

Die Beziehung $G' = f(U)$ wird in die Gleichung

$$\mu = \frac{U}{G'} \quad (15)$$

eingesetzt. Die auf diese Weise aufgestellte Funktion $\mu = f(U)$ lautet dann:

für die Traktortriebachse

$$\begin{aligned} \mu_2 = U \cdot l \left\{ m g \left[\left(\sin \alpha + \frac{b}{g} \right) (h_{s1} - k_v) + \cos \alpha E \right] \right. \\ + m_A g \frac{F}{H} \left[\cos \alpha (H - l_2 + s_{h3}) - \left(\sin \alpha + \frac{b}{g} \right) (h_{s2} - k_v) \right] \\ - k_v \frac{F}{H} \left[(m + m_A) g \left(\sin \alpha + \frac{b}{g} \right) + \sum_{i=1}^3 W_{Bi} \right] \\ \left. + k_v \left(1 + \frac{E}{H} \right) U_2 \right\}, \quad (16) \end{aligned}$$

für die Anhängetriebachse

$$\begin{aligned} \mu_3 = \frac{U \cdot H}{m_A \cdot g} \left\{ \left[\left(\sin \alpha + \frac{b}{g} \right) (h_{s2} - k_v) + \cos \alpha (l_2 - s_{h3}) \right] \right. \\ \left. + \frac{k_v}{H} U_3 \right\}. \quad (17) \end{aligned}$$

Ing. H. SCHULZ, KDT

Einflüsse auf den Kraftstoffverbrauch beim Straßentransport mit Traktoren

Mit dem Schaffen des Transporttraktors ZT 304 wurde der Bedeutung der Traktoren im landwirtschaftlichen Transportgeschehen Rechnung getragen, die trotz zunehmendem Verwenden von Landwirtschafts-LKW noch sehr beträchtlich ist /1/. Auch in diesem Bereich des Traktoreinsatzes ist es wichtig, wirtschaftlich, d. h. mit geringstem Kraftstoffverbrauch zu fahren.

Dieser Beitrag soll deshalb einige Zusammenhänge darlegen, die den Streckenverbrauch bei Straßentransporten mit Traktoren beeinflussen. Vorausgesetzt wird für diese Betrachtung eine Straßenfahrt mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Bei Transporten erfolgt die Angabe des Kraftstoffverbrauchs üblicherweise über eine bestimmte Fahrstrecke, meistens über 100 km, in $\text{dm}^3/100 \text{ km}$. Bei dieser Verbrauchsangabe ist zu unterscheiden zwischen dem theoretisch und betrieblich bedingten, der hier betrachtet wird, und dem durch die Fahrweise, durch den Verkehr und die Straßenführung hervorgerufenen Anteil, der für Traktorentransporte gegenüber Transporten mit LKW noch nicht eindeutig belegt ist /2/.

Der Streckenverbrauch B_s berechnet sich aus

$$B_s = \frac{P_{e \text{ bed}} b_e \cdot 100}{\varrho_{Kr} v} \quad [\text{dm}^3/100 \text{ km}] \quad (1)$$

Die bedingte Motorleistung beträgt

$$P_{e \text{ bed}} = \Sigma F v / 270 \cdot \eta_T \quad (2)$$

und damit ergibt sich durch Einsetzen dieses Ausdrucks in Gl. 1 der auf die Fahrwiderstände bezogene Streckenverbrauch /3/

Die Funktion $\mu_i = f(U_i)$ ermöglicht die in Bild 6 wieder gegebene Konstruktion der gesuchten Umfangskraft-Schlupf-Kurve. Dort ist ersichtlich, wie sich für einen beliebig gewählten Punkt x bzw. x' auf der Kraftschlußbeiwert-Schlupf-Kurve der entsprechende Punkt auf der Umfangskraft-Schlupf-Kurve ergibt.

Literatur

- /1/ KORBEL, V.: Parasitäre Kräfte im Fahrzeugtriebwerk. Strojrenstv, Praha 6 (1956) H. 7, S. 456 bis 463
- /2/ TSCHUDAKOW, D. A.: Über die Zugdynamik von Allradtraktoren. Mechaniz. i. elektrifik. soc. sel'skogo chozajstva. Moskva 15 (1957) H. 1, S. 8 bis 12
- /3/ LEWIN, I. A.: Zur Frage des Blindleistungsumlaufes im Triebwerk eines Kraftfahrzeuges mit Mehrachs Antrieb. Kraftfahrzeugtechnik Berlin 6 (1956) H. 7, S. 243 bis 246 und H. 8, S. 289 bis 292
- /4/ KOFFMANN, I. L. / M. I. LOCO / A. V. CARTER: Eine Darstellung der Mechanik eines vierradgetriebenen Fahrzeuges bei Geradeausfahrt. Autom. Eng. London (1956) H. 2, S. 66 bis 71
- /5/ STEEDS, W. / I. R. ELLIS / I. L. THOMSON: Proceedings of the Automobile Division Transmission wind-up in vehicles having several driven wheels. Institution of Mechanical Engineers, London (1956 und 1957) 4
- /6/ MICHAI, S.: Dynamische Untersuchung des Allradtraktors UE 28. Mitteilungen des Versuchsinstitutes für Landmaschinen, Studien zu Mechanisierung der Landwirtschaft Budapest 1962
- /7/ BUCHMANN, R.: Bestimmung der Blindkraft an Fahrzeugen mit starrem Mehrachs Antrieb, insbesondere an Traktoren mit Anhängetriebachsen. Dissertation 1967, TU Dresden

