

Arwed Schwark, Kiel

Die Messung der Leitfähigkeit als Maß für die Dichte des Bodens

Zur Untersuchung von Bodenverdichtungen stehen punktuell sowie großflächig anwendbare Messmethoden zur Verfügung. Als punktuelle Methoden sind vor allem Stechzylindermessungen zu nennen, bei den großflächig anwendbaren Methoden das Horizontalpenetrometer. Stechzylindermessungen sind arbeits- und kostenaufwändig und reagieren auf Veränderungen der Bodenstruktur nur mittelmäßig sensibel mit einer hohen Streuung. Das Penetrometer ist großflächig, aber nicht auf bewachsenen Flächen einsetzbar. Zudem bereiten steinige Böden Probleme. Optimal wäre also eine zerstörungsfrei arbeitende, großflächig anwendbare Messmethode, die empfindlich auf Bodenveränderungen reagiert. Als solche soll die Eignung der Geoelektrik untersucht werden.

Die Geoelektrik gehört zur Angewandten Geophysik und umfasst Verfahren, welche die Erdkruste durch Messung von elektrischer Spannung und Stromstärke an der Erdoberfläche erforscht. Die Messmethoden eignen sich sowohl für die Erkundung des geschichteten Untergrundaufbaus als auch zur Abgrenzung lateraler Gesteinswechsel. Verwendung findet die Geoelektrik bei der Lagerstättenprospektion auf Ton, Kies, Erz und Wasser, bei der Untersuchung von Baugründen, bei der Überwachung von Altlasten, Deichen, Sammelbecken, bei der Ortung von Tunneln, Schächten oder Leckagen [1].

Ein bekanntes Messverfahren, das bereits in der Landwirtschaft Verwendung findet, ist die Messung der Leitfähigkeit mit dem EM 38, die eng mit dem Tongehalt korreliert. Das Verfahren wird in Verbindung mit GPS genutzt, um schnell und effektiv digitale Bodenkarten zu erstellen. Das EM 38 Verfahren beruht auf elektromagnetischer Induktion und liefert ein Signal aus bis zu 1,5 m Tiefe [2].

Ebenfalls auf dem Prinzip der Widerstandsmessung beruhen geoelektrische Gleichstromwiderstandsmesssysteme. Hierbei wird jedoch nicht über elektromagnetische Induktion wie beim EM 38 gemessen, sondern es wird direkt Strom in den Boden eingespeist. Ein solches System besteht aus je zwei Elektroden für die Stromeinspeisung und zwei Messelektroden. Je nach Abstand der Stromelektroden zueinander wird ein un-

terschiedlicher Bereich des Untergrundes vom Stromsystem erfasst. Durch die schrittweise Änderung der Elektrodenabstände können verschiedene Tiefenbereiche abgetastet werden, was mit dem EM 38 Verfahren nicht möglich ist (Bild 1).

Dem Nachteil des Messens in nur einer Tiefe mit dem EM 38 soll mit dieser Methodik begegnet werden. Für die teilflächenspezifische Kartierung von Böden mit Informationen aus unterschiedlichen Tiefen wurde deshalb in Zusammenarbeit mit der Firma Geoserve Kiel und der Bodeninformatik (Prof. Lamp) der Universität Kiel die Messeinrichtung „Pluripol“ konstruiert, die es erlaubt, über zwei isolierte Rollelektroden Gleichstrom mit 12 bis 120 Volt in den Boden einzuspeisen und über drei weitere Elektrodenpaare in unterschiedlicher Anordnung den scheinbaren elektrischen Widerstand des Bodens gleichzeitig zu messen (Bild 2). Der Pluripol wird von einem Landrover Defender gezogen. Das Messsystem zeichnet jede Sekunde sowohl die Widerstände als auch die GPS Position auf.

Da auch bei diesen Messungen ein integraler, also über einen Tiefenbereich gemittelter elektrischer Widerstand bestimmt wird, ist eigentlich eine Inversion der Messdaten notwendig, was aber bislang aufgrund fehlender Inversionsroutinen für dreidimensionale Datenaufzeichnung noch nicht möglich ist.

