

Praktische Fahrleistungen landwirtschaftlicher Transportfahrzeuge

In Fahrversuchen mit einem Traktorzug über einen Versuchsparcours zur Simulation typischer ländlicher Straßen in Hessen wurden die Fahrleistungen in leerem und beladenem Zustand bestimmt. Neben der Lademasse ergab sich als wichtigste Einflussgröße die Steigung der Fahrbahn auf Fahrgeschwindigkeit und Verbrauch. Dynamische Effekte spielten auf den relativ kurzen betrachteten Steigungen eine erhebliche Rolle.

Da bislang nur wenig Daten über die tatsächlichen Fahrleistungen landwirtschaftlicher Transportfahrzeuge zur Verfügung stehen, wurden am Gießener Institut für Landtechnik in Ergänzung der Versuche von [1] Fahrleistungsmessungen durchgeführt und ein Traktorzug entsprechend ausgerüstet (Tab. 1).

Der Traktor war mit einem Radarsensor für die Messung der Geschwindigkeit und des zurückgelegten Weges, einem Neigungssensor Schaevitz AccuStar für die Bestimmung der Fahrbahnneigung in Fahrtrichtung und einem Durchflussmesser Mannesmann VDO Kienzle EDM 1404 für die Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs ausgestattet.

In den Messungen lag das Hauptaugenmerk auf dem Fahrverhalten in Steigungen und in Ortschaften. Zu diesem Zweck wurde in der Umgebung von Gießen ein Messparcours ausgewählt, der unterschiedliche Straßenkategorien mit durchgehend geteeter Oberfläche und einige Ortsdurchfahrten enthielt und der sich an typischen Strecken der Zuckerrübenabfuhr orientierte. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf eine Teilstrecke von 4,7 km Länge, die durch eine breite, gut ausgebauten Straße gekennzeichnet ist und zwei Steigungen und Gefällestrecken aufweist.

Für die Versuche wurden die Messstrecke jeweils dreimal durchfahren, wobei die Fahrzeuge voll und leer gefahren wurden.

Ergebnisse

Betrachtet man die Fahrgeschwindigkeit als Funktion der Steigung und nimmt man vereinfacht eine konstante Motorleistung über der Geschwindigkeit und einen konstanten Motorwirkungsgrad an, so kann die theoretische Fahrgeschwindigkeit als Funktion von Motorleistung und Steigung vereinfacht durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$v = \frac{P_{eff}}{M \times g \times (f + \sin a)} \quad (1)$$

mit f Rollwiderstandsbeiwert, v Geschwindigkeit, M Fahrzeugmasse, a Steigungswinkel, g Erdbeschleunigung und P_{eff} Antiebsleistung an den Rädern.

Die gemessenen Werte für Fahrgeschwindigkeit und Verbrauch wurden über die Gesamtstrecke und für die Teilstrecken gemittelt.

Die Ergebnisse zeigt Tabelle 2.

Es ergibt sich ein erheblicher Unterschied in Fahrleistung und Verbrauch zwischen dem vollen und dem leeren Zug. Während die mittlere Geschwindigkeit um etwa ein Drittel sinkt, verdoppelt sich der mittlere Verbrauch beinahe. Die mittlere Geschwindigkeit auf der im Weiteren näher betrachteten Teilstrecke liegt aufgrund der gut ausgebauten Strecke und fehlender Ortsdurchfahrten etwas über der Gesamtdurchschnittsgeschwindigkeit, obwohl zwei Steigungen zu überwinden sind.

In Bild 1 sind die gemessenen Werte von Fahrgeschwindigkeit und Steigung aus der Teilstrecke aufgetragen. Die Strecke besteht zunächst aus einem flachen Stück, daran schließt sich eine kleine Erhebung (Steigung und Gefälle) an, darauf folgt eine längere Steigung, die über eine Zwischenstufe auf ein Plateau hinauf führt und am Ende folgt eine Gefällestrecke. In der Darstellung ist dieser Sachverhalt (mehrmaliges Befahren von Abfolgen aus Flachetappe, Steigung und Gefälle) durch elipsenartige im Uhrzeiger-

Tab. 1: Fahrzeugdaten

Table 1: Data of vehicles

Traktor	Fendt Xylon 524
Motornennleistung	103 kw
Leergewicht	6,6 t
Lastschaltbare Gänge	4
Manuell schaltbare synchronisierte Gruppe	6
Zul. Höchstgeschwindigkeit	50 km/h; 14m/s
Anhänger (2 Stück)	Krone DK 225-18
Leergewicht	4,1t
Zul. Gesamtgewicht	18 t
Zul. Höchstgeschwindigkeit	60 km/h
Zuggewicht leer	14,8 t
Zuggewicht beladen	42,2t

