
Standpunkt

Georeferenzierte Bodenprobenahme auf landwirtschaftlichen Flächen als Grundlage für eine teilschlagspezifische Düngung mit Kalk und Grundnährstoffen

Zuständige Fachgruppen:

- I Pflanzenernährung, Produktqualität und Ressourcenschutz
- II Bodenuntersuchung

Bearbeiter:

Dr. Frank Lorenz, Oldenburg

unter Mitarbeit von:

Dr. Martin Armbruster, Speyer

Dr. Volkmar König, Jena

Dr. Ludwig Nätscher, München-Weihenstephan

Prof. Dr. Hans-Werner Olf, Osnabrück

Speyer, den 16. Februar 2015

Impressum

Standpunkt des VDLUFA, 16. Februar 2015

Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA)
Obere Langgasse 40, 67346 Speyer
Tel.: 06232 - 136 121; Fax: 06232 - 136 122
E-Mail: info@VDLUFA.de
Internet: <http://www.VDLUFA.de>

Präsident: Prof. Dr. F. Wiesler

Stellungnahmen: Prof. Dr. T. Ebertseder, Freising; R. Flisch, Zürich;
Dr. F. Fürstenfeld, Ochsenfurt; Prof. Dr. H. Goldbach,
Bonn; Dr. H.-E. Kape, Rostock; Dr. H.-P. König, Kassel;
Prof. Dr. R. Kuchenbuch, Bad Doberan; Dr. M. Menge,
Nossen; Dr. R. Paul, Hainichen; Dr. M. Sager, Wien;
Prof. Dr. G. Schilling, Halle; Dr. T. Strumpf, Berlin;
Dr. W. Übelhör, Karlsruhe; Dr. W. Zorn, Jena.

Gesamtherstellung: VDLUFA, Selbstverlag
Endredaktion: VDLUFA Geschäftsstelle

Die Standpunkte des VDLUFA sind urheberrechtlich geschützt.

Georeferenzierte Bodenprobenahme auf landwirtschaftlichen Flächen als Grundlage für eine teilschlagspezifische Düngung mit Kalk und Grundnährstoffen

1 Veranlassung

Seit dem Erscheinen des ersten VDLUFA-Standpunktes zur georeferenzierten Bodenprobenahme sind 15 Jahre vergangen. Im Laufe dieser Zeit hat sich das Verfahren für viele Betriebe zur Ermittlung der Kalk- und Nährstoffversorgung und des Düngedarfs als geeignet erwiesen. Die Gründe für die Durchführung der georeferenzierten Probenahme sind vielfältig. Für manche Ackerbaubetriebe ist die zunehmende Verarmung der Flächen an Grundnährstoffen (Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg)) ein Problem. Auch steigende Nährstoffpreise, das zunehmende Bewusstsein für die Berücksichtigung von Standortunterschieden bei der Bewirtschaftung sowie der Anspruch, nachhaltig zu wirtschaften, kommen hinzu. Es gab zudem positive Entwicklungen wie

- weitere experimentelle Erkenntnisse hinsichtlich der räumlichen Variabilität der Kalk- und Nährstoffversorgung (Borchert et al. 2011, Domsch und Schirrmann 2009),
- erweiterte Methoden zur Abgrenzung von Teilflächen und zur Ermittlung der Ursachen von Standortunterschieden (Heege 2013, Hufnagel et al. 2006),
- immer bessere Verfügbarkeit von digitalen Daten der Bodenschätzung (Lorenz und Münchhoff 2015),
- Integration von Geographischen Informationssystemen (GIS) in Ackerschlagkarteien,
- kostenfrei erhältliche und einfach bedienbare Geographische Informationssysteme,
- die weitere Verbreitung von globalen Navigations-Satellitensystemen (GNSS) in der Landwirtschaft als eine Voraussetzung für die standortspezifische Probenahme und Applikation von Düngemitteln,

als auch nicht zielführende Entwicklungen wie

- den alleinigen Einsatz von Verfahren, die nur bestimmte Merkmale zur Standortcharakterisierung erfassen können (zum Beispiel die elektrische Bodenleitfähigkeitsmessung) und daher nicht immer eine schlüssige Begründung für die Ursachen der Standortheterogenität liefern,
- die nicht sachgerechte Anwendung von Interpolationsverfahren für die Darstellung von pH-Werten und Nährstoffgehalten und die Erstellung von Nährstoff-Applikationskarten.

Auch ist der Kenntnisstand vieler Praktiker hinsichtlich der Ursachen und Wirkungen von boden- und bewirtschaftungsbedingten Standortunterschieden noch immer gering. Dies macht eine Überarbeitung des Standpunktes erforderlich.

