

Abschlussbericht
A-2/02

***Bewertung von Traktorgetrieben nach Wirkungsgrad,
Bedienbarkeit und Überlappung der Schaltstufen***

Projektleiter: Dr.-Ing. Márk SZENTE PhD.
Gemeinnützige GmbH des Institutes für Landwirtschaft
FVMMI GM Gépmínósító Közhasznú Társaság
H-2100 Gödöllő, Tessedik S. u. 4.
Ungarn

Dipl.-Ing. Herbert LAMPEL
HBLFA Francisco Josephinum
BLT – Biomass . Logistics . Technology
Rottenhauser Str. 1
A-3250 Wieselburg
Österreich

1. Einleitung

Die ungarische gGmbH FVMMI Gépmínósító Közhasznú Társaság und die österreichische HBLFA Francisco Josephinum – bei Beginn der Zusammenarbeit noch BLT – Bundesanstalt für Landtechnik sind in ihren Ländern und in der Europäischen Union leitende Institutionen auf dem Gebiet der Prüfung von landwirtschaftlichen Kraftmaschinen. Unsere zwei Partnerinstitute arbeiteten bereits auf dem Gebiet der Prüfung von Landmaschinen in zahlreichen Projekten zusammen und stehen auch in unseren Tagen in weiter enger fachlicher Verbindung.

Die gGmbH FVMMI GM Gépmínósító Közhasznú Társaság wurde im Jahre 1997 von dem Institut für Landtechnik des Ministeriums für Landwirtschaft und Landesentwicklung gegründet. Ihre grundlegende Aufgabe besteht darin, den ungarischen Gebrauchswert von Landmaschinen zu ermitteln, aktiv in der technischen Entwicklung der Landmaschinenherstellung teilzunehmen (über ihre Forschungs- und Entwicklungstätigkeit), Prüfung und Entwicklung von mechanisierten Technologien, die die technischen Vorbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion bilden. Das Ziel unserer Aktivität richtet sich in erster Linie auf Unterstützung und Hilfe der in der Landwirtschaft tätigen Produzenten. Die hierzu erforderlichen Informationen werden über ein von uns erstelltes Fachberatungsnetz in Form von Veröffentlichungen sowie der von uns organisierten Maschinen- und technologischen Fachvorführungen an unsere Zielgruppen weitergeleitet.

Die gemeinnützigen Aufgabe unserer Gesellschaft sind die folgenden: wissenschaftliche Tätigkeit im Interesse der technischen Entwicklung der Landwirtschaft, sowie Schulung, Weiterbildung im Rahmen gemeinnütziger Verträge mit dem Ministerium bzw. unter Einbeziehung anderer Finanzierungsquellen. In diesem Rahmen werden die funktionellen, Umweltschutz-, Zuverlässigkeits- und Arbeitsschutzprüfungen vorgenommen, die Ergebnisse ausgewertet und weiter verbreitet.

Die Erfahrungen und Erkenntnisse, die im Laufe der Gebrauchswertprüfung von Landmaschinen gesammelt werden, erscheinen in der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit unserer Gesellschaft. Die Gebrauchswertprüfung von Landmaschinen wird – ähnlich zu einzelnen westeuropäischen Ländern – vom Ministerium für Landwirtschaft und Landesentwicklung finanziell unterstützt. Es ist eine Anerkennung für uns, dass unsere Gesellschaft unter der Schirmherrschaft des uns gründenden Institutes Mitglied von ENTAM (European Network for Testing of Agricultural Machines) sein darf.

Unter Verwendung der Ergebnisse der von uns vorgenommenen – hauptsächlich Laboruntersuchungen und Messungen unter Feldbedingungen umfassenden – Prüfungen haben wir zahlreiche Forschungsaufgaben indiziert und vorgenommen auf dem Gebiet der angewandten Forschung.

HBLFA Francesco Josephinum – BLT

Gegründet 1947 als eine Dienststelle des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in Wien. Früherer Name bis 31.12.2004: Bundesanstalt für Landtechnik (Federal Institute of Agricultural Engineering). Seit 01.01.2005 ist die BLT Teil der früheren Höheren landwirtschaftlichen Bundeslehranstalt „Francisco Josephinum“. Der Name dieser neuen Organisation lautet: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Landtechnik und Lebensmitteltechnologie „Francisco Josephinum“ in

Wieselburg (Higher Federal Education and Research Institute of Agriculture, Agricultural Engineering and Food-Technology „Francisco Josephinum“ Wieselburg). BLT steht nun für Biomasse – Logistik – Technologie.

Hauptaufgaben der HBLFA FJ - BLT

- Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Landtechnik und der nachwachsenden Rohstoffe
- Prüfung landwirtschaftlicher Fahrzeuge, Maschinen, Geräte, technischer Einrichtungen, Verfahren und von Produkten aus den nachwachsenden Rohstoffen, einschließlich der Verleihung von Prüfzeichen.
- Landwirtschaftliche Arbeitswirtschaft, einschließlich Hauswirtschaft und Ergonomie
- Fachliche Aus- und Weiterbildung der Landtechniker
- Beratung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und anderer öffentlicher Institutionen.

Kernbereiche

- Landtechnik
 - Landtechnik im Alpenraum
 - OECD- und EU - Prüfstelle für Traktoren (notified body)
 - Mitglied ENTAM
- Nachwachsende Rohstoffe
 - energetische Nutzung
 - nichtenergetische Nutzung

Visionen

- Innovationen für den ländlichen Raum
- Technologien für den ländlichen Raum
- Technologien aus dem ländlichen Raum

Die Teilnehmer dieses Projektes versuchten ihre Arbeit im gegebenen Themenkreis durch einen intensiven Erfahrungsaustausch und mit Hilfe der Aufgabenteilung effektiver zu gestalten.

In den letzten 10-15 Jahren wurden auf dem Gebiet der Entwicklung von Traktorengetrieben auch einzeln bedeutende Ergebnisse erzielt, und auch die Traktorenhersteller erschienen mit zahlreichen konstruktiven Neuheiten auf dem Traktorenmarkt der Europäischen Union. Die Neuentwicklungen sind nicht nur dadurch gekennzeichnet, dass die Getriebelösungen neuartig sind, sondern auch dadurch, dass durch Zusammenführen vorhandener konstruktiven Lösungen noch lebensfähigere Lösungen entstanden. Ein Teil dieser neuen Lösungen errang in der betrieblichen Praxis bereits heute Popularität und wird von den Einsatzbetrieben gern genutzt.

