

SD 526



**Verband Deutscher Landwirtschaftlicher
Untersuchungs- und Forschungsanstalten**

**Kongressband 2000
Stuttgart-Hohenheim
Generalthema
„Nachhaltige Landwirtschaft“
Teil VI**

**Beiträge zu den Themen
„Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit,
Ökolandbau, Freie Themen“**

112. VDLUFA-Kongress
vom 18. bis 22. September 2000
VDLUFA-Schriftenreihe 55/2000

Bewirtschaftungsbedingte Veränderungen der P- und K-Versorgung zwischen zwei Bodeninventuren auf der Versuchsstation Klostergut Scheyern

K. Weinfurter⁷ und G. Gerl⁸

Einleitung

Die Optimierung des Düngereinsatzes ist aus ökonomischen und ökologischen Gründen eine wichtige Aufgabe einer nachhaltigen Landwirtschaft. Eine Möglichkeit die Düngeneffizienz zu steigern bietet das 'Precision Farming'. Dazu muss aber der Nährstoffgehalt der Böden und die räumliche Verteilung der Nährstoffgehalte bekannt sein. Die routinemäßige Bodenuntersuchung bietet jedoch nicht die räumliche Auflösung, die für 'Precision Farming' nötig ist. Im Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM), dessen Ziel es ist nutzungsbedingte Veränderungen in Agrarökosystemen zu erfassen, prognostizieren und zu bewerten, wurden geostatistische Methoden angewandt um die räumliche Variabilität wichtiger Bodenparameter abzubilden und die nutzungsbedingte Veränderung der Variabilität aufzuzeigen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf der Versuchsstation Klostergut Scheyern im bayerischen Tertiärhügelland durchgeführt und begannen Ende 1990 mit der Übernahme des Klostergutes durch den FAM. Das Gut wurde vor der Übernahme konventionell mit einer dreigliedrigen, reinen Mähndruschfruchtfolge (WW, WR, Körnermais) bewirtschaftet. Die ersten beiden Jahre nach der Übernahme dienten zur Erfassung des Ist-Zustandes. In diesen beiden Jahren wurden die Ackerflächen des Gutes einheitlich bewirtschaftet. 1991 wurde eine Bodeninventur durchgeführt, bei der die gesamte Fläche in einem 50 * 50 m Raster beprobt wurde. Ende 1992 wurde das Gut umgestaltet und in zwei Betriebe aufgeteilt, die seither nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus bzw. der integrierten Pflanzenproduktion bewirtschaftet werden. Im Rahmen der Umgestaltung wurden die Ackererschläge verkleinert, die Grünlandflächen erweitert und erhebliche Teile der Fläche aus der Nutzung genommen. Außerdem wird seit Beginn der Bewirtschaftung durch den FAM auf eine mineralische P- und K-Düngung verzichtet, da die Bodeninventur zeigte, dass der überwiegende Teil der Fläche den Versorgungsklassen C bis E zuzuordnen ist (Scheinost, 1994). 1995 fand eine erneute Bodeninventur nach dem gleichen Schema statt, die zeigen sollte, inwieweit es zu Veränderungen

der Nährstoffgehalte und ihrer räumlichen Verteilung aufgrund der veränderten Bewirtschaftung kam.