2 Ziel

Die treibende Kraft der Düngung ist der Nährstoffbedarf der Kultur. Dieser Bedarf muss unter Berücksichtigung des Nährstoffvorrats im Boden sowie von Nährstoffzufuhren, -abfuhren und -verlusten gedeckt werden. Ziel einer an den Bedarf des Teilschlags angepassten Düngung ist es daher, innerhalb der Schläge auftretende Differenzierungen des Nährstoffangebots und des Nährstoffbedarfs zu berücksichtigen. Eine Voraussetzung dafür ist die georeferenzierte,

teilschlagspezifische Bodenprobenahme.

Der vorliegende Standpunkt stellt die Anforderungen an die Planung und Durchführung der georeferenzierten Bodenprobenahme dar. Er beschreibt die Ermittlung und Darstellung der teilschlagspezifischen Nährstoffversorgung und des Düngedarfs für Kalk und Grundnährstoffe in Geoinformationssystemen. Für die Nährstoffe Stickstoff und Schwefel ist die beschriebene Vorgehensweise hinsichtlich der Abgrenzung von Teilschlägen zwar ebenfalls geeignet, aber in der Praxis aufgrund des Probenahmeaufwands (jährliche Beprobung in 2-3 Schichten) und der Untersuchungskosten wenig verbreitet.

3 Grundsätze der Bildung von Teilschlägen

Um homogene Teilschläge innerhalb von heterogenen Ackerschlägen abgrenzen und die zugrundeliegenden Standortunterschiede identifizieren zu können, gibt es ein umfangreiches Angebot an Informationsquellen, die herangezogen werden können (Heege 2013; Hufnagel *et al.* 2006; Lorenz und Münchhoff 2015). Informationen aus der Fern- und Naherkundung, welche die Heterogenität **beschreiben** (z. B. Luftbilder, Satellitenaufnahmen, elektrische Leitfähigkeitsmessung, Biomassekarten; s. Tabelle 1), zeigen Strukturen meistens ganzflächig und hoch auflösend. Sie liefern in der Regel keine Erklärungen für die Ursachen der Unterschiede. **Erklärende** Informationen (z. B. ein Bodenprofil; s. Tabelle 2) benennen dagegen die der Heterogenität zugrunde liegenden Ursachen. Sie werden meistens punktuell erhoben und die gewonnenen Informationen auf die um den Punkt liegende, sich einheitlich präsentierende Fläche bezogen.

Die Erstellung einer Probenahmekarte erfordert hohe Sorgfalt, da sie auch die Grundlage für zukünftige Wiederholungen der Bodenprobenahme darstellen kann. Erfahrungsgemäß müssen dafür mehrere Informationsquellen hinzugezogen und miteinander abgeglichen werden, um boden- und bewirtschaftungsbedingte Unterschiede erklären zu können (Boess 2004; Lorenz und Münchhoff 2015). Dabei hat es sich als sinnvoll herausgestellt, zunächst mit Hilfe der **beschreibenden** Informationen Teilflächen abzugrenzen. **Erklärende** Informationen werden hinzugezogen, um die Ursachen der Heterogenität innerhalb der Teilflächen zu ergründen. Manchmal kann es sinnvoll sein, diese Informationen noch um eine Kartierung an Stellen zu ergänzen, an denen keine Erklärung für die Ursachen gefunden werden kann. Die nachfolgende Untersuchung von innerhalb der Teilflächen gezogenen Bodenproben kann darüber Auskunft geben, ob auch die Kalk- oder Nährstoffversorgung als Ursache für Ertragsunterschiede in Frage kommt.

Für die Ermittlung des Kalk- und Grundnährstoffbedarfs ist die Kenntnis der Bodenart der beprobten Schicht besonders wichtig. Die zusätzliche Kenntnis des Bodenaufbaus und der Bodenarten im durchwurzelbaren Bodenraum ermöglicht die Erklärung von Standortunterschieden, die eine Variation des Nährstoffgehalts auf der Fläche verursachen, zum Beispiel durch eine unterschiedlich hohe Nährstoffabfuhr. Letztere kann zum Beispiel durch eine unterschiedliche nutzbare Feldkapazität (nFK) innerhalb des Schlages verursacht sein, die zu Ertragsunterschieden führt. Entsprechend der Ertragshöhe variieren die mit dem Erntegut abgeführten Nährstoffmengen.

