

Sönke Jessen, Braunschweig, und Gerhard Keuper, Stuttgart

# Doppeltwirkende Hubwerke an Traktoren

*Ein doppeltwirkendes Traktorhubwerk wird von einem leicht modifizierten elektrohydraulischen Serien-Mobilwegeventil angesteuert. Dabei wird die einfachwirkende Funktion des gängigen EHR-Ventils mit seinen verschiedenen Regelungsstrategien für den „Tragen“-Bereich voll abgebildet. Zur Realisierung der doppeltwirkenden Hubwerksfunktion sowohl im „Tragen“- als auch im „Drücken“-Bereich sind angepasste Ansteuerstrategien für das Ventil erforderlich. Für die vorgestellten Konzepte ist es notwendig, den Druck innerhalb des Hubwerkzylinders zu messen. Die sich daraus ergebenden Zusatzfunktionen und -nutzen dieses doppeltwirkenden Hubwerks werden angeführt.*

**D**oppeltwirkende („dw“) Hubwerke ermöglichen gegenüber den bisher bekannten einfachwirkenden („ew“) Ausführungen zusätzlich das aktive Belasten von am Traktor angebaute n Geräten, verbunden mit einer entsprechenden Entlastung der Hinter- oder Vorderräder. Die für eine entsprechende Betätigung des Hubwerkszylinders notwendigen Steuerstrategien für das zugeordnete Hydraulikventil erfordern gegenüber konventionellen, einfachwirkenden Hubwerken weitere Maßnahmen.

Aus dem zusätzlichen Arbeitsbereich des Hubwerks ergeben sich für den Gerätebetrieb neuartige Funktionsmerkmale. Ein Zusatznutzen ist das schnelle, aktive Senken des Hubwerks vor allem ohne Last. Im Betrieb mit dem dw-Hubwerk ermöglicht die Gewichtsverlagerung vom Traktor auf bestimmte Geräte eine Erhöhung des Arbeitskomforts. Darüber hinaus können weitere Potenziale zur Bodenschonung durch Verlagerung des Traktorgewichts auf die Geräteaufstandsfläche erschlossen werden.

## Arbeitsbereiche doppeltwirkender Hubwerke

Zur besseren Beschreibung des Systemverhaltens im dw-Betrieb ist es sinnvoll, die verschiedenen Hubwerksbetätigungen bereichsweise zu unterteilen (Bild 1). Diese Bereiche sind der bisher genutzte Bereich „Tragen“ und der durch die dw-Funktion hinzugekommene Bereich „Drücken“. Ew-Hubwerksbetätigungen sind durch die beiden klassischen zwei Bewegungsrichtungen Anheben und Absenken der Gerätelast ge-

kennzeichnet. Im dw-Betrieb ist es erforderlich, diese Betätigungen innerhalb der beiden Arbeitsbereiche feiner zu unterteilen.

## Bodendruck des Anbaugerätes

Durch doppeltwirkende Hubwerke kann eine das Gerätegewicht überschreitende Last auf den Boden aufgebracht werden. Das Geräteeigengewicht wird, wie in Bild 1 dargestellt, exakt dann aufgebracht, wenn das Hubwerk ohne Hubkraft ist. Dies stellt die Belastungsgrenze heutiger Hubwerke dar. Soll der Bodendruck weiter erhöht werden, kann Last von der Traktorachse auf die Aufstandsfläche des Gerätes verlagert werden, was bei entsprechenden Geräten den Effekt einer Bodendruckverteilung hat. Welcher der beiden Effekte (gezielte Bodendruckerhöhung oder Bodendruckverteilung) gewünscht ist, hängt von der entsprechenden Arbeitsaufgabe und den eingesetzten Geräten ab. Maximaler Bodendruck wird dann aufgebracht, wenn der Traktor an der jeweiligen Achse ausgehoben wird, was aber für den praktischen Betrieb ausgeschlossen werden muss. Dieser Fall ist nur zum Radwechseln zu nutzen.

## Anforderungen an doppeltwirkende Hubwerke

Bei dw-Hubwerken sind alle Funktionen der ew-Hubwerke zu verlangen. Dies bedingt wie bei den ew-EHR-Ventilen proportionale Verstellbarkeit, Lastkompensation, Dichtigkeit in Neutralstellung sowie hinreichend hohe Dynamik, so dass hiermit die bekann-

Dipl.-Ing. Sönke Jessen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) der TU Braunschweig (Direktor: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig; e-mail: [s.jessen@tu-bs.de](mailto:s.jessen@tu-bs.de)  
Dr.-Ing. Gerhard Keuper ist Mitarbeiter der Bosch Rexroth AG, Bereich Mobile Hydraulics, Postfach 300240, 70442 Stuttgart; e-mail: [gerhard.keuper@de.bosch.com](mailto:gerhard.keuper@de.bosch.com)

