

## Zeitliche und räumliche Variabilität von Mineralstickstoff im Boden

Urs SCHMIDHALTER, René STRASSER und Jakob J. OERTLI,  
Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH-Lindau, CH-8315 Lindau  
Stefan HENGGELE, Bodenlabor Strickhof, CH-8315 Lindau

### Zusammenfassung

Die bei  $N_{\min}$ -Untersuchungen entnommene Bodenmenge repräsentiert häufig weniger als den zehnmillionsten Teil einer Untersuchungsparzelle. Die Güte des Ergebnisses hängt von der räumlichen und zeitlichen Repräsentativität der  $N_{\min}$ -Untersuchung ab. Die räumliche Variabilität wurde auf zwei Standorten und die zeitliche Variabilität auf den gleichen Standorten zu zwei respektive drei Zeitpunkten untersucht. In Rechtecken von 60 auf 90 Metern wurden, netzartig in 10 Meter Abständen verteilt, je 70 Bodenproben mit einer  $N_{\min}$ -Raupe in den Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm genommen und auf mineralischen Stickstoff untersucht. Bei der Entnahme von acht Stichproben pro Schlag ergeben sich auf beiden Standorten Über- beziehungsweise Unterschätzungen des  $N_{\min}$ -Wertes in der Tiefe 0-90 cm von 7-13 kg N. Für eine korrekte Beprobung der untersuchten Schläge sind zehn Proben erforderlich, wenn man eine Genauigkeit von  $\pm 5$  kg N pro 30 cm Schicht anstrebt respektive fünf Proben bei einer Genauigkeit von  $\pm 7$  kg N pro 30 cm Schicht. Auf den untersuchten Standorten sind 18-53 Stichproben erforderlich, damit der  $N_{\min}$ -Wert der Gesamttiefe 0-90 cm  $\pm 5$  kg genau geschätzt werden kann, 5-13 Stichproben für eine Genauigkeit von  $\pm 10$  kg N, 2-6 Stichproben für eine Genauigkeit von  $\pm 15$  kg N und 1-4 Stichproben für eine Genauigkeit von  $\pm 20$  kg N. Durch eine ungleichmässige Verteilung von Mineraldüngern oder Flüssigdüngern wird die Variabilität im Felde erhöht. Es wird diskutiert welche Faktoren künftig vermehrt zur Verbesserung der Aussagekraft der  $N_{\min}$ -Methode untersucht werden sollten.

**Räumliche Variabilität** resultiert aus der Abhängigkeit der natürlichen Bodenentwicklung von verschiedenen sich oft kleinräumig ändernden Faktoren: Muttergestein, Lebewesen, Klima, Relief (JENNY 1941). Durch die Bodenbearbeitung und Bodennutzung beeinflusst der Mensch die räumliche Variabilität.

Der Stickstoffhaushalt und insbesondere der verfügbare Stickstoff unterliegt neben der räumlichen auch einer **zeitlichen Variabilität**, vor allem bedingt durch Mineralisierung, Nitrifikation, Auswaschung, Denitrifikation und Immobilisierung. Diese Faktoren werden durch die Bodenbearbeitung und Bodennutzung auch wesentlich durch den Menschen beeinflusst und hängen stark von der Witterung ab.

Sowohl die räumliche (SCHMIDHALTER *et al.* 1991) wie auch die zeitliche Variabilität (VAN MEIRVENNE und HOFMAN 1989) des im Boden vorhandenen Mineralstickstoffs sind bisher ungenügend untersucht worden. Mit dieser Arbeit soll aufgezeigt werden, wie gross die zeitliche und räumliche Variabilität ist und welche Bewirtschaftungsmassnahmen zur Variabilität beitragen. Damit soll die Frage beantwortet werden, wieviele Bodenproben pro Schlag genommen werden müssen und wie verlässlich die dadurch erreichte Aussage ist. Diese Arbeit stellt eine Weiterführung und Ergänzung einer früheren Arbeit dar (SCHMIDHALTER *et al.* 1991). Die räumliche Variabilität wurde auf zwei Standorten und die zeitliche Variabilität zu zwei respektive drei Zeitpunkten untersucht (STRASSER 1991).

### Einleitung und Problemstellung

Die  $N_{\min}$ -Methode (SCHARPF 1977; WEHRMANN *et al.* 1988) stellt ein taugliches Instrument dar zur Erreichung einer bedarfsgerechten Düngung und zur Reduktion von Umweltbelastungen. Das Prinzip der  $N_{\min}$ -Methode ist die Bemessung der Stickstoffgaben aus dem geschätzten Bedarf minus den im Boden vorhandenen pflanzenverfügba-

ren Stickstoff ( $N_{\min}$ ). Die Analysenwerte beziehen sich nur auf das entnommene Bodenmaterial, das heisst es handelt sich um einzelne Punktmessungen innerhalb der Untersuchungsfläche, die entnommene Bodenmenge repräsentiert häufig weniger als den zehnmillionsten Teil eines Untersuchungsschlages. Die Güte des Ergebnisses hängt von der räumlichen und zeitlichen Repräsentativität der  $N_{\min}$ -Untersuchung ab.

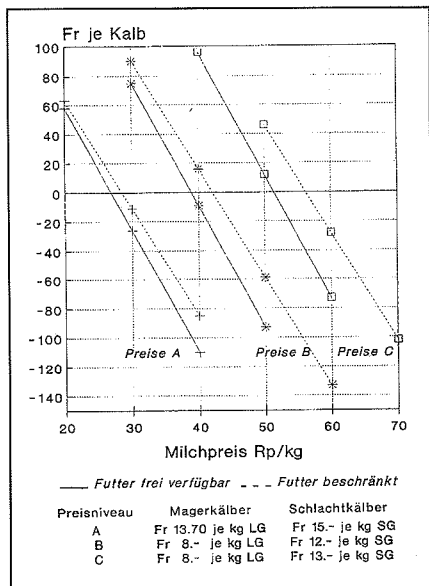


Abb. 5. Deckungsbeitrag je Mastkalb in Abhängigkeit vom Milch- und Kälberpreis.

je Kilo Schlachtgewicht, verändert sich der Deckungsbeitrag gleichgerichtet um Fr. 105.- je Schlachtkalb.

In Abbildung 5 werden beim Preisniveau A die Versuchsbedingungen unterstellt. Soll ein Deckungsbeitrag von Fr. 45.- (2,5 Arbeitsstunden je Mastkalb zu Fr. 18.-) erreicht werden, so kann die vertränkte Milch zu nur 22 Rp. je kg verwertet werden, wobei zwischen rationierter Fütterung und ad libitum Futteraufnahme ein kleiner Unterschied von lediglich 1 Rappen vorliegt. Beim Preisniveau B (Frühjahr 1992) wäre beim Deckungsbeitrag von Fr. 45.- je Mastkalb ein Milchpreis von rund 35 Rp. erreicht worden. Ein

Milchpreis von 47 Rp. (bei ad libitum Aufnahme) bis 50 Rp. (bei rationierter Fütterung) wäre bei der Preissituation C (Schlachtkälberpreis einen Franken höher als bei B) realisiert worden.

Wird bei der Kälbermast auf die Entschädigung für einen ohnehin vorhandenen Stallraum und die Arbeit verzichtet, so hebt dies die Milchverwertung rund 10 Rp. je Kilo an.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass die individuelle Milchzuteilung bei einer Gruppengröße von rund 50 Tieren je Tränkeautomat etwas besser abschliesst als die Mast mit einfachen Tränkeautomaten, die keine Beschränkung der Milchaufnahme erlauben; die hohen Kosten der Elektronik werden bei grossen Mastgruppen durch die Verbesserung der Milchverwertung kompensiert. Bei einer Gruppengröße von weniger als 30 Kälbern bringt die Computerfütterung kaum Vorteile.

## Schlussfolgerungen

Mit dem vorliegenden Versuch konnten die technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse zweier Kälbermastverfahren (rationiert und ad libitum) auf der Grundlage von Vollmilch und Ergänzungsmilchpulver (Standardration) einander gegenübergestellt werden.

Der Einsatz eines einfachen Tränkeautomaten, mit dem die individuelle Futteraufnahme nicht begrenzt werden kann, ermöglicht gute Zuwachsraten und eine optimale Schlachtkörperqualität. Bedingung ist jedoch, dass der Fütterungsplan korrekt eingehalten wird.

Zudem müssen die Kälber bei Mastbeginn in bezug auf das Körpergewicht genügend homogen zusammengestellt werden. Trotzdem bietet die individuelle Futterrationierung mit dem computergesteuerten Tränkeautomaten im Vergleich zum einfachen Automaten gewisse Vorteile. Sie ermöglicht eine dem Bedarf jedes einzelnen Tieres angepasste Fütterung und eine präzise Überwachung seines Verzehrverhaltens. So werden auftauchende gesundheitliche Störungen sofort aufgedeckt. Im weiteren streuen die Futteraufnahmen und Zuwachsraten der einzelnen Tiere weniger stark, so dass die Kälbergruppen auch in geringerem Umfang auseinanderwachsen. Dies vereinfacht die Arbeit und den Schlachtablauf. Auch wenn die Zuwachsraten geringfügig schlechter sind, liegt der entscheidende wirtschaftliche Vorteil in einer bedeutenden Futtereinsparung pro Kalb und Mastperiode. Dieser ist auf eine bessere Futterverwertung und die Limitierung der Futteraufnahme zurückzuführen. Die Futterkosten können dabei erheblich reduziert werden. Nicht zu vergessen ist die umweltrelevante Herabsetzung der Stickstoffausscheidung dank der individuellen Futterrationierung.

## Literatur

- EGGER I., 1992. Milchnebenprodukte in der Kälbermast. *Landwirtschaft Schweiz* 5 (6), 263-268.
- NEESSE K. R. und KIRCHGESSNER M., 1975. Zur chemischen und energetischen Veränderung der Körperzusammensetzung unterschiedlich schwerer Mastkälber. *Züchtungskunde* 47 (3), 207-217.

## Summary

### Advantages of a restricted feeding strategy in veal calves

In a fattening trial with 2 × 16 male Simmental calves, restricted and ad libitum feeding strategies were compared to each other. The restricted feed intake was monitored individually by a computerized automatic drinker whereas the ad libitum feed intake was realized by a simple automatic drinker. After the calves' reaching a live weight of 100 kg, the original whole milk was supplemented by milk replacer. The average dry matter (DM) intake of restrictively fed animals was 1.88 kg per day; ad libitum fed animals averaged a daily intake of 2.19 kg DM. The mean growth rates of the two feeding systems, i.e. 1,484 g (restricted) and 1,567 g (ad libitum), were not different from a statistic point of view. On the other hand, feed conversion deteriorated (+11%) with an unlimited feed intake. In addition to a facilitated animal surveillance and more uniform animal groups, significant feed quantities can be spared without affecting carcass quality. An improved feed conversion has also favourable effects on environmental factors. The extent of an economic profit of the computer assisted restricted feeding depends on market price fluctuations and group size of veal calves.

**Key words:** veal calves, ad libitum feeding, restricted feeding, growth rates, feed conversion, carcass quality.

## Résumé

### Avantages d'une alimentation rationnée chez le veau à l'engrais

Un essai réunissant 2 × 16 veaux mâles de race Tachetée Rouge a été réalisé dans le but de comparer deux modes d'alimentation, soit une alimentation rationnée de façon individuelle avec un nourrisseur automatique relié à un ordinateur et une alimentation à volonté avec un automate simple. La ration était composée de lait entier, complété avec de la poudre de lait à partir de 100 kg poids vif (engraissement combiné). L'ingestion journalière moyenne était de 1,88 kg de matière sèche (MS) pour l'alimentation rationnée et de 2,19 kg MS pour l'alimentation à volonté. Avec respectivement 1484 g et 1567 g, les accroissements journaliers moyens de ces mêmes groupes n'étaient pas différents sur le plan statistique. En revanche, l'indice de consommation était nettement moins favorable (+11%) pour le groupe nourri à volonté. En plus d'un meilleur contrôle individuel et d'une plus grande homogénéité des groupes de veaux, le rationnement permet d'économiser d'importantes quantités d'aliments sans que la qualité de carcasse ne soit influencée négativement. Une meilleure valorisation des aliments offre des avantages également sur le plan de la protection de l'environnement. Suivant la situation des prix sur le marché et le nombre d'animaux engraisés, l'avantage économique d'un système électronique de rationnement peut être plus ou moins important.

## Material und Methoden

### Standort, Bodenbearbeitung und Kultur

Für die Untersuchungen wurden zwei verschiedene Standorte, Bülach und Eschikon, gewählt, die sich sowohl im Boden, der Topographie, der Vorfrucht, der Winterzwischenfrucht, der Bodenbearbeitung, der angebauten Kultur und den ausgeführten Düngungsmassnahmen unterscheiden.

**Standort Bülach:** Der Boden besteht aus einer alluvialen, überschütteten Kalkbraunerde, deren Skelettanteil in 0-30 cm Bodentiefe 24% und in 30-60 cm Bodentiefe 17% beträgt. Die Bearbeitung erfolgt hangparallel. Die Neigung beträgt ca. 20% in Richtung der kürzeren Parzellenachse und die jährliche Niederschlagsmenge 1000 mm. Winterweizen wurde als Vorfrucht und Gelbsef als Winterzwischenfrucht angebaut. Vor der Saat des Gelbsefs, am 24.8.1990, wurde der Boden gepflügt, mit dem Zinkenrotor bearbeitet, und 28 kg N als Ammonsalpeter gestreut. Am 2.4.1991 wurde der Boden mit der Rotorfräse bearbeitet und Zuckerrüben gesät. Auf den Teilparzellen mit den Probennummern 10-29 und zum Teil 30-39 (Probennummernverzeichnis siehe Kapitel Probeentnahme) wurde am 6.3.1991 ca. 45 kg N/ha in Form von Gülle verteilt.

**Standort Eschikon:** Der Boden stellt eine basenreiche Braunerde dar, die in 0-30 cm Tiefe 14% Skelett und in 30-60 cm 15% Skelett aufweist. Die relativ ebene Parzelle weist in der Mitte

des Feldes eine Mulde auf, der Boden darunter ist leicht staunass. Die jährliche Niederschlagsmenge ist vergleichbar wie in Bülach und beträgt 1100 mm. Die Vorfrucht war Silomais, eine anschliessend spät gesäte Einsaat lief schlecht auf. Am 7.3.1991 wurde die Parzelle gepflügt und am 8. Mai mit Mais bepflanzt. Während des Winters wurden 250 dt/ha Mist (ca. 125 kg N gesamt resp. 50 kg kurzfristig wirksamer N) ausgebracht.

### Probeentnahme

Die Proben wurden in einem Rechteck von 60 auf 90 Metern, netzartig in 10 Meter Abständen verteilt, entnommen. Die Parzelle wurde in sieben Längsreihen mit je zehn Teilparzellen unterteilt. Diese wurden fortlaufend nummeriert (10-19, ..., 70-79). Es wurden je 70 Proben in den Tiefen 0-30, 30-60 und 60-90 cm entnommen. Für die Entnahme wurde eine  $N_{\min}$ -Raupe (Firma Oehler, Rottweil; Abb. 1) verwendet, deren Bohrkerninnendurchmesser 1,5 cm beträgt (Abb. 2). Der Einschlag des Pürkhauerbohrers wurde mit einem Schlaghammer ausgeführt und die Entnahme erfolgte hydraulisch. Die Probeentnahmen erfolgten in Bülach am 12. März 1991 in der abgestorbenen Gelbsefkultur und am 10. Mai im 2-3-Blattstadium der Zuckerrüben. In Eschikon erfolgten die ersten zwei Entnahmen im gepflügten Acker, am 14. März und am 7. Mai, und die dritte Entnahme am 26. Mai, zum Zeitpunkt des 4-5-Blattstadiums des Mais. In Eschikon erfolgte keine Bodenbearbeitung zwischen dem ersten und zweiten

Zeitpunkt, während in Bülach der Boden bearbeitet wurde. Auf beiden Standorten erfolgte keine Düngung zwischen diesen zwei Entnahmezeitpunkten. In Eschikon wurde erst nach dem dritten Entnahmezeitpunkt, am 1. Juni 1,5 kg Ammonsalpeter sowie am 4. Juli 1,5 kg Harnstoff gestreut. Die Proben wurden unmittelbar nach der Entnahme gekühlt und bis zur Analyse tiefgefroren.

### Bestimmung der Bodendichte und des Skelettgehaltes

Auf beiden Standorten wurde die Bodendichte zeitgleich zu den ersten zwei Probeentnahmezeitpunkten bestimmt. Die Untersuchung erfolgte mit 1000 cm<sup>3</sup> Burgerzylindern. Die Untersuchungen erfolgten, verteilt über die Parzelle, in Bülach an sechs und in Eschikon an neun verschiedenen Orten. Diese Proben wurden auch für die Skelettgehaltsbestimmung (Kornfraktion >2 mm resp. >10 mm bei  $N_{\min}$ -Untersuchungen) verwendet.

### $N_{\min}$ -Analyse

Für die  $N_{\min}$ -Analysen wurde 100 g feldfeuchter Boden mit 100 ml 0,1 M CaCl<sub>2</sub> versetzt und während einer halben Stunde geschüttelt und danach abfiltriert. Details der Analyse, die nach der Methode von SIEGEL (1979) ausgeführt wurden, sind in der vorhergehenden Arbeit beschrieben (SCHMIDHALTER *et al.* 1991). Die Wassergehaltsbestimmung erfolgte mit den bei 105 °C während 48 Stunden getrockneten Proben.



Abb. 1.  $N_{\min}$ -Raupe zur Entnahme von Bodenproben.

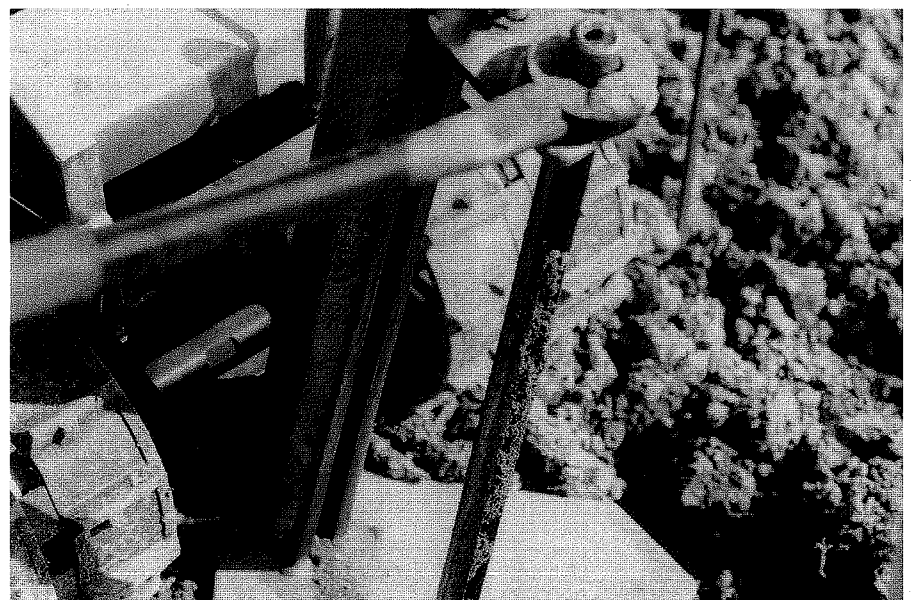


Abb. 2. Detailaufnahme der Bodenprobeentnahme mit der  $N_{\min}$ -Raupe.

## Witterungsdaten

Für die Charakterisierung der Witterungsverhältnisse in Eschikon und Bülach wurden die Klimadaten der Messstationen Eschikon und Zürich-Kloten (Tagestemperaturen, Tagesniederschläge sowie Monatsmittelwerte) verwendet und, soweit vorhanden, mit langjährigen Messdaten verglichen. Die Messstation Eschikon befindet sich in unmittelbarer Nähe der Versuchspartzele. Auf diesem Standort wurde zusätzlich die Bodentemperatur in 10 cm Bodentiefe gemessen.

## Ergebnisse

### Temperatur und Niederschlag

In Abbildung 3 sind die Tageswerte des Niederschlags sowie der Luft- und Bodentemperatur angegeben. In Tabelle 1 sind die Mittelwerte des Niederschlags sowie der Luft- und Bodentemperatur für die Versuchstandorte Eschikon und Bülach angegeben. Die beiden Standorte unterscheiden sich in den Monaten März, April und Mai nicht wesentlich im Niederschlag und in der Lufttemperatur. Die Abweichung der Lufttemperatur von langfristigen Normwerten betrug in den Monaten März, April und Mai in Bülach +3,0, 0,0, -1,9 °C und in Eschikon +2,5, 0,0, -2,5 °C. In Eschikon fielen in den Monaten März, April und Mai -16, -30 beziehungsweise +1 mm weniger beziehungsweise mehr Niederschlag als im Durchschnitt der Jahre 1978-1989.

### Bodendichte

Die Bodendichten der untersuchten Standorte, die zu zwei Zeitpunkten erhoben wurden, sind in Tabelle 2 angegeben. Der Boden ist im Unterboden dichter gelagert. In Bülach findet sich zum zweiten Probeentnahmezeitpunkt eine reduzierte Dichte, die möglicherweise bodenbearbeitungsbedingt ist. In Eschikon beobachtet man zu diesem Zeitpunkt keine Veränderung. Die Lagerungsdichte variierte nur sehr wenig in Bülach. Die Variationskoeffizienten

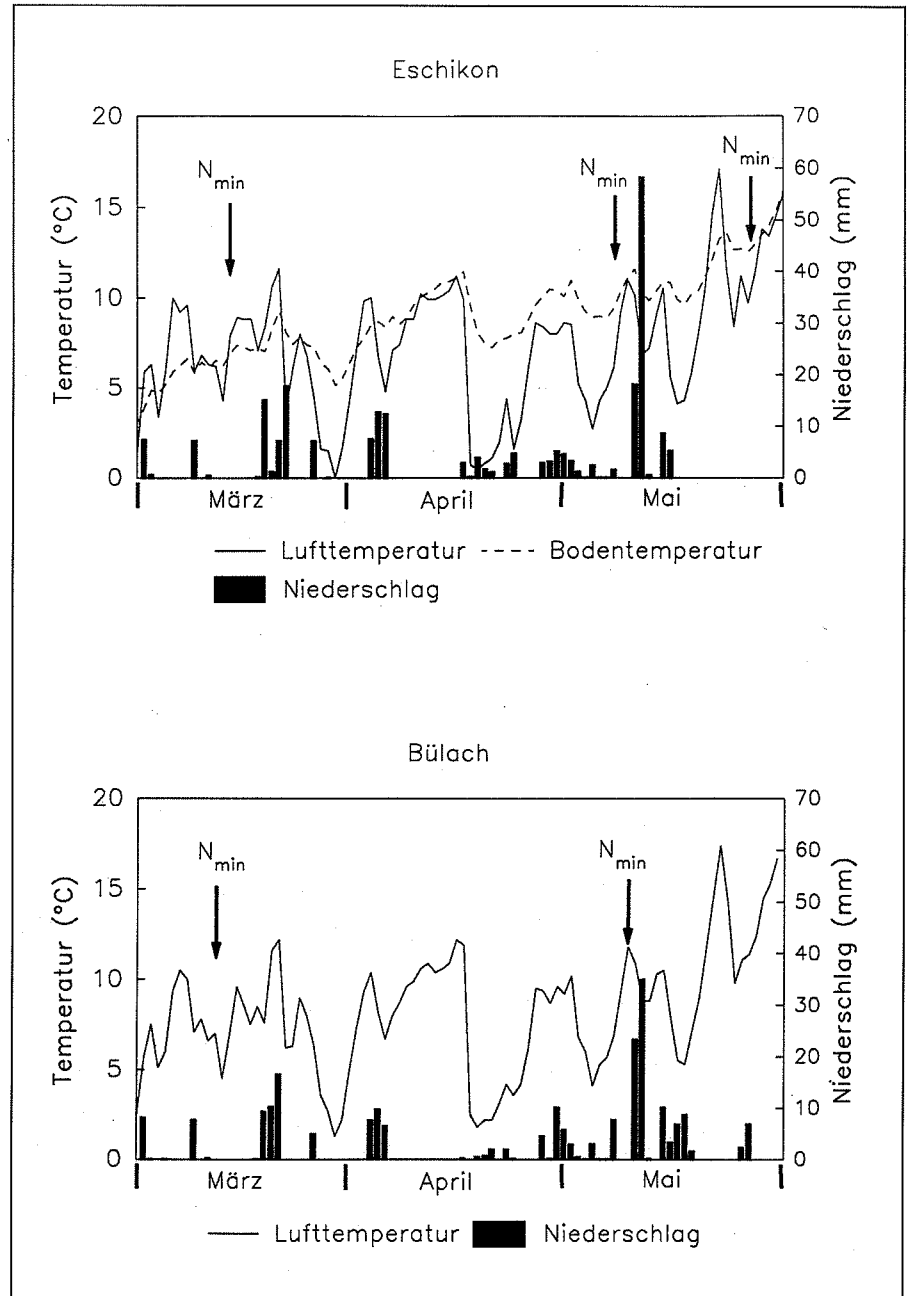


Abb. 3. Tageswerte des Niederschlags sowie der Luft- und Bodentemperatur der Versuchstandorte Eschikon und Bülach.

(VK) (VK sind ein Mass für die Variabilität der erhaltenen Messwerte; sie geben die Standardabweichung in Prozent des Mittelwertes an) betragen in Bülach 2-4%, waren jedoch deutlich höher in Eschikon, und betragen dort

Tab. 2. Bodendichten der Tiefen 0-30 cm und 30-60 cm in den Versuchspartzele Eschikon und Bülach. Die Werte in Klammern geben die Standardabweichung an

Tab. 1. Mittelwerte des Niederschlags, der Lufttemperatur sowie der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe der Versuchstandorte Eschikon und Bülach

	Eschikon			Bülach		
	März	April	Mai	März	April	Mai
Niederschlag (mm)	65,1	66,7	116,0	58,1	50,7	101,3
Lufttemperatur (°C)	6,2	6,8	9,0	6,9	7,7	10,2
Bodentemperatur (°C)	6,4	9,1	11,3	-	-	-

	Bodendichte (g/cm <sup>3</sup> )	
	0-30 cm	30-60 cm
Eschikon 14. März	1,14 (±0,12)	1,36 (±0,26)
Eschikon 10. Mai	1,17 (±0,11)	
Bülach 12. März	1,36 (±0,03)	1,63 (±0,06)
Bülach 10. Mai	1,26 (±0,05)	

ca. 10% im Oberboden und 26% im Unterboden. Bei der Umrechnung der Stickstoffwerte in volumenbezogene Angaben wurden die Mittelwerte der einzelnen Schichten verwendet. Für die Bodentiefe 60-90 cm wurde die gleiche Lagerungsdichte wie in 30-60 cm angenommen.

### Skelettgehalt

Für die  $N_{\min}$ -Bestimmung werden konventionell Fraktionsgrößen >10 mm als Skelett bezeichnet und bei der volumenbezogenen Angabe berücksichtigt. Auf beiden Parzellen fanden sich nur Skelettanteile in der Fraktionsgröße zwischen 2-8 mm, deren Werte in Tabelle 3 angegeben sind. Es ist ersichtlich, dass diese Größe stark streuen kann. Für die Tiefe 60-90 cm wurden die gleichen Werte wie in 30-60 cm angenommen.

### $N_{\min}$ -Werte

$N_{\min}$ -Werte sind häufig nicht normal, sondern lognormal verteilt (VAN MEIRVENNE *et al.* 1990; SCHMIDHALTER *et al.* 1991). Mit Ausnahme der untersten Schicht des Standortes Bülach am 12. März wurde zu allen Zeitpunkten und auf allen Standorten eine lognormale Verteilung festgestellt. Die Annahme einer Normalverteilung führt jedoch nur zu unwesentlich verschiedenen Mittelwerten. In Tabelle 4 sind die Mittelwerte, Mediane (der Median- oder Zentralwert ist der mittlere der nach der Größe geordneten Einzelwerte) und Dichtemittel (Wert, der in einer Stichprobe am häufigsten vorkommt) sowie die Variationskoeffizienten der  $N_{\min}$ -Werte angegeben, die in drei Bodentiefen und zu zwei respektive drei Entnahmezeitpunkten in Bülach und Eschikon bestimmt wurden. Größere Abweichungen des Medians und des Dichtemittels vom Mittelwert deuten auf nicht normale Verteilungen hin.

In den Monaten März und April vorherrschende, relativ tiefe, Temperaturen haben nur eine schwache Mineralisation ermöglicht und aufgrund der Niederschlagsverteilung (Abb. 3) ist nur mit einer kleinen Auswaschung zu rechnen. Auf beiden Standorten beobachtet man eine leichte Erhöhung der Mittelwerte im Verlauf der Zeit, die wahrscheinlich durch Mineralisation im Oberboden und Verlagerung in tiefere Schichten zu erklären ist.

Die Variationskoeffizienten (VK) sind in Bülach mit Ausnahme eines Wertes mässig hoch (VK 19-30%) und in Eschikon erhöht (VK 32-58%). In Eschikon

findet sich eine grössere Variabilität im Unterboden (30-60 cm respektive 60-90 cm) als im Oberboden (0-30 cm). In Bülach ergibt sich eine starke Abnahme des Variationskoeffizienten in 0-30 cm Tiefe, vom ersten zum zweiten Probeentnahmezeitpunkt, von 48% auf 19%. Eine Abnahme des Variationskoeffizienten wird auch in der darunterliegenden Schicht beobachtet. Die erhöhte Variabilität ist in diesem Standort auf Bewirtschaftungsmassnahmen zurückzuführen. Abbildung 5 zeigt, dass in 0-30 cm Bodentiefe am 12. März entlang der Längsränder der Parzelle erhöhte  $N_{\min}$ -Werte gemessen wurden. Die Ursachen sind einerseits das Ausbringen von Gülle vom Feldrand wie auch ein Randeffect des Düngerstreuens in der Nachbarparzelle. In beiden Fällen stellt man ca. 12 kg mehr Stickstoff in 0-30 cm fest, dies wird zum zweiten Zeitpunkt nicht mehr beobachtet, hingegen findet sich eine leichte Erhöhung in 30-60 cm Tiefe (Tab. 4). Von der ausgebrachten Gülle kann somit höchstens ein Drittel nachgewiesen werden.

Während die Gülleausbringung die Variabilität nicht wesentlich erhöht hat, ist vermutlich der Randeffect herrührend vom inhomogenen Streuen von Mineraldünger aus der Nachbarparzelle eine wesentliche Ursache der Variabili-

**Tab. 3. Skelettgehalt** (Fraktion >2 mm im Gewichtsprozent) in den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm der Versuchspartellen Eschikon und Bülach. Die Werte in Klammern geben die Standardabweichung an

	Skelettgehalt (% g)	
	0-30 cm	30-60 cm
Eschikon	14,0 (±8,0)	14,7 (± 4,9)
Bülach	23,5 (±6,9)	17,2 (±12,2)

tät. Diese Beziehungen sind in Abbildung 4 dargestellt, die Variationskoeffizienten des Standortes Bülach, unterteilt nach den beobachteten Bewirtschaftungsmassnahmen, zeigt.

Die am 12. März in 30-60 cm Bodentiefe festgestellte erhöhte Variabilität ist möglicherweise auf eine ungleichmässige Verlagerung der Gülle in diese Tiefe zurückzuführen. Ein Randeffect, herrührend von der Güllendüngung in der Nachbarparzelle, findet sich auch in Eschikon am 26. Mai in der Tiefe 0-30 cm (Abb. 7). Die Zunahme des Variationskoeffizienten in Eschikon vom 7. Mai zum 26. Mai, von 33 auf 45%, ist möglicherweise mineralisationsbedingt. Die am Rand der Parzelle beobachtete düngungsbedingte Erhöhung der  $N_{\min}$ -Werte ist dafür nicht verantwortlich.

**Tab. 4. Mittelwert, Median, Dichtemittel und Variationskoeffizienten des  $N_{\min}$ -Gehaltes in den Bodentiefen 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm und 0-90 cm**

		Bodentiefe (cm)			
		0-30	30-60	60-90	0-90
<b>Eschikon 14. März</b>					
Mittelwert	(kg/ha)	15,8	10,9	5,9	32,5
Median	(kg/ha)	14,5	9,6	5,2	29,4
Dichtemittel	(kg/ha)	14,5	9,6	9,0	29,2
Variationskoeffizient	(%)	37,1	48,8	47,5	33,9
<b>Eschikon 7. Mai</b>					
Mittelwert	(kg/ha)	13,8	16,2	10,0	40,1
Median	(kg/ha)	13,0	14,7	8,6	36,7
Dichtemittel	(kg/ha)	12,8	14,6	8,6	36,3
Variationskoeffizient	(%)	33,2	41,8	53,0	32,6
<b>Eschikon 26. Mai</b>					
Mittelwert	(kg/ha)	16,9	16,3	12,6	45,8
Median	(kg/ha)	15,1	15,3	11,3	41,9
Dichtemittel	(kg/ha)	14,4	15,1	11,1	41,8
Variationskoeffizient	(%)	44,8	46,0	58,0	40,4
<b>Bülach 12. März</b>					
Mittelwert	(kg/ha)	21,7	26,4	18,5	66,6
Median	(kg/ha)	21,4	25,6	18,8	64,0
Dichtemittel	(kg/ha)	21,2	25,6	18,7	64,0
Variationskoeffizient	(%)	48,1	29,3	24,4	25,8
<b>Bülach 10. Mai</b>					
Mittelwert	(kg/ha)	29,4	26,6	21,2	77,2
Median	(kg/ha)	29,0	25,5	20,8	74,5
Dichtemittel	(kg/ha)	28,9	25,3	20,7	74,5
Variationskoeffizient	(%)	19,4	20,6	23,7	15,8

## Räumliche und zeitliche Verteilung der $N_{\min}$ -Werte

In den Abbildungen 5 und 7 ist die räumliche Verteilung der  $N_{\min}$ -Werte der zwei untersuchten Standorte für die Tiefen 0-30, 30-60 und 60-90 cm angegeben. In Abbildung 6 und 8 sind die  $N_{\min}$ -Werte der Gesamttiefen angegeben.

Die räumliche Verteilung der  $N_{\min}$ -Werte in den drei untersuchten Tiefen scheint in Eschikon nicht sehr variabel zu sein. Am auffallendsten sind erhöhte Werte links der Feldmitte, die räumlich mit einer Vertiefung im Felde übereinstimmen, deren Boden staufeucht war. Die niedrige optische Variabilität in 60-90 cm Tiefe am 14. März kontrastiert mit erhöhten berechneten Variationskoeffizienten (Tab. 4). Dies zeigt deutlich auf, dass bei niedrigen  $N_{\min}$ -Werten

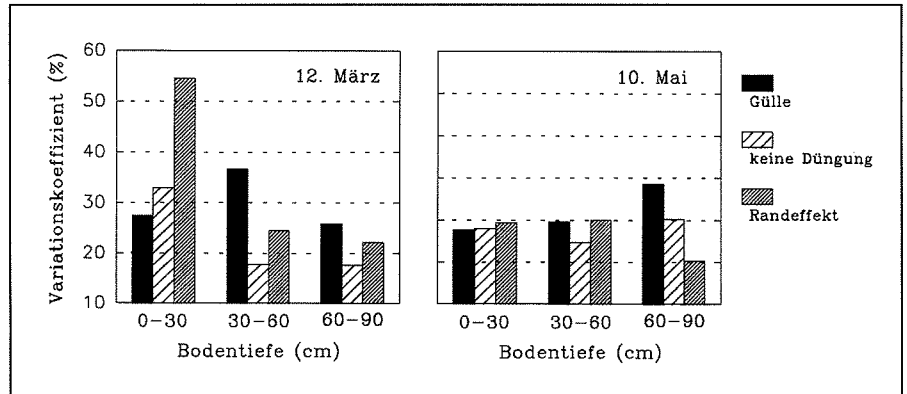


Abb. 4. Variationskoeffizienten von Bewirtschaftungsmassnahmen (Verfahren Güllendüngung, keine Düngung, Randeffekt = Streuen von Mineraldünger aus der Nachbarparzelle) in Bülach zu zwei Zeitpunkten.

ten bereits kleine Abweichungen erhöhte Variationskoeffizienten verursachen. Dies wird auch deutlich bei

einem Vergleich mit den  $N_{\min}$ -Werten der Gesamttiefen, die optisch viel stärker variieren, aber niedrigere Variationskoeffizienten zeigen. Vom 7. bis zum 26. Mai stellt man im Oberboden eine Erhöhung der räumlichen Variabilität fest. Auffallend ist die starke Erhöhung der  $N_{\min}$ -Werte am rechten Feldrand.

Die räumliche Verteilung der  $N_{\min}$ -Werte am 12. März in Bülach zeigt erhöhte Werte am linken Feldrand, die durch die Verteilung von Gülle bedingt sind, und ebenfalls erhöhte Werte am

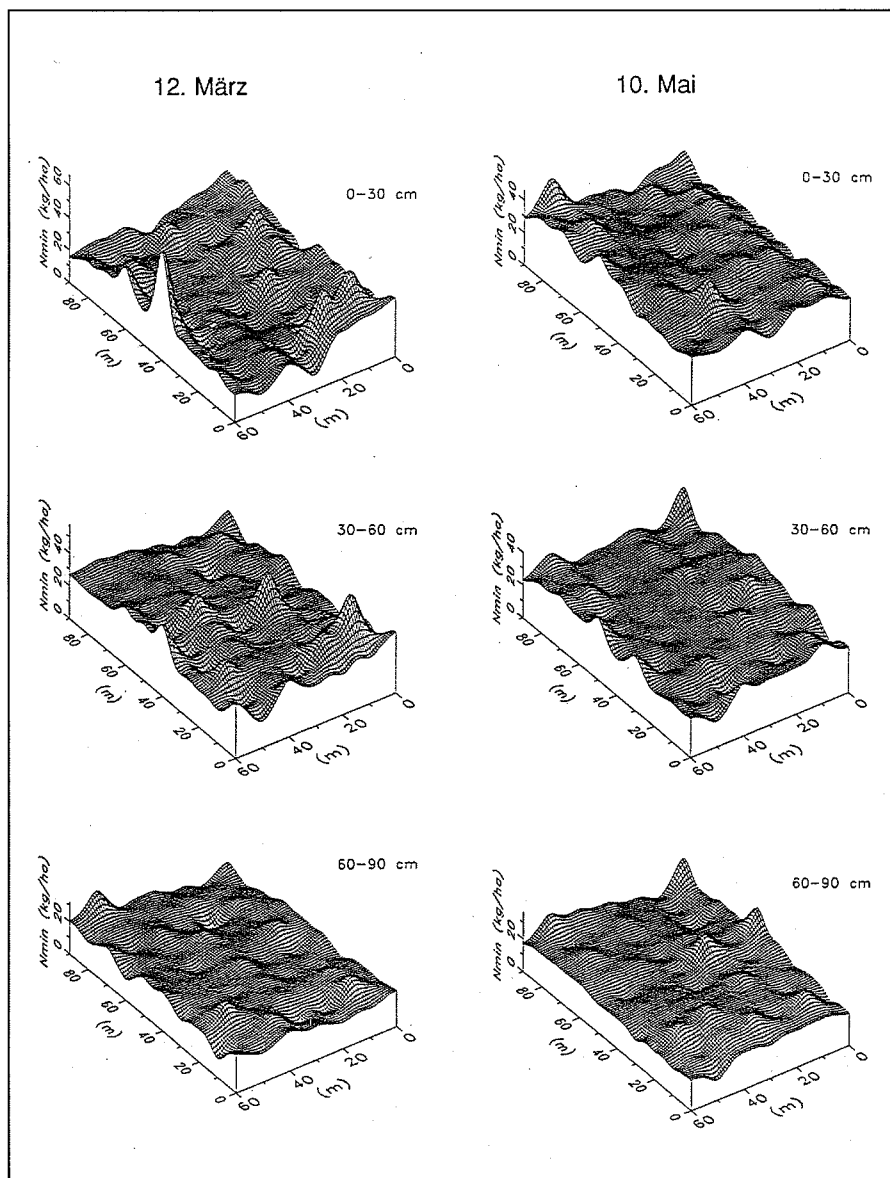


Abb. 5. Räumliche Verteilung der  $N_{\min}$ -Werte der Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm des Standortes Bülach.

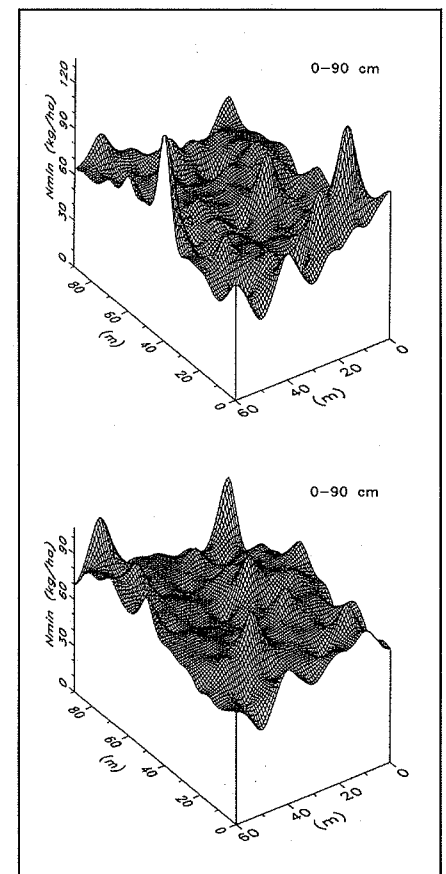


Abb. 6. Räumliche Verteilung der  $N_{\min}$ -Werte der Tiefe 0-90 cm des Standortes Bülach.



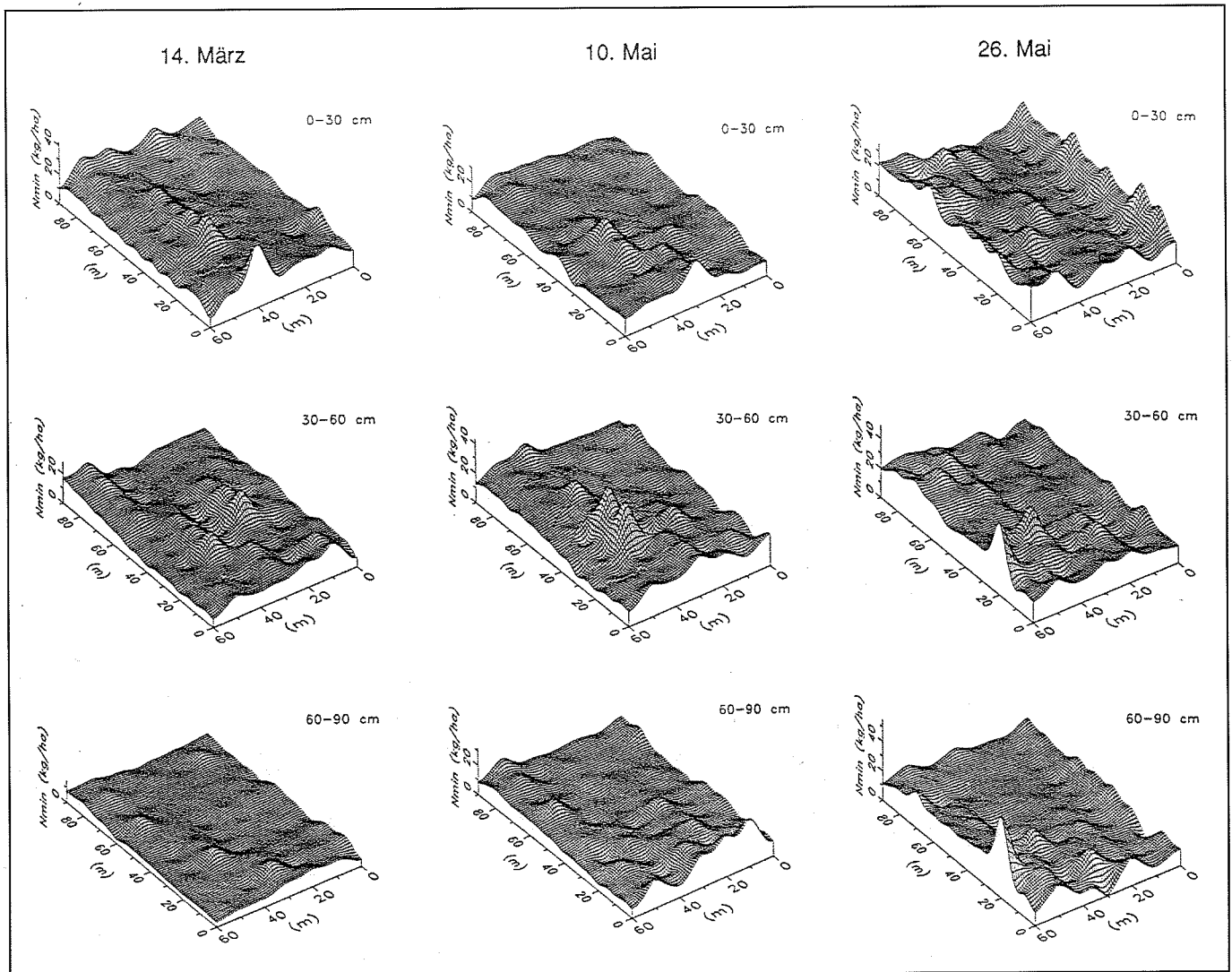


Abb. 7. Räumliche Verteilung der  $N_{\min}$ -Werte der Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm des Standortes Eschikon

rechten Feldrand, die aus der Verteilung von Mineraldüngern in der Nachbarparzelle resultieren. Am 10. Mai beobachtet man nur noch eine geringe Variabilität im Oberboden.

### Bestimmung der Anzahl Stichproben

Je heterogener eine Parzelle ist, das heisst je grösser die Streuung der  $N_{\min}$ -Werte sein kann, desto mehr Proben müssen genommen werden. Die Anzahl Proben, die genommen werden müssen, berechnet sich nach  $N = X_{\alpha}^2 \sigma / d^2$ , wobei  $\sigma$  die Standardabwei-

chung angibt,  $x_{\alpha}$  die Standardnormalverteilung,  $d$  gibt an wie genau der Mittelwert (beispielsweise in Prozent des Mittelwertes oder auch als Absolutwert in kg Stickstoff) geschätzt werden soll. In Abbildung 9 ist angegeben wie genau der  $N_{\min}$ -Wert in Prozent des Mittelwertes bei einer bestimmten Probenzahl auf dem Standort Bülach am 12. März bestimmt werden kann. In der gleichen Abbildung sind diese Angaben in kg N/ha umgerechnet. Diese Angaben wurden für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $P < 0,05$  berechnet. Die Werte besagen, dass beispielsweise bei der Entnahme von 10 Proben in

der Bodentiefe 0-30 cm, der Mittelwert mit einer Genauigkeit von  $\pm 30\%$  bestimmt werden kann, oder als Absolutwert ausgedrückt, der geschätzte Mittelwert von 21,7 kg N kann mit  $\pm 6,5$  kg N genau bestimmt werden, das heisst der mögliche geschätzte Wert liegt bei dieser Probenzahl zwischen 15,2-28,2 kg N.

In Tabelle 5 sind für die Standorte Bülach und Eschikon die erforderlichen Probenzahlen angegeben, die eine Schätzung des  $N_{\min}$ -Wertes mit  $\pm 5$  respektive  $\pm 7$  kg N Genauigkeit ergeben. Toleriert man eine Genauigkeit von  $\pm 5$  kg Stickstoff pro 30 cm Schicht,

Tab. 5. Erforderliche Stichprobenzahlen bei einer tolerierten Abweichung von  $\pm 5$  respektive  $\pm 7$  kg N pro Schicht

Bodentiefe (cm)	Eschikon 14. März		Eschikon 7. Mai		Eschikon 26. Mai		Bülach 12. März		Bülach 10. Mai	
	$\pm 5$ kg N	$\pm 7$ kg N	$\pm 5$ kg N	$\pm 7$ kg N	$\pm 5$ kg N	$\pm 7$ kg N	$\pm 5$ kg N	$\pm 7$ kg N	$\pm 5$ kg N	$\pm 7$ kg N
0-30	6	3	4	2	9	4	17	9	5	3
30-60	5	3	7	4	9	4	10	5	5	3
60-90	2	1	5	3	8	4	4	2	4	2

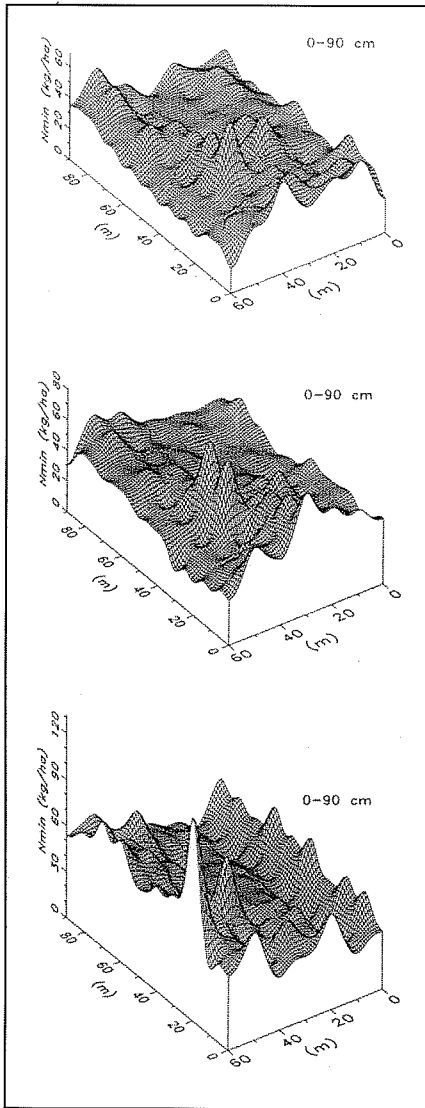


Abb. 8. Räumliche Verteilung der  $N_{\min}$ -Werte der Tiefe 0-90 cm des Standortes Eschikon.

so reichen 10 Proben aus, um den  $N_{\min}$ -Mittelwert verlässlich zu schätzen. Eine Ausnahme bildet die Schicht 0-30 cm in Bülach, in der am 12. März 17 Proben erforderlich sind. Bei einer tolerierten Genauigkeit von  $\pm 7$  kg N pro Schicht reichen, mit Ausnahme der erwähnten Schicht, 5 Proben aus, um eine verlässliche Angabe zu erhalten. Die Genauigkeit der Schätzung des

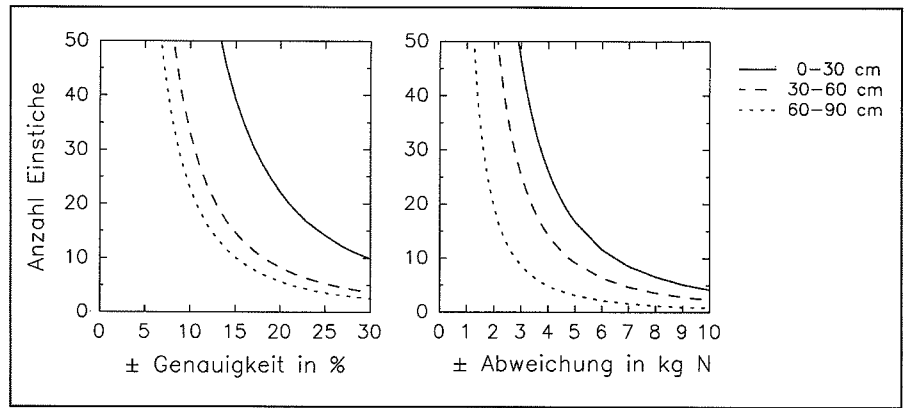


Abb. 9. Beziehung zwischen der Anzahl Proben und der zu erwartenden Genauigkeit ausgedrückt in Prozent (linke Darstellung) beziehungsweise in kg N (rechte Darstellung).

Tab. 6. Erforderliche Stichprobenzahl für die Bestimmung des  $N_{\min}$ -Wertes der Tiefe 0-90 cm mit einer Genauigkeit von  $\pm 5$ ,  $\pm 10$ ,  $\pm 15$  respektive  $\pm 20$  kg N

	Stichprobenanzahl für eine Genauigkeit von			
	$\pm 5$ kg N	$\pm 10$ kg N	$\pm 15$ kg N	$\pm 20$ 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

$N_{\min}$ -Wertes, die sich bei einer tolerierten Abweichung von  $\pm 5$  kg pro Schicht ergibt, beträgt in Bülach  $\pm 17-27\%$ , und in Eschikon, ohne einen Extremwert von  $\pm 85\%$ ,  $\pm 30-50\%$ . Die höheren Abweichungen in Eschikon sind erklärbar durch die niedrigeren Mittelwerte. Der  $N_{\min}$ -Gesamtwert betrug je nach Entnahmezeitpunkt in Eschikon zwischen 32-46 kg N und in Bülach zwischen 67-77 kg N. In einer früheren Untersuchung (SCHMIDHALTER *et al.* 1991) ergab sich bei einer tolerierten Abweichung von  $\pm 5$  kg N pro 30 cm Schicht eine Abweichung von  $\pm 16-33\%$ ; in dieser Untersuchung fanden sich in 0-90 cm 70 kg N. Toleriert man eine Abweichung von  $\pm 15$  kg Stickstoff in der gesamten Bodentiefe, so betragen die möglichen Abweichungen bei 50, 100, 150 und 200 kg N im Boden  $\pm 30$ ,  $\pm 15$ ,  $\pm 10$  respektive

$\pm 7,5\%$ . Bei höheren Stickstoffniveaus sind entsprechend kleinere prozentuale Abweichungen tolerierbar.

In Tabelle 6 wurde berechnet welche Stichprobenzahl erforderlich ist, damit der  $N_{\min}$ -Wert der Gesamttiefe 0-90 cm mit einer Genauigkeit von  $\pm 5$ ,  $\pm 10$ ,  $\pm 15$  respektive  $\pm 20$  kg N bestimmt werden kann. Daraus ist ersichtlich, dass bei einer Genauigkeit der Schätzung des  $N_{\min}$ -Wertes von  $\pm 5$  kg N zwischen 19-53 Stichproben erforderlich sind, bei  $\pm 10$  kg N 5-13 Stichproben, bei  $\pm 15$  kg N 2-6 Stichproben und bei  $\pm 20$  kg N 1,2-3,3 Stichproben.

Tabelle 7 gibt an, wie genau die  $N_{\min}$ -Werte der Standorte Bülach und Eschikon, bei der Entnahme von 8 Stichproben pro Schicht beziehungsweise für die Gesamtschicht von 0-90 cm geschätzt werden können. Die Angaben erfolgen in Prozent respektive in kg N.

Tab. 7. Genauigkeit ( $\pm$  Prozent resp.  $\pm$  kg N) mit der die  $N_{\min}$ -Werte auf den Standorten Bülach und Eschikon bei der Entnahme von 8 Stichproben pro Schicht beziehungsweise pro Gesamtschicht (0-90 cm) geschätzt werden können

Bodentiefe (cm)	Eschikon 14. März Genauigkeit in		Eschikon 7. Mai Genauigkeit in		Eschikon 26. Mai Genauigkeit in		Bülach 12. März Genauigkeit in		Bülach 10. Mai Genauigkeit in	
	$\pm\%$	$\pm$ kg N	$\pm\%$	$\pm$ kg N	$\pm\%$	$\pm$ kg N	$\pm\%$	$\pm$ kg N	$\pm\%$	$\pm$ kg N
0-30	25	3,9	23	3,2	31	5,2	32	6,9	13	3,8
30-60	33	3,6	29	4,7	31	5,1	20	5,3	14	3,7
60-90	32	1,8	33	3,3	36	4,5	17	3,1	11	2,3
0-90	23	7,5	23	9,2	28	13	18	12	11	8,5



Die prozentualen Abweichungen betragen in Bülach zwischen 11-32%, und zeigen einen deutlichen Rückgang zum zweiten Zeitpunkt, und in Eschikon betragen sie zwischen 23-36%. Auf diesem Standort beobachtet man nur eine geringe Veränderung im Verlauf der Zeit. Obschon die Abweichungen, mit der die  $N_{\min}$ -Werte geschätzt werden können, prozentual relativ hoch sind, sowohl für die einzelnen Schichten wie auch die Gesamttiefe, das heisst dass die Genauigkeit nicht sehr hoch ist, ergeben sich auf beiden Standorten «nur» Abweichungen von  $\pm 7,5-13$  kg N bezogen auf die Gesamttiefe von 0-90 cm. Eine Über- oder Unterschätzung des  $N_{\min}$ -Wertes in dieser Grösse ist akzeptabel.

## Diskussion

Das Ausbringen der Gülle hat in Bülach die Variabilität in 0-30 cm Bodentiefe nicht erhöht, hingegen dürfte die Zunahme der Variabilität in 30-60 cm Tiefe durch eine ungleichmässige Verlagerung der Gülle bedingt sein (Abb. 4). Der Randeffect der Mineraldüngung in der Nachbarparzelle erhöht die Variabilität in 0-30 cm Bodentiefe. Zwei Monate später ist kein Einfluss dieser Bewirtschaftungsmassnahmen mehr feststellbar. Die Bodenbearbeitung hat möglicherweise zu einer Homogenisierung beigetragen.

Aufgrund der tiefen in Eschikon gemessenen  $N_{\min}$ -Werte ergibt sich bereits bei relativ kleinen Abweichungen eine erhöhte Variabilität. Die Freisetzung von Stickstoff während des Winters und während des Untersuchungszeitraums ist klein. Ein Einfluss der Mineralisierung scheint hier erst Ende Mai zu beobachten zu sein und trägt möglicherweise zu einer leichten Erhöhung der Variabilität bei.

Durch eine ungleichmässige Verteilung von Mineraldünger oder Flüssigdünger wird die Variabilität erhöht (VAN MEIRVENNE *et al.* 1990). Dies resultiert aus dem Überlappen beim Düngestreuen respektive aus Streifen, die weniger Dünger als beabsichtigt erhalten. Inhomogenitäten der Verteilung sind mit dem Ertrag korreliert (DILZ und BRAKEL 1985). In der Untersuchung von VAN MEIRVENNE *et al.* (1990) ergab sich bei einer ungleichmässigen Stickstoffverteilung eine Reduktion des Kornertrages um 71 kg/ha. Eine gleichmässige Verteilung hängt vom Typ des Streuers, der Düngerart, der Bedingungen während des Verteilens und der Handhabung des Streuers ab. VAN

MEIRVENNE *et al.* (1990) fanden eine höhere Variabilität bei flüssiger Stickstoffdüngung als bei fester Stickstoffdüngung.

Bei der Entnahme mit der  $N_{\min}$ -Raupe erfolgt eine geringere Verschleppung von Bodenmaterial in tiefere Schichten als bei herkömmlichen Entnahmen mit einem Bohrstock, wodurch die Variabilität erniedrigt wird. Andererseits ist das Probevolumen kleiner, was die Variabilität erhöhen kann. Aufgrund der vorliegenden Daten, insbesondere der relativ niedrigen Variabilität am 10. Mai in Bülach, kann davon ausgegangen werden, dass die Entnahme mit der  $N_{\min}$ -Raupe keinen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Variabilität leistete.

Die Variabilität der  $N_{\min}$ -Werte wird in Bülach durch die Bodendichte kaum beeinflusst, hingegen mässig stark in Eschikon, wo die Variationskoeffizienten der Bodendichte 10% im Oberboden und 20% im Unterboden betragen. Es sind keine Veränderungen während des Untersuchungszeitraums erfolgt. Der Einfluss der Bodendichte auf den  $N_{\min}$ -Wert hängt wesentlich von der korrekten Schätzung dieses Wertes ab und weniger von seiner Variabilität.

Da bei der  $N_{\min}$ -Bestimmung konventionell nur Skelettanteile  $>10$  mm berücksichtigt werden, ist die Variabilität bei kleineren Fraktionen irrelevant. Dies impliziert jedoch einen Fehler. In dieser Untersuchung wurden Skelettanteile  $<10$  mm von 14-23% festgestellt, das heisst da diese nicht berücksichtigt wurden, sind die effektiven  $N_{\min}$ -Werte in dieser Grösse überschätzt worden. Die Variationskoeffizienten des Skelettes betragen in Eschikon 57% respektive 33% in 0-30 cm und 30-60 cm Bodentiefe, und 29% respektive 71% in den gleichen Tiefen in Bülach. Da sich die Variabilität des Skelettgehaltes nur auf den Anteil dieser Fraktion am Boden auswirkt, wird der Variationskoeffizient des  $N_{\min}$ -Wertes durch den Skelettgehalt in der Höhe von 7-12% beeinflusst. Die effektiv richtige Schätzung des Bodenskelettgehaltes ist hier somit wichtiger als die Kenntnis der Variabilität dieses Faktors.

## Schlussfolgerungen und Ausblick

In Bülach hat durch unterschiedliche Düngungsmassnahmen auf Teilen der Parzelle vor dem ersten Probeentnahmezeitpunkt eine erhöhte Variabilität resultiert. Da diese Massnahmen nicht typisch sind, können die folgenden

Schlussfolgerungen für die untersuchten Standorte gezogen werden: Für eine korrekte Beprobung der Parzellen sind zehn Proben erforderlich, wenn man eine Abweichung von  $\pm 5$  kg N pro Schicht akzeptiert, und fünf Proben sind bei einer tolerierten Abweichung von  $\pm 7$  kg N pro Schicht erforderlich. In einer früheren Untersuchung wurden für die erwähnten Genauigkeiten leicht erhöhte Probenzahlen bestimmt (SCHMIDHALTER *et al.* 1991). Für eine vergleichbare Probenzahl wie in dieser Untersuchung, nämlich fünf respektive zehn, ergibt sich eine Genauigkeit von  $\pm 6$  respektive  $\pm 8$  kg N pro Schicht.

## Notwendige künftige Untersuchungen zur Abklärung der Variabilität der $N_{\min}$ -Werte

Die Quantifizierung des Beitrags einzelner Faktoren zur Heterogenität oder Homogenität einer Parzelle, ist noch ungenügend erarbeitet und bedarf vermehrter Anstrengungen, um ein empirisches Grundlagenwissen zu schaffen, das Verallgemeinerungen ermöglicht. In den bisherigen Arbeiten sind keine Parzellen mit hohen  $N_{\min}$ -Werten ( $>100$  kg N/ha) erfasst worden. Die Kenntnis der Variabilität unter diesen Bedingungen ist unzureichend, womit für diese Situation auch nicht eine bestimmte Probenzahl empfohlen werden kann.

## Kann die Aussagekraft der $N_{\min}$ -Methode verbessert werden?

Die  $N_{\min}$ -Methode stellt eine zeitliche Momentaufnahme dar, die die Folgezeit nur beschränkt repräsentiert. Die Kenntnis der Nachlieferung von Stickstoff aus dem Boden, aus Vorrüchten, Zwischenfrüchten und ausgebrachten Hofdüngern ist marginal. Bodendichte und Skelettgehalt sind schwierig einzuschätzende Parameter und führen zu Fehlern bei der Bestimmung der  $N_{\min}$ -Werte. Die Verwendung von Normwerten ist nicht standortbezogen und trägt dem Ertragsvermögen nicht Rechnung. Die Kenntnis der relevanten Aufnahmetiefen ist bisher nicht vorhanden. Die Durchwurzelungstiefen sind bodenabhängig und pflanzenspezifisch verschieden. Die zu beprobenden Aufnahmetiefen werden zu schematisch festgelegt.

Methodische Verbesserungen sind wünschenswert und müssen durch die Vertiefung des empirischen Wissens wie auch ein vertieftes Abklären von Grundlagenfragen erreicht werden.

## Dank

Für Ihre Zusammenarbeit danken wir Willi GUT und Andreas MEERSTETTER von der landwirtschaftlichen Schule Bülach. Für die Aufarbeitung und Analyse der letzten  $N_{\min}$ -Serie in Eschikon danken wir herzlich Roland WALDVOGEL sowie Hans-Peter HORST vom Bodenlabor Strickhof.

## Literatur

- DILZ K. and BRAKEL G. D., 1985. Effects of uneven fertilizer spreading - A literature review. In: Dilz K., Brakel G. D. van and Richards R. (eds). Effects of uneven fertilizer spreading on crop yield and quality. The Fertiliser Society, London, Proc. No. 240, 21-51.
- JENNY H., 1941. Factors of soil formation. McGraw-Hill Book Company, New York and London.
- SCHARPF H. C., 1977. Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Massstab für den Stickstoffdüngerbedarf. Diss., Hannover.
- SCHMIDHALTER U., ALFOELDI T., OERTLI J. J. und HENGgeler S., 1991. Repräsentativität von  $N_{\min}$ -Untersuchungen. *Landwirtschaft Schweiz* 4 (8), 431-435.
- SIEGEL R. S., 1979. Determination of nitrate and exchangeable ammonium in soil extracts by an ammonia electrode. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 943-947.
- STRASSER R., 1991. Zeitliche und räumliche Variabilität von Mineralstickstoff im Boden. Diplomarbeit, Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich.
- VAN MEIRVENNE M. and HOFMAN G., 1989. Spatial variability of soil nitrate nitrogen after potatoes and its change during winter. *Plant and Soil* 120, 103-110.
- VAN MEIRVENNE M., HOFMAN G. and DEMYTTE-NAERE P., 1990. Spatial variability of N fertilizer application and wheat yield. *Fertilizer Research* 23, 15-23.
- WEHRMANN J., SCHARPF H.-C. and KUHLMANN H., 1988. The  $N_{\min}$ -method - an aid to improve nitrogen efficiency in plant production. In: Jenkinson D. S. and Smith K. A. (eds). Nitrogen efficiency in agricultural soils. Elsevier Applied Science, London and New York, 38-45.

## Summary

### Spatial and temporal variability of residual nitrogen in the soil

Soil samples are assumed to be representative of the field from which they are taken. Soil cores, sampled for residual soil nitrogen determinations, frequently represent less than 1/10 000 000 of the tested soil volume. To determine the number of samples needed to obtain accurate measurements, the spatial and temporal variability of residual nitrogen in the soil was investigated in two fields in March and at the beginning and end of May 1991. Seventy soil cores were taken from 70 x 100 m rectangular field plots at 10 x 10 m grids from each of three depths (0-30, 30-60 and 60-90 cm) and analyzed for residual nitrogen. Ten and five soil samples are required for a precision of  $\pm 5$  kg N and  $\pm 10$  kg N per 30 cm layer, respectively. With the investigated sites and dates, precise measurements of  $\pm 5$ ,  $\pm 10$ ,  $\pm 15$  and  $\pm 20$  kg N was obtained for the 0-90 cm soil depth by compositing 18-53, 5-13, 2-6, and 1-4 soil samples, respectively. By compositing 8 soil samples from each of three depths (0-30, 30-60 and 60-90 cm) over- or underestimations of 7-13 kg N/90 cm depth result. The variability in the field is increased by an uneven distribution of solid or liquid fertilizers. Considerations for improving the  $N_{\min}$ -method are outlined.

**Key words:** nitrogen, sampling requirements, soil residual nitrogen, soil testing, temporal variability, spatial variability.

## Résumé

### Variabilité spatio-temporelle de l'azote minéral du sol

Lors des analyses  $N_{\min}$ , la quantité de sol prélevé dans une parcelle représentative souvent moins du dix-millionième de l'ensemble. L'exactitude des résultats dépend de la représentativité spatio-temporelle des mesures de  $N_{\min}$ . La variabilité spatiale a été étudiée à deux endroits et la variabilité temporelle à trois dates pour ces deux lieux. Dans un rectangle de 60 sur 90 mètres, 70 échantillons ont été prélevés tous les 10 mètres à des profondeurs de 0 à 30, 30 à 60 et 60 à 90 cm. Après l'analyse de l'azote minéral, il a été constaté que si 8 échantillons sont prélevés par parcelle, les mesures ont été respectivement sous-estimées de 7 à 13 kg N sur la profondeur totale (0 à 90 cm). Si l'on désire obtenir une précision de  $\pm 5$  kg N pour une couche de 30 cm, il est nécessaire de prélever 10 échantillons. Une précision de  $\pm 7$  kg N par 30 cm requiert 5 prélèvements. Dans les lieux étudiés ici, si l'on désire obtenir des résultats avec une précision de  $\pm 5$  kg N pour la profondeur de 0 à 90 cm, il faut faire de 18 à 53 prélèvements. Si l'on veut une précision de  $\pm 10$  kg N ce nombre se réduit à 5-13, pour  $\pm 15$  kg N de 2 à 6 et pour une précision de  $\pm 20$  kg de 1 à 4 prélèvements. Un apport d'engrais minéraux ou organiques réparti de manière irrégulière sur le champ augmente la variabilité. On discute également sur les facteurs à étudier afin de permettre d'augmenter la valeur des analyses  $N_{\min}$ .

**Mots clés:** analyse du sol, azote minéral, nombre d'échantillons nécessaires, variabilité spatiale, variabilité temporelle.

## Aktivferien am Zürichsee

Wenn Sie noch unschlüssig sind, wo Sie ihre Ferien verbringen und Lust haben, etwas Neues an einem neuen Ort zu erleben und zu lernen, dann buchen Sie Aktivferien in der Mülene in Richterswil am Zürichsee. In der zweiten Hälfte August (17.-22.8. und 24.-29.8.92) werden parallel Kurse in Teppichweben und Korbflechten, beziehungsweise Seidenmalen und Holzschnitzen angeboten. Begleitete Kinder zwischen drei und zwölf Jahren werden separat betreut. Für die kursfreie Zeit werden Exkursionen organisiert.

Informationen und Anmeldeformulare erhalten Sie von der

Heimatwerkschule  
Kurszentrum Mülene  
Seestrasse 72  
CH-8805 Richterswil  
Tel. 01/784 25 66