

Zum Masse-Leistungs-Verhältnis von selbstfahrenden Transport- und Landmaschinen

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

1. Vorbemerkungen

Seit Jahren werden in der Landtechnik Fahrzeuge, besonders Traktoren und selbstfahrende Landmaschinen (Erntemaschinen), hinsichtlich Masse und Motorleistung nach dem Masse-Leistungs-Verhältnis (MLV) δ (früher Leistungsgewicht oder Leistungsmasse) [1 bis 5] und neuerlich auch nach dessen Kehrwert, dem Leistungs-Masse-Verhältnis (LMV) ϵ , bewertet [6]. Dieses Verhältnis wird auch als Motorisierungsgrad bezeichnet [7] und überwiegend als Kennwert im Pkw- und Gkw-Bau — in der UdSSR auch teilweise für Traktoren — angewendet. Zwischen beiden Verhältniswerten besteht die Beziehung

$$\epsilon = 1000 \frac{1}{\delta};$$

ϵ LMV in kW/t
 δ MLV in kg/kW.

Im folgenden Beitrag sollen keine Bewertungen hinsichtlich der zweckmäßigen Aussage dieser oder jener Beziehung vorgenommen, sondern einige Betrachtungen zum MLV von selbstfahrenden Transport- und Landmaschinen angestellt werden, zumal dieser Kennwert gegenwärtig vielfach mit einsatztechnischen Parametern in Verbindung gebracht wird. Allgemein ist das MLV das Verhältnis von Fahrzeug- oder Maschinenmasse m_E zur installierten Motorleistung P_e :

$$\delta = \frac{m_E}{P_e}; \quad (1)$$

m_E Eigenmasse (s. Tafel 1)
 P_e Motornennleistung nach Standard TGL 8346.

Formal kann das MLV als Kennwert der Materialökonomie verwendet werden (Bild 1) [8, 9, 11]. Da dieses Verhältnis aber auch durch eine veränderte Motorleistung gemäß Standard TGL 8346 beeinflusst werden kann, ist eine materialökonomische Aussage damit nicht eindeutig möglich. Andererseits sind Fahrzeuge und Maschinen mit unterschiedlichem technischen Aufwand ausgestattet — das kann sich beispielsweise auf Traktoren der gleichen Zugkraftklasse beziehen —, so daß ein Vergleich der Masse-Leistungs-Verhältnisse zu falschen Schlußfolgerungen führen kann. Dieser Kennwert reicht damit noch nicht voll aus, um den

tatsächlichen technischen Aufwand bei selbstfahrenden Transport- und Landmaschinen zu charakterisieren [10], denn es fehlt beispielsweise eine Aussage über die verwendeten Werkstoffe und die darin vergegenständlichte Arbeit. Aus den genannten Gründen ist der Nachweis des Leichtbaus damit z. Z. nur bedingt möglich. Auch in der UdSSR befassen sich Wissenschaftler mit den Aussagen und der Entwicklung des MLV von Traktoren und Größen, die darauf Einfluß haben. Volkswirtschaftliche Bewertungen des MLV werden von Parfenov und Rotenberg [11] vorgenommen, wobei künftig auch das Anwenden von technologischen und komplexen Masse-Leistungs-Verhältnissen vorgeschlagen wird, so daß damit auch materialökonomische und gesamtökonomische Aussagen möglich werden sollen.

Es erscheint durchaus sinnvoll, einige Überlegungen zu Masse-Leistungs-Verhältnissen aus verschiedener Sicht anzustellen, wobei die Beziehung von Masse und Leistung für das Einsatzverhalten selbstfahrender Transport- und Landmaschinen, z. B. aus energetischen Gründen, von besonderem Interesse ist (Tafel 1).

2. MLV von Traktoren, Gkw und selbstfahrenden Landmaschinen

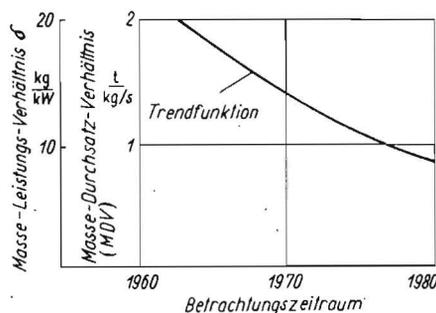
2.1. Traktoren

Durch Untersuchungen ist bekannt, daß bei Traktoren mit steigender Motorleistung, aber auch mit zunehmender Entwicklungszeit (Bilder 2 und 3) [4, 12] das MLV abgenommen hat. Diese Tendenz hält offensichtlich noch an, wird aber für einen Teil der Traktoren begrenzt sein, da Traktoren höherer Zugkraftklassen mehr für Zugarbeiten eingesetzt werden. Außerdem wird der Anteil der Zusatzbelastung durch Gerätemassen, bezogen auf die Traktormasse, bei leistungsstärkeren Traktoren geringer, so daß das MLV bei zunehmenden Traktorgrößen (voraussichtlich ab der 40-kN-Zugkraftklasse) eher zu- als abnehmen dürfte, zumal bei Allradantrieb die Vorderachsentlastung durch regelnde Kraftheber nicht problemlos ist [5]. Da der Einsatz von Traktoren in den einzelnen Zugkraftklassen künftig nur auf eine begrenzte Anzahl von Arbeiten zutrifft, ist ein gewisses Optimieren der Masse-Leistungs-Verhältnisse in Abhängigkeit von den agrotechnisch zweckmäßigsten Fahrgeschwindigkeiten möglich.

