

$$\uparrow F_V + F_H - G_F - F_{z_x} \tan \alpha = 0 \quad (3)$$

$$\leftarrow F_A - \rho(F_V + F_H) - F_{z_x} = 0 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \bar{A} \quad & F_H(l - f_H + f_v) - G_F(a + f_v) \\ & - F_{z_x} h_z - F_{z_x} \tan \alpha (l + f_v + c) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Daraus sind die vertikalen Achskräfte abzuleiten:

$$F_H = G_F \frac{a + f_v}{l - f_H + f_v} + F_{z_x} \frac{h_z + (l + f_v - c) \tan \alpha}{l - f_H + f_v} \quad (6)$$

$$F_V = G_F \frac{b - f_H}{l - f_H + f_v} - F_{z_x} \frac{h_z - (c - f_H) \tan \alpha}{l - f_H + f_v} \quad (7)$$

Werden die Gln. (6) und (7) durch  $G_F$  dividiert, ergeben sich für die Kräfte dimensionslose Größen und angenähert konstante Faktoren für die geometrischen Einflußgrößen, deren Bezeichnungen und Größen analog zu den Gln. (6) und (7) sind:

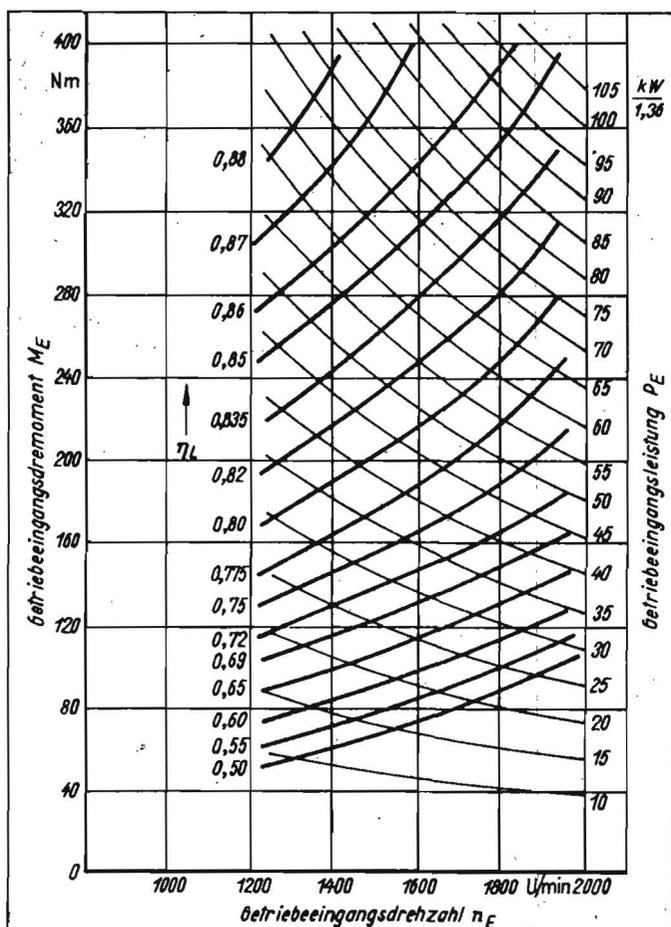
$$\varphi_2 = k_2 + \zeta k_{02} \quad (8)$$

$$\varphi_1 = k_1 - \zeta k_{01} \quad (9)$$

$$\varphi_2 = F_H/G_F, \varphi_1 = F_V/G_F, \zeta = F_{z_x}/G_F.$$

Bild 6 Wirkunggradkennfeld für den Gang III/1 des Traktors ZT 300

Vorteile dimensionsloser Größen sind der verminderte Berechnungsaufwand und eine bessere Vergleichbarkeit.



