



Eine kontinuierliche Aufzeichnung mit drei Sensoren bei einer Überfahrt ermöglicht die Multisensorplattform MSP3 (Veris) mit elektrischer Leitfähigkeit, Antimon-pH-Elektroden und optischem Sensor. Foto: Dr. Sebastian Vogel

EIP-Projekt zur Kalkung

Den pH-Wert für jede Stelle des Schlages optimal einstellen

Im EIP-Projekt „pH-BB: Präzise Kalkung in Brandenburg“ haben sich Wissenschaftler der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNE), der Leibniz-Institute für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) und für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt (IGZ) mit drei Landwirtschaftsbetrieben (Gut Wilmersdorf, Komturei Lietzen, Landwirtschaft Petra Philipp) und drei landwirtschaftlichen Dienstleistern (LAB, Ixmap, FGL) zusammengetan. Sie wollten klären, wie der pH-Wert für jede Stelle des Schlages optimal einzustellen ist.

Im Jahr 2015 wurde auch in Brandenburg die Europäische Innovationsförderung (EIP) mit dem Ziel eingeführt, durch Partnerschaften zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen, landwirtschaftlichen Praxisbetrieben und Dienstleistern eine schnellere Überführung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis zu erreichen. Mit dem im Jahr 2017 gestarteten Projekt „pH-BB“ nutzen ein ökologisch und

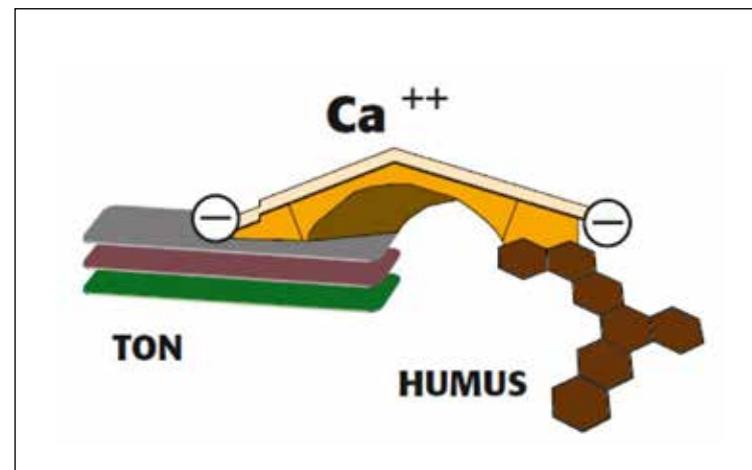
zwei konventionell wirtschaftende Ackerbaubetriebe die Möglichkeit, sich bei der weiteren Umsetzung von Precision-Farming-Strategien Unterstützung aus der Wissenschaft zu holen. Schließlich war ihnen schon lange klar, dass bei der auf ihren Flächen vorherrschenden

Bodenvariabilität die kleinräumige Bestimmung ihrer Fruchtbarkeits-eigenschaften und eine standortangepasste Bewirtschaftung notwendig sind. Dies sind Schlüssel dafür, den wachsenden ökonomischen Zwängen einerseits und den immer strengeren Regeln beim Ein-

satz von Düngemitteln andererseits, gerecht zu werden.

Doch wie genau kann man beziehungsweise muss man es bei der differenzierten Betrachtung und Abgrenzung schlaginterner Standorteigenschaften nehmen? Welche Eigenschaften der Böden müssen unbedingt zuerst charakterisiert werden? Welche Techniken bieten sich heute dazu an und, vor allem, wie hoch dürfen die Aufwendungen für die erforderlichen Bestimmungen sein, um nicht schon im Vorfeld den monetär erzielbaren Effekt der teilschlagspezifischen Bewirtschaftung „verkonsumiert“ zu haben? Diese und viele weitere, oft sehr betriebsspezifische Fragen konnten die Praktiker im neu geschaffenen EIP-Gremium, der operationellen Gruppe, an die Experten der Forschungseinrichtungen richten. Die Wissenschaftler fanden in den Betrieben großes Interesse an innovativen Methoden, persönliches Engagement und einen wertvollen praktischen Erfahrungsschatz. Allerdings war es auch notwendig, dass sich wissen-

Abbildung 1: Krümelgefüge wird durch die Ca-Brückenbildung stabilisiert



Quelle: aid Informationsdienst, 2015

schaftliche Untersuchungen nach den betrieblichen Anforderungen und Arbeitsabläufen richteten: ein Lernprozess und Erkenntnisgewinn auf beiden Seiten.