Tafel 1. Mögliche MLV für selbstfahrende Transport- und Landmaschinen

Transport- und Landmaschinen	MLV ⁴⁾ materialökonomisch	einsatztechnisch	Erläuterungen
Traktoren	$\delta = m_E/P_e$ $\delta = (m_w + m_{\text{Beir}})/P_e$ (s. Bilder 2 u. 3) $\delta = (m_E + m_{\text{Agg}})/P_e$ (nach [21] für ausgewählte Aggregate der Grundbodenbearbeitung $\delta = 72,5 \dots 130 \text{ kg/kW}$)	$\delta = m_F/P_e$ $m_E + m_B + m_{\text{Agg}} = m_F$ $m_E = m_w + m_{\text{Beir}}$ ⁵⁾	m_B Ballastmassen (Bild 8) m_E Eigenmasse m_{Beir} Masse der Betriebsstoffe m_w Masse des Werkstoffs m_{Agg} Zusatzmasse bei Aggregatierung ¹⁾ m_F Traktor(einsatz)masse
Gkw	wie bei Traktoren (Bild 5)	$\delta = (m_E + m_N)/P_e$ oder allgemein: $\delta = (m_E + m_N \gamma_1)/P_e$ bzw. $\delta = m_N \left(\frac{1}{q_N} + \gamma_1 \right) / P_e$	m_N Nutzmasse γ_1 Auslastungsgrad (Bild 6) $q_N = \frac{m_N}{m_E}$ Nutzladequotient ²⁾
selbstfahrende Landmaschinen ohne Gutbunkerung	wie bei Traktoren	$\delta = (m_E + m_D + m_S)/P_e$	m_D Durchlaufmasse ³⁾ m_S Masse des Schmutzbesatzes von Maschinen ³⁾
selbstfahrende Landmaschinen mit Gutbunkerung	wie bei Traktoren	$\delta = (m_E + m_D + m_{\text{Bu}} + m_S)/P_e$ oder allgemein: $\delta = (m_E + m_E \gamma_2 + m_D + m_S)/P_e$	m_{Bu} Masse der Bunkerfüllung γ_2 Masseerhöhungsfaktor durch Bunkerung ⁴⁾

Bild 1. Entwicklung des MLV und des MDV bei selbstfahrenden Mähreschern in der DDR [8]



1) $m_{\text{Agg max}}$ kann bei Traktoren bis zu m_E betragen

2) q_N : 1,0 für Pritschen-Gkw
 0,7...0,8 mit Kippaufbau
 1,2...1,4 bei Anhängerbetrieb

3) $m_D + m_S$: $\approx 0,015 m_E$ (Mährescher); $\approx 0,008 m_E$ (Häcksler); $\approx 0,02 m_E$ (Rodelader); $m_D + m_S + m_{\text{Bu}} \approx 0,05 m_E$

4) Die Aufteilung des MLV nach materialökonomischen und einsatztechnischen Gesichtspunkten ist nicht ganz eindeutig, denn über m_{Beir} (Öl, DK und Kühlflüssigkeit) besteht zwischen δ und dem Kraftstoffverbrauch eine Beziehung — s. Gln. (7) und (8). Hat z. B. ein Motor einen geringen spezifischen Kraftstoffverbrauch b_c , so ist für die gleiche Arbeit bei gleicher Einsatzzeit ein kleinerer Kraftstoffbehälter vorzusehen als bei einem Fahrzeug, dessen Motor einen höheren b_c -Wert aufweist, so daß m_{Beir} kleiner wird. Eine bessere Aussage wäre durch das Masse-Leistungs-Verhältnis gegeben: $\delta' = m_E/P_B$; $P_B = P_e/\eta_e$; P_B auf die Kraftstoffenergie bezogene Leistung, η_e effektiver Wirkungsgrad eines Motors (Organiewandlers)

5) Mit zunehmender Hydrofizierung ist ein Anteil $m_{\text{Beir}} \approx (0,05 \dots 0,08) m_E$ zu erwarten

6) γ_2 ist eine Funktion der Bunkerfüllung; beträgt für Mährescher bei voller Bunkerfüllung $\approx 0,25$

