

Transportgeschwindigkeit von Traktoren

Auswirkung unterschiedlicher bauartbedingter Höchstgeschwindigkeiten

Für optimierte Arbeitsabläufe beim Transport sind Modelle zur verfahrenstechnischen Leistung der Maschinen ein wichtiges Hilfsmittel. Dabei stellt die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit eine wichtige Einflussgröße dar. In den letzten Jahren haben sich die bauartbedingten Höchstgeschwindigkeiten von Traktoren von 25 km/h auf 50 und in Einzelfällen bis zu 80 km/h erhöht. Gesicherte Aussagen zur damit tatsächlich erreichbaren durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit bei Transportarbeiten waren bisher nicht möglich. Verfahrenstechnische Untersuchungen unter praxishen Bedingungen sollen Geschwindigkeitswerte liefern, die als Kalkulationsgrundlage dienen können.

Prof. Dr.-Ing. Peter Pickel ist Direktor des Institutes für Agrartechnik und Landeskultur der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 81, 06108 Halle (Saale). Dr. agr. habil. Andreas Herrmann war bis zum 31. August 2000 als Oberassistent am selben Institut tätig; e-mail: pickel@landw.uni-halle.de
Dr.-Ing. Norbert Fröba ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des KTBL, Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt; e-mail: n.froeba@ktbl.de

Schlüsselwörter

Verfahrenstechnische Leistung, Transportgeschwindigkeit, bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit

Keywords

Process capacity, transport speed, maximum speed determined by design

Für die Bewertung transportverbundener Arbeitsverfahren ist die verfahrenstechnische Leistung in den einzelnen Arbeitsgängen ein wichtiges Kriterium. Zur Kalkulation der Masseleistung beim Transport können die meisten Einflussgrößen für konkrete Einsatzbedingungen bestimmt werden [1, 2]. Relativ unsicher ist jedoch, welche Werte für die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit verwendet werden können. Hier werden in der Regel Werte unterstellt, die auf ältere Versuche zurückgehen oder auf Erfahrungswerten beruhen. Sie basieren auf bauartbedingten Höchstgeschwindigkeiten bei Traktoren von 30 km/h. Aussagen zur Auswirkung von Zuglänge, Gesamtmasse und Fahrbahnbeschaffenheit auf die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit liegen nur lückenhaft vor. Es wurden Versuche zur Klärung dieser Zusammenhänge durchgeführt.

Eingesetzte Traktoren

Für die Untersuchung standen ein Traktor Fendt Xylon 524 und ein Unimog 1400 zur Verfügung. Neben der Motorleistung wird die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit durch unterschiedliche Getriebebauarten und Motorkennfelder beeinflusst.

Der Xylon 524 besitzt eine bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Durch das Sperren des höchsten und des zweithöchsten Ganges wurden bauartbedingte Höchstgeschwindigkeiten von 38,5 und 32 km/h simuliert. Durch dieses Vorgehen konnten mit dem gleichen Traktor drei bauartbedingte Höchstgeschwindigkeiten dargestellt werden ohne die Auswirkungen von bauartbedingten Unterschieden verschiedener Traktoren zu überlagern.

Versuchsaufbau

Von weiteren Einflussfaktoren auf die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit wurden als die wichtigsten Parameter die Masse und die Länge der Transporteinheit, die Fahrbahnbeschaffenheit und die Transportentfernung in die Untersuchungen einbezogen.

Als Anhänger standen zwei HW 80.11 zur Verfügung, die in den Lastvarianten mit je-

weils 8 t Splitt beladen wurden. In den "Lastversuchen" mit dem Unimog wurde dieser mit 1,7 t Splitt beladen. Versuche zur Ermittlung der Geschwindigkeit beim Gerätetransport wurden mit einem 3-Schar-Aufsattel-drehpflug durchgeführt.

Die Versuche erfolgten auf einem Rundkurs (Länge 12,27 km) in ländlicher Umgebung nordöstlich von Halle (Saale), der in 15 Teilstrecken mit sehr unterschiedliche Voraussetzungen (Fahrbahnbeschaffenheit, Fahrbahnbreite, Ortsdurchfahrten) aus der Sicht der zu erwartenden durchschnittlichen Transportgeschwindigkeit gegliedert wurde.

Bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit und Fahrzeuggesamtmasse

Der Anteil der Standzeiten (verkehrsbedingte Wartezeiten) an der Umlaufzeit war mit 0,85 % im Mittel aller Varianten gering und wurde daher nicht herausgerechnet. Wie erwartet nahm die durchschnittlichen Transportgeschwindigkeit bei Erhöhung der möglichen Höchstgeschwindigkeit zu und betrug über alle Varianten gemittelt:

- 23,5 km/h in der 32 km/h-Stufe
- 27,0 km/h in der 38,5 km/h-Stufe
- 28,5 km/h in der 50 km/h-Stufe
- 31,5 km/h in der 80 km/h-Stufe

Für die Kalkulation von Transportarbeiten ist das Mittel aus den Varianten Traktor mit zwei Anhängern (leer) und Traktor mit zwei Anhängern (voll) aussagekräftiger. Die durchschnittlichen Geschwindigkeit betragen hier

- 23,0 km/h in der 32 km/h-Stufe
- 26,0 km/h in der 38,5 km/h-Stufe
- 27,7 km/h in der 50 km/h-Stufe
- 28,6 km/h in der 80 km/h-Stufe

Die ermittelten Geschwindigkeitswerte zeigen, dass der bisherige Kalkulationswert von 15 km/h für heutige Verhältnisse nicht mehr gerechtfertigt ist. Eine Ursache für die wesentlich höhere Durchschnittsgeschwindigkeit liegt in der hohen spezifischen Motorleistung von 3,5 kW/t, die dem in [3] genannten Orientierungswert von 4 kW/t für Traktoren bereits sehr nahe kommt. Aber auch die technische Weiterentwicklung der Traktoren (Lastschaltgetriebe, Vorderachsfederung) hat einen wesentlichen Anteil an diesem Ergebnis.

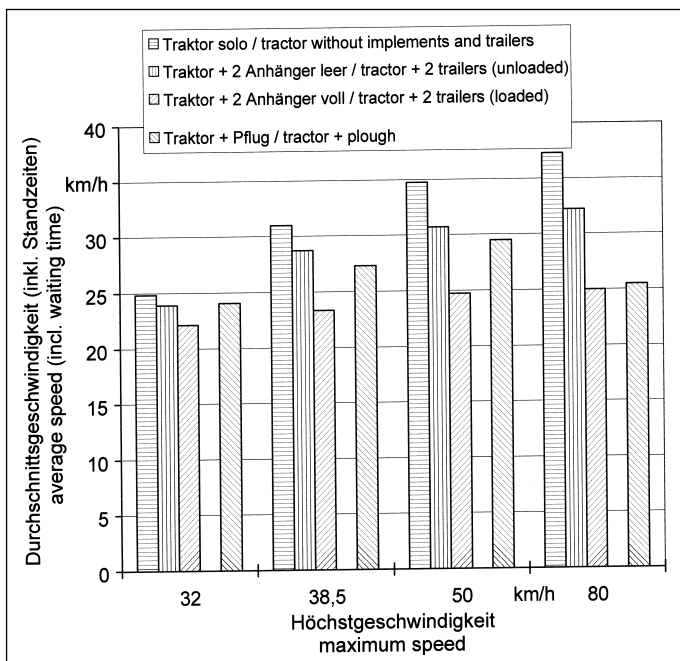


Bild 1: Durchschnittliche Transportgeschwindigkeit (inkl. Standzeiten) in Abhängigkeit von der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit

Fig. 1: Average transport (incl. laid-up time), depending on maximum speed determined by design

Auswirkung der Einflussgrößen im Komplex

Eine differenziertere Betrachtung der durchschnittlichen Transportgeschwindigkeit zeigt, dass bei niedriger bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit die Auswirkung unterschiedlicher Gesamtmassen auf die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit gering ist (Bild 1). Bei einer Höchstgeschwindigkeit von 32 km/h beträgt der Unterschied der durchschnittlichen Transportgeschwindigkeiten zwischen dem Traktor solo und dem Einsatz des Traktors mit zwei vollen HW 80 nur 11,0%. Diese Differenz nimmt mit zunehmender Höchstgeschwindigkeit kontinuierlich zu. Der Unterschied beträgt in der 38,5 km/h-Stufe 24,8%, in der 50 km/h-Stufe 28,9% und in der 80 km/h-Stufe 33,0%. Die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit der Variante Traktor mit Pflug bewegt sich in allen Geschwindigkeitsstufen zwischen den Varianten „Traktor mit zwei HW 80 leer“ und „Traktor mit zwei HW 80 voll“. Beim Unimog mit Pflug ist die Transportgeschwindigkeit jedoch vergleichsweise niedrig. Die Ursache dafür ist in der schlechten Sicht des Fahrers auf das Gerät zu sehen. Vorsichtiges Fahren gibt ihm die Sicherheit, dass kein Schaden am Gerät während des Transports auftritt.

Eine zunehmende bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit wirkt sich bei gleicher Motorisierung am stärksten bei niedrigen Gesamtmassen positiv auf die Transportgeschwindigkeit aus. Bei hohen Fahrzeuggesamtmassen können über eine höhere bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit kaum Vorteile für die tatsächlich umsetzbare Transportgeschwindigkeit erreicht werden. Leistungstärkere Motoren lassen durch besseres Beschleunigungsverhalten bei hohen Gesamtmassen etwas höhere Geschwindigkeiten erwarten. Unter den gegebenen Bedingungen des Parcours sind einer Erhöhung der Transportgeschwindigkeit durch die gegebenen Fahrbahn- und Verkehrsbedingungen jedoch objektive Grenzen gesetzt.

