

Thomas Fedde, Thorsten Lang und Hans-Heinrich Harms, Braunschweig

# Integrierbare Positions- und Geschwindigkeitssensoren für die Mobilhydraulik

*Seit Jahren werden zunehmend elektrisch oder elektronisch ansteuerbare hydraulische Antriebe in mobilen Arbeitsmaschinen eingesetzt, was zu einem Trend für Automatisierungslösungen geführt hat. Ein Beispiel hierfür sind hydraulische Aktoren mit integrierter Sensorik, die den Einsatz von elektronischen Steuer- und Regelsystemen gestatten.*

*Im vorliegenden Beitrag wird die integrierte Ermittlung der aktuellen Position und Geschwindigkeit eines Hydrozylinders vorgestellt, wodurch teilautomatisierte Funktionen, wie etwa eine elektrohydraulische Parallelführung am Frontlader, realisiert werden können.*

Langjährige Entwicklungen in der industriellen Automatisierungstechnik haben zur Ausbildung einer Vielzahl von analogen und inkrementalen Wegmesssystemen auf hohem technischen Niveau geführt. Die hier eingesetzten Sensoren werden über echtzeitfähige Bus-Systeme an die Regelsysteme angebunden und liefern zeitlich abgestimmt mit der Anlagensteuerung ihre Botschaft mit den erforderlichen Informationen über die gemessene Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung des betreffenden Antriebs [1]. Diese, in stationären Anwendungen weit verbreitete Technologie wird bei der Realisierung von kontrollierten Bewegungen bei mobilen Arbeitsmaschinen zunehmend interessant.

Der Bedarf wächst, mit mobilen Arbeitsmaschinen wie etwa Baggern oder Ladern Bewegungen sowohl mit geringen als auch mit hohen Verfahrgeschwindigkeiten ausführen zu können [2]. Als Beispiel sei ein Traktor mit Frontlader angeführt, mit dem Futter zügig aus dem Fahrsilo entnommen werden soll und der beim Verladen von Palettenware mit großen Lasten feinfühlig positionieren muss. Zudem sind die Belastungen des gesamten Traktors bei diesen Arbeiten erfahrungsgemäß erheblich, so dass zusätzliche schwingungsdämpfende Maßnahmen wünschenswert sind.

Einschleifige Positionsregelkreise bieten hier keine zufriedenstellenden Ergebnisse, da mit ihnen keine Kontrolle der Verfahrgeschwindigkeit und der Beschleunigung möglich ist. Ein geeigneteres Regelsystem unter Ausnutzung des Geschwindigkeitssignals wurde am ILF aufgebaut.

## Anforderungen in der Mobilhydraulik

Sollen mit den in mobilen Arbeitsmaschinen häufig eingesetzten hydraulischen Zylinderantrieben geregelte Antriebssysteme ähnlich den industriellen Systemen realisiert werden, bietet sich zunächst der Einsatz der hier schon vorhandenen Messtechnik an. Die für industrielle Anwendungen entwickelte Positionsmesstechnik lässt sich allerdings aus mehreren Gründen nicht ohne weiteres in mobile Anwendungen übertragen:

- Meist kommt bei mobilen Arbeitsmaschinen eine analoge Signalübertragung ohne geschirmte Signalleitungen zum Einsatz.
- Es bestehen hohe Anforderungen gegenüber prozessbedingten äußeren Umwelteinflüssen (Wasser, Staub, elektrische und magnetische Felder, Erschütterungen, Schwankungen der Bordnetzspannung).
- Zusätzliche, extern am Zylinder angebrachte Elemente müssen vermieden werden (Robustheit gegen mechanische Einflüsse, etwa herumfliegende Steine im Arbeitsraum der Maschine).
- Die Verdrehung der Kolbenstange des Zylinders muss innerhalb gewisser Grenzen möglich sein (Spiel und Elastizität der mechanischen Antriebselemente).

Dipl.-Ing. Thomas Fedde ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dr.-Ing. Thorsten Lang ist Akademischer Rat am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig; e-mail: [T.Fedde@tu-bs.de](mailto:T.Fedde@tu-bs.de)  
Das Forschungsprojekt wird in Zusammenarbeit mit den Unternehmen MTS Sensor Technologie GmbH & Co KG (MTS) und der CLAAS Industrietechnik GmbH (CIT) durchgeführt.