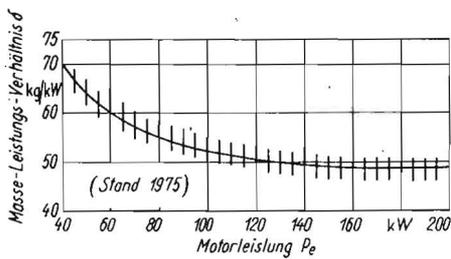


Bild 2. MLV von Traktoren in Abhängigkeit von der Motorleistung

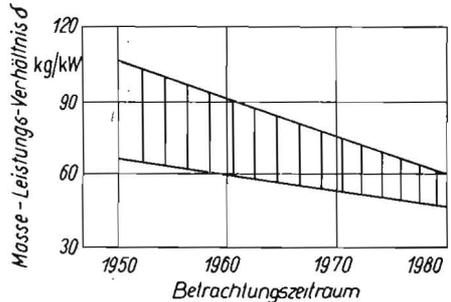


Bild 3. Entwicklung des MLV bei Traktoren über drei Jahrzehnte

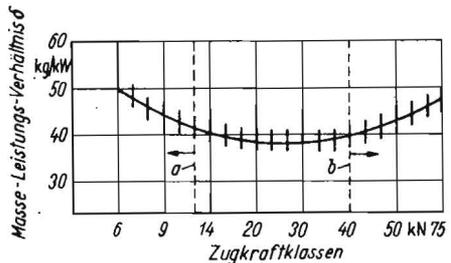


Bild 4. MLV von Traktoren verschiedener Zugkraftklassen; a konstruktiv und fertigungstechnisch bedingt (Wandstärke, Festigkeit, Baureihen u. a.), b einsatztechnisch bedingt (Zugkraft, Schlupf, Ausnutzung von P_e , Wirkungsgrad)

wobei sich die Masse-Leistungs-Verhältnisse, abhängig von der Zugkraftklasse, wahrscheinlich etwas unterscheiden werden (Bild 4) [13].

2.2. Selbstfahrende Landmaschinen und Gkw
Bei selbstfahrenden Landmaschinen (z. Z. überwiegend Erntemaschinen) kann eine Beziehung des Masse-Leistungs-Verhältnisses zum Durchsatz bzw. zum Masse-Durchsatz-Verhältnis hergestellt werden (Bild 1). Ein MLV muß bei diesen Maschinen nach [14] immer in Beziehung zu Ertrag, Fahrgeschwindigkeit und Flächenleistung stehen. Bei geländegängigen Gkw nimmt das MLV gegenwärtig mit steigender Eigenmasse und damit über die Beziehungen des Nutzlastquotienten (Tafel 1) mit der Nutzmasse noch zu (Bild 5), was auf den Kraftstoffverbrauch von Einfluß ist [Gl. (7)]. Für die bisher in der Landwirtschaft verwendeten Nutzmasseklassen der Gkw liegt das MLV bei rd. 50 bis 65 kg/kW.

2.3. Ermittlung des Masse-Leistungs-Verhältnisses

Bei der Beurteilung des Masse-Leistungs-Verhältnisses aus materialökonomischer oder einsatztechnischer Sicht sind unterschiedliche Massen in das Verhältnis zur Motornennleistung zu bringen. Während bei der Materialökonomie die Massen der aufgewendeten Werkstoffe und Betriebsstoffe von Interesse sind,

nehmen einsatztechnisch alle weiteren „Massezuladungen“ z. B. Einfluß auf eintretenden Schlupf, ausnutzbare Kraftschlußbeiwerte, Wirkungsgrade und optimale Fahrgeschwindigkeiten [10]. Die möglichen einsatztechnischen Masse-Leistungs-Verhältnisse für einige Transport- und Landmaschinen sind in Tafel 1 zusammengestellt.

3. Beziehungen des Masse-Leistungs-Verhältnisses von Traktoren zu einsatztechnischen Parametern

Teilaussagen über diese Beziehungen liegen in verschiedenen Veröffentlichungen vor [1, 3, 5, 15]. In der vorliegenden Betrachtung soll zunächst vom allradangetriebenen Traktor ausgegangen werden, da hier die gesamte Fahrzeugmasse zum Erzeugen von Antriebskräften genutzt werden kann. Unter dieser Voraussetzung kann das MLV einsatztechnisch mit $m_F \cdot g = F_V + F_H$ wie folgt ausgedrückt werden:

$$\delta = \frac{F_V + F_H}{P_e \cdot g}; \quad (2a)$$

F_V, F_H vertikale betriebliche Achskräfte am Fahrzeug vorn und hinten in N
 m_F (s. Tafel 1).