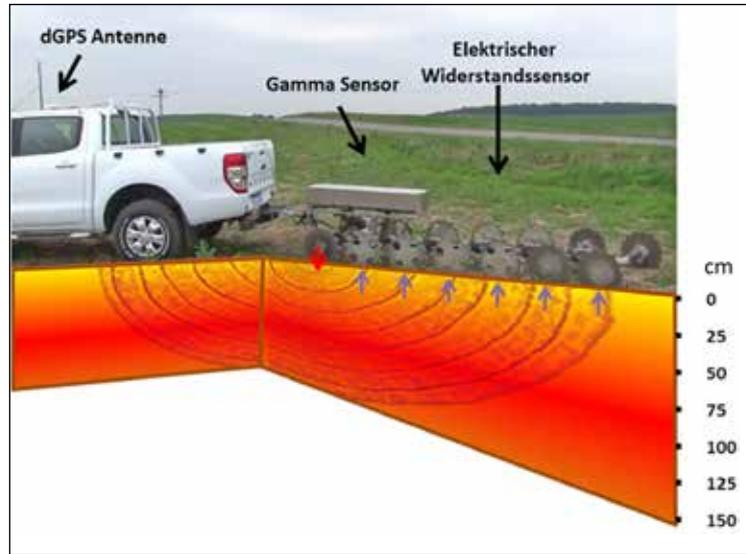
Die wichtigste Maßnahme: Kalkung

Alle Projektbeteiligten waren sich einig darüber, dass Precision-Farming-Lösungen im Nährstoffmanagement zuerst bei der Kalkung ansetzen müssten, da sie den Reaktionszustand (den pH-Wert) des Bodens beeinflussen und damit auch viele weitere ertragsrelevante Bodeneigenschaften. Wichtige bodenchemische Vorgänge werden direkt vom pH-Wert gesteuert, zum Beispiel ob wichtige Nährstoffe (etwa Phosphor) im Boden für Pflanzen verfügbar oder festgelegt sind oder ob Schadstoffe wie freies Aluminium sowie Schwermetalle das Pflanzenwachstum stören. Kalziumionen (Ca^{2+}) stellen bodenphysikalische Verbindungen zwischen Ton-

und Humusteilchen im Boden her, wodurch stabile Krümelgefüge entstehen (Abbildung 1). Dadurch werden das Wasserspeichervermögen und die Durchlüftung des Bodens verbessert, was wiederum

gute Bedingungen für Bodenorganismen und ein verbessertes Wurzelwachstum schafft. Das bedeutet, dass erst bei einer optimalen Einstellung des Boden-pH-Wertes auch die Verwertung und Effizienz des Einsatzes weiterer (meist wesentlich teurerer) Nährstoffe gegeben sind. Angesichts der aktuellen Gesetzesverschärfungen bezüglich der Nitratreinträge ins Grundwasser und in Oberflächengewässer bekommt die Umweltrelevanz einer an den Boden angepassten Kalkung noch höhere Bedeutung.

Abbildung 2: Multisensorplattform Geophilus. Die kombinierte Messung der Gamma-Aktivität und der elektrischen Leitfähigkeit ermöglicht derzeit die besten Rückschlüsse auf die Textur des Bodens



Bodenart, Humusgehalt und Kalkbedarf

Schaut man sich das Gefüge eines Bodens näher an, wird verständlich, dass nicht für jeden Boden die gleiche Menge an Ca^{2+} -Ionen optimal sein kann. Stabilisierende Ca-Humat- und Ca-Chelat-Komplexe sowie Ton-Humus-Brückenbindungen sind an physikalische Grundvoraussetzungen sowie das Vorhandensein von Huminstoffen im



Ein Bayer Getreide-Herbizid

Wer Erfolg will, braucht starke Lösungen gegen Ackerfuchsschwanz und Unkräuter.



