

Johannes Weisbrodt und Karlheinz Köller

Vergleich von doppelt und einfach wirkender EHR in der Bodenbearbeitung

In einem Gemeinschaftsprojekt der Bosch Rexroth AG und der Universität Hohenheim wurde die doppelt wirkende elektro-hydraulische Hubwerksregelung (EHR-dw) auf ihre Potenziale in der Bodenbearbeitung hin evaluiert. Hierfür wurden das Einzugsverhalten zweier Bodenbearbeitungsgeräte mit und ohne Nutzung der EHR-dw untersucht. Es wurde ein Versuch zur variablen Bodenbearbeitung mit jeweils 360 Einzelmessungen angelegt. Die Ergebnisse zeigen Vorteile der EHR-dw auf, verdeutlichen aber auch, dass für die Umsetzung der variablen Bodenbearbeitung mit angebauten Geräten noch Entwicklungsbedarf besteht.

Schlüsselwörter

Doppelt wirkende EHR, Hubwerk, Einzugsverhalten, ortsspezifische Bodenbearbeitung

Keywords

Double acting EHR-valve, drawing-in behaviour, site specific tillage

Abstract

Weisbrodt, Johannes and Köller, Karlheinz

Comparison of single acting and double acting EHR-valve in tillage operations

Landtechnik 65 (2010), no. 5, pp. 364-367, 4 figures, 7 references

The double acting EHR-valve (EHR-da) was evaluated on its potential in soil tillage in a joint project between the Bosch Rexroth AG and the University of Hohenheim. There was made an experiment on the drawing-in behaviour of two tillage implements with and without the use of the EHR-da. Also was made an experiment about variable depth tillage. For each experiment 360 measurements were made. The test results showed advantages of the EHR-da, but they also clarify that there are many development requirements for an implementation of site specific tillage to mounted implements.

■ Die Dreipunktaufhängung ist seit ihrer Erfindung durch Harry Ferguson ein zentraler Bestandteil von Traktoren. Die Entwicklung von Regelsystemen für den Kraftheber zur Optimierung der Traktorzugkraft und der Tiefenführung von Geräten spielte in der Traktorenentwicklung über Jahre hinweg eine bedeutende Rolle: Die anfangs mechanischen Systeme wurden erst durch hydraulische und dann durch elektronische Regelsysteme ersetzt. Heute gehört die elektro-hydraulische Hubwerksregelung (EHR) zur Standardausstattung vieler Traktoren [1].

Die von Bosch Rexroth entwickelte doppelt wirkende EHR ist ein weiterer Schritt zur Verbesserung der Regelbarkeit des Heckkrafthebers. Erstmals kann im Hubzylinder in Richtung „Senken“ aktiv stufenlos einstellbarer Druck aufgebaut werden. Der Einstellbereich geht vom heute üblichen, einfach wirkenden Verhalten bis zu einem Maximaldruckwert, der etwa der halben Hinterachslast entspricht. Vorteile ergeben sich durch die Gewichtsübertragung von der Traktorhinterachse auf das Anbaugerät, wodurch z.B. ein schnellerer Einzug des Gerätes in den Boden möglich wird. Außerdem kann durch die verbesserte Regelbarkeit die Tiefenführung von Geräten verbessert werden. Dieses Potenzial lässt sich vor allem in der ortsspezifischen Bodenbearbeitung nutzen, welche bislang nur mit gezogenen oder angebauten aktiven Geräten realisiert wurde [2; 3]. Ziel der im Folgenden beschriebenen Versuche war es deshalb, angebaute passive Bodenbearbeitungsgeräte für die ortsspezifische Bodenbearbeitung einzusetzen und Entwicklungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

Simultane Tiefenmessung mit der Nachlaufwalze

Soll die Arbeitstiefe während der Fahrt veränderbar sein, muss sie kontinuierlich während der Fahrt gemessen werden. Frühere Untersuchungen zeigen, dass ein Tastrad eine einfache und gut funktionierende Lösung darstellt [4]. Wird das Tastrad durch

die Nachlaufwalze des Anbaugerätes ersetzt, kann die Arbeitstiefe über die komplette Arbeitsbreite erfasst werden. Auf diese Weise können Messwertverfälschungen durch Bodenunebenheiten ausgeglichen werden. Im Unterschied zum Tastrad, das auf dem unbearbeiteten Boden läuft, wird die Arbeitstiefe in Relation zur bearbeiteten Bodenoberfläche bestimmt.

