

Florian Pforte, Oliver Hensel, Harm Drücker und Eberhard Hartung

# Aufnahme der räumlichen Korrelation von Bodenparametern zur Entwicklung einer Präzisionsbodenbearbeitung

Im Rahmen eines Verbundprojektes wurden verschiedene Boden- und Ertragsparameter eines heterogenen Versuchsschlages mehrjährig teilflächenspezifisch erfasst. Hierfür kam moderne On- und Offline-Sensorik zum Einsatz, u. a. ein neu entwickelter onlinefähiger Kamerasensor zur Messung des Bodenbedeckungsgrades. Die räumlichen Korrelationen der Bodenleitfähigkeit, des Kornertrages und der Bodenbedeckung nach der Stoppelbearbeitung wurden ermittelt und konnten mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,52 und 0,65 beschrieben werden.

## Schlüsselwörter

Bodenbedeckungsgrad, Bodenleitfähigkeit, Ertragskartierung, teilflächenspezifisch

## Keywords

Residue cover, soil conductivity, yield mapping, site specific

## Abstract

Pforte, Florian; Hensel, Oliver; Drücker, Harm and Hartung, Eberhard

Recording the spatial correlation of soil parameters for the development of precision tillage

Landtechnik 66 (2011), no. 6, pp. 422–425, 3 figures, 4 references

In the context of a joint research project different site specific soil and yield data of an inhomogeneous test field have been recorded over several years. For this purpose modern on- and offline sensor systems have been employed, e. g. a newly developed online capable camera sensor for measuring the percent residue cover. The spatial correlation of soil conductivity, grain yield and residue cover have been determined and could be described by correlation coefficients between 0.52 and 0.65.

■ Im Rahmen eines Verbundforschungsprojektes wurde ein Verfahren zur Präzisionsbodenbearbeitung entwickelt, welches die Arbeitstiefe in Abhängigkeit von verschiedenen Bodenparametern sowie der Bodenbedeckung durch Ernterückstände der Vorfrucht automatisch variiert. Das Ziel war eine im Hinblick auf Erosionsschutz, Feldaufgang und Energieverbrauch optimierte teilflächenspezifische Bearbeitung [1]. Zur Messung des Bodenbedeckungsgrades wurde ein onlinefähiger Kamerasensor entwickelt. Durch die Kopplung mit einem GPS-Empfänger konnten bei den Feldversuchen Kartierungen der Strohbedeckung erstellt werden. Von den weiteren benötigten Daten (s. u.), welche im Offlineverfahren erhoben wurden, standen hier ebenfalls Kartierungen zur Verfügung. Als ein zusätzlicher Output des Projektes ergab sich somit die Möglichkeit, die verschiedenen georeferenzierten Datensätze der Versuchsschläge miteinander zu vergleichen. Im Folgenden soll dies exemplarisch für den Bodenbedeckungsgrad, die Bodenleitfähigkeit und den Kornertrag eines Versuchsschlages der Universität Kiel gezeigt werden. Die beteiligten Projektpartner waren das Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel/Witzenhausen (Kamerasensor), das Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel (Bodendaten/Versuchstechnik), die Fachhochschule Kiel sowie die Firma Amazone. Finanziell gefördert wurde das Projekt durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

## Material und Methoden

Auf dem Schlag „Tiergarten“ wurden Versuche zur teilflächenspezifischen Bodenbearbeitung nach der Getreideernte in den Jahren 2008–2010 durchgeführt. Das Versuchsfeld ist sehr he-

terogen und besteht aus Bodenarten, die von Sanden bis sandigen Lehmen mit Bodenzahlen von 23 bis 53 reichen. Für den Versuch 2009 (Winterweizen), dessen Ergebnisse im Folgenden dargestellt werden, wurde eine Fläche von etwa 30 Hektar herangezogen.

