

# Der OhmMapper

## Geoelektrikkartierung mit kapazitiver Ankopplung

*Der auf kapazitiver Ankopplung basierende OhmMapper stellt eine messtechnische Alternative zu den bislang in der Landwirtschaft benutzten Verfahren der geoelektrischen Bodenkartierung dar. Potenziell verbindet er die Vorteile der guten Ankopplung sowie der leichten und kompakten Bauweise der elektromagnetischen Induktionsmethode mit der guten Auswertbarkeit galvanisch gekoppelter Verfahren. Die Versuchsmessungen zeigen jedoch, dass das Gerät aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften und der mitunter auftretenden Messfehler kaum für den Einsatz in der Landwirtschaft geeignet ist.*

Die Kartierung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit (ECa) oder des scheinbaren elektrischen Widerstands (ERa) des Bodens durch geoelektrische Verfahren ist in Forschung und Praxis der präzisen Landbewirtschaftung ein anerkanntes Verfahren zur Erfassung der räumlichen Variabilität von Böden. Die ECa, gemessen in mS/m, oder ihr Kehrwert, die ERa, gemessen in  $\Omega\text{m}$ , wird von verschiedenen Bodeneigenschaften beeinflusst, von denen viele pflanzenbaulich bedeutsam sind [1].

Zur Erstellung von ECa-Karten für die Landwirtschaft wird ein mobiler, kontinuierlich messender Sensor mit einem Fahrzeug über die Fläche gezogen und gleichzeitig per GPS die Position bestimmt. Am häufigsten wird weltweit das auf elektromagnetischer Induktion basierende EM38 von Geonics Ltd. benutzt. Ebenfalls weit verbreitet ist das auf galvanisch gekoppelter Widerstandsmessung beruhende Veris 3100 der Firma Veris Technologies. Der OhmMapper der Firma Geometrics Inc., CA/USA, ist dage-

gen in der Landwirtschaft ein noch wenig bekanntes und benutztes Gerät. Der OhmMapper misst den ERa des Bodens über kapazitive Ankopplung (Bild 1 a). Die kapazitive Ankopplung nach dem Kondensator-Prinzip umgeht die Probleme, die die galvanische Ankopplung auf hartem, trockenem oder gefrorenem Untergrund hat. Dabei können ERa-Messungen durch kapazitive Ankopplung unter bestimmten Rahmenbedingungen ähnlich behandelt werden wie Messungen mit der klassischen, galvanisch gekoppelten Technik [2]. Dies hat den Vorteil, dass man auf eine große Auswahl an bewährten Auswertungsverfahren zurückgreifen kann.

### Messprinzip und Aufbau des Gerätes

Der OhmMapper besteht aus einer Vierpunkt-Anordnung von Kondensatorplatten, analog zur Vierpunkt-Anordnung von Elektroden bei der klassischen Gleichstromgeoelektrik (Bild 1 b). Bei der Vierpunkt-An-

Dipl.-Ing. agr. Robin Gebbers ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Technik im Pflanzenbau am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Alle 100, 14469 Potsdam; e-mail: rgebbers@atb-potsdam.de  
Dr. Erika Lück arbeitet am Lehrstuhl für Angewandte Geophysik, Institut für Geowissenschaften der Universität Potsdam, Karl-Liebknecht-Str. 24, 14476 Potsdam-Golm.

