

Gefäßversuche zur Aussagekraft des  $N_{org}$ -Stickstoffs für das N-Potential von Böden

R. Gutser\*, K. Teicher\*\* und S. Maier\*\*\*

Auf dem letztjährigen VDLUFA-Kongreß in Bayreuth wurde auf die unzureichende Aussagekraft des durch  $CaCl_2$  oder EUF extrahierbaren  $N_{org}$ -Stickstoffs bezüglich des N-Nachlieferungspotentials von Böden hingewiesen (Gutser et al., 1990), insbesondere nach einer mineralischen N-Düngung (s. a. Schmitt und Ahrens, 1990). Auch ein unterschiedlich hohes  $N_{min}$ -Angebot der Böden erschwert die Bewertung des  $N_{org}$ -Stickstoff. Für die N-Mineralisation sind weniger die absoluten  $N_{org}$ -Gehalte als vielmehr die den N-Umsatz im Boden prägenden mikrobiologischen Eigenschaften (Mobilisation, Immobilisation) entscheidend (Olfs et al., 1990). In weiterführenden Gefäßversuchen prüften wir die Aussagekraft des  $N_{org}$ -Stickstoffs für das N-Potential in Abhängigkeit vom  $N_{min}$ -Gehalt der Böden, die Veränderungen der N-Fractionen während des Winters (November-April) sowie deren Beziehung zu der in dieser Zeit aufgetretenen N-Verluste durch Nitratauswaschung.

Versuchsdurchführung und Methodik

Ende Oktober/Anfang November 1989 wurden von 29 landwirtschaftlich genutzten Ackerschlägen in Bayern Krumenböden (0-25 cm) entnommen und N-Erschöpfungs-

Tab.1: Kenndaten der Böden (n = 29)

Parameter	Mittelwert	Streubreite
Ton	22	8 - 49
Schluff	46	8 - 72
$C_1$	1.77	0.96 - 5.40
$N_1$	0.16	0.07 - 0.42
pH ( $CaCl_2$ )	6.4	4.7 - 7.6
Biomasse * (mg C/100 g)	72	26 - 139
Proteaseakt. * (mg Tyrosin/100 g)	328	66 - 770
Arginin-Ammonifikation *	4.1	1.5 - 9.5
$NO_3^-$ (frische B.) (mg N/100 g)	0.87	0.29 - 2.11
$N_{org}$ $CaCl_2$	0.83	0.30 - 1.35
EUF 1.Fr.	1.64	1.11 - 2.62
2.Fr. 40 °C-Freeze.	0.69	0.38 - 1.27
Su	2.33	1.49 - 3.89

versuche in Mitscherlichgefäßen (5 l) (z. T. auch Neubauergefäßen - 0.5 l) mit Hafer und Weidelgras durchgeführt. Es wurden sowohl frische (November 1989) als auch in offenen und geschlossenen Systemen (mit und ohne Nitratauswaschung) überwinterte (April 1990) Böden eingesetzt. Die in der Reihe mit Perkolatation ermittelte N-Auswaschung und die N-Entzüge wurden mit mehreren N-Parametern der Böden in Beziehung gesetzt.

Die Böden wiesen deutliche Unterschiede in wichtigen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften auf (Tab.1); die

\* Die biologischen Kenndaten wurden dankenswerterweise von Dr. Th. Beck, Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, München, erarbeitet.

\* Dr. R. Gutser, Institut für Pflanzenernährung, TU München, D-8050 Freising-Weihenstephan  
 \*\* Dr. K. Teicher, Bayer. Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft, TU München, D-8050 Freising-Weihenstephan  
 \*\*\* Dipl.-Ing. agr. S. Maier, Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Vöttinger Str. 38, D-8050 Freising

Nitratgehalte schwankten zwischen 0.3 und 2.1, die  $N_{org}$ -Gehalte zwischen 0.3-1.4 (CaCl<sub>2</sub>) bzw. 1.5-3.9 (EUF) mg N/100 g Boden.