Die Motorleistung P_e in kW ergibt sich zu

$$P_e = \frac{(F_V + F_H) \cdot \mu_K \cdot v_F}{\eta_F \cdot \eta_K \cdot \lambda \cdot 1000}; \quad (3)$$

Damit wird das erforderliche MLV

$$\delta = \frac{100 \cdot \eta_F \cdot \eta_K \cdot \lambda}{\mu_K \cdot v_F}; \quad (2b)$$

η_F Fahrzeugwirkungsgrad;

η_K Wirkungsgrad der Kraftübertragung

($\eta_K \approx 0,86 = \text{konst.}$)

λ Motorauslastungsgrad ($\lambda \approx 0,80$ bis $0,83$) [16, 17], wobei dieser Bereich von Leuschner [18] durch Regressionsanalyse als verbrauchsgünstiges Optimum ermittelt wurde (Bild 7), so daß dieser Wert ein energetisches Optimum der von Heyde vorgeschlagenen Motorauslastung $\eta_A = P_{e\text{erf}}/P_{e\text{nenn}}$ darstellen kann [20]

g Erdbeschleunigung; $g \approx 10 \text{ m/s}^2$

v_F Fahrgeschwindigkeit in m/s

μ_K Kraftschlußbeiwert

$P_{e\text{erf}}$ erforderliche Motorleistung in kW

$P_{e\text{nenn}}$ Motornennleistung in kW.

Diese Zahlenwertgleichung hat die Einheit $1/\text{s}$ [19]; s. a. Gl. (2d). Mit $100 \cdot \eta_F \cdot \eta_K \cdot \lambda = K_1$ wird

$$\delta = K_1 \frac{1}{\mu_K \cdot v_F} = K_1 \frac{1}{\mu_K \cdot v_{ih} (1 - S)}; \quad (2c)$$

v_{ih} theoretische Fahrgeschwindigkeit

S Schlupf der Antriebsräder.

Wird der Fahrwerkwirkungsgrad η_F nicht als konstant angenommen, sondern die Beziehung

$$\eta_F = \left(\frac{F_Z}{F_Z + F_R} \right) (1 - S)$$

in Gl. (2b) eingesetzt, wird das MLV in s/m:

$$\delta = \frac{100 \cdot \eta_K \cdot \lambda \cdot \left(\frac{F_Z}{F_Z + F_R} \right)}{\mu_K \cdot v_{ih}}; \quad (2d)$$

F_R Rollwiderstand

F_Z Zugkraft.

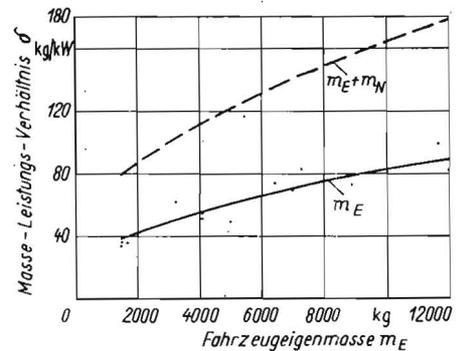


Bild 5. MLV von Gkw in Abhängigkeit von der Eigen- und Nutzmasse ($m_E + m_N$) bei $q_N = 1$

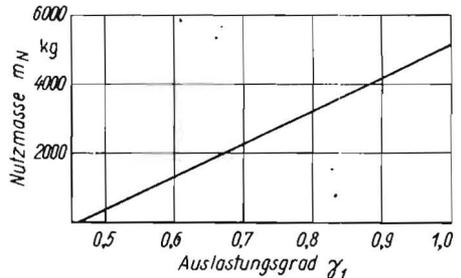


Bild 6. Auslastungsgrad von Gkw am Beispiel des W50 LA

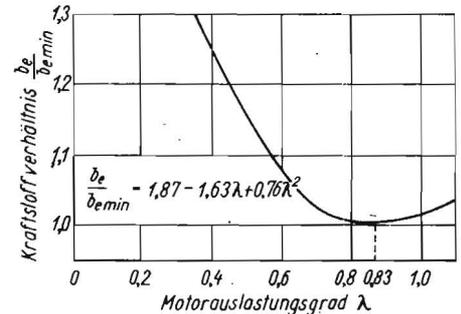


Bild 7. Energetisch optimaler Auslastungsgrad von Verbrennungsmotoren in Traktoren und selbstfahrenden Landmaschinen; b_e spezifischer Kraftstoffverbrauch

