

---

## **Standpunkt**

---

# **Georeferenzierte Bodenprobenahme auf landwirtschaftlichen Flächen als Grundlage für eine teilflächenspezifische Düngung mit Grundnährstoffen**

zuständige Fachgruppen:

- I     Bodenkunde, Pflanzenernährung und Düngung
- II    Bodenuntersuchung
- X     Bodenfruchtbarkeit und Agrarökologie

Bearbeiter:

Dr. P. Boysen, Kiel  
Dr. Th. Ebertseder, Limburgerhof  
Dipl.-Ing. K. Gosch, Kiel  
Fr. Dr. S. Haneklaus, Braunschweig  
Dr. L. Herold, Jena  
Dr. F. Holz, Halle  
Dr. H. E. Kape, Rostock  
Prof. Dr. O. Krause, Jena  
Dr. K. Orlovius, Kassel  
Dr. K. Severin, Hannover  
Dr. M. Schrödter, Halle

Darmstadt, 19. September 2000

## Impressum

Standpunkt des VDLUFA, 19. September 2000

Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und  
Forschungsanstalten (VDLUFA)  
Bismarckstr. 41 A, 64293 Darmstadt  
Telefon: 0 61 51-9 55 84-0, Fax: 0 61 51-95 58 40  
E-Mail: info@VDLUFA.de  
Homepage: <http://www.vdlufa.de>

Präsident: Prof. Dr. G. Breitschuh

Redaktionelle Bearbeitung: Dr. H.-E. Kape

Stellungnahme: Prof. Dr. R. Aldag, Speyer; Prof. Dr. D. Alt, Osnabrück, Dr. Th. Appel, Großbeeren, Prof. Dr. K. Auerswald, Freising; Dr. G. Baumgärtel, Hannover; Prof. Dr. G. Breitschuh, Jena; Dr. R. Flisch, Zürich; Dr. F. Fürstenfeld, Ochsenfurt; Dr. E. Grantzau, Hannover; Dr. J. Günther, Oldenburg; Dr. R. Gutser, Freising; LD U. Hege, Freising; Prof. Dr. G. Hoffmann, Freising; Dr. D. Horn, Ochsenfurt, Prof. Dr. W. Horst, Hannover; Dr. M. Kerschberger, Jena; Dr. R. Kluge, Karlsruhe; Prof. Dr. D. Köppen, Rostock; Prof. Dr. M. Körschens, Halle; Dr. J. Kralovez, Pilzen; Dr. M. Kücke, Soest; Dr. J. Lammel, Dülmen; Dr. A. Link, Dülmen; Prof. Dr. W. Merbach, Halle; Dr. H. Munk, Heiligenhaus; Dr. L. Nätscher, Freising; Dr. H.-W. Olf, Dülmen; Dr. G. Pasda, Limburgerhof; Dipl. Ing. J. Pollehn, Köln; Dr. D. Pradt, Frankfurt/M; Prof. Dr. G. Schilling, Halle; Dr. D. Schröder, Hannover; Dr. Th. Schwarick, Erfurt; Dr. K. Seibert, Speyer; Dr. Ch. v. Braunschweig, Kassel; Dr. E. Viehausen, Düsseldorf; Prof. Dr. W. Werner, Bonn; Dr. A. H. Wissemeier, Limburgerhof; Dr. J. Wollring, Dülmen; Dr. W. Zerulla, Limburgerhof

Endredaktion: Dr. H.-G. Brod  
Gesamtherstellung: VDLUFA, Selbstverlag

Die Standpunkte des VDLUFA sind urheberrechtlich geschützt.

## **Georeferenzierte Bodenprobenahme auf landwirtschaftlichen Flächen als Grundlage für eine teilflächenspezifische Düngung mit Grundnährstoffen**

### **1. Zielstellung**

Mit dem Einzug neuer Technologien, wie GPS (Globales Positionierungs-System), GIS (Geoinformationssystem) und Fernerkundung, sind neue Möglichkeiten einer ortsdifferenzierten (georeferenzierten), teilflächenspezifischen Informationsgewinnung und -bewertung sowie Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen gegeben.