**Gefäßversuche:** Die Böden wurden stets feldfrisch eingesetzt, (4 kg Boden-TS + 2 kg Quarzsand bzw. 275 g/150 g) Neubauergefäß: Hafer (41 Tage) und Weidelgras (53 Tage) - keine N-Düngung - Böden Okt./Nov. 1989  
Mitscherlichgefäß: Hafer (94 Tage) - Böden April 1990

I. ohne N-Düngung, II. mit N-Düngung = 0.3 g N als NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, z. Boden gemischt

**Überwinterung** der Böden (4.12.89-6.3.90) bei Lufttemperatur (-5 °C bis 12 °C) bzw. in Krumentiefe eingebrachte Polyäthylenbehälter (0 °C bis 6 °C)

**Nitratauswaschung:** P<sub>1</sub> (4.12.-20.12.89), P<sub>2</sub> (31.12.89-7.2.90), P<sub>3</sub> (8.2.90-16.2.90)

**$N_{org}$ -Analytik:** siehe Suß und Maier (1990), Houba et al. (1987) und Nemeth (1982)

**Aufbereitung der Böden:** frische Böden (( 5 mm gesiebt) für CaCl<sub>2</sub>-Extraktion sowie standardisiert getrocknete Böden (40 °C, 48 Std., ( 1 mm) für CaCl<sub>2</sub>-bzw. EUF-Extraktion

**Ergebnisse**

**1. N-Erschöpfung frischer Böden (November 1989)**

In N-Erschöpfungsversuchen mit frischen Krumböden wurden enge Beziehungen zwischen den Nitratgehalten der Böden und den N-Entzügen der Pflanzen ermittelt (Tab.2). Auch CaCl<sub>2</sub>- $N_{org}$  zeigte eine gute Korrelation zum Gesamt-N-Entzug. Auffallend schlechter und damit etwa gleich gut wie übliche N-Parameter (C<sub>t</sub>, N<sub>t</sub>) oder die Biomasse korrelierte EUF- $N_{org}$ .

Tab.2: Korrelationen zwischen den N-Entzügen und N-Parametern frischer Böden  
Beginn Nov. 1989 Hafer (41 Tage) u. Weidelgras (53 Tage)

N-Parameter	Korrelationskoeffizient r	
	1.Frucht 2.6'	1. + 2.Frucht 4.7'
CaCl <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> (frisch) (40°C)	0.81	0.86
	0.78	0.84
	0.70	0.84
EUF $N_{org}$	0.80	0.89
	0.80	0.86
	0.68	0.73
	0.61	0.71
C <sub>t</sub>	0.62	0.68
N <sub>t</sub>	0.66	0.60
Biomasse	0.44	0.60

' g N-Entzug (mg/100 g B.)

Das Bestimmtheitsmaß der Regression zwischen N-Entzügen und NO<sub>3</sub>-gehalten der Böden wurde durch die zusätzliche Berücksichtigung von  $N_{org}$  oder anderen Größen nicht bzw. nur unwesentlich verbessert (Tab.3 - s.a. Gutser et al., 1990).

**2. N-Auswaschung während des Winters**

Die N-Auswaschung betrug im Mittel über die 29 Böden 1.6 mg (0.5-3.2 mg/100- g Boden) und lag damit um das 2.7 fache höher als die Abnahme des NO<sub>3</sub>-Gehaltes (Tab.4); es wurden also im Winter beachtliche N-Mengen mineralisiert.

