

Harm Drücker, Quingmeng Zeng, Yurui Sun, Olaf Roller, Peter Schulze Lammers und Eberhard Hartung

Bodenbearbeitung mit sensorischer Erfassung der oberflächennahen Bodenfeuchtigkeit

Während der Bodenbearbeitung mit einer Grubber-Scheibeneggenkombination wurden teilflächenspezifische Bodenparameter auf einer Versuchsfläche von ca. 30 ha in Schleswig Holstein ermittelt. Für die Untersuchungen wurden ein am Bodenbearbeitungsgerät angebrachter Impedanzsensor zur Ermittlung der Bodenfeuchte und am Traktor angebaute Zugkraftsensoren sowie Messeinrichtungen zur Bestimmung der Arbeitstiefe und der Arbeitsgeschwindigkeit verwendet. Die Bodenleitfähigkeit wurde mit dem Verfahren EM38 vor der Bodenbearbeitung ermittelt. Die folgende Auswertung zeigt die Verteilung der Bodenfeuchtigkeit und der Bodenleitfähigkeit über die Versuchsfläche. Der Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen erwies sich auf der untersuchten Fläche als signifikant. Unter der Annahme, dass die georeferenziert gemessene Bodenleitfähigkeit die jeweilige Bodenart repräsentiert, wurde festgestellt, dass der Boden in tieferen Schichten jeweils höhere Wassergehalte aufwies und der am Traktor ermittelte Schlupf als Maß für die Verluste zwischen Reifen und Boden mit ansteigender Bodenfeuchte in allen Bearbeitungsstufen und mit zunehmender Bearbeitungstiefe anstieg.

Schlüsselwörter

Wassergehalt, Dielektrizität, Bodenwasser, Bodenfeuchtigkeitssensor, Leitfähigkeit

Keywords

Specific humidity, dielectricity, soil moisture, soil moisture sensor, conductivity

Abstract

Drücker, Harm; Zeng, Quingmeng; Sun, Yurui; Roller, Olaf; Schulze Lammers, Peter and Hartung, Eberhard

Sensory recording of soil moisture during tillage near the ground level

Landtechnik 64 (2009), no. 4, pp. 272 - 275, 6 figures, 3 references

An online data recording of soil parameters during field operation with a spring tine cultivator has been conducted on an experimental field of 30 ha in Schleswig Holstein. The cultivator was equipped with an impedance sensor for soil water for recording the soil water content, the used tractor

featured a force sensor for draft forces and sensors for velocity and depth of operation. The electric conductivity of the soil was measured by EM38 prior to the soil cultivation. As one major result of the current research the mapping of the soil water content and soil conductivity are presented. These parameters correlate in general significantly. Assuming that the measured electrical conductivity of the soil represents satisfactorily the texture of the soil, it can be concluded that the soil in deeper layers shows in general an increasing water content and the slip of the tractor as a measure for the losses of forces between tire and soil increases with the soil water content at all cultivating depths and with the gradient in cultivating depths.

■ Ausreichend verfügbares Bodenwasser ist eine wesentliche Voraussetzung für das pflanzliche Wachstum und damit für die Ertragsbildung bei Nutzpflanzen. Die Verteilung des Wassers in der Fläche bildet eine Grundlage für die Optimierung von Anbaumaßnahmen im Präzisionspflanzenbau und ist von zunehmender Bedeutung aufgrund wachsender Bewirtschaftungseinheiten.

Eine flächenhafte Messung des Wassergehaltes im Boden ist durch spektroskopische Verfahren der Nah- und Fernerkundung möglich. Diese Verfahren, die weitgehend auf der Refle-

xion der Bodenoberfläche beruhen, arbeiten berührungslos, erfassen den Wassergehalt des Bodens jedoch nur im vegetationslosen Zustand.

Die direkte Messung des Wassergehalts ist mit dem Time-Domain-Reflectometry-Verfahren (TDR) möglich, sowie mit kapazitiven Verfahren, die jedoch einem starken Einfluss der Leitfähigkeit unterworfen sind. Weiterhin kann der Bodenwassergehalt mit Impedanzmessungen ermittelt werden. Das Verfahren arbeitet mit Frequenzen im Bereich von 100 MHz. Dieser Frequenzbereich bietet günstige Voraussetzungen für die Elimination des imaginären Teils der Dielektrizitätskonstante, der auch die Leitfähigkeit als frequenzabhängige Komponente enthält [1; 2]. Ein wesentlicher Grund für unzuverlässige Werte im Feldeinsatz dielektrischer Messverfahren liegt darin, dass die Dielektrizität zusätzlich von der Bodendichte abhängt. Um den Einfluss der Bodendichte auszuschließen, kann der volumetrische Wassergehalt verwendet werden.