CADOU[®] ProPack

Jetzt neu mit **hocheffizienter 3er-Wirkstoff-Kombination!**

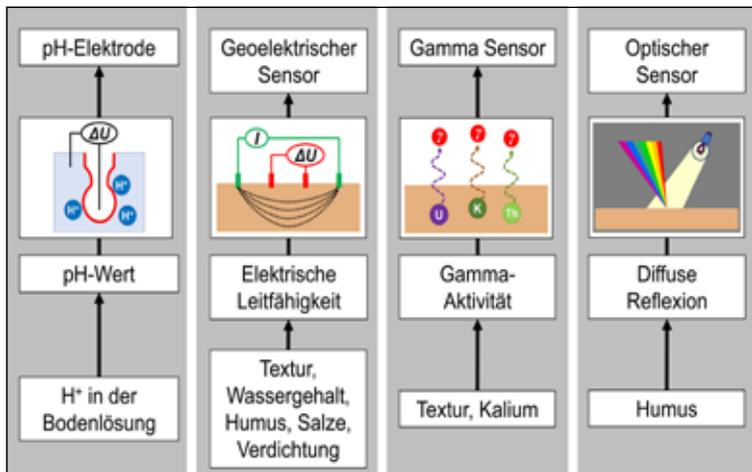
Das weiterentwickelte Getreide-Herbizid Cadou[®] ProPack: Effektiver Schutz von Bayer gegen Ackerfuchsschwanz und Unkräuter in Wintergetreide.



Alle Infos unter agrar.bayer.de
Kostenloses Agrar Telefon: 0 800-220 220 9

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformationen lesen. Warnhinweise und -symbole beachten.

Abbildung 3: Messprinzipien der verwendeten mobilen Nahbereichssensoren zur Kartierung von kalkdüngungsrelevanten Parametern



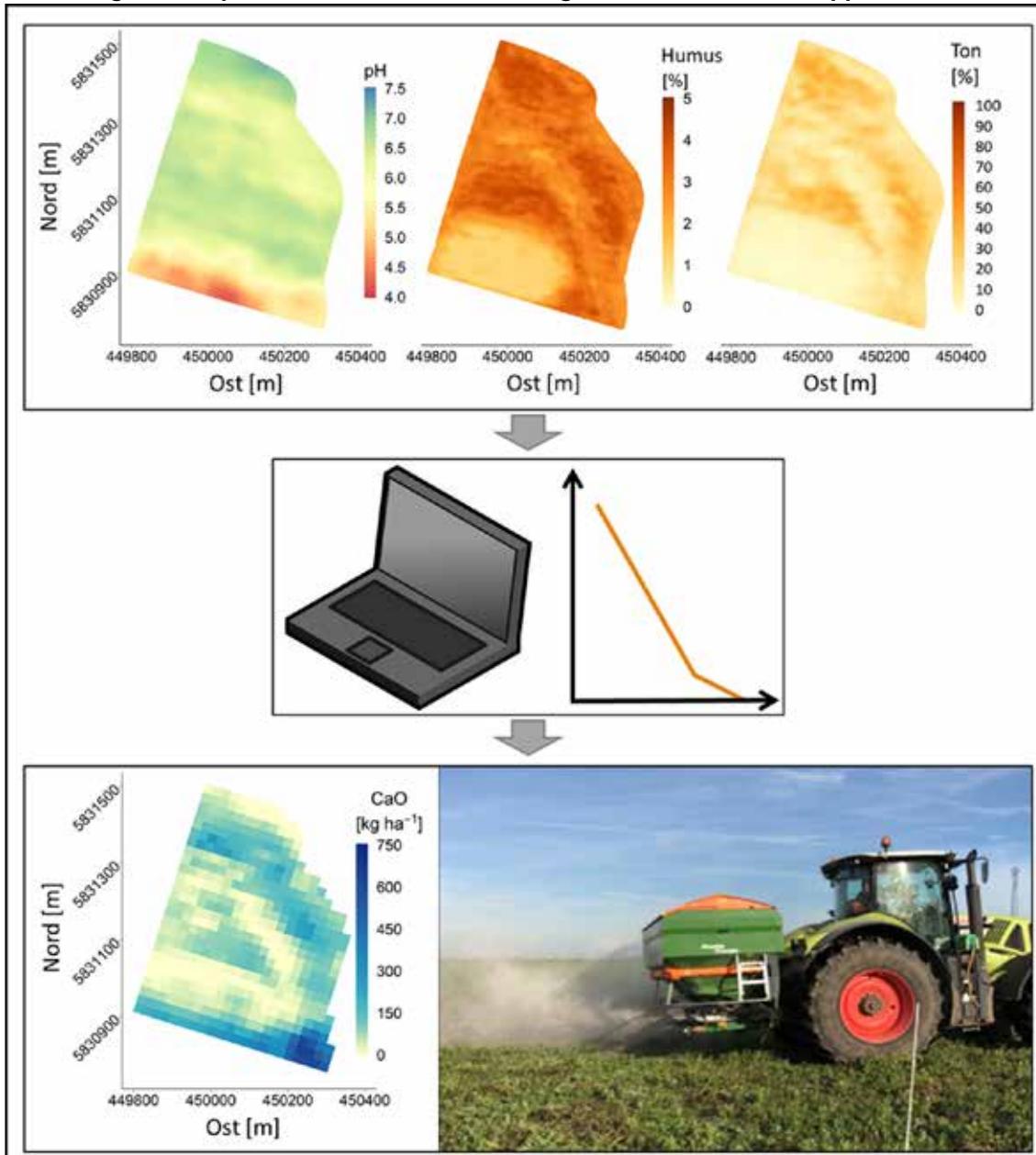
Boden gebunden. Enthält ein Boden nur geringe Mengen an Tonmineralen und weist er einen hohen Humusgehalt auf, so müssen auch nur geringere Kalkgaben appliziert werden, um eine ausgewogene Ca-Belegung an den Bodenteilchen und ein harmonisches Nährstoffverhältnis in der Bodenlösung zu ermöglichen. Andernfalls droht die Gefahr der Konzentrations- und Verdrängungswirkung im „Wettbewerb“ chemisch verwandter Ionen (wie Mg^{2+} , K^+ oder NH_4^+). Auf tonreicheren und humusärmeren Böden hingegen kann man die oben genannten Fruchtbarkeitseigenschaften nur durch regelmäßige höhere Kalkgaben verbessern beziehungsweise erhalten. Wie groß die Effekte sind, die

