

Neue Konzepte für Kraftheberregelungen

Optimierte Energienutzung bei Traktor-Pflug-Systemen

Etwa 90% unserer Landwirte pflügen. Dieser Arbeitsgang gehört bezüglich Arbeitszeitbedarf und Energieaufwand zu den kostenintensivsten Arbeiten in der Pflanzenproduktion. Neue regelungstechnische Konzepte für den Kraftheber ermöglichen eine spürbare Verringerung von Arbeitszeitaufwand und Kraftstoffbedarf und sind dabei mit mäßigem Zusatzaufwand zu verwirklichen. Eine Druckregelung im hydraulischen Oberlenker bietet den Einstieg in eine komplexe optimierte Regelungsstrategie, wobei durch eine Lastübertragung auf den Traktor der Kraftstoffverbrauch sowie der Triebbradschlupf deutlich reduziert werden können.

Dr.-Ing. Rainer H. Biller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, e-mail: rainer.biller@fal.de; Dr.-Ing. Gerhard Keuper ist Leiter der Entwicklung Mobile Steuerungen Schwieberdingen, Geschäftsbereich Mobile Hydraulics der Bosch Rexroth AG, e-mail: gerhard.keuper@de.bosch.com und Dr.-Ing. Horst Hesse ist Inhaber des Ingenieurbüros für Hydraulik, Stuttgart, e-mail: drhesse@t-online.de.

Schlüsselwörter

Kraftstoffeinsparung, Arbeitszeitreduzierung, Druckregelung, hydraulischer Oberlenker, Pflügen, Bodenbearbeitung, Optimierung, Zugkraft

Keywords

Fuel saving, reducing working time, pressure control, hydraulic upper link, ploughing, soil tillage, optimisation, traction force

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 01605 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Bei den heute üblichen Traktor-Pflug-Systemen werden häufig große, mehrscharige Anbau- oder Aufsattelpflüge mit Stützrad eingesetzt und mit einem Kraftheber-Regelungssystem betrieben. Der Oberlenker der Dreipunkthydraulik ist dabei im Langloch des Pflugturms eingehängt und beim Pflügen im Normalfall kräftefrei oder bei Aufsattelpflügen nicht vorhanden. Dabei findet die von Harry Ferguson [1, 2] erfundene Lastübertragung vom Pflug über den Oberlenker auf die Triebräder des Traktors zur Verminderung des Schlupfes nicht mehr statt. Der Triebbradschlupf kann auch hier verringert werden, wenn der Oberlenker nicht kräftefrei ist, sondern – wie von Ferguson patentiert – Zugkraft überträgt. Dies haben frühere Versuche am Institut für Grundlagenforschung der FAL gezeigt [3 bis 7]. Neuere Untersuchungen der Fa. Case [8] sowie Arbeiten am Institut für Betriebstechnik der FAL [9,10] zeigten, dass der flächenbezogene Kraftstoffverbrauch des Traktors bei einem kraftübertragenden Oberlenker geringer ist als bei einem kräftefreien Oberlenker.

Der Wirkungsgrad der Leistungsübertragung bei einem Traktor-Pflug-System hat dann ein Maximum, wenn sich alle am System wirkenden vertikalen Kräfte auf den Triebachsen des Traktors abstützen. Wichtigste Einflussgröße ist dabei der Schlupf der Triebräder, der bei gleichbleibender Zugkraft verringert wird, wenn die Triebachslasten erhöht werden [11]. Hinzu kommt, dass bei der Lastübertragung vom Pflug auf den Traktor auch die Vertikalkräfte an Stützrad und Pflugsohle verringert werden (Bild 1).

Dies führt zu einem geringeren Rollwiderstand am Stützrad und zu kleineren Reibungskräften am Pflug und damit zu einer geringeren aufzubringenden Zugkraft [12, 13]. Dies ist ein Optimierungsproblem, zu dessen Lösung die Rolle der Radlast auch hinsichtlich der Anforderungen an die Bodenschonung einzubeziehen ist.

Ein zusätzlicher Aspekt ist die Anwendung beim Onland-Pflügen, welches zunehmend empfohlen wird. Damit wird Bodendruck unterhalb der Traktorradsohle gemindert, wo übliche Bodenlockerung nicht erfolgt [14]. Nachteilig ist, dass beim Onland-Pflügen der Schlupf der Triebräder größer ist als beim Fahren in der Furche. Auch hierbei ist das angesprochene Optimierungsproblem zu lösen.

Da heute für leistungsstarke Traktoren bereits hydraulische Oberlenker sowie eine Elektronisch-Hydraulische Regelung (EHR) praktisch Standard sind, können solche Oberlenker-Zylinder mit relativ geringem Aufwand elektronisch-hydraulisch druckge-regelt werden und damit eine Zusatzbelastung auf die Triebachsen des Traktors übertragen.