3.1. Masse-Leistungs-Verhältnis und Fahrgeschwindigkeit

Bei einem gegebenen MLV ergibt sich die Fahrgeschwindigkeit in m/s und km/h zu

$$v_F = \frac{K_1}{\mu_K \cdot \delta} \quad (4a)$$

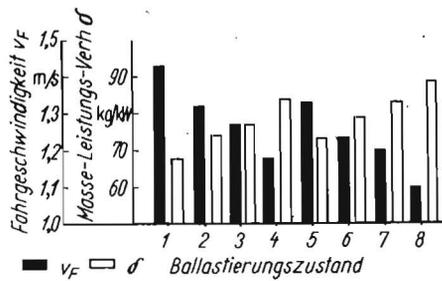
oder mit $\eta_F \cdot \eta_K = \eta_T$ als Traktorwirkungsgrad (Gesamtwirkungsgrad) und $360 \cdot \eta_T \cdot \lambda = K_2$ zu

$$v_F = \frac{K_2}{\mu_K \cdot \delta} \quad (4b)$$

Beim Nutzen dieser Beziehung ist darauf zu achten, daß Traktoren unterschiedlich ballastiert und aggregiert werden können. Jeder Ballastierungszustand ergibt z. B. einen anderen δ -Wert und damit eine andere Fahrgeschwindigkeit (Bild 8). Energetisch ergibt sich eine optimale Fahrgeschwindigkeit, wenn der Fahrwerkwirkungsgrad ein Maximum erreicht. Nach [5, 7] ist der erreichbare maximale Fahrwerkwirkungsgrad $\eta_{F\text{max}}$ stark von Art und Zustand der Fahrbahn und damit von den jeweiligen Kraftschluß-Schlupfbedingungen abhängig. Nach Hofmann [17] ergeben sich maximale Fahrwerkwirkungsgrade

— auf schweren Böden bei $S \approx 12\%$
— auf leichten Böden bei $S \approx 20\%$

und nach Steinkamp [5]
— auf abgelagerten, trockenen Böden bei



- Bild 8.** Veränderung des MLV des Traktors ZT 300 A durch Ballastierung und die sich dabei ergebende optimale Arbeitgeschwindigkeit; 1 Normalausrüstung ohne Ballastmassen (4910 kg)
 2 Zusatzmasse Antriebsräder je 4 × 60 kg (5390 kg)
 3 Wasserfüllung Antriebsräder je 255 kg H₂O + 95 kg MgCl₂ (5610 kg)
 4 wie 2 + 3 (6090 kg)
 5 Frontbaumasse 10 × 38 kg (5290 kg)
 6 wie 2 + 6 (5770 kg)
 7 wie 3 + 6 (5990 kg)
 8 wie 2 + 3 + 6 (6470 kg)

Tafel 2. Zu Schlupfbereichen zugeordnete maximale Fahrwerkwirkungsgrade

Schlupf	max. Fahrwerkwirkungsgrad η_F max
S	
15%	0,60...0,80
25%	0,45...0,55
>40%	<0,4

- S ≈ 10 bis 13%
- auf lehmigen Tonböden bei S ≈ 13 bis 17%
- auf nassen, leicht schmierigen Böden bei S ≈ 15 bis 20%.

Den in der Praxis vielfach genutzten Schlupfbereichen lassen sich die aus Tafel 2 ersichtlichen maximal erreichbaren Fahrwerkwirkungsgrade zuordnen. Zu beachten ist, daß bei diesen Schlupf- und Wirkungsgradbereichen, bezogen auf die Fahrzeugschwerkraft, etwa 40 bis 50% als Zugkraft nutzbar sind ($\mu_K \approx 0,4$ bis 0,5). Diese Aussagen werden durch sowjetische Untersuchungen bestätigt (Bild 9)[3].

3.2. Einsatztechnische Parameter

Durch Versuche wurde festgestellt, daß beim Fahren auf schweren, tonhaltigen Böden das MLV eines Traktors kleiner sein kann, als beim Fahren auf sandigen Böden[5]. Die Erklärung dafür gibt die umgestellte Gl. (2c):

$$\delta = 100 \frac{\eta_F}{\mu_K} \eta_K \lambda \frac{1}{v_{th} (1-S)} \quad (2e)$$

Auf schweren Böden ist das Steigungsmaß der μ_K -S-Kurven größer als auf leichten Böden (Bild 10, Tangente in den Punkten B', B'')[2, 5]. Gleiches trifft beim Verringern des Reifeninnendruckes zu (Bild 11), was jeweils bei gleichem Fahrwerkwirkungsgrad zu einem kleineren Verhältnis η_F/μ_K führt und damit gemäß Gl. (2e) zu einem kleineren erforderlichen MLV. Ebenso nimmt das erforderliche MLV auch mit zunehmendem Schlupf ab (Bild 12). Damit ist das erforderliche MLV auch abhängig von der Fahrwerksauslegung, d. h. von Anzahl und Anordnung der angetriebenen Räder, Reifengröße und -bauform, Achskraftverteilung u. a. Beim Allradantrieb kann gegenüber dem Hinterradantrieb bei gleicher Fahrzeugmasse die

Bild 9. Typisches Antriebskraftverhalten von Standardtraktoren (auf Stoppfeld) und Bereich optimalen Fahrwerkwirkungsgrades

