

Präzise Kalkung durch Integration hochauflösender Bodensensordaten

Ingmar Schröter¹, Sebastian Vogel², Swen Meyer³, Charlotte Kling⁴, Jörg Rühlmann³, Robin Gebbers² und Eckart Kramer¹

Abstract: Im Land Brandenburg ist nur auf 26 % der Ackerflächen der Boden-pH-Wert im optimalen Bereich [ZE12]. Entsprechend kann es auf 74 % der Flächen durch suboptimale pH-Werte zu Verschlechterungen der Bodenfruchtbarkeit und damit zu Ertragsminderungen kommen. Ein gezieltes pH-Management durch Kalkdüngung kann dem entgegenwirken. Das Projekt pH-BB „Präzise Kalkung in Brandenburg“ zielt auf die Entwicklung und Praxiseinführung von innovativen Lösungen, um das derzeit praktizierte pH-Management in Brandenburger Landwirtschaftsbetrieben an die Erfordernisse einer modernen, ressourcenschonenden und ertragsoptimierten Landbewirtschaftung anzupassen. Mit hochauflösenden Bodensensoren und Datenfusion soll eine schnelle und kostengünstige Erfassung und Bewertung kalkungsrelevanter Bodenparameter sowie deren Nutzung zur teilflächenspezifische Kalkdüngung entwickelt werden.

Keywords: Kalkung, pH-Management, Präzisionslandwirtschaft, Bodensensoren, Proximal Soil Sensing, Brandenburg

1 Einleitung

Die Ertragsfähigkeit von Böden ist im hohen Maße von der Bodenreaktion, d.h. dem pH-Wert sowie dem pH-Puffervermögen der Böden abhängig. Sie ist ein Schlüsselfaktor der Bodenfruchtbarkeit, da sie gleichzeitig mehrere ertragsrelevante Bodeneigenschaften beeinflusst. Da im humiden Klimabereich Böden natürlicherweise zur Versauerung tendieren, ist die Kalkdüngung von Ackerböden entscheidend für die Optimierung landwirtschaftlicher Erträge. Für die Ermittlung des Kalkbedarfs nach den Düngeempfehlungen des VDLUFA [Ri08] werden derzeit vielerorts Mischproben von 3-5 ha großen Teilflächen entnommen und auf Bodentextur, Humusgehalt und aktuellen pH-Wert untersucht. In Brandenburg steht der so ermittelte flächeneinheitliche Kalkbedarf allerdings im Gegensatz zu den standörtlichen Gegebenheiten innerhalb der Ackerfläche. Im Ergebnis führt

¹Hochschule für nachhaltige Entwicklung, Landschaftsnutzung und Naturschutz, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde, ingmar.schroeter@hnee.de; ekramer@hnee.de

²Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie Potsdam e.V., Technik im Pflanzenbau, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, svogel@atb-potsdam.de; rgebbers@atb-potsdam.de

³Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V., Gartenbausysteme der Zukunft, Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14947 Grossbeeren, meyer.swen@igzev.de; Ruehlmann@igzev.de

⁴Gut Wilmersdorf GbR, Wilmersdorfer Str. 23, 16278 Angermünde OT Wilmersdorf, kling@gut-wilmersdorf.de

dies zu einer Überversorgung eher leichter bzw. einer Unterversorgung eher schwerer Böden [Rü16, Sc14, ZEK14], wodurch das ertragserhöhende Potenzial der Kalkdüngung nicht ausgeschöpft wird.

Im Forschungs- und Entwicklungsprojekt *Präzise Kalkung in Brandenburg* (pH-BB) werden praxistaugliche innovative Komplettlösungen entwickelt und getestet, die das pH-Management in Brandenburger Landwirtschaftsbetrieben verbessern sollen. Es werden sensorbasierte Verfahren zur präzisen, kostengünstigen und schnellen Erfassung und Bewertung kalkungsrelevanter Bodenparameter entwickelt, um eine teilflächenspezifische Kalkdüngung zu ermöglichen.