Bei der Erstellung von Probenahmekarten handelt es sich meistens um eine einmalige Maßnahme, die vertieftes Wissen und auch Erfahrungen im Umgang mit geografischen Informationssystemen voraussetzt. Daher kann es häufig sinnvoll sein, Kenntnisse von externen

Tabelle 1: Quellen für beschreibende Informationen zur Ermittlung der Standortheterogenität (Beispielbilder von einem 21-ha-Schlag)


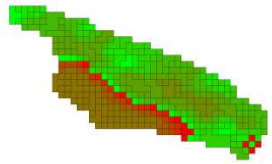
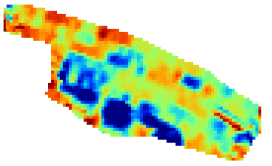
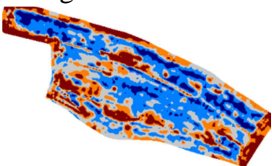
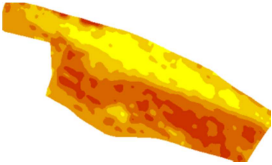
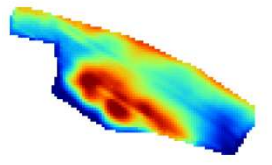
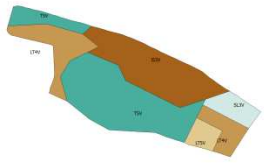
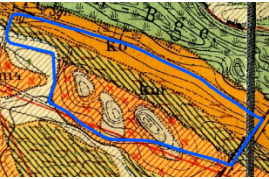
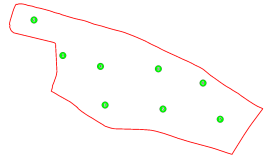

Informationsquelle	Bewertung der Aussagefähigkeit
Luftbilder, Satelliten- aufnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • bei optimalen Aufnahmebedingungen (abtrocknende, unbewachsene Felder oder bewachsene Äcker zu Zeiten von Wassermangel) sehr gute Differenzierung von Strukturen möglich, die durch spektrale Auflösung (Multispektralaufnahmen; z. B. sog. „Falschfarbenbilder“) noch verbessert werden kann • boden- und bewirtschaftungsbedingte Ursachen sind nicht in allen Fällen eindeutig zu unterscheiden
Mehrjährige Auswertung von Satellitenbildern 	<ul style="list-style-type: none"> • zeigt beständige sektorale Standortunterschiede als prozentuale Abweichung vom Mittel des Schlags • boden- und bewirtschaftungsbedingte Unterschiede werden nicht unterschieden
Biomassekarten (z. B. von optischen Sen- soren) 	<ul style="list-style-type: none"> • sinnvolles Hilfsmittel, wenn deutliche Unterschiede im Bestand zutage treten • Aussagekraft abhängig von der vom Sensor erfassten Fläche, dem verwendeten Index und dem Aufnahmezeitpunkt
Ertragskarten 	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinflussung des Ergebnisses sowohl durch die Wasserversorgung als auch durch Bewirtschaftungsmaßnahmen • zum Erkennen von Problemstellen geeignet, Nährstoffabfuhr kann berechnet werden • Korrektur der Ernterohdaten in der Regel erforderlich
Elektrische Bodenleit- fähigkeitsmessung 	<ul style="list-style-type: none"> • Leitfähigkeit wird wesentlich durch den Tongehalt und den Bodenwassergehalt bestimmt • Messung sollte bei gleichmäßiger Durchfeuchtung des Bodens erfolgen – der Boden muss außerdem noch so viel Wasser enthalten, dass er leitfähig ist • aus den Messwerten lässt sich der Tongehalt des Bodens nicht direkt ableiten; tief messende Geräte (EM38 bis 150 cm Bodentiefe) betonen stark den Untergrund - bei wechselnder Substratabfolge (z. B. Lehm über Sand) sind Verfahren geeigneter, die zwei und mehr Tiefen messen, z. B. Veris 3100 (0-30 und 0-90 cm), Geophilus electricus (6 Tiefen bis 150 cm)
Digitales Geländemodell 	<ul style="list-style-type: none"> • zeigt die Höhenunterschiede im Gelände • leistet Hilfestellung bei der Erklärung von reliefbedingten Bodenunterschieden

Tabelle 2: Informationsquellen zur Erklärung der Standortheterogenität (Beispielbilder von einem 21-ha-Schlag)

