

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission V
 Titel der Tagung: Böden verstehen - Böden nutzen - Böden fit machen
 Veranstalter: DBG
 Termin und Ort der Tagung: September 2009, Berlin
 Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>

Bodenkundliche Interpretation der scheinbaren elektrischen Bodenleitfähigkeit [ECa] mit Hilfe von Grablochbeschrieben der Bodenschätzung ?

Klaus-Jörg. Hartmann¹, Anke Witt²,
 Jürgen Boess³ & Horst Domsch⁴

Zusammenfassung

Im Boden besteht ein Zusammenhang zwischen Tongehalt und elektrischer Leitfähigkeit. Die bodenkundliche Interpretation der Leitfähigkeitsmesswerte erfordert Informationen zur Bodenart. Als Grundlagen kommen u. a. beprobte und analysierte Schurfe und Grablochbeschriebe der Bodenschätzung in Frage. Die Interpretation der ECa-Messwerte für den Oberboden mit verschiedenartigen Profilinformationen führt in Abhängigkeit der Heterogenität der Schläge in den Löss- und Sandlösslandschaften zu differenzierten Ergebnissen.

Durch den Einsatz von Grablochbeschrieben lässt sich der Aufwand an Analysen und Geländeerkundungen zur Interpretation der ECa-Werte reduzieren. Auf eine Verifizierung mit aktuellen Analysen sollte noch nicht verzichtet werden. Der Einsatz eines Tools, das auf Grundlage der Messwerte repräsentative Probenstandorte bestimmt, hilft den quantitativen Aufwand zu optimieren

Hintergrund

Die Landwirtschaft als Flächennutzer benötigt für eine teilflächenspezifische Wirt-

schaftsweise flächenscharfe Informationen. Hierbei geht es weniger um komplex zusammengesetzte boden- oder substratsystematische Grundlagen als um konkrete, bodenkundliche Parametern. Dazu zählen Kornfraktionen, Humusgehalt oder pH-Zustand sowie daraus abgeleiteten Kennwerten. Der Hintergrund liegt in ökonomische, politische und ökologische Aspekten, die zu einem steigenden Anteil teilflächenspezifisch bewirtschafteter Flächen (precision farming) führen (ANONYM 2006).

Großmaßstäbige Grundlagen, bspw. der Bodenschätzung (Abb. 1), erfüllen weder räumlich noch inhaltlich die Anforderungen. Der Zusammenhang zwischen der elektrischen Bodenleitfähigkeit [ECa] und dem Tongehalt ist bekannt. Unter diesem Hintergrund gilt es, praxisrelevante Flächeninformationen durch Auswertung von EC-Messwerten mit bodenkundlichen Grundlagen bereitzustellen.

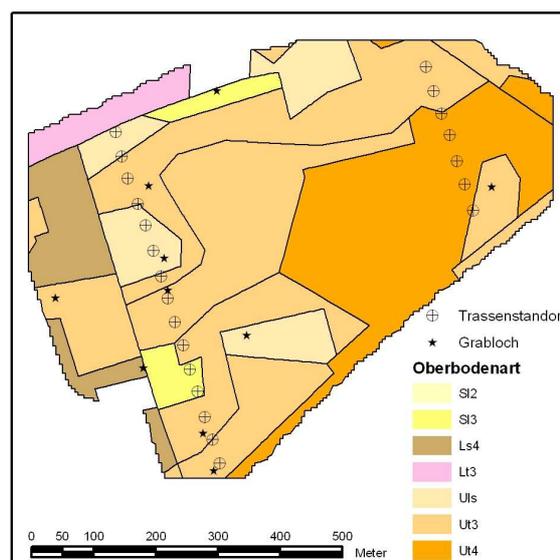


Abb. 1: Informationsgrundlagen Eulenhoch

Eingangsinformationen

Die Arbeitsgebiete liegen in der Bodenregion 6, Löss und Sandlösslandschaften, ca. 40 km westlich (Schlag 473-475) bzw. 10 km nordwestlich (Eulenhoch & Sandberg) der Landeshauptstadt Magdeburg. Die Decken bestehen weitestgehend aus, teilweise kolluvial umgelagerten, Löss, über Geschiebemergel, tertiären Tonen sowie vereinzelt Sanden.