Üblicherweise wird die Arbeitstiefe bei Bodenbearbeitungsgeräten über die Nachlaufwalze fest eingestellt. Da der Nachläufer zur Tiefenmessung jedoch frei beweglich sein muss, fällt die Tiefenführungsfunktion weg, die Arbeitstiefe wird allein durch das Heckhubwerk des Traktors kontrolliert.

Versuchsaufbau

Der Versuch wurde auf Betriebsflächen der Südzucker AG in Einsiedel, Baden-Württemberg, durchgeführt. Die Versuchsfläche wurde durch Bodenfeuchte- und Penetrometermessungen kartiert, um eventuelle Einflüsse des Bodens auf die Messergebnisse zu erkennen. Die Bodenfeuchte lag auf dem gesamten Schlag bei 30 %. Die Penetrometerdaten waren ebenfalls homogen und wiesen keine Schadverdichtungen aus. Ein Einfluss auf die Versuchsergebnisse konnte daher nahezu ausgeschlossen werden.

Die Versuche erfolgten mit einem Traktor, der mit dem doppelt wirkenden Hubwerksventil (EHR23C-da) [5] ausgerüstet war.

Die Mess- und Regelungstechnik bestand aus mehreren vernetzten Recheneinheiten (**Abbildung 1**). Der Jobrechner gab an bestimmten GPS-Positionen die Sollarbeitstiefe und die Regelart (ew/dw) vor. Die Arbeitstiefe wurde mit einem externen Lagesensor an der Nachlaufwalze in Kombination mit dem Lagesensor am Hubwerk erfasst und anhand des Wertes nachgeregelt, den der Jobrechner vorgegeben hatte. Die in den fol-

genden Diagrammen dargestellten Werte basieren jedoch nur auf den an der Nachlaufwalze gemessenen Arbeitstiefen. Die räumliche Orientierung auf dem Schlag und die Dokumentation ermöglichte ein RTK-GPS-System. Die Versuchsanlage erfolgte mit dem „Hohenheimer Programm zum Anlegen von Feldversuchen“ [6]. Die komplette Versuchsabfolge (Einstellung des Hubwerks, Spurführung) wurde dann automatisiert per GPS gesteuert, der Fahrer übte nur Kontrollfunktionen aus.

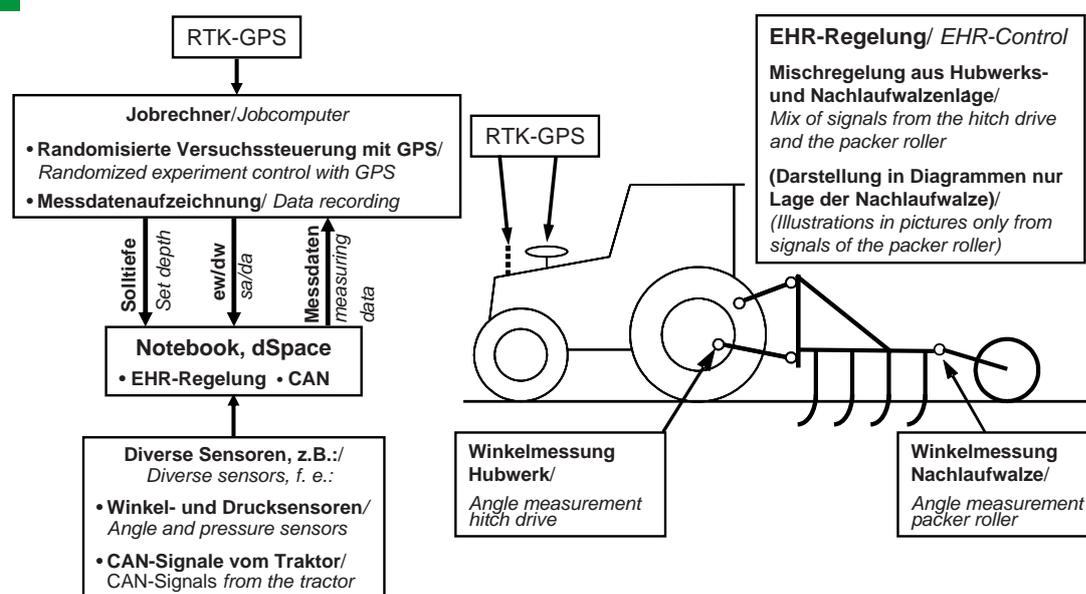
Zur Evaluierung des Einzugsverhaltens in Abhängigkeit von der EHR-Variante kam neben einem an der Dreipunkthydraulik angebauten Grubber eine Kurzscheibenegge zum Einsatz. Bei beiden Geräten wurde die Anhängung der Nachlaufwalze modifiziert. Anstelle der festen Anhängung wurden Hydraulikzylinder als Verbindungselemente eingesetzt. Es wurden sowohl für die ew-Regelung als auch für die dw-Regelung 3 für die Stoppelbearbeitung typische Arbeitstiefen untersucht: 5 cm, 10 cm und 15 cm. Es gab jeweils 30 Wiederholungen bei vollständiger Randomisierung in Blockanlage.

