

Einsatzversuche an einem Traktor mit stufenlosem Getriebe bei schwerer Zug- und Zapfwellenarbeit

Examinations at a tractor with continuously variable transmission during heavy pull-type and pto-type work

Dr. **M. Demmel**, cand. agr. **G. Attenberger**, cand. agr. **G. Dischinger**, Prof. **H. Auernhammer**, TU München; Dipl.-Ing. agr. **H.-P. Settele**, AGCO GmbH & Co., Marktoberdorf

Stufenlose Getriebe haben das Potential in der täglichen Feldarbeit den Anforderungen der Maschinen und Geräte, sowie des Bodens und der Bestände sehr viel besser angepaßt werden zu können als dies mit den gestuften Varianten möglich ist. Um diese möglichen Vorzüge zu erfassen wurden im Herbst 1997 entsprechende Vergleichsmessung beim Pflügen und beim Häckseln von Silomais durchgeführt.

Stufenloses Getriebe und lastschaltbares Getriebe

Im Jahr 1995 wurde mit dem Fendt Favorit 926 Vario erstmalig ein Serientraktor mit stufenlosem Getriebe vorgestellt. Der in den Folgejahren in den Markt eingeführte Traktor mit 191 kW Motorleistung besitzt ein stufenloses Getriebe mit hydrostatisch mechanischer Leistungsverzweigung, wie sie auch in Getriebeentwicklungen von Claas, Steyr und ZF Anwendung findet. Im Gegensatz zu den übrigen Herstellern arbeitet Fendt im Interesse von nur zwei Fahrbereichen mit hohen hydrostatischen Leistungsanteilen und speziellen Hydrostatik-Komponenten. Die Verzweigung der Leistung erfolgt im Planetengetriebe, die Zusammenführung an der Summierungswelle. Das Getriebe kann hydrostatisch Reversieren. Die elektronische Steuerung des Getriebes wird durch Automatik Funktionen wie durch die Grenzlastregelung und durch einen Tempomaten optimiert.

Problematik der Vergleichsmessungen

Der ideale Ausgangspunkt für die Feststellung der Vorzüge eines stufenlosen gegenüber einem gestuften Getriebe wäre das Vorhandensein von zwei identischen Traktoren, die sich nur im Getriebe unterscheiden. Da diese Möglichkeit im Herbst 1997 nicht gegeben waren wurde nach Alternativen gesucht. Die Ausrüstung eines leistungsschwächeren Traktors einer beinahe identischen Baureihe (Fendt Favorit 800), der mit Lastschaltgetriebe ausgerüstet ist, mit einem gleichstarken Motor wie im Traktor mit stufenlosem Getriebe mußte jedoch verworfen werden.

Es wurde daher entschieden mit dem Traktor mit stufenlosem Fahrantrieb auch die Vergleichsvariante mit einem manuell betätigten lastgeschaltetem Stufengetriebe zu simulieren. Der

Traktor mit dem stufenlosem Getriebe bietet hierzu die Möglichkeit. Durch Tippen des Fahrhebels kann die Fahrgeschwindigkeit in diskreten Sprüngen erhöht oder gesenkt werden. Diese Sprünge sind vorgegeben und betragen 0,5 km/h, 1,0 km/h oder 2,0 km/h. Da die Geschwindigkeitssprünge bei der überwiegenden Anzahl der teil- und volllastschaltbaren Traktorgetriebe im Hauptarbeitsbereich (4-12 km/h) zwischen 0,7 und 1,7 km/h betragen, wurden für die Simulation des Lastschaltgetriebes 1 km/h bzw. 2 km/h Sprünge vorgewählt. Beim Häckseln wurden nur Geschwindigkeitssprünge von 1 km/h verwendet, beim Pflügen bis etwa 9 km/h ebenfalls Sprünge von 1 km/h, darüber stufen von 2 km/h. Dabei konnte davon ausgegangen werden, dass das stufenlose Getriebe als „Lastschaltgetriebe“ die neue Geschwindigkeit deutlich schneller einstellt als „tatsächlich unter Last schaltende“ Getriebe (Zeitdauer 120 - 250 ms, gegenüber 500 - 800 ms).

