

# Zur Erstellung von Nährstoffverteilungskarten auf der Basis GPS-gestützter Probenahme - Informationsverluste bei der Anwendung praxisüblicher Beprobungsdichten

KARL-HEINZ DAMMER, HALLE  
TORSTEN SCHWEIGERT, HALLE  
MATTHIAS SCHRÖDTER, HALLE  
FALKO HOLZ, HALLE

## Abstract

*Sampling for analysing soil nutrients was done within the wheel tracks along a 90 m x 25 m grid of a rectangle field. Maps of the P-, K-, Mg-, B-, Cu-, Mn-, Mo-, and Zn-content were generated using kriging as interpolation method. The loss of information in generating the maps due to a reduction of sampling points to one fourth was quantified. The sampling grid was widened to 90 m x 100 m according to a 1 hectare size and the maps were reproduced. For each of the nutrients the accuracy compared to the map using the complete data set was evaluated by the negative and positive deviation in percent of the interpolated nutrient content.*

## 1 Einführung

Das Prinzip des teilflächenspezifischen Acker- und Pflanzenbaus ist bei der Düngung unter allen agrotechnischen Maßnahmen am weitesten fortgeschritten. Grundlage einer teilflächenspezifischen Düngung ist unter anderem die Nährstoffbeprobung mit Hilfe GPS-gestützter Ortung. Dabei werden die Nährstoffverhältnisse um so genauer wiedergegeben, je größer die Beprobungsdichte ist. Der Dichte ist aber aus arbeitswirtschaftlichen Gründen Grenzen gesetzt. Ziel einer Nährstoffbeprobung ist die Erstellung einer Düngekarte, mit deren Hilfe der Bordcomputer des Düngerstreuers unter Nutzung des Navigationssystems die Ausbringmenge auf dem Schlag positionsabhängig steuert. Ausgehend von einer relativ engen Beprobung entlang eines 90 m x 25 m Gitters sollte untersucht werden, mit welchem Informationsverlust bei einer Beprobung auf der Grundlage eines etwa 1 Hektar großen Rasters zu rechnen ist. Diese Rastergröße (und größer!) zur Nährstoffbeprobung wird von vielen Firmen der Bodenuntersuchungsbranche als Dienstleistung angeboten.

## 2 Material und Methoden

Datengrundlage bildete eine punktuelle Nährstoffuntersuchung (Makro- und Mikronährstoffe) auf einem 90 m x 25 m Gitter einer nahezu rechteckigen Fläche der Lehr- und Versuchsanstalt Bernburg.

Die räumliche Variabilität des Gehaltes  $z$  eines Pflanzennährstoffes einer Untersuchungsfläche (charakterisiert durch die Gauss-Krüger-Koordinaten  $x$ : Rechtswert,  $y$ : Hochwert) ist durch zwei Komponenten erklärbar:

1. Charakterisierung der großräumigen Variabilität durch einen räumlichen Trend

2. Charakterisierung der kleinräumigen Variabilität durch eine räumliche Autokorrelationsstruktur.

Ein räumlicher Trend kann beispielsweise durch Polynome verschiedenen Grades in der Form einer zweidimensionalen Trendfläche  $\hat{z} = f(x, y)$  beschrieben werden.

Eine räumliche Autokorrelation liegt dann vor, wenn die Nährstoffgehalte benachbarter Stichprobenpunkte ähnlicher sind als die Gehalte entfernterer Punkte. Eine Autokorrelationsstruktur kann mit Hilfe sogenannter Semivarianzen  $\gamma(\mathbf{h})$  analysiert werden, die vom Abstandsvektor  $\mathbf{h}$  abhängig sind (WEBSTER, 1985):

$$\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{2n(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{n(\mathbf{h})} (z(\mathbf{x}_i) - z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h}))^2.$$

Zur Berechnung werden die quadrierten Differenzen zwischen allen Nährstoffwerten  $z$  am jeweiligen Stichprobenort  $\mathbf{x}_i$ , die in der jeweiligen Abstandsklasse  $\mathbf{h}$  liegen, addiert, wobei  $n(\mathbf{h})$  die Anzahl der Punkte in der Abstandsklasse  $\mathbf{h}$  ist. Die  $\gamma(\mathbf{h})$ -Werte werden in einem Variogramm in Abhängigkeit von  $\mathbf{h}$  dargestellt.

Zeigt sich in den Variogrammen eine räumliche Abhängigkeit der Nährstoffgehalte, so ist die Anwendung des Kriging als Interpolationsmethode (CRESSIE, 1993) bei der Erzeugung einer Nährstoffverteilungskarte gerechtfertigt. Es wurden mit Hilfe der Nährstoffwerte der beprobten 115 Punkte des 90 m x 25 m Gitters insgesamt 2306 Werte auf einem 10 m x 10 m Gitter mit Hilfe der Programmroutine „okb2d“ („ordinary kriging“) des Geostatistikprogrammes GSLIB (DEUTSCH und JOURNAL, 1992) interpoliert und daraus eine Isolinienkarte für den jeweiligen Nährstoff erzeugt. Es soll darauf hingewiesen werden, daß bei Vorliegen eines Trends dieser vor Berechnung des Variogramms und der Durchführung des Kriging eliminiert und mit den Residuen gerechnet wurde. Anschließend erfolgte eine Addition des Trends auf die 2306 interpolierten Werte.

