

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft Kommission V  
Titel der Tagung: Böden - Lebensgrundlage und Verantwortung  
Veranstalter: DBG  
Termin und Ort der Tagung: 7. – 12. September 2013, Rostock  
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>

## Teilflächenmanagement – Vergleich von Bodenart, Ertrag und Nährstoffstatus

Hinck, S.\* , Emeis, N.\* , Mueller, K.\*

### Zusammenfassung

Erst eine gezielte bodenkundliche Kartierung ermöglicht es, eine bodenkundliche Aussage zu einer geoelektrischen Kartierung (EC-Werte) zu geben. Teilflächen mit unterschiedlichen EC-Werten weisen meist auch eine differenzierte Bodenart auf. Durch eine gezielte Kartierung der erkannten Teilflächen kann z.B. die Bodenart mit einem überschaubaren Aufwand durch den Bohrstockeinsatz und Anwendung der Fingerprobe ermittelt werden. Anhand der Bodenart werden weitere Bodenparameter abgeleitet und mit den Ertragsdaten analysiert. Ertragsunterschiede können anhand von mehreren Bodenparametern wesentlich besser erklärt werden, als nur an einzelnen Parametern.

*Schlüsselwörter: EC-Werte, teilflächenspezifische Bewirtschaftung, bodenkundliche Kartierung, Ertrag, Wasser- & Nährstoffspeicherfähigkeit*

### **Einleitung und Zielsetzung**

Der Boden hat als Pflanzenstandort u.a. eine wichtige Funktion als Speichermedium für Nährstoffe und Wasser (Scheffer & Schachtschabel 2010). Zwischen der Ertragshöhe bzw. dem Biomassezuwachs und dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser besteht ein positiver Zusammenhang (Diepenbrock et al. 2005). So ist häufig zu beobachten, dass die Erträge auf den Teilflächen entsprechend mit den verschiedenen Bodenarten variieren. Besonders auf grundwasserfernen Böden in Gebieten mit ausgeglichenen Niederschlags-

bilanzen ist dieses damit zu erklären, dass die Erzeugung überdurchschnittlich hoher Erträge auf den Teilflächen speziell auf die Bodenwasser-Versorgung angewiesen ist.

Liegen Mährescher-Ertragsdaten vor, besteht die Möglichkeit die Teilflächenerträge anhand von Bodenparametern, u.a. von Bodenart und nutzbare Feldkapazität zu verifizieren und eine kleinräumige Feldkarte mit dem bodenbürtigen Ertragspotenzial zu erstellen. Somit sind für die Pflanzenproduktion Kenntnisse über die kleinräumige Verteilung der Bodenarten und den abgeleiteten Parametern, z.B. durchwurzelbarer Raum ( $W_e$ ) oder nutzbare Feldkapazität ( $nFk$ ), sehr wichtige Informationen für eine erfolgreiche teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Dieses gilt insbesondere, wenn die unterschiedlichen Ertragspotenziale auf Teilflächenbasis bei der Düngung – Grund- und/ oder Stickstoffdüngung – berücksichtigt werden sollen. Voraussetzung hierfür sind kleinräumige Bodeninformationen, z.B. die Bodenart. Doch eine systematische, im Raster angeordnete Bohrstockkartierung ist für einen großflächigen Praxiseinsatz zu arbeits- und damit zu kostenintensiv. Für eine schnelle Detektierung von Bodenunterschieden innerhalb einer Fläche bietet sich der Einsatz von geoelektrischen Messsystemen an. Es ist möglich, innerhalb einer Fläche Bereiche mit unterschiedlichen EC-Werte abzugrenzen. Diese geben im allgemeinen Hinweise auf Veränderungen der Bodenarten (Hinck 2009), weil die elektrische Leitfähigkeit des Bodens maßgeblich von den Wasser- und Nährstoffgehalten des Bodens bestimmt wird (elektrolytische Leitfähigkeit). Dieses gilt bei grundwasserfernen Böden ohne anthropogene Verdichtungen.