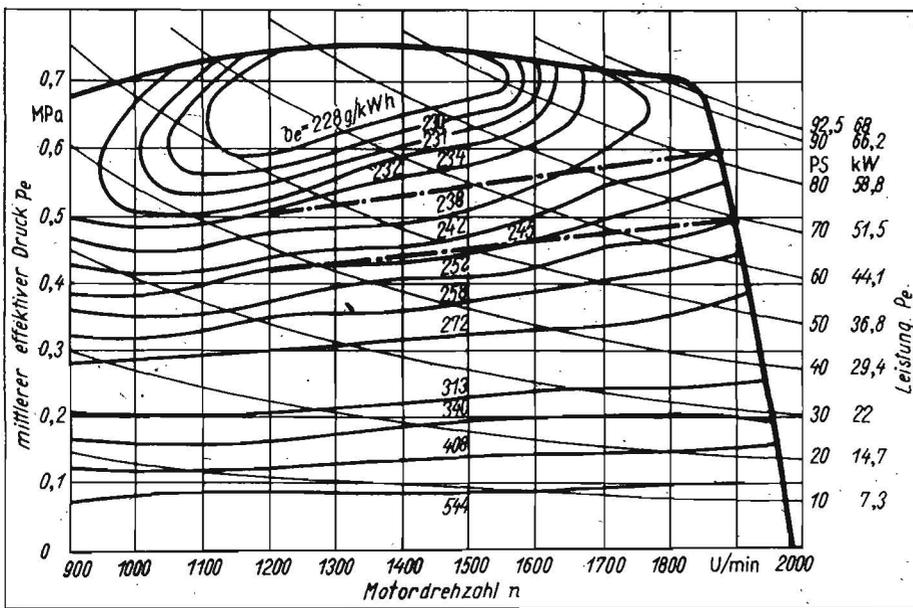


Bild 7. Kennlinienfeld des Motors des Traktors ZT 300 mit eingetragenen Arbeitswiderstandslinien (dicke Strichpunktlinien) in den Gängen II/3 und III/1 beim Grubbern

### 3.2. Fahrbahnkennlinien

Die relative, auf das Traktorgewicht ( $m_T \cdot g$ ) bezogene Antriebskraft  $F_A$  wird aus Gl. (4) mit dem folgenden Verhältnis bestimmt:

$$\mu_K = \frac{F_A}{F_H} \quad (10)$$

$$\mu_K \Phi_2 - \rho_V \Phi_1 - \rho_H \Phi_2 - \zeta = 0. \text{ (bei } \rho_V \neq \rho_H \text{)} \quad (11)$$

Da der Kraftschlußbeiwert vom Schlupf abhängt, kann die  $\mu_K \sigma$ -Funktion nach [15] näherungsweise beschrieben werden zu:

$$\mu_K = \mu_{K_{max}} - A e^{K\sigma} \quad (12 a)$$

Für die angenehme Bodenart und den Reifen 18,4/30-AS des Traktors kann nach Versuchen [16, 17] folgende Funktion angenommen werden (Bild 4):

$$\mu_K = 0,81 - 0,897 e^{-6,0\sigma} \quad (12 b)$$

Der Rollwiderstand  $\rho_V$  an der Vorderachse kann mit  $\rho_V \approx 0,06 \approx \text{const.}$  angenommen werden [2], während der Beiwert an den Antriebsrädern als linear vom Schlupf abhängig zugrunde gelegt werden kann [12]:

$$\rho_H = 0,028 + 0,226 \sigma. \quad (13)$$

Mit Kenntnis voriger Größen kann schlupfabhängig mit der Gl. (11) unter Beachtung der Gln. (8) und (9) der bodenseitig erreichbare Zugkraftbeiwert  $\zeta$  ermittelt werden [17]:

$$\zeta = \frac{(\mu_K - \rho_H) k_2 - \rho_V k_1}{1 - (\mu_K - \rho_H) k_{02} - \rho_V k_{01}} \quad (14)$$

Der Fahrwerkwirkungsgrad ist das Verhältnis von Zugleistung zur Antriebsleistung an den Radnaben:

$$\eta_F = \frac{P_Z}{P_A} = \frac{P_Z}{P_R + P_o + P_Z} = \frac{F_{Zx} v_F}{\rho (F_V + F_H) v_F + F_A \frac{1}{1 - \sigma} v_F + F_{Zx} v_F} = \frac{F_{Zx} (1 - \sigma)}{F_A} \quad (15)$$

