

Hans-Heinrich Harms, Braunschweig

# Hydraulik in der Landtechnik – Entwicklungstendenzen

*In der Landtechnik haben sich in den letzten Jahren hydraulische Antriebe und Steuerungen durchgesetzt, die folgende Entwicklungsschwerpunkte erkennen lassen: Erhöhung der Energie- und Leistungsgewichte der Komponenten, Verbesserung der Energieeinsparung und Wirtschaftlichkeit, Verbesserung der statischen und dynamischen Eigenschaften, Steigerung der Bedienbarkeit und des Komforts, Steigerung der Verfügbarkeit und der Zuverlässigkeit, verbesserte Umweltverträglichkeit, verstärkter Einsatz von Rapid-Prototyping und Simulationstechnik. Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Matthies hat auf die wachsende Bedeutung der Hydraulik für die Landtechnik schon Mitte der 60er Jahre hingewiesen.*

Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Hans-Heinrich Harms ist Leiter des Instituts für Landmaschinen und Fluidtechnik der Technischen Universität Braunschweig, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig, und hat 1981 bei Prof. Matthies promoviert; e-mail: h.harms@tu-bs.de

## Schlüsselwörter

Hydraulik, Landtechnik

## Keywords

Hydraulics, agricultural machines

Die Leistungsgewichte von Hydraulikkomponenten haben sich in den letzten 25 Jahren um den Faktor 2 bis 2,5 erhöht [1], was besonders für die Mobilhydraulik von großer Bedeutung ist. Ein Ende ist hier noch nicht in Sicht. Ein weiterer Anstieg ist zu erwarten, etwa durch geeignete Material- und Werkstoffwahl wie den Einsatz von Keramik.

Auch leistungsfähige FEM-Programme zur Festigkeits- und Strömungsberechnung ermöglichen es, die Anlage insgesamt zu optimieren und somit eine Leistungserhöhung bei gleichem Gewicht zu erreichen. Dies gilt nicht nur für die einzelnen Komponenten, sondern auch für die Optimierung der Rohrlängen, was unter Umständen neben der Gewichtsreduzierung auch zu einer Geräuschoptimierung führen kann.

Auch wenn in einigen Bereichen - etwa Arbeitshydraulik in Baumaschinen - das Druckniveau weiter angehoben werden kann, so ist doch im Bereich der Landtechnik mit Ausnahme der Fahrtriebe bei selbstfahrenden Erntemaschinen eine generelle Anhebung auf mehr als 25 bis 30 MPa nicht zu erwarten.

### Energieeinsparung und Wirtschaftlichkeit

Sicher wird auch in Zukunft der Wirkungsgrad der einzelnen Komponenten noch weiter verbessert werden können. Allerdings sind dem Erfolg hier Grenzen gesetzt. Viel größere Erfolgsaussichten bestehen bei der Verbesserung des Wirkungsgrades von Gesamtsystemen. So kann man beispielsweise durch Einsatz der Load-Sensing-Systeme an geeigneter Stelle eine nennenswerte Wirkungsgradverbesserung erzielen. Welchen Einfluss das geeignete Hydrauliksystem auf die Verluste haben kann, wird in [2, 3] deutlich. Die Traktorenhersteller diskutieren im Moment sehr stark die Möglichkeiten einer LS-Verbindung zwischen Traktor und Gerät, um die vorhandenen Systeme gut ausnutzen zu können.

Viele Anlagen vor allem bei kleineren Traktoren haben heute noch Konstantpumpen. Setzt man Verstellpumpen anstelle von Konstantpumpen ein, kann man diese auf die entsprechende gewünschte Drehzahl am Abtrieb einstellen. Dadurch lässt sich der Ge-

samtwirkungsgrad des Systems deutlich verbessern. Man muss dabei allerdings beachten, dass die Investitionskosten für eine Verstellpumpe erheblich höher liegen als für eine Konstantpumpe. Der Gesamtwirkungsgrad des Systems lässt sich durch den Einsatz von leistungsverzweigten Getrieben im Fahrtrieb weiter verbessern.

Beim Einsatz von entsprechenden Optimierungsstrategien des Gesamtsystems lässt sich durchaus eine Einsparung von 25% und mehr erreichen [4]. Die seit einigen Jahren verstärkt eingesetzten stufenlosen, leistungsverzweigten Getrieben lassen hier für die nähere Zukunft noch einiges erwarten.

Matthies hat in seinen Vorlesungen schon vor mehr als 30 Jahren auf die Bedeutung dieser Techniken hingewiesen. Dass sie erst durch den verstärkten Einsatz der Elektronik möglich sind, versteht sich von selbst.

Für die Wirtschaftlichkeit immer bedeutender wird die Reduzierung des Wartungsaufwandes. Je geringer der Wartungsaufwand für den Fahrer, um so geringer die Lohnkosten, in denen der Unternehmer kein Geld verdient [2].

### Verbesserung des statischen und dynamischen Verhaltens

Das statische und dynamische Verhalten von Mobilhydrauliksystemen kann durch die Integration der Elektronik in das Hydraulikbauteil verbessert werden. Hier bietet sich etwa die Integration eines Wegensensors in einen Zylinder an (Bild 1).

