

# Elektrische Bodenleitfähigkeit und Bodentextur

*Eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung erfordert mehr Informationen über den Boden und den Pflanzenbestand. Zu einer kostengünstigen Ermittlung von Bodenparametern kann die Messung der elektrischen Bodenleitfähigkeit beitragen. Aus ihr lässt sich für einen beträchtlichen Teil der Böden Brandenburgs der mittlere Tongehalt des Bodens schätzen.*

Dr.-Ing. Horst Domsch und Agraring. Antje Giebel sind Mitarbeiter in der Abteilung Technik im Pflanzenbau am Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max.Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (wissenschaftlicher Direktor: Prof.Dr.-Ing. J. Zasko); e-mail: [hdomsch@atb-potsdam.de](mailto:hdomsch@atb-potsdam.de)

Für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung wird den Mitarbeitern H.-J. Horn und U. Wendt herzlich gedankt.

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes.

Dem Landesumweltamt Brandenburg gilt der Dank für die Bereitstellung von Daten der Dauerbeobachtungsflächen Brandenburg.

## Schlüsselwörter

Teilflächenspezifische Bewirtschaftung, elektrische Bodenleitfähigkeit, Bodentextur, EM38

## Keywords

Precision agriculture, soil electrical conductivity, soil texture, EM38

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 00513 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Eine umweltschonende und nachhaltige Landbewirtschaftung orientiert sich an den Merkmalen des Standortes und des Pflanzenbestandes. Die teilflächenspezifische Bewirtschaftung erfordert eine positionsbezogene Kennzeichnung, die die Unterschiede innerhalb des Schläges hervorhebt. Der hierfür erforderliche Aufwand darf jedoch die Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Erzeugung nicht gefährden.

Die Saatgut- und Nährstoffbemessung richtet sich vor allem nach der potenziellen Ertragsfähigkeit des Standortes. Diese hängt unter deutschen Produktionsbedingungen hauptsächlich von der Wasserversorgung ab. Um die Wasserspeicherfähigkeit und -durchlässigkeit von Böden abschätzen zu können, bedarf es hinreichender Informationen über den Boden im Wurzelraum.

Dieser Forderung entsprechen am ehesten die Bodenschätzkarten der Finanzämter, die auch in den meisten landwirtschaftlichen Betrieben in Kartenform vorliegen. Um sie besser nutzen zu können, haben einige Länder begonnen, sie zu digitalisieren und zu georeferenzieren. Aber weder Klassengrenzen noch Bodenwertzahlen sind hinreichend genau, um als Grundlage für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung zu dienen.

Seit einigen Jahren sind Messeinrichtungen im Einsatz, mit denen die elektrische Bodenleitfähigkeit kontinuierlich bei Geschwindigkeiten von etwa 20 km/h bestimmt werden kann. Bereiche gleicher elektrischer Bodenleitfähigkeit sind auch Bereiche eines in etwa gleichen Bodenprofils. Auf diese Weise lassen sich Klassenflächen ausgliedern, die unter Nutzung vorhandener oder neu zu bestimmender Bodeninformationen als Grundlage für hochauflösende Bodenkarten dienen können.

Ziel der Arbeit war es zu analysieren, ob der Zusammenhang zwischen der elektrischen Bodenleitfähigkeit bei Verwendung des Gerätes EM38 und dem mittleren Tongehalt des Bodens für typische Standorte Brandenburgs allgemeingültig beschrieben werden kann.

## Stand des Wissens

### Messprinzip des EM38

Das Gerät EM38 der kanadischen Firma Ge-

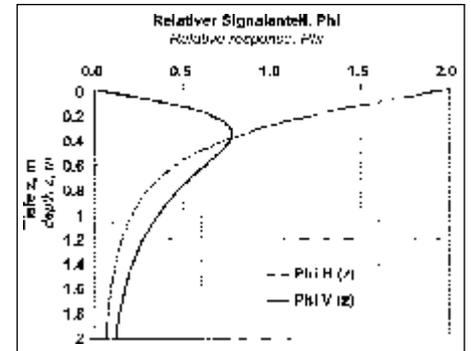


Bild 1: Relativer Signalanteil dünner Bodenschichten zum Messsignal in der Tiefe  $z$  unterhalb des EM38 im vertikalen und horizontalen Dipolmodus (nach [2])

Fig. 1: Relative response of thin soil layers versus depth for vertical and horizontal dipoles (according to [2])

onics Limited arbeitet nach dem Messverfahren der elektromagnetischen Induktion. Ein etwa 1 m langer Träger enthält an beiden Enden je eine Spule. Die Senderspule wird mit Wechselstrom von 14,6 kHz gespeist und baut ein primäres Magnetfeld auf. In einem elektrisch leitenden Medium wie dem Boden erzeugt dieses Wechselfeld Wirbelströme, die ihrerseits ein sekundäres Magnetfeld hervorrufen. In der Empfängerspule wird die Wirkung beider Magnetfelder erfasst. Das Verhältnis aus Sekundär- und Primärfeld ist direkt proportional der elektrischen Bodenleitfähigkeit des Bodens. Ein geräteinterner Rechner bereitet das Messsignal auf, so dass die elektrische Bodenleitfähigkeit auf einem Display abgelesen oder als analoges Spannungssignal einem externen Rechner zugeführt werden kann [1].