## Schlüsselwörter

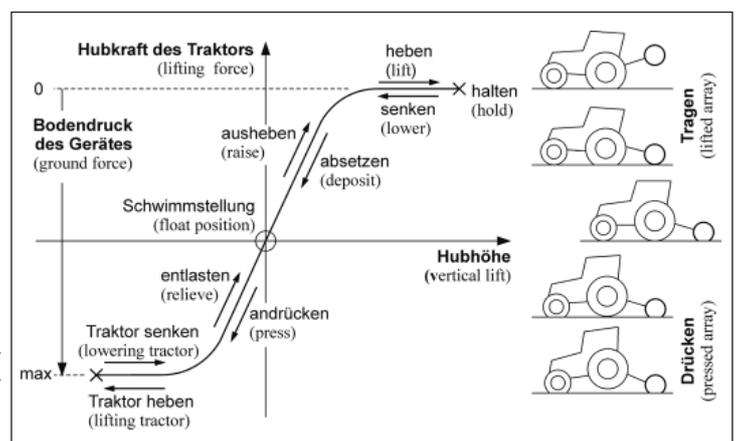
Doppeltwirkende Hubwerke, Traktoren

## Keywords

Double acting hitch drives, tractors

Bild 1: Definition der Arbeitsbereiche eines doppeltwirkenden Hubwerkes

Fig. 1: Definition of working areas of double acting hitch drives



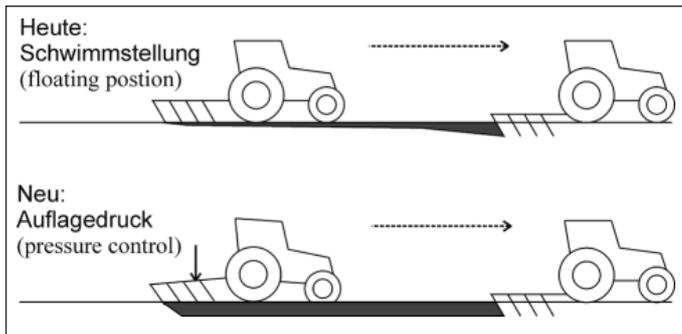


Bild 2: Verkürzte Einzugsstrecke durch Drücken beim Pflug einziehen

Fig. 2: Shortened distance by pressuring the plough during setting-in

ten EHR-Funktionen wie Lageregelung, Zugkraftregelung, Mischregelung, Schlupfregelung oder aktive Schwingungsdämpfung realisiert werden können.

In dem neuen Arbeitsbereich Drücken werden die Geräte hauptsächlich mit Hilfe einer Druckregelung belastet. Wie bei der im Bereich Tragen üblichen Mischregelung muss auch hier eine überlagerte Lageregelung implementiert werden.

### Ansteuerung des dw-Hubwerks mit dw-Wegeventil

Für Versuche mit dem doppelwirkenden Hubwerk wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes mit der Bosch Rexroth AG am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig ein Traktor mit einer modifizierten, doppelwirkenden SB23LS-EHS Ventilscheibe („EHS-Ventil“) ausgestattet. Das EHS-Ventil ist ein doppelwirkendes 4/4-Wegeventil mit einem in Lageregelung elektrohydraulisch betätigten Wegeventilschieber und einer Individualdruckwaage.

Zur Ansteuerung des EHS-Ventils wird ein übliches ew-EHR-Steuergerät verwendet, das Lage- und Zugkraftsensoren benötigt. Aus diesem Steuergerät werden die Stellsignale für Anheben und Absenken ausgewertet. Diese Signale berücksichtigen nicht eine ew- oder dw-Funktion, da heutige Hubwerke aufgrund ihrer Ausführung eine einseitige, nach oben offene Schwimmstellung aufweisen. Für die volle dw-Funktion sind zum Erkennen der Lastrichtung Drucksensoren auf beiden Zylinderseiten notwendig. Dadurch können zwei notwendige Betriebsfälle ausgewertet und betätigt werden:

1. Ansteuerung bei positiven und negativen Lasten
2. Steuerung an der Rücklaufsteuerecke  
Bei positiven oder negativen Lasten muss an jeweils unterschiedlichen Steuerkanten gedrosselt werden. Welche Belastung vorliegt, wird mit den Drucksensoren erkannt und der Schieber an die richtige Ausgangsposition gefahren.

Bei negativen Lasten drosselt nur die Rücklaufsteuerecke. Eine Druckwaage wie an der Zulaufsteuerecke ist nicht vorhanden,

so dass an der Rücklaufsteuerecke der gesamte Verbraucherdruck gedrosselt werden muss. Dadurch kann der Volumenstrom nicht lastdruckunabhängig über den lagegeregelten Schieber eingestellt werden. Mit einer dem Rücklaufdruck angepassten Steuerkantenöffnung kann die Funktion der Druckwaage übernommen werden.