(wird fortgesetzt)

A 8213/I

$$B_s = \frac{0,371 (F_R + F_s + F_z) b_e}{\eta_T \varrho_{Kr}} \quad (1a)$$

- $P_{e \text{ bed}}$ bedingte Motorleistung in PS
 b_e der bei $P_{e \text{ bed}}$ auftretende spezifische Kraftstoffverbrauch in g/PS h
 v gleichförmige Geschwindigkeit in km/h
 ϱ_{Kr} Dichte des Kraftstoffs in kg/dm^3
 η_T Triebwerkwirkungsgrad zwischen Schwungscheibe und Treibrädern
 F_R, F_s, F_z Roll-, Steigungs- und Zugwiderstand in kp

Setzt man nun noch einen mittleren Wert der Dieseldichtedichte mit $\varrho_{Kr} = 0,85 \text{ kg/dm}^3$ ein, ergibt sich eine Zahlenkonstante von $K = 0,438$ und die Gleichung des Streckenverbrauchs vereinfacht sich zu

$$B_s = K \Sigma F \cdot b_e / \eta_T \quad (1b)$$

Hieraus geht der entscheidende direkte Einfluß vor allem des spezifischen Kraftstoffverbrauchs b_e des Motors und des Triebwerkwirkungsgrades η_T hervor. Zu erkennen ist auch, daß die Fahrwiderstände nur einen Summeneinfluß haben. Das Erhöhen eines der drei Widerstände ergibt immer nur einen Teileinfluß auf den Verbrauch. Bei langsamfahrenden Fahrzeugen, wie bei Traktoren, wird der Luftwiderstand vernachlässigt, so daß praktisch die Geschwindigkeit ohne Einfluß auf den Verbrauch ist.

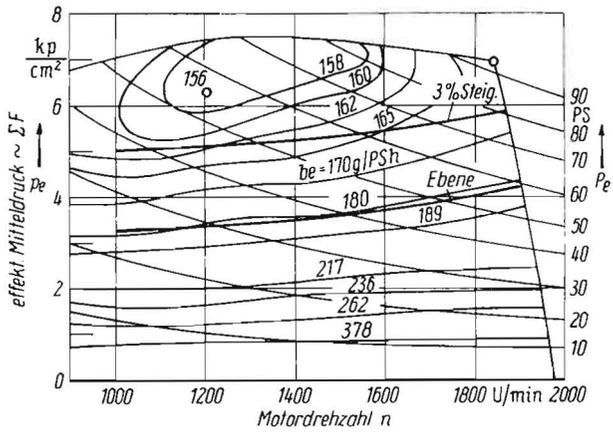


Bild 1. Motorkennlinienfeld mit eingetragenen Fahrwiderstandslinien für die Ebene und eine Steigung von 3%

In den Gln. 1 bis 1b konnten die Beziehungen für den auftretenden Streckenverbrauch einfach dargestellt werden. Praktisch ist die Verbrauchsermittlung jedoch komplizierter, weil eine Abhängigkeit zwischen der Summe der Fahrwiderstände und dem Kraftstoffverbrauch b_e durch das Motorkennlinienfeld besteht. Auch der Triebwerkwirkungsgrad ändert sich bei Traktoren mit der Drehzahl und dem Drehmoment (s. Bild 2), besonders im unteren Lastbereich, beträchtlich, was nach Gl. 1 ungünstig ist.

Um die Abhängigkeit der Fahrwiderstände und des spezifischen Kraftstoffverbrauchs b_e darzustellen, setzt man in Gl. 1a die Beziehung $b_e = 632/\eta_e H u$ ein und erhält mit Einsetzen der Werte für die Fahrwiderstände die Gleichung für den Streckenverbrauch bei Traktortransporten

$$B_s = \frac{234 (m_T + m_A) (\rho_r \cos \alpha + \sin \alpha)}{H u \rho_{Kr} \eta_T \eta_e} [\text{dm}^3/100 \text{ km}] \quad (3)$$

Es wirken also folgende Einflußfaktoren:

- $(m_T + m_A)$ — Masse von Traktor und Anhänger sowie der Ladezustand
- $(\rho_r \cos \alpha + \sin \alpha)$ — Reifen, Straße, Steigung (ρ_r Rollwiderstandsbeiwert)
- $H u \rho_{Kr}$ — Kraftstoff
- η_T — Triebwerkwirkungsgrad
- η_e — Kreisprozeß, Wärme-, Drossel- und Verbrennungsverluste im Motor, Motorreibung, Hilfsaggregate

Der Einfluß auf den Verbrauch ist also vielfältig, wobei die Größen zum Teil voneinander abhängig sind. So bestimmt der Zähler der Gleichung die erforderliche Zugkraft und über den Triebwerkwirkungsgrad das Drehmoment des Motors, ferner über die jeweilige Gesamtübersetzung i_{ges} die Motordrehzahl und damit den Lastzustand des Motors. Dieser bestimmt den Gesamtwirkungsgrad η_e oder den Kehrwert davon, den spezifischen Kraftstoffverbrauch b_e .