Tab. 2: Mittlere Verbrauchswerte und Fahrgeschwindigkeiten

Table 2: Mean consumption data and driving speed

Fahrgeschwindigkeit	
Zug voll Gesamtstrecke	6,4 m/s
Zug voll Teilstrecke 4	7,3 m/s
Zug leer Gesamtstrecke	9,4m/s
Mittlerer Verbrauch	
Zug voll Gesamtstrecke	80,9 l/100 km
Zug voll Teilstrecke 4	81,4 l/100 km
Zug leer Gesamtstrecke	46,5 l/100 km

Dr.-Ing. Günther Weise ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik, Braugasse 7, 35394 Gießen; e-mail: guenther.h.weise@agrar.uni-giessen.de

Schlüsselwörter

Transport, Fahrleistung, Lademasse, Fahrbahnsteigung

Keywords

Transport, driving capacity, loading mass, roadway gradient

Literaturhinweise sind unter LT 00513 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

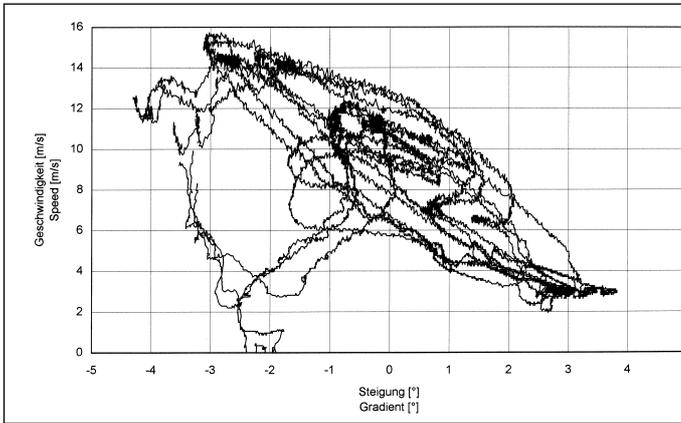


Bild 1: Gemessene Werte von Steigung und Fahrgeschwindigkeit für den vollen Zug (42 t) in der Teilstrecke

Fig. 1: Measured values of gradient and speed for the fully loaded road train (42 t) in the partition of the measuring circuit

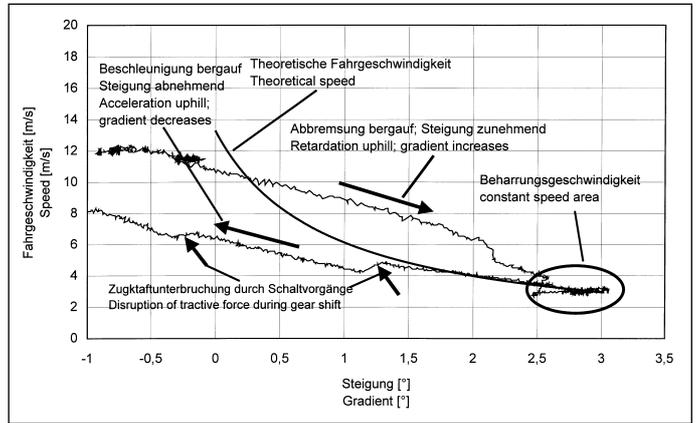


Bild 2: Messwerte für die Befahrung einer Steigung bis zum Scheitelpunkt und theoretische Fahrleistungen nach [2]

Fig. 2: Measured values from driving into a gradient to the summit and theoretical speed acc. [2]

sinn durchlaufene Hysteresekurven zu erkennen. Betrachtet man die Wirkung der Steigung auf die Fahrgeschwindigkeit des Zuges, so zeigt sich in diesem Fall, dass diese von etwa 10 bis 11 m/s auf ebener Strecke auf etwa 3 m/s bei einer Steigung von rund $3,5^\circ$ zurückgeht.

Es ergibt sich keine eindeutige Beziehung zwischen Steigung und Fahrgeschwindigkeit, solange der Zug eine progressiv zunehmende Steigung durchfährt, da sich zunächst keine konstante Beharrungsgeschwindigkeit einstellt. Die Gründe dafür sind die sich verändernde Steigung und die Tatsache, dass die im Zug gespeicherte kinetische Energie in dieser Phase mithilft, eine höhere Geschwindigkeit als die theoretisch mögliche zu fahren.