Auch bei der Bodenprobenahme für die Bestimmung der Grundnährstoffversorgung (P, K, Mg und pH-Wert) und der Düngbedarfsermittlung für diese Nährstoffe werden diese Technologien zunehmend eingesetzt. Hierbei werden Informationen zur Lage der Probenahmeflächen bzw. Probenahmepunkte der Bodenuntersuchung mit Informationen über die Nährstoffversorgung, den zu erwartenden Nährstoffentzug und andere Standortfaktoren dieser Flächen bzw. Punkte kombiniert und zur Steuerung von Maschinen eingesetzt.

Durch eine an den Bedarf der Teilfläche angepasste Düngung soll erreicht werden, dass innerhalb der Schläge auftretende Differenzen im Nährstoffgehalt und Nährstoffbedarf bei der Düngung besser berücksichtigt werden. Dabei ist durch den Anwender zu hinterfragen, ob die dafür erforderlichen Informationen angemessen erfasst und bewertet wurden.

Die Zielstellung des vorliegenden Standpunktes beinhaltet deshalb die Formulierung von Mindestanforderungen an die Durchführung der georeferenzierten Bodenprobenahme mit Globalen Positionierungs-Systemen sowie an die Ermittlung und Darstellung der teilflächenspezifischen Nährstoffversorgung und des sich aus dem Ertragsniveau der Teilfläche ergebenden Düngedarfs für die Grundnährstoffe in Geoinformationssystemen.

Weiterhin soll Fehlentwicklungen bei der GPS-gestützten Bodenprobenahme sowie der Darstellung der Nährstoffversorgung und des Düngedarfs in Geoinformationssystemen entgegen gewirkt werden.

Die Nährstoffe Schwefel und Stickstoff wurden in den Standpunkt nicht einbezogen, da deren Beprobungsmuster grundsätzlich von dem für die Grundnährstoffe abweicht und die georeferenzierte Ermittlung der zusätzlich aktuell zu ermittelnden Düngedarfsparameter nach anderen Prinzipien erfolgt.

### **2. Grundsätze der Bodenprobenahme**

Unabhängig von den Verfahren der Festlegung von Probenahmeflächen (Punkt 3) gelten bei der Entnahme von Bodenproben für die Ermittlung der Nährstoffversorgung die Richtlinien entsprechend VDLUFA-Methodenbuch I.

Die Entnahme der Bodenproben für die Erstellung von Nährstoffverteilungskarten kann als punktbezogene oder als flächenbezogene Probenahme erfolgen.

Die **punktbezogene Probenahme** (Punktbeprobung) ist die Entnahme von Boden an den Kreuzen eines gleichmäßigen Probenahmegitters (Grid). An jedem georeferenzierten Gitterpunkt, der jeweils zu dokumentieren ist, wird dazu auf sehr engem Raum eine Bodenprobe entnommen, die als Sammel- bzw. Endprobe zur Analytik gelangt.

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. Aufgrund vorliegender Untersuchungen ist eine Autokorrelation bei einer punktbezogenen Probenahme in der Regel noch gegeben, wenn der Rasterabstand zwischen den Probenahmepunkten 30 m bis 50 m beträgt, d.h. je Hektar mindestens vier bis 11 Proben entnommen werden.

Die **flächenbezogene Probenahme** (Streckenbeprobung) ist die Entnahme von Einzelproben entlang einer Beganglinie innerhalb einer abgegrenzten Probenahmefläche, die zu einer Sammel- bzw. Endprobe vereinigt werden. Die Größe der Probenahmefläche kann in Abhängigkeit vom Verfahren der Bodenuntersuchung (siehe Punkt 3) variieren. Die Probenahmefläche ist nach Möglichkeit quadratisch anzulegen.

Der Nachweis einer Autokorrelation ist für die flächenbezogene Probenahme nicht erforderlich, da die Fläche unmittelbar beprobt wird. Die Grenzen der Probenahmeflächen sind innerhalb der Feldgrenzen georeferenziert zu dokumentieren.

Auf der Probenahmefläche ist für die Probeentnahme eine Beganglinie zu wählen, die eine repräsentative Entnahme der Einzelproben gewährleistet (siehe Anleitung VDLUFA- Methodenbuch I) und eine Beprobung parallel zur Hauptbearbeitungsrichtung ausschließt. Eine Probenahme in oder entlang der Fahrgassen ist nicht zulässig. Die Länge der Beganglinie auf einer Probenahmefläche muss mindestens gleich der Länge der Diagonalen der jeweiligen Probenahmefläche sein.

