

### **N-Bilanzen nach Mineral- und GÜlledüngung mit Dicyandiamid-Zusatz in langjährigen Lysimeter- und Feldversuchen**

R. Gutser, A. Amberger und K. Vilsmeier\*

Die Wirkung von Dicyandiamid (DCD) im Hinblick auf Verminderung der Nitratauswaschung nach Mineral- und GÜlledüngung ist bekannt (z. B. KUNTZE und SCHEFFER, 1981, AMBERGER et al., 1982, AMBERGER und GUTSER, 1987). Sie ist umso besser, je günstiger die Boden- und Witterungsbedingungen für die Nitratauswaschung sind (z. B. SCHEFFER et al., 1983, KJELLERUP, 1987a). Der vor Auswaschung geschützte "konservierte" Düngerstickstoff ist nur zum Teil für die Folgefrucht pflanzenverfügbar, jedenfalls aber besser als der über Strohdüngung oder Zwischenfrüchte biologisch festgelegte Dünger- oder Bodenstickstoff (AMBERGER und GUTSER, 1979, KICK und POLETSCHNY, 1979, GUTSER, 1981, BOSCH und GUTSER, 1985, GUTSER und VILSMEIER, 1985 und 1988). Es ist aber auch bekannt, daß insbesondere auf biologisch aktiven und tonreichen Böden die Immobilisierung des Düngerstickstoffs in Abhängigkeit von der Dauer der Ammoniumphase mehr oder weniger deutlich zunimmt (BREMNER, 1965, NOMMIK, 1965, NIELSEN et al., 1967, SPRATT und GASSER, 1970, SMIRNOV und KABANOVA, 1971, AHMAD et al., 1972, BLYUM und VYVOLOKINA, 1974, BUNDY und BREMNER, 1974, TOUCHTON et al., 1979, VAN LIEROP und TRAN, 1980, JANSSON und PERSSON, 1982, VILSMEIER, 1984, BJARNASON, 1987, VILSMEIER et al., 1988).

Der Langzeiteinfluß von DCD in Kombination mit Mineral- und GÜlledüngung auf N-Aufnahme der Pflanzen,  $N_{min}$ -Gehalte der Böden bzw. Nitratgehalte der Bodenlösung kann nur in mehrjährigen Feldversuchen studiert werden; darüber liegen bislang keine Ergebnisse vor. Wir haben deshalb 4 Versuche aus unserem DCD-Forschungsprogramm auf diese Nachwirkung hin ausgewertet; sämtliche Ergebnisse wurden auf tiefgründigen Braunerden aus Löß-

---

\*) Dr. R. Gutser, Prof. Dr. A. Amberger und Dr. K. Vilsmeier, Lehrstuhl f. Pflanzenernährung der TU München-Weihenstephan, D-8050 Freising 12

lehm im Raum Freising (7.7 °C mittlere Jahrestemperatur, 814 mm mittlerer Jahresniederschlag) erarbeitet.

### Versuchsdurchführung und Ergebnisse

#### 1. Lysimeterversuch (1982-88)

Über den 1982 angelegten Versuch wurde bereits früher berichtet (GUTSER und AMBERGER, 1984, VILSMEIER, 1984).

#### Versuchsfrage:

N-Entzug der Pflanzen sowie NO<sub>3</sub>-Auswaschung nach mineralischer N-Düngung (KAS, AS/DCD = "Alzon 22") sowie nach zu unterschiedlichen Zeiten applizierter Rindergülle in Kombination mit Zwischenfrucht (Gründüngung) bzw. DCD ("Didin").