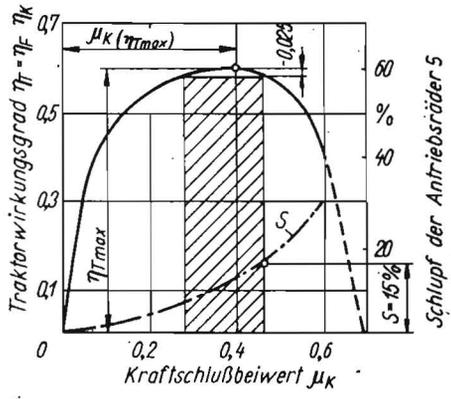


Bild 10 Verhältnis η_F/μ_K als Einflußgröße auf das MLV; Lot von η_F max (Pkt. A) auf μ_K -Kurve fallen (Pkt. B', B'') und Tangente anlegen

Bild 11. Einfluß des Reifeninnendruckes P_i auf den Fahrwerkwirkungsgrad η_F

Bild 12. Erforderliches MLV in Abhängigkeit vom Schlupf der Antriebsräder bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten [5]

gleiche Zugkraft bei geringerem Schlupf erzeugt werden, so daß sich bei gleichem anzustrebenden Wirkungsgrad unterschiedliche Masse-Leistungs-Verhältnisse oder andere Fahrgeschwindigkeiten ergeben. Die gleiche Aussage hinsichtlich des Masse-Leistungs-Verhältnisses trifft zu, wenn mit oder ohne gesperrte(n) Querverteilergetriebe(n) gefahren wird.

In der Gesamtheit ist das MLV von Traktoren von folgenden einsatztechnischen Parametern abhängig:

- Bodeneigenschaften und Witterung
- Konstruktionsparameter (Anzahl der angetriebenen Räder, Reifenbauform u. a.)
- einstellbare Prozeßparameter (Reifeninnendruck, Ballastierung, Aggregatierung, sperrbare Verteilergetriebe u. a.)
- Betriebsparameter (Zugkraft als Funktion des Schlupfes, Rollwiderstand, Fahrgeschwindigkeit),

so daß bei der Anwendung des Masse-Leistungs-Verhältnisses als Beurteilungsgröße diese Abhängigkeiten bekannt sein müssen.

3.3. Masse-Leistungs-Verhältnis und Traktormasse

Bei vorgegebener agrotechnischer Fahrgeschwindigkeit (Arbeitgeschwindigkeit) kann mit Hilfe des MLV die optimale Fahrzeugmasse m_F ermittelt werden. Aus der Beziehung

$$\delta = \frac{m_F}{P_e} = \frac{K_3}{v_F}$$

wird

$$m_F = K_3 \frac{P_e}{v_F} \quad (5a)$$

$$K_3 = K_1 \frac{1}{\mu_K}$$

s. Gl. (2a).

Von Lührs[15] wurde ermittelt, daß die maximalen Fahrwerkwirkungsgrade jeweils bei folgenden Werten liegen:

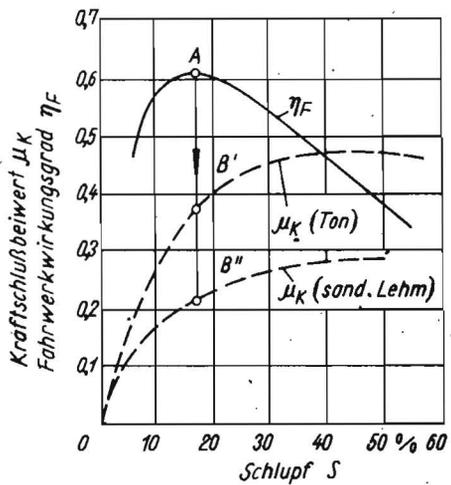
- $\mu_K \approx 0,45 \rightarrow K_3 = K_1 \cdot 2,22$ für Einachs- und Allradtraktoren
- $\mu_K \approx 0,52 \rightarrow K_3 = K_1 \cdot 1,92$ für Standardtraktoren,

wobei der Quotient $1/\mu_K$ als Kraftübertragungskennzahl bezeichnet wird.

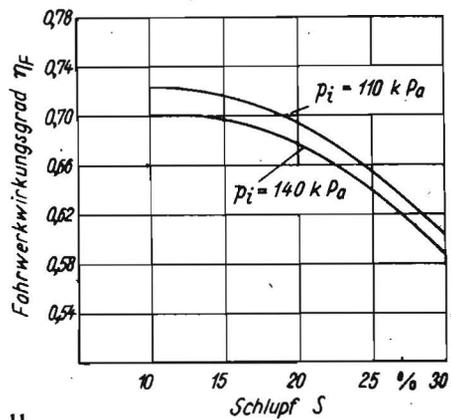
Mit der Annahme der Werte $\eta_K = 0,86$; $\eta_F = 0,7$ ($\eta_T \approx 0,6$, s. Bild 9) und $\lambda = 0,83$ (s. Bild 7) ergibt sich eine Traktormasse nach Gl. (5a) mit Hilfe von Zahlenwertgleichungen durch überschlägliche Berechnungen