Die bodenkundlichen Eingangsinformationen für drei intensiver betrachtete Schläge, bestehen aus Klassenflächen

¹ Landesamt Geologie u. Bergwesen Sachsen-A. Hartmann@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

² TU Dresden, Inst. f. Bodenk.u, Standortslehre

³ LBEG, Hannover

⁴ Leibnitz-Inst. f. Agrarforschung Potsdam-Bornim

der Bodenschätzung, in den aktuellen bodenkundlichen Sprachgebrauch übersetzten Grablöchern der Bodenschätzung sowie aktuellen Analysen der Kornfraktionen. Für die Schläge Eulenhoch und Sandberg liegen EC-Messungen mit dem Gerät VERIS 3100 sowie stationäre, schichtdifferenzierende Messungen in Trassen vor (Abb. 1; Tab. 1).

Ergänzend stehen für weitere Schläge ECa-Messwerte und Informationen der Bodenschätzung zur Verfügung (Tab. 1).

Tab. 1: Informationsgrundlagen

Schlag	ECa	GBS	Analysen
473-475	VERIS 3100	22	60
Eulenhoch	VERIS 3100	10	36
- Trasse 07	3 Schichtmessungen		15
- Trasse 26	3 Schichtmessungen		7
Sandberg	VERIS 3100	30	29
- Trasse A	3 Schichtmessungen		15
- Trasse B	3 Schichtmessungen		14

GBS: Grablochbeschriebe

Methodische Grundlagen

Es existierten verschiedenartige technische Ansätze zur bodenkundlichen Feinkartierung unter Einsatz geophysikalischer Verfahren (LÜCK & GEBBERS 2006).

Dabei wird die scheinbare elektrische Bodenleitfähigkeit [ECa] in mS/m gemessen. Die Messwerte bilden räumlich Änderungen geologischer und bodenkundlicher Strukturen ab. Die Parameter, die die elektrische Leitfähigkeit des Bodens [ECa] beeinflussen, sind bekannt (Tab. 2). Neben mehr oder wenige konstanten Faktoren, beeinflussen über die Kationenaustauschkapazität Ton- und Humusgehalte ECa-Werte.

Tab. 2: Faktoren, die die elektrische Leitfähigkeit im Boden beeinflussen (DOMSCH 2002)

Faktor	Bemerkung
Trockenrohdichte	Einfluss vernachlässigbar
Wassergehalt	bei Feldkapazität konstant
Leitfähigkeit der Bodenlösung	wenig veränderlich
Bodentemperatur	bestimmbar
Kationenaustauschkapazität	variabler Faktor
Tongehalt	

Auf Basis von EC-Messwerten und Informationen zu den Kornfraktionen lassen sich Regressionsfunktionen ableiten und in die Fläche übertragen (Abb. 2; Tab. 3).

Die Eingangswerte der Kornfraktionen können aus konkreten Analysen oder Fraktionen der Bodenart bestehen. Im Falle der Bodenart gehen in die Berechnung die Klassenmitten der Intervalle, die die einzelnen Bodenarten definieren, ein.

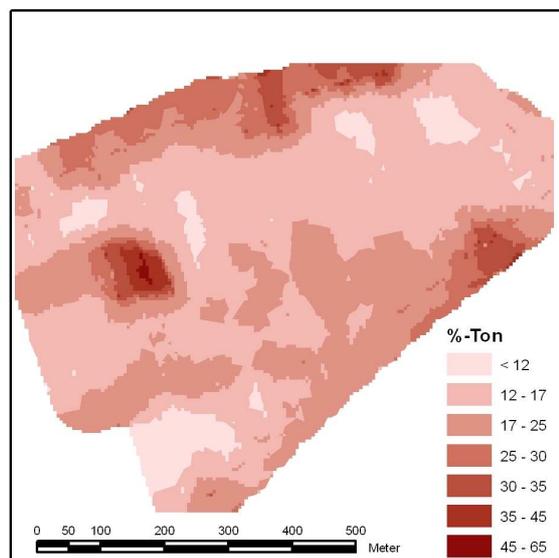


Abb. 2: Oberbodentongehalte des Schlages Eulenhoch – Grundlagen: ECa-Messwerten und Analysen

Ergebnisse und Diskussion

Die Beschreibung des zwischen EC-Messwerten und Tongehalten bestehenden Zusammenhangs führte schlagbezogen zu unterschiedlichen Gleichungen (Tab. 3). Am deutlichsten zeigt sich der Zusammenhang unter Nutzung schlagbezogener Analysen.