Die Auswaschungsverluste korrelierten erwartungsgemäß besonders eng mit dem NO<sub>3</sub>-Gehalt der Böden im November 1989 (r = 0.94), allerdings etwas abnehmend

Tab.3: Bestimmtheitsmaß der Regression zwischen N-Entzügen und dem NO<sub>3</sub>-Gehalt der Böden +- weiterer N-Parameter

N-Parameter	r <sup>2</sup> · 100	
	1.Frucht	1. + 2.Frucht
NO <sub>3</sub>	66	72
+ CaCl <sub>2</sub> - N <sub>org</sub>	69 + 3	83 + 11
EUF - N <sub>org</sub>	n. s.	77 + 5
C <sub>1</sub>	n. s.	79 + 7
N <sub>1</sub>	n. s.	81 + 9
Blomasse	70 + 4	n. s.
Prot.A.	71 + 5	n. s.
Argln.A.	75 + 9	n. s.
CaCl <sub>2</sub> - N <sub>org</sub> x Blom.		82 + 10

von der 1. bis zur 3. Auswaschungsperiode (Tab.4). Die Beziehungen zu N<sub>org</sub>, insbesondere zu EUF-N<sub>org</sub> waren deutlich schlechter; in den von P<sub>1</sub> nach P<sub>3</sub> (CaCl<sub>2</sub>) kontinuierlich ansteigenden Korrelationskoeffizienten werden allerdings unsächliche Zusammenhänge zwischen dieser N-Fraktion und dem N-Nachlieferungspotential sichtbar.

3. Veränderung der N-Fractionen der Böden während des Winters

Die NO<sub>3</sub>-Gehalte nahmen in der Reihe mit Perkolatation von 0.9 auf 0.3 (0.1-0.9)

Tab.4: Korrelationen zwischen N-Auswaschung und N-Parametern frischer Böden

mittlere NO<sub>3</sub>-Gehalte und -Auswaschung der Böden (mg N/100 g B.)

Zeitraum	Gehalte	Auswaschung
November 89	0.87	-
Periode 1		0.87
2		0.31
3		0.44
Su		1.62
März 90	0.27	-

Korrelationskoeffizient r

N-Parameter	Auswaschung			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	Su
NO <sub>3</sub>	0.91	0.84	0.78	0.94
N <sub>org</sub> CaCl <sub>2</sub>	0.84	0.78	0.80	0.77
EUF 1.Fr.	0.46	0.70	0.68	0.61
2.Fr.	0.51	0.78	0.79	0.69
Su	0.49	0.75	0.73	0.66

mg N/100 g Boden ab (Tab.5); der durch die Trocknung (40 °C, 48 Std.) induzierte Bebrütungseffekt ist gut zu erkennen. Auch der N<sub>org</sub>-Stickstoff wurde geringfügig vermindert. In den Überwinterungsvarianten ohne Perkolatation stieg der NO<sub>3</sub>-Stickstoff temperaturabhängig an, der CaCl<sub>2</sub>- oder EUF-extrahierbare N<sub>org</sub>-Stickstoff blieb dagegen weitgehend konstant: dem Zuwachs an NO<sub>3</sub>-N von 0.8 (bis Juli 1.3 mg) mg steht nur eine Abnahme des N<sub>org</sub>-N von 0.05 (CaCl<sub>2</sub>) bzw. 0.14 (EUF) mg N/100 g Boden gegenüber. Ergebnisse von Nemeth et al. (1986) über das gegenläufige Verhalten von NO<sub>3</sub>- und N<sub>org</sub>-Stickstoff konnten damit nicht bestätigt werden.

4. N-Erschöpfung Überwinterter Böden

Die Überwinterung der Böden ohne und mit Perkolationsmöglichkeit bewirkte eine deutliche Differenzierung ihrer Nitratgehalte bei nur wenig veränderten N<sub>org</sub>-Gehalten (Tab.6). Entsprechend erzielten die Böden ohne Nitatauswaschung in

der Reihe ohne N-Düngung deutlich höhere N-Entzüge als die Vergleichsgruppe.