2. Zielsetzung des Projektes

Das Ziel des von den Forschern der beiden Institutionen gestalteten Projektes bestand und besteht darin,

- Die Gegebenheiten neuer Traktorgetrieben in Betracht zu dem Bedarf landwirtschaftlicher Arbeiten zu untersuchen;

- Die Aufgaben der Kraftübertragungssysteme zu überblicken und zu bewerten;
- Die praktische Anwendbarkeit von Getriebelösungen zu beurteilen;
- Erarbeitung einer passenden Prüfmethode der Traktor-Arbeitsgerät Kopplung und der Messungen des Kraftübertragungssystems;
- Die Prüfungsergebnisse gemeinsam auszuwerten.

3. Ergebnisse

3.1. Die Gegebenheiten neuer Traktorgetrieben in Betracht zu dem Bedarf landwirtschaftlicher Arbeiten

Der prinzipielle Aufbau der Kraftübertragungssysteme der Traktore stimmt mit dem der anderen Fahrzeuge überein. Bei der Gestaltung soll aber die Auswahl unter Berücksichtigung der jeweiligen Arbeitsaufgabe erfolgen, weil die grundlegenden Eigenheiten bzw. Anforderungen des landwirtschaftlichen Sektors in Betracht gezogen werden sollen:

- Ein bedeutender Anteil der Betriebszeit wird mit einer Fahrtgeschwindigkeit von unter 10 km/h, in einzelnen Fällen sogar im Kriechgang (0,5-2,5 km/h) gefahren;
- Die Geschwindigkeit der Traktore erreichte beim Transport den Wert von 30 km/h und bei schnellfahrenden Traktoren auch 40, 50 km/h (in Einzelfällen sogar 80 km/h kann die Höchstgeschwindigkeit sein);
- Bei Hofarbeiten und bei Verladung kommt ein Reversieren zwischen Vor- und Rückwärtsfahrt oft vor;
- Im Interesse des Antreibens von Arbeitswerkzeugen soll die Leistung verzweigt werden können (vordere oder/und hintere Zapfwelle);
- Die Entfaltung einer andauernd hohen Zugkraft ist erforderlich (z. B. beim Pflügen);
- Die genaue Einhaltung der Fahrtgeschwindigkeit wird bei gewissen Arbeitsaufgaben erwünscht (Nährstoffrückführung, Pflanzenschutz);
- Oft kommt es zu kontinuierlichen Arbeitsdurchführung im Rückwärtsgang;
- Um beim Gangschalten die Traktor-Arbeitsgerät Einheit nicht anhalten zu müssen, soll es ermöglicht werden, unter Last ohne Unterbrechung des Kraftflusses zu schalten;
- Die Kurbelwellen-, Gangschaltgetriebe- und Endantriebsgehäusen sind oft zu einem starren Einheitssystem zusammengefügt, das gleichzeitig den Tragrahmen des Traktors bildet.

3.2. Die Aufgaben der Kraftübertragungssysteme und deren Bewertung

Die Aufgabe der Kraftübertragungssysteme der Traktore besteht darin, das Drehmoment und die rotierende Bewegung weiterzuleiten. Die Kraftübertragungs-Einheiten sollen die Leistung weiterleiten. Gleichzeitig mit der Erledigung der grundlegenden Aufgaben sollen mehrere zusätzliche Aufgaben verrichtet werden. Solche Aufgaben sind die folgenden:

- Der Kraftfluss soll nach Bedarf unterbrochen werden;
- Die Leistung soll über den Kraftfluss zu allen Antriebs-elementen verzweigt werden können;
- Das Drehmoment soll in Richtung der Verzweigungen im erforderlichen Anteil unterteilt werden können;
- Die Drehzahl und das Drehmoment der Räder und der angetriebenen Arbeitswerkzeuge soll variierbar sein, die Übersetzungen sollen gegenüber der Drehzahl und des Drehmomentes der Motorenhauptwelle veränderlich sein;

- Die räumliche Anordnung der Wellen soll gut lösbar sein;
- Die Drehrichtung soll reversierbar (Vor- und Rückwärtsfahrt ermöglicht) sein.

Eine der wichtigsten Aufgaben bei der Bewertung von Traktorengetrieben ist es, solche konstruktive Lösungen für die Praxis zu empfehlen, die dem Bedarf der Einsatzbetriebe gerecht werden können.

Die Bewertung der unterschiedlichen Typen der Traktorengetriebe soll mit den Einfachsten begonnen werden und stufenweise nähern wir uns zu dem heute modernsten stufenlosen Getriebe. Die Bewertung der Getriebe basiert auf die in den letzten Jahren vorgenommenen Forschungen der Wissenschaftler beider Partnerinstitutionen.

Die Bedienbarkeit und die Wirkungsgradcharakteristiken der in den Traktoren eingesetzten und in breiten Kreisen angewandten Gangschaltgetriebe veranschaulicht Abb. 1.