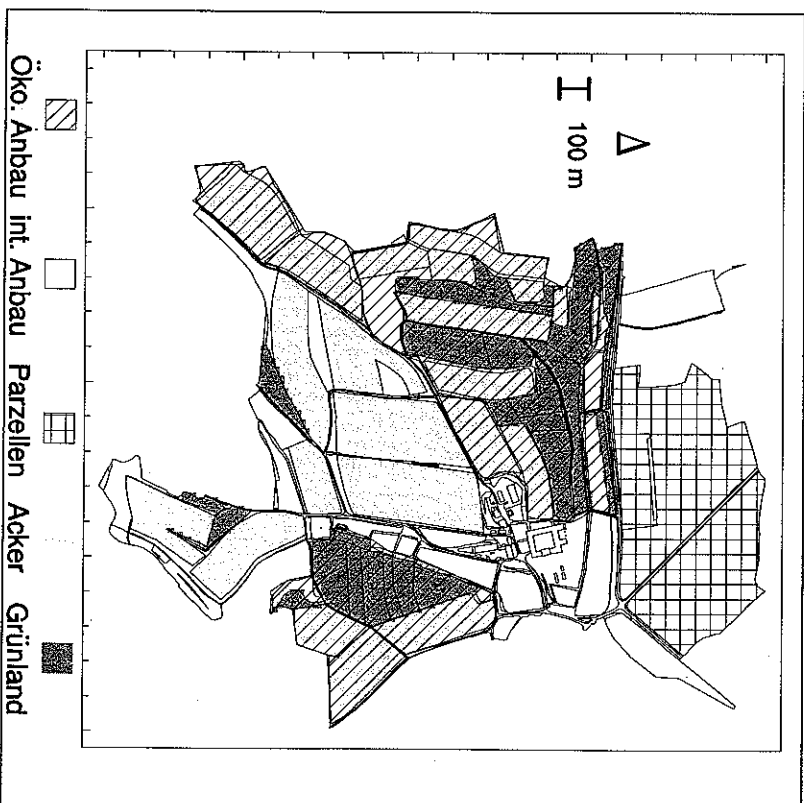


Abbildung 1: Nutzung der Versuchsstation nach der Umstellung 1992

Beprobt wurde jeweils der oberste Bodenhorizont. Die Bodenaufbereitung und -analytik erfolgte nach den Richtlinien der VDLUFA (1991). Die Analytik wurde von der bayerischen Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft in Weihenstephan durchgeführt. Für die geostatistische Auswertung wurde das Programm GS+ von Gamma Design Software verwendet. Dargestellt wird die räumliche Abhängigkeit der Merkmalsausprägung eines Parameters in einem Semivariogramm, dass durch drei Eigenschaften beschrieben wird (Abbildung 2).

⁷ Karlheinz Weinfurter, Fraunhofer-Institut für Umweltechernie und Ökotoxikologie, Auf dem