Um die EC-Werte als Interpretationsgröße für die Bodenart zu nutzen, um entsprechend  $W_e$  und  $nFk$  abzuleiten, ist eine gezielte bodenkundliche Kartierung auf den erkannten Teilflächen durchzuführen. Mit den bodenkundlichen Kartierergebnissen ist eine Interpretation der EC-Werte über Bodenartenunterschiede möglich (Kolata et al. 2013, Hinck et al. 2013). Durch eine Kombination der verschiedenen Informationen kann eine kleinräumige Feldkarte mit den entsprechenden Informationen, z.B. Bodenart generiert werden (Hinck et al. 2013).

\* Hochschule Osnabrück, Postfach 1940, 49009 Osnabrück  
E-Mail: [s.hinck@hs-osnabrueck.de](mailto:s.hinck@hs-osnabrueck.de)

Es ergeben sich folgende Fragestellungen:

- a) Kann anhand einer bodenkundlichen Kartierung die Aussagekraft der EC-Werte für den teilflächenspezifischen Pflanzenbau erhöht werden?
- b) Welche der vorliegenden Variablen sind die maßgeblichen ertragsbeeinflussenden?

### **Material und Methode**

Die Untersuchungsfläche „Kirche15“ mit einer Größe von über 150 ha befindet sich in Nordwestmecklenburg. Die Entstehung ist eiszeitlich geprägt und weist laut Bodenschätzung ein sandiges bis lehmiges Bodenmaterial auf. Die geoelektrische Messung fand mit den Messsystemen „EM38“ (horizontaler Messmodus) „Veris“ (flacher und tiefer Messmodus) und „BOs-1EP“ im August 2012 statt. Die Daten wurden aufbereitet, analysiert und Teilflächen abgegrenzt. Es wurde im April 2013 eine Feldkartierung mit dem Bohrstock auf den ausgewählten Teilflächen durchgeführt. Auskartiert wurden die Horizonte und deren Bodenarten mittels Fingerprobe. (Kolata et al. 2013)

Es sind Bodenproben aus den beiden Tiefen 0 bis 30 cm und 30 bis 60 cm entnommen worden. Im Labor wurden nach VDLUFA-Methode die Nährstoffe:

Phosphor (P, CAL-Methode)

Kalium (K, CAL-Methode)

Magnesium (Mg, CaCl<sub>2</sub>-Methode) und der pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>-Methode) bestimmt.

Anhand der bodenkundlichen Kartierungsergebnissen sind nach KA5  $W_e$  und nFk abgeleitet worden. Mit dem GIS-Programm OpenJUMP mit PIROL- und FARMSYSTEM-Erweiterungen zur speziellen Datenbearbeitung wurden die Daten bearbeitet, korreliert, interpoliert (Krig-Methode) und visualisiert. Es erfolgte eine Bereinigung und Standardisierung der Ertragsdaten. Die Regressionsanalyse erfolgte mit dem Statistik-Programm SPSS.

### **Ergebnisse**

#### Ergebnisse der Ertragsanalyse und bodenkundlichen Kartierung

Für die Fläche „Kirche15“ ist beispielhaft der Wintergerste-Ertrag (WG) dargestellt. Der Flächendurchschnitt beträgt 6,8 t/ha. Die Ertragsspannweite beträgt von 2,5 bis 9,7 t/ha ( $s = 1,33$ ) (s. Abb. 1). Abb. 2 zeigt die standardisierten Erträge und die ermittelte

Oberbodenart. Je bindiger der Boden, umso höher sind die Erträge. Zu erklären ist dies, mit der größeren Durchwurzelungstiefe und der zunehmenden nFK (s. Abb. 3).

#### Ergebnisse der Nährstoffuntersuchung

##### **Kalium:**

- relativ niedrige K-Gehalte im Oberboden auf sandigen Teilflächen (hohe Auswaschung)
- vergleichsweise mittlere K-Gehalte im Oberboden auf Teilflächen mit einem überdurchschnittlichen Ertrag (hoher Entzug)
- tendenziell mittlere bis hohe K-Gehalte im Oberboden auf bindigen Bereichen mit durchschnittlichen Erträgen
- im krumennahen Unterboden mehrheitlich sehr niedrige bis niedrige K-Werte

##### **Phosphor:**

- vergleichsweise geringere P-Gehalte im Oberboden in Bereichen mit überdurchschnittlichen Erträgen (hoher Entzug)
- tendenziell höhere Phosphorgehalte im Oberboden auf sandigen und schwach bindigen Teilflächen mit unterdurchschnittlichen Erträgen (geringer Entzug)
- im krumennahen Unterboden überwiegend sehr niedrige bis niedrige P-Werte