Material und Methoden

Im Rahmen einer mehrjährigen Forschungszusammenarbeit, gefördert durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD), zwischen dem Institut für Landtechnik der Universität Bonn und der China Agricultural University, East Campus, wurde ein Impedanzmessverfahren entwickelt, das sich durch eine schnelle Ansprechzeit und geringe Querempfindlichkeit gegenüber der Leitfähigkeit auszeichnet [1].

Das Messsystem wurde für den flächenhaften Einsatz in den Schaft eines Konusses integriert, der an einem Zinken eines Grubbers befestigt wurde. In Voruntersuchungen wurde die

Abb. 1



Bodenfeuchtigkeitssensor, montiert am ersten Grubberbalken des Bodenbearbeitungsgeräts

Fig. 1: Impedance sensor for soil water mounted to the front bar of the cultivator

Funktionsfähigkeit des Gerätes auf Versuchsflächen der Universität Bonn geprüft. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel wurde der Sensor in dem Projekt Präzise Bodenbearbeitung zur Mulchsaat, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), auf einer Fläche von ca. 30 ha eingesetzt.

Auf dem Versuchsschlag wurden etwa drei Wochen vor dem Versuch die Leitfähigkeiten mit dem Spulengerät EM38 (Geonics, Kanada) ganzflächig georeferenziert bestimmt. Bei diesem Verfahren sendet eine Sendespule im Messgerät ein elektromagnetisches Wechselfeld von 14,6 kHz in den Boden,

Abb. 2

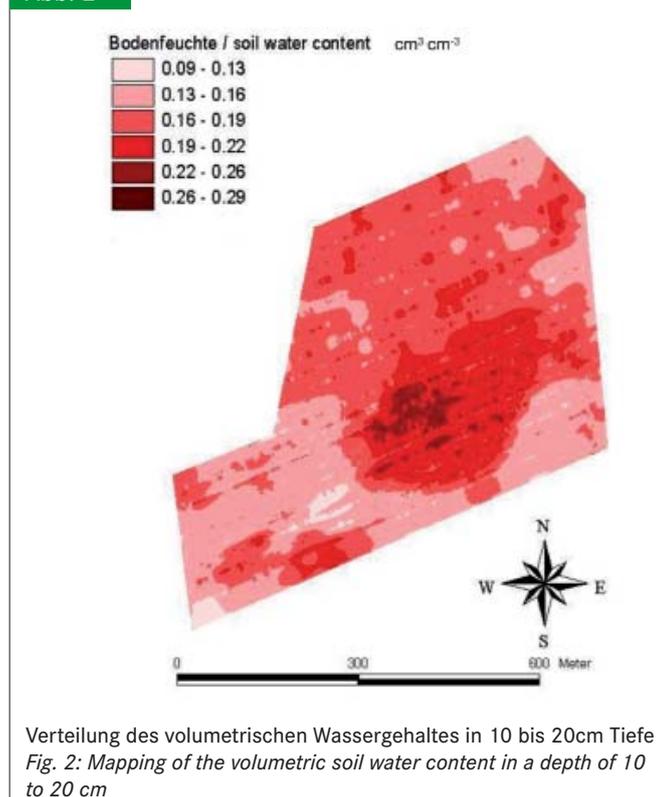
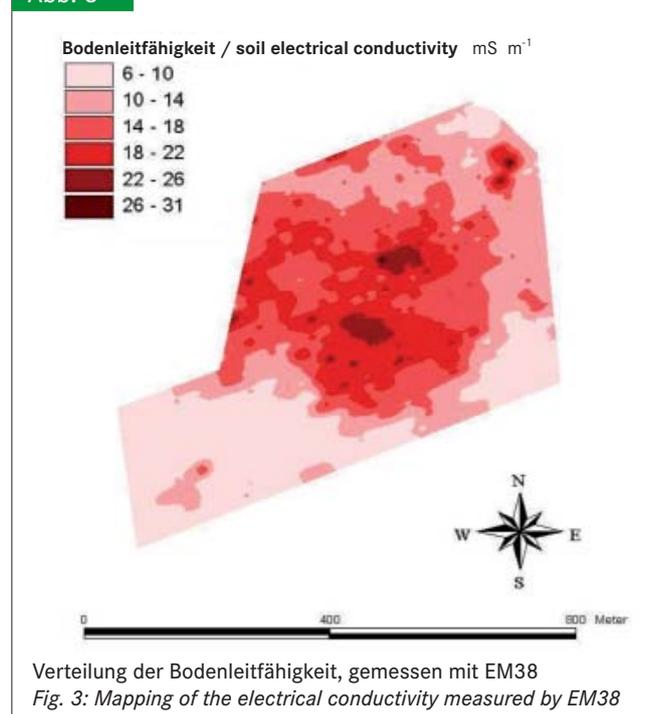