Es ist bekannt, dass neben der Textur noch weitere Eigenschaften Einfluss auf die Bo-

Dr. agr. Arwed Schwark ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel; e-mail: aschwark@ilv.unikiel.de

Schlüsselwörter

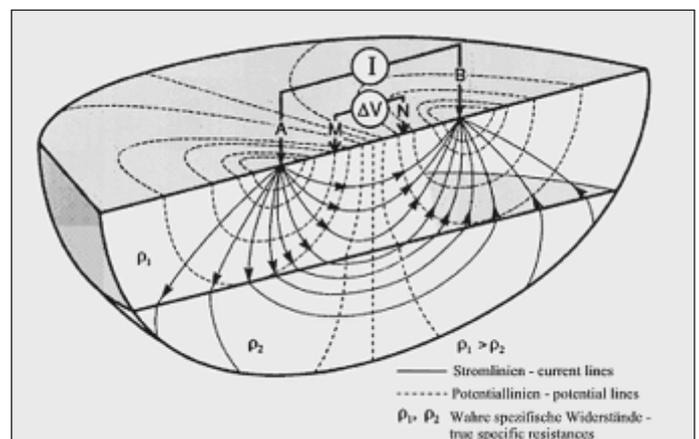
Boden, Leitfähigkeit, Verdichtung

Keywords

Soil, conductivity, compaction

Bild 1: Ausbreitung von Strom- und Potentiallinien [3]

Fig. 1: Propagation of current and potential lines



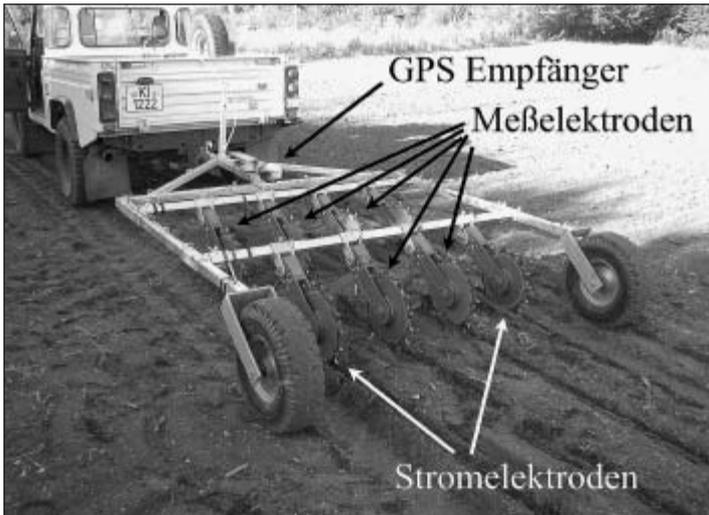


Bild 2: Messeinrichtung mit Rollelektroden und GPS-Empfänger

Fig. 2: Measuring system device with rolling electrodes and GPS receiver

denleitfähigkeit nehmen. Dies sind vor allem der Wassergehalt, die Nährstoffkonzentration und auch die Bodendichte. Für den nachfolgenden Versuch stellt sich die Frage, welchen Anteil am Messwert Änderungen der Bodendichte ausmachen und ob die Leitfähigkeit damit eventuell für die Kartierung von verdichteten Zonen geeignet ist. Der Vorteil läge darin, mit relativ wenig Aufwand eine größere Fläche kartieren zu können.

Material und Methoden

Hierfür wurde am 19. 3. 2004 ein Belastungsversuch auf einem Winterweizenschlag des Instituts durchgeführt. Der Acker war nach Raps in Mulchsaat mit Winterweizen bestellt und hatte zum Zeitpunkt der Messungen eine Bodenfeuchte nahe der Feldkapazität. Die Bodenart war sandiger Lehm. Auf dem Schlag wurden an drei Stellen, mit etwa 50 m Abstand zueinander, 20 m lange und 5 m breite Parzellen angelegt. In diesen Parzellen wurde der Widerstand vor der Belastung mit zweifacher Wiederholung gemessen, indem das Gerät durch die Parzelle gezogen wurde. Nach der Messung wurden die Parzellen mit einem 7,5 t schweren Traktor (Bereifung hinten 520/70 R 38 und 1,5 bar) in mehr als 30 Überfahrten verdichtet und anschließend wurde erneut gemessen. Die Messwerte wurden schließlich varianzanalytisch ausgewertet.