Tab.5: Veränderung der N-Parameter frischer Böden während verschiedener Lagerungsbedingungen von November 89 bis März 90

N-Parameter	Nov. 89	Überwinterung (Luft- bzw. Bodentemp. °C)			
		mit Perkol. -5/12 °C	ohne Perkolation		
			0/6 °C	-5/12 °C	12/18 °C
NO <sub>3</sub> frisch 40 °C	0.87	0.27	1.13	1.73	3.75
	1.08	0.42	1.24	1.76	4.03
N <sub>org</sub> CaCl <sub>2</sub> frisch 40 °C	0.19	0.10	0.30	0.15	0.05
	0.63	0.48	0.61	0.68	0.44
EUF	1. Fr.	1.64		1.51	
	2. Fr.	0.69	0.60	0.68	
	Su	2.33	2.03	2.19	

Eine zusätzliche mineralische N-Düngung (7.5 mg N/100 g Boden) konnte zwar die Mangelerknährung des Hafers nicht gänzlich verhindern, brachte aber eine weitgehende Angleichung des mittleren Ertrags- und Entzugsniveaus. In der Reihe ohne N-Düngung errechneten sich enge Beziehungen zwischen den N-Entzügen und den Nitratge-

Tab.6: Gefäßversuche zum N-Potential überwinterter Böden (März 90)

N-Parameter Düngung	Überwinterung (-5/12 °C)	
	ohne	mit Perkol.
Bodenparameter (mg N/100 g B.)		
NO <sub>3</sub>	1.73	0.27
N <sub>org</sub> CaCl <sub>2</sub>	0.58	0.48
EUF 1.Fr.	1.51	1.42
	2.Fr.	0.68
Su	2.19	2.03
N-Entzüge v. Hafer (mg N/100 g B.)		
I ohne N-Dügg.	2.50	1.54
II mit N-Dügg.	9.00	7.63

halten der Böden sowohl zu Versuchsbeginn (März 90) als auch zur Probenahme im November 89 (Tab.7); erwartungsgemäß lagen die Koeffizienten in den perkollierten Varianten durchwegs niedriger als ohne N-Auswaschung. Die nächstbesten Beziehungen brachte der CaCl<sub>2</sub>-extrahierbare N<sub>org</sub> unabhängig vom Untersuchungszeitpunkt mit meist deutlichem Abstand vor EUF-N<sub>org</sub>. Die Erwartung einer besseren Aussagekraft des NO<sub>3</sub>-Stickstoffs für das N-Potential nitratarmer Böden konnte nicht bestätigt werden. Die Korrelation zwischen N-Entzügen und CaCl<sub>2</sub>-N<sub>org</sub> war in Reihe mit Perkolation, also auf Böden mit niedri-

gen NO<sub>3</sub>-gehalten, deutlich schwächer als in den Vergleichsvarianten mit höherem Nitratangebot. Eine zusätzliche mineralische N-Düngung verschlechterte insbesondere auf den perkollierten Böden die Beziehungen zwischen den N-Fraktionen und N-Entzügen (s. a. Gutser et al., 1990). Die das N-Potential der Böden bekanntlich nur sehr unspezifisch charakterisierenden Parameter C<sub>1</sub> und N<sub>1</sub> sowie die biologischen Größen Biomasse und Proteaseaktivität erreichten etwa ähnliche Korrelationskoeffizienten wie N<sub>org</sub>.

Die Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes der Regression zwischen N-Entzügen und Nitratgehalten durch Einbeziehung weiterer N-Parameter betrug maximal 4-12 %.

