

# Mechatronik in der Mobilhydraulik

Bei der Entwicklung technischer Systeme für Landmaschinen wird, wie bei anderen mobilen Arbeitsmaschinen auch, ein besonderer Schwerpunkt auf die Automatisierung von Arbeitsprozessen gelegt. Hierdurch steigen meist die Ansprüche bezüglich Dynamik und Lagegenauigkeit an die Leistungsantriebe. Diese werden bei mobilen Arbeitsmaschinen nach wie vor hauptsächlich durch hydraulische Antriebe gebildet. Gesteigerte dynamische Anforderungen können aber durch die üblichen hydraulisch-mechanischen LS-Systeme prinzipbedingt kaum erfüllt werden. Um mobile Hydrauliksysteme für zukünftige Anforderungen zu wappnen, erscheint eine grundlegende Überarbeitung bekannter Systeme unter Berücksichtigung mechatronischer Aspekte sinnvoll.

Dipl.-Ing. Thorsten Lang ist Akademischer Rat am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der Technischen Universität Braunschweig, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms); e-mail: t.lang@tu-bs.de

## Schlüsselwörter

Mechatronik, Mobilhydraulik, Prozessautomation

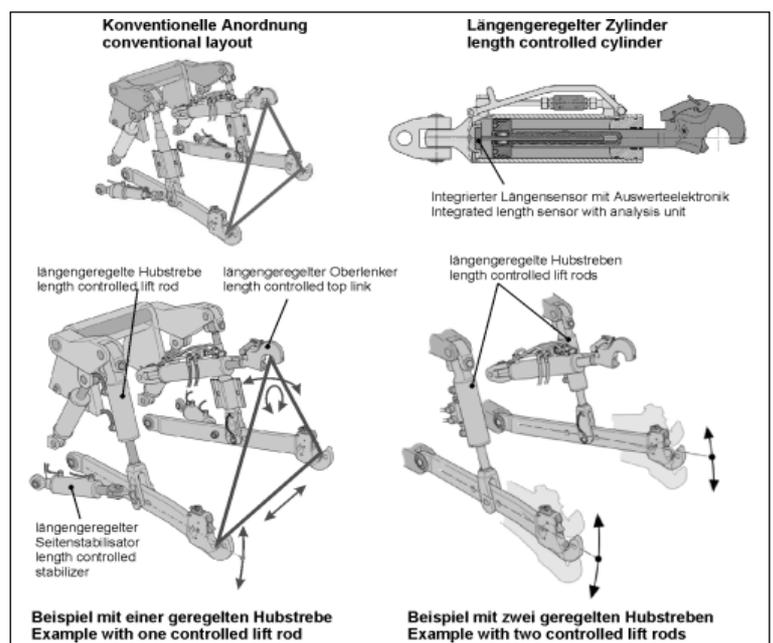
## Keywords

Mechatronics, mobile hydraulics, process automation

Beispiele für die im Trend liegenden Automatisierungs- oder Assistenzsystemen sind zahlreich und vielfältig zu finden, so etwa diverse Assistenzsysteme am Feldende, Ansätze zur Automatisierung von Frontladerarbeiten oder die elektronische, selbständige Einstellung von Prozessparametern bei Selbstfahrern und Anbaugeräten. Die Entwicklung von Managementsystemen für den Antriebsstrang („Traktormanagement“) sind weit fortgeschritten. Konzepte wie „Gerät steuert Traktor“ oder Teleservice werden intensiv diskutiert und die Kommunikation von Systemteilen per Bus ist mit LBS oder ISO 11783 auf einem leistungsfähigen Stand. Auch der Kraftheber, als mechanische Schnittstelle zwischen Gerät und Traktor, wurde in den letzten Jahren modifiziert. Bild 1 zeigt Varianten mit integrierten Längensensoren in Oberlenker, Hubstreben und Seitenstabilisatoren. Durch diese Anordnung können die Flexibilität, Funktionalität und das Automatisierungspotenzial erheblich verbessert werden. Die bisher bekannten Funktionen von Hydraulikzylindern und -motoren als einfache Antriebe mit hoher Leistungsdichte und geringen dynamischen Anforderungen mausern sich dabei allerdings immer mehr zu Funktionen von regelten Achsen ähnlich denen in der stationären Robotik. Um Bewegungen mit mechanisch unabhängigen Antrieben zu synchronisieren, sind meist auch definierte und dynamisch geregelte Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvorgänge notwendig. Diese erhöhten Ansprüche

Bild 1: Ausstattungsvarianten des Krafthebers mit hydraulischen Achsen

Fig. 1: Different set-ups of the power lift using hydraulic axles



sind aber, insbesondere bei kritischen Betriebsbedingungen, durch übliche LS-Hydrauliksysteme kaum zu erfüllen.