Die Versuche zur variablen Bodenbearbeitung wurden in einer Streifenanlage durchgeführt, ebenfalls mit 30 Wiederholungen pro Variante und komplett randomisiert; zum Einsatz kam hier allerdings nur ein Grubber. Gemessen wurde die Strecke, die zur Sollwertanpassung zwischen zwei Arbeitstiefen benötigt wurde.

Methoden

Die Fahrgeschwindigkeit wurde mittels Tempomat für die Einzugsversuche auf 8,5 km/h und für die variable Bodenbearbeitung auf 10 km/h eingestellt. Der Auflagedruck im dw-Modus lag bei 50 bar. Fahrgeschwindigkeit, Zugkraft, Hubkraft, Verbrauch und Schlupf wurden über den CAN-Bus bzw. Sensoren am Traktor aufgezeichnet. Die Arbeitstiefe wurde über einen

Abb. 1



Signalverarbeitung und Regelprinzip am Traktor
Fig 1: Signal and control principle on the tractor

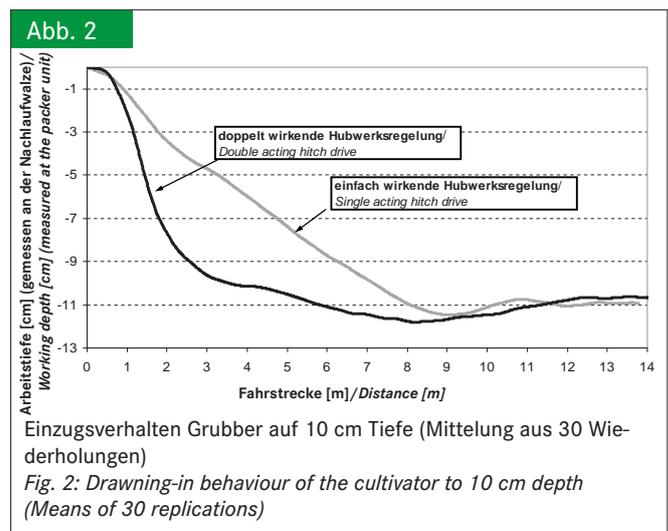
Winkelsensor an der Anhängung der Nachlaufwalze erfasst. Die Strecke bis zum Erreichen der Sollarbeitstiefe wurde aus der Messzeit, der Fahrgeschwindigkeit und der Arbeitstiefe berechnet. Als Zielarbeitstiefe wurde ein Mittelwert der konstanten Arbeitstiefe des Gerätes ermittelt und als Schwellenwert angesetzt.