⁸ Abweg 1, 57392 Schmaltenberg, E-Mail: weinfurter@iuct.fhg.de

Georg Gerl, Versuchsstation Klostergut Scheyern, Prielhof 1, 85298 Scheyern

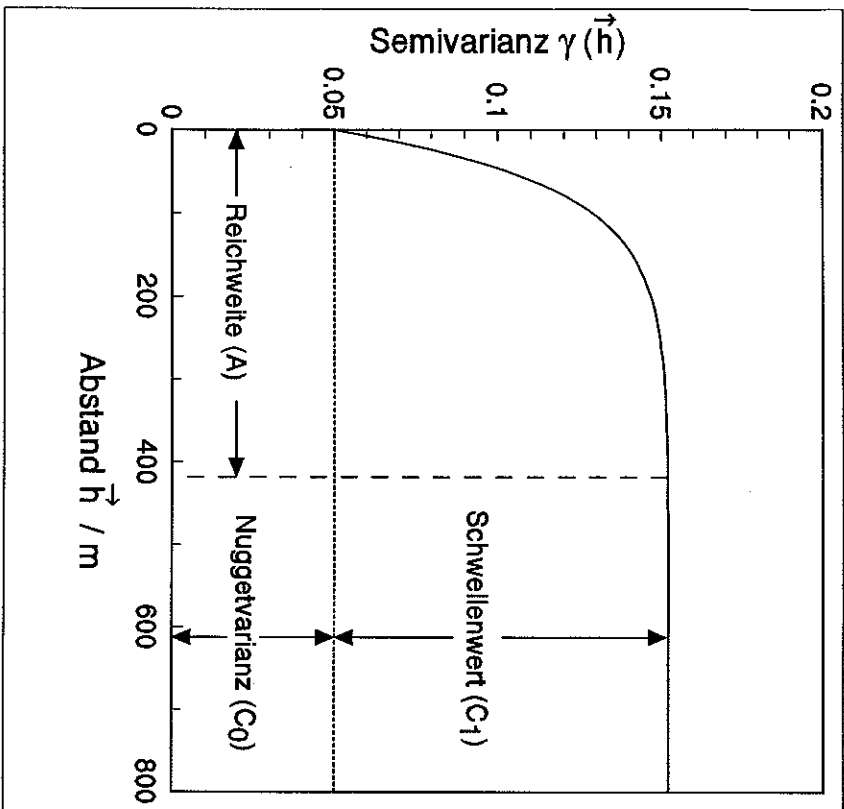
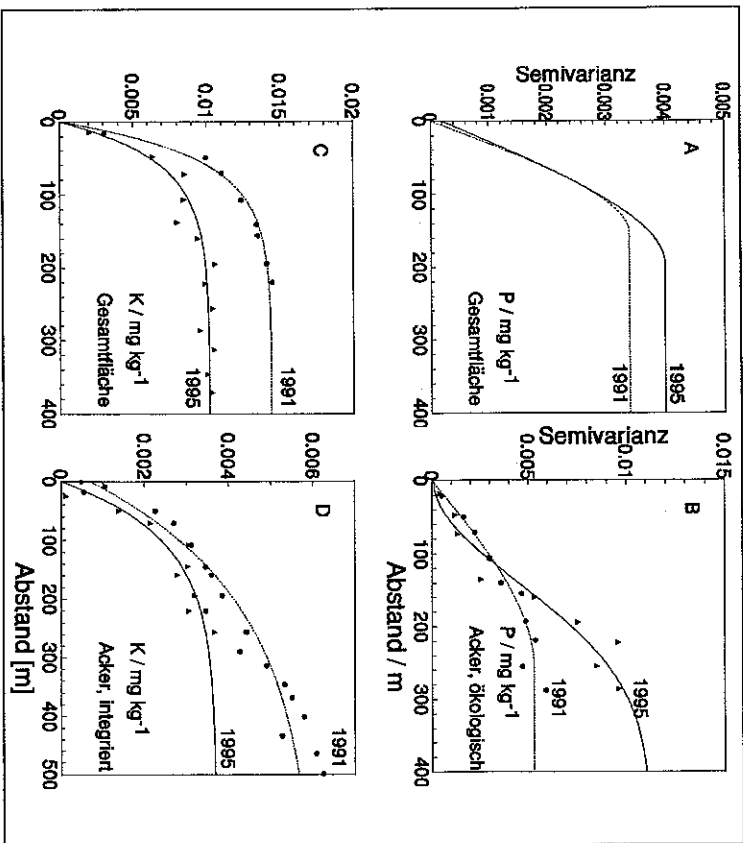


Abbildung 2: Semivariogramm-Modell

Die Nuggetvarianz (C_0) ist der extrapolierte Schnittpunkt des Semivariogramm-Modells mit der Ordinate und geht idealerweise gegen den Wert 0. Der Schwellenwert (C_1) gibt die maximale Semivarianz an. Je größer der Schwellenwert im Vergleich zur Nuggetvarianz wird, desto größer ist auch die distanzabhängige räumliche Variabilität. Die Reichweite (A) gibt die Entfernung an, bei der ein Schwellenwert erreicht wird. Die räumliche Interpolation findet durch das Kriging-Verfahren statt. Dabei wird der zu schätzende Wert aus den gewichteten Meßwerten der umgebenden Punkte ermittelt. Die Semivariogramme und das Kriging-Verfahren wurden für die Gesamtfäche und die einzelnen Nutzungsformen (Acker, Grünland, Brachen) berechnet.

Ergebnisse

Mithilfe der Semivariogramme lassen sich Aussagen über die räumliche Variabilität und die Veränderungen zwischen den beiden Bodeninventuren treffen. Die Nuggetvarianzen sind für beide Nährstoffe in beiden Bodeninventuren gering, so dass nach Cambardella et al. (1994) von einer großen räumlichen Abhängigkeit der Nährstoffverteilung ausgegangen werden kann.