Informationsquelle	Bewertung der Aussagefähigkeit
<p>Bodenschätzung</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • häufig als Klassenzeichenkarte gebräuchlich (zusammengefasste Information über die Ertragsfähigkeit einer Teilfläche, z. B. IS3V 46/44); außerdem verfügbar sind die der Klassenfläche zugeordneten Bodenprofile („Bestimmende Grablöcher“) • Grenzen der Bodenschätzung orientieren sich auch an Flurstücksgrenzen; eine Plausibilitätsprüfung ist bei älteren Karten sinnvoll • Digitalisierung noch nicht in allen Bundesländern abgeschlossen
<p>Geologische Karten</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • liefern Informationen über Art und Verbreitung des Untergrundes • leisten Hilfestellung bei der Erklärung von Bodenunterschieden
<p>Bodenkartierung</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • gezielte Ursachenforschung, meistens genutzt zur Erstellung und Ergänzung einer Bodenkarte in Verbindung mit beschreibenden Informationen • Grundlage ist die Bodenkundliche Kartieranleitung (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005)
<p>Erfahrung der Bewirtschafteter</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Informationen zu Boden- und Bewirtschaftungsunterschieden aus langjährigen Erfahrungswerten

Dienstleistern einzubeziehen. Allgemeingültige Richtwerte zur Abgrenzung von Teilflächen (z. B. in Abhängigkeit vom Tongehalt) können nicht angegeben werden, da diese von den Standortbedingungen abhängig sind (nähere Einzelheiten s. Hufnagel *et al.* 2006, Lorenz und Münchhoff 2015).

Eine andere Möglichkeit zur Bildung von Teilschlägen ist die Unterteilung des Schlages in Form eines Rasters. Darunter versteht man die gleichmäßige Verteilung geometrisch einheitlich zugeschnittener Teilflächen über die zu beprobende Fläche. Die Größe des Probenahmegitters (Rasterabstand) ist so zu wählen, dass die räumliche Abhängigkeit der Standorteigenschaften zwischen den Punkten noch gewährleistet ist (Autokorrelation). Die Autokorrelation ist erforderlich, um vom Punkt auf die Fläche schließen zu können. Sie ist zu ermitteln und nachzuweisen. Eine Autokorrelation ist bei einer punktbezogenen Probenahme in der Regel noch gegeben, wenn der Rasterabstand zwischen den Probenahmepunkten 30 m bis 60 m beträgt (Domsch und Schirrmann 2009; Heege 2013; Whelan 2005), d. h. je Hektar mindestens drei bis 11 Proben entnommen werden. Das kleinste sinnvolle Raster entspricht dem Quadrat der Arbeitsbreite (zum Beispiel 36 x 36 m \approx 1/8 ha). Für die Bodenprobenahme auf Nährstoffe ist dieses Verfahren in der Praxis aufgrund der hohen Probenzahl und der damit verbundenen Kosten in der Regel nicht wirtschaftlich.

4 Planung und Durchführung der Bodenprobenahme

Um für Teilschläge repräsentative Bodenuntersuchungsergebnisse zu gewinnen, hat sich die **flächenbezogene Probenahme** bewährt. Form und Größe der Probenahme­fläche können in Abhängigkeit vom Zuschnitt der Teilfläche variieren. Eine Größe der Probenahme­fläche von 2-3 ha sollte aufgrund der räumlichen Abhängigkeit der Nährstoffe für eine repräsentative Probenahme eingehalten werden. Teilschläge, die diese Größe überschreiten, müssen daher unterteilt werden, damit die Nährstoffverteilung über die Fläche ausreichend differenziert erfasst werden kann. Entsprechend den geologischen Verhältnissen können die Probenahme­flächen auch kleiner sein als hier angegeben.

Die Probenahme erfolgt stets innerhalb der Grenzen eines Teilschlags. Die Lage der Beprobungslinien oder auch der Probenahme­punkte sollte georeferenziert dokumentiert werden. Damit ist gewährleistet, dass die Wiederholung der Probenahme z. B. im Turnus einer Fruchtfolge entlang derselben Beprobungslinie oder -punkte erfolgen kann und eine Vergleichbarkeit gegeben ist.

Um sicherzustellen, dass die Probenahme repräsentativ und innerhalb der Grenzen der Teilfläche stattfindet, empfiehlt es sich, die Beprobungslinien mit Hilfe eines geografischen Informationssystems (GIS) bereits vor der Beprobung festzulegen (Abb. 1) und dem Probenahmer zur Verfügung zu stellen. Dabei sind die Beprobungslinien gemäß den Richtlinien für die Probenahme aus dem VDLUFA-Methodenbuch I zu gestalten. Auf der Probenahme­fläche ist für die Probenentnahme eine Beprobungslinie zu wählen, die eine repräsentative Entnahme der Einzelproben gewährleistet und eine Beprobung parallel zur Hauptbearbeitungsrichtung weitgehend ausschließt. Eine Probenahme in oder entlang der Fahrgassen ist nicht sachgerecht. Die Länge der Beprobungslinie auf einer Probenahme­fläche sollte mindestens gleich der Länge der Diagonalen der jeweiligen Probenahme­fläche sein.