## Schlüsselwörter

Mechatronik, Mobilhydraulik, Sensorik

## Keywords

Mechatronics, mobile hydraulics, sensors

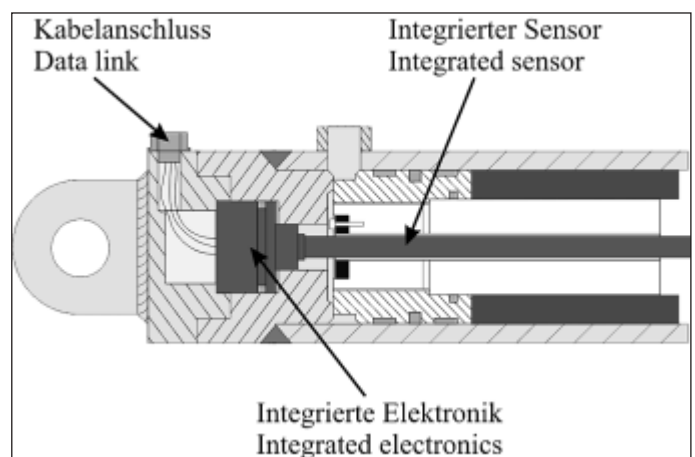


Bild 1: Integrierter Positionssensor

Fig. 1: Integrated position sensor

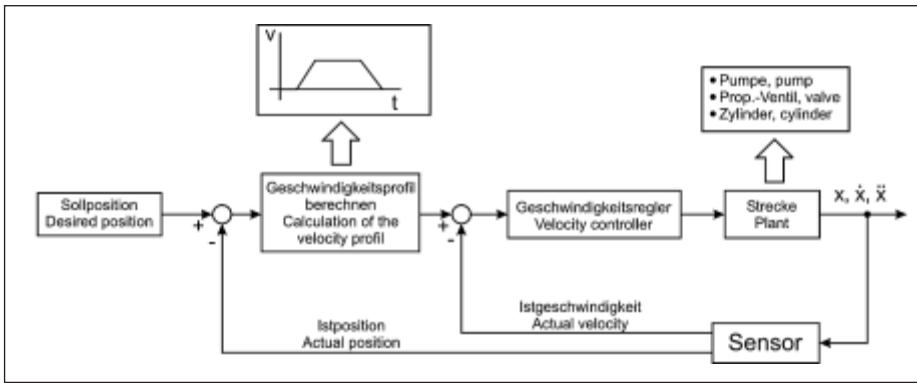


Bild 2: Kaskadierter Positions- Geschwindigkeitsregelkreis

Fig. 2: Cascaded position and velocity control system

Zusätzlich muss der Funktionsgewinn des durch den Sensor regelbaren Antriebssystems die zusätzlichen Kosten aufwiegen, andernfalls ist beim Endanwender keine Bereitschaft für eine zusätzliche Investition zu erwarten.

### Integrierter Positionssensor mit Geschwindigkeitsauswertung

Die aufgezählten Anforderungen für eine Positionsmessung an Hydrozylindern sind praktisch nur mit einem integrierbaren Wegmesssystem zu erfüllen. Für die angesprochenen höherwertigen Regelungssysteme sind Signale über die aktuelle Geschwindigkeit unerlässlich, unabhängig davon, ob sie durch einen zusätzlichen Sensor, durch sensorintegrierte oder externe Differenziation der Positionswerte im Steuergerät gewonnen werden. Bei der realisierten Ausführung sorgt die Integration des Differenzationsvorgangs in das Sensorgehäuse durch die günstige Abschirmung und kurze Signalleitungen für eine hohe Signalqualität des Geschwindigkeitssignals und ermöglicht eine einfache analoge Übertragung der gewonnenen Signale. Entsprechende Sensor-Prototypen wurden in Zusammenarbeit mit einem Sensorhersteller und einem Zylinderhersteller in Differenzialzylinder für einen landwirtschaftlichen Frontlader integriert (Bild 1).

### Elektrohydraulische Parallelführung

In dem vorliegenden Projekt wurde als praktische Anwendung eine elektrohydraulische Parallelführung für den Frontlader realisiert. Als Hydrauliksystem kann hierbei ein Konstantdruck-System mit zwei elektrisch ansteuerbaren Proportionalweventilen zum Einsatz kommen. Zwei separate kaskadierte Geschwindigkeitsregelkreise, deren Grundstruktur in Bild 2 gegeben ist, wurden für die Realisierung einer Parallelführung miteinander gekoppelt. Die Sollwertvorgabe kann

sowohl durch einen Joystick als auch durch eine numerische Eingabe erfolgen. Aus dem numerischen Sollwert wird ein Bewegungssollprofil errechnet, während das Joysticksignal direkt als Sollgeschwindigkeit für die Zylinder umgesetzt werden kann. In diesem Fall kann der Sollwinkel des Werkzeugs über die zweite proportionale Achse des Joysticks verändert werden.