Abbildung 3: Vergleich von Semivariogrammen für P_{cal} und K_{cal} 1991 und 1995

Unterschiede zeigen sich aber in der Veränderung der räumlichen Abhängigkeit. Für P erhöht sich 1995 der Schwellenwert signifikant um ca. 25 % (Abb. 3A) im Vergleich zur Beprobung 1991 bei Berechnung des Semivariogramms für die Gesamtfäche. Dieser Anstieg des Schwellenwerts und damit der Variabilität wird nahezu ausschließlich durch Veränderungen in den ökologischen Ackerflächen verursacht, da es dort zu

einer Verdopplung des Schwellenwertes zwischen beiden Inventuren kommt (Abb. 3B). Der Grund dafür sind die sehr unterschiedlichen P-Bilanzen der einzelnen Schläge. Vor allem 1993 erhielten einige Schläge über organischen Dünger große Mengen an P, wobei dieser Bilanzüberschuss bisher nicht durch den Entzug ausgeglichen wurde.

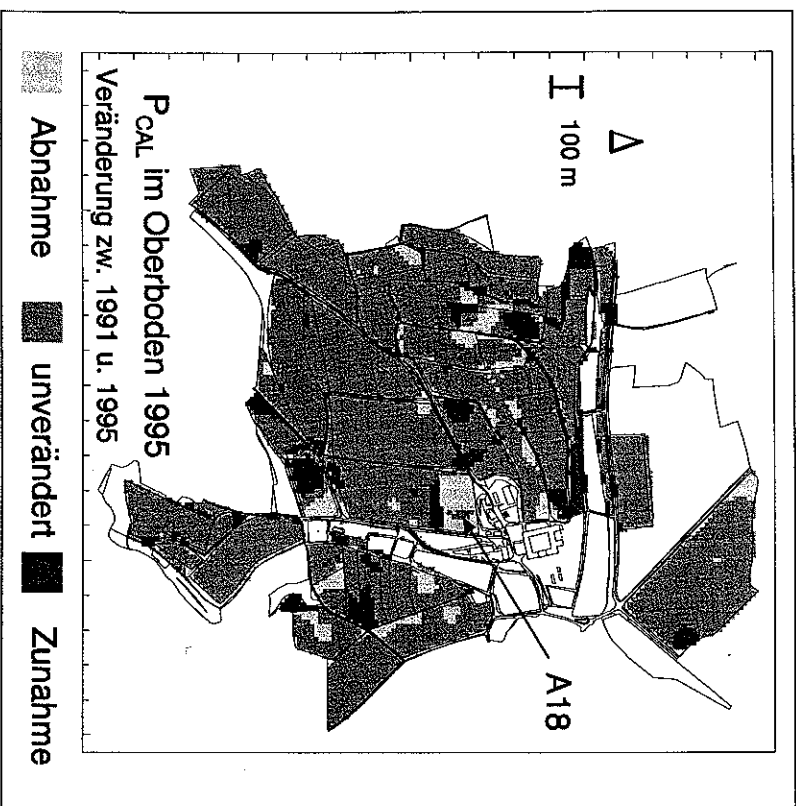


Abbildung 4: Veränderung von P_{cal} zwischen 1991 und 1995

Beim Kalium hingegen nimmt der Schwellenwert auf der Gesamtfläche ab (Abb. 3C). Besonders deutlich wird dies auf den Ackerflächen des integrierten Pflanzenbaus (Abb. 3D) mit einer hochsignifikanten Abnahme von ca. 50 %. Auf diesen Flächen ist zusätzlich auch eine Abnahme der Reichweite zu beobachten. Die Verringerung beider Parameter kann mit der veränderten Bewirtschaftung begründet werden. Die Verkleinerung der Schläge führte zur Verringerung der Reichweite, da an den neuen

Schlaggrenzen die bisherige räumliche Abhängigkeit der Variabilität durch bewirtschaftungsbedingte Einflüsse geändert wurde. Die Abnahme des Schwellenwertes wurde durch die überwiegend negativen K-Bilanzen verursacht, die zu einer leichten Abnahme von K_{cal} führten, während ein 1991 niedrig versorgter Schlag eine positive K-Bilanz und daraus resultierend eine Zunahme von K_{cal} aufwies.