unabhängig vom Ausgangsniveau der Einfachbeziehung (Tab.8). Wie bereits oben

Tab.7: Korrelationen zwischen N-Entzügen und N-Parametern der Böden

N-Parameter	Korrelationskoeffizient r			
	I - N-Düngg.		II + N-Düngg.	
	Perkolation			
März 90 bzw. Nov. 89	-	+	-	+
CaCl <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> (frisch) 40 °C	0.88	0.74	0.78	0.49
	0.86	0.76	0.77	0.48
N <sub>org</sub>	0.77	0.84	0.76	0.33
N <sub>min</sub>	0.89	0.77	0.82	0.43
EUf N <sub>org</sub>	0.49	0.53	0.37	0.22
Nov. 89				
CaCl <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> (frisch)	0.90	0.73	0.81	0.40
N <sub>org</sub>	0.78	0.80	0.76	0.34
EUf N <sub>org</sub>	0.60	0.63	0.56	0.33
C <sub>t</sub>	0.62	0.61	0.41	0.22
N <sub>t</sub>	0.88	0.85	0.58	0.38
Biomasse	0.63	0.62	0.51	0.39
Profasse	0.72	0.46	0.68	0.35

Tab.8: Bestimmtheitsmaß der Regression zwischen N-Entzügen und dem NO<sub>3</sub>-Gehalt +- weiteren N-Parametern der Böden

N-Parameter	r <sup>2</sup> .100			
	I - N-Düngg.		II + N-Düngg.	
	Perkolation			
März 90 bzw. Nov. 89	-	+	-	+
NO <sub>3</sub> *	73	55	58	24
CaCl <sub>2</sub> N <sub>org</sub>	+ 7	+ 7	+ 13	n.s.
EUf N <sub>org</sub>	+ 6	+ 6	n.s.	
Nov. 89				
CaCl <sub>2</sub> N <sub>org</sub>	+ 9	+ 6	+ 12	
EUf N <sub>org</sub>	+ 9	+ 12	+ 6	
C <sub>t</sub>	+ 5	n.s.	+ 5	
N <sub>t</sub>	+ 8	+ 8	n.s.	
Biomasse	+ 7	+ 6	n.s.	
CaCl <sub>2</sub> -N <sub>org</sub> x Blom.	+ 10	+ 4	+ 9	
x Prot.	+ 8	+ 6	+ 8	
x A.Am	+ 7	n.s.	+ 10	▽

angesprochen, war der Informationsgewinn auf Böden mit niedrigen Nitratgehalten nicht höher, in der Reihe mit N-Düngung und Perkolation praktisch zu vernachlässigen.

Schlussfolgerungen

Entsprechend unseren früheren Ergebnissen brachte N<sub>org</sub> in diesen Gefäßversuchen - vor allem in Verbindung mit einer zusätzlichen mineralischen N-Düngung - nur einen unbedeutenden Informationsgewinn für die Abschätzung des N-Potentials landwirtschaftlich genutzter Böden (Krume 0-25 cm), in etwa gleichzusetzen mit dem aus üblichen N-Parametern wie N<sub>t</sub> oder C<sub>t</sub> oder aus biologischen Größen wie Biomasse. Der Nitratgehalt korrelierte sowohl mit den N-Entzügen als auch mit den über Winter ausgewaschenen N-Mengen am besten. Die zwischen N-Auswaschung und N<sub>org</sub>-Fraktionen bestehenden Beziehungen lassen einen ursächlichen Zusammenhang zwischen N<sub>org</sub>-Stickstoff und N-Freisetzung erkennen, der sich im Pflanzenversuch allerdings nicht bestätigen ließ: Die Korrelationen zwischen N<sub>org</sub> und N-Entzügen wurden mit abnehmenden Nitratgehalten der Böden (Auswaschung über Winter) nicht wie erwartet enger, sondern schlechter.

Die N<sub>org</sub>-Fraktion kann entsprechend unseren bisherigen Ergebnissen keine absolute Größe für die Berechnung des N-Potentials von Böden darstellen. Ein ge-

genläufiges Verhalten von  $\text{NO}_3^-$ - und  $\text{NO}_2^-$ -Stickstoff konnte nur andeutungsweise bestätigt werden: einer Nitratfreisetzung von 0,8 (November-März) bzw. 1,3 (November-Juli) mg N stand nur eine mittlere Abnahme der  $\text{NO}_3^-$ -Fraktion ( $\text{CaCl}_2$ ) von 0,05 mg N/100 g Boden gegenüber mit starken Schwankungen auf den einzelnen Böden als Folge deren unterschiedlichen mikrobiologischen Eigenschaften (Olfs et al., 1990).