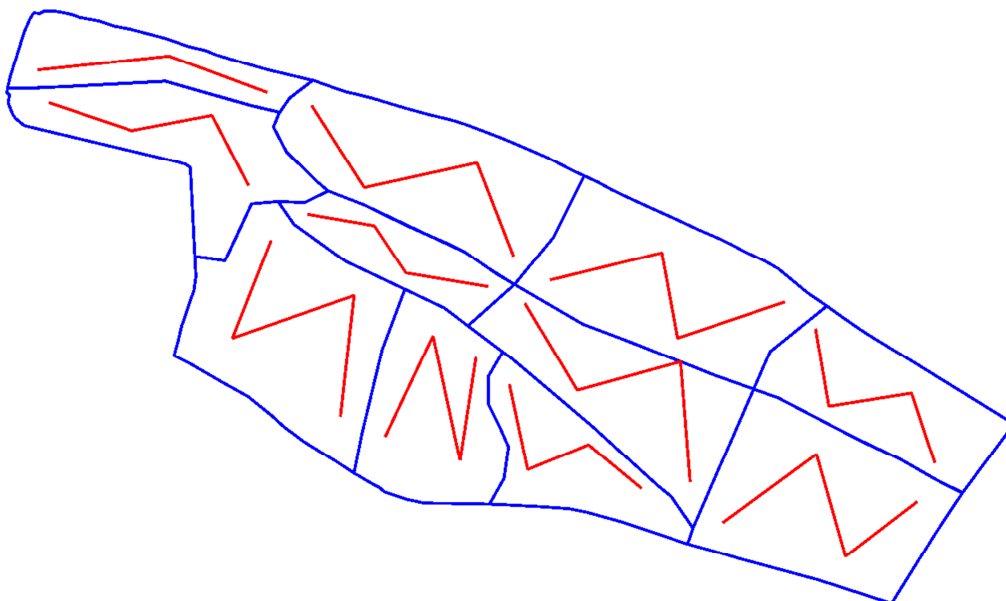


Abb. 1: Probenahme­flächen (blau umrandet) und Beprobungslinien (rot) für die Untersuchung auf pH-Wert und Grundnährstoffe am Beispiel eines 21-ha-Schlag­es.

Der Probenehmer nutzt bei der Probenahme einen mit einem GIS sowie einem GNSS-Empfänger ausgestatteten Computer, um die Probenahme entlang der Beprobungslinien durchführen und dokumentieren zu können.

Auch für die teilschlagspezifische Entnahme von Bodenproben zur Ermittlung der Nährstoffversorgung gelten die Richtlinien des VDLUFA-Methodenbuchs I. Die wesentlichen Anforderungen hieraus sind:

- Die Probenahme hat repräsentativ über die Teilfläche zu erfolgen. Dazu wird eine Sammelprobe aus 15-20 (Ackerland) bzw. 25-30 (Grünland) Einstichen (Einzelproben) erzeugt.
- Das Beprobungsmuster soll einem „Z“-Muster ähneln und sich mit Ausnahme von Vorgewenden und Mietenplätzen auf die gesamte Fläche erstrecken (Abb. 1). Die Einzelproben sind entlang der Beprobungslinie gleichmäßig zu verteilen.
- Die Probenahmetiefe beträgt bei wendender Bearbeitung mit dem Pflug unter Beachtung der realen Bearbeitungstiefe 20 bis 30 cm. Bei reduzierter Bodenbearbeitung (Minimalbodenbearbeitung) sind generell die obersten 20 cm unabhängig von der tatsächlichen Bearbeitungstiefe zu beproben. Bei Grünland werden nur die obersten 10 cm beprobt.
- Die gewonnene Bodenprobe (Sammelprobe) ist in einem geeigneten Behälter intensiv zu mischen und eine Teilprobe von ca. 300-500 g für das Labor abzufüllen (Endprobe).
- Bei der Nutzung mechanisierter Bodenprobenahmegeräte muss eine Bodenverschleppung zwischen Teilflächen ausgeschlossen werden.
- Eine Bündelung von mehreren Einstichen an derselben Stelle zur Erreichung der Anzahl der Einzelproben und/oder der Bodenmenge ist nicht zulässig.
- Nach einer Düngungsmaßnahme, welche die zu untersuchenden Nährstoffe betrifft, oder nach einer Kalkung ist eine Wartezeit von mindestens 8 Wochen einzuhalten.