Die Bestimmung des Bodenbedeckungsgrades erfolgte mit einem neuentwickelten optischen System. Der Kamerasensor [2] bestand aus einer Schwarz-Weiß-CCD-Kamera (1/2" Sensor, 768 × 576 Pixel, max. 50 Bilder/s) und einem Objektiv (4,8 mm, F1.8) mit aufgesetztem Infrarotfilter, sodass nur Licht im Wellenlängenbereich von ca. 800 nm bis zur Sensitivitätsgrenze des CCD-Sensors (ca. 1100 nm) für die Bildaufnahme genutzt wurde. In diesem Bereich ist der Kontrast zwischen Stroh und Boden in der Regel am größten. Optional konnte eine Box mit diffus-transparentem Dach das Sichtfeld der eingesetzten Kamera vor direktem Lichteinfall und Schlagschatten schützen und sorgte für relativ homogene Beleuchtungsbedingungen. Die Kamera konnte via USB-Interface direkt von der verwendeten Bildanalysesoftware aus kontrolliert werden. Der Algorithmus zur Klassifizierung der Bilder in Stroh/Boden basierte auf Kantendetektion und automatischer Schwellwertsetzung, die Prozesslaufzeit lag im Bereich von einer Sekunde und war damit onlinefähig. Für die Feldversuche wurde der Kamerasensor auf einem als Trägerfahrzeug dienenden Quad montiert. Der Abstand zwischen Objektiv und Untergrund betrug ca. 1 Meter. Die Aufnahme der Bilddaten erfolgte nach der mit einer Scheibenege durchgeführten, ersten flachen Stoppelpbearbeitung. Der Schlag wurde dazu mit dem Versuchs-Quad auf festgelegten Spuren in ca. 10 Meter Abstand zueinander abgefahren. Dabei wurde ca. alle 3 Sekunden ein Bild eingelesen, was bei einer Fahrgeschwindigkeit von 5–8 km/h ein Probenraster von etwa 5 × 10 Metern ergab. Da der Kamerasensor bei dem hier beschriebenen Versuch teilweise ohne Diffusorbox eingesetzt wurde, erfolgte die Auswertung der aufgenommenen Bilder nachträglich, um verschiedene Algorithmen zum Ausgleich der Beleuchtungsbedingungen testen zu können.

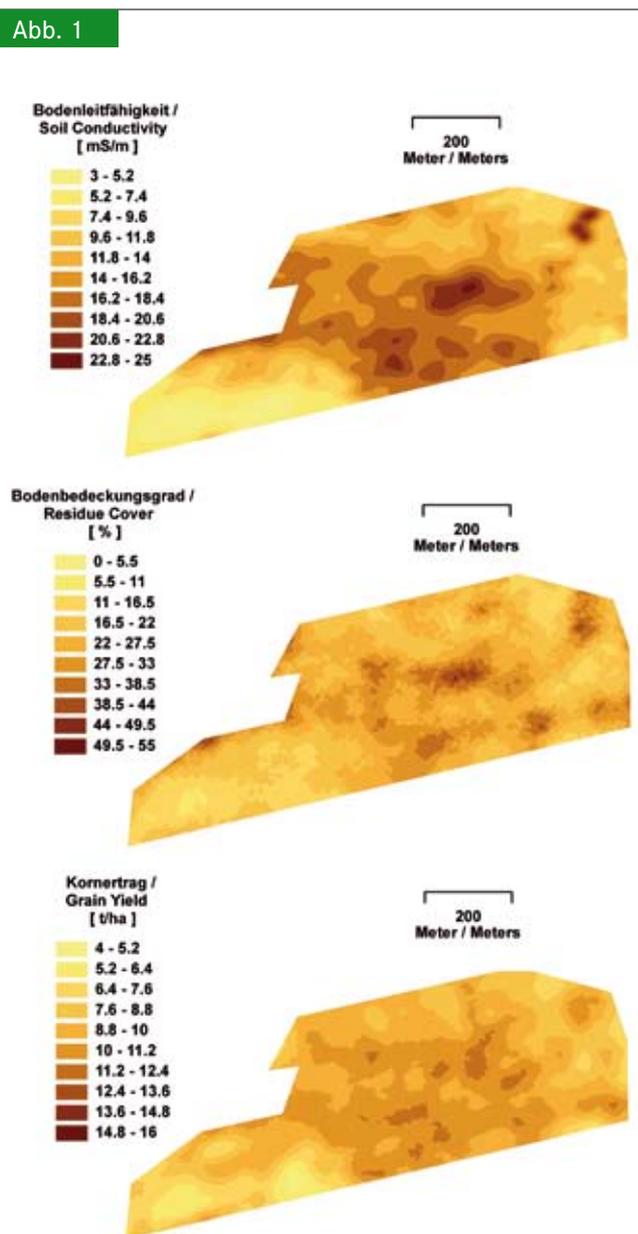
Die ortsspezifische Bodenleitfähigkeit wurde mit dem Gerät EM 38 der Firma Geonics Ltd, Kanada, kartiert. Dazu wurde das Messgerät vertikal in einen Kunststoffschlitten untergebracht und mit einem Geländewagen in den Fahrgassen in einem Abstand von 24 m über die Versuchsfläche gezogen. Die Messfrequenz betrug ein Messwert pro Sekunde. Die Bodenleitfähigkeit wurde bei diesem Verfahren integral bis zu einer Tiefe von 1,5 Meter erfasst und korreliert in hohem Maße zu relevanten Standortfaktoren wie Textur [3] und Bodenfeuchtigkeit [4].