Ergebnisse

Einzugsversuche: Aus den 30 Einzelmessungen einer Versuchsvariante wurde der arithmetische Mittelwert und ein „gemitteltetes Einzugsverhalten“ berechnet. In **Abbildung 2** ist der Effekt des aktiven Drückens für eine Variante exemplarisch dargestellt. Die Arbeitstiefenkurve fällt deutlich steiler ab und die Arbeitstiefe wird ca. 3 m früher erreicht als bei einfach wirkender Regelung.

Die Auswertung der Messdaten zeigte bei beiden Geräten, dass sich die Änderung der Einzugsstrecke nicht ausschließlich auf die Nutzung der EHR-dw zurückführen lässt (**Abbildung 3**). Ausschlaggebend ist eine Wechselwirkung zwischen der angestrebten Arbeitstiefe und der genutzten Regelung. Je tiefer das Gerät in den Boden gebracht werden soll, desto mehr Nutzen hat die EHR-dw. Bei geringen Arbeitstiefen regelt die EHR bereits sehr früh nach, um ein tieferes Einziehen des Grubbers zu vermeiden. So konnten nur bei 10 und 15 cm Arbeitstiefe nennenswerte Verkürzungen der Einzugsstrecke erreicht werden.

Die Geräte werden generell im Bereich des Vorgewendes eingezogen. Diese Fläche ist durch die vermehrten Überfahrten beim Wenden deutlich stärker belastet als die Kernfläche des Schlages [7]. Hier können insbesondere Erntemaschinen mit hohen Radlasten unter widrigen Feldbedingungen Bodenverdichtungen verursachen. Auch wenn der Boden nach der Ernte abtrocknet, kann sich eine stark verdichtete obere Boden-



schicht bilden, die teilweise nur schwer durchdrungen werden kann. In beiden Fällen gewährleistet die EHR-dw auch bei geringen Arbeitstiefen einen schnelleren Einzug des Gerätes in den Boden.

Variable Bodenbearbeitung: Die ortsspezifische Bodenbearbeitung bietet die Möglichkeit, durch eine Veränderung der Bearbeitungstiefe auf unterschiedliche Bedingungen innerhalb eines Schlages zu reagieren. Die Arbeitstiefe sollte dabei möglichst schnell angepasst werden, um jede Teilfläche mit der richtigen Arbeitstiefe zu bearbeiten. Aus diesem Grund wurden Versuche zur Anpassung der Arbeitstiefe an einen Sollwert während der Fahrt durchgeführt. Es wurden wiederum die beiden Regelarten einfach und doppelt wirkend miteinander verglichen. Die Ergebnisse sind in **Abbildung 4** zusammengefasst. Am schnellsten wurde die Solltiefe nach 6,45 m im dw-Modus bei der Anpassung von 10 auf 15 cm erreicht. Die längste Strecke wurde mit