##### **Magnesium:**

- Mg-Gehalte variieren stärker als P und K von niedrig bis gut versorgt

##### **pH-Werte:**

- sandige Teilflächen: 5,6 - 6,6
- bindige Teilflächen: 6,1 - 7,2
- moorige Teilfläche: 5,6

#### Korrelationsanalyse

Es wird der Wintergerstenertrag mit den jeweiligen einzelnen Messwert (EC-Werte) bzw. ermittelten Bodenparameter (mittleren Sand- und Tongehalt sowie  $W_e$  und nFk) analysiert.

##### **Spearman'sche Korrelationskoeffizient:**

Ertrag WG zu ...

... EC-Werte EM38 (horizont. Messmodus)  
 $r = 0,33$

... EC-Werte Veris (flacher Messmodus)  
 $r = 0,29$

... EC-Werte Veris (tiefer Messmodus)  
 $r = 0,38$

... EC-Werte BOs-1EP  
 $r = 0,47$

... mittlere Tongehalte Oberboden / Profil  
 $r = 0,69 / 0,53$   
 ... mittlere Sandgehalte Oberboden / Profil  
 $r = -0,46 / -0,41$   
 ...  $W_e$   
 $r = 0,74$   
 ... nFk  
 $r = 0,64$

### Multiple Regressionsanalyse (mit schrittweisen Einschluss der Variablen)

Es wurden die geschätzten mittleren Sand-, Tongehalte sowie die abgeleiteten Parameter  $W_e$  und nFk (1) und des Weiteren die ermittelten Nährstoffe im Oberboden und krumennahen Unterboden (2) mit dem Wintergerstenertrag analysiert.

#### **Abhängige Variable:**

Wintergerste-Ertrag (WG)

#### **Analysierte Werte:**

(1) mittlerer Sand- & Tongehalt (Oberboden (O) & Profil (P)) sowie nFK und  $W_e$  (abgeleitete Werte) (n = 47)

$$\mathbf{WG = (-0,045) \times Sand(O) + 0,014 \times nFK + 7,538} \quad (B = 0,67)$$

(Formel 1)

(2) Sand-, Tongehalt (Oberboden (O) & Profil (P)) und nFK,  $W_e$  (abgeleitete Werte) sowie P, K, Mg und pH-Wert (Ober- (O) und krumennahen Unterboden (u)) (n = 19)

$$\mathbf{WG = (-0,0662) \times P(u) + 0,263 \times K(u) + Ton(O) + 5,397} \quad (B = 0,86)$$

(Formel 2)

Zwischen Ertrag und EC-Werte zeigen sich geringe bis mittlere Korrelationskoeffizienten. Wesentlich bessere Zusammenhänge zeigen zwischen Ertrag und Bodenart (in Form des mittleren Ton- oder Sandgehalts) bzw. zwischen Ertrag und den abgeleiteten Parametern  $W_e$  und nFk. Wird eine multiple Regressionsanalyse mit schrittweisen Einschluss der vorgegebenen Variablen durchgeführt, zeigt sich ein gutes bzw. sehr gutes Bestimmtheitsmaß. Maßgebliche Einflussvariable ist die Oberbodenart (Sandgehalt) und die nFk (Formel 1) bzw. P- und K-Gehalte im krumennahen Unterboden und die Oberbodenart (Tongehalt) (Formel 2).

#### **Diskussion**

Zwischen der Ertragshöhe und der Bodenart

besteht ein Zusammenhang; mit steigendem Tonanteil steigt der Ertrag an. Allgemein ist dieses mit einer steigenden Wasser- und Nährstoffspeicherfähigkeit zu erklären. Die Ertragshöhe wird auf „Kirche15“ durch die Bodenart und nFK begrenzt (s. Formel 1). Werden zusätzlich die Nährstoffe aus Ober- und krumennahen Unterboden berücksichtigt, so haben P und K aus dem krumennahen Unterboden neben der Bodenart einen erheblich Einfluss auf die Ertragsbildung (s. Formel 2). Die hohe Bedeutung der Nährstoffgehalte aus dem krumennahen Unterboden ist nicht erwartet worden. Es ist zu beachten, dass die P- und K-Werte im Ober- und krumennahen Unterboden teilweise sehr gering sind.