Abb. 3

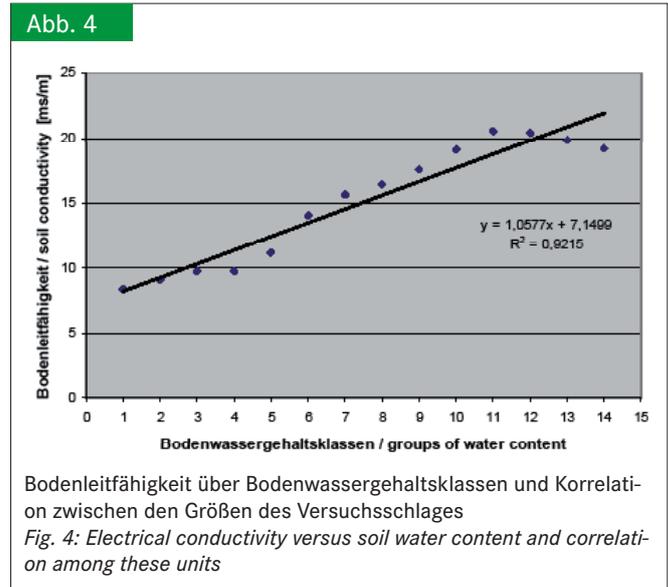


in dem sekundäre Felder induziert werden, deren Stärke von einer ebenfalls im Gerät befindlichen Empfängerspule registriert wird. Die Bodenleitfähigkeiten eines Standortes erlauben eine hinreichend genaue Abschätzung des teilflächenspezifisch vorhandenen Tongehalts und damit der Bodentextur [3]. Weiterhin wurde eine in digitaler Form vorliegende Karte der Bodenschätzung von 1938 als Informationsquelle für die Bodenart herangezogen. Die vorherrschende Bodenart auf der Versuchsfläche ist ein Sand bis stark lehmiger Sand mit Bodenzahlen von 23 bis 53.

Der entwickelte Bodenfeuchtigkeitssensor wurde an einer 4-balkigen Grubber-Scheibeneggenkombination am ersten Grubberbalken im Zwischenraum zweier Räder des Reifenpackers montiert (**Abbildung 1**). Somit konnte gewährleistet werden, dass sich der Sensor während der Bearbeitung in unbeeinflusstem Boden befand.

Der für die Bodenbearbeitungsuntersuchungen eingesetzte Traktor wurde so mit Messtechnik ausgestattet, dass relevante energetische Kennwerte wie Kraftstoffverbrauch, relative und absolute Fahrgeschwindigkeit, Zugkraftbedarf und die Motordrehzahl exakt erfasst werden konnten. Die jeweils aktuelle Arbeitstiefe des Bodenbearbeitungsgerätes konnte während der Fahrt automatisch definiert variiert und dokumentiert werden. Alle erhobenen Daten wurden im Sekundentakt georeferenziert abgespeichert.

Die Fläche, eine Rapsstoppel, wurde in insgesamt 42 Parzellen eingeteilt, die in Arbeitstiefen von 10, 12, 14, 16, 18 und 20 cm in jeweils siebenfacher Wiederholung unmittelbar vor der Aussaat der Folgefrucht am 10. und 11. September 2008 bearbeitet wurden. Eine vorangehende, etwa 2cm flache Stop-