Mit dieser EHS-Signalanpassung wird das Signal für Anheben und Absenken aus dem EHR-Steuergerät so angepasst, dass Bewegungen sowohl im Tragen-Bereich als auch im Drücken-Bereich koordiniert anzusteuern sind.

### Einsatz des dw-Hubwerks beim Pflügen

Das dw-Hubwerk wurde bei reinem Pflugbetrieb wie ein ew-Hubwerk betrieben. Hierfür wurde die Funktionalität des doppelwirkenden Hubwerks im Falle des Andrückens elektronisch durch Verwendung der Auflagedruckregelung mit neutralem Sollwert auf das Verhalten eines ew-Hubwerks beschränkt. Alternativ kann auch in die 4. Schaltstellung des Ventils (Schwimmstellung) geschaltet werden, wodurch sich die von normalen Hubwerken her bekannte „einseitige Schwimmstellung“ ergibt.

Dieses Konzept wurde im praktischen Einsatz beim Pflügen getestet. Der Einsatz des EHS-Ventils als Hubwerksventil verlief dabei vollkommen problemlos. Während des Pflügens konnte weder am Pflugbild noch am subjektiven Eindruck auf dem Traktor ein Unterschied zum normalen EHR-Ventil gefunden werden.

### Auflagedruckregelung beim Einziehen des Pfluges

Neben dem normalen ew-Pflugbetrieb kann mit der Druckregelfunktion der Pflug mit einem eingestellten Druck aktiv in den Boden gedrückt werden. Dies ist dann sinnvoll, wenn sich bei festem Boden der Pflug durch sein Eigengewicht nur sehr schlecht in den Boden einzieht. Hierfür bietet sich das aktive Drücken mit beispielsweise 50 bar Auflagedruck zur Beschleunigung des Einziehens an. Das Ergebnis ist für den praktischen Einsatz sehr gut zu nutzen: Anstelle der etwa

15 m Einzugslänge beim unbelasteten Pflug und schlechten Bodenverhältnissen konnte bei aktiver Belastung bereits nach nur 30 cm (0,3 m!) die vorgesehene Arbeitstiefe erreicht werden (Prinzip in Bild 2). Ab diesem Punkt arbeitete wieder die normale Regelung. Dadurch kann gerade der verdichtete Vorgewendebereich aufgelockert werden.

### Weitere Anwendungen

Packerwalzen sind bekannt, werden aber heute nur statisch mit Hydrospeichern eingesetzt. Im dw-Betrieb kann durch aktives Belasten und Entlasten - mit der Besonderheit beim Senken geregelt umzuschalten auf echtes Drücken - der Bodendruck breiter verteilt werden. Hier sind dann auch Kombinationen mit der Schlupfregelung denkbar.

Da bis heute keine geregelten dw-Hubwerke verfügbar sind, gibt es auch keine Geräte, die diese Potenziale nutzen. Dem Landmaschinenkonstrukteur sind aber hiermit neue Freiheiten gegeben, die er nutzen wird. Einige exemplarische Beispiele:

Bei Kombinationen von Kreiselegge und Drillmaschine könnte das Traktorgewicht teilweise auf die Andruckwalze verlagert und außerdem das variable Korntankgewicht auf der Kreiselegge durch Traktorgewicht ausgeglichen werden. Andere Geräte können im biologischen Landbau bei der mechanischen Unkrautbekämpfung entstehen.

Schilde können mit der Fronthydraulik aktiv eintauchen. Anwendungen sind beim Verteilen von Silage denkbar, beim Räumen von Schnee oder beim Planieren.

### Zusammenfassung und Ausblick

Eine spezifische Signalanpassung des Zusatzwegeventils am doppelwirkenden Hubwerk sorgt für eine sichere Betätigung. Dafür sind an beiden Arbeitsanschlüssen des Ventils Drucksensoren erforderlich. Versuche haben gezeigt, dass die Signalanpassung prinzipiell unverändert bei Auflagedruckregelung, Entlastungsdruckregelung, Lageregelung und Zugkraftregelung beim Pflügen eingesetzt werden kann.

Im praktischen Versuch war beim einfachwirkenden Betrieb kein Unterschied zum EHR-Ventil erkennbar. Ein Vorteil des EHS-Ventils ist die Möglichkeit, den Pflug aktiv in den Boden zu drücken. Dadurch kann ein möglicherweise schlechtes Einzugsverhalten vom Pflug völlig kompensiert werden. Zukünftige Gerätefunktionen mit neuen Konstruktionsfreiheitsgraden durch Verlagerung des Traktorgewichts auf Geräte wurden dargestellt.