Das Messprinzip erfordert keinen Kontakt des Gerätes mit dem Boden. Es lässt sich auf schlittenähnlichen, nicht leitenden Einrichtungen befestigen und über den Boden ziehen. Die zusätzliche Nutzung einer DGPS-Einrichtung erlaubt jedem Messwert einen Positionswert zuzuordnen.

Das EM38 bietet zwei Varianten der Bodenkennzeichnung. Stehen die Spulenachsen senkrecht zur Bodenoberfläche, spricht man vom vertikalen, stehen sie parallel zu ihr, vom horizontalen Dipolmodus [2].

Die scheinbare elektrische Bodenleitfähigkeit ist ein mittlerer, gewichteter Wert, der sich aus der Leitfähigkeit der einzelnen Schichten des gesamten vom Magnetfeld beeinflussten Bodenprofils zusammensetzt.

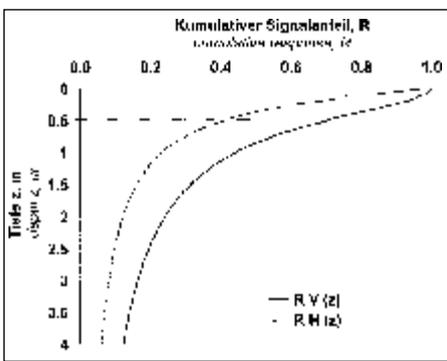


Bild 2: Kumulativer Signalanteil aus den Bodenschichten unterhalb der Tiefe z im vertikalen und horizontalen Dipolmodus (nach [2])

Fig. 2: Cumulative response of thin soil layers versus depth for vertical and horizontal dipoles (according to [2])

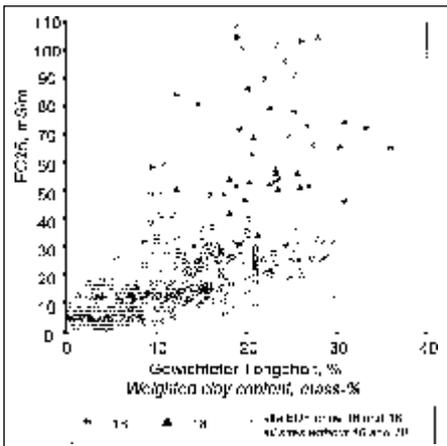


Bild 3: Die elektrische Bodenleitfähigkeit  $EC_{25}$  aller betrachteten Bodenprofile in Abhängigkeit von dem gewichteten Tongehalt

Fig. 3: Soil electric conductivity  $EC_{25}$  of all soil profiles observed versus weighted clay content

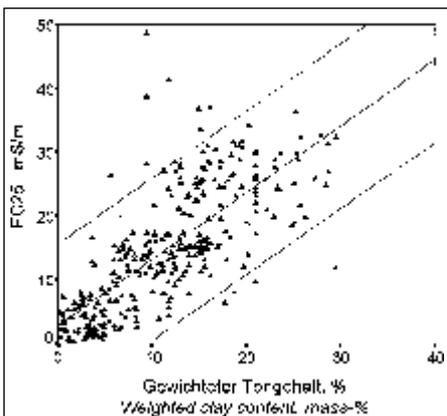


Bild 4: Die elektrische Bodenleitfähigkeit  $EC_{25}$  für Bodenprofile mineralischer Böden ohne Stauwassereinfluss in Abhängigkeit von dem gewichteten Tongehalt

Fig. 4: Soil electric conductivity  $EC_{25}$  of mineral soil profiles without back water versus weighted clay content

Der Signalanteil einer bestimmten Schicht zu diesem Wert ergibt sich aus ihrem Abstand zum Gerät (Bild 1). Der kumulative Signalanteil zeigt an, welcher Signalanteil

dem Bereich unterhalb der Tiefe z entstammt (Bild 2).

Als Messtiefe wird diejenige definiert, bei der nur noch etwa 30% des Signalanteils durch die tiefer gelegenen Bodenschichten hervorgerufen werden. Die theoretische Messtiefe im vertikalen im Dipolmodus beträgt somit 1,5 m, im horizontalen 0,75 m, die praktische geht jedoch darüber hinaus (Bild 2) [1].

