

Alexander Jaufmann, Braunschweig

Potential eines Traktormanagementsystems

Das Verbesserungspotential des Gesamtsystems Fahrer-Traktor-Gerät-Boden durch Einsatz eines Traktormanagementsystems ist in Anbetracht der Flächenleistungen und des spezifischen Kraftstoffverbrauchs/Fläche beträchtlich. Bei entsprechender Ausführung der optimalen Kombination der Regelungs- und Steuerungsstrategien sind deutliche Verbrauchsminderungen, Steigerungen der Flächenleistung, hohe Auslastung des Gesamtsystems sowie Schonung des Bodens und der Umwelt zu erwarten. Außerdem wird eine spürbare Entlastung des Fahrers von Steuerungs- und Regelungsaufgaben ermöglicht.

Alle wichtigen, sich ständig erhöhenden Anforderungen an Traktoren wie hohe Arbeitseffektivität, niedriger Betriebsmittelverbrauch, Komfort und Um-

likkomponenten und Geräte sind heute vielfach entweder elektronisch geregelt oder elektrisch ansteuerbar. Aber das Optimierungspotential des Gesamtsystems Fahrer-Traktor-Gerät-Boden, das mit diesen Regelungs- und Steuerungssystemen bei allen Einsatzbedingungen möglich ist, kann auch vom erfahrenen Traktorfahrer wegen der Komplexität des Gesamtprozesses nicht voll ausgenutzt werden. Hierfür ist ein Traktormanagementsystem nötig, bei dem die Teilsysteme elektronisch intelligent verknüpft sind und das so den optimalen Betrieb des Gesamtsystems gewährleisten kann.

Untersuchung eines Traktormanagementsystems

Der Aufbau eines Traktormanagementsystems erfolgt nach dem entwickelten Regelungs- und Steuerungskonzept [1], das Motor-, Getriebe-, Fahrwerks- und Hubwerksmanagement durch ein Kommunikations-

tiert. Aufgrund der Meßergebnisse und der geometrischen Abmessungen der Bauteile wurde anschließend für jedes Teilsystem ein mathematisches Modell entwickelt, das an geeigneten Stellen vereinfacht wurde. Eine vergleichende Beurteilung der Simulationsergebnisse der Teilsysteme mit den zuvor aufgenommenen Messungen schloß sich an. Durch die Verknüpfung der Teilsysteme entstand anschließend das Modell des Gesamtsystems.

Am Versuchsstand (Bild 1) wurden die Regelungsstrategien für den Dieselmotor und das stufenlose hydrostatisch-mechanisch leistungsverzweigte Getriebe implementiert und untersucht [3]. Um die Arbeiten im Feld auf dem Versuchsstand nachfahren zu können, wurde ein rechnerisches Simulationsmodell der Antriebsstrang- und Zapfwellenbelastung für das System „Traktor-Gerät-Boden“ entwickelt. Zur Simulation der Antriebsstrang- und Zapfwellenbelastung bei den gängigsten Einsatzfällen wurden die jeweiligen Belastungen auf der Basis von Feldeinsatzmessungen ermittelt. Das entwickelte Simulationsmodell ermöglicht es, zusammen mit digitalen Reglern des elektronischen Steuergerätes die Belastungseinheit so zu regeln, daß eine Belastung von Motor und Getriebe dem realen Einsatzfall entspricht [3]. Damit erlaubt das Managementsystem am Versuchsstand folgende Probleme zu bearbeiten: Entwicklung von Optimierungsstrategien, Entwicklung adaptiver Regelungs- und Steuerungssysteme mit den Simulationseinrichtungen, Festlegung der Kennfelder für die Regelung und Steuerung, Entwicklung von Regelungskonzepten mit Hilfe einer Simulation und Überprüfung am Versuchsstand sowie Ermittlung des Einflusses der Eigenschaften des Antriebsstranges auf die Regelstrecke.

Zur Zuordnung und Ausführung der Regelungs- und Steuerungsmöglichkeiten für häufige Traktor-Geräteinsätze wurden die Optimierungsstrategien entwickelt [4], die auf den bereits implementierten Regelungsstrategien für Motor, Getriebe, Hubwerk und Fahrwerk sowie Triebstrang und Gerät basieren.