Da bei gleichförmiger Fahrt in der Ebene und bei geringen Steigungen bei mehr oder weniger Teillast gefahren wird, ist für den Streckenverbrauch auf der Straße auch das Produkt der im Nenner von Gl. 3 dargestellten Wirkungsgrade bei der dem Lastzustand und der Drehzahl entsprechenden Teillast maßgebend. Diese Wirkungsgrade werden bei abnehmender Last zum Teil sehr schlecht. Bei den in Traktoren verwendeten Dieselmotoren sinkt der Gesamtwirkungsgrad η_e nicht so stark, weil sie hohe Gütegrade und thermische Wirkungsgrade bei Teillast erreichen, die durch das Arbeitsverfahren begründet sind.

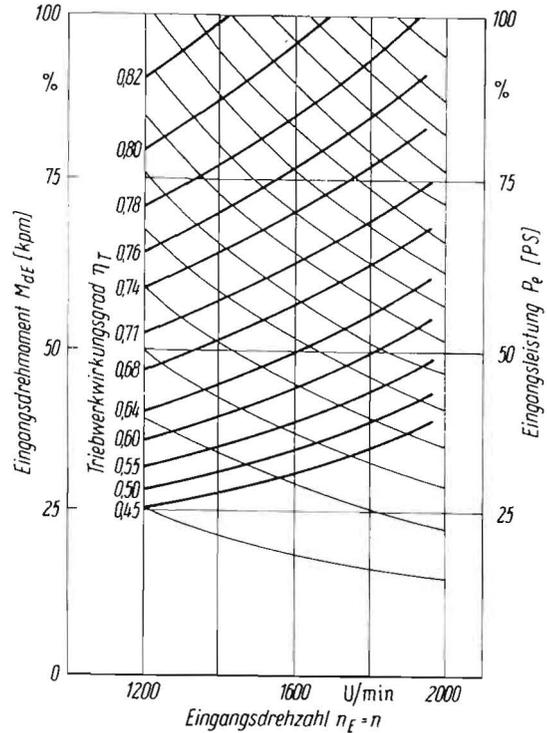


Bild 2. Schematische Darstellung eines Getriebekennfeldes

Für den Streckenverbrauch ist entscheidend, daß nach Gl. 1 mit zunehmender Last z. B. auf Steigungen bis zum Bereich des geringsten spezifischen Kraftstoffverbrauchs den steigenden Fahrwiderständen ein fallender spezifischer Verbrauch und unter Umständen ein besser werdender Triebwerkwirkungsgrad gegenüberstehen. Dadurch wird, wenn auch die Summe der Fahrwiderstände überwiegt, ein gewisser Ausgleich erzielt, d. h., der Streckenverbrauch wird kleiner, als die Summe der Fahrwiderstände dies erwarten läßt.

Bild 1 zeigt schematisch das Motorkennlinienfeld eines Traktors, in dem die Fahrwiderstandslinien für die Ebene und eine 3%ige Steigung eingetragen sind. Im Gebiet des geringsten spezifischen Kraftstoffverbrauchs b_e , das manchmal ziemlich breit sein kann, steigt der Streckenverbrauch etwa im Verhältnis der Widerstände, dagegen im oberen Lastbereich stärker als diese, weil sie mit einem höheren b_e -Wert multipliziert werden, wobei genau genommen die Veränderung des Triebwerkwirkungsgrades η_T zu beachten ist. Es wird bestätigt, daß bei zunehmenden Widerständen ein verbrauchsgünstiger Bereich im Motorkennlinienfeld erreicht wird.

Die Veränderung des Triebwerkwirkungsgrades ist über dem Belastungsbereich eines Traktors in einem Getriebekennfeld darstellbar, wie es schematisch Bild 2 zeigt. Es ist zu erkennen, daß mit fallender Drehzahl der Triebwerkwirkungsgrad η_T bei gleichem Eingangsdrehmoment und mit zunehmender Belastung steigt. Ein derartiges Kennfeld müßte für jeden Straßengang bei Traktoren für eine genaue Berechnung des Streckenverbrauchs vorliegen.

Literatur

- 1/ STIEGLITZ, E.: Der Traktor beim Straßentransport. Deutsche Agrartechnik (1971) H. 2, S. 59 bis 63
- 2/ Kraftstoff-Verbrauchsrichtwerte-Katalog für Kraftfahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr. Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen 1970
- 3/ RIXMANN, W.: Zur Berechnung des Kraftstoffverbrauches bei stationärer Straßenfahrt ATZ 72 (1970) H. 7, S. 254 bis 256.