

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DGB  
Kommission IV  
Titel der Tagung: Böden verstehen –  
Böden nutzen – Böden  
fit machen  
Veranstalter: DGB, September 2011, Berlin  
Berichte der DGB (nicht begutachtete online  
Publikation)  
<http://www.dbges.de>

### **Online-Erfassung der räumlichen Variabilität von pH-Werten in Ackerböden mit der Sensorplattform Veris MSP als Grundlage einer teilflächenangepassten Kalkapplikation**

*A. Borchert<sup>1</sup>, D. Trautz<sup>1</sup>, H.-W. Olf<sup>1</sup>*

#### **Zusammenfassung**

Die Sensorplattform Veris MSP bietet eine praxistaugliche Möglichkeit zur intensiven Boden pH-Wert- und EC-Beprobung. Um die erhobenen Daten für die Kalkdüngungspraxis verwendbar zu machen, sind diese durch Referenzprobennahmen zu kalibrieren. An der Hochschule Osnabrück wurde hierfür eine praxistaugliche Vorgehensweise erarbeitet, die die Einbindung der Veris MSP Daten für eine teilflächenspezifische Kalkapplikation ermöglicht.

Im Rahmen eines einjährigen pflanzenbaulichen Versuches in Mais, konnte anschließend gezeigt werden, dass durch teilflächenspezifische Kalkapplikation die Kalkdüngungsmaßnahme optimiert werden kann. Somit werden Über- bzw. Unterversorgung vermieden und eine gleichmäßigere Erreichung der Versorgungsstufe C erzielt.

#### **Schlüsselworte**

Veris MSP, Online-pH-Wert-Messung, teilflächenspezifische Kalkapplikation

#### **Einleitung**

Natürliche Prozesse und ackerbauliche Maßnahmen führen stetig zur Versauerung landwirtschaftlich genutzter Böden. Eine regelmäßige Kalkapplikation zur Sicherstellung des optimalen Boden-pH-Wertes

und damit optimalen Pflanzenwachstums ist daher praxisüblich. Die benötigte Düngermenge wird hierfür mithilfe der VDLUFA Verbandsmethode ermittelt (VDLUFA, 2002), wobei der Kalk anschließend meistens flächeneinheitlich ausgebracht wird. Wie Untersuchungen an der Hochschule Osnabrück (Borchert et al., 2010) sowie Ergebnisse von Bianchini und Mallarino (2002) zeigen, variieren Boden-pH-Werte allerdings kleinräumig stark. Dies bleibt in der Praxis unberücksichtigt. Eine teilflächenangepasste Kalkung bietet sich somit an, setzt jedoch eine sehr engmaschige Beprobungsdichte voraus.

Das Veris MSP, eine von der Firma Veris Technologies in den USA entwickelte Sensorplattform, misst online hochaufgelöst Boden-pH-Werte und gewährleistet so eine hohe Beprobungsdichte. Kleinräumige pH-Wert Differenzen werden sicher erfasst und Zonen mit unterschiedlichen pH-Werten innerhalb von Schlägen sind klar abgrenzbar (Olf und Trautz, 2009). Im Vergleich zeigt sich eine zufriedenstellende Beziehung zwischen den beiden pH-Wert Bestimmungsverfahren ( $r^2 = 0,6$ ; Borchert et al., 2010), jedoch liegen die mittels Sensor ermittelten pH-Werte im Bereich kleiner pH 5,5 höher (Borchert et al., 2010).

Parallel erfasst der Sensor die elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC), die es erlaubt, Aussagen über Bodenunterschiede in der Fläche zu treffen (Lund et al., 2005). Mehrfachkartierungen eines Schlages zu verschiedenen Terminen ergeben enge Beziehungen zwischen den gemessenen EC-Werten ( $r^2 > 0,8$ ), was auf eine hohe Reproduzierbarkeit der Daten schließen lässt. Weitere Untersuchungen belegen, dass hohe EC-Werte auf hohe Tongehalte hinweisen, jedoch eine quantitative Umrechnung nicht möglich ist.

Die erfassten Sensordaten sind daher nicht direkt in der Kalkdüngempfehlung nach VDLUFA Verbandsmethode nutzbar, jedoch lässt sich die Eingliederung einer Flächenkartierung mit dem Veris MSP mithilfe von Referenzbodenproben realisieren. Ein entsprechendes Konzept wurde an der Hochschule Osnabrück im Rahmen des

<sup>1</sup> Fachgruppe Pflanze, Hochschule Osnabrück

Forschungsprojektes „Erfassung der räumlichen Variabilität der pH-Werte im Boden zur Optimierung acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen“ (EFRE-80029307) entwickelt und evaluiert, um zukünftig teilflächenspezifisch Kalk auszubringen zu können. Zusätzlich ist die Bedeutung für den Boden-pH-Wert durch eine teilflächenspezifische im Vergleich zu einer uniformen Kalkdüngung in einem einjährigen Versuch zu Mais untersucht worden.