#### Die Bodenleitfähigkeit beeinflussende Faktoren

Die scheinbare elektrische Bodenleitfähigkeit spiegelt unterschiedliche Eigenschaften eines Bodenprofils in einem Wert wider. Wesentliche Einflussfaktoren sind der Wassergehalt des Bodens, der Tongehalt sowie die Bodentemperatur. Der Einfluss der letzteren kann rechnerisch kompensiert werden [3]. Somit ist die Kartierung der elektrischen Bodenleitfähigkeit zur Bestimmung der Textur (des Tongehaltes) geeignet, wenn der Bodenwassergehalt als hinreichend konstant angesehen werden kann.

#### Abhängigkeit der elektrischen Bodenleitfähigkeit von der Textur

Die Abhängigkeit der scheinbaren elektrischen Bodenleitfähigkeit von einem mittleren Tongehalt im Bodenprofil für einzelne Flächen ist bereits mehrfach aufgezeigt worden. Untersuchungsergebnisse, die für eine standardisierte elektrische Bodenleitfähigkeit und für große Landschaftsräume gelten, konnten dagegen nicht ermittelt werden.

Aus Untersuchungen auf 360 ha Ackerfläche in Deutschland leiten Neudecker et al ab, dass Wertebereiche von 5 bis 15 mS/m typisch für Sandböden sind, höhere Werte von 30 bis 60 mS/m den tonigen Böden entsprechen und die Zwischenbereiche typisch für die Lehm Böden sind [4].

#### Methode

Die Zielstellung erfordert den Vergleich der Werte der elektrischen Bodenleitfähigkeit mit dem mittleren Tongehalt von Böden, die typisch für Brandenburg sind. Profilbeschreibungen von für Brandenburg repräsentativen Böden und deren Positionen stellte das Landesumweltamt Brandenburg zur Verfügung. Es sind Profile, die bei der Einrichtung der Bodendauerbeobachtungsflächen in Brandenburg erhoben worden waren. An den angegebenen Positionen erfolgte im Frühjahr 2000 bei Feldkapazität die Ermittlung der elektrischen Bodenleitfähigkeit mit dem EM38 im vertikalen Dipolmodus direkt auf der Bodenoberfläche.

Die Werte der elektrischen Bodenleitfähigkeit wurden unter Nutzung der Übertragungsfunktion von Durlleser [3] auf eine

einheitliche Bodentemperatur von 25°C umgerechnet. Aus der Bodenart und Mächtigkeit der einzelnen Bodenhorizonte eines Profils und unter Berücksichtigung der Responsefunktionen (Bild 1 und 2) konnte für jedes Bodenprofil ein gewichteter Tongehalt ermittelt werden.

#### Ergebnisse

Die Untersuchungen erfolgten auf insgesamt 16 Dauerbeobachtungsflächen (DBF), die über das Gebiet Brandenburgs verteilt waren. Insgesamt standen damit 439 Profile für die Auswertung zur Verfügung [5]. Der größte Teil der Messpunkte lässt in der Grundtendenz eine lineare Abhängigkeit zwischen dem gewichteten Tongehalt und der auf 25°C bezogenen elektrischen Bodenleitfähigkeit erkennen (Bild 3). Eine Ausnahme bilden vor allem die Profile der Standorte 16 und 18.

Werden die Profile unter Beachtung der Mächtigkeiten mineralischer, wasserunbeeinflusster Horizonte und wasserstauer Gleyhorizonte beschrieben und mittels einer Clusteranalyse gruppiert, wird der Einfluss wasserbeeinflusster Horizonte sichtbar.

Im Cluster der im Wesentlichen wasserunbeeinflussten, mineralischen Böden verbleiben 316 Profile (Bild 4). Für dieses Cluster ergibt sich die Beziehung

$$EC_{25} = 2,735 + 1,044 T_w,$$

die 59% der Variabilität der elektrischen Bodenleitfähigkeit durch den gewichteten Tongehalt erklärt ( $EC_{25}$  = Elektrische Bodenleitfähigkeit bei 25°C (mS/m);  $T_w$  = gewichteter Tongehalt des Bodens (%)).

Die Profile der Dauerbeobachtungsflächen 16 und 18 sind durch Gleyhorizonte geprägt und sind in diesem Cluster nicht mehr enthalten. Es ist anzunehmen, dass die Gleyhorizonte zum Zeitpunkt der Messungen einen Wassergehalt oberhalb der Feldkapazität aufwiesen und somit nicht den festgelegten Messbedingungen entsprachen.

#### Schlussfolgerungen

Daten der elektrischen Bodenleitfähigkeit unterschiedlicher Messungen lassen sich gemeinsam analysieren, wenn einmal festgelegte Messbedingungen für deren Ermittlung konsequent eingehalten werden. Somit konnten für Böden aus ganz Brandenburg gemeinsame Beziehungen abgeleitet werden.

Die Einhaltung von Messbedingungen reduziert den Einsatzzeitraum für die Messungen der elektrischen Bodenleitfähigkeit, wodurch sich die Kosten erhöhen werden.

Messungen auf Gleyböden im Zustand der Feldkapazität lassen sich nur schwierig realisieren.