Ziel der in der FAL durchzuführenden Arbeiten ist es, unterschiedliche Regelungsstrategien für den hydraulischen Oberlenker mit dem Ergebnis der Triebachslasterhöhung und -optimierung sowie der Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Arbeitszeit sowohl qualitativ als auch quantitativ systematisch zu untersuchen und eine optimale Regelungsstrategie zu entwickeln.

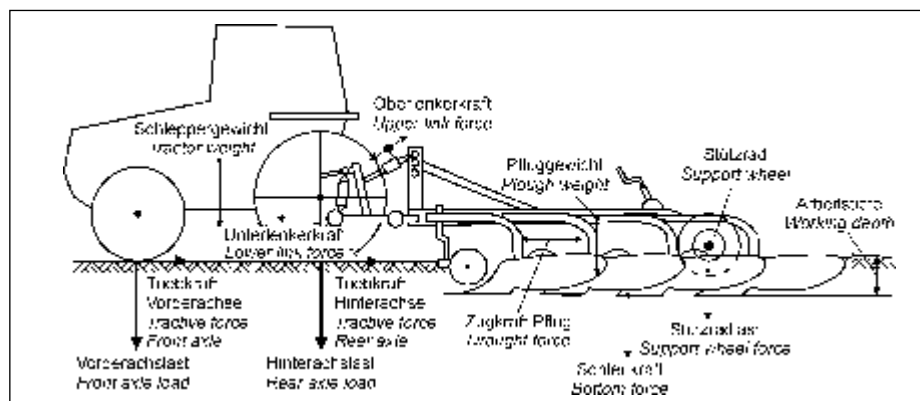


Bild 1: Kräfte am System Traktor-Pflug

Fig. 1: Forces in the system tractor-plough

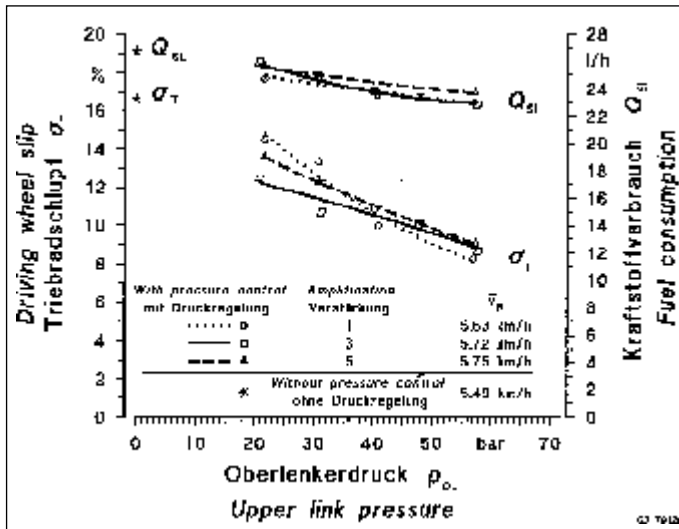


Bild 2: Triebtradschlupf und Kraftstoffverbrauch beim Pflügen mit einem 4-Schar-Pflug: konventionell und mit einem druckgeregelten Oberlenker (Arbeitsbreite = 1,4 m; Arbeitstiefe = 28 cm; Boden = mittelschwerer Lehm)

Fig. 2: Wheel slip and fuel consumption for ploughing with a 4-bottom plough: conventional and with a pressure-controlled upper link (working width 1,4 m; working depth 28 cm; soil: medium-heavy loam)

Versuche und Ergebnisse

Aus den möglichen unterschiedlichen Regelungsstrategien wurde zunächst die Regelung des Druckes auf der Stangenseite des Oberlenker-Zylinders¹ (Zugkraft) ausgewählt.

Hierfür wird der Druck im Oberlenker mit einem elektronischen Drucksensor gemessen und mit Hilfe eines elektro-hydraulischen Druckregelungssystems auf einem stufenlos vorwählbaren Wert konstant gehalten. Der Oberlenker wird dabei auf Zug beansprucht und bewirkt einen Lasttransfer vom Pflug auf den Traktor. Für eine gute Tiefenführung des Pfluges muss eine bestimmte Restlast auf dem Stützrad verbleiben. Die Zugkraft im Oberlenker darf dabei maximal so hoch gewählt werden, dass der Pflug noch einwandfrei arbeitet und die Pflugarbeit bezüglich Einhaltung der gewünschten Arbeitstiefe und Wenden des Bodens praxisgerecht durchgeführt wird.

Für die Praxisversuche wurde der Einsatz eines kraftgeregelten Oberlenker-Zylinders mit einem kräftefreien Oberlenker beim Pflügen mit einem 4-Schar-Volldrehpflug verglichen. Die Versuche wurden auf möglichst ebenem Gelände mit homogenem Boden und konstanter Arbeitstiefe des Pfluges durchgeführt. Dabei wurde die EHR in Lageregelung betrieben, damit Einflüsse der Zugkraftregelung ausgeschaltet sind.

¹ Für die kostenlose Bereitstellung eines geeigneten hydraulischen Oberlenkers wird der Fa. GKN Walterscheid GmbH, Lohmar, gedankt.