Der Kornertrag auf der Versuchsfläche wurde mittels Ertragsmessung beim Mähdrusch mit einem Claas Lexion 600 mit einer effektiven Schneidwerksbreite von 10,44 m georeferenziert kartiert. Die Quantifizierung des Kornertrages basierte auf einer Volumenmessung über eine im Körnerelevator befindlichen Lichtschranke. Die Kornfeuchte wurde permanent mit einem an einem Bypass des Elevators befindlichen induktiven Feuchtemesser bestimmt und zur Korrektur des Weizenertes auf eine Kornfeuchte von 15 % genutzt.

## Ergebnisse

In **Abbildung 1** sind die zu kontinuierlichen Karten interpolierten Punktdaten-Raster der Zielgrößen Bodenleitfähigkeit, Bodenbedeckung und Kornertrag dargestellt. Aus den Punktrastern wurde jeweils der Bereich des Vorgewendes entfernt. Die Interpolierung wurde mithilfe der Geoinformationssoftware ArcGIS nach dem Verfahren „ordinary Kriging“ erstellt, die Wertebereiche wurden jeweils in 10 äquidistante Stufen unterteilt.

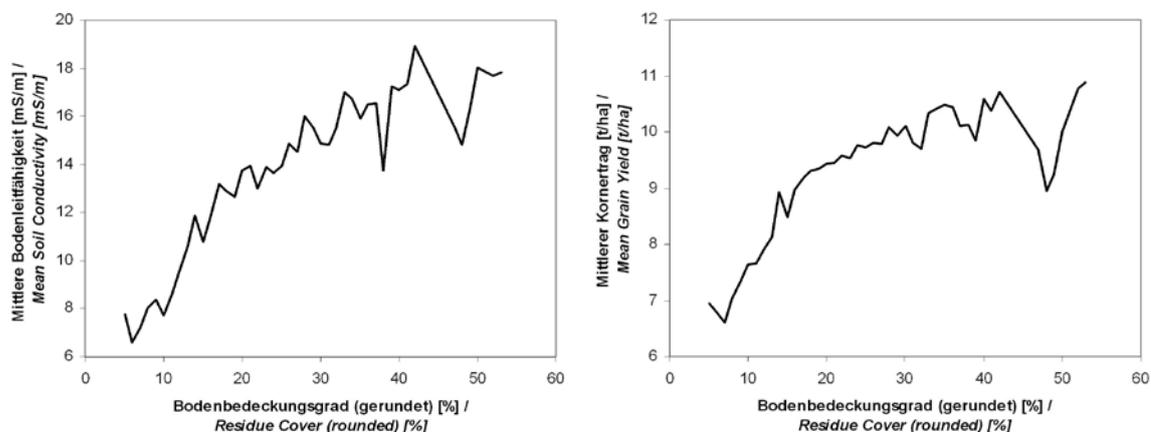
Abb. 1



Aus den zugrundeliegenden Punktdaten-Rastern mittels „Kriging“ interpolierte Karten der EM 38-Bodenleitfähigkeit (oben), des Bodenbedeckungsgrades nach der flachen Stoppelpbearbeitung (mitte) und des Winterweizenertes (unten) für das Versuchsfeld „Tergarten“ im Jahr 2009

Fig. 1: Maps interpolated by "Kriging" from the underlying data grids of the EM 38 soil conductivity (top), percent residue cover after stubble breaking (center) and wheat yield (bottom) of the test field "Tergarten" in the year 2009

Abb. 2



