

KALKDÜNGUNG



Kalkdüngung auf der Stoppel: Ein optimaler pH-Wert zählt zu den fundamentalen Eigenschaften eines fruchtbaren Bodens.

Projekt pH-BB: Präzise Kalkung in Brandenburg – angewandte Forschung in der Landwirtschaft

Kalkdüngung – aber bitte präzise

Sebastian Vogel¹, Katrin Lück², Robin Gebbers¹, Jörg Rühlmann³, Dirk Scheibe⁴, Charlotte Kling⁵, Eric Bönecke³, Ingmar Schröter⁶, Golo Philipp⁷, Anne Nagel⁶, Karin Zieger⁸, Swen Meyer³, Felix Gerlach², Stefan Palme⁵, Eckart Kramer⁶

Eiszeitlich geprägte Böden mit ihrem „Leopardenmuster“ bieten sich geradezu für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung an.

Kalkdüngung? Das ist doch ein alter Hut. Jedem Pflanzenbauer sollte bekannt sein, dass die Regulierung des pH-Wertes durch Kalkdüngung wichtig für die Verfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen ist und sich unter anderem auch stabilisierend auf die Bodenstruktur auswirkt. Und dennoch zeigen im Agrarland Brandenburg die Statistiken der turnusmäßigen Bodenuntersuchungen Erstaunliches: Nur etwas mehr als ein Viertel der Proben weisen einen optimalen pH-Wert auf, während 44 % und 29 % zu niedrige bzw. zu hohe Werte haben (**Abb. 1**). Diese Daten sind in ähnlicher Form auf das gesamte Bundesgebiet übertragbar.

Warum ist das so? Im Gegensatz zur Stickstoffdüngung zeigt die Kalkung keine schnellen und deutlich sichtbaren Folgen. Manche Landwirte schenken der Kalkdün-

gung daher vermutlich weniger Beachtung, schieben sie auf die lange Bank, untersuchen und düngen weniger genau. Dabei zählt ein optimaler pH-Wert zu den fundamentalen Eigenschaften eines fruchtbaren Bodens. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen Phosphat-Verfügbarkeit und pH-Wert macht beispielsweise die entsprechende Analyse für die P-Düngung nur Sinn, wenn der pH-Wert im Optimalbereich ist. Gleiches gilt für Stickstoff und Kalium.

— Bodenuntersuchung nach VDLUFA-Rahmenschema

Der Kalkbedarf eines Ackerschläges wird in Deutschland nach dem VDLUFA-Rahmenschema ermittelt. Dabei werden mindestens alle 6 Jahre Mischproben von 3–5 ha großen Teilschlägen entnommen und auf die kalkungsrelevanten Bodeneigenschaften pH-

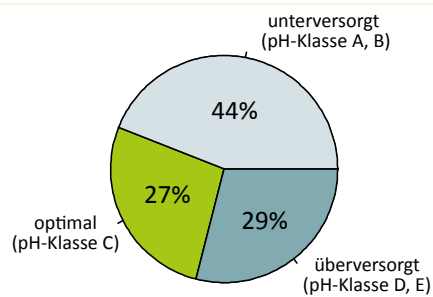


Abb. 1:
Kalkversorgung der 2018 untersuchten landwirtschaftlichen Böden in Brandenburg (Quelle: LKV-Jahresbericht 2018).

Wert, Textur und Humusgehalt untersucht. Die pH-Wertbestimmung wird im Labor typischerweise zusammen mit Phosphat, Kalium und Magnesium im Rahmen der Grunduntersuchung analysiert. Die Textur dagegen schätzt man meist nur sehr grob per Fingerprobe oder entnimmt sie der Bodenschätzungskarte, während der Humusgehalt für Ackerland in Brandenburg auf <4% angenommen wird.

Dabei sollen die im VDLUFA-Rahmenschema empfohlenen 3–5 ha Teilschläge möglichst einheitlich sein. In Norddeutschland lässt sich dies aber aufgrund der räumlichen Variation der Bodeneigenschaften innerhalb der Ackerfläche kaum umsetzen.