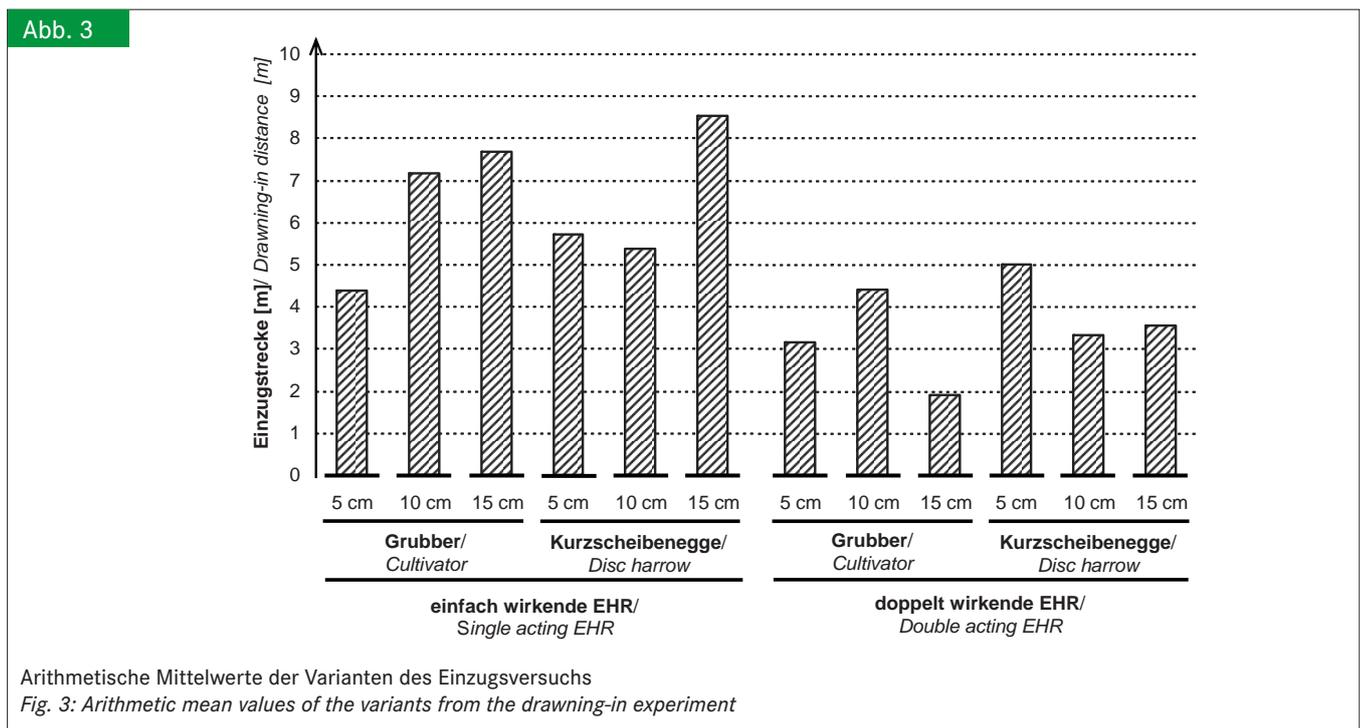
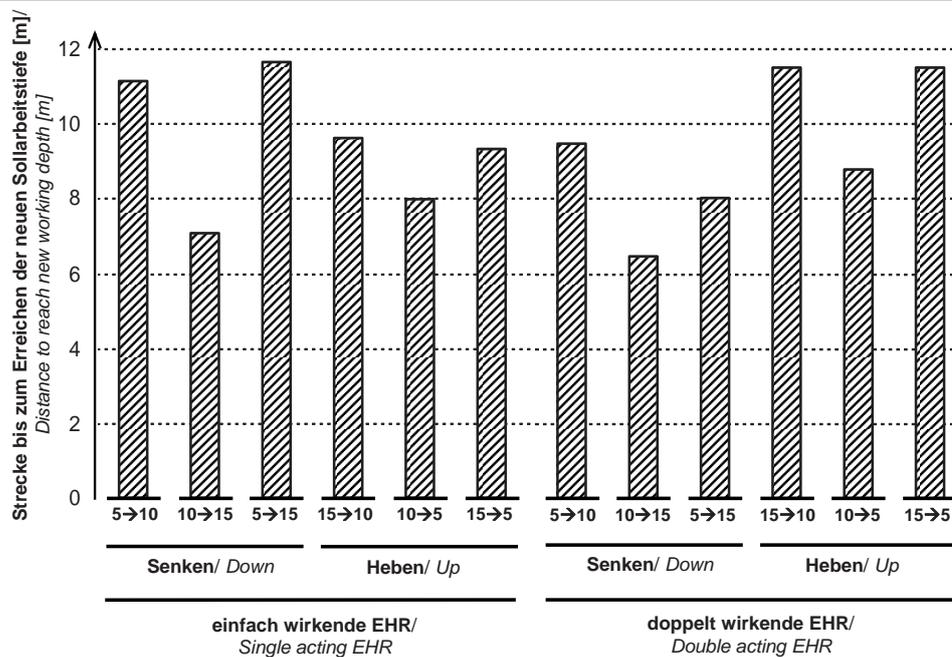


Abb. 4



Strecke bis zur neuen Sollarbeitstiefe bei einfach und doppelt wirkender Regelung
 Fig 4: Distance to new set depth with single acting and double acting EHR

11,65 m im ew-Modus bei 5 auf 15 cm benötigt. Die maximale Verkürzung um ca. 4 m konnte bei der Variante 5 auf 15 cm erreicht werden. Generell regelte die EHR-dw bei einer Anpassung der Arbeitstiefe nach unten schneller nach. In entgegengesetzter Richtung weisen die Werte auf Vorteile der EHR-ew hin. Dieses Ergebnis ist technisch nicht zu erklären, da beide Systeme beim Heben identisch arbeiten.