Tab. 3: Regressionsgleichung auf Grundlage von Analysen (A) und Grablochbeschrieben (GBS)

Schlag	Ton-%	R ²
473-475 (A)	0,4505 EC + 15,599	0,71
473-475 (GBS)	0,4266 EC + 13,55	0,43
Eulenhoch (A)	0,7073 EC + 0,0519	0,85
Eulenhoch (GBS)	0,0710 EC + 16,789	0,04
Sandberg (A)	0,5347 EC + 4,6237	0,85
Sandberg (GBS)	0,3897 EC + 10,173	0,08
Alle (A)	0,5802 EC + 8,4511	0,65
Alle (GBS)	0,4624 EC + 9,098	0,41

Die geringen R² der Schläge Eulenhoch und Sandberg bei den GBS lassen sich bodenkundlich erklären. Eine verallgemeinerte Ableitung mit ergänzenden Werten anderer Flächen führt zu einer Verbesserung der Zusammenhänge (Abb. 3; Tab. 4).

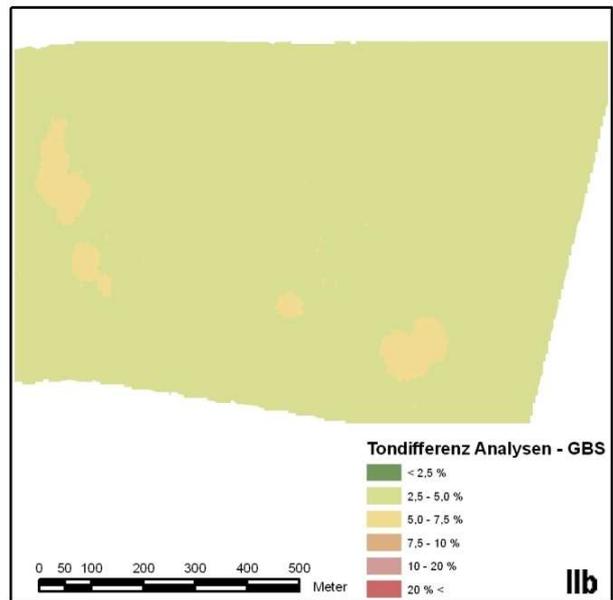
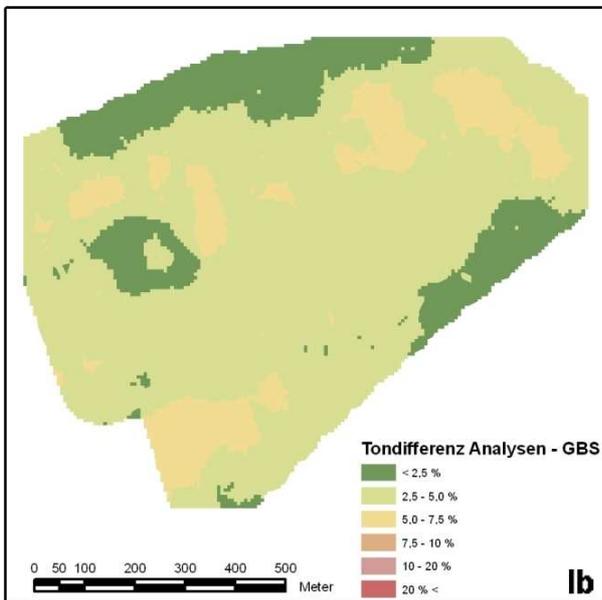
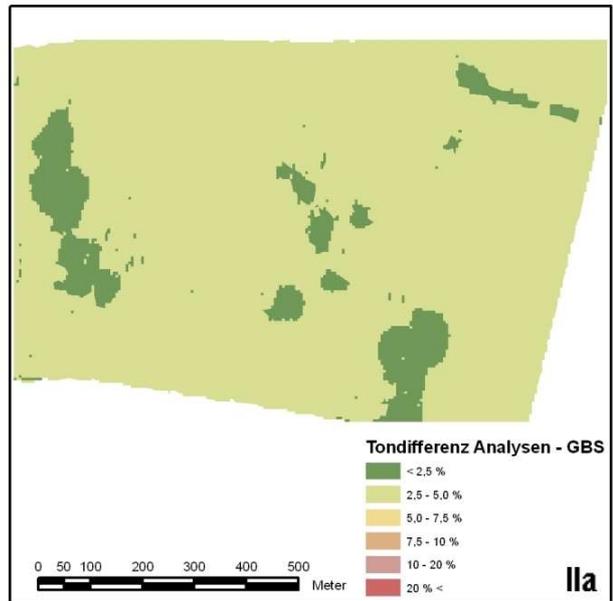
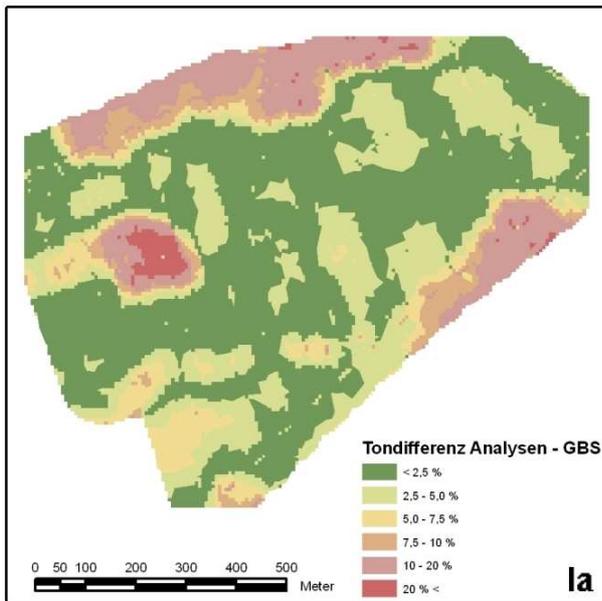


