

Yves Reckleben und Hermann Thomsen

Getriebevergleich bei Traktoren im Straßentransport

An moderne Traktoren für den landwirtschaftlichen Transport werden hohe Anforderungen gestellt: Hohe Geschwindigkeiten auf der Straße mit gutem Beschleunigungs- und Bremsverhalten sowie eine gute Kraftübertragung auf dem Feld – bei einfacher Bedienung und gutem Fahrkomfort.

Der Motor eines Traktors wird, außer bei Steigungs- und Beschleunigungsstrecken, nicht voll ausgelastet. Deshalb bieten die Traktorenhersteller 50-km/h-Varianten an, die den 50 km/h-schnellen Transport mit geringerer Motordrehzahl und besserer Motorauslastung ermöglichen. Wird beim Transport die maximale Geschwindigkeit von 50 km/h eingehalten, dann wird durch diese Getriebevarianten keine Zeit, dafür aber Diesel eingespart. Diese Getriebe-/Motorsteuerung hat sich in den letzten Jahren bei nahezu allen Herstellern etabliert und wird von den Kunden auch nachgefragt. Der Vergleich zweier Getriebe im Praxisversuch zeigt, dass die Effizienz des Getriebes und der elektronischen Motorsteuerung nachhaltig die Kosten für einen Transportkilometer bestimmen.

Schlüsselwörter

Getriebevergleich, Doppelkupplungsgetriebe, Automatikgetriebe, Kraftstoffeffizienz, Straßentransport

Keywords

Gear unit comparison, dual-clutch transmission, automatic transmission, fuel efficiency, road transport

Abstract

Reckleben, Yves and Thomsen, Hermann

Comparison of gear units for tractors during road transport

Landtechnik 68(2), 2013, pp. 126–129, 3 figures, 3 tables, 5 references

The demands of modern tractors for agricultural transport are of particular importance. High speeds on the road with good acceleration and braking, as well as a good force transmission on the field – with easy handling and good ride comfort. The engine of a tractor is, except for slope and acceleration structures, not fully utilized. Therefore must provide the tractor manufacturer to 50 km/h-variants that allow the 50 km/h fast transport with lower engine speed

and better engine load. During transport, the maximum speed of 50 km/h kept, then through this transmission variants will not have the time, but to save fuel. This gear unit and motor management has established itself in recent years with almost all manufacturers and the consumers demand it. In particular, the efficiency of the transmission and the engine electronic control to determine the cost of a sustainable transport kilometers.

■ Zunehmende Transportanteile von Traktoren auf der Straße [1; 2] und steigende Treibstoffkosten führen bei Anwendern und Herstellern von Landmaschinen in Bezug auf Effizienz und Fahrkomfort zum Umdenken. Neben den klassischen Lastschaltgetrieben mit hohem Wirkungsgrad und den bekannten stufenlosen Varianten mit mehr Fahrkomfort werden zunehmend auch Doppelkupplungsgetriebe für die Hersteller interessant. Der nachfolgend beschriebene Test hat das Ziel, die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Getrieben im John Deere R6210 zu vergleichen. Dafür wurden zwei baugleiche Schlepper in der Klasse über 150 kW, einer mit dem neuen Direct-Drive-Doppelkupplungsgetriebe und einer mit dem bekannten stufenlosen Auto-Power, einem intensiven Praxistest unterzogen.

Transportvergleich in der Praxis

Die Teststrecke verläuft im ländlichen Gebiet südwestlich von Kaiserslautern und zieht sich durch mehrere Ortschaften, an

denen verschiedene verkehrstechnische Einflussgrößen zur Wirkung kommen: Einmündungen, Ampeln und Fußgängerüberwege wirken verkehrsberuhigend und werden während des Tests genauso wie die Witterungsverhältnisse (Niederschlag, Temperaturen usw.) als gegeben hingenommen. Um sowohl den Einfluss dieser äußeren Bedingungen als auch der Fahrer zu reduzieren, wurde die Strecke durch vier erfahrene Fahrer von Lohnunternehmern jeweils viermal mit beiden Testmaschinen befahren.