Ein Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass eine Ertragspotenzialbewertung anhand der Bodenart und den abgeleiteten nFK-Werten vorgenommen werden kann. Die voraussichtlichen Entzüge können mit Hilfe der Ertragspotenziale ermittelt werden. Für eine optimierte Düngung können diese Entzüge die Berechnungsgrundlage bilden; weiter sind die Bodennährstoffgehalte und ggf. die Bodenart zu berücksichtigen. Für die Fläche „Kirche15“ gilt es ebenfalls die K- und P-Werte aus dem krumennahen Unterboden zu beachten.

#### **Fazit**

Im Anschluss an eine geoelektrische Kartierung liefert eine gezielte bodenkundliche Untersuchung mit umfassender Datenaufbereitung die entsprechenden Informationen für den teilflächenspezifischen Pflanzenbau. Erst anhand der bodenkundliche Kartierung ist eine Interpretation der EC-Werte möglich. Die Kombination von EC-Werten und bodenkundlicher Kartierung liefert die teilflächenspezifischen Informationen für die Entscheidungsfindung im Teilflächenmanagement.

#### **Literatur:**

Diepenbrock, W., Ellmer, F., Léon, J. (2005): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Hinck, S., Mueller, K., Emeis, N. (2013): Part Field Management: Comparison of EC-value, soil texture, nutrient content and biomass in two selected fields, S. 270 – 277, im Tagungsband „3rd Global Workshop on Proximal Soil Sensing“ vom 26.5.2013 bis

29.5.2013 in Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte Heft 82. Hrsg.: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam/Bornim e.V. Internet-Link: [http://opus.kobv.de/slbp/volltexte/2013/5069/pdf/Heft\\_82\\_print.pdf](http://opus.kobv.de/slbp/volltexte/2013/5069/pdf/Heft_82_print.pdf)

Hinck, S. (2009): Ermittlung pflanzenbaulich relevanter Bodenkenndaten mit Hilfe von ausgewählter Bodensensorik. Dissertationsschrift an der Martin-Luther-Universität zu Halle-Wittenberg. Der Andere Verlag, Tönning. Internet-Link: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:3:4-1547>

KA5 (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage. Hrsg.: Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Kolata, H., Mueller, Klaus, Hinck, S. (2013): Vergleich der räumlichen Verteilung von

Bodenarten aus Bodenschätzung und Feldkartierung in Kombination mit EC-Werten. Beitrag auf der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft "Böden - Lebensgrundlage und Verantwortung", vom 7. – 12. September 2013 in Rostock, in Druck

Scheffer&Schachtschabel (2010) Hans-Peter Blume, Gerhard W. Brümmer, Rainer Horn, Ellen Kandeler, Ingrid Koegel-Knabner, Ruben Kretschmar, Karl Stahr, Berndt-Michael Wilke (2010): Lehrbuch der Bodenkunde, 16. Ausgabe. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg .

**Danksagung:**

Dieses Projekt wird gefördert von EFRE (EU & Niedersachsen, WA3 – 80125 081)