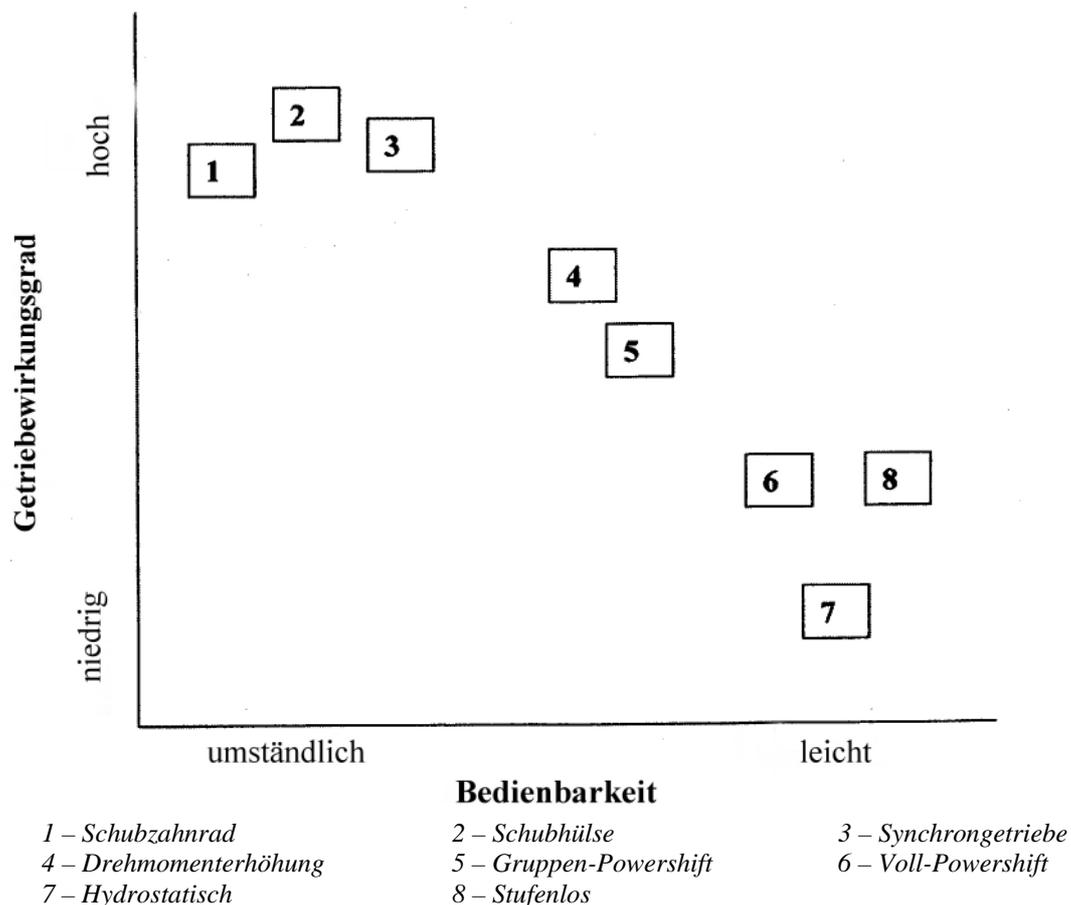


Abb. 1.: Wirkungsgrad und Bedienbarkeit unterschiedlicher Getrieben

Am ehesten umständlich geht die Schaltung bei den Getrieben, wo zuerst die Kupplung betätigt werden muss, also bei den mechanischen – Schubzahnrad-, Schubhülsen- und Schaltklauen- Systemen. Ihr Wirkungsgrad liegt aber höher als der der leichter bedienbaren zeitgemäßen Gangschaltgetriebe.

Bei den Synchrongetrieben wurde der vorteilhafte hohe Wirkungsgrad beibehalten und die Bedienbarkeit durch Synchronisierung verbessert. Aus dem Aspekt der Bedienbarkeit und des Wirkungsgrades gehören die nach dem Prinzip der Drehmomentenerhöhung arbeitenden und die Gruppen-Powershift Getrieben in die Mittelklasse. Die Voll-Powershift, die hydrostatischen und die stufenlosen Schaltgetrieben können eher einfach bedient werden, bleiben aber an Betracht ihres Wirkungsgrades hinter den vorher erwähnten Typen.

3.3. Der praktische Anwendungskreis von Traktorengetrieben

Die mechanischen Gangschaltgetriebe könne auf beinahe gleichen Gebieten effektiv eingesetzt werden. Die Schaltgetriebe mit Schubzahnradern können in erster Linie im Stand geschaltet werden oder werden dort eingesetzt, wo kein Bedarf für ein öfters Schalten besteht. Diese billigen und effektiven Einheiten werden in die Antriebsketten kleinerer Kraftmaschinen eingebaut (z. B. Gartenschlepper, Rotationshacken). Die Konstruktion der Schubhülsen- und Schaltklauengetriebe weicht unwesentlich von den Schubzahnradgetrieben ab, deshalb ist auch ihr Anwendungsfeld das gleiche. Sie haben aber den Vorteil geringerer Lärmentwicklung.

Die Synchrongetriebe sind in weiten Kreisen verbreitet. Sie ermöglichen ein öfters Schalten auch während der Fahrt und zeigen günstige Erfahrungen als Gangschaltgetriebe der meisten Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Die höhere Fahrtgeschwindigkeit der Traktore ermöglichte ihre Verbreitung auch in landwirtschaftlichen Zugmaschinen.

Die zum Teil unter Last schaltbaren und auch bei voller Belastung schaltbaren Getriebe sind dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der mit dieser Ausrüstung verkauften Traktore ständig zunimmt. Selbstverständlich sollten diese Traktoren mit unter Last schaltbarem Getriebe – wegen der hiermit verbundenen höheren Investitionskosten - nur von den Betrieben angeschafft werden, wo die entsprechende jährliche Auslastung gewährleistet werden kann. Für Felder mit verdichtetem Boden und veränderlichen Bodenwiderstand lohnt es sich aber, Traktore mit unter Last schaltbarem Getriebe trotz teurer Investition zu kaufen, weil die Flächenleistung durch Reduzierung der Schaltzeiten gegenüber den mechanisch schaltbaren oder Synchrongetrieben erhöht werden kann.

3.4. Ausarbeitung einer Prüfmethode

Die gemeinsame Anwendung des stufenlosen Getriebes und der modernen elektronischen Steuerung bringt für die Landwirtschaft zahlreiche Vorteile. Das hat uns dazu veranlasst, die Anwendungsvorteile einzelner Getriebetypen zu erfassen und durch konkrete Messergebnisse zu untermauern.