durch eine teilflächenspezifische Kalkung zu erzielen sind, hängt neben der Heterogenität der Schläge davon ab, wie kleinräumig man in der Lage ist, die Bodenart, den Humusgehalt sowie den pH-Wert zu bestimmen. Außerdem spielt eine Rolle, wie genau man die errechneten optimalen Düngermengen über die Teilflächen verteilen kann.

Herkömmliche Abgrenzung der Teilflächen

Bisher stehen Betriebe, die ihre pH-Wertbestimmungen im Rahmen der zyklischen Bodenuntersuchung teilschlagspezifisch vornehmen (lassen), vor dem Problem, dass es ihnen an objektiven Informationen darüber fehlt, wie die Teilflächenabgrenzungen vor der Beprobung genau erfolgen soll. Die exakte labortechnische Bestimmung der Bodenart, also der prozentualen Anteile der unterschiedlichen Korngrößen Ton, Schluff und Sand (man spricht auch von der Körnung oder der Bodentextur), kommt für Schläge mit großer Bodenvariabilität aus Kostengründen nicht infrage. Daher bildet die digitale Karte der Bodenschätzung, die seit Januar kostenfrei bereitgestellt wird, heute in vielen Betrieben die Grundlage für die Anwendung von Precision-Farming-Methoden. Vielfach bildet die Bodenschätzung (für sich allein) die Variabilität innerhalb eines Schlages für diesen Zweck nur unzureichend ab. Dafür gibt es mehrere Ursachen: Da die Bodenschätzung der Besteuerung des Bodenbesitzes diene, erfolgte die Charakterisierung der Böden im Beprobungsabstand von 50 m als geschätzter Texturmittelwert über 1 m Bodentiefe (Fingerprobe). Die Flächenabgrenzung orientierte sich darüber hinaus üblicherweise an den Flurstücksgrenzen und spiegelt kaum die natürliche Bodenvariabilität wieder. Zusätzlich wurden auf der Bodenschätzungskarte einzelne Teilflächen oft zu zirka 3 ha großen Untersuchungsrastern aggregiert. So viele Unschärfen und Kompromisse führen zu Fehlern bei der Nutzung der Bodenschätzung im Precision-Farming. Die Ergebnisse einer auf der Bodenschätzung beruhenden teilschlagspezifischen Düngung sind oftmals unbefriedigend und die Akzeptanz der Nutzer sinkt.