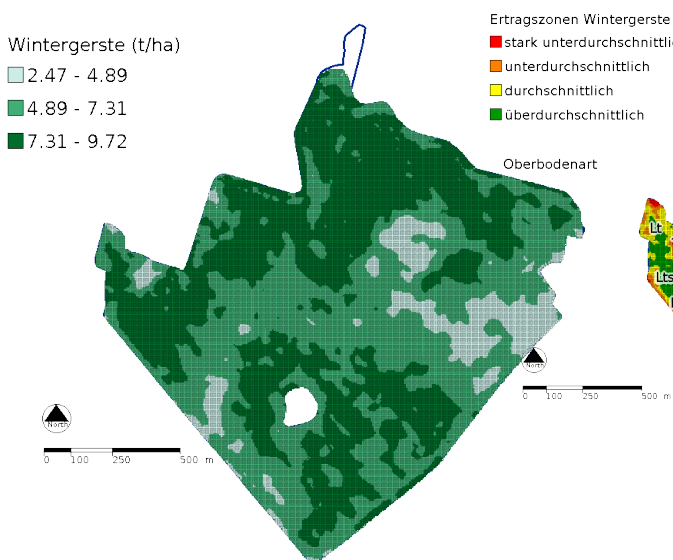


Abb. 1: Wintergerste-Ertrag, absolute Ertragsangabe

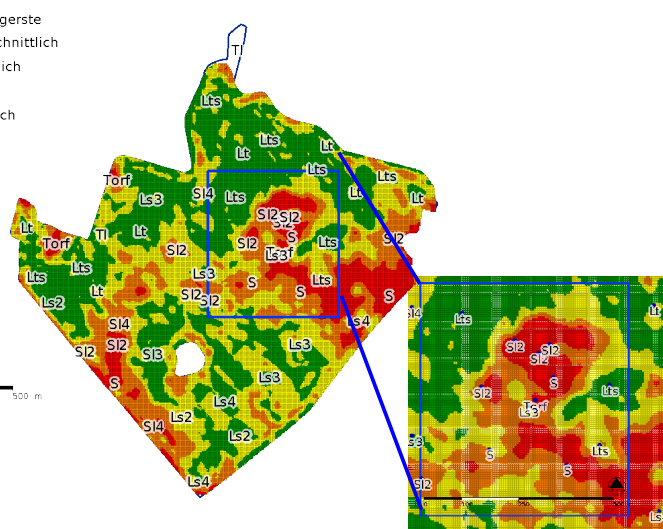


Abb. 2: Standardisierter Ertrag und die ermittelte Oberbodenart (Fingerprobe)

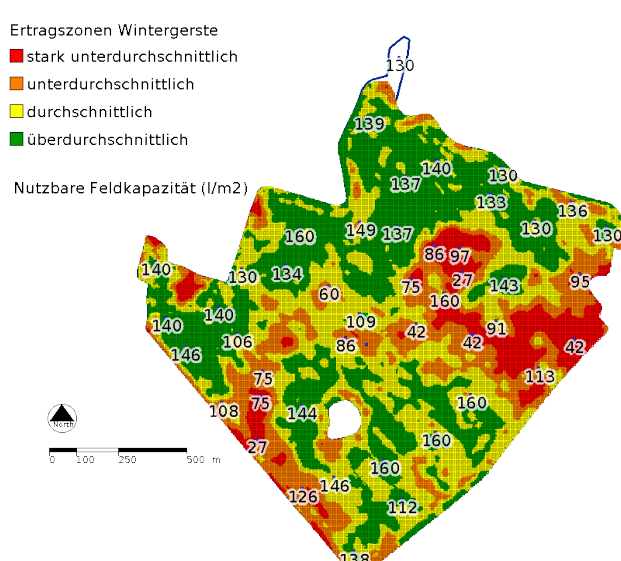
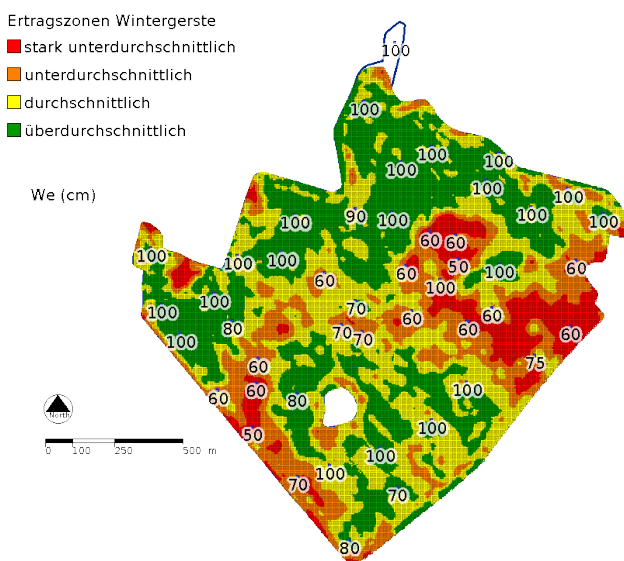


Abb. 3: Standardisierter Ertrag und abgeleitete effektive Durchwurzelungstiefe (linke Abbildung) und abgeleitete nutzbare Feldkapazität (rechte Abbildung) nach KA5