Dadurch bilden die Bodenprobenergebnisse oft nicht die tatsächlichen Gegebenheiten ab. Die Ursache dafür liegt in der Entstehungsgeschichte der Böden. Die Eiszeit hinterließ ein Mosaik aus ganz unterschiedlichen Ausgangssubstraten sowie ein kleinräumig differenziertes Relief, was in ihrem Zusammenwirken die Bodenentwicklung stark prägt. Zusammen mit der vielfältigen Nutzung des Bodens durch den Menschen führte dies zu einer sehr hohen Variabilität an Bodentypen und Bodeneigenschaften (Abb. 2).

— Große Unterschiede auf kürzeste Distanz

Untersuchungen zeigen, dass die pH-Werte auf einem Acker innerhalb von 100 m zwischen pH 4 und pH 7,5 schwanken können. Solche Verhältnisse erfordern eine sehr zielgerichtete und teilflächenspezifische Kalkdüngung mit einer hohen räumlichen Auflösung von <30 m. Das kleinräumig sehr unterschiedliche Ertragspotential kann nur so bestmöglich ausgeschöpft und gleichzeitig ressourcenschonend gewirtschaftet werden. Auch aus diesem Grund wurde zwischenzeitlich der VDLUFA Standpunkt für die

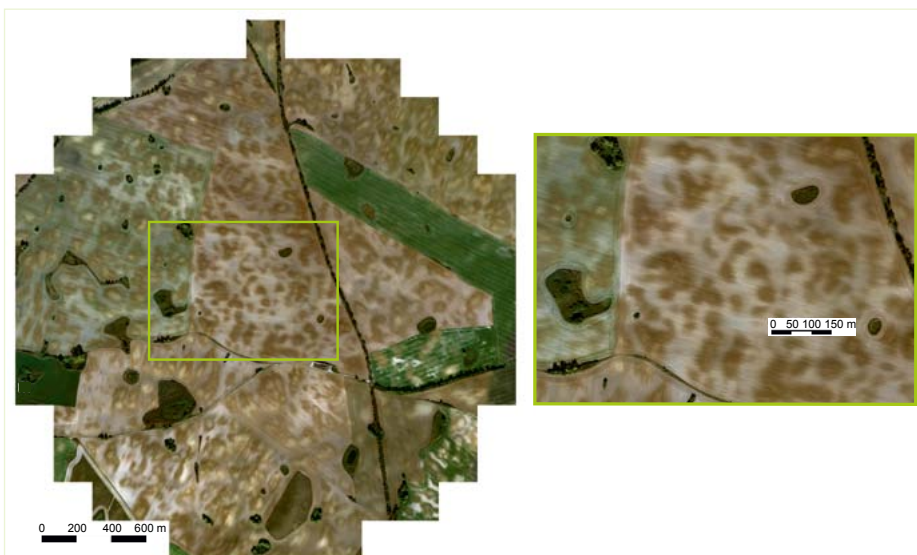


Abb. 2:
Luftbild einer ackerbaulich genutzten Region in Brandenburg. Das Leopardenmuster entsteht v.a. in Phasen ohne Vegetationsbedeckung zwischen der Ernte der alten und Aufwuchs der neuen Feldfrucht, wenn Wassererosion den humosen Oberboden von lokalen Geländekuppen in die Senken spült. Übrig bleiben gekappte Bodenprofile auf den Kuppen, bei denen der humusarme Unterboden oberflächlich ansteht und humusreichere aufgefüllte Senken (Quelle: bing, © 2018 Microsoft Corporation, © 2018 DigitalGlobe, © CNES (2018), Distribution Airbus DS).