Beziehung zwischen den Mittelwerten der EM 38-Bodenleitfähigkeit (links) bzw. des Winterweizenertrages (rechts) und den aus den ganzen Zahlen gebildeten Bodenbedeckungsgrad-Klassen nach der flachen Stoppelbearbeitung auf dem Versuchsfeld „Tiergarten“ im Jahr 2009  
 Fig. 2: Relations between the mean EM 38 soil conductivity (left) and the wheat yield (right) and the classes formed by the integers of percent residue cover (“Tiergarten”, 2009)

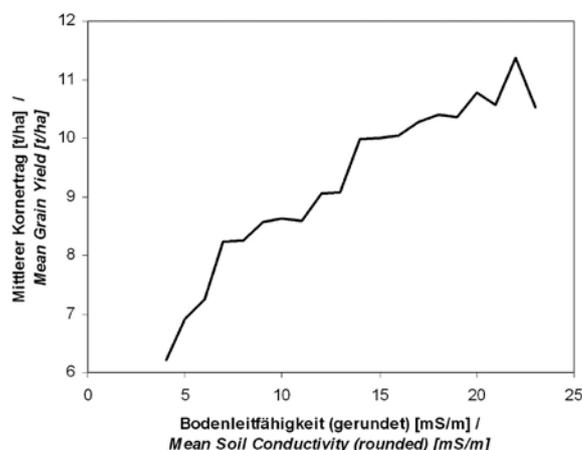
Bereits ein Sichtvergleich der Karten lässt eine relativ gute räumliche Übereinstimmung der Zielgrößen erkennen. Um einen quantitativen Vergleich zu ermöglichen, wurden mithilfe von ArcGIS Vereinigungen (Joins) von jeweils zwei Punkterastern hergestellt: Jedem Messpunkt des Bedeckungsgradrasters wurde zusätzlich der Mittelwert aller Leitfähigkeits- bzw. Ertragswerte in einem Umkreis von 15 Metern zugeordnet. Bei einem größeren Mindestabstand zu den andern Rastern wurde der Bedeckungswert ausgeschlossen. Das so entstandene Bedeckungs-EM 38-Raster enthielt 1167 Datenpunkte, Bedeckungsgrad und mittlere Bodenleitfähigkeit wiesen eine Pearson-Korrelation von 0,52\*\* auf (\*\* Signifikanzniveau  $p \leq 0,01$ ). Das Bedeckungs-Ertrags-Raster enthielt 1156 Punkte mit einer Pearson-Korrelation von 0,47\*\*. Für eine übersichtlichere Darstellung wurden die Bedeckungsgradwerte zu Klassen zusammengefasst, die von den ganzen Zahlen ohne Dezimalstellen gebildet wurden. Diese Klassen wiesen mit den zugehörigen EM 38-Werten eine Spearman-Korrelation von 0,54\*\* auf, mit den Weizenertragswerten eine Spearman-Korrelation von 0,52\*\*. In **Abbildung 2** sind die für jede Klasse gebildeten Mittelwerte der Bodenleitfähigkeit bzw. des Kornertrags dargestellt.