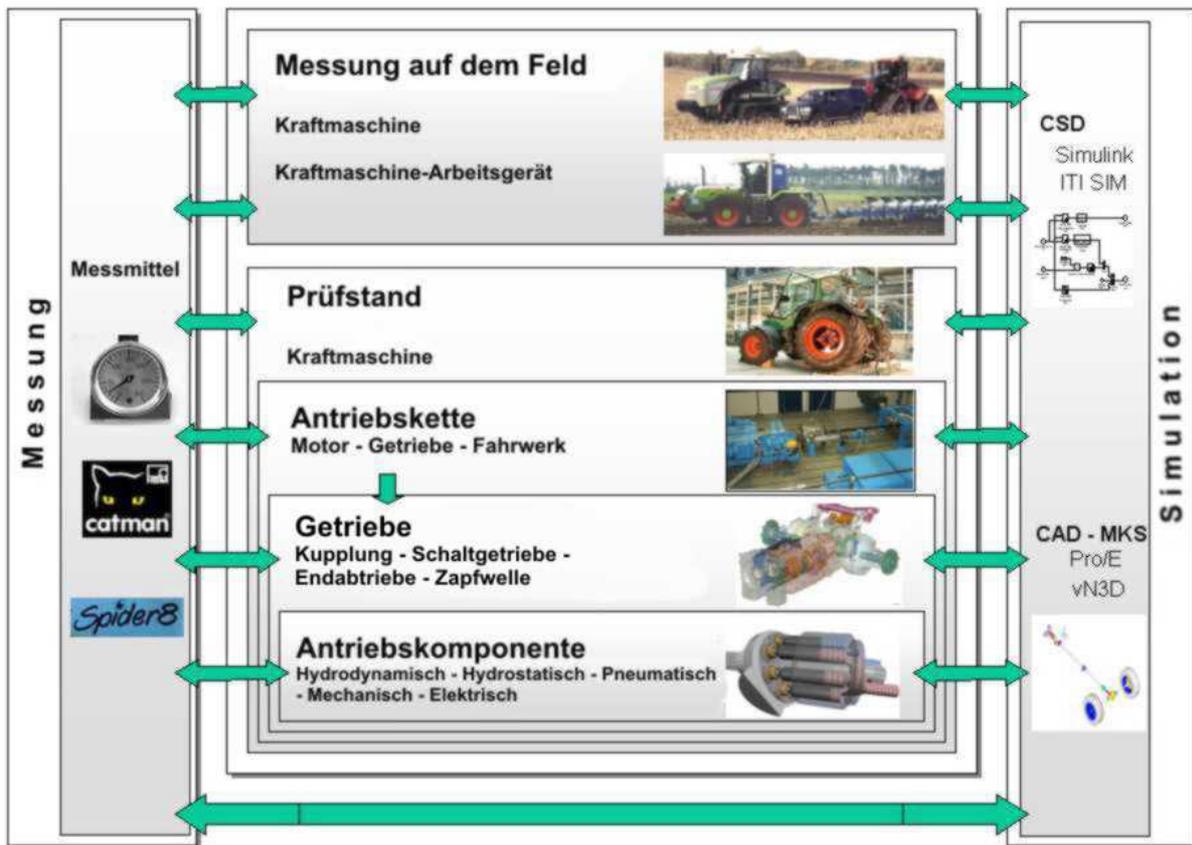


Abb.2.: Der Aufbau der Prüfung des Kraftübertragungssystems eines Traktors

Die auf traditionelle Messungen basierten Prüfungen wurden auf zwei Teile, nämlich auf Laboruntersuchungen und Messungen unter Feldbedingungen aufgeteilt. Anlässlich der Labormessungen wurde die Motorkennlinie erfasst. Für die Messuntersuchungen unter Feldbedingungen wurde eine Prüfungsserie mit mehreren Ebenen zusammengestellt, wo die zwei Grundebenen Die Zuggleistungs- und die Traktor-Arbeitsgerät Untersuchungen sind. Die Traktor-Arbeitsgerät-Ebene wurde wieder weiter auf Transportaufgaben, Arbeiten mit hohem Zugkraftbedarf und unter Anwendung des Zapfwellenantriebes aufgeteilt, siehe Abb. 3.



Abb.3.: Der Aufbau der mehrstufigen Messung unter Feldbedingungen

Die Messungen wurden mit Traktoren gleicher Motorleistung, Reifenabmessungen und Reifeninnendruck, sowie durch Zusatzgewichte gesicherter gleicher Achslast vorgenommen, der Unterschied bestand nur in dem Getriebe (CVT-PowerShift).

Die Prüfung des Antriebssystems eines Traktors ist eine komplizierte, zeitaufwändige und kostenintensive Aufgabe. Durch die Entwicklung der Rechentechnik und der Simulationsmethoden gibt es eine immer effektivere Hilfe zur Konstruktion oder Prüfung von Traktoren. Von dieser Tatsache ausgehend haben wir uns vorgenommen, ein Simulationsmodell aufzubauen, das über die Untersuchung der kompletten Antriebskette auch zur Optimierung des Systems fähig ist.

Das von uns ausgearbeitete Prüfsystem zur Untersuchung des kompletten Antriebssystems wurde auf die Simulierung und auf die Messungen aufgeteilt. Die auf traditionelle Messungen basierten Prüfungen wurden auf zwei Teile, nämlich auf Laboruntersuchungen und Messungen unter Feldbedingungen aufgeteilt. Anlässlich der Labormessungen wird die Kennlinie des ersten Elementes der Antriebskette, des Motors aufgenommen. Unter Feldbedingungen wird auf mehreren Ebenen geprüft, wobei die zwei Basisebenen durch die Zugkraftprüfung und die Traktor-Arbeitsgerät Prüfungen gebildet sind. Innerhalb der Traktor-Arbeitsgerät Prüfungen wurden bislang die Transportarbeiten untersucht.

Die Messmethode wurde unter Zuhilfenahme der Traktortypen *CASE CS 150* und *CASE CVX 150* erarbeitet. Diese Zugmaschinen verfügen über die gleiche Motorleistung ($P_{\text{Nenn}} = 108$ kW), haben gleiche Reifenabmessungen und innere Luftdrücke, gleichzeitig wurde die gleiche Achslast durch Zusatzgewichte bei jeder Messreihe einjustiert. Diese Zugmaschinen wichen voneinander nur bezüglich ihres Schaltgetriebes ab. Das Typ *CASE CS 150* verfügte über ein *SYNCHROMESH 6* Gruppen-PowerShift Getriebe mit elektrohydraulischer

Steuerung, wodurch in 6 Geschwindigkeitsgruppen jeweils 4 Gänge geschaltet werden konnten. In den Traktor *CASE CVX 150* wurde seitens der Fa. STEYR ein stufenloses CVT-Getriebe mit hydrostatisch-mechanischer Leistungsverzweigung eingebaut.

Die Prüfungsserie beim Transport auf einer ebenen speziellen Messbahn vorgenommen. Die Prüfung erfolgte einmal mit dem unbelasteten Traktor und darauf folgend beim Ziehen eines Zweiachsanhängers HW 8011. Im Fall des Traktors *CASE CVX 150* wurde auch noch die Auswirkung der verschiedenen Stellungen des Potentiometers des Belastungsreglers untersucht. Im Laufe der Prüfung wurde die Zeit (s), die Motordrehzahl (1/min), die Geschwindigkeit (m/s), der Treibstoffverbrauch (l/h), die Drehzahl der Hinterachse (1/min) sowie das Triggersignal, was wir für die Trennung der einzelnen Messabschnitte benutzt hatten, erfasst und registriert.

Die von den Gebern kommenden Signale wurden von einem *SPIDER MOBIL* Mess- und Datenerfassungssystem empfangen. Die computerisierte Steuerung dieses Systems ermöglichte es, die in den einzelnen Messpunkten erhaltenen Charakteristiken kontinuierlich zu verfolgen.