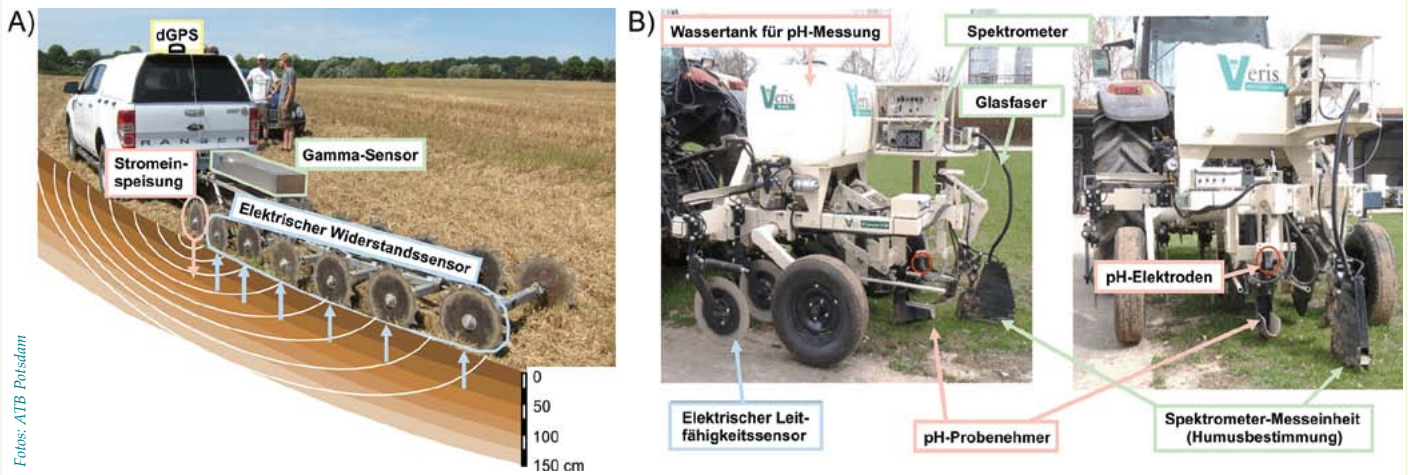


Abb. 3: Multisensorplattformen zur Erfassung der für die Kalkdüngung relevanten Bodenparameter Bodentextur (A, Geophilus) sowie des pH-Wertes und des Humusgehaltes (B, Veris MSP).

georeferenzierte Bodenprobenahme überarbeitet. Die Verbesserung des Düngemanagements, insbesondere bei der Kalkung, gilt deshalb unter Wissenschaftlern als eines der wichtigsten Anliegen zur nachhaltigen Verbesserung der Ertragsfähigkeit von Ackerböden und zum praktischen Bodenschutz.

Forschungsvorhaben für ein teilflächenspezifisches Kalkungsmanagement

Mit der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNE), dem Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB) und dem Leibniz-Institut für Ge-

müse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e. V. (IGZ) haben in den vergangenen Jahren drei Brandenburger Wissenschaftseinrichtungen technische und methodische Grundlagen für ein teilflächenspezifisches Kalkungsmanagement erarbeitet.

Im Rahmen der EIP-AGRI-Initiative (Europäische Innovationspartnerschaft) zur Förderung der Produktivität und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft haben sich die Forscher mit Partnern aus drei landwirtschaftlichen Betrieben (Gut Wilmersdorf GbR, Landwirtschaft Petra Philipp und Land- und Forstwirtschaft Komturei Lietzen GmbH & Co KG) und drei landwirtschaftlichen Beratern und Dienstleistern (Landwirtschaftliche Beratung der Agrarverbände Brandenburg GmbH (LAB), FGL Handelsgesellschaft mbH, iXmap Services GmbH & Co. KG) zusammen gefunden, um die wissenschaftlichen Erkenntnisse unter Praxisbedingungen zu validieren, weiter zu entwickeln und der breiten Anwendung im betrieblichen Management zur Verfügung zu stellen.