Dieser Zusammenhang ist in Bild 2 für die Überfahrt einer Erhebung herausgearbeitet. Dargestellt sind die theoretischen Werte nach [1] mit den Parametern $P_{\text{eff}} = 0,8 \cdot P_{\text{nenn}} = 82 \text{ kW}$, $f = 0,015$, $M = 42 \text{ t}$, sowie die gemessenen Werte.

Die gemessene Fahrgeschwindigkeit liegt bei der Einfahrt in die Steigung ab $0,25^\circ$ Steigung über der theoretischen Kapazität des Fahrzeugs, es fährt also mit seinem eigenen Schwung; kinetische Energie wird abgebaut und die Geschwindigkeit vermindert sich kontinuierlich. Im Bereich von $2,5^\circ$ bis 3° wird die maximale Steigung erreicht, in der eine längere Strecke durchfahren werden muss, so dass sich für den Zug eine konstante Beharrungsgeschwindigkeit einstellt. Diese stimmt gut mit dem theoretischen Potenzial aus der Motorleistung des Zuges überein. Wenn die Steigung zum Scheitelpunkt der Erhebung hin wieder abnimmt, beginnt der Zug zu beschleunigen; die dazu nötige Leistung vermindert die theoretisch verfügbare Fahrleistung, so dass in dieser Phase Geschwindigkeiten unter der theoretischen Beharrungsgeschwindigkeit erreicht werden. Nachteilig wirkt sich in der Beschleunigungsphase aus, dass das Getriebe nur über vier lastschaltbare Gänge verfügt und des-

halb zweimal manuell die Gruppe gewechselt werden muss. Die dabei entstehenden Zugkraftunterbrechungen führen zu Geschwindigkeitseinbußen von etwa 1 m/s.

Die Ergebnisse der Verbrauchsmessungen in Bild 3 lassen im Steigungsbereich charakteristische dreieckförmige Kurven in der Darstellung des kilometerbezogenen Verbrauchs über der Fahrgeschwindigkeit erkennen, die beim betrachteten Fahrmanöver, Einfahrt in die Steigung, Fahren mit Beharrungsgeschwindigkeit in der Steigung und Erreichen des Scheitelpunktes, Beginn der Abfahrt entgegen dem Uhrzeigersinn durchlaufen werden. Solange die Steigung zunimmt und der Zug unter Verwendung seiner kinetischen Energie fährt, nimmt der kilometerbezogene Verbrauch nur relativ langsam zu. Sobald sich aber ein konstanter Zustand einstellt, steigt der kilometerbezogene Verbrauch sofort auf den Wert im Beharrungszustand. Während des Beschleunigungsvorgangs bei abnehmender Steigung nimmt der kilometerbezogene Verbrauch, ausgehend vom Maximalwert, in etwa linear wieder ab. Da der Zug in dieser Phase beschleunigt wird und wieder kinetische Energie aufnimmt, ergibt sich ein wesentlich höherer Verbrauch als bei der Einfahrt in die Steigung. Die Spanne der gemessenen kilometerbezogenen Verbräuche reicht von < 50 l/100 km für Schubfahrten über Werte von

etwa 75 l/100 km in der Ebene bis zu 250 l/100 km im Beharrungszustand der Steigung von etwa 3° . Diese sehr großen Unterschiede begründen sich durch die steigende Steigleistung und die starke Geschwindigkeitsreduktion, da der Motor trotz geringerer zurückgelegter Strecke mit voller Leistung arbeitet.

Zusammenfassung

Die Fahrleistungen und der Kraftstoffverbrauch von Transportfahrzeugen auf guter Straße werden wesentlich von der Steigung der Fahrbahn beeinflusst. Darüber hinaus ergibt sich ein erheblicher Einfluss durch den Beladungszustand. Der streckenbezogene Verbrauch kann sich bei Lastfahrt gegenüber Leerfahrt beinahe verdoppeln, während die mittlere Transportgeschwindigkeit um ein Drittel absinkt. Die Geschwindigkeit eines voll beladenen Traktorzuges verminderte sich um über 60 % bei einer Steigung von 3° während sich der kilometerbezogene Verbrauch mehr als verdreifachte. In Abbremsphasen, wenn sich das Fahrzeug noch in Schwungfahrt befindet, kann eine höhere Fahrgeschwindigkeit erreicht werden als die Motorleistung eigentlich gestattet. Gleichzeitig ergibt sich in diesem Fahrzustand ein deutlich verringerter Verbrauch gegenüber der Fahrt im Beharrungszustand.

Bild 3: Gemessene Werte von Steigung und Verbrauch für den vollen Zug (42 t) in der Teilstrecke

Fig. 3: Measured values of gradient and fuel consumption for the fully loaded road train (42 t) in partition of the measuring circuit