Statistisch absicherbare Veränderungen von P_{cal} sind nur auf einem kleinen Teil der Fläche festzustellen und lassen sich kaum bestimmten Nutzungen bzw. Nutzungsänderungen zuordnen (Abb. 4). Allein die Abnahme von P_{cal} im nördlichen Teil von A18 kann durch die geänderte Bewirtschaftung erklärt werden. Bei diesem Teil handelt es sich um einen ehemaligen Hopfenschlag der bei der Inventur 1991 P_{cal} -Gehalte von mehr als 300 mg/kg Boden enthielt. Nach Wendt et al. (1996) kann es bei sehr hoch versorgten Böden zu einer schnellen 'P-Fixierung' bei ausbleibender P-Düngung kommen. Weiterhin kann auch eine leichte Krümmvertiefung zu der Abnahme von P_{cal} beigetragen haben. Deutlichere Veränderungen sind für K_{cal} zu beobachten (Abb. 5).

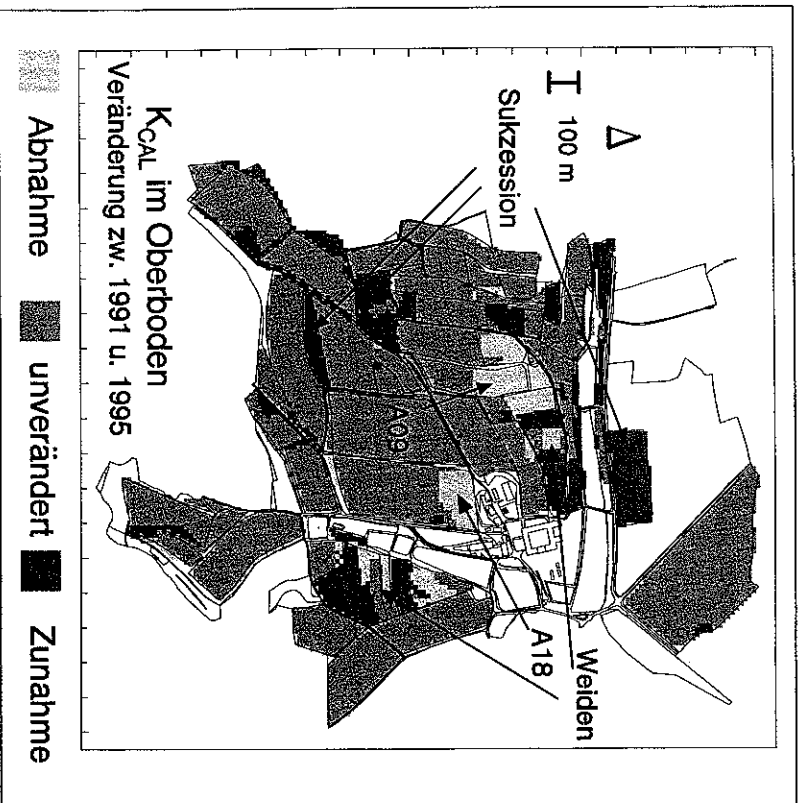


Abbildung 5: Veränderung von K_{cal} zwischen 1991 und 1995

Neben dem Nordteil von A18 geht K_{cal} vor allem im Norden von A09 zurück, da dieser Teil vor der Umstellung als Weide genutzt wurde und es beim Grünlandumbruch zur Einmischung von Unterbodenmaterial kam. Auf den Weiden zeigt sich eine interne Umverteilung für die ein verändertes Weidemanagement und eine hangneigungsabhängige Extremwertverteilung (Williams und Haynes 1992, Abdel-Kadar et al., 1998) verantwortlich ist.