- bei Einachs- und Allradtraktoren:

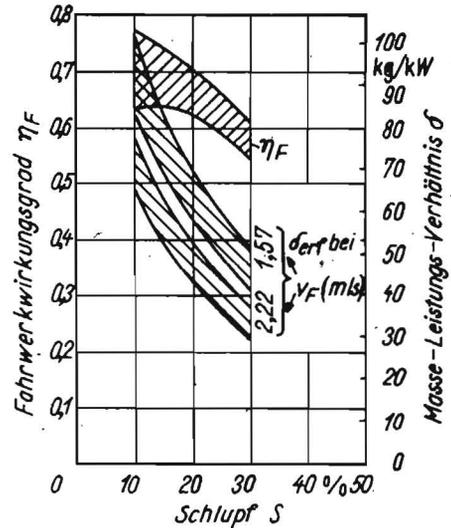
$$m_F \approx 110 \frac{P_e}{v_F} \quad (5b)$$



10



11



12

— bei Standardtraktoren:

$$m_F \approx 90 \frac{P_e}{v_F}; \quad (5c)$$

P_e in kW
 v_F in m/s.

Die Masse m_F ergibt sich dabei nach Tafel 1 als Summe $m_F = m_E + m_B + m_{Agg}$.

4. Masse-Leistungs-Verhältnis und Masseausnutzungskennzahl

Im allgemeinen ist es vorteilhaft, für Kennwerte dimensionslose Größen zu verwenden. Aus diesem Grund schlagen Gleu [19] und Andrusenko (nach [3]) vor, Gl. (5a) wie folgt umzustellen:

$$\frac{m_F}{P_e} = v_F = K_3$$

oder allgemeiner

$$\delta v_{th} = \frac{K_3}{1-S} = A. \quad (6)$$

Damit ergibt sich eine dimensionslose Größe, die als Masseausnutzungskennzahl A bezeichnet werden könnte. Für den vorgesehenen Einsatz von Traktoren sind mit dieser Gleichung in Abhängigkeit vom MLV δ und der theoretischen Fahrgeschwindigkeit v_{th} folgende Aussagen möglich:

- Genügt ein Traktor mit seinen Parametern jeweils dieser Gleichung, so sind Leistung und Masse voll zur Kraftübertragung ausnutzbar.
- Ist das Produkt δv_{th} größer als A , so wird nur ein Teil der Traktormasse für die Kraftübertragung genutzt, der übrige Anteil erhöht den Rollwiderstand sowie den Schlupf und senkt den Fahrwerkwirkungsgrad.
- Ist das genannte Produkt kleiner als A , so kann die Motornennleistung nicht voll ausgenutzt werden bzw. es werden schnell die bodenseitigen Übertragungsgrenzen (Grenzen des Fahrvermögens) überschritten.

In den einzelnen Gängen eines Traktors werden unterschiedliche Geschwindigkeiten gefahren. Das bedingt auch veränderliche δ - und A -Werte. Das MLV wird aber in der Praxis nur begrenzt variiert (Ballastierung, Aggregatierung) und für den Hauptgeschwindigkeitsbereich ausgelegt. Eine Veränderung der Fahrgeschwindigkeit aus Gründen der Ballastierung und Zusatzbelastung durch Aggregatierung ist bisher nicht bekannt geworden.

5. Masse-Leistungs-Verhältnis und Kraftstoffverbrauch

Von Dreißig [7] wurde nachgewiesen, daß mit steigendem Motorisierungsgrad bei Gkw der Kraftstoffverbrauch ansteigt. Demnach muß sich der Verbrauch mit abnehmendem MLV erhöhen. Das ist zutreffend. Wird von der Beziehung ausgegangen

$$B_e = P_e b_e;$$

B_e stündlicher Kraftstoffverbrauch in kg/h
 b_e spezifischer Kraftstoffverbrauch in kg/kWh, bestehen mit $m_F/P_e = \delta$ folgende Verbrauchsbeziehungen zum MLV:

— stündlicher Verbrauch in kg/h:

$$B_e = \frac{m_F}{\delta} b_e'; \quad (7)$$

— Strecken-Kraftstoffverbrauch in $dm^3/100 km$

(v_F in km/h; Kraftstoffdichte ρ_{Kf} in kg/dm^3):

$$B_s = \frac{m_F b_e' 100}{\delta \rho_{Kf} v_F} \quad (8a)$$

$$B_s = \frac{m_F b_e' 100}{\rho_{Kf} A (1-S)} \quad (8b)$$

6. Zusammenfassung

Ziel des Beitrags ist es, die Bewertungsmöglichkeit von Fahrzeugen und selbstfahrenden Landmaschinen hinsichtlich des Materialaufwands und auch einsatztechnisch mit Hilfe von Masse-Leistungs-Verhältnissen herauszustellen. Dabei wird der Vorschlag unterbreitet, MLV aus materialökonomischer und einsatztechnischer Sicht zu bilden.