Die einzige „technische“ Veränderung, die zu dieser Simulation notwendig wurde war eine Umprogrammierung des Steuerrechners für das Getriebe um die Funktion der Grenzlastregelung auszuschalten und dadurch den Traktorfahrer zu zwingen bei abfallender Drehzahl einzugreifen und durch Schalten eine neue Getriebeübersetzung einzustellen.

Der große Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass hierdurch zwei von der Technik (Motor, Fahrwerk, Reifen, Zapfwelle, Geräteanbau) völlig identische Traktoren ohne aufwendigen Gerätewechsel hinsichtlich unterschiedlicher Getriebebauarten untersucht werden können.

Versuchsdurchführung

Die Vorteile von stufenlosen Getrieben sind sicher bei schweren Zug- sowie Zapfwellenarbeiten am stärksten ausgeprägt. Entsprechend wurde das erste serienmäßig am Markt angebotene mechanisch hydraulisch leistungsverzweigte Getriebe in einen Traktor mit 191 kW Motorleistung integriert. Einsatzschwerpunkte einer solchen Maschine sind schwere Zugarbeiten in der Bodenbearbeitung (Pflug, Scheibenegge, Grubber, Untergrundlockerer) und schwere Zapfwellenarbeiten (Kreiselegge, Großpackenpresse, Häcksler). Darüber hinaus ist die Verwendung als Transportschlepper denkbar.

Vergleichsmessungen sollten deshalb bei schwerer Zug- und bei schwerer Zapfwellenarbeit durchgeführt werden. Hierzu stand ein sechsschariger Aufsattelpflug und ein reihenunabhängiger Anbaufeldhäcksler mit 3 Metern Arbeitsbreite zur Verfügung. Der Häcksler wurde im Heckanbau in Schubfahrt betrieben.

Die Fläche für den Pflugeinsatz hatte eine Schlaglänge von 650 m. Der wechselnde Boden ist sandig bis lehmig, mit einer ausgeprägten Tonlinse und über die Feldlänge etwas ansteigend. Der Schlag wird von der Trasse einer Leistungsverlegung gequert. Feldform und Bodenbeschaffenheit erlaubten es jeweils etwa 18 m breite Varianten (Fläche etwa 1,1 ha) anzulegen und zweimal zu wiederholen (Abb. 1).

Der Maisschlag hatte eine Schlaglänge von 270 m. Der Schlag fällt an einem Ende stark ab. Der Frischmasseertrag des noch überwiegend grünen Mais schwankte zwischen 400 und 500 dt/ha. In einem Streifen mit sehr sandigem Boden auf der Hangschulter war jedoch der Ertrag geringer und der Mais beinahe schon druschreif. Die Messungen wurden auf jeweils 9 m breiten Par-

zellen (3 Fahrten) mit jeweils 3 Wiederholungen durchgeführt. Eine Parzelle ergab jeweils eine Anhängerfüllung. Die Frischmasseerträge wurden auf einer geeichten Fuhrwerkswaage ermittelt (Abb. 2).