Im Laufe der Messuntersuchungen wurden unter Feldbedingungen auch die Zugcharakteristiken des Traktors bei immer höherem Zugkraftbedarf ermittelt. Bei jeder Zugkraftbelastung wurde eine Messzeit von 10 s eingehalten, neben einer Probenentnahmehäufigkeit von 10 Hz (d. h. in jedem Messpunkt wurden genau 100 Proben entnommen), und dann den während der Messung registrierten Werten ein Durchschnitt gebildet. Die Zugkraftbelastung wurde in gleichmäßigen Stufen so lange erhöht, bis der Schlupf des Fahrwerkes den Schwellenwert von 25% erreicht hat. In jeder Messreihe wurden 25-30 Belastungspunkte aufgenommen.

In den Messabschnitten war die Differentialsperre der Vorder- und Hinterachse immer eingeschaltet. Damit haben wir sichergestellt, dass der in den Differentialsperren aufgetretene Leistungsverlust konstant bleibt, sowie dass sich die Räder einer (der Vorder- oder der Hinter-) Achse mit der selben Drehzahl drehen, d. h. die inneren Verluste der Kraftübertragung wurden auf ein Minimum eingeschränkt.

Zur Einjustierung der Belastung der Vorder- und der Hinterachse des Traktors wurden die vorderen bzw. hinteren Zusatzgewicht-Halterungen und die dort eingelegten Zusatzgewichte verwendet. Das Massenverhältnis, das die Belastung der Vorderachse bestimmt, wurde durch die Positionierung der einzelnen Zusatzgewichte nach vorn oder nach hinten gelöst.

Im Jahre 2004 haben wir die selben Untersuchungen – aber nach der bereits ausgearbeiteten Messmethode – an einem Traktor *JOHN DEERE 7920*, ausgerüstet mit einem stufenlosen Schaltgetriebe, vorgenommen. Zuerst wurden die Transportarbeiten auf der Probefahrbahn geprüft. Im Laufe dieser Prüfungen wurden die Zugcharakteristiken des Traktors in PowerShift Betriebsweise ermittelt. In der automatischen Betriebsweise des stufenlosen Getriebes wurden Messungen bei hohem Zugkraftbedarf durchgeführt.

Die Messergebnisse der Prüfungen dieses anderen Traktortyps bewiesen die Richtigkeit der aufgrund der *CASE* Traktoren entwickelten Mess- und Simulierungsmethode und auch die daraus abgeleiteten Folgerungen waren dieselben.

Die aus den vergleichenden Messreihen der Antriebskette mit stufenlosem und PowerShift Getrieben können folgende Ergebnisse entnommen werden:

- Durchfahrzeit auf dem Messabschnitt;
 - Treibstoffverbrauch auf den einzelnen Messabschnitten;
 - Anzahl der Betätigung der Bedienorgane (Schalthebel usw.);
 - Radschlupf;
 - Zeit zum Erreichen der gegebenen Geschwindigkeit (Beschleunigung);
 - Treibstoffverbrauch bei Beschleunigung;
 - Im Fall eines stufenlosen Getriebes die Auswirkung der Stellung des Potentiometers zur Regelung der Belastung bezüglich
 - Motordrehzahl
 - Fahrtgeschwindigkeit
 - Zugkraft
 - Zuleistung
 - Treibstoffverbrauch
- weiterhin der Vergleich dieser Ergebnisse mit denen des PowerShift Getriebes;
- die Übersetzungen des Getriebes können zurückgerechnet werden, so kann mit Hilfe einer Zielfunktion ermittelt werden, wie gut die einzelnen Stufen des PowerShift Getriebes ausgewählt worden sind;
 - Vergleich der belasteten und unbelasteten Betriebsweisen (in unserem Fall ob der Anhänger leer oder beladen gezogen wurde).

3.5. Auswertung der Prüfungsergebnisse

Um die Unterschiede zwischen den unter Last schaltbaren und den stufenlosen Getrieben der Antriebsketten zu erfassen, wurde ein Simulationsprogramm entwickelt (Abb. 4.). Das Programm eignet sich über der Verarbeitung und Darstellung der Messwerte auch dazu, andere Parameter der Antriebskette, wie Getriebeübersetzung, Menge des verbrauchten Treibstoffes (l), weiterhin die zurückgelegte Strecke (m) zu errechnen. Die Veränderung einzelner Charakteristiken der Antriebskette kann nach vorher bestimmten Funktionen in dem eingestellten Prüfbereich in Real-time dargestellt werden.

Im Fall der gegebenen Messreihe können die Unterschiede zwischen den einzelnen Getrieben am besten bei der Beschleunigung von der Leerlaufdrehzahl bis auf die Maximalgeschwindigkeit, sowie bei der Einhaltung dieser Geschwindigkeit beobachtet werden. Die Ergebnisse der Simulator-Analyse des CVT-Powershift Getriebe sind auf den Abbildungen 4-7. veranschaulicht.