Das Streckenprofil für den Vergleich ist 41,2 km lang, die Höhenunterschiede im Gelände betragen 268 m im Minimum und 449 m im Maximum (Bezug auf NN). Die maximale Steigung im Geländeprofil beträgt etwa 13 %.

In **Tabelle 1** sind die für den Vergleich wesentlichen technischen Informationen aller 2 Traktoren dargestellt.

Für die vergleichenden Messungen wurden verschiedene Methoden angewandt. Zum einen wurden beide Traktoren im Praxisprüfstand mit der Wirbelstrombremse an der Zapfwelle nach OECD Code 2 gemessen [3] und zum anderen wurde jeder Traktor viermal mit und viermal ohne Anhänger auf der bereits beschriebenen Transportstrecke eingesetzt. Für diese Transportvergleichsmessungen wurden die Traktoren zusätzlich mit je 950 kg Frontgewicht ballastiert.

Die Messungen im Prüfstand wurden mit einer mobilen Wirbelstrombremse der Firma Eggers (Typ: PT302) durchgeführt (**Abbildung 1**). Dabei wurden bei jedem Traktor an der Zapfwelle die Drehzahl, die Leistung und das Drehmoment ge-

Tab. 1

Wesentliche technische Daten der eingesetzten Traktoren

Tab. 1: Essential technical data for of the used tractors

	John Deere 6210R AutoPowr	John Deere 6210R DirectDrive
Leistung [PS] Horse Power	240 PS (IPM(97/68EC))	240 PS (IPM(97/68EC))
Gewicht [kg] Weight	8760	8625
Leistungsgewicht [kg/PS] Power to weight	37	36
Reifen vorn (1,8 bar Luftdruck) Front Wheel (1.8 bar pressure)	600/70R28 Michelin	600/70R28 Michelin
Reifen hinten (1,6 bar Luftdruck) Rear Wheel (1.6 bar pressure)	710/70R42 Michelin	710/70R42 Trelleborg
Getriebe Gear unit	stufenlos continuously	Doppelkupplungs- getriebe dual clutch
Abgastechnik Emission technology	gekühlte Abgasrück- führung mit Partikel- filter cooled EGR with particulate filter	gekühlte Abgasrück- führung mit Partikel- filter cooled EGR with particulate filter

Abb. 1



Prüfstandsmessung – Wirbelstrombremse „Eggers Dynamometer“ an der Zapfwelle

Fig. 1: Dynamometer measurement - eddy current brake "Eggers dynamometer" at the PTO (Foto: Reckleben)

messen. Der Verbrauch wurde volumetrisch mit dem Sensor FM 3-100 gemessen.

Mit der in **Abbildung 1** dargestellten zapfwellengebundenen Motorbremse wird das Drehmoment und die Leistung des Traktors im gesamten Drehzahlbereich erfasst und aufgezeichnet. Beide Traktoren wurden mit vergleichbaren Leistungen gemessen, der AutoPowr erreichte eine um 3,6 kW höhere Maximalleistung an der Zapfwellenbremse, was innerhalb der Herstellertoleranz liegt [4]. Die gemessenen Kennfelder dienen als Grundlage für die folgenden Transportvergleichsmessungen auf der Straße.

Der eigentliche Test, auf dem später auch die ökonomischen Auswertungen beruhen, wurde auf der Straße durchgeführt. Zur Reduktion der verkehrsbedingten Einflüsse auf die Geschwindigkeit und den Verbrauch wurde die Strecke mit jedem Traktor achtmal mit jedem Fahrer gefahren. Vier Fahrten wurden ohne Anhänger durchgeführt und vier Fahrten mit beladenem Anhänger.