In **Abbildung 3** ist der Zusammenhang zwischen der Bodenleitfähigkeit und dem Winterweizenertrag dargestellt. Dabei ist ebenfalls den gerundeten Leitfähigkeitswerten auf der X-Achse der mittlere Kornertrag auf der Y-Achse zugeordnet. Die Spearman-Korrelation beträgt 0,65\*\*.

### Schlussfolgerungen

Die räumlichen Korrelationen der untersuchten Zielgrößen verhielten sich tendenziell wie erwartet. An Orten mit hoher EM 38-Bodenleitfähigkeit ist in der Regel eine hohe Bodenzahl und damit auch ein relativ höherer Kornertrag bzw. Bodenbedeckungsgrad zu finden und umgekehrt. Da eine positive Abhängigkeit zwi-

Abb. 3



Beziehung zwischen dem mittleren Winterweizenertrag und der EM 38-Bodenleitfähigkeit auf dem Versuchsfeld „Tiergarten“ im Jahr 2009

Fig. 3: Relation between the mean wheat yield and the EM 38 soil conductivity (“Tiergarten”, 2009)

schen Korn- und Strohertrag besteht, ist auch die gefundene Korrelation zwischen Kornertrag und Bedeckungsgrad erklärbar. Die Leitfähigkeits- bzw. Ertragskurve erreicht bei höheren Bedeckungsgraden einen Sättigungsbereich, weist dort aber mit Abstand die größten Schwankungen auf. Dies liegt einerseits daran, dass für hohe Bodenbedeckungsgrade (ca. > 35 %) die Anzahl der Datenpunkte auf dem Versuchsschlag drastisch abnahm. Andererseits können gerade punktuell auftretende hohe Strohbedeckungen auch mit einer variierenden Fahrgeschwindigkeit beim Mähdrusch und mit Verschleppungseffekten bei der Stoppelbearbeitung erklärt werden.

Die gefundenen Korrelationen erscheinen aber hinreichend gut, um bei genügend großer Stichprobenzahl von der georeferenzierten Messung einer Zielgröße auf die ungefähre räumliche Verteilung der anderen Größen schließen zu können. Dies könnte interessant sein, wenn nicht alle Messmethodiken verfügbar oder unter den gegebenen Bedingungen einsetzbar sind, und eine Abschätzung der jeweils nicht erfassten Größen ausreicht.

### Literatur

- [1] Wilhelm, B.; Pforte, F.; Hensel, O.; Drücker, H.; Hartung, E. (2010): Intensität teilflächen-spezifisch anpassen. *Neue Landwirtschaft* 2, S. 57–61
- [2] Pforte, F.; Hensel, O. (2010): Development of an algorithm for online measurement of percent residue cover. *Biosystems Engineering* 106(3), pp. 260–267
- [3] Schwark, A.; Reckleben, Y. (2006): Das EM 38 – System als Bodensensor für die Praxis. RKL-Schrift, Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft, Rendsburg
- [4] Drücker, H.; Quingmeng, Z.; Sun, Y.; Roller, O.; Schulze Lammer, P.; Hartung, E. (2009): Bodenbearbeitung mit sensorischer Erfassung der oberflächennahen Bodenfeuchtigkeit. *Landtechnik* 4, S. 272–275

### Autoren

**Dr. agr. Florian Pforte** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel/Witzenhausen, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, E-Mail: florianpforte@uni-kassel.de

**Prof. Dr. Oliver Hensel** ist Leiter des Fachgebiets Agrartechnik der Universität Kassel/Witzenhausen, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, E-Mail: agrartechnik@uni-kassel.de

**M.Sc. agr. Harm Drücker** ist Mitarbeiter der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mars-la-Tour-Str. 6, 26121 Oldenburg, E-Mail: harm.druecker@lwk-niedersachsen.de

**Prof. Dr. Eberhard Hartung** ist Leiter des Instituts für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel, E-Mail: ehartung@ilv.uni-kiel.de