Zum einen ist der Sensor durch den Zylinder selbst geschützt. Zum anderen erfolgt die Messung des Weges direkt. Elastizitäten und unnötige Verzögerungen der Signalübertragung werden vermieden [5]. Das Gleiche gilt natürlich auch für Drucksensoren, die direkt in Ventile oder Pumpen eingebaut werden. In diesem Falle ergeben sich bei der Druckfortpflanzung keine Schwierigkeiten durch eine Zeitverzögerung.

Denkt man über Drucksensoren in den Pumpen nach, dann müsste es auch möglich sein, diese Sensoren direkt als Ersatz von Druckwaagen zu verwenden. Werden diese Sensoren im größeren Stil gezielt eingesetzt, dann werden sich die Kosten reduzieren. Überhaupt wird sich der Einsatz der Mikro-

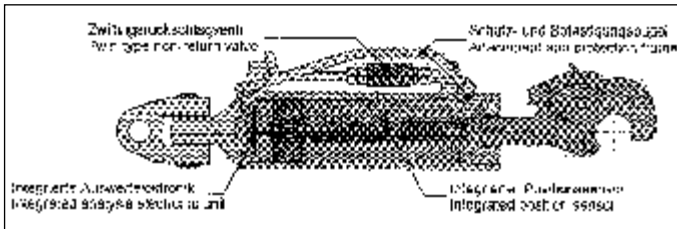


Bild 1: Hydraulischer Oberlenker mit integrierem Längsensensor

Fig. 1: Hydraulic top link with integrated position sensor

Elektronik im Bereich der Landtechnik verstärkt durchsetzen. Dies führt schließlich und endlich zum Einsatz von möglichst berührungslosen Sensoren für eine große Anzahl von physikalischen Größen.

### Steigerung der Bedienbarkeit und des Komforts

Zunehmende Beachtung wird der ergonomischen Gestaltung des Fahrerplatzes zu widmen sein. Auch heute schon stellt man einen verstärkten Einsatz von logisch aufgebauten multifunktionalen Bedienelementen (ähnlich Joystick) fest. Dies bedeutet zwangsläufig, dass die Ventile elektromagnetisch angesteuert werden. Der Fahrer sollte entlastet werden von ständig wiederkehrenden „ermüdenden“ Bedienungsfunktionen. Hierzu gehört der Einsatz von automatischen Lenksystemen in Erntemaschinen. Auch ein „Vorgewendemanagement“ beim Pflügen ist sinnvoll. Warum soll das Umdrehen des Pfluges nicht automatisch erfolgen, so dass der Fahrer nur noch per Knopfdruck diesen Vorgang anstößt [5, 6].

Zum Komfort gehört natürlich auch die Reduzierung der Lärmbelastung, sowohl für den Fahrer als auch für die Umgebung. Nachdem der Dieselmotor immer leiser wird, kommt der Lärmbelastung durch die Hydraulik eine immer größere Bedeutung zu. Bei Traktoren wird heute eine aktive Schwingungsdämpfung unter Ausnutzung des elektrohydraulischen Krafthebers eingesetzt. Außerdem gibt es zur Erhöhung der Geschwindigkeit bei vielen Traktoren heute Vorderachsfederungen, die dann eine Geschwindigkeit bis 50 km/h erlauben. Der Einsatz dieser Systeme wird sich noch deutlich verstärken. Einige Traktorhersteller setzen heute auch aktive Kabinenfederungen ein. Alle diese Maßnahmen dienen dazu, den Komfort für den Fahrer zu erhöhen und gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems durch eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit zu verbessern.

### Steigerung der Verfügbarkeit und der Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit lässt sich erhöhen, wenn die Standzeiten der einzelnen Komponenten höher werden. Dies ist auch durch verbesserte Filtersysteme möglich. Elektronische Diagnosesysteme zur Schadensfrüherkennung, die unter der Überschrift „Condition-Monitoring“ laufen, haben hier eine Zu-

kunft. Allerdings darf der Aufwand für die Schadensfrüherkennung nicht zu hoch sein, weil dann die Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt wird. Besondere Beachtung erfordert die Filterung und die Begrenzung des Wasseranteils im Hydrauliksystem [7].

Die Verfügbarkeit kann auch gesteigert werden, wenn eine Fehlerbeseitigung im Hydrauliksystem etwa im „Teleservice“ gemeldet wird. Hier kann der Konstrukteur oder der Servicebetrieb vor Ort relativ schnell und kurzfristig eingreifen und somit die Einsatzbereitschaft der Maschine rechtzeitig sichern [8].