Abbildung 4: Prinzip der stufenlosen Verarbeitung von Sensordaten zu Applikationskarten



Sensoren messen objektiv und kleinräumig

An dieser Stelle setzt das pH-BB-Projekt an. Wissenschaftliche

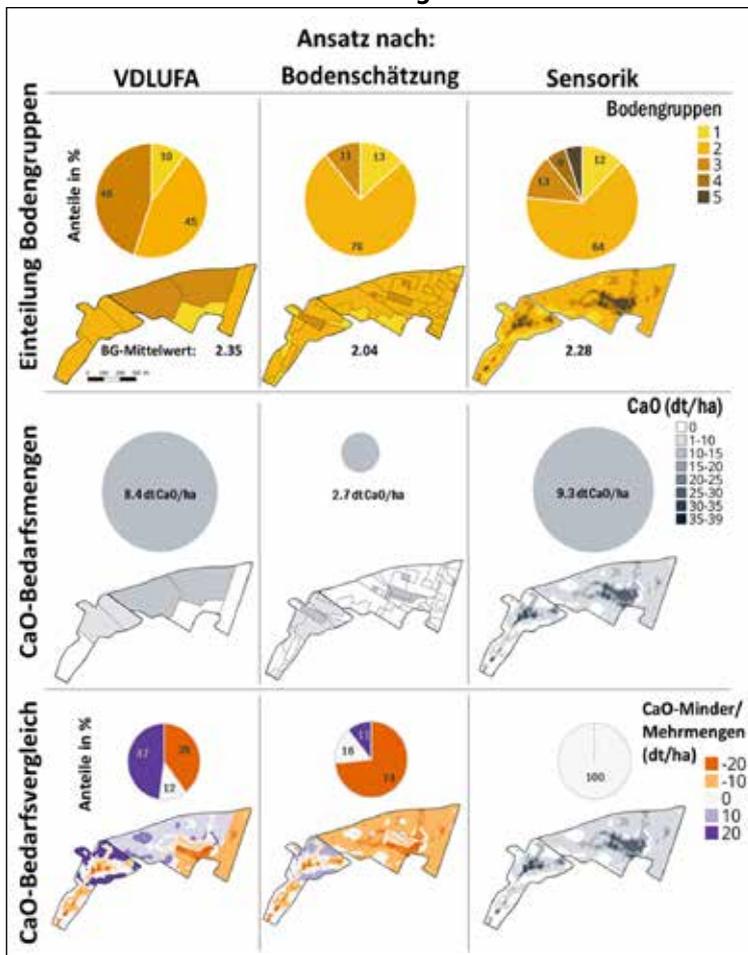
Passt meine Kalkungsstrategie zu meinen Böden?

Kann ich meine Erträge zusätzlich durch präzise Kalkung erhöhen?

... diese beiden Fragen haben die „Macher“ des pH-BB-Projekts über eine wissensvermittelnde Umfrage gestellt, die einerseits den Iststand und die Wünsche der Praktiker für eine zielgerichtete Kalkplanung hinterfragt, andererseits führt sie die

Teilnehmer in wichtige Grundsätze der Bodenazidität ein und regt zum Nachdenken über das Management bei der Kalkung im eigenen Betrieb an. Weitere Informationen unter www.ph-bb.com/umfrage/

Abbildung 5: Vergleich der Ansätze zur Einteilung der Bodengruppen nach VDLufa, der Bodenschätzung und hochauflösender Sensorkartierung durch das Geophilus-Messsystem (Geophilus) und deren Auswirkungen auf den berechneten CaO-Bedarf und dessen Verteilung



Arbeiten haben gezeigt, dass das Haupthindernis einer wirklich präzisen und standortangepassten Feldbewirtschaftung in der nicht ausreichend genauen Erfassung von Fruchtbarkeitseigenschaften der Böden besteht. Lösungsansätze, wie man die Bodenart, den Humusgehalt und den aktuellen pH-Wert auf Ackerschlägen mithilfe von Sensoren kostengünstig und kleinräumig erfassen (kartieren) kann, stehen in Form verschiedener „Multisensorplattformen“ (MSP) schon in den Laboren und Werkstätten der Wissenschaft-

ler bereit (Abbildung 2, Bild auf Seite 30). Außer für den pH-Wert gibt es bisher keine Sensoren, welche die drei zu bestimmenden Zieleigenschaften direkt messen können. Das heißt, überwiegend werden von den verwendeten Sensoren Messgrößen erfasst, die im indirekten Zusammenhang mit den relevanten Bodeneigenschaften stehen (Abbildung 3). Um die richtigen Schlüsse aus diesen Messungen ziehen zu können, müssen daher alle Sensormessungen anhand entsprechender Referenzbodenproben kalibriert, also angepasst