## Bekannte Hydrauliksysteme

Bild 2 zeigt eine übliche Darstellung der gängigen Hydrauliksysteme im Teillastbereich mit Darstellung von Nutz- und Verlustleistung. Sowohl das Konstantdrucksystem als auch das Konstantstromsystem haben den Nachteil großer Verlustleistungen mit entsprechenden Temperaturproblemen und einer starken Abhängigkeit des effektiven Volumenstromes vom anliegenden Lastdruck. Zusätzlich ist das Konstantdrucksystem durch den Einsatz einer Verstellpumpe in Kombination mit einem Druckregler teurer. Das Load-Sensing-Prinzip verbessert den Wirkungsgrad und die Steuerbarkeit hingegen erheblich, da eine konstante Druckdifferenz von ~ 2 MPa über den Ventilen geregelt wird.

Bezüglich des Betriebes von hydraulischen Achsen mit definierten Geschwindigkeiten und Beschleunigungen hat diese Schaltung allerdings gravierende Nachteile. Zum einen verursachen, insbesondere bei langen Leitungen, die Meldung der statischen Lastdrücke aller Verbraucher sowie die Reaktion des Reglers und der Pumpe merkliche Totzeiten. Ferner steht zur Be-

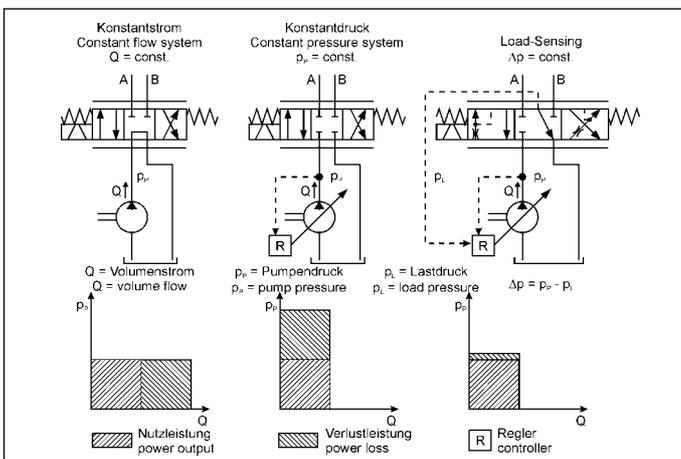


Bild 2: Vereinfachte Schaltbilder und Energiebilanzen in Teillast von üblichen Hydrauliksystemen

Fig. 2: Simplified circuit diagrams and energy balances in part load of conventional hydraulic systems

schleunigung der Verbraucher und der stehenden Ölsäule mit einer nicht unerheblichen Massenträgheit nur der relativ niedrige LS-Druck von ~ 2 MPa zur Verfügung. Ein weiterer Problemfall wird durch die Steuerung von doppelwirkenden Zylindern bei ziehenden Lasten dargestellt, wenn also eine Last abgesenkt wird oder die Bewegungs- und Lastrichtung gleich sind. In diesem Fall wirkt an der Ablaufkante (Tankanschluss) des Ventils der volle Lastdruck, während an der Zulaufkante (Pumpenanschluss) nur der geregelte LS-Druck wirkt. Hierdurch wird viel zu wenig Öl zugeführt, so dass in einer Zylinderkammer Kavitation entsteht. Dieser Effekt kann bei Differenzialzylindern je nach Einbauart noch verstärkt werden. So kann es vorkommen, dass bei bestimmten Bedingungen eine Zylinderkammer zeitweise fast gar nicht mit Öl befüllt ist. Abhilfemaßnahmen sind der Einsatz von Senkbrems- und Nachsaugventilen, was aber mit dynamischen Zylinderbewegungen kaum zu vereinbaren ist.

Aus diesen Gründen und um die Hydraulik zukünftig leistungsfähiger in Managementsysteme einbinden zu können, ist eine Überarbeitung der Hydrauliksysteme in Hinblick auf zukünftige Anforderungen sinnvoll. Hierfür bieten sich insbesondere mechatronische Sichtweisen an.

### Der mechatronische Ansatz

Neben dem allgemein bekannten, interdisziplinären Zusammenwirken von Elektronik, Informatik und Mechanik versteht man heute unter Mechatronik eine Reihe von besonderen Merkmalen, Methoden und Denkweisen, Systeme abzugrenzen und zu entwerfen. Diese Sichtweise wird unter anderem durch einen umfassenden Integrationsgedanken gekennzeichnet. Unter der *Integration von Komponenten* ist die konstruktive Gestaltung des Systems zu einer kompakten, steckerfertigen Einheit zu verstehen, an welche möglichst nur noch ein Leistungs- und Datenanschluss erfolgt. Unter der *Integration von Funktionen* ist hingegen die teilweise Verlagerung von Funktionalität („Intelligenz“) aus einer Leitebene in das örtliche, mechatronische System zu verstehen, so