### Verbesserte Umweltverträglichkeit

Natürlich gilt es grundsätzlich bei allen Hydrauliksystemen möglichst eine „Null-Leckage“ anzustreben. Ein hehres, aber erreichbares Ziel, wobei man allerdings bedenken muss, dass die letzten Promill sehr teuer werden können. Wenn schon Leckage auftritt, dann sollte man die austretende Ölmenge möglichst auffangen und sie nicht in die Umwelt gelangen lassen. Die mehrfach diskutierte Wasserhydraulik wird in der Landtechnik kaum Chancen haben. Statt dessen wird ein verstärkter Einsatz von biologisch schnell abbaubaren Flüssigkeiten mit Sicherheit kommen. Der Einsatz von reinem Rapsöl ist allerdings fraglich. Hierfür gibt es neben der nicht gesicherten Konsistenz auch zu viele Probleme bei der Einhaltung der entsprechenden Temperaturgrenze. Viel wahrscheinlicher ist der Einsatz von synthetischem Ester. Aus Sicht der Landwirtschaft bleibt zu hoffen, dass in Zukunft möglichst ungesättigte (auf nachwachsenden Rohstoffen basierende) Ester eingesetzt werden.

Wie bereits erwähnt, muss man allerdings das Vertrauen des Fahrers in den Einsatz derartiger neuer Flüssigkeiten erst noch erringen. Hierzu bietet sich eine „online“-Überwachung der Ölqualität geradezu an [8, 9]. Um eine derartige Überwachung zu realisieren, muss man Ölkennwerte finden, die einfach zu messen sind und dem Fahrer ständig angezeigt werden. In diesem Falle könnten die Ölwechselintervalle flexibel sein und wären nicht unbedingt, wie bisher üblich, an feste Zyklen gebunden. Hier wird auch eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit eines entsprechenden Systems gesehen.

In einigen Bereichen der Mobilhydraulik wird der Einsatz von elektrischen Antrieben an Stelle von hydrostatischen Antrieben diskutiert. Neben den Kosten hat der Einsatz

der Hydraulik im mobilen Bereich immer noch viele Vorteile, vor allem wegen der großen möglichen Kräfte und wegen der einfachen Einstellung der Drehzahlen, so dass der Einsatz der elektrischen Antriebe auf Spezialfälle beschränkt bleiben wird. Allerdings dürfte die Veränderung der Bordspannung auf 42 V hier für Leistungen bis etwa 3 kW noch einiges auch in der Landtechnik bewirken [2, 10].

### Rapid-Prototyping und Simulationstechnik

Die Hersteller von Komponenten müssen sich in Zukunft zu Systemanbietern wandeln. Viele Hersteller von mobilen Landmaschinen haben keine geschulten Hydrauliker mehr und verlassen sich auf die Zulieferer, denen sie auch die Systemverantwortung übertragen. Für den Systemanbieter ist es absolut notwendig, leistungsfähige und benutzerfreundliche Simulations- und Auslegungsprogramme, die nach Möglichkeit systemgebunden sind, zu verwenden.

### Literatur

- [1] Dieter, W.: Die Hydraulikindustrie in Deutschland, 1957-1997: Von bescheidenen Anfängen zum weltweiten Technologieführer. O+P 41 (1997), H. 7, S. 475-481
- [2] Harms, H.-H.: Mobile Hydraulic Technology – Current Problems and Future Challenges. The Seventh Scandinavian International Conference on Fluid Power Proceedings Vol. 1, S. 21-36. FluMes Linköping Sweden 2001, ISBN 91-7373-056-4
- [3] Römer, A.: Hydrauliköle auf pflanzlicher Basis für Traktoren. Forschungsberichte des Instituts für Landmaschinen und Fluidtechnik; Shaker-Verlag, Aachen, 2000, ISBN 3-8265-8076-1
- [4] Seeger, J.: Antriebsstrangstrategien eines Traktors bei schwerer Zugarbeit. Dissertation, TU Braunschweig, in Vorbereitung
- [5] Coenen, H. und T. Lang: 50 Jahre Dreipunktkuppler und mögliche Entwicklungspotentiale. Tagung Landtechnik 1999, Düsseldorf, 1999, S. 395-402
- [6] Jessen, S. und G. Keuper: Steuerung von Anbaugeräten mit der Elektrohydraulik des Traktors. Vortrag VDI-MEG-Tagung „Landtechnik“ Braunschweig 07./08.10.1999. Tagungsband (VDI-Berichte 1503), S. 389-394, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1999, ISBN 3-18-091503-X
- [7] Kempermann, C.: Ausgewählte Maßnahmen zur Verbesserung der Einsatzbedingungen umweltschonender Druckübertragungsmedien. Verlag Mainz, Aachen, 1999, ISBN 3-89653-268-5
- [8] Fölster, N. und A. Römer: Online Condition Monitoring – Entwurf eines Verfahrens zur stetigen Überwachung des Ölzustandes in mobilen Arbeitsmaschinen. Vortrag 2. IFK Dresden 16./17. 3. 2000; Tagungsband, S. 247-262
- [9] Hantke, P.: Einsatz biologisch schnell abbaubarer Hydraulikflüssigkeiten in Holzerntemaschinen; O+P 44 (2000), H. 10, S. 652-660, ISSN 0341-2660
- [10] Ehlers, K.: Die Entwicklung der elektrischen Spannung im PKW. Interne Präsentation des ZVB an der TU Braunschweig, Juni 1998