In den Sukzessionsflächen nimmt K_{cal} deutlich zu, während die umliegenden Ackerflächen keine Veränderung zeigten. Ähnliches beobachteten auch Smukalski et al. (1991) beim Vergleich langjähriger Dauerbrachen mit Ackerflächen. Als Ursache kommt ein Eintrag von Unterboden-K über den Bestandesabfall in Frage. In den Jahren 1993-1995 wurden jeweils 60-100 $kg\ K\ ha^{-1}$ in der Sprossmasse der Sukzessionsflächen akkumuliert. Davon stammt nur die Hälfte aus dem sich neu bildenden A_0 -Horizont, so dass jedes Jahr 30-50 $kg\ K\ ha^{-1}$ aus dem

Unterboden über den Bestandesabfall in den Oberboden verlagert wurden. Da der wichtigste Einflussfaktor für eine Veränderung der Nährstoffgehalte die Nährstoffsalden sind, wurden die schlagbezogenen Salden in Beziehung zur Veränderung der Nährstoffgehalte gesetzt. Dazu wurden die Salden unter Berücksichtigung von Horizontmächtigkeit, Trockenraumdicke und Skeletanteil in eine theoretische Veränderung der Nährstoffgehalte umgerechnet und mit den als Schlagmittelwert gemessenen Veränderungen der Gehalte verglichen.

Auf einem Großteil der Schläge veränderte sich der gemessene P_{cal} -Gehalt in Abhängigkeit vom Bilanzsaldo signifikant (Regressionsgleichung gilt nicht für durch Kreise markierte Schläge). Nach Jungk et al. (1993) ist die Steigung ein Maß für die P-Pufferung der Böden, so dass in diesem Beispiel von einer guten Pufferung gesprochen werden kann und nur 1/3 der Bilanzveränderungen aus dem CAL-löslischen Nährstoffpool stammen.

Eine Reihe von Böden weicht jedoch stark von diesem Schema ab. So nehmen auf A07, A11 und A14 die P_{cal} -Gehalte trotz positiver Bilanzsalden ab, während auf A19 die CAL-Werte bei negativem Bilanzsaldo ansteigen. Die Schläge A06 und A10 bzw. A03, Weide West und der nördliche Teil von A18 weisen eine überproportionale Zu- bzw. Abnahme auf.

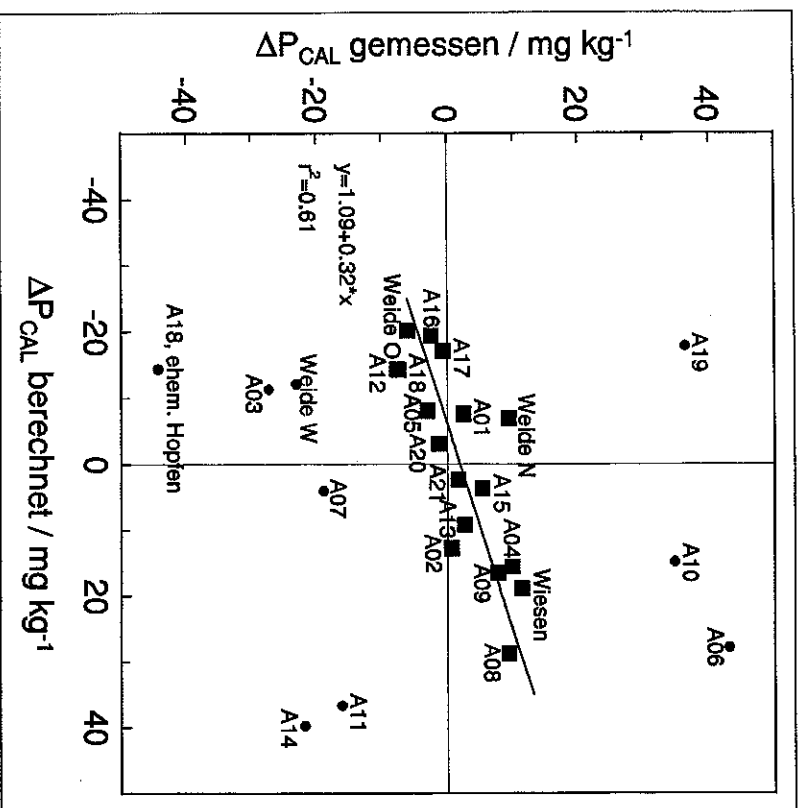


Abbildung 6: Vergleich zwischen berechneter und gemessener Veränderung von P_{CAL} auf Schlägeebene zwischen 1991 und 1995