## Material und Methoden

Die an der Hochschule Osnabrück erarbeitete Vorgehensweise zur Verwendung der Veris MSP Daten unter den Rahmenbedingungen der VDLUFA Verbandsmethode ist beispielhaft für den Schlag Rottland (ca. 12 ha; Bodenart SI3-SI4) durchgeführt worden. Hierzu ist die Fläche zunächst mit dem Veris MSP (Abb. 1) auf pH- und EC-Wert kartiert worden.

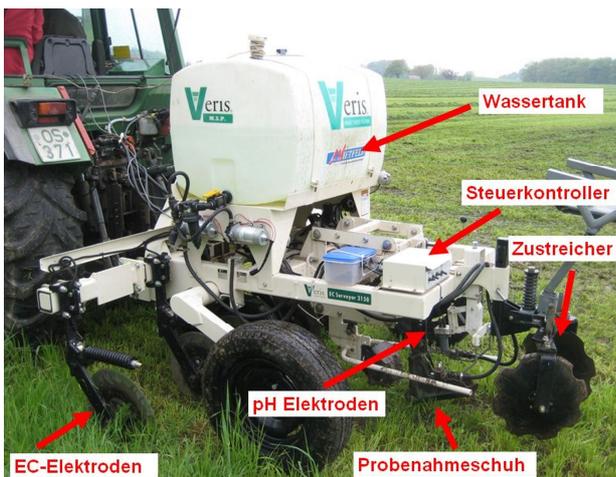


Abb. 1: Sensorplattform Veris MSP

Als Schlepperanbaugerät ist das Veris MSP mit einem hydraulisch gesteuerten Probenahmeschuh ausgerüstet, welcher während der Fahrt in einer Bodentiefe von 8–10 cm geführt und anschließend mit Boden gefüllt ausgehoben wird. Es entsteht ein direkter Kontakt zwischen feldfeuchter Bodenprobe und zwei parallel angeordnete Elektroden, welche den pH-Wert des Bodens messen. Bei Unterschieden zwischen den Messergebnissen beider Elektroden von mehr als 0,5 pH-Wert Einheiten wird der Messwert verworfen. Jeder Messzyklus wird durch die Reinigung der Elektroden mit Wasser abgeschlossen, während der Probenahmeschuh die nächste Bodenprobe sammelt. Der ge-

samte Messablauf erfolgt bei kontinuierlicher Fahrt und wird automatisch gesteuert. Neben dem pH-Wert misst das Veris MSP die elektrische Leitfähigkeit des Bodens anhand der sechs parallel angeordneten Elektrodenscheiben in einer Tiefe von 0–30 cm sowie 0–90 cm. Bei Fahrspurabständen von 15 m und einer Fahrgeschwindigkeit von ca. 10 km/h sind ca. 25–30 pH-Wert Proben/ha und 340–360 EC-Werte/ha gemessen worden.

Alle erfassten Daten sind anschließend direkt auf dem Schlag in die an der Hochschule Osnabrück entwickelte, auf Excel basierende Software „VerisSa Feld“ eingelesen worden. Die pH-Wert Daten werden dabei automatisch orientiert am Median in drei Klassen (niedrig, mittel, hoch) eingruppiert und die einzelnen Messpunkte als Schlagkarte dargestellt. Für jede Klasse wird eine repräsentative Zone ausgewählt (Abb. 2). Aus jeder der drei gewählten Zonen auf dem Schlag ist danach manuell eine Bodenmischprobe (15 Einstiche mit dem Bohrstock 0–30 cm; Radius = 7,5 m) als Referenzprobe entnommen und deren pH-Wert nach VDLUFA Verbandsmethode im Labor analysiert worden.

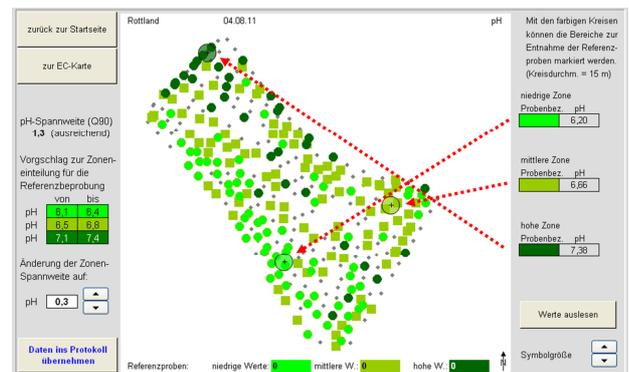


Abb. 2: Veris pH-Messpunkte eingeteilt in Klassen mittels Software „VerisSa Feld“ und Referenzprobenorte (Kreise mit Kreuz)