Für eine Sammelprobe, deren Untersuchungsergebnis für die gesamte Probenahmefläche repräsentativ ist, sind entsprechend den Probenahmenvorschriften entlang der Beganglinie

- auf dem Ackerland mindestens 15 - 20 Einzelproben (Einstiche)
- auf dem Grünland mindestens 30 - 40 Einzelproben (Einstiche)

zu entnehmen. Die Einzelproben sind entlang der Beganglinie gleichmäßig zu verteilen.

Bei der Nutzung mechanisierter Bodenprobenahmegeräte ist eine Bodenverschleppung auszuschließen sowie sicherzustellen, dass die in den Richtlinien des VDLUFA- Methodenbuches I geforderte Probenahmetiefe und eine gleichmäßige Entnahme des Bodenmaterials über die gesamte Schichttiefe gewährleistet werden.

Eine Bündelung von Probenahmeaggregaten (mehrere Einstiche an der selben Stelle) zur Absicherung der Anzahl der Einzelproben und der Bodenmenge ist abzulehnen.

### 3. Verfahren der Bodenprobenahme

Die georeferenzierte Entnahme von Bodenproben zur Ermittlung der Nährstoffversorgung landwirtschaftlicher Flächen und die Darstellung in Nährstoffverteilungskarten kann erfolgen für eine:

- Nährstoffgrundinventur  
oder für eine
- Teilflächenuntersuchung.

Aus diesen beiden Verfahren ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Festlegung der Probenahmeflächen bzw. des Probenahmerasters.

#### 3.1 Nährstoffgrundinventur

Die Nährstoffgrundinventur verfolgt das Ziel, eine Aussage über die Differenziertheit der Nährstoffversorgung von landwirtschaftlichen Flächen zu erhalten. Sie sollte nur anlassbezogen durchgeführt werden, z.B. wenn die Heterogenität der Nährstoffversorgung völlig unbekannt ist, die Gehaltsunterschiede zwischen Probenahmeflächen vorangegangener Bodenuntersuchungen eine große Variabilität auf der Fläche aufweisen oder wenn deutliche Wachstumsunterschiede in den Pflanzenbeständen des jeweiligen Feldes beobachtet wurden.

Die Nährstoffgrundinventur basiert daher auf einer Bodenuntersuchung in einem sehr kleinräumigen, gleichmäßig angelegten Raster. Auf der Grundlage der Nährstoffgehalte und der Bodenart der einzelnen Rastereinheiten können nachfolgend Teile eines Feldes mit gleicher Nährstoffversorgung als Teilflächen für die Düngung und für spätere Probenahmen zusammengefasst und abgegrenzt werden.

Eine Wiederholung der Nährstoffgrundinventur zur Kontrolle, ob durch eine teilflächendifferenzierte Düngung entsprechend dem Düngebedarf der Teilflächen eine Angleichung der Nährstoffgehalte erreicht wurde, sollte nach 10 - 15 Jahren erfolgen.

Die Nährstoffgrundinventur kann als punktbezogene oder flächenbezogene Probenahme in einem gleichmäßigen Raster durchgeführt werden. Entscheidend für die Qualität der Erfassung der flächenhaften Nährstoffverteilung im Rahmen einer Nährstoffgrundinventur ist die Probenahmedichte bzw. die Größe der Probenahmeflächen (siehe Punkt 2).

Die flächenbezogene Probenahme im Rahmen einer Nährstoffgrundinventur stellt mathematisch-statistisch das robustere Verfahren dar. Die Flächengröße kann daher im Vergleich zur punktbezogenen Probenahme größer sein. Bei einer flächenbezogenen Probenahme sollte das Raster bei einer Flächengröße von 0,25 - 0,5 ha liegen.

Unter Berücksichtigung der in Punkt 2 genannten Anforderungen stößt man bei der punktbezogenen Probenahme bezüglich des Aufwandes, der Kosten und der Technologie eher an Grenzen der Praktikabilität als bei der flächenbezogenen Probenahme.

### 3.2 Teilflächenuntersuchung

Die Teilflächenuntersuchung stellt unter Praxisbedingungen den Normalfall der Bodenuntersuchung dar. Für die Abgrenzung der zu beprobenden Teilflächen auf einem Feld können die Ergebnisse der Nährstoffgrundinventur bzw. vorangegangener Bodenuntersuchungen sowie zusätzliche Informationen wie die Reichsbodenschätzung, Reliefdaten, Ertragskarten u.a. herangezogen werden. Mit der Teilflächenuntersuchung wird der mittlere Nährstoffgehalt einer bereits abgegrenzten Fläche ermittelt.