Abb. 3: Gegenüberstellung der Tongehaltsdifferenzen für die Schläge Eulenhoch (Ia/b) und Sandberg (IIa/b). Bei der Differenzbildung wurde der Tongehalt, der aus den Grablochbeschrieben resultiert, von dem der Analysen abgezogen. Die Datengrundlage für die Regressionsgleichung der Beispiele Ia und IIa bilden Grablochbeschriebe und Analysen der jeweiligen Schläge. In die Regressionsgleichung der Darstellung Ib und IIb gehen alle Grablochbeschriebe und Analysen ein.

Tab. 4: Flächen-% der Differenzen Abb. 3

Tondifferenz	Eulenhoch		Sandberg	
	Ia	Ib	IIa	IIb
0 < 2,5 %	49 %	17 %	9 %	
2,5 < 5,0 %	25 %	69 %	91 %	96 %
5,0 < 7,5 %	7 %	13 %		4 %
7,5 < 10,0 %	5 %			
10,0 < 20,0 %	11 %			
20,0 % <	1 %			

Die Genauigkeit der Tongehaltsschätzung, hängt von Art und Umfang der zur Verifizierung genutzten, Informationen ab.

Probennahmestrategie mit EC-Werten

Mit Hilfe von Grablochbeschrieben lassen sich aus ECa-Werten Tongehalte ableiten. Eine Verifizierung mit aktuellen Analysen ist erforderlich. Hierfür bedarf es einer transparenten Bestimmung von Probenpunkten, die die Flächencharakterisierung unterstützen. Diese können:

- zufällig über eine Fläche verteilt sein,
- starr einer Systematik folgend, sich in einem Raster oder Transekt befinden,

- o statistisch optimiert mit Hilfe design- oder modellbasierter Methoden bestimmt werden (BRUS & DE GRUIJTER 1997, MATHERON 1963).