2 Methodik und Ergebnisse

Als Basis für die Untersuchungen wurde ein 25 ha großes Testfeld in Booßen, nahe Frankfurt Oder (52°23'41 N, 14°27'45 E; Abb. 1B) verwendet. Die Sensorkartierungen erfolgten im September 2017 nach der Maisernte. Für die Feldbestimmung der kalkungsrelevanten Bodenparameter kamen zwei mobile, fahrzeuggebundene Bodensensoren zum Einsatz. Die Messung des pH-Wertes (aktuelle Bodenazidität) erfolgte über den „pH Manager“ (Veris Technologies), der über zwei ionenselektive Antimon-Elektroden verfügt [GSK11]. Die Kartierung der Bodentextur erfolgte mithilfe der Geophilus Multi-Sensorplattform [LR13], die den scheinbaren elektrischen Widerstand (ERa) in fünf Tiefenstufen und die Gamma-Strahlung des Bodens misst. Um die ERA- und Gamma-Daten in nutzbare Bodeninformationen für die präzise Kalkung zu überführen, werden im Rahmen des pH-BB Projektes verschiedene Ansätze mit unterschiedlicher Komplexität untersucht. Der hier vorgestellte Ansatz [Rü16] nutzt vorhandene Informationen der Bodenschätzung, die mit den ERA-Daten verschnitten werden, um eine hochaufgelöste und aktualisierte Bodentexturkarte zu generieren (Abb. 1A & D), wodurch zeit- und kostenintensive Texturanalysen im Labor entfallen. Hierfür wurde der vierte Kanal der Geophilusdaten verwendet, welcher ERA in einem Tiefenbereich von 0-100 cm (Abb. 1A) misst und somit einen äquivalenten Aussagebereich zu den Texturklassen in Bodenschätzungskarten darstellt. Die ERA-Werte wurden nach Augenmaß so klassifiziert, dass die räumlichen Muster in möglichst hoher Übereinstimmung mit den Flächen der ausgewiesenen Bodentexturen aus der Bodenschätzungskarte stehen. Den auf diese Weise festgelegten Klassengrenzen der ERA wurden anschließend die entsprechenden Texturklassen der Bodenschätzung zugeordnet und eine aktualisierte Bodenartenkarte erzeugt (Abb. 1D).

Abbildung 1B zeigt die aus der pH-Sensorkartierung gewonnene räumliche Variabilität der Bodenreaktion. Für die Kalibrierung der Sensor-pH-Werte wurden insgesamt 25 Referenzproben verwendet. Die Auswahl erfolgte so, dass der gesamte Wertebereich abgedeckt wurde und v.a. Extrema repräsentiert wurden. Die Punkte wurden im Feld mittels GPS (RTK) lokalisiert und eine Mischprobe in 0-25 cm Tiefe entnommen.

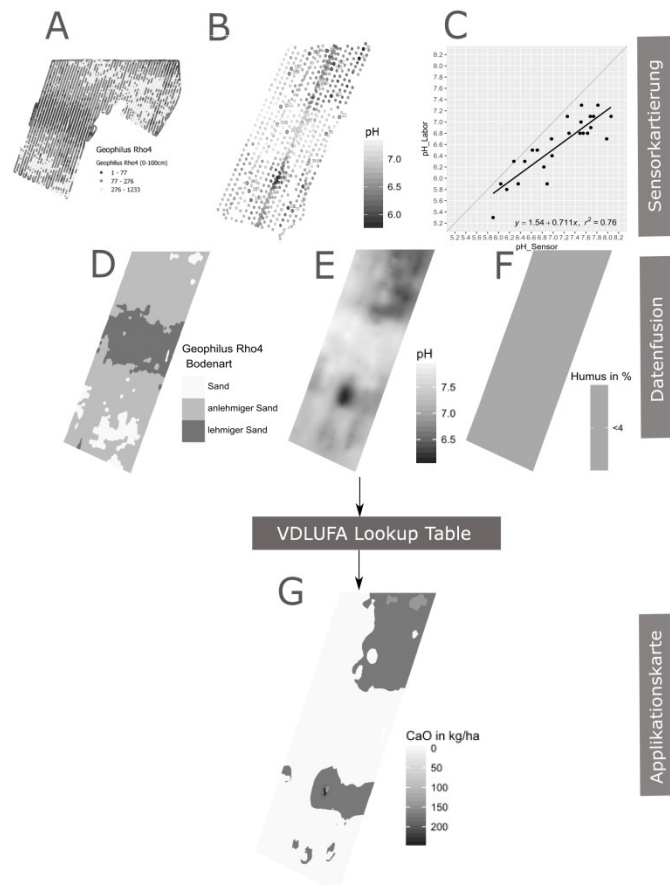


Abb. 4: Arbeitsschritte und Bodensensordaten zur Erstellung der Kalkapplikationskarte für das Versuchsfeld. (A) Geophilus ERA-Werte des Kanal 4 (0-100cm); (B) pH-Sensordaten der „on-the-go“-Messungen; (C) Regressionsmodell zur Kalibrierung der gemessenen Sensor-pH-Werte anhand von 25 pH[CaCl₂]-Referenzproben; (D) Räumliche Bodentexturverteilung auf Grundlage der Geophilus ERA-Werte des Kanal 4; (E) Interpolierte pH-Karte basierend auf den kalibrierten Sensordaten; (F) Humusgehalte liegen in der nach VDLUFA untersten Humusklasse (< 4%); (H) CaO-Applikationskarte in kg ha⁻¹ basierend auf den fusionierten Sensordaten (Bodenart, pH, Humus) und der VDLUFA-Lookup-Table [Ri08].