Die Teilflächenuntersuchung ist als flächenbezogene Probenahme durchzuführen. Die Größe der einzelnen Probenahmeflächen sollte in Abhängigkeit von der Variabilität der Nährstoffgehalte auf der Teilfläche eine Größe von 3 - 5 ha nicht überschreiten (siehe VDLUFA Methodenbuch Band I).

Das Testparzellenverfahren, bei dem nur eine einzelne Testparzelle für eine Fläche untersucht wird, deren Ergebnis die gesamte Fläche repräsentieren soll, ist für die teilflächenspezifische Düngebedarfsermittlung nicht geeignet.

### 4. 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 Gehaltsklassen der Nährstoffversorgung bzw. der pH-Wertklassen sind Bodenart, Humusgehalt und weitere bekannte Standortfaktoren entsprechend der VDLUFA-Richtlinie bzw. deren länderspezifischer Umsetzung zu berücksichtigen. Grundsätzlich ist zu gewährleisten, dass alle Informationen mit einer ihrer räumlichen Variabilität angemessenen Dichte erhoben wurden. Bei der Auswertung wiederholter Bodenuntersuchungen ist die Vergleichbarkeit der angewandten Beurteilungsmaßstäbe für die ermittelten Messwerte der Nährstoffversorgung zu beachten.

Die Darstellung der Nährstoffversorgung in Nährstoffverteilungskarten von Geoinformationssystemen hat auf der Grundlage der fünf Gehalts- bzw. pH-Wertklassen A bis E zu erfolgen. Eine weitere Differenzierung über die Gehaltsklassen hinaus nach den Einzelmesswerten der Bodenuntersuchung sollte aus Gründen der Übersichtlichkeit der Darstellung und einer fachlich angemessenen und vergleichbaren Bewertung nicht vorgenommen werden.

Zur Vereinheitlichung der Darstellung im Sinne einer besseren Vergleichbarkeit wird folgende Zuordnung der Farben zu den Gehaltsklassen empfohlen:

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

Eine weitere farbliche Untersetzung (violett) der Gehaltsklasse E kann in ausgewählten Fällen erfolgen, wenn die Spanne der Nährstoffgehalte bzw. pH-Werte innerhalb eines Feldes oder Betriebes dadurch besser dargestellt werden kann.

Bei einer flächenbezogenen Beprobung werden die Probenahmeflächen an Hand ihrer Nährstoffgehalte den Gehaltsklassen entsprechend einzeln zugeordnet. Die Probenahmefläche bildet den Flächenbezug für die Bodenart und andere relevante Bodeneigenschaften zur Ableitung der Gehaltsklasse. Eine Interpretation der Messwerte über die Grenzen der Probenahmeflächen hinweg ist nicht zulässig.

Bei einer punktbezogenen Probenahme im Rahmen einer Nährstoffgrundinventur können für die kartografische Darstellung mit Hilfe von Interpolationsverfahren Flächen gleicher Nährstoffgehalte abgegrenzt werden. Bei der Auswahl der Interpolationsverfahren ist darauf zu achten, dass die jeweiligen Modellanforderungen erfüllt sind. Voraussetzung für die Anwendung der Interpolationsverfahren ist, dass ein räumlicher Zusammenhang zwischen den Nährstoffgehalten der Probenahmepunkte besteht.

Nach der Interpolation ist die für die einzelnen Isoflächen ermittelte Nährstoffversorgung entsprechend der VDLUFA-Richtlinie bzw. den länderspezifischen Grundsätzen zur Beurteilung der Nährstoffgehalte bzw. pH-Werte in die Gehalts- bzw. pH-Wertklassen einzustufen.

## **5. Ermittlung und Darstellung des Düngedarfs**

Der Düngedarf für Phosphor, Kalium und Magnesium - bzw. der Kalkbedarf ist auf der Basis der Nährstoffversorgung bzw. der pH-Werte sowie unter Berücksichtigung des Zieldertrages und anderer standorttypischer Einflussgrößen (u.a. Bodenart, Humusgehalt) für die Probenahmefläche bzw. Isofläche der Interpolation zu ermitteln. Hierbei sind die in den entsprechenden VDLUFA-Standpunkten definierten Grundsätze zu berücksichtigen.