Zu letztgenannter Methode zählt ein Verfahren, das im Zuge der ECa-Messungen auf den Ackerschlägen sowohl Anwendung, als auch Weiterentwicklung fand. Die Probennahmestrategie nach LESCH et al. (1995a/b, 2005) ermittelt anhand von möglichst wenigen, aber in ihrer Anzahl dennoch variablen, Punkten, statistisch optimiert Standorte für die Probennahme. Die Umsetzung dieser Probennahmestrategie erfolgt in mehreren Schritten. Zu Beginn müssen die ECa-Werte, die aus variabel vielen Tiefenbereichen ermittelt werden können, mit Hilfe einer Hauptkomponententransformation statistisch dekorreliert und einer anschließenden Ausreißeranalyse unterzogen werden. Daraufhin wird ein Probennahmedesign bestehend aus 9 bzw. 15 Designpunkten bemessen, welches über die schematisch in einem Koordinatensystem vorliegenden transformierten Datensätze (principle component scores) gelegt wird. In einem letzten Schritt werden jene principle component scores bestimmt, die die geringsten statistischen Distanzen zu den Designpunkten, aber gleichzeitig die größten räumlichen Distanzen untereinander aufweisen. Letzteres Kriterium soll eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Probenstandorte über die Fläche garantieren und eine lokale Punkthäufung verhindern.

Anwendung hat diese Methode in einem Visual Basic - Tool gefunden. Dieses erlaubt sowohl die Variierung in der Anzahl der zu ermittelnden Probennahmepunkte, als auch die Nutzung mehrerer EC-Messtiefen. Letztgenanntes ist eine Weiterentwicklung. Die von LESCH zur Bestimmung von Probennahmepunkten mit ECa-Messwerten bereitgestellte Software, arbeitet lediglich auf Grundlage von Zweischichtmessungen. Dagegen berücksichtigt das entwickelte Tool eine unbegrenzte Anzahl von Messtiefen.

Schlussfolgerungen

Als Stützpunkte zur bodenkundlichen Interpretation von ECa-Messwerten kön-

nen Schichtinformationen von Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung dienen. Eine ergänzende Validierung mit aktuellen Analysen und abschließende bodenkundliche Betrachtung sollte mit Blick auf die Qualität der Ergebnisse erfolgen.

Quellen

- ANONYM (2006): Moderne Agrartechniken und Produktionsmethoden – ökonomische und ökologische Potenziale, 2. Bericht: Precision Agriculture, Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung, Deutscher Bundestag Drucksache 16/3218
- BRUS, D.J.; DE GRUIJTER, J.J. (1997): Random sampling or geostatistical modelling? Choosing between design-based and model-based sampling strategies for soil (with discussion). *Geoderma* 80: S. 1-44
- DOMSCH, H. (2002): Kartierung der elektrischen Bodenleitfähigkeit und ihr Beitrag zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, *Z. Ang. Geol.*, 3/2002, 9-11
- LÜCK, E. GEBBERS, R. (2006): Evaluierung der Messmethoden zur Leitfähigkeitskartierung im Feldmaßstab <http://download.ble.de/01HS081.pdf>
- Lesch, S.M.; Strauss, D.J.; Rhoades, J.D. (1995a): Spatial prediction of soil salinity using electromagnetic induction techniques – 1. Statistical prediction models: A comparison of multiple linear regression and cokriging. *Water Resources Research*, Vol. 31, No. 2: S. 373-386
- LESCH, S.M.; STRAUSS, D.J.; RHOADES, J.D. (1995b): Spatial prediction of soil salinity using electromagnetic induction techniques – 2. An efficient spatial sampling algorithm suitable for multiple linear regression model identification and estimation. *Water Resources Research*, Vol. 31, No. 2: S. 387-398
- LESCH, S.M. (2005): Sensor – directed response surface sampling design for characterization spatial variation in soil properties. *Computers and electronics in agriculture*, 46: S. 153-179
- MATHERON, G. (1963): Principles of geostatistics. *Economical Geology*, 58: S. 1246-1266