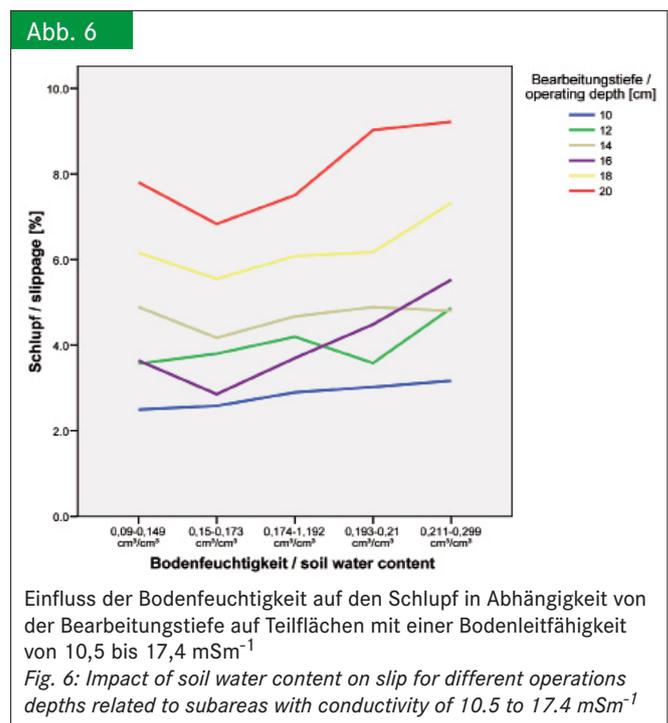
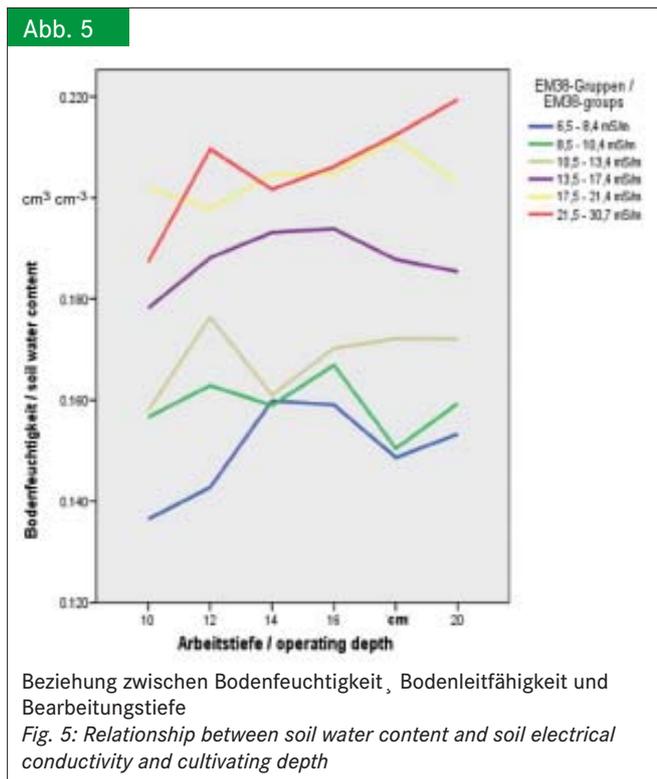


pelbearbeitung wurde bereits nach der Ernte der Vorfrucht ganzflächig durchgeführt.

Ergebnisse

In **Abbildung 2 und 3** werden die mit dem entwickelten Bodenfeuchtigkeitssensor und dem EM38 georeferenziert ermittelten Werte für den Bodenwassergehalt und die elektrische Leitfähigkeit auf dem Versuchsschlag dargestellt. Der Bodenwassergehalt der Versuchsfläche lag im Bereich von 0,12 und 0,25 cm³ cm⁻³, die Leitfähigkeit im Bereich von 6 und 30 mS m⁻¹.

Die Beziehung zwischen der gemessenen Leitfähigkeit und dem bestimmten Wassergehalt ist in **Abbildung 4** dargestellt; deutlich zu erkennen ist ein linearer Anstieg der Bodenleitfähigkeit mit steigendem Wassergehalt des Bodens.



In **Abbildung 5** sind die sich für die 6 applizierten Bearbeitungstiefen (10, 12, 14, 16, 18 und 20 cm) des Versuchs ergebenden durchschnittlichen Bodenfeuchtigkeiten dargestellt. Um Einflüsse durch die Bodentextur, bzw. durch die Bodenleitfähigkeit auszuschließen, gingen ausschließlich die Daten aus identischen Bodenleitfähigkeitsklassen in die Darstellung der Bodenfeuchtigkeit in den jeweiligen Arbeitstiefen in **Abbildung 5** mit ein. Hierzu wurden sechs Bodenleitfähigkeitsklassen gebildet, in denen jeweils die Bodenfeuchtigkeit in unterschiedlichen Tiefenbereichen mit dem Impedanzsensor bestimmt wurde.

