

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft Kommission V
Titel der Tagung: Böden - eine endliche Ressource
Veranstalter: DBG, September 2009, Bonn
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>

Ermittlung pflanzenbaulich relevanter Bodenkenndaten mit Hilfe ausgewählter Bodensensorik

Hinck, S.¹, Mueller, K.¹, Emeis, N.¹, Christen, O.²

Einleitung

Insbesondere die Ton- und Humusgehalte beeinflussen positiv die Nährstoff- und Wasserspeicherfähigkeit des Bodens und damit das Ertragspotenzial einer Ackerfläche (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Somit sind für eine teilflächenspezifische Landbewirtschaftung kleinräumige Bodeninformationen für den Landwirt von besonderer Bedeutung. Maßnahmen und Applikationen könnten dann den wechselnden Bodenqualitäten angepasst werden. Aber eine kleinräumige bodenkundliche Kartierung mit Bohrstock und Kartiergrube ist aus Zeit- und Kostengründen in der Praxis kaum durchführbar.

Mit Hilfe von geoelektrischen Messungen kann der Umfang der klassischen Kartiermethode eingegrenzt werden. Zwischen der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens und insbesondere dem Tongehalt besteht ein positiver Zusammenhang. Somit gibt eine Änderung der elektrischen Leitfähigkeit des

Bodens innerhalb einer Fläche Hinweise auf eine Veränderung des Tongehalts. (HINCK 2009)

Es ist möglich, Teilflächen mit einer unterschiedlichen Leitfähigkeit abzugrenzen (HINCK et al. 2008, BOESS 2007) und diese gezielt zu beproben (HINCK et al. 2009). Der Probenaufwand kann so reduziert werden.

An der Fachhochschule Osnabrück wurde im Forschungsschwerpunkt „PIROL“ an der Möglichkeit einer beprobungsarmen Flächenkartierung gearbeitet. Hierzu ist ein eigenes Bodensensorsystem (BOs-1EP) entwickelt worden. Mit diesem System können speziell geoelektrische Messungen im Oberboden vorgenommen werden. Neu ist das verwendete Messprinzip zur Erfassung des komplexen elektrischen Leitwerts mit einem Elektrodenpaar. Um nachzuweisen, dass es möglich ist, mit diesem Messprinzip zuverlässige geoelektrische Messergebnisse aufzunehmen, werden die eigenen Messergebnisse mit den Ergebnissen zweier kommerzieller Systeme (ARP03 und EM38) verglichen. Weiter wird eine Möglichkeit vorgestellt, wie eine Fläche mit Hilfe der geoelektrischen Messwerte beprobungsarm kartiert werden kann.

Material und Methode

Die drei Messsysteme kamen u.a. auf der Versuchsfläche „Im Berge“ (2,4 ha) zum Einsatz. Die Messtiefe mit dem BOs-1EP beträgt 25 cm. Die elektrische Leitfähigkeit des BOs-1EP (EC25) ist mit der erfassten Bodentemperatur auf eine Normtemperatur von 25°C verrechnet. Das BOs-1EP ist 2005 sechsmal und 2007 einmal auf der

¹ Fachhochschule Osnabrück, Postfach 1940, 49090 Osnabrück

² Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str.

gesamten Fläche eingesetzt worden. Das ARP03 kam im Herbst 2004 einmal zum Einsatz. Von den Messergebnissen aus drei Tiefen werden die Ergebnisse vom ersten Elektrodenpaar (EC1) aus der Tiefe 0 - 50 cm genutzt. Für den Vergleich werden die Messergebnisse des EM38 im horizontalen Modus (EC_{hor}) verwendet. Das EM38 kam im Sommer 2005 und im Frühjahr 2006 sowie 2007 auf der gesamten Fläche zum Einsatz.

Die Fläche „Im Berge“ ist in 10 m x 10 m großes Raster (mit insgesamt 224 Raster) eingeteilt und aufwändig bodenkundlich kartiert (SCHRÖTKE 2001). Von jeder Rasterzelle liegt eine Mischbodenprobe aus der Tiefe 0 bis 30 cm vor. Im Labor sind die drei Korngrößen (Sand, Schluff und Ton) und der organische Kohlenstoffgehalt (C_{org}) analysiert worden. Die elektrische Leitfähigkeit (EC) wird für jede Rasterzelle als Mittelwert ermittelt und mit den Laborwerten für die Korngrößen und C_{org} verglichen. Der Zusammenhang zwischen EC und Korngrößen wird anhand des Bestimmtheitsmaßes (B²) angegeben.