Die Abnahme der P_{CAL} -Gehalte in den Schlägen A11 und A14 wird durch die Einmischung von Unterboden mit niedrigeren P_{CAL} -Gehalten aufgrund einer Ap-Vertiefung um 4 cm auf 28 cm bedingt. Die Abnahme von P_{CAL} führt aber nicht zu einer Verschlechterung der Versorgung, da sich der Vorrat an P_{CAL} im Oberboden der beiden Schläge nicht ändert. Die Verringerung des CAL-löslichen P auf A07 könnte eine Folge der Aufkalkung von pH 5,3 auf pH 5,8 sein. So zeigten die Untersuchungen von Nätscher und Schwertmann (1987), dass bei steigendem pH-Wert die Verfügbarkeit von P trotz positiver Bilanz abnehmen kann.

Zusammenfassung

Mithilfe von geostatistischen Methoden konnten bewirtschaftungsbedingte Veränderungen der P- und K-Versorgung aufgezeigt werden. Dabei änderte sich jedoch weniger die Höhe als vielmehr die räumliche Verteilung der Nährstoffe. Veränderungen in der Fläche sind jedoch nur in wenigen Fällen statistisch abzusichern. Ein deutlicher Trend zu geringeren Nährstoffgehalten ist trotz ausbleibender mineralischer Düngung noch nicht festzustellen. Dies liegt zum einen am relativ geringen zeitlichen Abstand beider Inventuren, zum anderen auch an Unsicherheiten der CAL-Methode, die u. a. durch Witterung und Fruchtfolge beeinflusst werden kann. Die in den meisten Fällen gute Beziehung zwischen Nährstoffbilanzsalden und Veränderungen der Nährstoffgehalte in den Böden zeigt, dass die Nährstoffbilanzierung ein wichtiges Hilfsmittel für die Düngungsempfehlung ist.

Literatur

- Abdel-Kadar, D.; Schütz, U. und Stroh, K., 1998: Die Abhängigkeit des Stickstoff-, Wasserhaushaltes und der Produktivität extensiv bewirtschafteter Weiden von Relief, Weidetier und Vegetation. In: v. Lützw, M., Fliser, J., Kainz, M. und Pfadenhauer, J.: FAM Jahresbericht 1997, 37-47.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F. und Konopka, A. E., 1994: Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58, 1501-1511.
- Jungk, A., Claassen, N., Schulz, V. und Wendt, J., 1993: Pflanzenverfügbarkeit der Phosphatvorräte ackerbaulich genutzter Böden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 156, 397-406.
- Nätscher, L. und Schwertmann, U., 1987: Die Veränderung der Phosphatintensität der Bodenlösung eines Pelosol-Pseudogleys nach Grünlandumbruch. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 150, 424-446.
- Scheinost, A. C., 1994: Pedotransfer-Funktionen zum Wasser- und Stoffhaushalt einer Bodenlandschaft. Diss. TU-München, Shaker-Verlag, 176 S.
- Smukalski, M., Rogaski, J., Roth, R. und Rogaski, H., 1991: Flächenstilllegung unter begrünter Brache - Auswirkungen auf meßbare Faktoren der Bodenfruchtbarkeit. *Feldwirtschaft*, 32, 212-216
- VdL UFA, 1991: Methodenbuch, Band 1: Die Untersuchung der Böden, Darmstadt
- Wendt, J., Jungk, A. und Claassen, N., 1996: Höhe der Erhaltungsdüngung und Ausnutzung von Düngerelementen vor dem Hintergrund der P-Alterung im Boden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 159, 271-278.
- Williams, P. H. und Haynes, R. J., 1992: Balance sheet of phosphorus,

sulphur and potassium in a long-term grazed pasture supplied with superphosphate. Fertilizer Research, 31, 51-60.