Im Einzelnen verfolgt das EIP-agri-Projekt pH-BB das Ziel, das Management der Bodenazidität in Brandenburger Betrieben zu verbessern, indem mithilfe mobiler Bodensensoren kalkungsrelevante Bodeneigenschaften schnell, kostengünstig und kleinräumig erfasst werden. Methoden zur Verarbeitung der Kartierungsdaten und Ableitungen von Düngungsempfehlungen werden unter Beachtung der Brandenburger Bedingungen entwickelt, um letztlich prak-

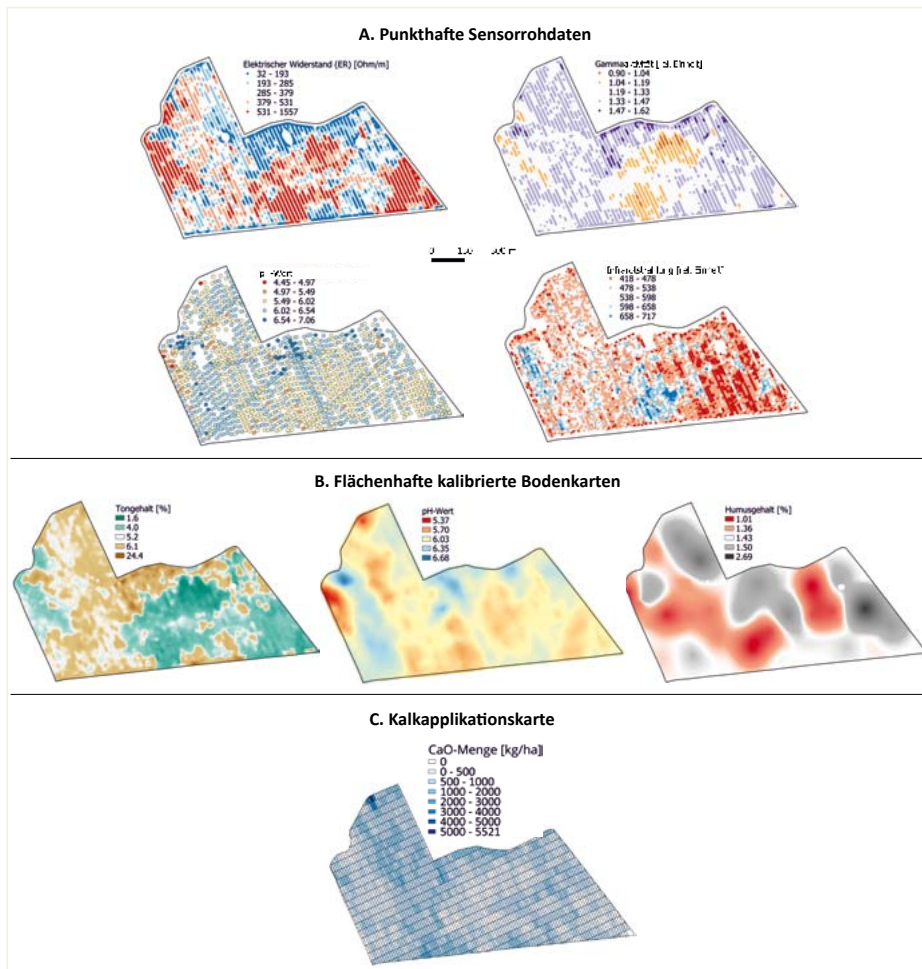


Abb. 4: Von den Sensordaten zur Kalkapplikationskarte.

tikable Lösungen zur teilflächenspezifischen Kalkdüngung zu erarbeiten.

Für die sensorbasierte Bodenkartierung werden sogenannte Multisensorplattformen genutzt, die neben einem hochgenauen GPS verschiedene Sensoren enthalten, mit denen bei einer Befahrung die drei kalkungsrelevanten Bodeneigenschaften pH-Wert, Bodentextur und Humusgehalt kleinräumig flächendeckend erfasst werden sollen (**Abb. 3**). Für die Ermittlung des pH-Wertes dienen ionenselektive Antimonelektroden, für die Bodentextur u. a. eine Apparatur zur elektrischen Leitfähigkeits- bzw. elektrischen Widerstandsmessung und für die Humusbestimmung spektraloptische Messverfahren.