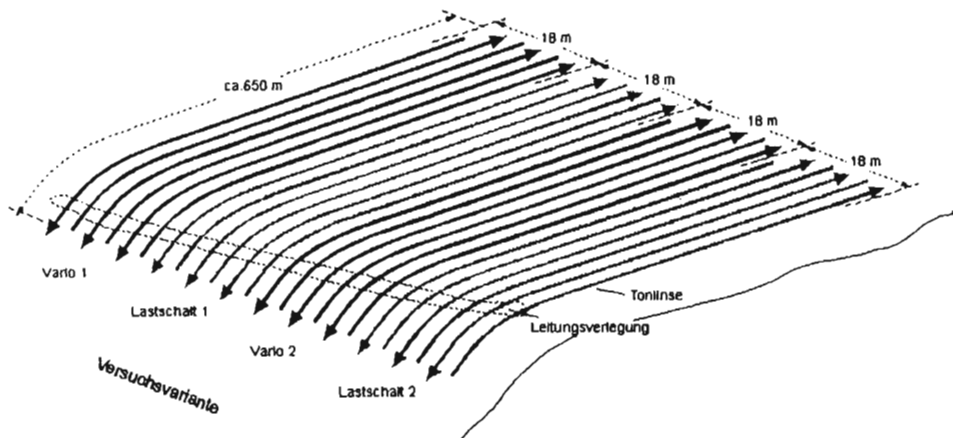


Abbildung 1: Versuchsdurchführung beim Pflügen.

Figure 1: Experimental plan for plowing.

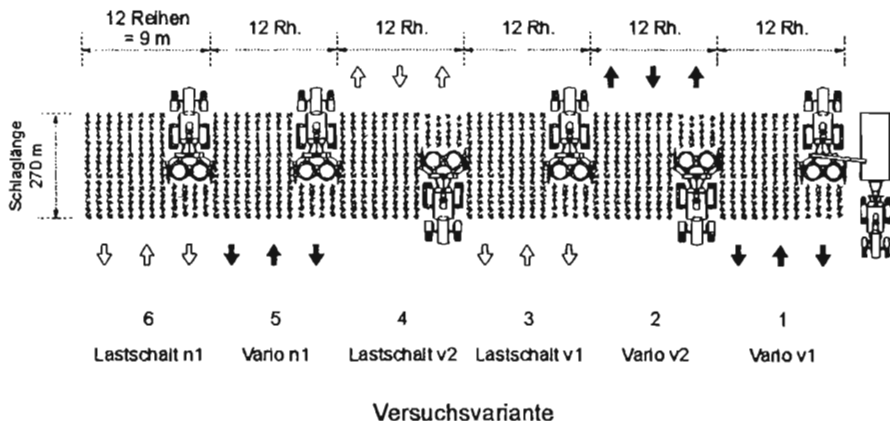


Abbildung 2: Versuchsdurchführung beim Häckseln von Silomais

Figure 2: Experimental plan for forage chopping.

Wahre (Radarsensor) und theoretische Fahrgeschwindigkeiten, Getriebeeinstellungen, Motor- und Zapfwellendrehzahlen wurden während der Messungen direkt vom Traktor-Bussystem ausgelesen (CANalyser der Firma Vector) und auf einem PC gespeichert. Aus diesen Daten wurden die Verteilungen der wahren Fahrgeschwindigkeiten abgeleitet und die manuell mit einer Stoppuhr ermittelten Zeitwerte überprüft.

Wendezeiten sind in den Zeitwerten enthalten, die eindeutig abgrenzbare Standzeit, die durch eine größere Verstopfung beim Häckseln in Variante „Vario 3“ verursacht war wurde jedoch von der Versuchszeit abgezogen.

Die Versuche wurden immer von einem Vorführfahrer des Schlepperherstellers möglichst nahe an der Leistungsgrenze des Traktors gefahren.

Ergebnisse

Durch die teilweise leichten Böden und den für die Traktormotorleistung eher unterdimensionierten Sechsscharpflug lag das Niveau der Fahrgeschwindigkeiten sehr hoch. Aus etwa 5000 Einzelmesswerten je Variante und Wiederholung wurden die Verteilungen der Fahrgeschwindigkeiten errechnet. Hierbei stellt sich im Mittel eine um etwa 25 % höhere Fahrgeschwindigkeit bei der Variante „stufenloses Getriebe“ gegenüber der Variante „simulierte Lastschaltung“ ein (Abb. 3).