Aufgrund der georeferenzierten Vermessung der Probenahmeflächen bzw. Probenahmepunkte ist es möglich, zur Ableitung des Düngedarfs den für die einzelne Probenahme- bzw. Isofläche relevanten Zieldertrag aus der Auswertung von mehrjährigen Ertragskartierungen innerhalb der Fruchtfolge zu nutzen und gegebenenfalls auch einen kleinflächigen, noch innerhalb der Probenahme- bzw. Isofläche differenzierten Düngedarf zu berechnen. Liegen keine Ertragskartierungen vor, ist der Zieldertrag der Rastereinheiten auf Grundlage von Erfahrungen abzuschätzen.

Für die Ermittlung des Düngedarfs sind die Forderungen der Düngeverordnung bzw. deren länderspezifische Umsetzung zu berücksichtigen. Letztere gewährleisten eine angepasste Düngeempfehlung auf der Basis langjähriger Ergebnisse regionaler Feldversuche.

Die Darstellung der sich ergebenden Düngemengen in den Düngedarfskarten der Geoinformationssysteme sollte für die einzelnen Nährstoffe in nur einer Grundfarbe erfolgen, wobei die Nährstoffmengen entsprechend ihrer Höhe in der Intensität der jeweiligen Farbe abgestuft werden müssen.

Um den Landwirten 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:	5 dt/ha Ca	( 7 dt/ha CaO)
Phosphor:	5 kg/ha P	(12 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Kalium:	15 kg/ha K	(18 kg/ha K <sub>2</sub> O)
Magnesium:	5 kg/ha Mg	( 8 kg/ha MgO)

## 6. Fazit

Die GPS-gestützte Bodenprobenahme mit der Erstellung von Nährstoffverteilungs- und Düngebedarfskarten in Geoinformationssystemen findet zunehmend bei der Ermittlung des teilflächenbezogenen Düngebedarfs für die Grundnährstoffe in der praktischen Landwirtschaft Anwendung. Sie kann auf geeigneten Flächen die traditionelle Bodenprobenahme und die einheitliche Erstellung von Düngeempfehlungen für das Gesamtfeld ablösen. Für eine teilflächenspezifische Düngung stellt sie derzeit die wichtigste Entscheidungsgrundlage dar.

Die Nutzung der GPS-gestützten Bodenprobenahme und die Erstellung aussagefähiger Nährstoffverteilungs- und Düngebedarfskarten erfordert erhebliche Aufwendungen für die Beprobung und Untersuchung der Teilflächen sowie die Bewertung und Darstellung der Ergebnisse. Den Anwendern muss dabei deutlich gemacht werden, dass häufig aus Kostengründen getroffene Kompromisslösungen wie z. B.:

- punktuelle Probenahme im 3 - 5 ha Raster
- nicht repräsentative Probenahme bei flächenbezogener Beprobung
- Nichtberücksichtigung der Standortfaktoren bei der Ableitung der Gehaltsklassen und des Düngebedarfs
- Verschnitt von Informationen unterschiedlicher Dichte

zu fachlich nicht fundierten Ergebnissen führen, die nicht vorhandene Genauigkeiten vortäuschen und den finanziellen Aufwand nicht rechtfertigen.

Die GPS-gestützte Bodenuntersuchung und die Düngebedarfsermittlung entsprechend der Nährstoffversorgung und dem Nährstoffentzug der Pflanzen von Teilflächen führen nicht zwangsläufig zu einer Senkung des Düngeaufwandes, sondern ermöglichen vielmehr eine Optimierung der Düngeverteilung innerhalb eines Feldes. Dabei gleicht sich u. U. der Mehraufwand an Nährstoffen auf niedrig versorgten Teilflächen mit den Düngeersparungen 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 und ökologische Effekte erreicht werden.

Mit Hilfe der georeferenzierten Positionierung der Bodenprobenahme wird die Auswertung und Anwendung der Bodenuntersuchung weiter verfeinert, da die Zuordnung von Analysenwert und Entnahmestelle erleichtert wird. Bei erneuter Bodenprobenahme besteht die Möglichkeit, die vorhergehenden Probenahmeflächen bzw. -punkte wiederzufinden und die Beprobung nach dem gleichen Beprobungsmuster zu wiederholen. Damit ist eine bessere Vergleichbarkeit von Untersuchungsergebnissen verschiedener Untersuchungszyklen gegeben.