Die wesentlichen einsatztechnischen Parameter, die auf ein notwendiges oder mögliches MLV Einfluß haben, wurden herausgearbeitet.

Da das MLV beim Einsatz von selbstfahrenden Transport- und Landmaschinen Bewertungen nur in Verbindung mit anderen Kenndaten zuläßt, wäre es durchaus denkbar, künftig dimensionslose Kenndaten, wie die „Masseausnutzungskennzahl“ anzuwenden.

Literatur

- [1] Schilling, E.: Ackerschlepper. 2. Aufl. Rodenkirchen: Eigenverlag 1960.
- [2] Boltinskij, W. N.: Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschungsarbeiten zur Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeiten von Maschinen-Traktorenaggregaten auf 9...15 km/h. Archiv für

Landtechnik (1965) Bd. 5, H. 1, S. 3—32.

- [3] Kuznecov, N. G.: Zu Fragen der Theorie der Zugkraftübertragung von Radtraktoren bei der Arbeit auf trockenen Böden unter Bedingungen des unteren Wolgagebiets. Landwirtschaftliche Hochschule Wolgograd, Dissertation B 1973.
- [4] Söhne, W.: Versuch einer Prognose in der Leistung und Produktion der Ackerschlepper sowie der konstruktiven Weiterentwicklung. Grundlagen der Landtechnik 22 (1972) H. 6, S. 161—165.
- [5] Steinkampf, H.: Ermittlung von Reifenkennlinien und Gerätezugleistungen für Ackerschlepper. Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 27 (1975).
- [6] Krupp, G.: Optimale Arbeitsgeschwindigkeit von Traktoren. agrartechnik 28 (1978) H. 7, S. 312.
- [7] Dreißig, M.: Anforderungen an Fahrzeuge für die industriemäßige Pflanzenproduktion. agrartechnik 25 (1975) H. 6, S. 266—268.
- [8] König, U.: Aufwind für Leichtgewichte. Technische Gemeinschaft (1977) H. 10, S. 14—17.
- [9] Soucek, R.: Bewertungskriterien zum Materialaufwand im Land- und Nahrungsgütermaschinenbau. agrartechnik 27 (1977) H. 4, S. 145—147.
- [10] Wehsely, K.: Stand und Entwicklung der Traktorenproduktion in internationaler Sicht. Dt. Agrartechnik 16 (1966) H. 1, S. 26—28.
- [11] Parfenov, A. P.; Rotenberg, V. A.: Zur Methodik der Prognostizierung der Kennwerte für das spezifische Masse-Leistungs-Verhältnis von Traktoren. Traktory i sel'chozmas. (1978) H. 9, S. 6—9.
- [12] Nüchtern, H.: Entwicklungstendenzen im Bau von Landwirtschaftstraktoren. Österr. Ingenieurzeitung 18 (1975) H. 1, S. 7—14.
- [13] Schulte, K.-H.: Zunehmende Leistung bei Traktoren. Dt. Agrartechnik 22. (1972) H. 12, S. 536—538.
- [14] Hahn, J.: Kennziffern des Material- und Energiebedarfs in der Landmaschinenprüfung. agrartechnik 28 (1978) H. 5, S. 206—207.
- [15] Lühns, H.: Die optimale Betriebsachslast für angetriebene Schlepperachsen und deren wirtschaftliche Reifengrößen. Landt. Forschung 9 (1959) H. 4, S. 111—115.
- [16] Meyer, H.: Die Bedeutung eines stufenlosen Getriebes für den Ackerschlepper und seine Geräte. Grundlagen der Landtechnik (1959) H. 11, S. 5—12.
- [17] Hofmann, K.: Fahrmechanischer Vergleich verschiedener Traktorkonstruktionen. TU Dresden, Habilitationsschrift 1969.
- [18] Leuschner, J.: Die voraussichtliche Entwicklung der Antriebsmechanik für Maschinen der Feldwirtschaft. TU Dresden, Dissertation 1970.
- [19] Gleu, A.: Der Einachsschlepper — Leistungsmasse und Verwendungszweck. Dt. Agrartechnik 10 (1960) H. 10, S. 447—449.
- [20] Heyde, H.: Landmaschinenlehre, Band 1. Berlin: VEB Verlag Technik 1973.
- [21] Krupp, G.: Zum Leistungs-Masse-Verhältnis mobiler Aggregate. agrartechnik 23 (1973) H. 10, S. 463—465.

A 2272

Folgende Fachzeitschriften des Maschinenbaus erscheinen im VEB Verlag Technik:

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