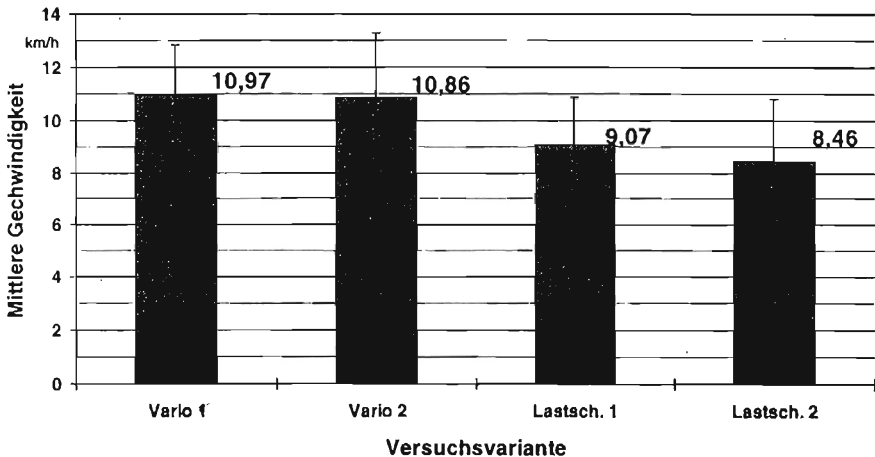


Abbildung 3: Mittlere Fahrgeschwindigkeiten und Standardabweichungen beim Pflügen mit stufenlosem / lastgeschaltetem Getriebe.

Figure 3: Average speeds and standard deviations for plowing with continuous variable / power shift transmission.

Beim Häckseln von Silomais wurden die Erntemengen der Messparzellen mit den Zeiten verrechnet und die mittleren Durchsätze gegenübergestellt (Abb. 4).

Die Differenzen beim Häckseln sind nicht so groß wie beim Pflügen, die Variante „stufenloses Getriebe“ ist im Durchschnitt jedoch immer noch um etwa 8 t/h bzw. 16 % der Variante „lastschaltbares Getriebe“ überlegen.

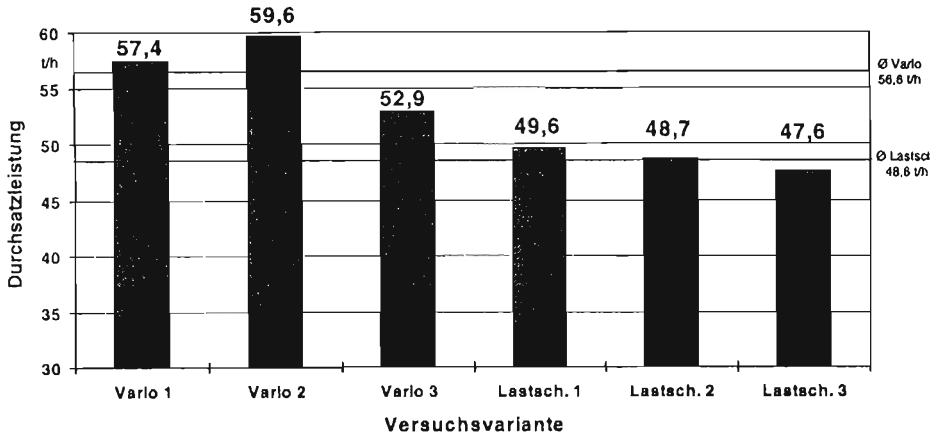


Abbildung 4: Mittlere Durchsätze beim Häckseln mit stufenlosem / lastgeschaltetem Getriebe.
 Figure 4: Average throughput for chopping with continuous variable / power shift transmission.

Diskussion

Die in der Tendenz erwarteten höheren Flächen- bzw. Durchsatzleistungen von Traktoren mit stufenlosen Getrieben gegenüber lastgeschalteten Getrieben konnte eindeutig festgestellt werden.

Die große „Überlegenheit“ der Variante „stufenloses Getriebe“ mit etwa 25 % höherer mittlerer Fahrgeschwindigkeit beim Pflügen und 16 % höherem mittlerem Durchsatz beim Häckseln überrascht jedoch zunächst.

Ursachen hierfür sind sicher die auf den Versuchsflächen vorherrschenden sehr heterogenen Boden- und Bestandesverhältnisse. Hier ergeben sich durch die Möglichkeit der stufenlosen Anpassung der Fahrgeschwindigkeit größere Vorteile als unter homogenen Verhältnissen.