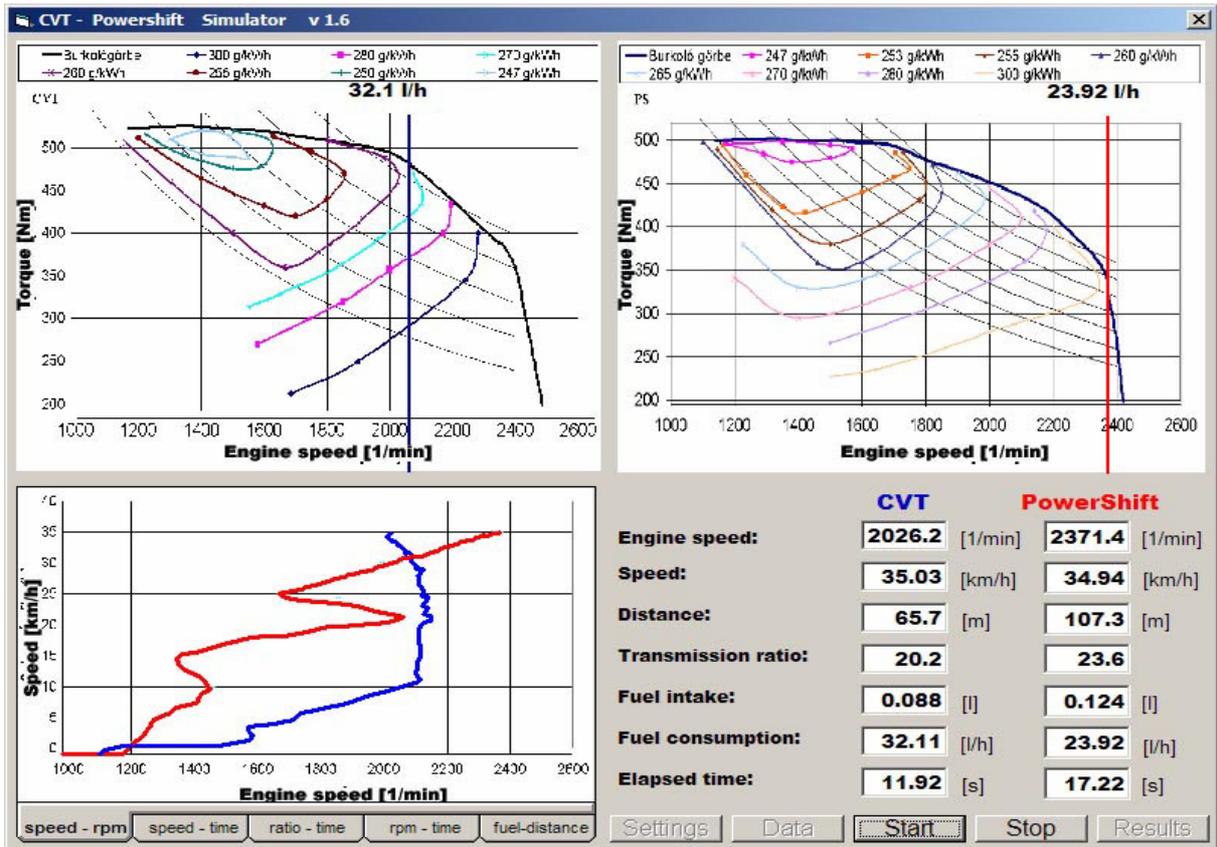


Abb. 4.: Die Bedienfläche des Programms CVT-Powershift Simulator

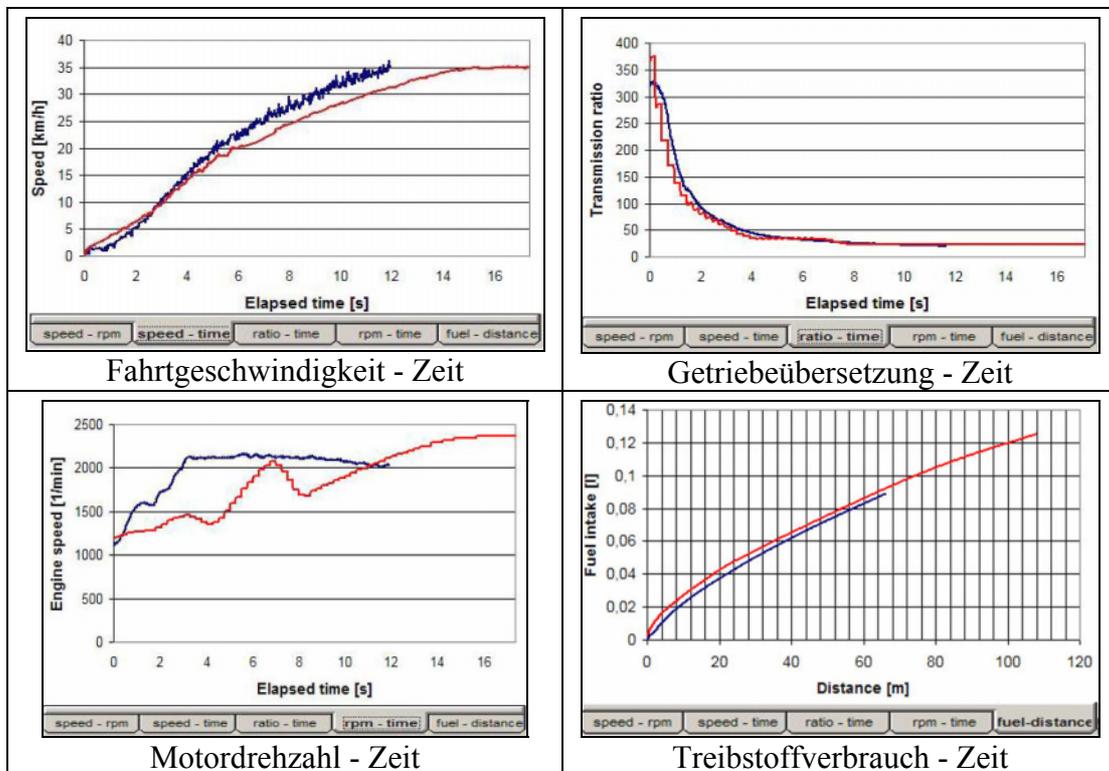


Abb. 5.: Die Ergebnisse des Simulatorprogramms bei einer eingestellten Beschleunigung von 0-35 km/h