dass Funktionen möglichst ohne Datenbelastung für das Kommunikationssystem weitestgehend autark dort ausgeführt werden, wo sie örtlich vorgesehen sind. In diesem Zusammenhang gewinnen auch die Begriffe der „verteilten Intelligenz“ oder des „objektorientierten Ansatzes“ an Gewicht. Der letztere Begriff stammt aus der Informatik, wo er seit Jahren etabliert ist. Vor Einführung dieser Technik stand in der Regel eine Funktion („Prozedur“, sogenannter „prozeduraler Ansatz“) im Vordergrund, innerhalb derer dann je nach betreffendem Objekttyp eine Fallunterscheidung durchgeführt werden musste. Im objektorientierten Ansatz wird das Objekt als eigenständige Datenstruktur definiert, welche nur mit für dieses Objekt geeigneten Funktionen ausgestattet ist und auch aktiven Einfluss auf andere Objekte ausüben kann. Umfangreiche Systeme, nachträgliche Funktionserweiterungen und Kompatibilitätsprobleme können dadurch wesentlich einfacher beherrscht werden.

Bezogen auf mobilhydraulische Anwendungen sind zunächst sinnvolle Systemgrenzen („Objekte“) zu definieren. Berücksichtigt man ein aus Kostengründen zunehmendes Interesse an der zentralen Bereitstellung von Ventilen auf dem Trägerfahrzeug, ist die Abgrenzung von drei Systemen mit folgendem beispielhaften Funktionspotenzial denkbar (Bild 3).

**Versorgung:** Eine mechatronische Versorgung enthält nicht nur die Verstellpumpe, sondern alle Elemente zur Aufbereitung des Öls. Sie überwacht auch die Temperaturentwicklung und kann aktiv auf das Fahrzeugmanagement (Dieseldrehzahl, Fahrgeschwindigkeit) und die Ventile wirken, etwa bei Überschreitung der Rückkühlleistung, bei Erreichen der Sättigung, zur Einstellung eines optimalen Pumpenschwenkwinkels oder zum Abfangen von ungünstigen Betriebspunkten. Eine temporäre Voreilung von Volumenstrom und Druck zur besseren Verfügbarkeit von gewünschten Beschleunigungen ist ebenfalls denkbar.

**Steuerung:** Obwohl Ventile im mechatronischen Sinn heute weit entwickelt sind, kann ein Bedarf nach flexibler Anpassung an unterschiedliche Verbraucher formuliert werden. Dies gilt insbesondere für die automatische und unabhängige Anpassung der Zu- und Ablaufdrosselung zur Verbesserung des Systemverhaltens bei ziehenden Lasten und ungleichen Verbrauchervolumen.

**Verbraucher:** Die Verbraucher melden ihren Bedarf an Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Druck je nach anliegendem Regelkreis. Ferner könnten sie ihren Typ und bestimmte Merkmale (Dauerläufer, Differenzialzylinder) zum Beispiel über eine Art „Login“ an andere Systeme melden.

### Ausblick

Die genannten Ansätze können nicht für alle Anwendungsfälle in der Landtechnik sinnvoll sein, insbesondere da die Kostensituation derzeit kaum Spielraum zulässt. Aber um auf zukünftige Anforderungen geeignet reagieren zu können, erscheint eine frühzeitige Prüfung des Funktionspotenzials sinnvoll. Am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik werden die genannten und weitere Ansätze eingehend untersucht.

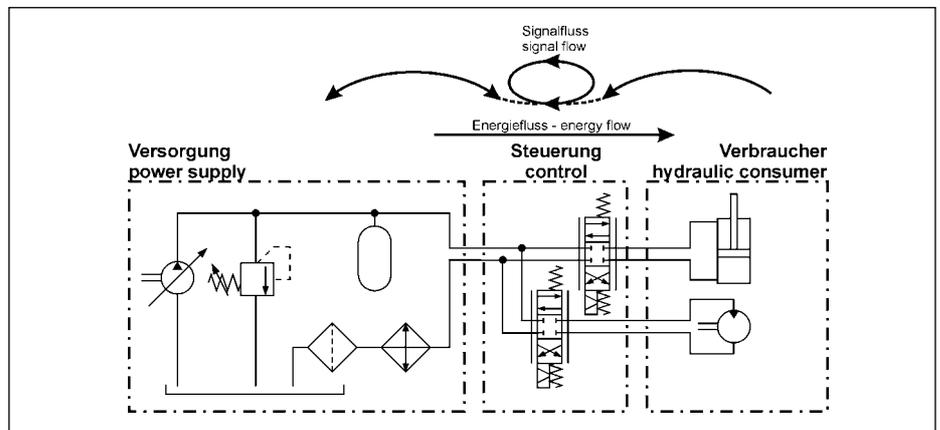


Bild 3: Denkbare mechatronische Systemgrenzen mobiler Hydrauliksysteme

Fig. 3: Conceivable constraints of mechatronical systems in mobile systems