5 Bewertung und Darstellung der Nährstoffversorgung

Die Bewertung der Bodennährstoffgehalte und der pH-Werte bei der Verarbeitung in Geoinformationssystemen hat nach den Grundsätzen des Gehaltsklassenprinzips des VDLUFA zu erfolgen. Bei der Ermittlung und Darstellung der pH- und Nährstoffgehaltsklassen sind Bodenart, Humusgehalt und weitere bekannte Standortfaktoren entsprechend den Vorgaben des VDLUFA bzw. deren länderspezifischer Umsetzung zu berücksichtigen.

In Nährstoffverteilungskarten wird den Teilflächen das Untersuchungsergebnis der Mischprobe zugeordnet. Die Darstellung der Nährstoffversorgung hat auf der Grundlage der fünf Gehaltsklassen A bis E zu erfolgen. Eine weitere Unterscheidung innerhalb der Gehaltsklassen sollte aus Gründen der Übersichtlichkeit der Darstellung und einer fachlich angemessenen und vergleichbaren Bewertung nicht vorgenommen werden.

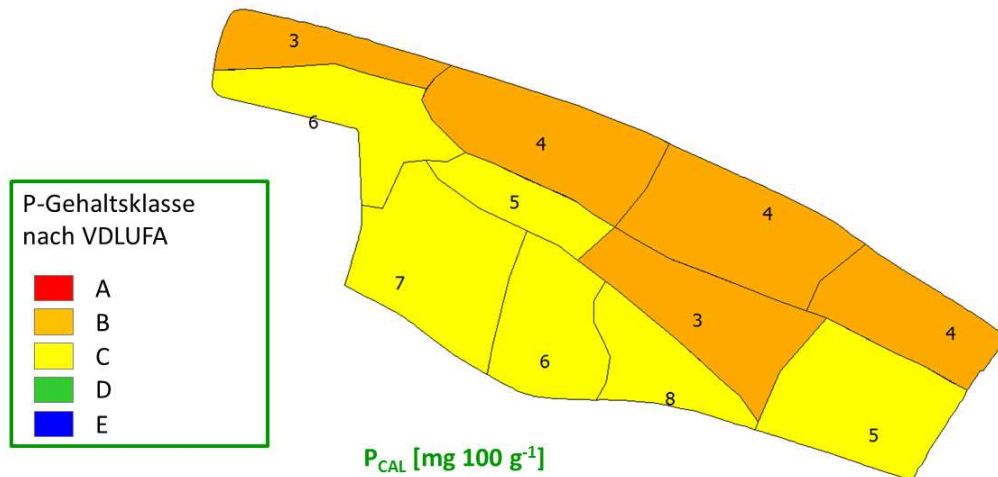


Abb. 2: Darstellung der P-Gehaltsklassen am Beispiel eines 21-ha-Schlages.

Zur Vereinheitlichung der Darstellung im Sinne einer besseren Vergleichbarkeit wird folgende Zuordnung der Farben zu den Gehaltsklassen empfohlen (Beispiel in Abb. 2):

Gehaltsklasse A:	rot
Gehaltsklasse B:	orange
Gehaltsklasse C:	gelb
Gehaltsklasse D:	grün
Gehaltsklasse E:	blau

Bei der Darstellung von Bodenuntersuchungsergebnissen wird häufig mit dem Verfahren der Interpolation gearbeitet. Dabei werden aus Punktdaten Flächen erzeugt, indem die Punkte mit einem geostatistischen Verfahren interpoliert werden. Dieses Verfahren wurde für die Darstellung von Ergebnissen aus der kleinräumigen Rasterbeprobung mit mindestens 100 Punkten konzipiert, wobei für jeden Punkt ein Untersuchungsergebnis vorliegt und die beprobten Positionen voneinander abhängig sind (Domsch und Schirrmann 2009). Häufig wird dieses Verfahren jedoch auf Mischproben von Teilflächen ausgedehnt, wobei die Untersuchungsergebnisse entweder auf den Mittelpunkt der Teilfläche oder mehrere Probenahmepunkte projiziert werden. Wenn bereits Teilflächen abgegrenzt sind, ist diese Vorgehensweise jedoch fachlich nicht korrekt, denn das Verfahren nimmt keine Rücksicht auf die Grenzen dieser Teilflächen. In der Regel entsteht ein anderer Flächenzuschnitt. Die aus der Interpolation der Bodenuntersuchungsergebnisse entstandenen Flächenanteile variieren außerdem von Nährstoff zu Nährstoff. Sie berücksichtigen dann nicht mehr die Standortunterschiede und können im Endergebnis zu falschen Kalkungs- und Düngungsempfehlungen führen.