Durch entsprechendes Vorgehen sind Zonen für die Referenzbodenprobenahme der EC-Wert Messung ausgewählt worden (Abb. 3). Die Klasseneinteilung erfolgte nach der Methode „Gleiche Klassenstärke“. An 5 Stellen auf dem Schlag sind danach manuell Bodenmischproben (8 Einstiche mit dem Bohrstock auf 0–30 cm; Radius = 7,5 m) entnommen und mittels

Fingerprobe die Bodenart nach AG Boden (2005) bestimmt worden.

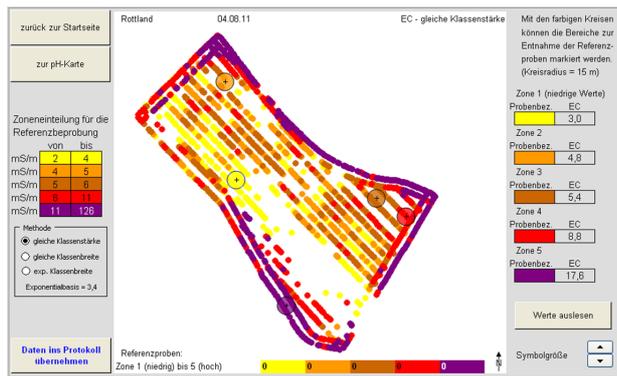


Abb. 3: Veris EC-Wert Messpunkte eingeteilt in Klassen mittels Software „VerisSa Feld“ nach der Methode „Gleiche Klassenstärke“ und Referenzprobenorte (Kreise mit Kreuz)

Eine Weiterverarbeitung der Veris MSP Daten und der Ergebnisse der Referenzprobenahmen erfolgt in der Excel basierten Software „VerisSa Büro“. Mithilfe der Regressionsfunktion ( $y = 0,991 \cdot x - 0,649$ ), ermittelt aus Veris MSP pH-Werten und den dazugehörigen Labor-pH-Werten der drei Zonen, sind die Veris pH-Werte in VDLUFA konforme Werte transformiert worden. Nach Verdichtung der EC-Messwerte um die pH-Wert Messpunkte konnte jedem Messpunkt eine Bodenart und die entsprechende Bodenartengruppe zugeordnet werden. Nach Angabe des Humusgehaltes (Bestimmung über Farbkarten) ist für jeden Messpunkt die empfohlene Kalkdüngermenge berechnet worden. Der dadurch erzeugte Datensatz ist im Anschluss in der GIS-Software OpenJump zur Erstellung der Kalkapplikationskarte (Raster 11x11 m) verwendet worden.

Im Frühjahr 2010 ist zur Kultur Mais auf dem Schlag „Roliyman“ (ca. 7 ha; Bodenart Sl2) Kalkdünger (Söka I mit 45 % CaO) mittels Zwei-Scheiben-Düngerstreuer in den folgenden drei Varianten appliziert worden:

**Standard:** 1,9 t CaO/ha (= Ø pH-Wert 5,5)

**Teilflächenspezifisch:** CaO-Menge/ha entsprechend standortbezogenem pH-Wert

**Kontrolle:** keine Kalkapplikation.

Bei diesem Versuch handelt es sich um einen Großparzellenversuch mit fünf Wiederholungen. Es sind die pH-Werte, gemessen nach Vorgaben des VDLUFA (2002), der jeweiligen Varianten als Mischprobe der Wiederholung vor Versuchsbeginn und in jeder einzelnen Parzelle nach der Maisernte erfasst worden.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Kartierung des Schlags Rottland mittels Veris MSP weist deutliche Unterschiede im Boden-pH-Wert auf. Dieser variiert zwischen Veris pH 5,6 und 7,7. Eine teilflächenspezifische Kalkapplikation bietet sich daher an. Die hierfür benötigte vor Ort Auswertung der Sensordaten zur Bestimmung der Referenzprobenorte ist über die Excel-basierte Software „VerisSa Feld“ sichergestellt worden. Die Einteilung der Veris pH-Werte in 3 Klassen (tief, mittel, hoch) erwies sich als günstig, da so das gesamte pH-Wert Spektrum für die Referenzprobenahme erfasst wird. Eine Optimierung der Referenzprobenahme ist durch Einteilung in mehr als 3 Klassen bei großen Veris pH-Wert Spannweiten, Einteilung der Klassen unter Berücksichtigung der vorliegenden Bodenarten sowie die Anwendung geostatistischer Werkzeuge zur Ermittlung der Veris pH-Werte für die einzelnen Klassen als Grundlage für den Algorithmus denkbar. Die durchgeführten pH-Wert Messungen nach VDLUFA Verbandsmethode bestätigen die pH-Wert Klassen Zuordnung (tief, mittel, hoch). Somit ist der berechnete Algorithmus vertrauenswürdig.