Eine große Rolle dürften unter den vorgefundenen Verhältnissen die Automatisierungsmöglichkeiten des Vario-Getriebes gespielt haben, die in der Version „simulierte Lastschaltung“ nicht zur Verfügung standen. Beim Pflügen mit der Grenzlastregelung passt die Automatik Fahrgeschwindigkeit und Motordrehzahl den Verhältnissen in einem Maß an, wie es der Fahrer bei manueller Bedienung nicht bewerkstelligen kann. Auch bei Arbeiten mit Zapfwellengeräten wird die Zapfwelldrehzahl mit nur geringer Drehzahldrückung konstant gehalten und die Fahrgeschwindigkeit der Belastung angepasst. KIPP 1987 hat nachgewiesen, dass entsprechende Automatikfunktionen die Flächenleistung um bis zu 16 % steigern können.

Aufgrund der Versuchsanstellung ist es jedoch nicht möglich die festgestellten Leistungsvorteile getrennt dem stufenlosen Getriebe bzw. den Automatisierungsmöglichkeiten des selben zuzuordnen. Diese Aufteilung macht auch keinen Sinn, denn stufenlose Fahrtriebe verlangen geradezu nach Automatisierungslösungen und umgekehrt. In Zukunft wird die Automatisierung

auch bei lastgeschalteten Getrieben noch zunehmen und mehr und mehr auch das Motormanagement mit einbeziehen.

Literatur

Kipp, J.-C.: Optimierung des Leistungsumsatzes von Traktoren durch den Einsatz elektronischer Hilfsmittel. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 14, Nr. 35. Düsseldorf: VDI-Verlag: 1987, 114 S.

Renius, K.Th.: Quantensprünge durch Innovationen; Beispiele aus dem Traktorenbau. Vortrag Münchner Management Kolloquium, TU-München 5./6.3.1996. Tagungsband S. 155-165.

Reiter, H.: Entwicklungsschwerpunkte für Traktorgetriebe vor der Jahrtausendwende. In: Landtechnik 53, Sonderheft 5, S. 182-185.

Sauer, G.: Sind stufenlose Getriebe der Traktorfahrertrieb der Zukunft? In: Landtechnik 53, Sonderheft 5, S. 186-189.

Danksagung:

Besonderer Dank gebührt den Landwirten Kramer / Kühpach und Maier / Ried für die Bereitstellung der Versuchsflächen, sowie den Firmen AGCO/Fendt und Baywa für die Bereitstellung der Maschinen und die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung. Dank auch an Dipl.-Ing. R. Ostermaier für die Einrichtung und Konfigurierung des Datenaufzeichnungsprogrammes.

Summary:

Continuously variable transmissions have the potential to be adapted better to the requirements of machines and implements as well as soils and plants during field work than the traditional mechanical types. To register the possible advantages in autumn 1997 comparative tests during plowing and forage chopping were made.

A tractor with a infinitely variable mechanical/hydrostatic power splitting transmission was used for the examination of both variations - in his standard specification infinitely variable transmission with load limit sensing control and cruise control - and as an electronically manipulated power shift version with speed changes between 0.5 and 2.0 km/h between the gears and without load limit sensing control. The tractor with 191 kW pto power was used with a 6 furrow plow on a 650 m long field with changing soils and with a 3 m wide chopper on a 270 m long maize field with a local variable development of the crop.

In the version „infinitely variable transmission“ the tractor reached a average speed in plowing of 10.9 km/h which was about 2 km/h or 23 % higher than the speed reached with the „power shift“ version (avg. 8.8 km/h). Also during chopping maize for silage the throughput or output with the „infinitely variable transmission“ was 16 % or 8 t/h (avg. 56.6 t/h) higher than with the „power shift“ version (avg. 48.6 t/h). That means that a infinitely variable transmission with load limit sensing control and cruise control allows higher performance of a tractor during heavy pull-type and pto-type work working under variable soil and plant stock conditions