und um gegebenenfalls aufgetretene Fehlmessungen bereinigt werden. Deshalb werden in den am pH-BB-Projekt beteiligten Praxisbetrieben großflächig Multisensormessungen und gezielte Referenzprobenahmen vorgenommen, um aus den gewonnenen Daten allgemeingültige Algorithmen für alle typischen Böden in Brandenburg zu erarbeiten. Des Weiteren werden in dem Projekt Verfahren entwickelt, die es künftig ermöglichen sollen, nur noch relativ wenige Referenzprobenahmen und Laboruntersuchungen zur Kalibrierung großer Mengen an flächenhaften Sensordaten durchführen zu müssen.

Verarbeitung der Sensordaten

Aktuell wird ein professionelles Farmmanagementtool entwickelt, das den nutzerfreundlichen Import aller bei der Kartierung gewonnenen Sensor- und Kalibrierdaten ermöglicht. Es fragt beim Landwirt betriebsindividuelle Vorgaben ab und mithilfe der im pH-BB-Projekt erarbeiteten Algorithmen wird eine Kalkapplikationskarte für alle gängigen Kalkstreuer abgegeben. Um den Informationsgehalt der kleinräumigen sensorischen Erfassung aller kalkungsrelevanten Bodeneigenschaften im vollen Umfang zu nutzen, bietet das Farmmanagementtool wahlweise einen angepassten stufenlosen Rechenweg zur Bestimmung der notwendigen Kalkmenge an, welcher von der bisherigen lufa-Methode abweicht. Sprünge bei der Kalkmengenberechnung, die auf die kategorisierte Vorgabe von Bodengruppen, pH-Versorgungs- und Humusklassen zurückzuführen sind, können bei dieser neuen Methode vermieden werden (vergleiche Abbildung 4).

Praxisbeispiel zeigt zu wenig Kalk auf

Die richtige Bestimmung der auf einem Schlag anzutreffenden Bodengruppen ist für die Kalkdün-

gung enorm wichtig: Über die Bodengruppe wird festgelegt, wie hoch der Ziel-pH-Wert sein sollte. In Abbildung 5 wurde der CaO-Bedarf auf einem 28 ha großen Praxisschlag bei Frankfurt/Oder nach unterschiedlichen Ansätzen zur Einteilung der Bodengruppen berechnet. So zeigt die hochauflösende Texturkarte mittels kalibrierter Sensordaten des Geophilus-Messsystems (Geophilus), dass alle fünf Bodengruppen auf dem Schlag vertreten sind, während nach VDLufa-Fingerprobe beziehungsweise der Bodenschätzung nur die Bodengruppen 1, 2 und 3 erkannt werden. Nach VDLufa wird zwar eine ähnliche Gesamt-CaO-Menge wie nach der Sensorkartierung berechnet, jedoch werden im Vergleich nur 12 % der Fläche optimal mit Kalk versorgt. Bei Nutzung der Bodenschätzung werden an vielen Stellen zu niedrige Tongehalte ausgewiesen. Dies führt in der Kalkbedarfsberechnung dazu, dass 74 % der Fläche zu wenig Kalk erhalten würden und nur 16 % optimal versorgt wären.

Dr. Sebastian Vogel
Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie Potsdam (ATB)
Tel.: 03 31 56 99-426
svogel@atb-potsdam.de

Dirk Scheibe
Landwirtschaftliche Beratung der Agrarverbände Brandenburg (LAB)
Tel.: 03 34 32-9 16 55
scheibe@lab-agrarberatung.de

FAZIT

Bei Flächen mit hoher vorherrschender Bodenvariabilität werden kleinräumige Bestimmung der Fruchtbarkeitseigenschaften und eine standortangepasste Bewirtschaftung immer wichtiger. Die Einteilung von Teilflächen nach VDLufa und der Bodenschätzung wird der Variabilität der Bodentextur auf dem Praxisschlag nicht gerecht. Aktuell wird deshalb in einem EIP-Projekt in Brandenburg ein professionelles Farmmanagementtool entwickelt, das den nutzerfreundlichen Import aller bei der Kartierung gewonnenen Sensor- und Kalibrierdaten ermöglicht und damit teilflächenspezifische Aussagen, zum Beispiel zur Kalkdüngung erlaubt.