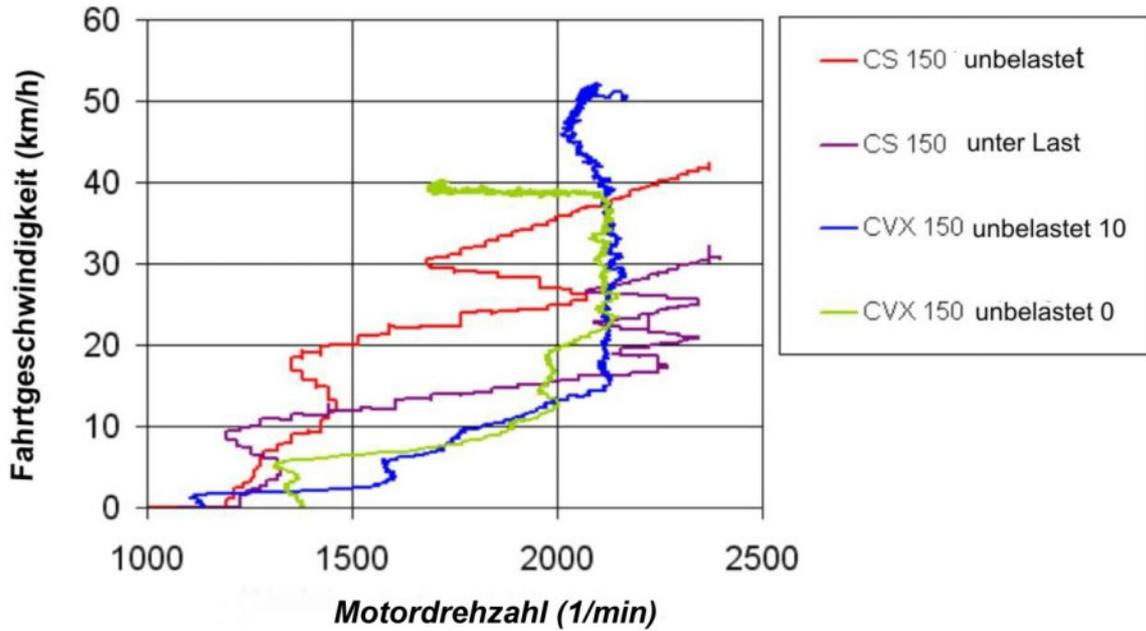


Abb. 6.: Das Diagramm Fahrtdrehzahl – Motordrehzahl

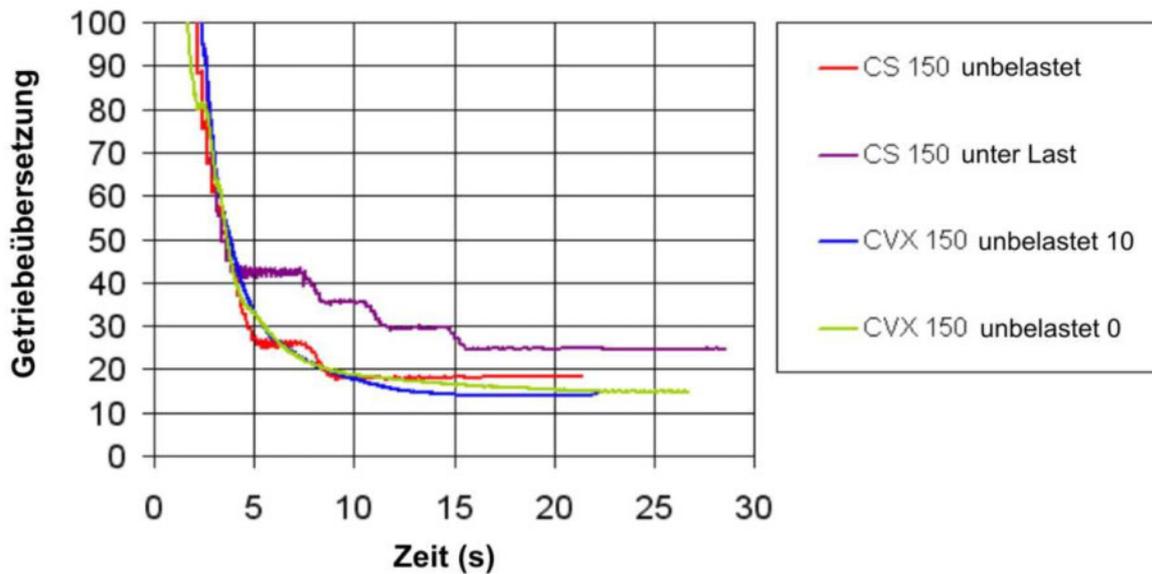


Abb. 7.: Das Diagramm Getriebeübersetzung – Zeit

Beim Einsatz der mit dem stufenlosen Getriebe ausgestatteten Traktors JOHN DEERE 7920 sind die zum Ziel gesetzten Aufgaben entsprechend dem Produktionsprofil anders, als bei den Zugmaschinen mit herkömmlichen Schaltgetrieben. Die Eigenheiten der Maschinenkopplung Traktor-Arbeitsgerät sind bei jeder Betriebsweise anders, was mit den abweichenden Arbeitsaufgaben zu erklären ist. Auf den Traktor – sei es der Motor oder das Fahrwerk – wirkt eine Belastung veränderlichen Charakters. Dies hängt in erster Linie von den Bodenverhältnissen, dem Arbeitsgerät, der Wechselwirkung zwischen Reifen und Boden

sowie von der Neigung des Feldes ab. Im Interesse der Beeinflussung der Motorbelastung bzw. der Zugbelastung wurde damit begonnen, die fixen und stufenlosen Getriebe in breiten Kreisen einzusetzen. Die niedrigeren Werte des Kennlinienfeldes der Motore gelten bei fixen und damit festen Übersetzungsverhältnissen arbeitenden Getrieben (siehe Abb. 8.) nur in einem engen Bereich und während des Einsatzes fallen wenige Arbeitspunkte in diesen engen Abschnitt. Durch die elektronische Steuerung der stufenlosen Getriebe kann der Einsatz auch in diesem engen Drehzahl- und Leistungsbereich gelöst werden. In automatischer Betriebsweise versucht die elektronische Regelung des Motors und des Getriebes das Niveau des spezifischen Treibstoffverbrauches entsprechend der Belastung des Motors auf einen optimalen Wert zu halten.