— **Sensordaten mit Labordaten kalibrieren**

Die Ergebnisse der Sensorbefahrung sind in **Abbildung 4A** dargestellt. Im Anschluss an die sensorgestützte Bodenkartierung

müssen nur noch wenige Referenzbodenproben in besonders markanten Bereichen des Schlages entnommen und einer Laboranalyse unterzogen werden. Diese wenigen punktuellen Labordaten dienen der Kalibrierung einer großen Menge an flächenhaften Sensordaten. Im Ergebnis dieser Kalibrierung werden Karten für den pH-Wert, sowie den Ton- und Humusgehalt erzeugt, die mit ihrer hohen räumlichen Auflösung die standörtlichen Gegebenheiten adäquat abbilden (**Abb. 4B**). Mithilfe dieser Bodenkarten werden in den nächsten Arbeitsschritten der Kalkbedarf berechnet und die Applikationskarte erstellt – beides räumlich hoch aufgelöst (**Abb. 4C**).

— **Test in der Praxis**

Welchen Einfluss dieses neue Verfahren zur präzisen Kalkung tatsächlich auf die Ertrags- und die pH-Wert-Entwicklung hat, wird in den nächsten drei Jahren in Feldversuchen auf den Partnerbetrieben

nordwestlich von Frankfurt /Oder sowie in den Landkreisen Märkisch-Oderland und Uckermark getestet. Denn nur wenn sich der betriebene Aufwand tatsächlich für den Landwirt auszahlt, wird sich das Verfahren in der Praxis durchsetzen können. Dazu wird die pH-Wert- und Ertragsentwicklung jeweils unter drei unterschiedlichen Kalkbehandlungen beobachtet:

- (1) keine Kalkung,
- (2) derzeit praktizierte Kalkung mit flächeneinheitlicher Kalkmenge nach Mischprobe und
- (3) präzise Kalkung mittels hochauflösender Sensorkartierung.

Erste Erkenntnisse über den Vorteil einer hochaufgelösten sensorbasierten pH-Kartierung ergeben sich bereits aus dem direkten Vergleich zur pH-Werterfassung nach VDLUFA auf 3 bis 5 ha großen Teilflächen (**Abb. 5**). Demnach ergeben sich für den Beispielschlag nach der VDLUFA-Methode sehr einheitliche pH-Werte zwischen 5,6 und

5,9 (Abb. 6A). Danach wäre es legitim, den Schlag mit nur einer Kalkmenge zu düngen. Erst durch die sensorbasierte pH-Ermittlung mit insgesamt 570 Einzelmessungen wird das Ausmaß der schlaginternen pH-Variabilität deutlich. Diese reicht von pH 4,9 (mäßig sauer) bis 6,9 (neutral). Würde man auf diesem Schlag tatsächlich die nach VDLUFA ermittelte Kalkmenge applizieren, würde man nur etwas mehr als ein Drittel (35%) der Fläche optimal versorgen, etwa 40% der Fläche blieben unterversorgt und auf etwa 25% der Fläche würde man zu viel Kalk ausbringen.

– Bodentextur muss berücksichtigt werden

Auch bei der Texturbestimmung, die entscheidenden Einfluss auf den anzustrebenden Ziel-pH-Wert für die Kalkbedarfserrechnung hat, kommt es in der Praxis häufig zu Fehleinschätzungen. Eine Ursache dafür liegt in der Qualität der zur Verfügung stehenden Texturinformationen. Bodenschätzungskarten, die für den überwiegenden Teil Brandenburgs zur Verfügung stehen, basieren auf einem 50 × 50 Meter Beprobungsraaster, sind also nur relativ grob räumlich aufgelöst. Da für die Übersetzung der Texturklassen der Bodenschätzung in die VDLUFA-Bodengruppen kein fixer Übersetzungsschlüssel existiert, besteht darin eine weitere Fehlerquelle.

Werden Karten nach dem VDLUFA-Bodengruppensystem klassifiziert, gehen Informationen verloren, da es in diesem System für Mineralböden nur 5 Bodengruppen gibt. Für einen Standort können beide Karten folglich deutliche Unterschiede in ausgewiesenen Flächenmustern aufweisen (Abb. 6). Um diese Fehlerquelle zu umgehen, verwenden wir in unserem Projekt Karten, die basierend auf den Sensordaten den Tongehalt des Oberbodens anzeigen und keine generalisierten Bodentexturklassen (vgl. Abb. 4B).