Die Funktionsweise der Kopplung beruht darauf, die Geschwindigkeiten der Zylinder mit Hilfe eines Kennfeldes, das durch die Kinematik des Frontladers gegeben ist, im Sinne einer Parallelführung zu synchronisieren. Dieses Kennfeld für eine Parallelführung wird einmal für alle Winkel des Werkzeugs abgelegt. Kennfelder für weitere Bewegungsabläufe sind ebenso denkbar.

Eine übergeordnete Regelung sorgt bei Abweichung des Werkzeugs vom Sollwinkel für eine Verlangsamung des voreilenden Zylinderpaars, so dass der Sollwinkel eingehalten wird.

Bild 3 zeigt einen Hub- und Senkzyklus der Parallelführung mit einem Konstantdrucksystem und herkömmlichen mobiltauglichen Proportional-Weventilen. Es

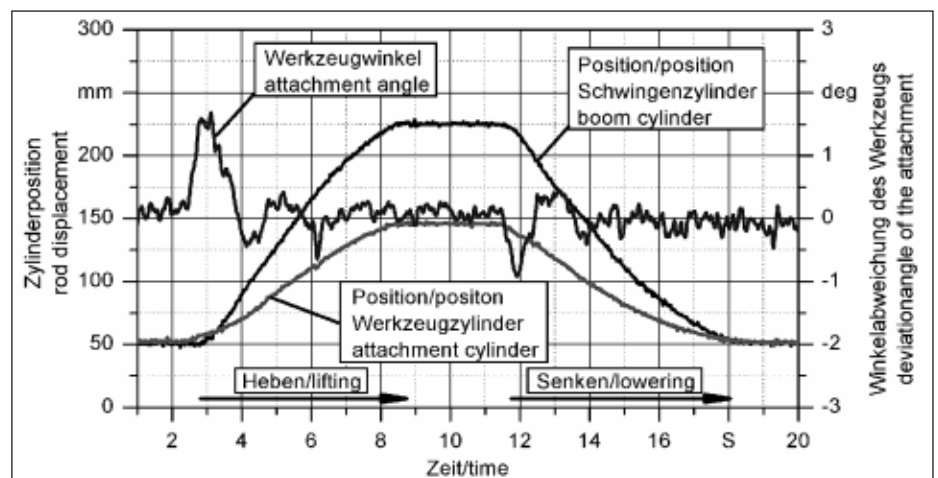


Bild 3: Hub und Senkzyklus mit elektrohydraulischer Parallelführung

Fig. 3: Lifting and lowering cycle with electro hydraulic parallel lift

wird deutlich, dass unter Einsatz von konventionellen Reglern ein Arbeitszyklus mit einer Abweichung des Werkzeugwinkels unterhalb von 3° realisierbar ist. Interessant ist die Frage, wie die Qualität der Regelung unter Einsatz des traktorüblichen Load-Sensing-Systems ist. Dieser Frage wird an einem am Institut neu aufgebauten Traktorhydraulik-Versuchsstand nachgegangen.

### Ausblick

Die Möglichkeiten für anwendungsorientierte automatisierte Funktionen in der Mobilhydraulik nehmen zu. Dies bringt neue Anforderungen an die Sensortechnologie, die stärker ins Blickfeld der Sensorhersteller rücken [3]. Integrierbare Positionssensoren sind ein gutes Beispiel hierfür. Gelingt es Herstellern und Anwendern der Arbeitsmaschinen, die erweiterte Funktionalität in die Praxis umzusetzen, stehen vielfältige neue Automatisierungen in der Mobilhydraulik und besonders im Bereich der Landtechnik bevor.

### Literatur

- [1] Kummert, J.: Messsysteme für Vorschubachsen mit Direktantrieben. Antriebstechnik 42 (2003), H. 11, S. 20-23
- [2] N.N.: Mobile Arbeitsmaschinen, Studie Teil 1: Künftige Trends in mobilen Arbeitsmaschinen. Fluid, (2003), H. 9, S. 16-19
- [3] N.N.: Mobile Arbeitsmaschinen, Studie Teil 2: Künftige Trends - Bedeutung der Sensoren wächst. Fluid, (2003), H. 10, S. 18-19