Hierfür wurden 2 Muldenkipper mit Kies beladen, sodass sie 18 Tonnen Gesamtmasse erreichten. Da die beiden baugleichen Anhänger unterschiedlich bereift waren (**Tabelle 2**) und mit dem für die Gesamtmasse optimalen Luftdruck gefahren

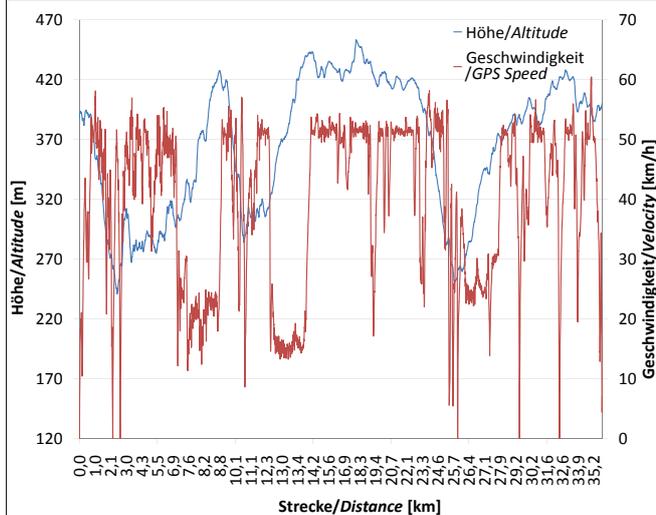
Tab. 2

Verwendete Krampe-Muldenkipper für den Transportvergleichstest

Table 2: Used Krampe dump trucks for transportation comparison test

	Krampe 1	Krampe 2
Bereifung Tires	Trelleborg Twin Radial 680/55 R 26,5	Michelin Cargo X Bib 600/55 R 26,5
Luftdruck [bar] Air pressure	3,4	4,0
Gesamtmasse [t] Total mass	18	18

Abb. 2



Aktuelle Geschwindigkeit im Streckenprofil beim John Deere R6210 DirectDrive

Fig. 2: Current speed in the course profile for John Deere R6210 DirectDrive

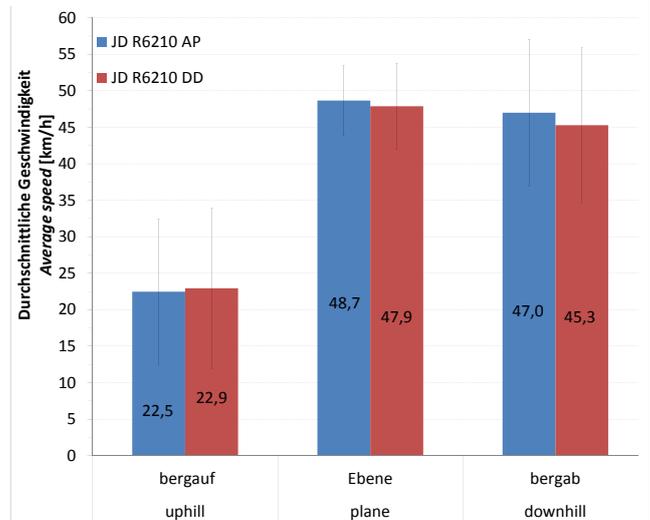
wurden, ergaben sich unterschiedliche Rollwiderstände, die das Ergebnis möglicherweise beeinflusst hätten. Aus diesem Grund haben alle Traktoren die Strecke jeweils zweimal mit dem Anhänger Krampe 1 und zweimal mit dem Anhänger Krampe 2 absolviert. Aus den Gewichten in den **Tabellen 1** und **2** sowie dem zusätzlichen Frontgewicht ergibt sich für den AutoPowr ein Gesamtgewicht von 27,71 t und für den DirectDrive von 27,58 t für den Transportvergleich.