Werden die Ergebnisse der mittels Fingerproben durchgeführten Bodenartbestimmung genutzt, kann es zu einer groben Fehleinschätzung kommen. So kann sich die für einen bestimmten Schlag

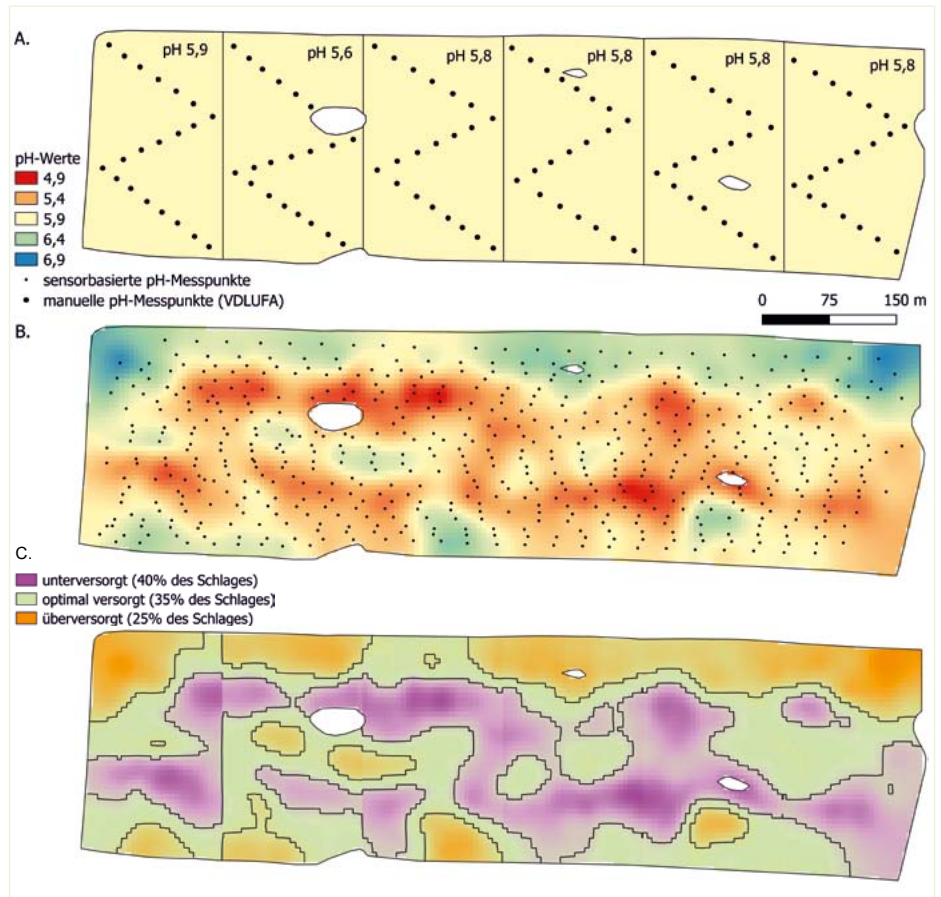


Abb. 5: Vergleich der pH-Wernerfassung nach (A) VDLUFA-Empfehlung (Mischproben auf 3-5 ha großen Teilschlägen bestehend aus ca. 20 Einzelproben entlang einer Beganglinie) und (B) hochauflösender Sensorkartierung sowie (C) Fehlversorgung, die sich aus der VDLUFA-Methode ergibt.

ermittelte VDLUFA-Bodenartengruppe bei einer Wiederholungsmessung, die z. B. nach Ablauf einer Fruchtfolgerotation durchgeführt wird, schon einmal um eine Bodenartengruppe nach oben oder unter verschieben. Bei der Kalkdüngung führt diese Fehleinstufung den Precision-Farming-Ansatz ins Absurde und kostet bares Geld, wie das Rechenbeispiel in

der **Tabelle** verdeutlicht. Bei gleichem pH-Wert kann der Kalkbedarf durch eine fehlerhaft ermittelte Bodengruppe um bis zu 34 dt CaO/ha schwanken, was etwa 237 € /ha entspricht.