Simulations- und Versuchsergebnisse

Um das Potential des Motormanagements zu untersuchen, wurden voll- und teillastspezifische Kennlinien des Motors ge-

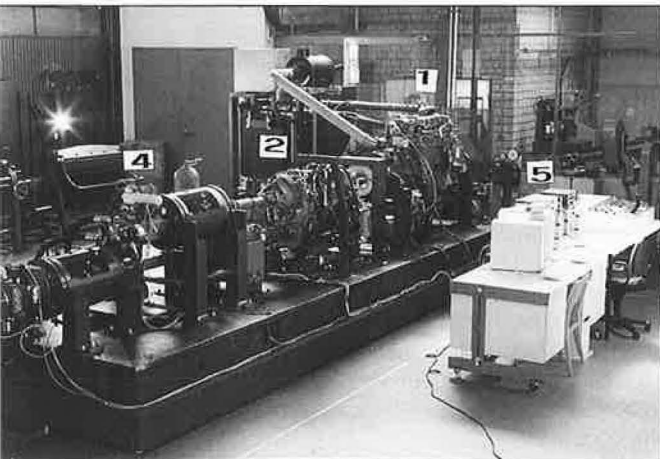


Bild 1: Versuchsstand für die Untersuchung eines Traktormanagementsystems: 1 – Dieselmotor mit einem elektronisch regelbares Einspritzsystem; 2 – elektronisch verstellbares leistungsverzweigtes Lastschaltgetriebe (2); 3,4 – elektrisch verstellbare hydrostatische Einheiten für die Belastung von Antriebsstrang und Zapfwelle; 5 – Zentralrechner.

Fig. 1: Test stand for investigating a tractor management system

weltfreundlichkeit sind zunehmend schwieriger auf mechanischem Wege zu lösen. Aus diesem Grunde nimmt der Einsatz mikroelektronischer Systeme im Traktor weiter zu. Daß in den letzten Jahren wesentlich mehr Neuerungen auf dem Gebiet elektronischer Steuerung und Regelung erschienen sind, zeigt deutlich, daß hier das größte Entwicklungspotential steckt, den Traktor noch wirtschaftlicher und effizienter als bisher betreiben zu können.

Die Dieselmotoren, Getriebe, Hydraulik-

system miteinander verknüpft und damit eine Optimierung des Gesamtsystems ermöglicht.

Systematische und realitätsnahe Untersuchungen eines Traktormanagementsystems wurden am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik mit Hilfe der Simulation und eines stationären Versuchsstands durchgeführt. Es wurden die Simulationsmodelle für die Teilsysteme Motor, Getriebe, Hydraulik, Hubwerk und Gerät und auch für das gesamte Regelungssystem Traktor-Gerät-Boden entwickelt [2]. Mit Hilfe der Programme MATLAB/SIMULINK und MECHMACS konnten die Simulationsmodelle erstellt werden. Das Verhalten der verschiedenen Teilkomponenten wurde durch Messungen an einem Systemfahrzeug dokumen-

Dr.-Ing. Alexander Jaufmann war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig (Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. H.-H. Harms).

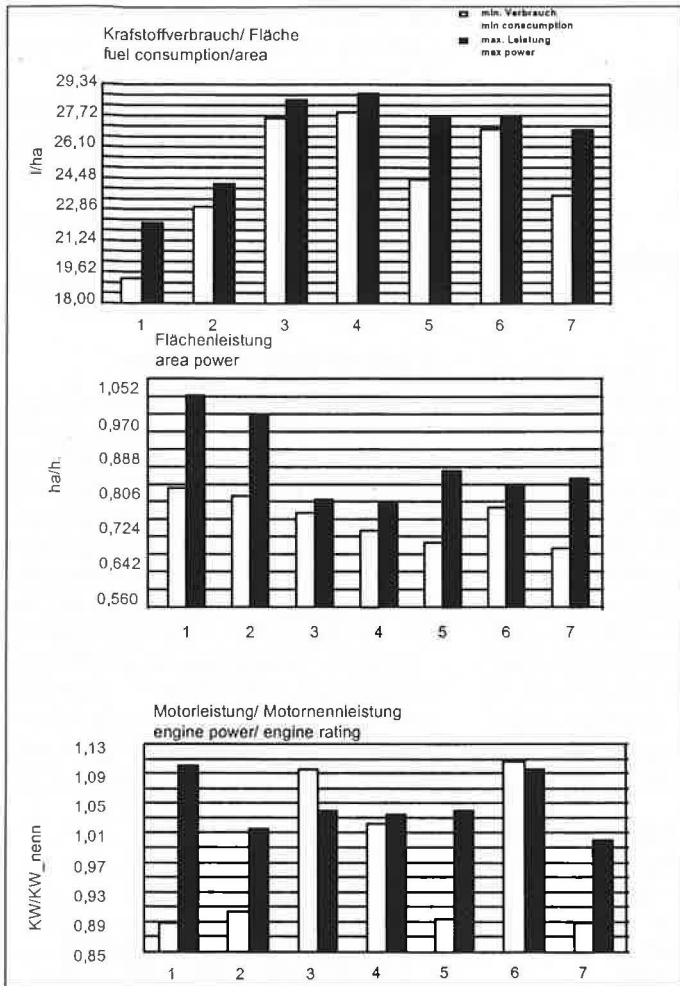


Bild 2: Verhältnis verschiedener Strategien beim Pflügen: 1. Zug-Lage-Schlupf-Getriebe 1; 4. Lage ; 2. Zug-Lage-Schlupf; 5. Lage-Getriebe 1; 3. Zug-Lage; 6. Zug; 7. Lage-Getriebe 2