Auf Grund unserer mehrjährigen Ergebnisse aus Gefäßversuchen und parallel dazu durchgeführten Feldversuchen (Hege et al., 1990) erscheint es derzeit trotz z. T. auch positiver Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen (z. B. Horn und Mengel, 1990) nicht sinnvoll, die  $\text{NO}_3^-$ -Fraktion in der Düngerberatung miteinzubeziehen. Eine standort- und fruchtspezifisch interpretierte  $\text{N}_{\text{Min}}$ -Untersuchung, ergänzt durch eine aus Boden-, Klima- und Bewirtschaftungsdaten abgeleitete Abschätzung des N-Mineralisationsvermögens stellen bislang neben der ohnehin unverzichtbaren Bilanzierung von Input- und Output-Größen ausreichend gute Grundlagen für eine Optimierung der Düngerbemessung dar.

#### Zusammenfassung

Die in Erschöpfungsversuchen mit Hafer und Weidelgras ermittelte N-Nachlieferung von 29 Krumböden aus bayerischen Ackerschlägen korrelierte ebenso wie die N-Auswaschung über Winter am engsten mit dem Nitratgehalt der Böden. Die durch  $\text{CaCl}_2$  und insbesondere EUF extrahierten  $\text{NO}_3^-$ -Fraktionen brachten für die Ermittlung des N-Potentials der Böden nur einen geringen Informationsgewinn; besonders schwache Beziehungen ergaben sich auf durch N-Auswaschung über Winter nitratverarmten Böden.

#### Literatur

- Gutser R., Vilsmeier, K., Teicher, K. und Beck, Th., 1990: Aussagekraft des  $\text{NO}_3^-$ -Stickstoffs für die N-Nachlieferung von Böden. VDLUFA Schriftenreihe 30, Kongreßband 1989, 187-194
- Hege, U., SGB, A. und Maier, S., 1990: Optimierung der N-Düngung ohne und mit Berücksichtigung des  $\text{NO}_3^-$ -Stickstoffs. VDLUFA Kongreß Berlin
- Horn, D. und Mengel, K., 1990: Bedeutung des EUF-extrahierbaren Stickstoffs im Boden für die Ermittlung des N-Düngebedarfs von Mais. VDLUFA Kongreß Berlin
- Houba, V.J.G., Novozamsky, I., Uittenbogaard, J. und van der Lee, J.J., 1987: Automatic determination of 'total soluble nitrogen' in soil extracts. Landw.Forsch. 40, 295-302
- Memeth, K., 1982: Elektro-ultrafiltration of aqueous soil suspension with simultaneously varying temperature and voltage. Plant and soil, 64, 7-23
- Memeth, K., Bartels, H. und Ziegler, K., 1986: Die Bestimmung des pflanzenverfügbaren anorganischen und organischen Bodenstickstoffs mittels EUF - 2. Teil. Zuckerind. 111, 1107-1111
- Olfs, H.W., Beck, Th. und Werner, W., 1990: Charakterisierung von N-lamobilisations- und Mobilisationsprozessen durch chemische und mikrobiologische Parameter. VDLUFA-Kongreß Berlin
- Schmitt, L. und Ahrens, E., 1990: Modellversuche zur Erfassung der Mineralisierbarkeit von Biomasse-N in Wechselwirkung mit Mineral-N-Zugabe. VDLUFA-Schriftenreihe 30, Kongreßband 1989, 503-508
- SGB, A. und Maier, S., 1990: Einfluß von Extraktionsverfahren, Trocknungstemperatur und -dauer auf die löslichen N-Fractionen des Bodens. VDLUFA Schriftenreihe 30, Kongreßband 1989, 299-304