– Fazit

Weil wir zukünftig bundesweit Landwirte für die Bedeutung des präzisen pH-Wert-

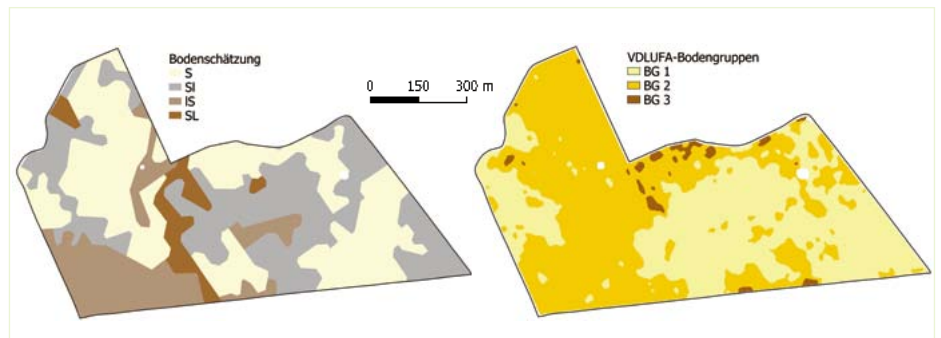


Abb. 6: Bodenartenverteilung nach Bodenschätzung und nach Berechnung aus den Sensorenmessungen und anschließender Übersetzung in VDLUFA-Bodenartengruppen.

Tabelle: Monetäre Auswirkung der Falscheinastufung von Ackerböden bei der Kalkung
(nur Düngerkosten; Basis: aktueller Düngerpreis Konverterkalk 3 Euro/dt
(Kalkwert 43 % CaO, entspricht 6,98 Euro/dt CaO))

VDLUFA Boden- gruppe	Laborwert pH (CaCl ₂)	pH- Gehalts- klasse	Kalkbedarf in dt CaO	Kosten in €/ha (Konverterkalk)	Kosten im 1.000 ha-Betrieb (3 Jahre)
1	6,0	D	keiner	0,00 €	
2	6,0	C	10	69,80 €	69.800,- €
3	6,0	B	15	104,70 €	104.700,- €
4	6,0	B	30	209,40 €	209.400,- €
5	6,0	B	44	307,12 €	307.120,- €

Beispiele im 1.000 ha- Betrieb:

Fehler statt BG 1 BG 2 → 69.800,-€ Fehler statt BG 2 BG 3 → 34.900,-€

Fehler statt BG 1 BG 3 → 104.700,-€ Fehler statt BG 2 BG 4 → 139.600,-€

Dabei sind die weiteren monetären Effekte, wie Mehrertrag oder die bessere Ausnutzung anderer Nährstoffe (Einsparmöglichkeit) noch nicht berücksichtigt!

sensvermittelnden Umfrage ein, die den Ist-Stand und die Wünsche der Praktiker für eine zielgerichtete Kalkdüngung hinterfragt. Weiterhin führt sie die Teilnehmer in wichtige Grundsätze der Bodenazidität ein und regt zum Nachdenken über das pH-Wert-Management im eigenen Betrieb an. Wir freuen uns auf Ihre Antworten! Alle Landwirte sind herzlich eingeladen, daran teilzunehmen und das Projekt weiter zu verfolgen:

www.ph-bb.com/umfrage

Managements sensibilisieren und insbesondere zu einer präzisen Kalkdüngung motivieren wollen, verbreiten wir projektbegleitende Informationen in Konferenzen und Workshops. Um dabei gezielt auf die Bedürfnisse aus der landwirtschaftlichen Praxis eingehen zu können, lädt das Projekt „pH-BB“ zur Teilnahme an einer wis-

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie Potsdam e. V. (ATB)

² Land- und Forstwirtschaft Komturei Lietzen GmbH & Co KG

³ IGZ Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e. V.

⁴ Landwirtschaftliche Beratung der Agrarverbände Brandenburg GmbH (LAB)

⁵ Gut Wilmersdorf GbR

⁶ HNEE Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

⁷ Landwirtschaft Petra Philipp

⁸ iXmap Services GmbH & Co. KG