Bei allen Versuchen wurden die interessierenden technischen Größen wie Kraftstoffverbrauch, Fahrgeschwindigkeit, Schlupf, Motorleistung, Zugkraft an den Unterlenkern, Druck im hydraulischen Oberlenker, Stützradlast sowie die Arbeitstiefe des Pfluges am ersten und am letzten Schar gemessen. Für die Messwertaufnahme wurde das Datenerfassungssystem UNILOG eingesetzt, welches im Institut für Betriebstechnik entwickelt wurde [15]. Neben der Online-Kontrolle aller aktivierten Messkanäle ermöglicht es dieses System, unmittelbar nach jedem Versuch alle erfassten Daten zu visualisieren und somit einen direkten Vergleich der verschiedenen Versuchseinstellungen vor Ort vorzunehmen.

Die ersten Versuche dienten dazu, die Auswirkungen der Einstellmöglichkeiten der Regelung zu bewerten und den ideellen Führungspunkt optimal einzustellen. Danach wurden auf verschiedenen Flächen Vergleichsversuche durchgeführt und dabei der Druck im Oberlenker – entsprechend einem übertragenen Zugkraftanteil – variiert.

Bild 2 zeigt die Veränderungen im Kraftstoffverbrauch und beim Triebtradschlupf, wenn der Druck von 20 bar in Stufen von etwa 10 bar auf 50 bar erhöht wird. Der Oberlenker wird dabei auf Zug beansprucht. Während der Kraftstoffverbrauch beim Pflügen mit einem kräftefreien Oberlenker bei etwa 27 l/h lag, reduziert sich dieser Verbrauch in Abhängigkeit vom aufgebracht Druck und der eingestellten Verstärkung bis auf etwa 23,5 l/h. Gleichzeitig verringert sich der Triebtradschlupf von etwa 19 % auf

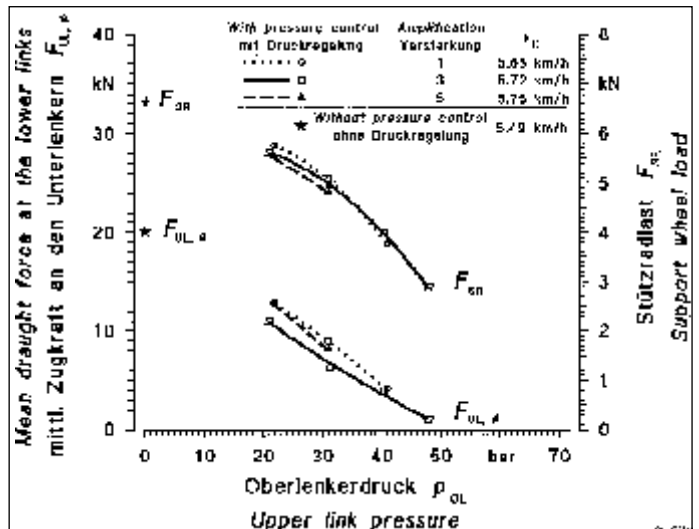


Bild 3: Mittlere Zugkraft an den Unterlenkern und Stützradlast beim Pflügen mit einem 4-Schar-Pflug: konventionell und mit einem druckgeregelten Oberlenker (Arbeitsbreite = 1,4 m; Arbeitstiefe = 28 cm; Boden = mittelschwerer Lehm)

Fig. 3: Mean traction force at lower links and support wheel load for ploughing with a 4-bottom plough: conventional and with a pressure-controlled upper link (working width 1,4 m; working depth 28 cm; soil: medium-heavy loam)

etwa 10%. Daraus ergibt sich eine Kraftstoffersparnis von etwa 13% und eine Schlupfverminderung um nahezu 50%. Diese Verhältnisse werden auch verdeutlicht durch die Abnahme der mittleren Zugkraft an den Unterlenkern und der Abnahme der Stützradlast (Bild 3). Die mittlere Zugkraft an den Unterlenkern wird schon bei einem Druck von 20 bar nahezu halbiert und bei größerer Lastübertragung auf den Traktor weiter reduziert. Die Vertikalkräfte am Stützrad erfahren eine Reduzierung um 15% bei einem Druck von 20 bar und etwa 55% bei 50 bar.

Fazit

Durch den Einsatz moderner Regelungstechnik und Hydraulik ist beim Arbeitsgang Pflügen eine spürbare Einsparung an Kraftstoff und eine Reduzierung des Arbeitsaufwandes möglich, wenn Kräfte vom Pflug auf den Traktor übertragen werden. Dieses ökonomisch und ökologisch sinnvolle Einsparpotenzial bedeutet einen Beitrag zur verbesserten landwirtschaftlichen Bodennutzung und zur Umweltschonung und ist als Optimierungsaufgabe unter Berücksichtigung des geforderten Bodenschutzes zu lösen.

Aufgrund der Eigenart der angestrebten Regelung kommt diese insbesondere auch den kleinen und mittleren Betrieben zugute.