Fig. 2: Relationship of various strategies when ploughing testing plant

fahren. Mit dem Einbau der elektronischen Motorregelung ist es mit dem gleichen Motor möglich, im breiteren Arbeitsdrehzahlbereich von 1500 bis 2100 min^{-1} den Motormomentverlauf beliebig zu ändern. Beim Einbeziehen von mehreren Parametern in den Optimierungsprozeß ist es durchaus möglich, in einem breiteren Drehzahlbereich den spezifischen Kraftstoffverbrauch unter 200 g/kWh zu halten. Einige Schwierigkeiten treten beim Steigern des gewünschten Momentes im Drehzahlbereich unter 1400 min^{-1} auf, weil die Ist-Einspritzmenge oft nicht durch den Sollwert, sondern von der Rauchgrenze bestimmt wird.

Im Bild 2 sind beispielhafte Ergebnisse verschiedener Regelungskombinationen eines Traktormanagementsystems beim Pflügen dargestellt. Hier wurden optimierte Motorkennfelder eingesetzt und das System mit realen Lastmomenten sowohl an der Zapfwelle als auch für die am Hubwerk aufzubringende Zugkraft beaufschlagt. Diese Beispiele zeigen, daß sowohl für die übergeordnete Optimie-

„minimalen Verbrauch“ erlaubt eine bis zu 28 % – Senkung des flächenbezogenen Kraftstoffverbrauches.

Die besten Verhältnisse bei einer Kreiseleggen – Zapfwellenarbeit ergeben sich bei „mittel – leichter“ Belastung (Bild 3). In diesem Fall kann man noch bei einem relativ günstigen Verbrauch eine gute Leistung erreichen. Bei schwerem Boden führt eine Steigerung der Flächenleistung zu einer überproportionalen Steigerung des Kraftstoffverbrauches.

Bild 3: Vergleich verschiedener Zapfwellenarbeiten

Fig. 3: Agreement of different PTO Works

rungsstrategie „Zeiteinsparung“, die hier als „max. Leistung“ zu sehen ist, als auch für „Betriebsmitteleinsparung“ (min. Verbrauch) am besten die Kombination der Regelungsstrategien (1) aller möglichen Einzelkomponenten geeignet ist (siehe Bild 2). Diese Kombination erlaubt auch eine deutlich bessere Motorauslastung (Bild 2c). Wenn man beispielsweise als Vergleichspunkt die Kombination der Regelungsstrategien nur nach Zugkraft (6) nimmt, die im realen Einsatz allerdings ohne optimale Regelung des Motors oft verwendet wird, ermöglicht die optimale Einstellung (1) bei „maximaler Leistung“ eine bis zu 25 % höhere Flächenleistung bei gleichzeitiger Reduzierung des flächenbezogenen Kraftstoffverbrauches um 20 %. Die Optimierungsstrategie auf

Zusammenfassung

Die Untersuchung der Optimierungsstrategien hat gezeigt, daß die optimale Regelungskombination aller Teilsysteme im gesamten Managementsystem über 20 % Flächenleistungssteigerung bei gleichzeitiger deutlicher Senkung des flächenbezogenen Kraftstoffverbrauches ermöglicht. Die Wahl der Regelungskombination ist stark von den jeweiligen Arbeitseinsätzen und Bodenverhältnissen abhängig. Die Erfüllung der speziellen Anforderungen bei jedem Traktoreinsatz ist nur mit entsprechend angepaßten Steuerungs- und Regelungsstrategien für die Teilsysteme am Traktor und am Arbeitsgerät zu erreichen. Die Priorität der einen oder anderen Regelungsstrategie ist dabei von der übergeordneten Optimierungsstrategie des Gesamtsystems abhängig: Zeiteinsparung, Betriebsmitteleinsparung, Bodenschonung oder einer Kombination dieser Strategien.

Literatur

- [1] Harms H.-H. und A. Jaufmann: Tractor Management System. Proceedings AVEC'96. International Symposium on Advanced Vehicle Control. Aachen, 1996, pp. 1209-1225
- [2] Jaufmann A. und G. Tewes: Traktormanagementsystem – Entwicklung, Aufbau und Simulation. Agrartechnische Forschung, 2 (1996), H. 1, S. 53-62
- [3] Jaufmann A.: Traktormanagementsystem. VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik. Mobilhydraulik. Braunschweig, 1996, S. 74-89
- [4] Jaufmann A.: Optimierungsstrategien für ein Traktormanagementsystem. Landtechnik 51 (1997), H. 1, S. 8-9

Eine Langfassung dieses Beitrages ist für die „Agrartechnische Forschung“ geplant.

Schlüsselwörter

Potential, Traktormanagement, Regelungsstrategie, Optimierungsstrategien

Keywords

Potential, tractor management, control strategy, optimization strategies

