

Forschung als Grundlage der Düngeberatung

Tagung des
Verbandes der Landwirtschaftskammern e.V.
und des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD)
am 21. und 22. April 1998 in Würzburg

1998, 67-78

Forschung als Grundlage der Düngungsberatung

Konzept des Lehrstuhls für Pflanzenernährung, Technische Universität München

Urs Schmidhalter, Freising-Weihenstephan

1. Kurzkonzept des Lehrstuhls für Pflanzenernährung

- Stickstoffbezogene Forschung in landwirtschaftlichen Systemen
- Wasserhaushalt der Pflanzen
- Mechanistische Prozesse des Wachstums

2. Ist-Zustand und Forschungsbedarf

Die Landwirtschaft der letzten 50 Jahre hat sich primär auf die mengenmäßige Produktion ausgerichtet. Diese Prinzipien und Werte müssen neu festgelegt werden, wenn die Nahrungsmittelproduktion nachhaltig und sicher sein soll. In Europa ist das hohe Produktivitätspotential gekoppelt mit einer großen Empfindlichkeit der Umwelt. Die gewaltige prognostizierte globale Zunahme der Bevölkerung wird jedoch einen außerordentlichen Bedarf für sehr große Zunahmen in der weltweiten landwirtschaftlichen Produktivität notwendig machen. Es müssen landwirtschaftliche Systeme entwickelt werden, die produktiv und ökonomisch sind, aber den Boden und die weitere Umgebung schützen.

Eine nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung erfordert Produktionssysteme, welche sich, neben ökonomischen Zielen, auf den Schutz der Umwelt, der öffentlichen Gesundheit, der Landschaft und der Natur ausrichten. Diese Ziele widersprechen sich zum Teil. Deshalb ist die Entwicklung nachhaltiger Landnutzungssysteme äquivalent mit der Suche nach akzeptablen Kompromissen zwischen diesen Zielen, indem alle verfügbaren Technologien genutzt werden. Die Herausforderung für die landwirtschaftliche Forschung besteht darin, Technologien und Systeme zu entwickeln, um die Kombination der sich zur Zeit widersprechenden Ziele zu ermöglichen.

Die Pflanzenernährung nimmt in der Erreichung dieser Ziele eine Schlüsselstellung ein. Die Komplexität dieser Probleme erfordert zugleich ein interdisziplinäres Vorgehen wie auch eine intensive Zusammenarbeit auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Dadurch werden Entwicklung und Anwendung neuer Vorgehensweisen und Methoden beschleunigt.

Im Mittelpunkt der vorgesehenen Aktivitäten steht die **stickstoffbezogene Forschung in landwirtschaftlichen Systemen**. Stickstoff ist oft der ertragslimitierende Nährstoff in der europäischen Landwirtschaft, verursacht aber auch die größten Umweltprobleme. Abbildung 1 zeigt die N-Bilanz und den Verbleib der N-Überschüsse in Deutschland. Abbildung 2 zeigt den Brutto N-Saldo und den korrigierten N-Saldo der landwirtschaftlich genutzten Flächen in Bayern.

Die kontrastierenden Ziele der Landwirtschafts- und der Umweltlobby können durch eine Forschung in Einklang gebracht werden, welche es ermöglicht, die Stick-

433

stoffausnutzungseffizienz zu verbessern und die Stickstoffverluste aus dem Boden-Pflanzen-System zu minimieren. Dieser Lehrstuhl entwickelt Konzepte, um diese Ziele zu erreichen

N-Bilanz Deutschland

Input

Atmosphäre	40
Mineraldüngung	105
Wirtschaftsdünger	67
biot. N ₂ -Fixierung	15
Sonstiges	3
Summe	230

Output

Ernte Abfuhr	130
--------------	-----

Verbleib der N-Überschüsse

	Atmosphäre	41	$\left\{ \begin{array}{l} 26 \text{ (NH}_3\text{)} \\ 15 \text{ (N}_2, \text{N}_2\text{O)} \end{array} \right.$
+100	Boden	28	
	Hvdrosphäre	31	(NO ₃)

Abb. 1 N-Bilanz und Verbleib der N-Überschüsse in Deutschland.

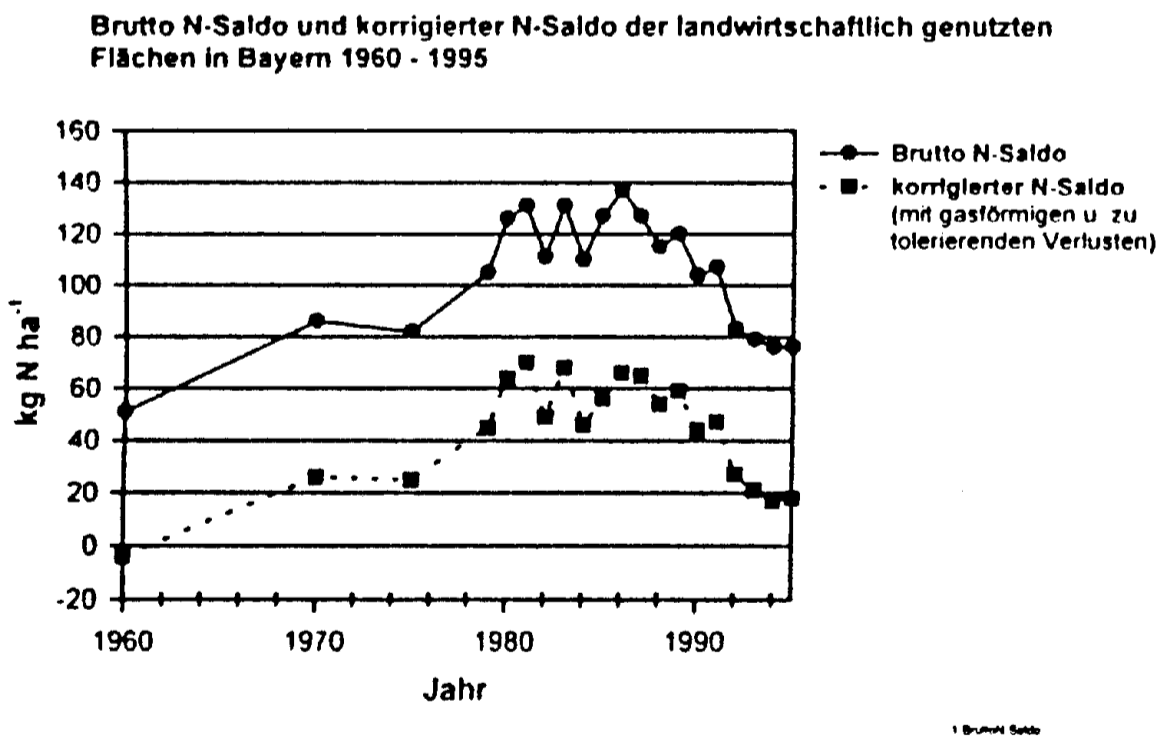


Abb.2 Brutto N-Saldo und korrigierter N-Saldo der landwirtschaftlich genutzten Flächen in Bayern 1960-1995 (nach Schaupp und Hege, 1997, pers. Mitteilung).

Landwirtschaftliche Perspektiven

Entscheidungen im Stickstoffmanagement werden im allgemeinen auf der Feld/Kulturebene gefällt. Um Verluste zu reduzieren, muß die Bodennachlieferung mit dem Pflanzenbedarf in Zeit und Raum übereinstimmen. Ein dynamisches Stickstoffmanagement erfordert Messungen und Voraussagen der Pflanzenaufnahme und der Bodennachlieferung und ihrer zeitlichen und räumlichen Variabilität. Die größte Beschränkung ist unsere Unfähigkeit, die Stickstoffnachlieferung, vor allem bei regelmäßiger organischer Düngung (Abbildung 3), festzustellen oder vorauszusagen.

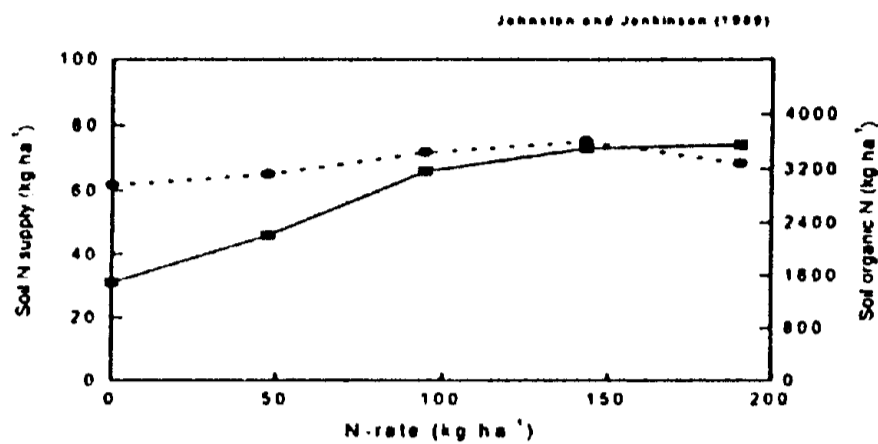


Abb.3 Vergleich der N-Nachlieferung und des organischen N-Gehaltes in einem Langzeitexperiment. Die Verfahren erhielten 0, 48, 96, 144 kg N/ha seit 1852 oder 192 kg N/ha seit 1968 (Daten von Johnston und Jenkinson, 1989).

Umweltperspektiven

Landwirtschaftsbetriebs- und Umweltmanagement werden gewöhnlich auf verschiedenen Skalen angesprochen. Im Brennpunkt des Umweltinteresses stehen die Verlustprozesse: Nitratauswaschung (Abbildung 4), gasförmige Lachgasverluste (Abbildung 5), Ammoniakemissionen aus Gülle und Mist.

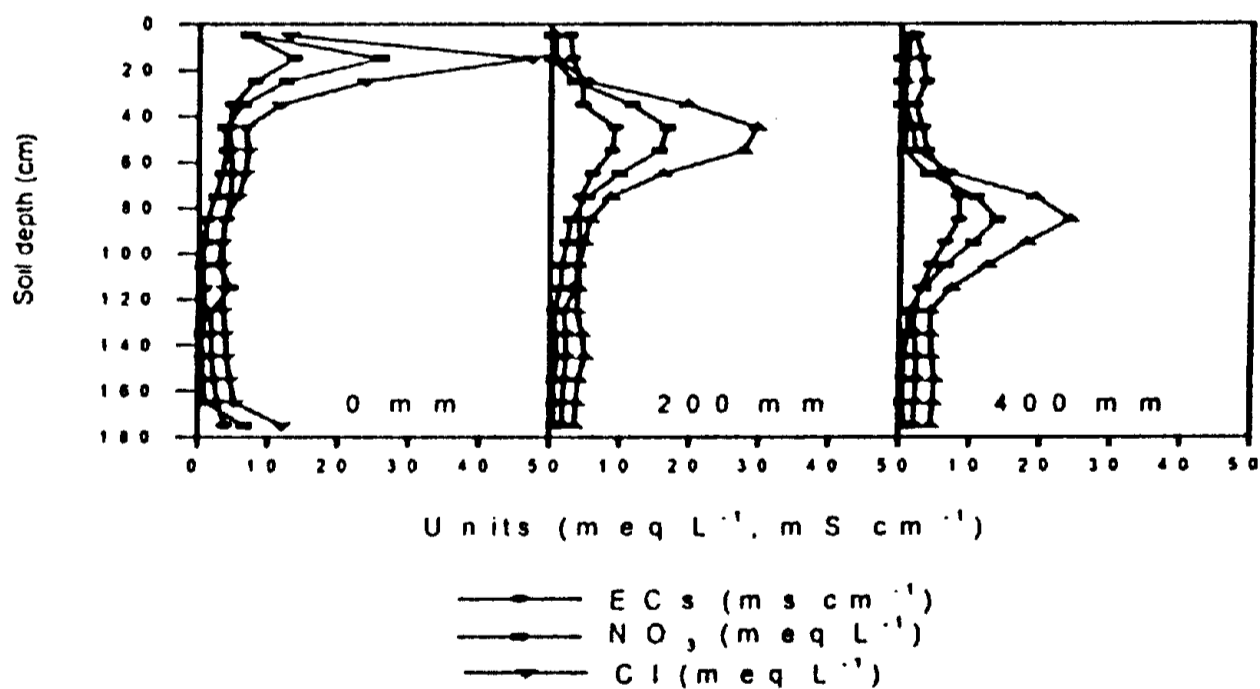


Abb. 4 Einfluss der Auswaschungsmenge von Wasser auf die Profilverteilung von Chlorid, Nitrat und des Salzgehaltes (1:1 Boden/Wasserextrakt) (Schmidhalter and Oertli, 1989).

Der ratelimitierende Prozeß der Nitrifikation (Umwandlung von Ammonium in Nitrat) ist ein Schlüsselschritt im Bodenstickstoffzyklus, der die Verfügbarkeit und die Verluste mobilen Nitrats kontrolliert. Dieser Prozeß ist schlecht definiert in vielen Böden, vor allem auch im Futterbau. Der Stickstoffzyklus muß auf verschiedenen Skalen betrachtet werden: global, regional, Einzugsgebiet, Feld, Boden oder Pflanze, zellulär.

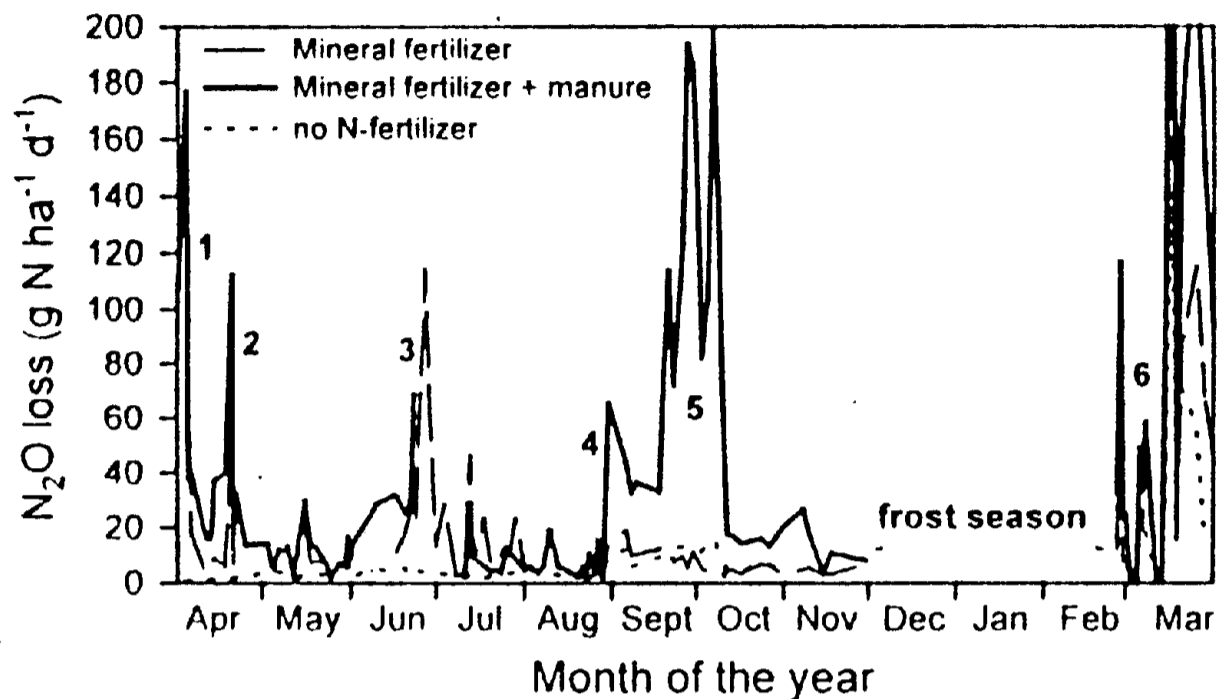


Abb. 5 N₂O-Flüsse von April 1995 bis März 1996. Niederschläge und Düngerapplikationen führen zu kräftiger N₂O-Freisetzung (Kilan et al., 1997).

Klimarelevante Spurengase, Zunahme des Kohlendioxidgehalts und mögliche Temperaturveränderungen sind globale Phänomene. Der **Wasserhaushalt der Pflanzen** ist davon direkt betroffen. Die Produktivität der Pflanzen wird durch das Wasser am meisten beeinflusst. Wasser ist der primäre Nährstoff in der Entwicklung der Pflanzen. Vertiefte Kenntnisse des Boden- und Pflanzenwasserhaushaltes sind erforderlich, speziell auch unter dem Aspekt des Stickstoffhaushaltes. Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen ist eng gekoppelt mit der Wasseraufnahme, aber auch mit der Verfügbarkeit des Wassers im Boden. Bessere Kenntnisse der Wasseraufnahme bilden ein grundlegendes Element eines verbesserten Verständnisses der Nährstoffaufnahme.

Die zentrale Thematik des Stickstoff- und Wasserhaushaltes im Rahmen ökologischer und produktionsorientierter Vorhaben wird auf der Ebene der Pflanze durch **physiologische Grundlagenuntersuchungen** weitergeführt.

3. Forschungsprojekte

Nachstehend werden zwei Teilbereiche illustriert, die an unserem Lehrstuhl in nächster Zeit bearbeitet werden:

- Erfassung der räumlichen und zeitlichen Variabilität von mineralischem Stickstoff und anderen Nährstoffen im Felde
- Teilschlagspezifische Düngung

2.1 Vereinfachte Erfassung der räumlichen und zeitlichen Variabilität von mineralischem Stickstoff (und anderen Nährstoffen) im Felde

Die Beschreibung der Variabilität von mineralischem Stickstoff setzt die Kenntnis der Häufigkeitsverteilung sowie eine Analyse der räumlichen Struktur voraus. Abbildungen 6 und 7 zeigen zwei mögliche Fälle der Verteilung von mineralischem Stickstoff im Felde, nämlich einen Standort mit sehr hoher bzw. geringer Variabilität.

Klassische statistische Methoden setzen Normalverteilung und räumliche Unabhängigkeit voraus. Die erste Voraussetzung ist eher selten bei wichtigen Bodennährstoffen, speziell auch bei mineralischem Stickstoff, erfüllt (Abbildung 8). Mineralischer Stickstoff liegt häufig lognormal verteilt im Felde vor. Durch eine Transformation läßt sich eine Normalverteilung erreichen, wodurch die Voraussetzung für den Einsatz gängiger einfacher statistischer Verfahren gegeben ist. Es kann jedoch gezeigt werden, dass die Nichtberücksichtigung dieses Umstandes zu keinen nennenswerten Fehlern in der Schätzung des mineralischen Stickstoffgehaltes führt.

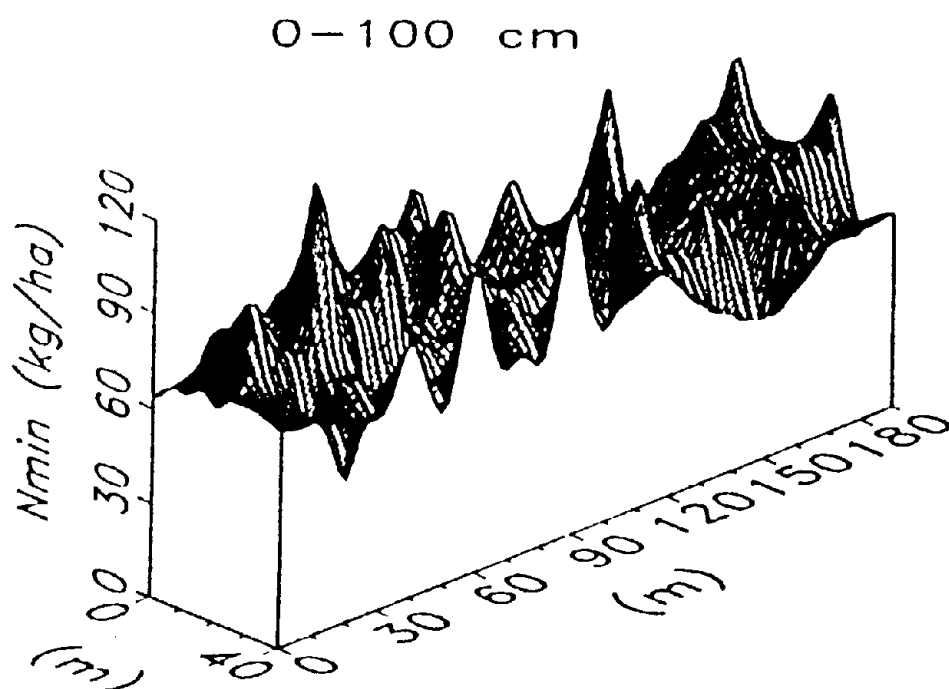


Abb. 6 Räumliche Verteilung der N_{\min} -Werte in der Bodentiefe 0-100 cm (Schmidhalter et al., 1991).

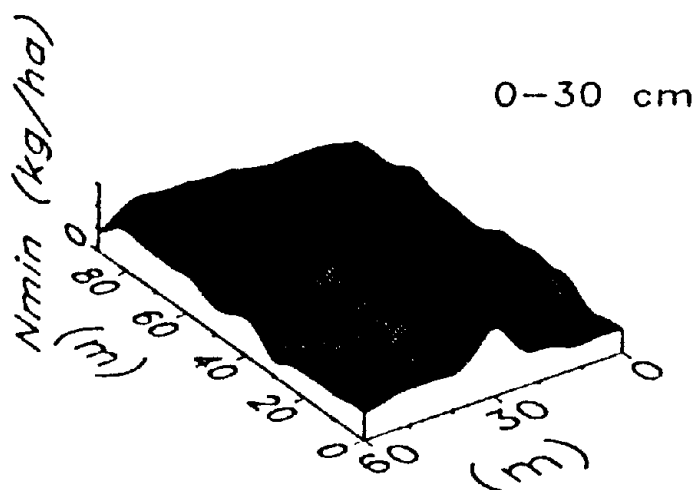


Abb. 7 Räumliche Verteilung der N_{\min} -Werte der Tiefe 0-30 cm (Schmidhalter et al., 1992).

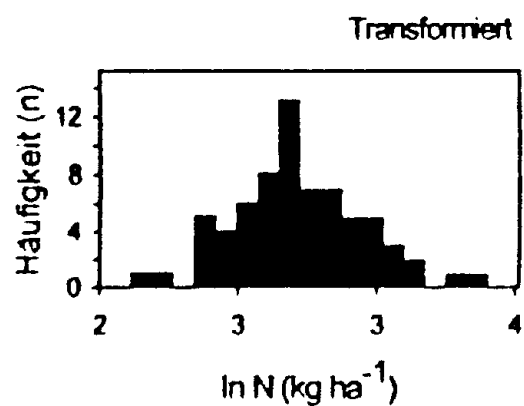
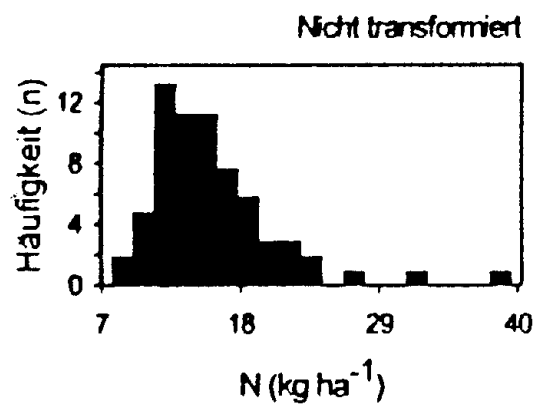


Abb. 8 Nichttransformierte und transformierte Werte der Häufigkeitsverteilung von N_{\min} -Werten (Schmidhalter, 1993, unveröffentlicht).

Mineralischer Stickstoff zeigt räumliche Abhängigkeiten, wodurch auch die zweite Voraussetzung nicht erfüllt ist. Die räumliche Abhängigkeit läßt sich mit geostatistischen Methoden charakterisieren (Abbildung 9), die eine korrektere Interpolation zwischen Meßpunkten erlauben. Die räumliche Abhängigkeit liegt häufig im Bereich von 30-50 m bzw. darunter, kann in vereinzelt Fällen jedoch auch mehrere 100 m erreichen. Eine Analyse der räumlichen Struktur zeigt häufig einen hohen Anteil kleinräumiger Variabilität. In vielen Fällen befindet sich ein bedeutender Teil der kleinräumigen Abhängigkeit unterhalb von 10 Metern.

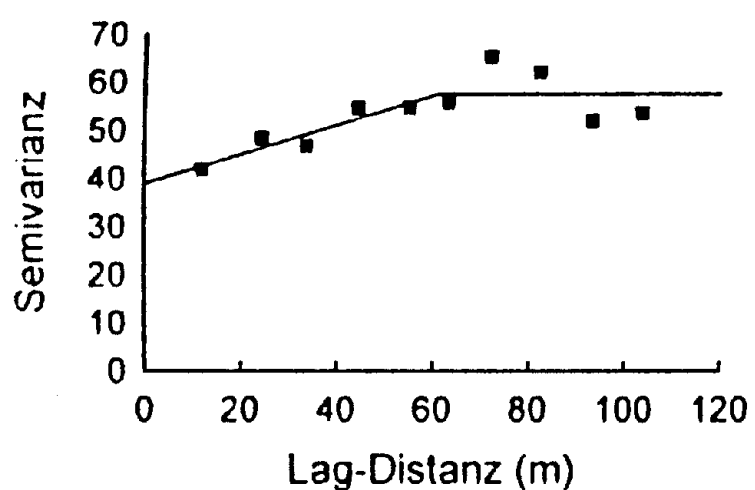
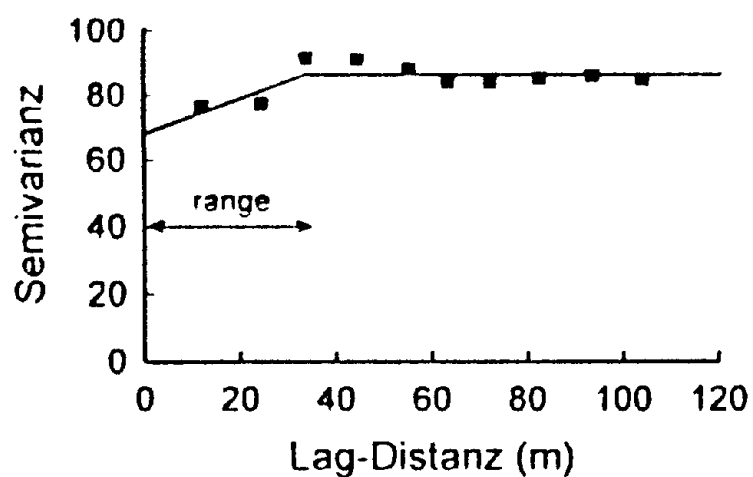


Abb. 9 Semivariogramme der N_{\min} -Werte der Bodentiefen 0-30 cm (oben) und 60-90 cm (unten) (Schmidhalter, 1994, unveröffentlicht). Semivariogramme charakterisieren die Distanz der räumlichen Abhängigkeit (30 bzw. 60 m in den Beispielen oben und unten) und die Struktur der räumlichen Abhängigkeit.

Ist eine Charakterisierung der räumlichen Struktur für gängige Bodenuntersuchungen notwendig? Aufgrund der überwiegend kleinräumigen Abhängigkeit sowie der hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität wird kein nennenswerter Informationsgewinn aus einer geostatistischen Charakterisierung des mineralischen Stickstoffs erwartet.

Es lassen sich somit einfache klassische Standardmethoden einsetzen, beispielsweise für eine Festlegung der notwendigen Probenzahl bei einer vorgegebenen Genauigkeit. Die Variationskoeffizienten des mineralischen Stickstoffs liegen häufig bei 30% und sind weitgehend unabhängig von der Skala, auf der solche Betrachtungen durchgeführt werden. Abbildung 10 illustriert für die N_{\min} -Untersuchung die Genauigkeit, die bei einer vorgegebenen Zahl von Bodenproben erreicht wird.

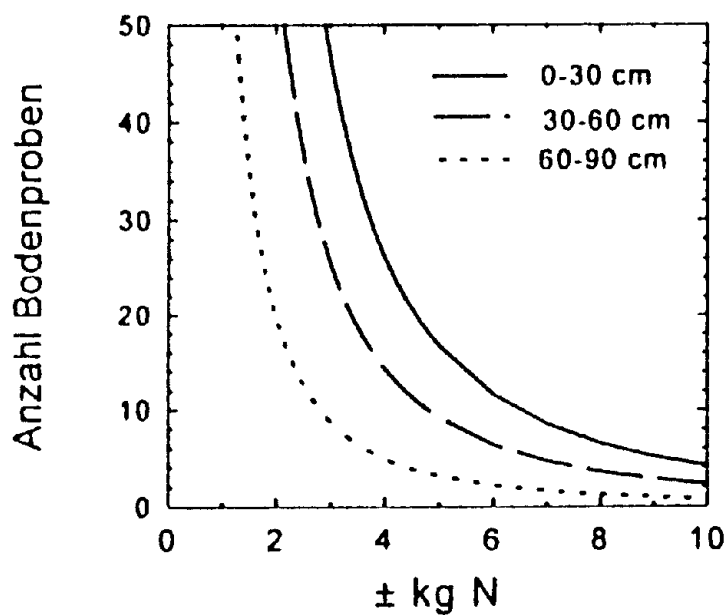


Abb 10. Beziehung zwischen der Probenzahl bei N_{\min} -Untersuchungen und der zu erwartenden Genauigkeit (Schmidhalter et al., 1992).

Auch weniger mobile Nährstoffe wie P und K weisen ähnliche räumliche Abhängigkeitsmuster und Variationskoeffizienten auf. Untersuchungen der räumlichen Autokorrelation von Ertragsmustern im tertiären Hügelland (Abbildung 11) zeigen ebenfalls deutliche Abhängigkeiten in Bereichen, die mit den beobachteten Abhängigkeitsmustern von mineralischem Stickstoff und teilweise auch P und K übereinstimmen.

Räumliche Autokorrelation von Ertragsmessungen (MF Dataflow) im tertiären Hügelland

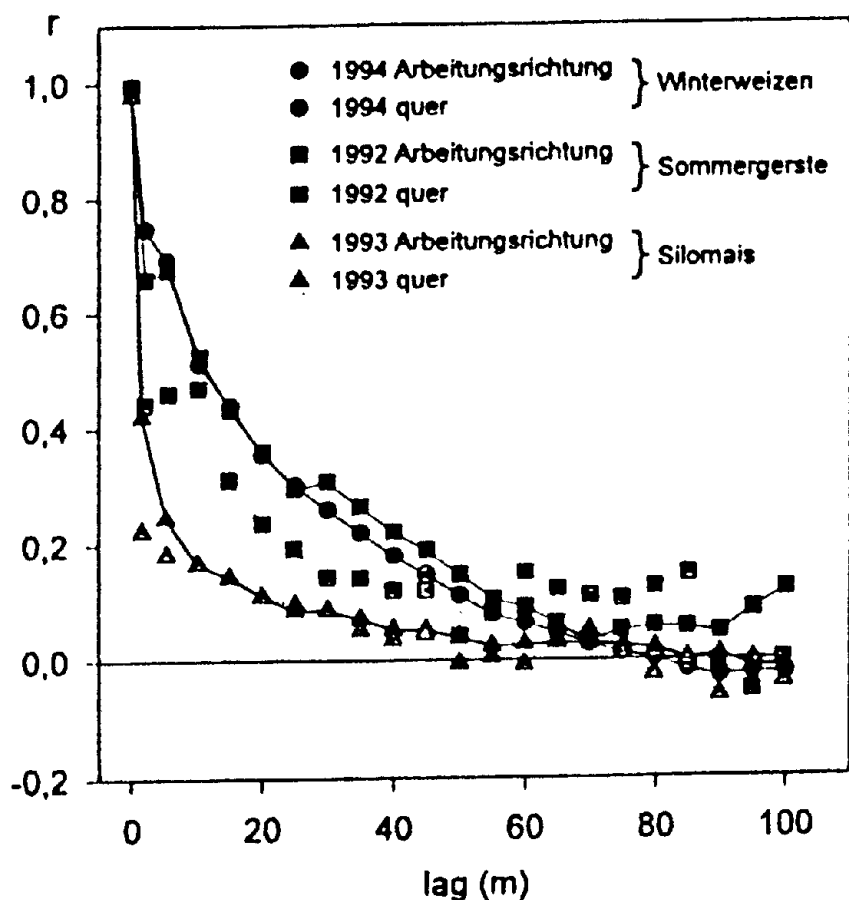


Abb. 11 Räumliche Autokorrelation r von Ertragsmessungen auf Acker 20 (Fläche ca. 2 ha, Anzahl der Messwerte 1000-6000) in Abhängigkeit vom Abstand der Messpunkte (lag) in den Jahren 1992-1994 (Syring et al., 1997).

Tabelle 1 zeigt, dass in vielen Fällen mit einem relativ geringen Probenaufwand eine genügende Genauigkeit in der Schätzung des mineralischen Stickstoffs erreicht werden kann. Verbesserungen im Stickstoffmanagement werden eher erreicht, indem mehr Standorte mit einer leichten Einbuße in der Genauigkeit beschrieben werden als wenige Standorte mit hoher Genauigkeit.

Tabelle 1: Erforderliche Stichprobenanzahl für die Bestimmung des N_{\min} -Wertes der Tiefe 0-90 cm mit einer Genauigkeit von ± 5 , ± 10 , ± 15 bzw. ± 20 kg N (Schmidhalter et al., 1992).

	Stichprobenanzahl für eine Genauigkeit von			
	± 5 kg N	± 10 kg N	± 15 kg N	± 20 kg N
Bülach 12. März	45	11	5	2,8
Bülach 10. Mai	23	5,7	2,5	1,4
Eschikon 14. März	19	4,7	2,0	1,2
Eschikon 7. Mai	26	6,6	2,9	1,6
Eschikon 26. Mai	53	13	5,6	3,3

Mit vereinfachten Prinzipien (Schnelltesten) kann der mineralische Stickstoff mit genügender Genauigkeit vor Ort im Felde bestimmt werden. Abbildung 12 zeigt, dass beispielsweise mit einem Nitratschnelltest eine gute Übereinstimmung mit einer Labormethode erreicht wurde. Mit einfachen Prinzipien kann auch in der gleichen Probe der Wassergehalt vor Ort bestimmt werden (Abbildung 13). Der große Aufwand für eine Laborbestimmung entfällt somit. Die zeitlichen Vorzüge einer Vorortbestimmung liegen auf der Hand. Denkbar ist es auch, dass solche Bestimmungen von routinierten Personen für größere Gebiete durchgeführt werden. Die Erfahrung, die man auch nur bei vereinzelt Bestimmungen gewinnt, könnten zu deutlichen Verbesserungen im Stickstoffmanagement beitragen. Die größte Unsicherheit in der Bestimmung des mineralischen Stickstoffgehaltes im Felde besteht zur Zeit in der ungenügend genauen Schätzung der scheinbaren Bodendichte. Da sich dieser Parameter wenig oder relativ definiert ändert, genügt eine einmalige Bestimmung. Es besteht ein erheblicher Forschungsbedarf, vereinfachte Verfahren zur Bestimmung dieses Parameters zu entwickeln.

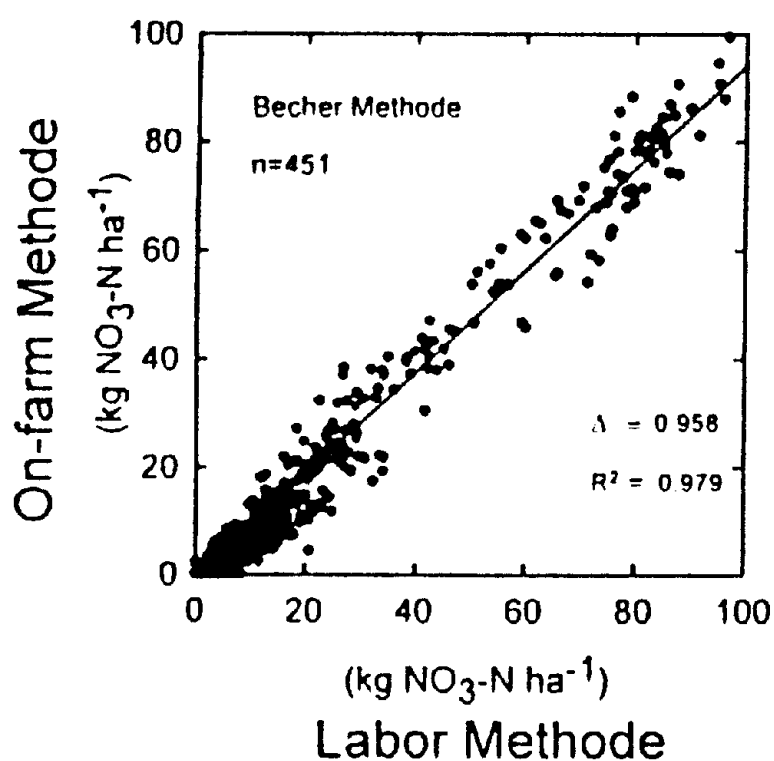


Abb. 12 Nitratbestimmung mit Standardmethode (Labormethode) und Schnelltest (On-farm Methode) (nach Schmidhalter, 1994).

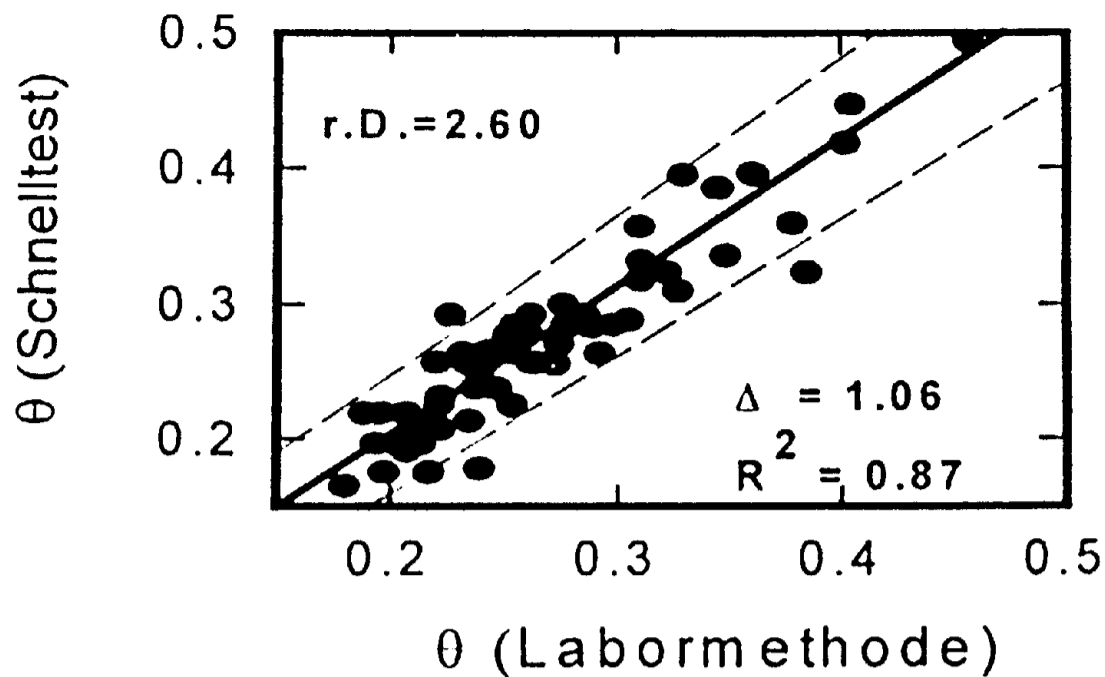


Abb. 13 Vergleich der Wassergehaltsbestimmung mit einem Schnelltest im Felde und einer gravimetrischen Standardmethode (Schmidhalter, 1996, unveröffentlicht).

Der Aufwand, der mit Bodenanalysen verbunden ist, ist beträchtlich. Es muss vermehrt darüber nachgedacht werden, wie vereinfachte Beprobungsstrategien eingesetzt werden können. Bei Nährstoffen wie P und K, die sich relativ wenig ändern, drängt es sich auf abzuklären, wie häufig eine Beprobung bei vorhandener Betriebs- oder Hoftorbilanz durchgeführt werden muss. Die Möglichkeit der Übertragung bereits vorhandener Informationen mittels Expertensystemen auf nicht untersuchte Standorte sollte dringend abgeklärt werden. Gridsamplingtechniken haben eine Reihe von unerwünschten Eigenschaften welche sie unerwünscht für kommerzielle Kartierungen machen. Ein vielversprechender Ansatz könnten gezielte Beprobungen darstellen. Gezieltes Beprobieren bezieht sich auf eine einfache Technik, die versucht frühere Erkenntnisse über die Bodenvariabilität in das Beprobungsdesign einzubeziehen, um die Probenverteilung und Intensität der Beprobung mit bekannten Bodeneigenschaften übereinzustimmen.

Gezieltes Beprobieren basiert auf früherer Kenntnis der räumlichen Muster und kann sich abstützen auf:

- Bodenkarten
- Bewirtschaftungskarten
- Ertragskarten
- Reliefkarten
- Bodenradarkarten
- Flugaufnahmen von Pflanzen
- Farbkarten des Bodens
- EM-38 Karten
- Expertinformationskarten

Aufgrund vorhandener Informationen konnte durch gezielte Beprobung mit minimalem Aufwand eine Beprobungsstrategie beispielsweise für P entwickelt werden (Pocknee et al., 1996). Die Möglichkeiten dieser Techniken sind zur Zeit ungenügend untersucht. Sie könnten es ermöglichen, mit einem deutlich reduzierten Aufwand, brauchbare Aussagen über die Verteilung wichtiger Nährstoffe zu machen.

2.2 Teilschlagspezifische Düngung

Das Verständnis der funktionellen Beziehung des Pflanzenertrags zu anderen räumlichen Faktoren ist eine Grundnotwendigkeit für ein erfolgreiches teilschlagspezifisches Pflanzenmanagement. Konventionelle Nährstoffempfehlungen basieren auf Daten, die über ein großes geographisches Gebiet gemittelt wurden und reduzieren dadurch die Präzision

der Wirkungsfunktion. Es wäre angebrachter, individuelle Wirkungsfunktionen für spezielle Böden oder Bodenassoziationen, oder vielleicht sogar für ein spezielles Feld oder für ähnliche Flächen innerhalb eines Feldes zu entwickeln.

Bisherige Düngestrategien haben in der Regel eine uniforme Verteilung von Nährstoffen beinhaltet. Unsere Kenntnisse der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Ertragsbildung wie auch von Bodennährstoffkarten legen es nahe, die Verteilung vermehrt teilschlagspezifisch durchzuführen. Die in jüngster Zeit erfolgten gewaltigen Fortschritte in der lokalen Ertragserfassung wie auch in der Verteilung von Düngern, Pflanzenschutzmitteln etc. zeigen potentiell Möglichkeiten auf, wie optimiert Hilfsstoffe in der landwirtschaftlichen Produktion eingesetzt werden könnten. Die Technologie für teilschlagspezifische Messungen in der Landwirtschaft ist dem Wissensstand, diese Informationen für Bewirtschaftungsentscheide einzusetzen, klar voraus. Die Hardware, Software und Kommunikationssysteme für die Präzisionsapplikation arbeiten gut, die Hauptschwierigkeit ist unsere Unfähigkeit, rationale, kohärente Vorschriften zu entwickeln. Es ist zur Zeit eindeutig ein gewaltiges Manko an intelligenten Strategien vorhanden wie mit der Erkenntnis der räumlichen Variabilität umgegangen werden könnte. Es stellt sich auch die Frage, bei welchen Nährstoffen ein teilschlagspezifisches Management angebracht wäre. Dieses kann nicht unbesehen von dem Aufwand betrachtet werden, der getrieben werden muss, um teilschlagspezifische Variabilität zu erkennen. Bei wenig mobilen Nährstoffen scheint in Mitteleuropa ein weniger interessantes Potential vorhanden zu sein im Gegensatz zu Stickstoff.

Für die Festlegung von Teilschlagstrategien kommen zwei Ansätze oder ihre Kombination in Frage: Mapping-Systeme und Realtime-Systeme. Aus den georeferenzierten Ertragsdaten bzw. Bodendaten der Nährstoffversorgung und dem Wissen und der Erfahrung der Betriebsleiter oder der Berater werden Applikationskarten für die Saatstärke (z.B. Mais, Kartoffeln) und die Düngung abgeleitet. Mapping-Systeme beziehen ihre Information aus der Vergangenheit. Sie können deshalb die aktuellen lokalen Gegebenheiten nicht berücksichtigen. Insofern eignen sie sich vor allem:

- für Produktionssysteme mit niedrigem Ertragsniveau,
- für Gebiete mit relativ konstanten Witterungsbedingungen,
- für Fruchtfolgen mit Mähdruschfrüchten,
- zur Aufdüngung der Böden mit wenig mobilen Pflanzennährstoffen (P, K, Spurennährstoffe) bzw. mit Kalk.

Im Gegensatz zum Mapping-System wird mit Realtime-Systemen versucht, die realen Gegebenheiten im Verlauf der Vegetationszeit vor Ort zu erfassen und in eine direkte Applikationsmaßnahme umzusetzen. Unser Hauptinteresse konzentriert sich vor allem auf die spektrometrische Erfassung des Stickstoff- und Wasserstatus der Pflanzen (Abbildung 14).

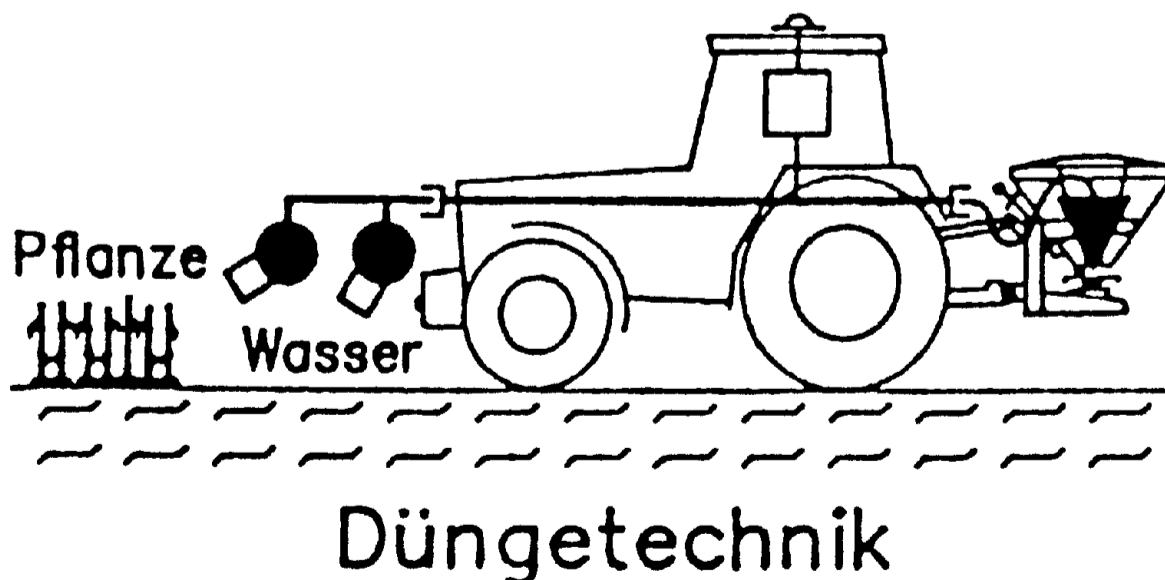


Abb. 14 Spektrometrische Erfassung des N- und Wasserstatus der Pflanzen.

Der einfachste Fall einer teilschlagspezifischen Düngung ergibt sich auf ertragsstabilen Standorten. In diesem Fall kann die Information der lokalen Ertragsvariabilität direkt in eine Düngungsmassnahme umgesetzt werden. Die Ertragsunterschiede lassen sich in diesen Fällen vorwiegend auf Unterschiede in der Wasserversorgung (Texturunterschiede des Bodens) bzw. auf die Bodenstruktur und andere statische Größen zurückführen. Ertragsstabilität hängt wesentlich vom Maßstab der Betrachtung ab. Im tertiären Hügelland kann gezeigt werden, dass bei einer Betrachtung auf der 50 m Skala Ertragsstabilität festgestellt werden kann (Abbildung 15). Je kleiner die Betrachtungsebene wird, desto schwächer wird der Zusammenhang der Ertragsbildung über die Jahre.

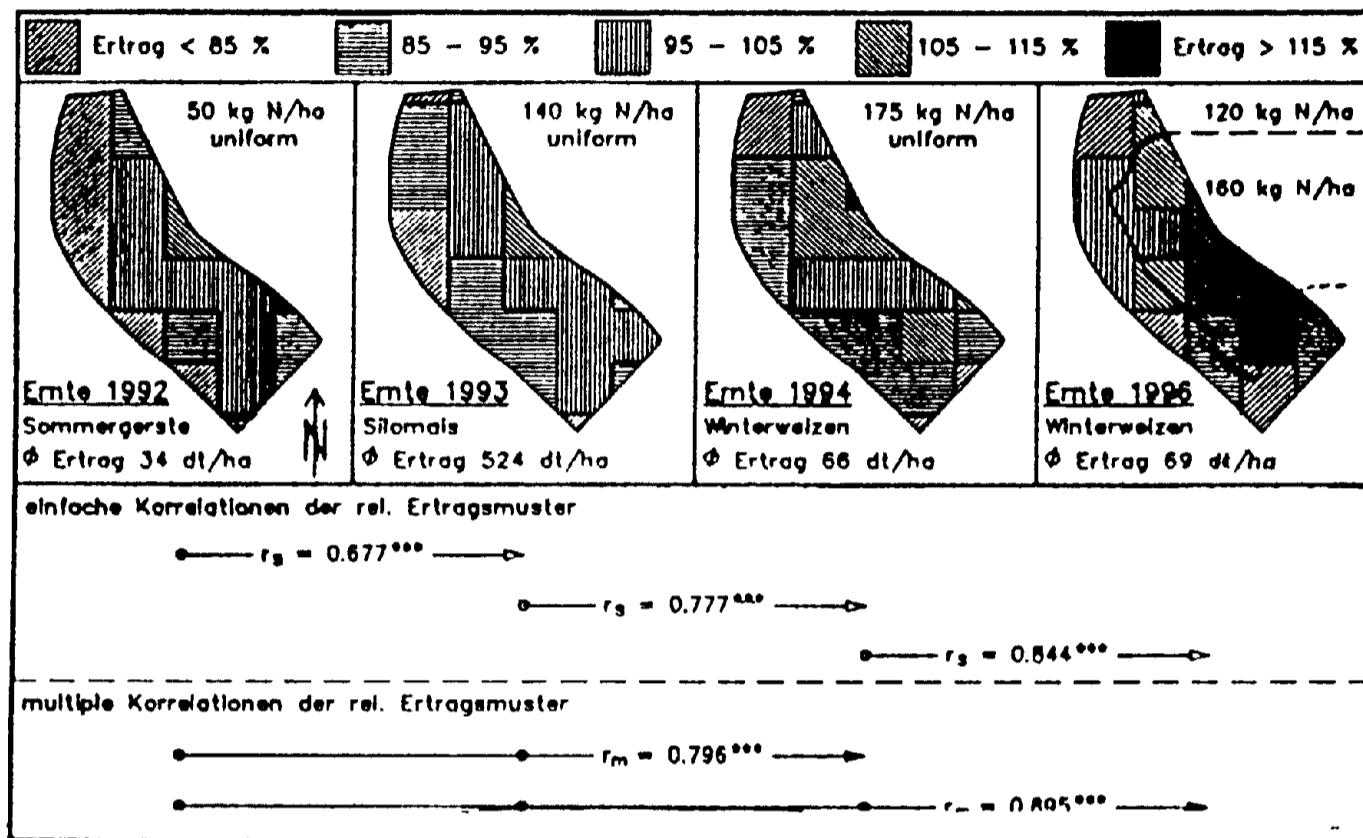


Abb. 15 Stabilität der Ertragsmuster 1992-1996 (Auernhammer et al., 1997).

Eine Ertragskarte repräsentiert retrospektive Informationen über die akkumulierten Effekte vieler räumlich variabler Faktoren. Sofern grundsätzliche Effekte der Variation identifiziert worden sind, und nur dann, kann eine Bewirtschaftungsbeziehung definiert werden. Wir versuchen deshalb die Variationsursachen über die Jahre im nachfolgend beschriebenen Projekt **Wasser- und Stickstoffhaushalt von Boden und Pflanze als Ursachen der räumlichen Ertragsvariabilität** besser zu verstehen.

Zwei Prämissen liegen dem Projekt zugrunde: Die Produktivität variiert entlang von Landschaften. Diese Unterschiede in der Produktivität sind kontrolliert durch Unterschiede im Bodenstickstoff- und Bodenwassergehalt. Wachstum und Ertrag von Kulturpflanzen können innerhalb von Einzelschlägen und jahreswitterungsabhängig stark variieren. Dem Versuchsprojekt liegt die Hypothese zugrunde, dass durch eine teilschlagspezifische Produktionstechnik die Bewirtschaftung entsprechend der vorliegenden Heterogenität ökonomisch und ökologisch optimiert werden kann. Das Ziel der kleinräumigen Bestandesführung liegt in einer standort- und jahreswitterungsangepassten N-Düngung der Pflanzen und nicht in einer Angleichung der natürlichen Ertragsvariabilität. Die Strategien für eine kleinräumige Bestandesführung basieren auf Bodenkarten und langjährigen Ertragsmustern. In diesem Projekt sollen (i) Methoden entwickelt bzw. weiter verbessert werden, die basierend auf berührungsfreien Nah- und Fernerkundungsmethoden die ertragsbestimmenden Parameter der Wasser- und Nährstoffversorgung beschreiben, und (ii) effiziente Handlungsmaßnahmen zur Realisierung der ökonomischen und ökologischen Vorteile einer kleinflächig optimierten Produktionstechnik abgeleitet werden. Die Untersuchungen erfolgen mit den Kulturen Winterweizen und Mais. Eine Übersicht findet sich nachstehend.

Strategien einer kleinräumigen Bestandesführung
Kartierung von Bodeneigenschaften
langjährige Ertragsmuster
berührungsfreie Naherkundungsmethoden

Langfristiges Ziel:
Teilschlagspezifische
Produktionstechnik

Mittelfristiges Ziel:
Entwicklung/Optimierung
berührungsfreier
Naherkundungsmethoden

Kurzfristiges Ziel:
Mechanistische Ursachen
der Ertragsvariabilität

Der Lehrstuhl für Pflanzenernährung beschäftigt sich daher in enger Zusammenarbeit mit anderen Lehrstühlen an der TUM, LMU und anderen Forschungsinstitutionen (DLR etc.) intensiv mit diesen Fragen. Das Hauptinteresse konzentriert sich dabei auf die Optimierung der N-Düngung, wobei an diesem Lehrstuhl besonders die Frage des Boden- und Pflanzenwasserhaushalts untersucht werden. Wir untersuchen, ob mit einfachen Methoden beispielsweise der Bodenwasserstatus erfasst werden kann, und ob diese Kenntnis zu einer Optimierung der Stickstoffdüngung beiträgt. Diese Untersuchungen erfolgen in enger Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Bodenkunde. Wir versuchen in einem weiteren Ansatz durch Studien aufzuzeigen, in welchem Maße Simulationsmodelle in der Präzisionslandwirtschaft im vorhersagenden Modus genutzt werden können.

Literatur

- Auernhammer, H., Demmel, M., und T. Steinmayr, 1997. Teilschlagbezogene Produktionstechnik. Forschungsverbund für Agrarökosysteme, FAM-Bericht 22: 49-59.
- Jonston, A.E. and D.S. Jenkinson, 1989. The nitrogen cycle in UK arable agriculture. Proc No 286, The Fertilizer Society of London, pp 3-24.
- Kilian, A., Gutser, R., und N. Claassen, 1997. Erhöhte N₂O-Emissionen durch Kohlenstoffanreicherung von Ackerböden infolge organischer Düngung. Tagungsband 4. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, Bonn.
- Pocknee, S., Boydell, B.C., Green, H.M., Waters, D.J., and C.K. Kvien, 1996. Directed soil sampling. In Precision Agriculture. Proceedings of the 3rd International Conference. Minneapolis, 159-169.
- Schmidhalter, U. 1994. On-farm soil nitrate test. Abstract of poster paper. In Proceedings 15th Internat. Congr. of Soil Science, Mexico, July 10-16. Vol. 5b, 115-116.
- Schmidhalter, U., Alfoeldi, T., Oertli, J., und S. Henggeler, 1991. Repräsentativität von N_{min}-Untersuchungen. Landwirtschaft Schweiz 4(8): 431-435.
- Schmidhalter, U., and J.J. Oertli, 1989. Salinization and desalinization in a silty soil influenced by groundwater. Proceedings of the International Symposium on Dynamics of Salt-Affected Soils. Nanjing, China.
- Schmidhalter, U., Strasser, R., Oertli, J.J., und S. Henggeler, 1992. Zeitliche und räumliche Variabilität von Mineralstickstoff im Boden. Landwirtschaft Schweiz 5(7): 354-362.
- Syring, K.M., N. Claassen, und R. Gutser, 1997. Räumliche Variabilität des Wachstums von Kulturpflanzen – modellhafte Beschreibung und Ableitung von Steuereingriffen. Forschungsverbund für Agrarökosysteme, FAM-Bericht 22: 271-277.