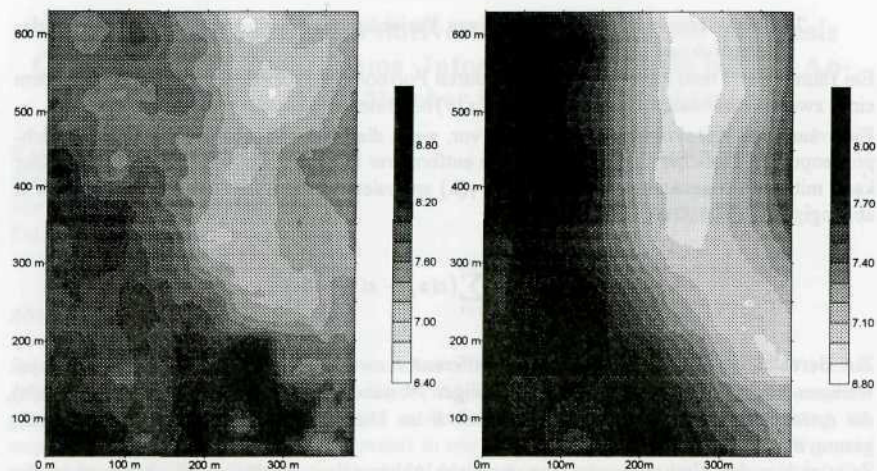
Um eine Probendichte von etwa 1 Hektar zu erreichen, wurden die Daten auf ein Viertel reduziert (Beprobung entlang jeder 4. Fahrspur), so daß zur Interpolation der 2306 Werte nur 32 Probenpunkte auf einem 90 m x 100 m Gitter zur Verfügung standen. Der Informationsverlust gegenüber der Verteilungskarte unter Verwendung des vollen Datensatzes wurde mit Hilfe des relativen Fehlers

$$\text{rel. Fehler} = \left( \frac{\hat{z}(\mathbf{x}_i)_{\text{vollst.}} - \hat{z}(\mathbf{x}_i)_{\text{reduz.}}}{\hat{z}(\mathbf{x}_i)_{\text{vollst.}}} \right) * 100$$

je 10 m x 10 m Gitterpunkt charakterisiert und für jeden Nährstoff in Form eines Häufigkeitsdiagramms dargestellt.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 1 ist als Beispiel die Nährstoffverteilungskarte von Magnesium unter Verwendung des vollen Datensatzes (a) und des um 75 % reduzierten Datensatzes (b) dargestellt.



a) b)

Abb. 1: Isolinkarte des Magnesiumgehaltes (mg/100g) unter Verwendung aller 115 Probenwerte (a) und von 32 Werten (b)

Insgesamt ist der Schlag, der im Bodentyp Schwarzerde einzustufen ist, relativ gut mit diesem Makronährstoff versorgt (Versorgungsstufe D nach Angaben der LUFA Sachsen-Anhalt). Die niedrigen Magnesiumwerte sind dabei auf der rechten Seite des Schlages zu finden. Eine Reduktion der Beprobungspunkte um 75 % führte dazu, daß Inseln bestimmter Gehalte verschwinden und die Nährstoffkarte insgesamt „glatter“ wird. Die positiven und negativen prozentualen Abweichungen der interpolierten Nährstoffgehaltswerte an den 2306 Orten sind in Abb. 2 dargestellt.

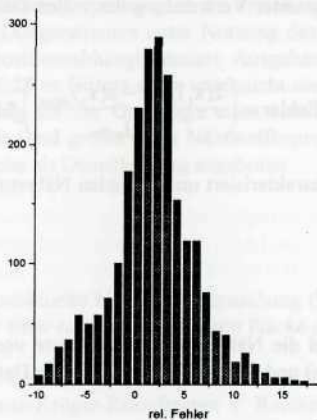


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der prozentualen Abweichungen

Die negativen Abweichungen (Unterschätzung) erreichen 11 %, während die positiven Abweichungen (Überschätzung) 19 % erreichen. Aus der Häufigkeitsverteilung (Abb. 2) erkennt man, daß mehr Überschätzungen auftreten.

Im Mittel wurden die Mg-Gehalte überschätzt (+1,90 %), die B-, Ka-, P- und Zn-Gehalte unterschätzt (-3,56 %, -12,25 %, -6,12 %, -2,75 %) und die Cu-, Mn- und Mo-Gehalte etwa erwartungstreu (-0,56 %, -1,98 %, -0,98 %) reproduziert. Die stärkste Abweichung trat bei Kalium auf. Das hängt damit zusammen, daß der Kaliumgehalt mit einer Spannweite von 72,76 mg/100g am stärksten variierte (Mg: 5,1; P: 22,6; B: 3,50; Cu: 6,10; Mn: 47,53; Mo: 0,82; Zn: 19,11) und bei der Stichprobenreduktion gerade hohe Werte weggelassen wurden.

Eine weitere Reduktion der Beprobungspunkte entsprechend einer 2 Hektar Beprobung führte zu einer gravierenden Verschlechterung der Genauigkeit. Insgesamt brachte die 1 Hektar-Beprobung bei den einzelnen Nährstoffen im allgemeinen einen geringen Informationsverlust, der für den vorliegenden Schlag durchaus tolerierbar ist.

## Literatur

CRESSIE, N. A. C. (1993): Statistics for Spatial Data. Wiley, New York

DEUTSCH, C. V.; JOURNEL, A. G. (1992): GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide. Oxford University Press, New York

WEBSTER, R. (1985): Quantitative Spatial Analysis of Soil in the Field. Advances in Soil Science, Teil 3, Springer Verlag, New York,