Ergebnisse

Bild 3 zeigt den Widerstand der hinteren Elektrodenreihe in Schlumbergerkonfiguration, die die geringste Eindringtiefe hat und im Wesentlichen nur in der Krume misst. Die genaue Bestimmung der Eindringtiefe ist ohne Dateninversion allerdings nicht möglich. Bei der Dateninversion werden die scheinbaren elektrischen Widerstände von

mehreren Elektrodenkonfigurationen iterativ in wahre spezifische Widerstände in einer bestimmten Tiefe umgerechnet.

Betrachtet man die Ergebnisse auf den einzelnen drei Teilflächen, so erkennt man, dass die Befahrung einen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Widerstände hat. Auf allen drei Teilflächen geht der Widerstand zurück. Die Streuung ist dabei auf der jeweiligen Teilfläche gering, was auf eine gute Reproduzierbarkeit der Messungen hindeutet. Zwischen den drei Teilflächen zeigen sich jedoch erhebliche Unterschiede in der absoluten Höhe des Widerstandes, die die Änderung durch die Befahrung weit überlagern. Die Messwerte auf Teilfläche 2 liegen ~ 40% niedriger als auf Teilfläche 1, der Widerstand geht nach der Befahrung aber nur um ~13 % zurück. Alle Teilflächen haben nur etwa 50 m Abstand voneinander und werden einheitlich mit der Bodenart sandiger Lehm angesprochen. Die Messung mit dem EM 38 ergab dort eine Leitfähigkeit zwischen 16 und 18 mS/m, was angesichts des gesamten Messspektrums von 1 bis 50 mS/m zwischen Sand und Ton praktisch als gleich zu beurteilen ist. Offensichtlich reagiert das Messsystem auf relativ geringe Änderungen der

Bodenbeschaffenheit sehr viel stärker als auf Änderungen in der Lagerungsdichte.

Daraus lässt sich folgern, dass diese Methode nicht zur Darstellung von verdichteten Zonen im GIS geeignet ist, weil sich nicht auf der Karte erkennen lässt, ob hoch- und niederohmige Bereiche durch die Lagerungsdichte- oder andere Einflüsse hervorgerufen werden. Für definierte Versuche mit einem direkten Vergleich von Fahrspur und unbelastetem Boden könnte das Verfahren jedoch geeignet sein. Problematisch bleibt aber nach wie vor, dass es sich bei den Widerständen um scheinbare elektrische Widerstände handelt, statt der wahren Widerstände. Aus diesem Grund sollte bei derartigen Versuchsanstellungen momentan noch besser mit festen Elektroden statt mit Rollelektroden gearbeitet werden, weil sich eine zweidimensionale Inversion leichter herstellen lässt.

Fazit

Das geoelektrische Gleichstrommessverfahren reagiert im direkten Vergleich sicher auf Unterschiede in der Bodendichte, die allerdings von anderen Bodenunterschieden leicht überlagert werden. Die Geoelektrik ist somit nicht geeignet für die flächenhafte Darstellung von Verdichtungen im GIS, kann aber eventuell bei definierten Belastungsversuchen eingesetzt werden.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] www.geoserve.de
- [2] Lück, E., M. Eisenreich und H. Domsch: Innovative Kartiermethoden für die teilflächenspezifische Landwirtschaft. Stoffdynamik in Geosystemen. Universität Potsdam, 2002
- [3] • Knödel, K., H. Krummel und G. Lange: Geophysik - Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten. Springer Verlag, Heidelberg, 1997

Bild 3: Einfluss der Teilflächen auf die Höhe des Messwertes

Fig. 3: Influence of partial areas on the extent of the measuring value