Die Abschätzung der Korngröße Ton geschieht anhand EC und den vorliegenden Laborergebnissen. Mit Hilfe der Feldkarte mit der elektrischen Leitfähigkeit werden 7 Orte für eine Bodenprobeentnahme ausgewählt. Anhand der vorliegenden Daten (EC und Tongehalt) wird eine Schätzformel gebildet und die Tongehalte der 224 Rasterzellen abgeschätzt. Die absolute Differenz zwischen dem wahren Tongehalt (Laborwerte) und dem geschätzten Tongehalt sowie die Standardabweichung zwischen wahren und geschätzten Wert (nach KÖSTER 1979) geben die Schätzgenauigkeit an. (HINCK 2009)

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1 gibt das Bestimmtheitsmaß zwischen EC des jeweiligen Messsystems und der jeweiligen Korngröße sowie C_{org} an. Die Messsysteme BOs-1EP und ARP03, mit einem direkten Bodenkontakt (galvanische Ankopplung) weisen einen deutlich besseren Zusammenhang zwischen der Korngröße und EC im Oberboden auf als das EM38. Beim EM38 ist das Bestimmtheitsmaß nur mäßig ausgeprägt. Alle drei Systeme weisen nur ein mäßiges Bestimmtheitsmaß zwischen EC und C_{org} auf.

Tab. 1: Bestimmtheitsmaß zwischen EC und Korngrößen sowie C_{org}

Messsystem	Sand	Schluff	Ton	C _{org}
BOs-1EP (EC25)	0.6 - 0.7	0.4 - 0.6	0.6 - 0.8	0.2 - 0.4
ARP03 (EC1)	0.6	0.6	0.7	0.4
EM38 (EC _{hor})	0.2 - 0.5	0.3 - 0.6	0.2 - 0.5	0.2 - 0.4

Tabelle 2 weist die absolute Abweichung zwischen dem geschätzten und dem wahren Tongehalt aus. Werden null Prozentpunkte Abweichung zwischen geschätztem und wahren Tongehalt vorausgesetzt, so sind mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeitsmessung des BOs-1EP 22 Rasterzellen richtig geschätzt. Beim ARP03 sind es 20 Rasterzellen und beim EM38 sind es 12 Rasterzellen. Wird eine Abweichung von ± 2 Prozentpunkten akzeptiert, werden anhand der Messdaten des BOs-1EP 122 Rasterzellen treffend geschätzt, also über die Hälfte der gesamten Rasterzellenanzahl. Anhand der Messdaten werden beim ARP03 106 Rasterzellen und beim EM38 98 Rasterzellen treffend geschätzt. Werden Abweichungen bis zu ± 6 Prozentpunkten akzeptiert, so sind anhand der BOs-1EP Daten nahezu alle Rasterzellen treffend

geschätzt. Beim ARP03 sind es 194 Rasterzellen und beim EM38 178 Rasterzellen. Die beiden galvanisch angekoppelten Messsysteme BOs-1EP und ARP03 weisen eine höhere Schätzgenauigkeit auf, als das EM38. Dieses ist ebenfalls anhand der Standardabweichung zwischen dem geschätzten und wahren Tongehalt erkennbar. Ein niedriger Wert weist eine höhere Schätzgenauigkeit aus. Die Standardabweichung ist bei den beiden galvanisch angekoppelten Messsystemen mit 3,5 bzw. 4,3 geringer als beim EM38 mit einem Wert von 5,0. (s. Tabelle 2)

Tab. 2: Vergleich der Schätzgenauigkeit des Tongehalts der drei Messsysteme auf der Fläche „Im Berge“; angegeben ist die Rasterzellenanzahl, welche mit der tolerierten Abweichung entsprechend richtig geschätzt wird und die Standardabweichung. esamt-Rasterzellenanzahl: 224

Abweichung in Prozentpunkten	BOs-1EP	ARP03	EM38
0	22	20	12
± 1	75	67	57
± 2	122	106	98
± 3	156	135	126
± 4	184	160	145
± 5	193	177	161
± 6	214	194	178
Standardabweichung (nach KÖSTER 1979)	3.5	4.3	5.0

Der Zusammenhang zwischen EC und der Korngrößenzusammensetzung im Oberboden ist bei den beiden galvanisch angekoppelten Systemen (ARP03 und BOs-1EP) deutlich stärker als beim EM38. Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Bodenart innerhalb einer Ackerfläche können anhand der unterschiedlich hohen elektrischen Leitfähigkeit erkannt werden. Weiter kann die Korngrößenverteilung im