Die gemessenen EC-Werte liegen zwischen 2-126 mS/m. Mittels Referenzproben und anschließender Fingerprobe sind diesen die Bodenartengruppe 2 und 3 zugeordnet worden. Die auszuwählenden Zonen zur Referenzprobenahme konnten ohne Schlagvorkenntnisse mittels „VerisSa Feld“ ermittelt werden, wobei die Einteilung der EC-Werte in 5 Klassen den gesamten EC-Werte-Bereich abdeckt. Es ist allerdings zu bedenken, dass verschiedene Methoden der Klassenbildung (gleiche Klassenstärke, gleiche Klassenbreite, exponentielle Klassenbreite) zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Da der Bodenzustand

(z. B. Feuchte, Verdichtungen) die EC-Werte beeinflusst, können Fehler bei Zuweisung der Bodenart auftreten. Möglichkeiten zur Optimierung ergeben sich durch die Eingliederung der Daten der Reichsbodenschätzung in das Verfahren und/oder die Berücksichtigung weiterer Standortfaktoren (z. B. Verdichtungen).

Die sich abschließend durch Verschneiden der VDLUFA konformen pH-Werte mit den Bodenartengruppen und dem Humusgehalt für den Schlag Rottland ergebene Kalkapplikationskarte schlägt variable Düngungsmengen von 0-6,3 t CaO/ha vor.

Im Kalkdüngungsversuch zu Mais hebt die teilflächenspezifische Kalkdüngung den pH-Wert wesentlich gleichmäßiger auf die gewünschte Versorgungsstufe C (pH-Wert 5,8–6,3) an als die aktuelle Standarddüngung (Abb. 4). Insbesondere im niedrigen pH-Wert Bereich (pH 5,1) überzeugt die teilflächenspezifische Kalkung, wo mittels Standard Applikation der Ziel-pH-Wert Bereich nicht erreicht wird. Insgesamt werden Über- und Unterversorgung mit Kalk durch variable Düngung vermieden.

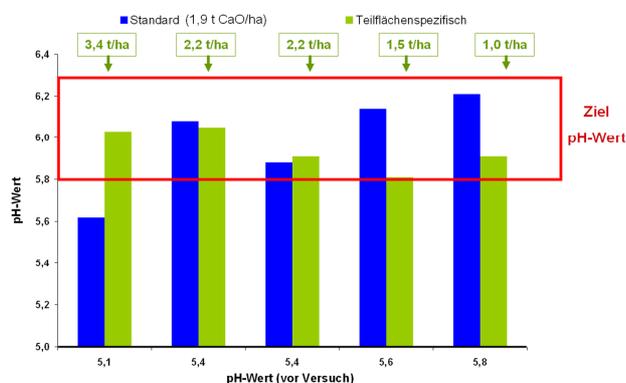


Abb. 4: Boden-pH-Werte nach teilflächenspezifischer bzw. Standardapplikation (Mittelwerte)

## Literatur

AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Bianchini, A. A., Mallarino, A. P. (2002): Soil-sampling alternatives and variable-rate liming for a soybean-corn rotation. *Agronomy Journal* 94, 1355-1366.

Borchert, A., Trautz, D., Olf, H.-W. (2010): Eignung des Online-Messverfahrens VERIS MSP zur Erfassung der räumlichen Variabilität von pH-Werten in Ackerböden: Validierung anhand von Labor- und Felduntersuchungen. *VDLUFA-Schriftenreihe* 66, 511-518, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Lund, E. D., Adamchuk, V. I., Collings, K. L., Drummond, P. E., Christy, C. D. (2005): Development of soil pH and lime requirement maps using on-the-go soil sensors. In: Stafford, J. V. (Hrsg.) *Precision Agriculture 2005*, 457-464, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Niederlande.

Olf, H.-W., Trautz, D. (2009): Einsatz des VERIS-MSP Systems zur Online-Erfassung der räumlichen Variabilität der pH-Werte in Ackerböden. *Berichte der DGB* (<http://www.dbges.de>).

VDLUFA - Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (2002): Methode A 5.2.2 Ermittlung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden auf Basis des pH-Wertes. In: *VDLUFA-Methodenbuch, Bd. I Die Untersuchung von Böden*, 4. Aufl., VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

## Danksagung

Dieses Projekt wird gefördert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (Fördernummer 80029307) und die NBank.