Entsprechend **Abbildung 4** ist in **Abbildung 5** eine Zunahme der Bodenfeuchtigkeit mit höherer Bodenleitfähigkeit ersichtlich. In dem betrachteten Bodenhorizont zwischen 10 und 20 cm ist dabei ein in der Tendenz leichter Anstieg der Bodenfeuchtigkeit mit der Tiefe erkennbar, der jedoch nicht über alle Tiefenstufen konstant verläuft.

Abbildung 6 stellt den Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf den am eingesetzten Schlepper gemessenen Schlupf dar. Um den Einfluss verschiedener Bodenarten auf das Ausmaß an Schlupf bei verschiedenen Arbeitstiefen möglichst gering zu halten, werden in die Betrachtung von **Abbildung 6** nur die Daten von Teilflächen mit einer definierten Bodenleitfähigkeit zwischen 10,5 und 17,4 mSm⁻¹ mit einbezogen. Erwartungsgemäß steigt der Schlupf tendenziell sowohl mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit als auch mit steigender Bearbeitungstiefe an. Hierbei ist das Ausmaß der Erhöhung des Schlupfes bei steigender Bodenfeuchtigkeit umso größer, je tiefer der Boden bearbeitet wird. Bei der 10 cm tiefen Bearbeitung steigt der Schlupf bei steigender Bodenfeuchtigkeit um ca. 0,7% an, wohingegen er bei einer Bearbeitungstiefe von 20 cm bei steigender Bodenfeuchtigkeit von 0,15 bis 0,3 cm³cm⁻³ um ca. 2,4% zunimmt.

Schlussfolgerungen

Die Verteilung der mit einem neu entwickelten Messsystem georeferenziert ermittelten Bodenfeuchtigkeit zeigt in der Versuchsfläche deutliche Unterschiede, die in hohem Maße in Zusammenhang mit der Bodenleitfähigkeit und damit mit der Texturverteilung des Bodens stehen. Erwartungsgemäß zeigt sich in den tieferen Bodenschichten die jeweils höchste Boden-

feuchte. Der am eingesetzten Traktor gemessene Schlupf als Maß für die Übertragungsverluste zwischen Reifen und Boden nimmt mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit in nahezu allen Bearbeitungstiefen zu. Die während der Bodenbearbeitung gemessenen Unterschiede der Bodenfeuchte können sowohl als Grundlage für die Schätzung der Ertragsfähigkeit der jeweiligen Betriebsfläche als auch zur Interpretation von Ertragskarten dienen. Weiterhin können ortsspezifische Informationen der aktuellen Bodenfeuchte als wichtiges Entscheidungskriterium für die teilflächenspezifische Variation von Verfahren wie Bodenbearbeitung und Aussaat genutzt werden.

Literatur

- [1] Sun, Y.; Schulze Lammers, P. and Ma, D.: Evaluation of a combined penetrometer for simultaneous measurement of penetration resistance and soil water content. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* (2004), 167, pp. 1-7
- [2] Sun, Y.; Schulze Lammers, P. und Damerow, L.: Sensorsystem zur gleichzeitigen Erfassung des Eindringwiderstandes durch Penetrometer und der Bodenfeuchte. *Landtechnik* 58 (2003) H1, S. 20-21
- [3] Schwark, A. und Reckleben, Y.: Das EM38-System als Bodensensor für die Praxis. In: *RKL-Schrift, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft, Rendsburg* (2006)

Autoren

M.Sc. agr. Harm Drücker ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel, E-Mail: hdruecker@ilv.uni-kiel.de

M.Sc. Zeng Qingmeng ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Research Center for Precision Farming, China Agricultural University, Quing Hua Dong Lu 17, Beijing, 10083, China

Prof. Dr. Yurui Sun ist Direktor des Research Center for Precision Farming, China Agricultural University, Quing Hua Dong Lu 17, Beijing, 10083, China, E-Mail: pal@cau.edu.cn

Dr. Olaf Roller leitet den Bereich Außenversuche am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, 53115 Bonn, E-Mail: roller@uni-bonn.de

Prof. Dr. Peter Schulze Lammers leitet die Abteilung Systemtechnik in der Pflanzenproduktion am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, E-Mail: lammers@uni-bonn.de

Prof. Dr. Eberhard Hartung ist Direktor des Instituts für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, E-Mail: ehartung@ilv.uni-kiel.de