6 Ermittlung und Darstellung des Düngedarfs

Der Kalkbedarf und der Düngedarf für Phosphor, Kalium und Magnesium sind auf der Basis der pH-Werte beziehungsweise des Nährstoffbedarfs der Pflanzen und der Nährstoffversorgung des Bodens zu ermitteln. Dabei sind der Zieldertrag und standorttypische Einflussgrößen (Bodenart, Humusgehalt) für die Probenahme fläche zu berücksichtigen. Nähere Auskunft hierzu geben die in den entsprechenden VDLUFA-Standpunkten (Baumgärtel *et al.* 1997; Kerschberger *et al.* 1999, 2000) definierten Grundsätze.

Wenn eine annähernd ausgeglichene Nährstoffversorgung der Böden vorliegt – die Gehalte der entsprechenden Nährstoffe also in Gehaltsklasse C liegen – ist es auch möglich, zur Berechnung des Düngebedarfs des Teilschlags nur die Nährstoffabfuhr über das Erntegut zu nutzen. Dafür ist die Auswertung von mehrjährigen Ertragskartierungen innerhalb der Fruchtfolge zweckmäßig. Die Erfahrung zeigt, dass die Erstellung mehrjähriger, für diesen Zweck geeigneter Ertragskarten anspruchsvoll ist.

Für die Ermittlung des Düngebedarfs sind die Forderungen der Düngeverordnung und insbesondere die Empfehlungen der zuständigen Fachinstitutionen der Bundesländer zu berücksichtigen. Nur letztere gewährleisten eine angepasste Düngungsempfehlung auf der Basis langjähriger Ergebnisse regionaler Feldversuche.

Die Darstellung der sich ergebenden Düngemengen in den Düngebedarfskarten (Applikationskarten) der Geoinformationssysteme sollte für die einzelnen Nährstoffe in nur einer Grundfarbe erfolgen. Die Nährstoffmengen werden entsprechend ihrer Höhe in der Intensität der jeweiligen Farbe abgestuft (Abb. 3).

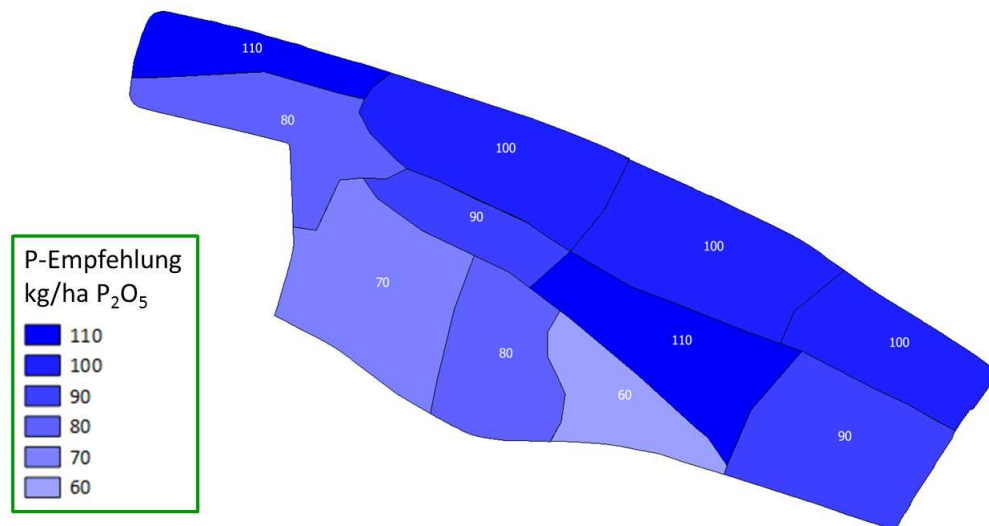


Abb. 3: Darstellung der P-Empfehlung am Beispiel eines 21-ha-Schlages.

Um den unterschiedlichen Düngebedarf in vereinfachter Form darzustellen, sollte die Breite der Intervallstufen bei der Darstellung des Düngebedarfs je nach Nährstoff nicht geringer sein als:

Kalk:	1 dt/ha CaO		
Phosphor :	5 kg/ha P	oder	10 kg/ha P ₂ O ₅
Kalium:	10 kg/ha K	oder	10 kg/ha K ₂ O
Magnesium:	5 kg/ha Mg	oder	10 kg/ha MgO

7 Fazit

Die georeferenzierte Bodenprobenahme mit der Erstellung von Nährstoffverteilungs- und Düngebedarfskarten in Geoinformationssystemen hat sich bei der Ermittlung des teilschlagbezogenen Düngebedarfs für die Grundnährstoffe in der praktischen Landwirtschaft als geeignetes Verfahren erwiesen.