### Schlüsselwörter

Präzisionslandwirtschaft, Geoelektrik, Bodenkartierung

### Keywords

Precision farming, geoelectrics, soil mapping

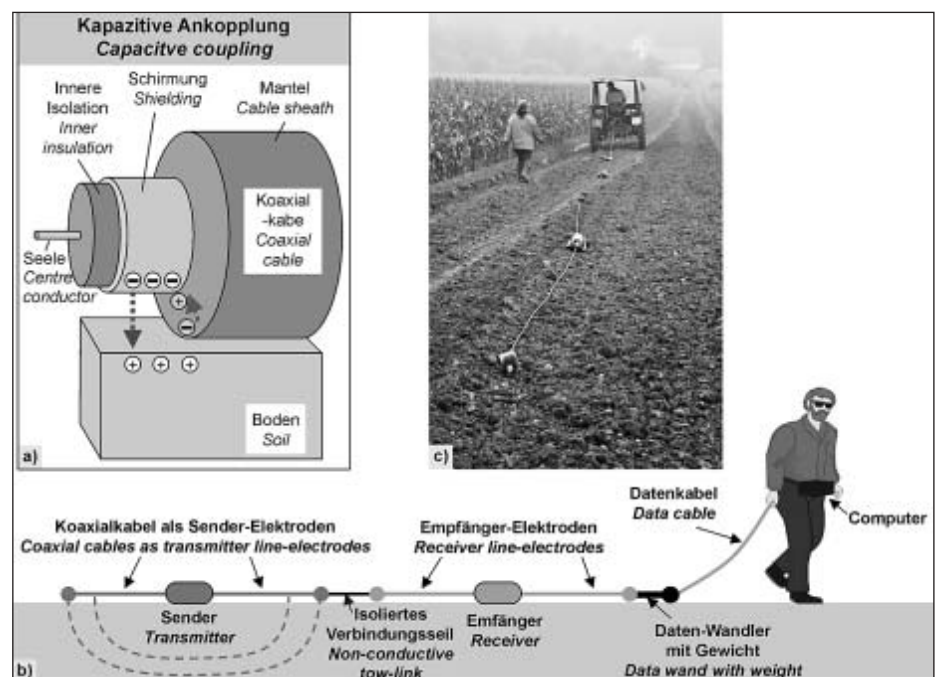


Bild 1: Messprinzip und Aufbau des OhmMappers, Geometrics Inc., CA/USA

Fig. 1: Measuring principle and construction of the OhmMapper, Geometrics Inc., CA/USA

ordnung wird Strom durch einen einspeisenden Dipol in den Boden geleitet und der Spannungsabfall mit einem zweiten Dipol gemessen. Die vier „Kondensatorplatten“ des OhmMappers bestehen aus Koaxialkabeln, wovon jeweils zwei den Einspeisedipol (Sender) und den Messdipol (Empfänger) bilden. In der Mitte des jeweiligen Dipols befinden sich die Gehäuse für die Elektronik und die Batterien von Sender und Empfänger. Die äußere Schirmung aus Kupferdraht-Geflecht bildet die eigentliche Kondensatorplatte. Die Kabel sind durch eine widerstandsfähige Kunststoff-Ummantelung geschützt. Da die Kabel über ihre gesamte Länge ankoppeln, spricht man auch von Linien-Elektroden. Bei der kapazitiven Ankopplung wird der Strom durch Verschiebestrome in den Boden übertragen. Die Leitung durch Verschiebestrome nimmt mit der Frequenz des Wechselstroms zu. Um genügend Strom einspeisen zu können, wird eine Mindestfrequenz von 1,6 kHz benötigt. Um niedrige Induktionszahlen zu gewährleisten, darf die Frequenz jedoch 25 kHz nicht übersteigen. Der OhmMapper liegt mit einer Frequenz von 16,5 kHz im mittleren Bereich zwischen diesen beiden Grenzen. Je nach Leitfähigkeit des Untergrundes muss die Stromstärke des Senders angepasst werden. Dies erfolgt automatisch mit 0,125 bis 16 mA. Die jeweilige Stromstärke wird dem Empfänger über ein aufmoduliertes 4-Hz-Signal mitgeteilt. Ein weiteres aufmoduliertes 2-Hz-Signal dient dazu, Sender- und Empfängerfrequenz zu synchronisieren. Der Empfänger hat bei 16,5 kHz eine Impedanz von 10 M $\Omega$ . Bei anderen Frequenzbereichen ist diese Impedanz geringer. Dadurch werden Störungen, beispielsweise durch das 50-Hz-Stromnetz, ausgefiltert. Weitere Details zum Messprinzip sind [2] zu entnehmen.

Mit dem zum OhmMapper gehörenden tragbaren Computer werden die Messwerte aufgezeichnet und kontrolliert. Der Anschluss eines GPS ist möglich. Eine mitgelieferte PC-Software erlaubt die Visualisierung, Nachbearbeitung (Filterung) und den Export der Daten.

Durch Variation der Dipollänge und des Sender-Empfänger-Abstands sind Messungen in unterschiedlichen Tiefen möglich. Es standen Kabel von 2,5 und 5 m Länge zur Verfügung. Für den mobilen Einsatz sind ein Sender-Kabel und ein Empfänger-Kabel durch ein Seil zu verbinden. Dadurch befinden sich Sender- und Empfänger-Dipol auf einer Linie. Diese Konfiguration wird als Dipol-Dipol-Anordnung bezeichnet. Durch das Aneinanderhängen von weiteren Empfängern können mehrere Messtiefen gleichzeitig erfasst werden.

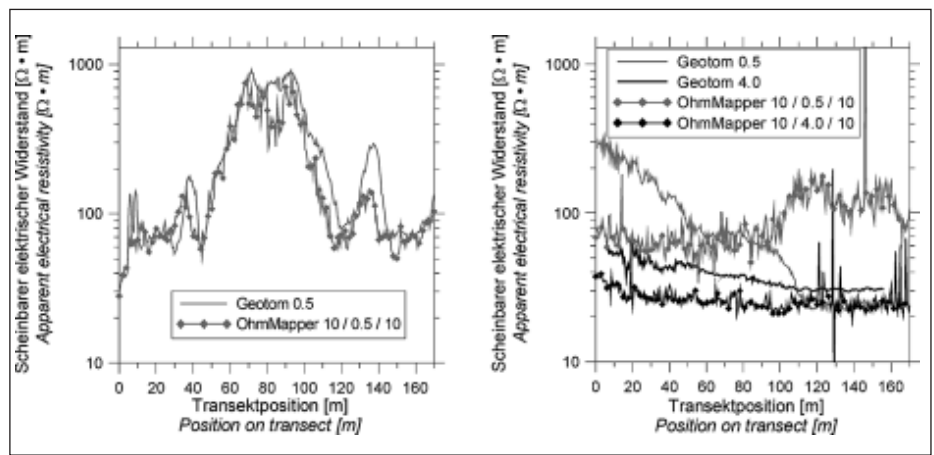


Bild 2: Vergleich von GeoTom (Referenz) und OhmMapper auf einem sandig-lehmigen Grundmoränen-Standort (links) und auf Tonstein mit von links nach rechts abnehmender sandiger Deckschicht (rechts)