Schlussfolgerungen

Die Einzugsversuche haben die Vorteile der doppelt wirkenden EHR bestätigt. Bei beiden Anbaugeräten konnte die Arbeitstiefe schneller erreicht werden als mit der einfach wirkenden EHR. Im Vorgewende und bei trockenen Bodenbedingungen ist dieser positive Effekt noch deutlich stärker zu erwarten.

In der variablen Bodenbearbeitung lässt sich keine eindeutige Aussage über Vorteile der EHR-dw oder EHR-ew treffen. Beide Regelungen haben ihre spezifischen Vor- und Nachteile.

Die Versuche haben gezeigt, dass sich die variable bzw. ortsspezifische Bodenbearbeitung bei entsprechender Anpassung der Geräte auch mit angebauten, im Dreipunkt geführten Geräten realisieren lässt. Für den Praxiseinsatz sind jedoch sowohl geräteseitig als auch im Bereich der elektronischen Regelung, die als Mischregelung von Hubwerkslage und Gerätearbeitstiefe ausgeführt war, noch einige Weiterentwicklungen nötig. Die Messung der Arbeitstiefe über die Nachlaufwalze erwies sich als zuverlässig. Es sollte jedoch beachtet werden, dass die Rückverfestigung durch das freie Nachlaufen der Walze beeinflusst werden könnte. Bei der Entwicklung einer Regelung wäre es deshalb denkbar, im Verbindungszylinder zwischen Grubber und Walze Druck aufzubauen, um die Walze aktiv in den Boden zu drücken.

Literatur

- [1] Hesse, H. (2005): 25 Jahre elektronische Hubwerksregelung EHR für Traktoren. O+P (6), S. 394-401
- [2] Schüle, T.; Ströbel, M.; Walther, S. et al. (2007): Erosionsschutz durch abgestimmte Bodenbearbeitungs- und Softwaretechnik. Landtechnik 62 (4), S. 214-215
- [3] Vossheirich, H.-H.; Sommer, C.; Gattermann; B. et al. (2000): Ortsspezifische Bodenbearbeitung. Landtechnik 55 (4), S. 319
- [4] Schütte, B.; Wiesehoff, M.; Kutzbach, H.D. (2004): Hohenheimer Messmethoden zur Stoppelbearbeitung. Landtechnik 59 (1), S. 14-15
- [5] Kunz, R.; Jessen, S.; Keuper, G. et al. (2005): Vom Wegeventil zum hydraulischen Steuerungszentrum EHS2: Neues Traktorventil für Arbeitshydraulik und Hubwerksregelung. VDI-Berichte Nr. 1895, VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 249-254
- [6] Knappenberger T.; Ströbel, M. (2007): Hohenheimer Programm zum Anlegen von Feldversuchen. Landtechnik 62 (3), S. 152-153
- [7] Schreiber, M.; Bernhardt, H.; Seufert, H. (2008): Mechanische Bodenbelastung in der Pflanzenproduktion – Analyse von Vorgewende und Kernfläche. VDI-MEG-Berichte Nr. 2045, VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 427-432

Autor

M. Sc. agr. Johannes Weisbrodt ist externer wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion (Leitung: **Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Karlheinz Köller**), Garbenstraße 9, 70593 Stuttgart, E-Mail: Johannes.Weisbrodt@uni-hohenheim.de

Danksagung

Der Bosch Rexroth AG wird für die Bereitstellung des Versuchstraktors und die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung, der Amazonen-Werke GmbH & Co. KG für die zur Verfügung gestellten Bodenbearbeitungsgeräte und der Südzucker AG für die Versuchsfelder herzlich gedankt.