Grundlage der georeferenzierten Bodenprobenahme und der Erstellung aussagefähiger Nährstoffverteilungs- und Düngebedarfskarten ist die sorgfältige Einteilung von Schlägen in

Teilschläge. Diese Einteilung berücksichtigt Unterschiede, die durch den Boden und die Bewirtschaftung hervorgerufen werden und erfasst die in den jeweiligen Teilschlägen vorliegenden Bodeneigenschaften. Die gebildeten Teilschläge sollten so abgegrenzt werden, dass eine größtmögliche Homogenität in Bezug auf Bodeneigenschaften und Ertrag erreicht wird. Eine repräsentative Probenahme setzt die Planung der Probenahme mit einem GIS voraus. Für die Durchführung gelten die Richtlinien zur Bodenprobenahme des VDLUFA.

Die georeferenzierte Bodenprobenahme und die Düngebedarfsermittlung entsprechend der Nährstoffversorgung von Teilflächen führen nicht zwangsläufig zu einer Senkung des Düngeaufwands. Sie ermöglichen vielmehr eine Optimierung der Düngerverteilung innerhalb eines Feldes. Dabei gleicht sich unter Umständen der Mehraufwand an Nährstoffen auf niedrig versorgten Teilflächen mit den Düngereinsparungen auf hoch versorgten Flächen aus. Indem jedoch die Düngemittel verstärkt dort zur Anwendung gelangen, wo sie den größten Nutzeffekt erzielen, besteht die Möglichkeit, dass Ertragsreserven erschlossen, die Nährstoffeffizienz erhöht und Belastungen nichtagrarischer Ökosysteme vermieden werden.

Mit Hilfe der georeferenzierten Positionierung der Bodenprobenahme wird die Anwendung und Auswertung der Bodenuntersuchung aufgrund der Zuordnung des Untersuchungsergebnisses zum Ort der Probenahme optimiert. Bei erneuten Bodenprobenahmen sollte die Beprobung nach dem gleichen Beprobungsmuster wiederholt werden. Damit können Untersuchungsergebnisse verschiedener Untersuchungszyklen verlässlich miteinander verglichen werden.

8 Literatur

AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

BAUMGÄRTEL, G., FRÜCHTENICHT, K., HEGE, U., HEYN, J. UND ORLOVIUS, K. (1997): *Kalium-Düngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf – Richtwerte für die Gehaltsklasse C*. VDLUFA-Standpunkt, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

BOESS, J. (2004): *Kartierkonzept zur Erstellung einer hoch auflösenden Bodenkarte für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung*. In: *Digitale Hofbodenkarte, Arb.-H. Boden* **5**, 35-45.

BORCHERT, A., PRALLE, H., TRAUTZ, D. UND OLFS, H.-W. (2011): *Erstellung von pH-Wert Schlagkarten basierend auf online-erfassten Boden-pH-Werten als Grundlage teilflächenspezifischer Kalkapplikation*. VDLUFA-Schriftenreihe **67**, 187-194.

DOMSCH, H. UND SCHIRRMANN, M. (2009): *Teilflächenspezifische Grunddüngung*. *Bornimer Agrartechnische Berichte* **72**, 1-131.

HUFNAGEL, J., HERBST, R., JARFE, A. UND WERNER, A. (2006): *Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis*. *KTBL-Schrift* **419**, KTBL, Darmstadt.

HEEGE, H. J. (ed.) (2013): *Precision in Crop Farming. Site Specific Concepts and Sensing Methods: Applications and Results*. Springer, Dordrecht.

KERSCHBERGER, M., HEGE, U. UND JUNGK, A. (1999): *Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf*. VDLUFA-Standpunkt, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

KERSCHBERGER, M., DELLER, B., HEGE, U., HEYN, J., KAPE, H.-E., KRAUSE, O., POLLEHN, J., REX, M. J. UND SEVERIN, K. (2000): *Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden*. VDLUFA-Standpunkt, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

LORENZ, F. UND MÜNCHHOFF, K. (2015): Teilflächen bewirtschaften – Schritt für Schritt. DLG-Verlag, AgrarPraxis kompakt, Frankfurt am Main.

VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (VDLUFA) (Hrsg.) (2007): Probenahme für die Untersuchung auf pflanzenverfügbare Nährstoffe in Acker- und Gartenböden. In: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. I Die Untersuchung von Böden, 5. Teillfg., A 1.2.1, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WHELAN, B. M. (2005): Precision Agriculture – An Introduction to Concepts, Analysis & Interpretation. ACPA, Sydney, Australien.