Die Bodenreaktion (pH[CaCl₂]) wurde im Labor in einer 0.01 M CaCl₂-Lösung mit einer konventionellen Glaselektrode gemessen. Zur Kalibrierung der Sensor-pH-Werte an die im Labor gemessenen pH[CaCl₂]-Werte wurde ein Regressionsmodell bestimmt. Die Kalibriergerade kennzeichnet einen starken linearen Zusammenhang zwischen den pH-Daten ($r^2 = 0.76$; Abb. 1C). Zur Gewinnung einer flächenhaften pH-Karte wurden die Sensor-pH-Werte mithilfe des Regressionsmodells kalibriert und im Anschluss mit Ordinary Kriging interpoliert.

Für das Testfeld wurde ein Humusgehalt von unter 4 % entsprechend der nach VDLUFA ausgewiesenen untersten Humusklasse angenommen (Abb. 1F). Für die Berechnung der Kalkapplikationskarte (Abb. 1G) wurde die VDLUFA-Tabelle des Kalkdüngungsbedarfs von Ackerböden [Ri08] verwendet und in eine Lookup-Tabelle überführt, um letztlich eine einfache und schnelle Ermittlung des Kalkungsbedarfs (CaO in kg ha⁻¹) für das Testfeld zu ermöglichen (Abb. 1G).

3 Fazit

Die vorgestellte Methode zeigt einen ersten Ansatz, wie mithilfe mobiler Bodensensoren hochaufgelöste Bodenkarten generiert und fusioniert werden, um effizient den Kalkdüngungsbedarf eines Schlages teilflächenspezifisch zu ermitteln. Die Validierung der erstellten Karten sowie die Umsetzung weiterer z.T. wesentlich komplexerer Ansätze sind Gegenstand der fortlaufenden Projektarbeit in pH-BB.

Danksagung: Das Projekt pH-BB wird gefördert aus Mitteln des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und durch die Investitionsbank des Landes Brandenburg (Förderkennzeichen 80168341).

Literaturverzeichnis

- [GSK11] Gebbers, R.; Schirrmann, M.; Kramer, E.; Seidel, J.: Predicting lime requirements by fusion of proximal soil sensors. In Stafford, J. V. (ed.): Precision Agriculture 2011. Papers presented at the 8th conference on Precision Agriculture 11-14 July 2011. Czech Centre of Science and Society, Prague, Czech Republic, S. 562-576, 2011.
- [Ri08] LVLF; LLFG; LFBMV (Hrsg.): Richtwerte für die Untersuchung und Beratung sowie zur fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung (DüV). 85 S., 2008.
- [LR13] Lueck, E.; Ruehlmann, J.: Resistivity mapping with GEOPHILUS ELECTRICUS — Information about lateral and vertical soil heterogeneity. Geoderma, 199(0), S. 2-11, doi:10.1016/j.geoderma.2012.11.009, 2013.
- [Rü16] Rühlmann, J.: Einfluss von Bodenart und Flächenheterogenität auf Boden pH, Pflanzenenertrag und finanziellen Gewinn – Ergebnisse von Modellrechnungen für die teilflächendifferenzierte Kalkdüngung. In: A. Ruckelshausen et al. (Hrsg.): Intelligente Systeme Stand der Technik und neue Möglichkeiten. Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2016, 23, 169-172, 2016.
- [Sc14] Schmidt, M.: Kalkdüngung: Gesunde Ackerböden – optimale Erträge. DLG-Verlag, Frankfurt, Main, 128 S., 2014.
- [ZE12] Zimmer, J.; Ellmer, F.: Nährstoffversorgung ackerbaulich genutzter Böden im Land Brandenburg. Mitt Ges Pflanzenbauwiss 24, S. 92-93, 2012.
- [ZEK14] Zimmer, J.; Ellmer, F.; Kroschewski, B.: Kalkdüngung. Gesunde Ackerböden – optimale Erträge. Untersuchungen Zur Bodenfruchtbarkeit. Brand. Ackerböden LELF-Dünge-Bodenschutztag 2014 „Aktuelle Untersuchungen Zur Düng. Zum Bodenschutz“ Paulinenaue 04 Juni 2014, 2014.