Für die Messungen bei den Transportfahrten wurde jeder Traktor vor den Fahrten mit Diesel betankt und die Flüssigkeitsmenge und der Füllstand dokumentiert. Nach jeweils 4 Fahrten – also 164,8 Kilometern – wurden die verbrauchten Flüssigkeitsmengen wieder aufgefüllt. Hierfür wurde eine Hornkraftstoffpumpe mit Zählwerk benutzt. Bei den Prüfstandsmessungen als auch bei den Transportmessungen wurde die Kraftstofftemperatur am Anfang und am Ende mit einem IR-Thermometer gemessen. Für den Transportvergleich wurden die Traktoren zusätzlich mit GPS-Datenloggern ausgestattet, um die aktuelle Geschwindigkeit und das Streckenprofil automatisch aufzuzeichnen. So konnten die Strecken als „Path“ aufgezeichnet und für die weitere Auswertung genutzt werden.

Geschwindigkeitsvergleich

Die Geschwindigkeit als wesentliche Messgröße für die Transportleistung im Straßenverkehr wurde kontinuierlich jede Sekunde vom GPS-Datenlogger gemessen. **Abbildung 2** zeigt exemplarisch die gefahrene Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Streckenprofil für den John Deere 6210R DirectDrive. Vor allem die Geschwindigkeiten von mehr als 50 km/h fallen hier

Abb. 3



Reliefklassen und die gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeiten mit beiden Traktoren

Fig. 3: Relief classes and the average speeds driven with the two tractors

auf. Diese sind möglich, weil das Doppelkupplungsgetriebe nicht wie beim AutoPowr elektronisch gebremst wird.

Die Durchschnittsgeschwindigkeiten als Mittelwert der vier Fahrer zeigen allerdings einen leichten Vorteil von 0,9 km/h zugunsten des AutoPowr, der mit 43,8 km/h eine höhere Geschwindigkeit als der DirectDrive im Streckenverlauf erreichte.

Typische Reliefformen (bergab, Ebene, bergauf) wurden anschließend für eine gezielte Auswertung verwendet (**Abbildung 3**). Es zeigt sich, dass beide Schlepper in den einzelnen Segmenten ähnlich schnell sind. Das schnellere Schalten beim DirectDrive ist für Bergauffahrten von Vorteil, während das AutoPowr-Getriebe in der Ebene und bei der Bergabfahrt vorteilhaft zu sein scheint [5].

Kostenbetrachtung

Die Kosten für Dieselkraftstoff sind für die Betrachtung der Effizienz in dieser Untersuchung wesentlich. Für die Ermittlung der Kosten wurden der gemessene Kraftstoffverbrauch und der Einkaufspreis für Dieselkraftstoff ohne Mehrwertsteuer benutzt (**Tabelle 3**).

Die Berechnung der Kosten für die einzelnen Traktoren erfolgte sowohl für die Leer- und die Vollfahrten getrennt als auch als gleich gewichteter Mittelwert aus beiden Belastungen. Es zeigt sich, dass bei voller Belastung der John Deere DirectDrive mit 0,94 €/km vor dem John Deere AutoPowr liegt. Der Mittelwert aus beiden Belastungssituationen ergibt einen ähnlichen Trend wie bei den Vollfahrten. Der höhere Verbrauch wird vom John Deere mit AutoPowr-Getriebe erzielt, dagegen schneidet der John Deere mit DirectDrive mit 0,74 €/km besser ab. Setzt

Tab. 3

Kostenkalkulation für Diesel und der gemessenen Kraftstoffverbrauch bei verschiedenen Belastungssituationen

Table 3: Cost calculation for diesel and the measured consumption at various load situations