Der Ausdruck mit dimensionslosen Größen lautet:

$$\eta_F = \frac{\zeta (1 - \sigma)}{\mu_K \Phi_2} \quad (16)$$

Aus der Abhängigkeit  $\mu_K = f(\sigma)$  nach Bild 4 können punktweise für vorgegebene Schlupfwerte der Kraftschlußbeiwert  $\mu_K$ , der Rollwiderstandsbeiwert  $\rho_H$  und der mögliche Zugkraftbeiwert  $\zeta$  berechnet werden. Mit  $\Phi_2 = f(\zeta)$  und den ermittelten Größen ist der Fahrwerkwirkungsgrad eine Funktion von  $\zeta$  (Bild 5) mit den Werten nach Bild 3. Aus dem Grubberwiderstand (Bild 2) und dem Traktorgewicht von etwa 59 kN (s. Bild 3) ergibt sich  $\eta_F$  als Höchstwert im Bereich des Zugkraftbeiwerts von etwa 0,19 bis 0,27. Nach Bild 4 ist damit im gewählten Geschwindigkeitsbereich mit ausreichender Genauigkeit ein Fahrwerkwirkungsgrad  $\eta_F \approx 0,70$  anzusetzen, bzw. der Fahrwerkwirkungsgrad ändert sich gegenüber dem Höchstwert nur geringfügig. Das Radnabenmoment ergibt sich zu

$$M_A = \frac{(F_{Zx} + F_R) r_w}{\eta_F} \quad (17)$$

und die Drehzahl der Antriebsräder zu

$$n_A = \frac{v_F}{2\pi r_w (1 - \sigma)} \quad (18)$$

Diese beiden Werte sind die „geforderten“ Ausgangsdaten des ZT 300-Getriebes für das Grubbern und somit für das Bestimmen der Getriebeverluste von Bedeutung.

### 4. Getriebeverluste

Beim Geräteantrieb durch den Traktor bestimmen die gewählte Übersetzung und die Eigenverluste des Getriebes mit der Belastung des Motors. Die im Getriebe durch Reibung an den Verzahnungen, Lagerreibung und Pansenverluste auftretenden Verluste sind erheblich von den Betriebsbedingungen, besonders vom Eingangsmoment und von der Eingangsdrehzahl, abhängig. Die Getriebeverluste werden durch den Wirkungsgrad der Leistungsübertragung  $\eta_L$  im Traktor

(Wechsel-, Achs- und Endgetriebe) erfaßt (s. Bild 1):

$$\eta_L = \frac{P_A}{P_{o_{erf}}} = \frac{P_A}{P_E} = \frac{M_A 2\pi n_A}{M_E 2\pi n_E} \quad (19)$$

Für eine Reihe von Untersuchungen an Traktoren oder Maschinen-Traktoren-Aggregaten wird der Getriebewirkungsgrad häufig geschätzt oder überschlägig berechnet. Hier liegt offensichtlich noch eine größere Datenlücke für viele energetische Betrachtungen vor. Bei den genannten Methoden kann die Abhängigkeit von Belastung und Drehzahl nicht berücksichtigt werden. Eine exakte Berechnung der Wirkungsgrade ist noch nicht möglich. Der Getriebewirkungsgrad wird üblicherweise noch prüftechnisch ermittelt und für Traktoren sehr aussagefähig als Wirkungsgradkennfeld (Getriebekennfeld) in Abhängigkeit von Eingangsdrehmoment und -drehzahl dargestellt (Bild 6) [19]. Wie bereits angegeben, werden für das gewählte Beispiel die Gänge II/3 ( $i_L = 52,8$ ) und III/1 ( $i_L = 41,5$ ) des Traktors ZT 300 gewählt. Von diesen Gängen sind die Wirkungsgradkennfelder bekannt. Ausgehend von den gewählten Arbeitsgeschwindigkeiten und dem davon abhängigen Zugkraftbedarf (Bild 2) werden mit diesen Gängen die Drehzahl  $n_E$  und das Moment  $M_E$  am Getriebeeingang berechnet, da hiervon mit dem Wirkungsgradkennfeld die funktionelle Abhängigkeit des Getriebewirkungsgrads vorliegt:

$$M_E = M_{erf} = \frac{M_A}{\eta_L i_L} \quad (20)$$

$$n_E = n_M = n_A i_L \quad (21)$$

Die bisherige Methode, bei Energieanalysen einen konstanten Getriebewirkungsgrad  $\eta_L$  anzunehmen, kann nicht durchgängig aufrecht erhalten werden, denn bezogen auf die nominelle Getriebeeingangleistung (optimale Abstimmung von Motor und Getriebe vorausgesetzt) ist  $\eta_L$  in Abhängigkeit vom Motorauslastungsgrad [s. Gl. (24)] stark veränderlich. Für den Gang III/1 (Bild 6) beispielsweise sinkt  $\eta_L$  bei Belastungsänderung von 100 % auf 50 % bei Nenndrehzahl um etwa 10 %. Für das genauere Beachten des Wertes von  $\eta_L$  ist dieser zunächst zu wählen oder anhand vorliegender Kennfelder abzuschätzen, dann z. B. iterativ ( $\eta_{L_{wahl}} - \eta_{L_{wirl.}} \approx 0$ ) anzunähern und so gegenwärtig belastungsabhängig, mit höherer Genauigkeit als bisher, bestimmbar.

Für weitere Aufgaben bei der Optimierung von Aggregaten sind das Ermitteln von Wirkungsgradkennfeldern und deren mathematische Formulierung und EDV-Aufbereitung zu empfehlen. Dabei sollte der Getriebewirkungsgrad  $\eta_L$  zweckmäßiger in Abhängigkeit vom Ausgangsdrehmoment des Getriebes angegeben werden.

### 5. Ermitteln der Motorbelastung

Bei nicht rutschender Fahrkupplung sind im Fahrbetrieb die Werte von Drehzahl und Moment am Getriebeeingang gleich der Motordrehzahl  $n_M$  und dem vom Motor aufzubringenden Moment  $M_{erf}$  [s. Gln. (20) und (21)]. Unter Motorlast oder -belastung wird dabei die Höhe des in Anspruch genommenen Moments verstanden.

In einem Motorkennlinienfeld wird z. B. für Vergleichszwecke von Motoren nicht der absolute Betrag des Moments über der Drehzahl aufgetragen, sondern die Energiedichte

$w_0$  als Maß für die Hubraumarbeit oder wie im Bild 7 der effektive Druck  $p_0$  als Mittelwert des Motorkreisprozesses unter Beachtung der Motoreigenverluste. Die Höhe des Drucks ist ein Maß für die Motorbelastung. Der effektive Druck  $p_0$  ergibt sich aus

$$p_0 = K_M M_{\text{erf}} \quad (22)$$

oder aus dem Geräte- und Rollwiderstand mit  $K_M$  als für einen Motor konstante Größe:

$$p_0 = \frac{(F_{Zx} + F_R) r_w}{i_L \eta_F \eta_L K_M} \quad (23)$$

Mit den angenommenen und ermittelten Werten und Zusammenhängen wurden die Belastungslinien des Motors für das Grubbern in den gewählten Gängen berechnet und in das Motorkennlinienfeld (Bild 7) eingetragen. Beim Schwanken von Zugkraft oder Geschwindigkeit ist die Lage der Linien im Motorkennlinienfeld verändert, und es wird in anderen Belastungs- und damit Kraftstoffverbrauchsbereichen gearbeitet.

### 6. Kraftstoffverbrauch und Flächenleistung

Im allgemeinen wird bei der Bodenbearbeitung und damit auch beim Grubbern mit voll eingestellter Fördermenge (Anschlag des Drehzahlverstellhebels) gearbeitet. Im vorliegenden Fall wird in beiden Gängen im Grenzzustand auf der Abregellinie gefahren (s. Bild 7).

Der Auslastungsgrad des Motors beträgt dabei als Verhältnis

$$\lambda = \frac{P_{0 \text{ erf}}}{P_{0 \text{ nom}}} \cdot 100 \quad (24)$$

an der Abregellinie im Gang II/3 etwa 73,5 % und im Gang III/1 etwa 88,6 %. Der stündliche Kraftstoffverbrauch, nach der Beziehung

$$B_0 = P_{0 \text{ erf}} b_0 \quad (25)$$

ermittelt, beträgt im Gang II/3 (50 kW · 252 g/kWh)/1 000 = 12,6 kg/h und im Gang III/1 14,6 kg/h. Die für das Grubbern in diesen Gängen erforderliche Leistung  $P_{0 \text{ erf}}$  und der dabei auftretende spezifische Kraftstoffverbrauch  $b_0$  sind dem Motorkennlinienfeld (Bild 7) zu entnehmen, im Beispiel die Schnittpunkte der Widerstandslinien mit der Nenndrehzahl-Abregellinie. Gegebenenfalls ist beim Ermitteln der Leistungs- und Kraftstoffverbrauchswerte zu interpolieren.

Bezogen auf einen Hektar ergibt sich der Kraftstoffverbrauch

$$b_A = \frac{B_0}{b_G v_F \rho_K} \quad (26)$$

mit  $v_F = v_{th} (1 - \sigma)$  nach Gl. (18) und  $\sigma \approx 11$  % aus Bild 4 im Gang II/3 zu 15,2 l/ha und im Gang III/1 zu 14,0 l/ha.

Bei Zurücknahme der Fördermenge verläuft die Motorbelastung entlang den Arbeitswi-

derstandslinien. Wird nun, um den Kraftstoffverbrauch zu verringern, durch Fördermengenverringern die Drehzahl reduziert, der Gang aber beibehalten (II/3), tritt eine Verringerung der Flächenleistung ein. Diese Verringerung verhält sich – unter Vernachlässigung der Schlupfänderung – wie die Drehzahlreduzierung [1, 18]. Im Gang II/3 und bei einer Drehzahlverringern z. B. von 1 890 U/min auf 1 600 U/min gilt

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{v_{F2}}{v_{F1}} = \frac{n_{M2}}{n_{M1}} = \frac{1\,600 \text{ U/min}}{1\,890 \text{ U/min}} = 0,847, \quad (27)$$

d. h. die Flächenleistung sinkt um 15,3 %. Der Verbrauch je Hektar ändert sich auf

$$\frac{b_{A2}}{b_{A1}} = \frac{B_{02} A_1}{B_{01} A_2} = \frac{42,6 \text{ kW} \cdot 245 \text{ g/kWh}}{1\,000 \cdot 12,6 \text{ kg/h}} \cdot \frac{1}{0,847} = 0,978, \quad (28)$$

sinkt also nur um 2,2 %. Die Größen  $B_{01}$  und  $B_{02}$  werden anhand des Motorkennlinienfelds mit Gl. (25) ermittelt.

Wird nun mit der Geschwindigkeit gearbeitet, die sich im Gang II/3 mit 4,5 km/h an der Abregellinie (1 890 U/min) ergibt, aber auf den Gang III/1 hochgeschaltet, kann die Drehzahl auf etwa 1 500 U/min gesenkt werden, ohne daß die Flächenleistung sinkt. Unter Anwendung von Gl. (28) mit  $A_1 = A_2$  kann eine Einsparung des flächenbezogenen Kraftstoffverbrauchs von 18,7 % angegeben werden.

### 7. Zusammenfassung

Die Ausführungen sollen zur Beurteilung optimaler Aggregatnutzungen mit Traktoren beitragen. Am Beispiel des Arbeitsgangs Grubbern wurde dargestellt, daß die Belastung eines Traktormotors zuerst vom Gerätewiderstand und weiterhin von den weiteren Widerständen und Verlusten am Traktor sowie von den gewählten Übersetzungen und Drehzahlen abhängt. Damit ist auch dargestellt, daß eine optimale Aggregatbildung unter bestimmten Voraussetzungen vereinfachend rechnerisch erfaßbar ist. Neben den rechnerischen Grundlagen ist aber dazu erforderlich, daß eine Reihe von Werten versuchs-technisch ermittelt vorliegen müssen, deren Verallgemeinerung statistisch gesichert ist.

Die dargestellte, an sich bekannte, aber in der Landtechnik wenig genutzte Möglichkeit zur Untersuchung der energetischen Bilanz von Aggregaten ist weiter ausbaufähig und für die Praxis vielfältig nutzbar.