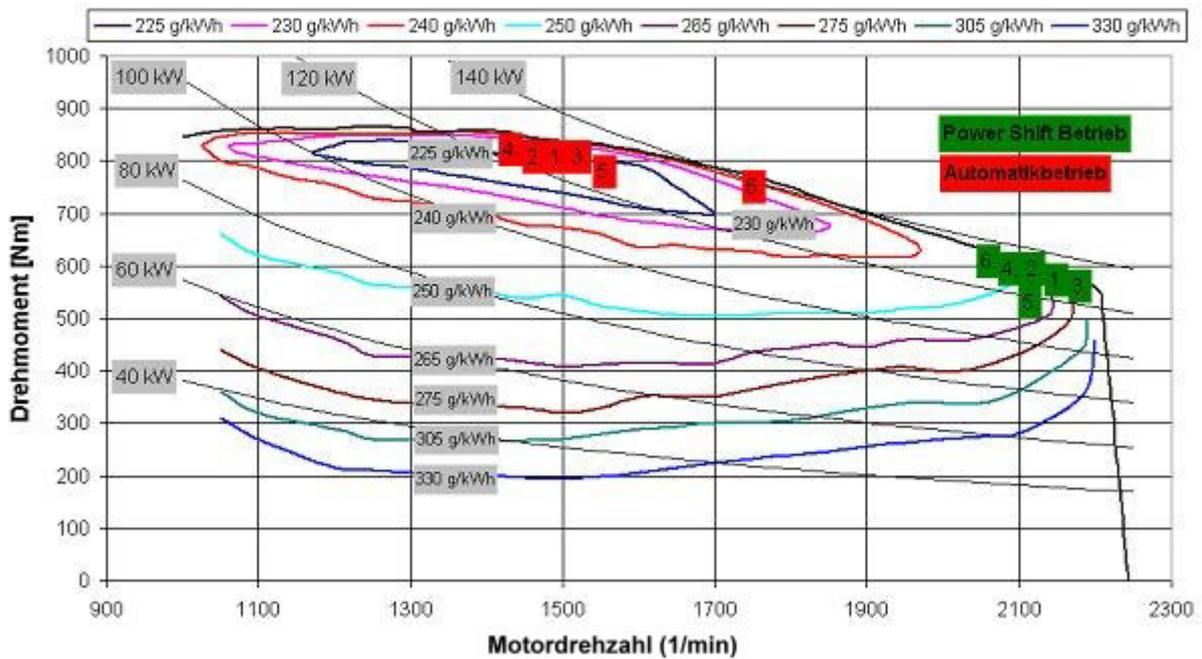


Abb. 8.: Die Kennlinien der Belastungsfelder

Unter Verwendung der Messdaten der Zugprüfung auf dem Feld wurden die zusammengehörenden Messpunkte, wo die Zugkraft und die Fahrtgeschwindigkeit gleich waren, in einem Muscheldiagramm dargestellt. Die zu diesen Arbeitspunkten gehörenden Werte des spezifischen Treibstoffverbrauches waren in jedem Fall um 5-15% niedriger als bei den nicht stufenlosen Getrieben, gegenüber den Ergebnissen, die wir in Powershift Betriebsweise erhalten hatten.

**Der spezifische Treibstoffverbrauch des mit dem geprüften Getriebe
ausgerüsteten Traktors bei unterschiedlichen Einsatzfällen**

Tabelle 1.

| Lfd.No. der Messung | Fahrt- Geschw. [km/h] | Schlupf [%] | Spezifischer Treibstoffverbrauch [g/kWh] | | Zug- kraft [kN] |
|---------------------------|-----------------------------|----------------|--|-----|-----------------------|
| 1. | 2.5 | 4.5 | 240 | 265 | 30 |
| 2. | 3.5 | 5.2 | 240 | 255 | 30 |
| 3. | 5.0 | 6.9 | 250 | 270 | 30 |
| 4. | 6.2 | 8.4 | 240 | 250 | 30 |
| 5. | 8.0 | 9.5 | 240 | 265 | 30 |
| 6. | 10.5 | 10.3 | 240 | 265 | 30 |

Aufgrund der Prüfungsergebnisse kann festgestellt werden, dass der Zusammenklang der Motorregelungs- und Kraftübertragungssysteme eines Traktors mit stufenlosem Getriebe eher optimal sind, als die der nur mit einem Powershift Getriebe ausgerüsteten Kraftmaschinen. Der Traktor eignet sich damit nicht nur zur Verrichtung herkömmlicher Feldarbeiten, sondern auch zur kontinuierlichen, wirtschaftlichen Verrichtung von Transportaufgaben.

Aufgrund der Prüfungsergebnisse kann festgestellt werden:

- Die mit stufenlosen Getrieben ausgerüsteten Traktore verfügen über besseres Beschleunigungsvermögen und niedrigerem spezifischen Treibstoffverbrauch;
- Die Hauptursache des niedrigeren spezifischen Treibstoffverbrauches liegt in der rechtzeitig vorgenommenen Reduktion der Motordrehzahl;
- Der Unterschied zwischen Powershift und stufenlosen Getrieben ist bei Transportaufgaben noch markanter;
- In unbelastetem Zustand ist die Bedeutung der Stellung des Potentiometers des Belastungsreglers eines stufenlosen Getriebes noch ausgeprägter.

Das Ergebnis der schnellen und genauen Computertechnik ist die vollständige Harmonie von Motor und stufenlosem Getriebe. Abhängig von den während der Fahrt entstandenen Situationen, der Belastung und der Fahrtgeschwindigkeit passen sich die Motordrehzahl und die Übersetzung des stufenlosen Getriebes an. Somit kann ein optimaler Verbrauch bei niedriger Schadstoffemission und auch der Einsatz ist wirtschaftlicher, besser kalkulierbar.

4. Zusammenfassung

Beim Einsatz eines Komplexes von Traktor und Arbeitsmaschine besteht die Hauptaufgabe neben der Sicherstellung der Höchstleistung (Flächenleistung, Transportvolumen usw.) und der agrotechnisch optimalen Arbeitsgeschwindigkeit darin, minimale Kosten und einen niedrigen spezifischen Treibstoffverbrauch zu erzielen. Hierzu soll entsprechender Zusammenklang zwischen den Charakteristiken des Traktors und seines Kraftübertragungssystems, sowie deren Betriebspunkte gewährleistet werden.

Während des Traktoreneinsatzes wirkt sowohl auf den Traktormotor, wie auch auf das Kraftübertragungssystem eine veränderliche Belastung. Es ist durch Prüfungen am Motorenprüfstand nachgewiesen worden, dass die Belastungsänderungen hoher Frequenz die Arbeitsweise des Motors beeinflussen. Unsere Messergebnisse beweisen, dass die Drehzahlschwankungen infolge Drehmomentenveränderung die Leistung des Motors reduzieren und den spezifischen Treibstoffverbrauch erhöhen.

In unseren Tagen finden wir bereits in den modernen Traktoren neben den unter Last schaltbaren Powershift Getrieben auch die hydrostatisch-mechanischen, mit Leistungsverzweigung arbeitenden stufenlosen Getriebe vor. Aufgrund der Einsatzerfahrungen ist die Bedienung der mit diesem Getriebe ausgestatten viel leichter, die Arbeitsdurchführung ist eher kontinuierlich, der spezifische Treibstoffverbrauch ist aber im Allgemeinen höher. Die Erklärung dafür ist, dass die Einsatzverantwortlichen die genauen Arbeitsbedingungen, die charakteristischen Einsatzbereiche des Traktors und seines Motors nicht kennen und deshalb Traktor und Arbeitsgerät nicht mit der entsprechenden Belastung bzw. Regelung benutzen.

Projektleiter:

.....
 Dr.-Ing. Márk SZENTE PhD.
 Gemeinnützige GmbH
 des Institutes für Landwirtschaft
 FVMMI GM Gépmínősítő Közhasznú Társaság
 H-2100 Gödöllő, Tessedik S. u. 4.
 Ungarn

.....
 Dipl.-Ing. Herbert LAMPEL
 HBLFA Francisco Josephinum
 BLT – Biomass . Logistics . Technology
 Rottenhauser Str. 1
 A-3250 Wieselburg
 Österreich