Fig. 2: Comparing the GeoTom (reference) and the OhmMapper in a ground moraine location with sandy to loamy soils (left) and in a mudstone area (right) with a sandy top layer decreasing from left to right

### Untersuchungsmethoden

Der OhmMapper wurde auf Böden unterschiedlicher geologischer Herkunft eingesetzt [3]. Ein Teil der Messungen erfolgte auf Referenztrassen, die vorher mit einer GeoTom Multielektroden-Apparatur untersucht wurden [3]. Die Multielektroden-Apparatur arbeitet nach dem Prinzip der Gleichstrom-geoelektrik mit galvanischer Ankopplung. Bis zu 100 stationäre Elektroden sind ansteuerbar. Die Elektroden wurden in 50 cm Abständen gesteckt und in Wenner-Anordnung geschaltet. Automatisch wurden sukzessive die Elektrodenabstände auf 4 m erhöht und die Messpositionen entlang der Trasse verschoben. Die interne Fehlerkontrolle sorgte für eine Aufzeichnung stabiler Messwerte mit geringem Rauschen. Bestimmte Elektrodenabstände der GeoTom-Messungen weisen ähnliche Messtiefen wie bestimmte Kabel-Konfigurationen des OhmMappers auf. Bild 2 vergleicht flache und tiefe Messungen der GeoTom bei 0,5 und 4 m Elektrodenabständen mit OhmMapper-Messungen bei 0,5 und 4 m Abständen zwischen 10 m Dipolen. Auf den Referenztrassen wurde der OhmMapper per Hand gezogen und über ein Maßband georeferenziert. Zusätzlich erfolgten flächendeckende Kartierungen mit GPS, bei denen der OhmMapper an ein Fahrzeug angehängt wurde (Bild 1 c).

### Ergebnisse

Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Widerstandsmessung über kapazitive Ankopplung ist ein gleichmäßiger Abstand der Dipole zum Boden. Beim OhmMapper wird angenommen, dass dies durch die flexiblen Koaxialkabel gegeben ist. Bei unseren Messungen mit kurzen Kabeln (2,5 m, entsprechend 5-m-Dipol) zeigte sich jedoch ein erhebliches Rauschen, dies wird auch in [4] berichtet. Auch mit längeren Kabeln fielen extreme Ausreißer auf und zwar

unabhängig von der Oberflächenrauigkeit (Bild 2). [4] empfiehlt daher eine Glättung der Messwerte. Auf Böden mit hoher elektrischer Leitfähigkeit waren starke Abweichungen von Referenzmessungen zu beobachten (Bild 2 rechts). In der Praxis ist die Handhabung beim Schleppen mit einem Fahrzeug schwierig. Sowohl auf grader Strecke als auch in Kurven verhakt sich die Auslage an Hindernissen. Dann wird die Überlastsicherung ausgelöst und die Messung bricht ab. In Kurven sind die Messungen durch die Änderung der Messgeometrie und die Seitwärtsbewegung der Auslage stark gestört und müssen in der Regel verworfen werden.

### Schlussfolgerung

Der OhmMapper realisiert ein interessantes Messprinzip, das potenziell einige Vorteile hat. Bereits aufgrund der mechanischen Anfälligkeit dürfte sich das Gerät jedoch für landwirtschaftliche Flächenkartierungen nicht durchsetzen.

### Literatur

- [1] Domsch, H., T. Kaiser und K. Witzke: Elektrische Bodenleitfähigkeit und Nährstoffbeprobung – Untersuchungen in einer Altmoränenlandschaft. Landtechnik 58 (2003), H. 3, S. 140 – 141
- [2] Kuras, O., D. Beamish, P.I. Meldrum and R. D. Oglivvy: Fundamentals of the capacitive resistivity technique. Geophysics 71 (2006), no.3, pp. G135 – G152
- [3] Gebbers, R., and E. Lück: Comparison of geoelectrical methods for soil mapping. In: 5th European Conference on Precision Agriculture (5ECA) and Precision Livestock Farming (2ECPLF). 9.-12. June 2005, Uppsala (Sweden). Wageningen Academic Publisher: Wageningen (The Netherlands), 2005, pp. 473 – 479
- [4] Møller, I.: OhmMapper field tests at sandy and clay till sites in Denmark. 7th meeting, Environmental and Engineering Geophysical Society – European Section. Proceedings, 2001, pp. 100 – 101