### Literatur

- [1] Hoffmann, K.: Eine Möglichkeit der Kraftstoffeinsparung beim Einsatz des Traktors ZT 300. agrartechnik, Berlin 32 (1982) 10, S. 450–452.
- [2] Hofmann, K.: Fahrmechanischer Vergleich verschiedener Traktorkonstruktionen. TU Dresden, Habilitationsschrift 1969.

- [3] Komandi, G.: Die Beziehung zwischen Zughaftenleistung und Motorleistung beim Traktor. Dt. Agrartechnik, Berlin 18 (1968) 4, S. 169–172.
- [4] Schulz, H.: Zur wirtschaftlichen Nutzung der Traktormotoren. Dt. Agrartechnik, Berlin 18 (1968) 4, S. 155–158.
- [5] Stroppe, A.: Energie- und Arbeitszeitbedarf für gezogene Geräte der Bodenbearbeitung bei unterschiedlicher Schleppermotorauslastung. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 30 (1980) 4, S. 135–139.
- [6] Jahns, G.; Steinkampf, H.: Einflußgrößen auf Flächenleistung und Energieaufwand beim Schleppereinsatz. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 32 (1982) 1, S. 20–27.
- [7] Leuschner, J.; Leuschner, E.: Technisch-ökonomische Modelle zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs für die maschinelle Ernte von Feldgemüse. agrartechnik, Berlin 32 (1982) 10, S. 445–447.
- [8] Scharov, N. M.: Einsatzigenschaften von Maschinen-Traktoren-Aggregaten. Moskau: Verlag Kolos 1981.
- [9] Kiene, W.: Leistungs- und Verbrauchskennfeld des Ackerschlepper-Dieselmotors. Landtechnische Forschung (1955) 2, S. 33–41.
- [10] Schulz, H.; Fischer, H.-J.: Aussagen und Aufstellen der Traktormotor-Kennlinienfelder. Dt. Agrartechnik, Berlin 20 (1970) 3, S. 143–146.
- [11] Bernacki, H.; Haman, J.: Grundlagen der Bodenbearbeitung und Pflugbau. Berlin: VEB Verlag Technik 1973.
- [12] Stroppe, A.: Eine Methode zur Beurteilung von Bodenbearbeitungsverfahren im Hinblick auf die Schlagkraft. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 27 (1977) 4, S. 108–114.
- [13] Kutzbach, H. D.: Ein Beitrag zur Fahrmechanik des Ackerschleppers – Reifenschlupf, Schleppermasse und Flächenleistung, Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 32 (1982) 2, S. 41–48.
- [14] Rothe, J.: Verteilung der Bodenarten und natürlichen Standorte der landwirtschaftlichen Produktion in den wichtigsten Ackerkulturen. agrartechnik, Berlin 28 (1978) 7, S. 309–310.
- [15] Sonnen, F.: Über den Einfluß von Form und Länge der Aufstandsfläche auf die Zugfähigkeit und den Rollwiderstand von AS-Reifen. Institut für Betriebstechnik Braunschweig-Völknerode 1970.
- [16] Große, J.; Sauder, D.-R.: Experimentelle Untersuchung der Wirksamkeit des Zugkraftverstärkers beim Einsatz am Traktor-Pflug-Aggregat ZT 300/B 201 auf die Erhöhung des Fahrwerkwirkungsgrades. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1981 (unveröffentlicht).
- [17] Queitsch, K.: Vorlesungen über Aggregatierung. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg 1981.
- [18] Schulz, H.: Zum Schlupf beim Fahrzeugeinsatz. agrartechnik, Berlin 28 (1978) 4, S. 184.
- [19] VEB Traktorenwerk Schönebeck. Bericht über Getriebeuntersuchungen (VB Nr. 17/65).

A 3745

Folgende Fachzeitschriften des Maschinenbaus erscheinen im VEB Verlag Technik:

agrartechnik; Feingerätetechnik; Fertigungstechnik und Betrieb; Hebezeuge und Fördermittel; Kraftfahrzeugtechnik; Luft- und Kältetechnik; Maschinenbautechnik; Metallverarbeitung; Schmierungstechnik; Schweißtechnik; Seewirtschaft