Oberboden mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit geschätzt werden. Im aufgeführten Beispiel sind 7 Orte zur Bodenprobeentnahme anhand der Feldkarte mit den elektrischen Leitfähigkeiten ausgewählt worden. Die Tongehalte der 224 Rasterzellen sind mit Hilfe dieser 7 Wertepaare (elektrische EC und Tongehalt) geschätzt worden. Bei einem Vergleich der drei Messsysteme ist die Schätzgenauigkeit der beiden galvanisch angekoppelten Messsysteme im Vergleich mit dem EM38 höher.

Schlussfolgerung

Die Funktionsfähigkeit des Messsystems BOs-1EP kann anhand des Systemvergleichs nachgewiesen werden. Die Messungen mit dem BOs-1EP weisen ähnlich gute und teilweise bessere Ergebnisse auf als das anerkannte Messsystem ARP03.

Weiter ist es möglich, unterschiedliche Bodenarten innerhalb einer Ackerfläche anhand unterschiedlich hoher elektrischer Leitfähigkeiten zu erkennen. Teilflächen können abgegrenzt, gezielt aufgesucht und beprobt werden (HINCK et al. 2008). Die Schätzung der Korngrößenverteilung bietet eine Möglichkeit, die Bodenartenverteilung innerhalb einer Ackerfläche beprobungsarm zu kartieren. Für die teilflächenspezifische Landwirtschaft sind Informationen über die räumliche Verteilung der Bodenarten innerhalb einer Fläche von hoher Bedeutung. Maßnahmen und Applikationen können dann entsprechend angepasst werden. Dadurch kann das pflanzenbauliche Produktionsverfahren sowohl ökologisch als auch ökonomisch optimiert werden.

Zusammenfassung

Die Fachhochschule Osnabrück hat ein eigenes Bodensensorsystem für geoelektrische Messungen im Oberboden entwickelt. Das verwendete Messprinzip ist die Erfassung des komplexen elektrischen Leitwerts mit einem Elektrodenpaar. Die Funktionsfähigkeit dieses Systems wird anhand von Vergleichen der Zusammenhänge zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und den Korngrößen sowie dem organischen Kohlenstoffgehalt mit zwei kommerziellen Systemen nachgewiesen. Weiter wird eine Methode vorgestellt, wie mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit die räumliche Verteilung der Korngrößenfraktion Ton abgeschätzt wird.

Schlüsselwörter: Bodensensorsysteme, beprobungsarme Standortkartierung, Korngrößenabschätzung

Literatur

BOESS, J. (2007): Nutzung geophysikalischer Verfahren zur Verbesserung hoch auflösender Bodenkarten für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Z. dt. Ges. Geologie, Jahrgang 158(1), S. 165 - 176.

HINCK, S. (2009): Ermittlung pflanzenbaulich relevanter Bodenkenndaten mit Hilfe von ausgewählter Bodensensorik. Dissertation an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, in Druck.

HINCK, S., MUELLER, K., EMEIS, N., CHRISTEN, O. (2009): Nährstoffgehalte bei teilflächenspezifischer Bodenprobenentnahme (Anwendungsbeispiel), in Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 129 - 130, Band 21, Hrsg.: B. Märländer, O. Christen, C. Kenter, A. Düker; Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. Verlag Liddy Halm, Göttingen.

HINCK, S., MUELLER, K., EMEIS, N., CHRISTEN, O. (2008): Abgrenzen von Teil-

flächen mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit (Anwendungsbeispiel), in Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 289 - 290, Band 20, Hrsg.: S. Hoffmann, A. Herrmann, F. Taube; Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. Verlag Schmidt&Klaunig KG, Kiel.

KÖSTER, H. M. (1979): Die chemische Silikatanalyse. Springer-Verlag, Berlin.

SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002) Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Schwertmann, U., Horn, R., Kögel-Knabner, I., Stahr, K., Auerswald, K., Beyer, L., Hartmann, A., Litz, N., Scheinost, A., Stanjek, H., Welp, G., Wilke, B. M.: Lehrbuch für Bodenkunde, 15 Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

SCHRÖTKE, A. (2001): Bodenkundliche Grundlagenuntersuchungen auf ausgewählten Teilflächen der FH Osnabrück zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung (Precision Farming). Diplomarbeit an der Fachhochschule Osnabrück.