Mittels multipler Regression erfolgte weiterführend für die Solo- und für die Anhängervarianten die Prüfung der komplexen Auswirkung folgender Einflussgrößen:

- bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit v_{max}
- Masse der Transporteinheit m_{ges}
- Länge der Transporteinheit l_{ges}

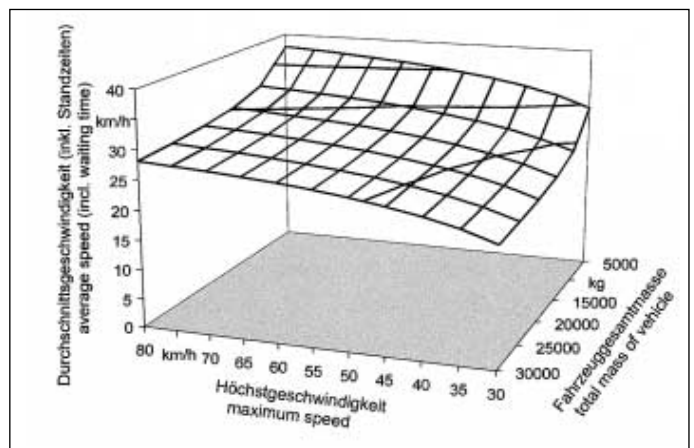
Als Ergebnis zeigte sich, dass die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit für den Parcours mit den Größen „Höchstgeschwindigkeit v_{max} “ und „Masse der Transporteinheit m_{ges} “ gut beschrieben werden kann:

$$v [km/h] = 31,20 + \frac{56013,93}{m_{ges} [kg]} - \frac{386,01}{v_{max} [km/h]} \quad R^2 = 0,83$$

Die Länge der Transporteinheit ist für die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit nicht von entscheidender Bedeutung. Mit den beiden Größen „Höchstgeschwindigkeit“ und „Masse der Transporteinheit“ wird ein Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,83 erreicht. Für verfahrenstechnische Untersuchungen ist dieses als hoch einzuschätzen (Bild 2). Zu beachten ist, dass die Regression aus dem Blickwinkel der Statistik gesehen nur für den untersuchten Wertebereich anwendbar

Bild 2: Durchschnittliche Transportgeschwindigkeit (inkl. Standzeiten) in Abhängigkeit von der Fahrzeuggesamtmasse und von der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit

Fig. 2: Average transport (incl. laid-up time), depending on total vehicle mass and maximum speed determined by design



ist ($m_{ges} = 4600$ bis 29610 kg; $v_{max} = 32$ bis 80 km/h). Für eine andere Motorisierung der Traktoren und andere Einsatzbedingungen kann sie allerdings Orientierungswerte liefern.

Ausblick

Mit den Versuchen wurden wichtige Größen in ihrer Auswirkung auf die Transportgeschwindigkeit analysiert. Eine detailliertere Auswertung des vorhandenen Datenmaterials ermöglicht auch die hier nicht dargestellte Auswirkung der Fahrbahnverhältnisse auf die durchschnittliche Transportgeschwindigkeit. Modelle zur Kalkulation der verfahrenstechnischen Leistung stellen jedoch nur selten so hohe Genauigkeitsanforderungen an die Einflussgröße Transportgeschwindigkeit. Um den Aussagebereich zur durchschnittlichen Transportgeschwindigkeit sinnvoll zu erweitern, sollte in zukünftigen Untersuchungen eine unterschiedliche Motorisierung der Traktoren, Steigungs- und Gefällstrecken sowie unterschiedliche Bauformen bestimmter Baugruppen (etwa stufenlose Getriebe) Berücksichtigung finden.

Während der Versuche stellte sich heraus, dass die Transportgeschwindigkeit im Gegensatz zur Arbeitsgeschwindigkeit bei Erntearbeiten relativ stark fahrerabhängig ist. Es ist jedoch nicht zu empfehlen, Geschwindigkeitsrichtwerte für bestimmte „Fahrerkategorien“ anzugeben.

Literatur

- [1] Herrmann, A.: Modellierung verfahrenstechnischer Bewertungskriterien bei unterschiedlicher Verknüpfung von Ernte- und Transportarbeitsgängen. Halle, Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI, Nr. 335, Habilitation, 1999
- [2] Herrmann, A. und P. Pickel: Transport performance – a result of complex influence factor coupling. Gießen, International Workshop Agricultural Transport vom 4. bis 6. Oktober 1999, Tagungsband S. 10 – 25
- [3] Fröba, N.: Landwirtschaftlicher Transport. RKL-Schriftenreihe 3.0 (1999), S. 313-392