	John Deere 6210R Autopowr 240 PS (IPM(97/68EC))	John Deere 6210R DirectDrive 240 PS (IPM(97/68EC))
Vollfahrt/Full ride		
Gesamt Diesel/Total diesel [l]	539	499
Verbrauch/Fuel consumption [l/km]	0,822	0,761
Kosten/Costs [€/km] ¹⁾	1,02	0,94
Leerfahrt/Empty ride		
Gesamt Diesel/Total diesel [l]	322	287
Verbrauch/Fuel consumption [l/km]	0,491	0,438
Kosten/Costs [€/km] ¹⁾	0,61	0,54
Mittelwert/Mean [€/km]	0,81	0,74
Rel. Kosten/Relative costs²⁾	100	91,36

¹⁾ Diesel: 1,2385 €/l ohne MWST/exclusive of VAT.

²⁾ Index 100 = AutoPowr.

man den bekannten Autopowr 100, so zeigt sich das die Kraftstoffkosten beim John Deere DirectDrive um 8,64 % geringer sind.

Schlussfolgerungen

Der Transportvergleich von zwei verschiedenen Getrieben und Motorsteuerungen wurde durchgeführt, um die Transporteffizienz beim Straßentransport zu ermitteln. Hierfür wurde auf einem Parcours südwestlich von Kaiserslautern der Vergleich mit verschiedenen Belastungszuständen (Leerfahrt, Vollfahrt) durchgeführt.

Eine wesentliche Frage bestand darin, herauszufinden, wie effektiv das neue halbautomatische Doppelkupplungsgetriebe „DirectDrive“ im John Deere 6210R arbeitet. Hierfür wurde ein Vergleich mit dem stufenlosen AutoPowr Getriebe von John Deere ebenfalls in einem 6210R gefahren. Die unterschiedlichen Getriebetechnologien und ihre Wirkungsgrade haben sich für die Transportfrage deutlich offenbart. Für den Transport notwendige schnelle Beschleunigungen können durch schnelle Schaltvorgänge erreicht werden. Hier hatte vor allem das Doppelkupplungsgetriebe von John Deere seine Stärken, was sich im geringeren Kraftstoffverbrauch ausdrückt.

Das Ergebnis anhand der beschriebenen Messungen und der daraus berechneten Kosten je Kilometer zeigt, dass die Doppelkupplungsgetriebe beim Transport geringere Kosten verursachen. Das stufenlose AutoPowr-Getriebe hat hier höhere Kosten verursacht. Der John Deere 6210R DirectDrive hat bei dieser Untersuchung mit 8,64 % Punkten besser als die AutoPowr-Maschine abgeschnitten.

Literatur

- [1] Engelhardt, D.; Bernhardt H. (2007): Frachtraum wird knapp. DLG-Mitteilungen 122(6), S. 24-25
- [2] Schäfer, N. (2012): Steigerung der Effizienz bei Straßentransporten am Beispiel unterschiedlicher Reifentypen. Master-Thesis am Fachbereich Agrarwirtschaft der Fachhochschule Kiel, Osterrönfeld
- [3] Schaufler H. (2012): OECD Standard Codes für Traktorentests. Wieselburg/Erlauf. <http://www.josephinum.at/blt/pruefung/traktoren-und-landmaschinen/oecd-traktoren.html>, Zugriff am 30.12.2012
- [4] Lampel, H., (2012): Was sagen Leistungsdaten eines Traktormotors aus? Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Landtechnik und Lebensmitteltechnologie Francisco Josephinum. http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/veranst/031/Leistungsdaten_eines_Traktormotors.pdf, Zugriff am 30.12.2012
- [5] Höner, G.; Berning F. (2013): Die neuen Alleskönner. top agrar 1, S.118-128

Autoren

Prof. Dr. Yves Reckleben ist Leiter des Fachgebiets Landtechnik am Fachbereich Agrarwirtschaft der Fachhochschule Kiel, Grüner Kamp 11, 24783 Osterrönfeld, E-Mail: yves.reckleben@fh-kiel.de

Hermann Thomsen ist Berater im Fachbereich Land- und Energietechnik der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg