

Aussagekraft des N_{org} -Stickstoffs für die N-Nachlieferung von Böden

R. Gutser, K. Vilsmeier*, K. Teicher** und Th. Beck***

Nach langjährigen Eichversuchen hat sich die N_{min} -Untersuchung der Böden als brauchbare Grundlage für die N-Düngerbedarfsermittlung erwiesen; eine zusätzliche Berücksichtigung des N-Nachlieferungspotentials der Böden ließe die N-Düngung land- und gartenbaulicher Kulturen noch weiter optimieren. Der durch Wasser (z. B. Heißwasser, Elektro-Ultrafiltration (EUF)) oder Neutralisatlösungen (z. B. KCl , K_2SO_4 , $CaCl_2$) extrahierbare organische Stickstoff, in der Regel mit N_{org} bezeichnet, soll dieses Nachlieferungspotential erfassen. Die Bedeutung des N_{org} -Stickstoffs für die N-Ernährung der Pflanze wird in der Literatur allerdings unterschiedlich beurteilt. So konnten z. B. Kohl und Werner (1986) bzw. Olf und Werner (1988) die von Nemeth (1985), Nemeth et al. (1987) oder Appel und Steffens (1988) sowie Ziegler (1988) gefundenen engen Beziehungen zwischen N_{org} -Stickstoff einerseits und dem Nachlieferungspotential der Böden bzw. der N-Aufnahme der Pflanzen andererseits nicht bestätigen. Die Extrahierbarkeit des N_{org} -Stickstoffs aus Böden ist sehr wesentlich von der Aufbereitung der Bodenproben, insbesondere von der Trocknungstemperatur und -dauer abhängig (s. a. Mater und Süß, 1989) - der größte Teil des N_{org} -Stickstoffs dürfte aus der Biomasse stammen; aus inaktiven Zellen lassen sich aber unabhängig von dem Extraktionsverfahren ($CaCl_2$, EUF) nur geringe Mengen in Lösung bringen. Entsprechend diesem Sachverhalt ist eine Standardisierung der Bodenvorbehandlung unumgänglich.

Das Düngungsberatungssystem der Süddeutschen Zucker AG baut sehr wesentlich auf dem N_{org} -Stickstoff der Krume (Summe $N_{org} + NH_4$ -Stickstoff im EUF-Verfahren) auf. In Bayern wird derzeit die Zweckmäßigkeit der Berücksichtigung des N_{org} -Stick-

* Dr. R. Gutser und Dr. K. Vilsmeier, Institut für Pflanzenernährung, TU München, 8050 Freising-Weihenstephan

** Dr. K. Teicher, Bayer, Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft, TU München, 8050 Freising-Weihenstephan

*** Dr. Th. Beck, Bayer, Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Postfach 38 02 69, 8000 München 38

stoffs (CaCl_2 -Extraktion) für die N-Düngerbemessung geprüft (Hege und Voith, 1989). Neben Feldversuchen auf typischen Standorten (noch nicht abgeschlossen) wurden umfangreiche Gefäßversuche durchgeführt, über deren wichtigste Ergebnisse nachstehend berichtet wird. Im Mittelpunkt steht die Frage, ob der N_org -Stickstoff, ermittelt nach der CaCl_2 - oder EUF-Methode (Houba et al., 1987, Nemeth, 1982) einen geeigneten Parameter für das N-Potential der Böden darstellt und ferner, ob die Trocknungstemperatur der Bodenproben die Beziehung $\text{N}_\text{org} \times \text{N}$ -Aufnahme der Pflanzen beeinflusst.

Versuchsdurchführung und Methodik

In Neubauer (500 ml) - und Mitscherlichgefäßen (5 l) wurden N-Erschöpfungsversuche mit Hafer und Weidelgras, z. T. mit zusätzlicher mineralischer N-Düngung, durchgeführt. Böden: 27 (Probenahme Oktober 1988) bzw. 25 (April 1989) aus der Krume von Langzeitversuchen des Lehrstuhls, aus N-Steigerungsversuchen der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau sowie aus Praxisschlägen mit unterschiedlich hoher Gülledüngung (Tab.1).

Tab.1: Chemische Daten der Versuchsböden (Mittelwerte und Streubreite)

Untersuchung	Oktober 88	April 89
Ton %	---	22 (7-38)
Cl %	1.5 (1.1-2.0)	1.7 (1.0-4.1)
N _i %	0.14 (0.1-0.2)	0.18 (0.1-0.5)
NO ₃ - CaCl ₂ (mg N/100 g)	0.5 (0.1-1.5)	0.6 (0.1-3.0)
N _{org} - CaCl ₂ (100 g)	0.6 (0.4-0.8)	0.8 (0.5-1.5)
- EUF (TS)	2.1 (1.2-3.4)	1.8 (1.3-3.3)

(NO₃ frische, N_{org} 40°C / 48 Std. getrocknete Böden)

Die Böden wurden stets in feldfrischem Zustand (< 5 mm gesiebt), z. T. mit Quarzsand (Aprilböden - Neubauerversuch) oder Blähton (Aprilböden - Mitscherlichgefäße) verdünnt, eingesetzt. In Vorversuchen konnte gezeigt werden, daß eine vorhergehende Trocknung der Böden bei 105°C erwartungsgemäß deren N-Nachlieferungspotential erhöht, allerdings sehr unspezi-

fisch, so daß sich zwischen der N-Lieferung frischer und 105°C getrockneter Böden eine unbefriedigende Korrelation ergab (Tab.2). Quarzsandverdünnung oder 40°C-Trocknung blieb ohne größere Auswirkungen.

Tab.2: N-Entzüge von Hafer auf unterschiedlich aufbereiteten Böden (n = 7)

Aufbereitung	\bar{x} (mg N/100 g B.)	Korrelation mit frisch r
frisch	2.6	1.00
frisch + Quarzsand	2.6	0.87
40°C / 24 Std.	3.2	0.87
105°C / 24 Std.	6.0	- 0.52

GD 5 % 0.1

Bepflanzung und Laufzeit:

Neubauergefäße: Grünhafer (40 Tage) und Weidelgras (50 Tage)

Mitscherlichgefäße: 2 x Grünhafer (54 + 49 Tage)

ermittelte N-Parameter der Böden: Cl, N_i, anaerober Brutto-

versuch (BV) - (40°C, 7 Tage), Biomasse (BM)

N_{org}-Analytik s. Süß und Maier (1989)

Aufbereitung der Bodenproben: a) frisch, b) 40°C / 48 Std., c) 105°C / 16 Std., d) 40°C / 16 oder 24 Std.

Ergebnisse

N_{org}-Gehalte der Böden

Die Streubreite des NO₃-N betrug 0.12-2.95, die des N_{org} (Trocknung 40°C / 48 Std.) 0.4-1.5 (CaCl₂) bzw. 1.2-3.4 (EUF) mg N/100 g Boden (Tab.1). Mit steigender Trocknungstemperatur nahmen die N_{org}-Gehalte stets deutlich zu (Tab.3).

N-Entzüge der Pflanzen

Die N-Entzüge der Ersterfrucht lagen im Neubauerversuch mit durchschnittlich 3.2 mg N/100 g Boden etwa 6 fach höher als das Nitratangebot der Böden zu Versuchsbeginn (0.55 mg N/100 g Boden). Bezogen auf die Bodeneinheit wurde im Mitscherlichgefäß merklich weniger N entzogen (Pflanzen- bzw. Durchwurzelungsdichte) (Tab.4).

Tab. 3: N_{org} in Abhängigkeit von Bodenaufbereitung und Extraktionsmethode
 N_{org} - Mittelwerte mg N/100 g TS

Extraktion	Boden - Aufbereitung	Böden	
		Oktober	April
CaCl ₂	a = frisch	0.11	0.08
	b = 40°C/48 Std.	0.60	0.63
	c = 105°C/16 Std.	2.93	2.95
EUF (Summe)	a	1.05	-
	b	2.10	1.81
	c	6.12	4.67

Tab. 4: Mittlere N-Entzüge der Pflanzen sowie Nitratgehalte der Böden zu Versuchsbeginn (mg N/100 g Boden)

Böden	Gefäße	Hafer	Weidelgras	NO ₃ i. Boden
Oktober	Neubauer	2.8	1.7	0.5
		3.6	1.1	0.6
April	Mitscherlich	1.9	1.1	0.6

N_{org} -Gehalte nach beiden Extraktionsverfahren
CaCl₂- und EUF- N_{org} korrelierten für die 27 "Oktoberböden" nur unbefriedigend ($r = 0.37$), für die "Aprilböden" hingegen gut ($r = 0.79$) - einheitliche Bodenaufbereitung = 40°C / 48 Std. (Tab. 5). Nach 105°C-Trocknung zeigten auch die Oktoberböden eine bessere Beziehung ($r = 0.71$).

Tab. 5: Beziehung der N_{org} -Gehalte der Böden nach CaCl₂- und EUF-Extraktion
Korrelationskoeffizient r

Böden	CaCl ₂ x EUF		Summe
	1. Frucht	2. Frucht	
Oktober n = 27	0.39	0.32	0.37
April n = 25	0.80	0.75	0.79
insgesamt n = 52	0.41	0.35	0.40

N-Parameter der Böden und N-Entzüge der Pflanzen

Insgesamt werden für die Aprilböden höhere Korrelationskoeffizienten ermittelt (bis 0.90) als für die Oktoberböden (bis 0.74) - Tab. 6.

Tab. 6: Korrelation zwischen N-Entzügen der Pflanzen und N-Parameter der Böden
Koeffizient r

Parameter	Oktober (n=27)		April (n=25)		(n = 52)
	Hafer	Hafer + Gras	Hafer	Hafer + Gras	
Ct	0.51	0.46	0.50	0.52	0.34
N _o	0.67	0.60	0.46	0.45	0.22
BV	0.44	0.74	n.s.	n.s.	n.s.
BM	0.54	0.44	-	-	-
NO ₃	0.74	0.39	0.90	0.88	0.67
Ges. N	0.73	0.40	0.90	0.90	0.41
N_{org} CaCl ₂	0.69	0.61	0.53	0.53	0.70
N_{org} EUF	n.s.	0.61	0.54	0.51	0.47

(Bodenaufbereitung 40°C / 48 std.)

Die beste Beziehung bestand stets zwischen dem N-Entzug des Hafers und dem Nitratgehalt der Böden, mehr (April) oder weniger (Oktober) deutlich vor N_{org} oder üblichen N-Parametern wie Ct, N_o, Biomasse und anaeroben Brutversuch. Bezüglich der Gesamtentzüge (Hafer + Weidelgras) brachte N_{org} gegenüber Nitrat z. T. Vorteile (Oktober), z. T. Nachteile (April); insgesamt (52 Böden) führten Nitrat-N und CaCl₂- N_{org} zu gleichen Ergebnissen.

Korreliert man die Bodenparameter mit den um das Nitratangebot der Böden verminderten N-Entzug von Hafer (Annahme: 80 % des Nitratstickstoff werden von der Pflanze verwertet), so erreichen sich für die Aprilböden mit Nitrat-N und N_{org} -N ähnliche Koeffizienten (NO₃: 0.74, N_{org} CaCl₂: 0.73, N_{org} EUF: 0.63) - Tab. 7. Der Informationsgewinn aus der Ermittlung des N-Potentials der Böden durch Berücksichtigung von N_{org} zum Nitrat-N der Böden war insgesamt unbedeutend (Tab. 8). Im Mittel aller Böden wurde das Bestimmtheitsmaß der Regression von 62 auf 64 % erhöht; zwischen CaCl₂- und EUF-Extraktion bestanden keine Unterschiede.

Tab. 7: Korrelation zwischen ΔN -Entzug und N-Parameter der "Aprilböden"
 ΔN -Entzug = N -Entzug - $0.8 \times NO_3-N_{e,r,g}$ (Hafer)
 Koeffizient r ($n = 25$)

Parameter	N-Entzug	ΔN -Entzug
Ct	0.50	0.60
Mt	0.46	0.58
NO_3	0.90	0.74
Gas. N	0.90	0.85
$N_{e,r,g}$	0.53	0.73
EUF	0.54	0.63

Tab. 8: Korrelation zwischen NO_3-N des Bodens ohne und mit Einbeziehung von $N_{e,r,g}$ und dem N-Entzug von Hafer

A: $Y = a + b x_1$ $Y =$ Entzug
 B: $Y = a + b x_1 + c x_2$ $x_1 = NO_3-N$ $x_2 = N_{e,r,g}$, Ct ...

$$r^2 = 0.100$$

x_1	x_2	Oktober n=27	April n=25	Insgesamt
NO_3	-	55	83	62
	$CaCl_2$	60	89	64
	$N_{e,r,g}$	64	89	64
	EUF	67	89	-
	Ct	72	90	-
	Nt	62	84	-
	BV			

(Aufbereitung $b = 40^\circ C / 48$ Std.)

Die bisher getroffenen Aussagen wurden in N-Erschöpfungsversuchen ohne zusätzliche N-Düngung erarbeitet. Eine zum 2. Aufwuchs (Grünhafer) applizierte mineralische N-Düngung verschlechterte die Beziehung zwischen N-Entzug und N-Parametern der Böden erheblich (Tab. 9). Die Böden waren nach der 1. Frucht praktisch nitratfrei, so daß sich darin der schwache Zusammenhang Nitrat x N-Entzug der ungedüngten Versuchsreihe erklärt.

Tab. 9: Korrelation zwischen N-Boden und N-Entzug von Hafer ohne und mit zusätzlicher N-Düngung
 Bodenuntersuchung: nach 1. Ernte
 N-Gabe: 300 mg N/Mitscherlichgefäß
 Koeffizient r - "Aprilböden"

Parameter	N-Düngung	
	-	+
NO_3	0.38	- 0.37
$N_{e,r,g}$	0.51*	- 0.18
$N_{e,r,g}$	0.46*	- 0.30
EUF	0.56*	- 0.25
Su	0.52*	- 0.30
Quot. 2/1	< 0.1	< 0.1
$N_{e,r,g}$ $CaCl_2$ x EUF :		0.84*

Einfluß der Trocknungstemperatur der Böden auf die Beziehung Boden/Pflanze

Die Erhöhung der Trocknungstemperatur von 40 auf $105^\circ C$ verschlechterte durchwegs die Aussagekraft des $N_{e,r,g}$ -Stickstoffs für das N-Potential der Böden (Tab. 10); besonders nachteilig wirkte sich die hohe Temperatur bei den Aprilböden aus.

Tab. 10: Einfluß der Trocknungstemperatur der Böden auf die Beziehung N-Entzug x $N_{e,r,g}$
 Korrelationskoeffizient r

$N_{e,r,g}$	Entzüge 1.+2. Frucht	
	Oktober	April
$CaCl_2$ $40^\circ C$	0.61	0.53
$CaCl_2$ $105^\circ C$	0.36	0.10
EUF $40^\circ C$	0.61	0.51
EUF $105^\circ C$	0.51	0.36

$n = 27$ $n = 25$

Schlupfolgerungen

Unabhängig vom Extraktionsverfahren ($CaCl_2$ oder EUF) brachte $N_{e,r,g}$ in diesen Gefäßversuchen über den Nitratstickstoff hinaus nur noch einen unbedeutenden Beitrag für die richtige Ermittlung des N-Nachlieferungspotentials der Böden. Möglicherweise läßt sich seine Aussagekraft durch Hinzunahme weiterer, dann aber bodenbiologischer Parameter zur Kennzeichnung der N-Dynamik der Böden (Mobilisations- und Immobilisationsvorgän-

ge) verbessern (Olfs und Werner, 1988, Beck, 1989). Auch die Wechselwirkung zwischen dem N_{org} -Stickstoff des Bodens und einer ergänzenden mineralischen N-Düngung auf die N-Freisetzungsbedarfeiner Klärung. Diese in Gefäßversuchen erarbeiteten Ergebnisse werden noch unter Freilandbedingungen überprüft. Unsere derzeitige Kenntnis über die Bedeutung des N_{org} -Stickstoffs für die N-Nachlieferung von Böden ist derzeit noch zu gering, um diese N-Methode für die praktische Düngereinsatzung einzusetzen.

Literatur

- Appel, Th. und Steffens, D., 1988: Vergleich der Elektro-Ultrafiltration (EUF) und Extraktion mit 0.01 molarer $CaCl_2$ -Lösung zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 151, 127-130
- Beck, Th., 1989: Bodenmikrobiologische Veränderungen bei der Mobilisierung und Immobilisierung von Stickstoffverbindungen. VDLUFÄ Kongreß Bayreuth, 1989
- Hege, U. und Voith, K., 1989: N_{min} und N_{org} ($CaCl_2$)-Gehalte bayerischer Böden im Frühjahr 1989. VDLUFÄ Kongreß Bayreuth, 1989
- Houba, V.J.G., Novozamsky, I., Uittenbogard, J. und van der Lee, J.J., 1987: Automatic determination of "total soluble nitrogen" in soil extracts. Landw. Forsch. 40, 295-302
- Kohl, A. und Werner, W., 1986: Untersuchungen zur saisonalen Veränderung der EUF-N-Fraktionen und Charakterisierung Ultrafiltration (EUF). VDLUFÄ Schriftenreihe 20, 333-341
- Nemeth, K., 1982: Elektro-ultrafiltration of aqueous soil suspension with simultaneously varying temperature and voltage. Plant and soil, 64, 7-23
- Nemeth, K., 1985: Recent advances in EUF research. Plant and soil 83, 1-19
- Nemeth, K., Maier, J. und Mengel, K., 1987: EUF-extrahierbarer Stickstoff und dessen Beziehung zu Stickstoffaufnahme und Ertrag von Weizen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 150, 369-374
- Olfs, H.W. und Werner, W., 1988: Veränderungen extrahierbarer N_{org} -Mengen unter dem Einfluß variiertter C/N-Verhältnisse und Biomasse. VDLUFÄ-Schriftenreihe 28, Kongreßband 1988, II, 15-26
- Süb, A. und Maier, S., 1989: Einfluß von Extraktionsverfahren, Trocknungstemperatur und -dauer auf die löslichen N-Fraktionen des Bodens. VDLUFÄ Kongreß Bayreuth, 1989
- Ziegler, K., 1988: Feldversuche zur Optimierung der Stickstoffdüngung zu Getreide mittels EUF. EUF-Symposium, Mannheim, Bd. 1, 133-173