Boden: LÖBLEHM, pH (CaCl<sub>2</sub>) = 6.5

Fruchtfolge: 1983, 85, 88: Zuckerrüben (Gülle: 100 kg NH<sub>4</sub>-N/ha + KAS-Ergänzung)

1984, 86 : Winterweizen

1987 : Wintergerste (Gülle: 100 kg NH<sub>4</sub>-N/ha + KAS-Ergänzung)

#### Düngungsniveau:

Stufe N<sub>1</sub> (mineralische + Gülle-Düngung): Ø 135 kg N/ha.a

Ø N-Bilanz (Zufuhr-Entzug): + 28 (13)\* kg N/ha.a

Stufe N<sub>2</sub> (nur mineralische Dünger) : Ø 165 kg N/ha.a

Ø N-Bilanz: + 52 (35)\* kg N/ha.a

\* ohne Berücksichtigung des Stroh-N

#### Ergebnis (Tab.1):

Gülle im Oktober/November brachte mit Abstand die höchsten, Gülle zur Zwischenfrucht im August die niedrigsten N-Verluste durch Nitratauswaschung. Der Nitrifikationshemmstoff führte in Reihe I = mineralische N-Düngung (Stufe N<sub>2</sub>), insbesondere aber in Kombination mit Gülle zu einem signifikanten Rückgang der NO<sub>3</sub>-Auswaschung, der "konservierte" Stickstoff wurde aber bestenfalls bis zu 60 % von den Pflanzen ausgenutzt (rechnerisch ermittelt). Der über die Gründüngungspflanzen biologisch festgelegte Stickstoff erwies sich bislang kaum pflanzenverfügbar;

die N-Bilanz war nach Zwischenfrucht im Vergleich zur Gülle im Spätherbst mit merklichem Abstand positiv. In den DCD-Varianten errechnete sich mit 14 (Mineraldünger) bis 55 (Gülle) kg N/ha eine positivere N-Bilanz als in den Versuchsgliedern ohne DCD.

**Tabelle 1:** N-Auswaschung, N-Entzüge (Körner, Rüben) und N-Bilanz (Düngung - Auswaschung - Entzug) im Weihenstephaner Lysimeter (kg N/ha)

**Table 1:** N-leaching, N-removals (grains, roots) and N balance (fertilizing - leaching - removal) in lysimeter of Weihenstephan (kg N/ha)

! Düngung ! Bezugsbasis für ! Gülle: NH <sub>4</sub> -N	! Auswaschung ! (1983-88)		! N-Entzüge ! (1983-87)		! N-Bilanz ! (1983-87)	
	! N <sub>1</sub>	! N <sub>2</sub>	! N <sub>1</sub>	! N <sub>2</sub>	! N <sub>1</sub>	! N <sub>2</sub>
! I KAS	! 226	! 256	! 442	! 570	! -33	! +55
! Alzon	! 216	! 223	! 449	! 591	! -15	! +69
! II Gülle August + ! Zwischenfrucht Raps!	! 174		! 421		! +9	
! Gülle - DCD	! 363		! 412		! -102	
! Okt./Nov. + DCD	! 306		! 446		! -47	
! Kontrolle No	! 224		! 223		! -398	
! GD 5 % I	! 13		! 19			
! II	! 36		! 22			

## 2. Feldversuch mit Rindergülle (1978-88)

Seit 1978 läuft auf einer tiefgründigen Braunerde in Untergartelshausen bei Freising ein Versuch mit Gülle zur Fruchtfolge Silomais-Winterweizen (Parallelversuch zum Lysimeter, s. a. GUTSER 1981, AMBERGER et al., 1982).

### Versuchsfrage:

N-Entzug der Pflanzen sowie N<sub>min</sub>-Stickstoff des Bodens nach zu unterschiedlichen Zeiten applizierter Rindergülle in Kombination mit Zwischenfrucht (Gründüngung) bzw. DCD

Boden: Lößlehm, pH (CaCl<sub>2</sub>) = 6.2

Fruchtfolge und Düngung:

Silomais: 100-60 m<sup>3</sup>/ha Ri-Gülle + KAS-Ergänzung (0-60 kg N/ha)  
Die anfänglich sehr hohen Güllegaben wurden nach 4 Jahren auf 60 m<sup>3</sup>/ha begrenzt.

Weizen: einheitlich KAS (50-100 kg N/ha); Strohdüngung

N-Bilanz (Düngung-Entzug) 1979-87: Ø +55 kg N/ha.a  
(für Gülle nur NH<sub>4</sub>-N angerechnet)

Ergebnis (Tab.2-4):

DCD konnte die unmittelbare Wirkung von Gülle (Oktober/November) zu Mais gesichert verbessern (6 % höherer N-Entzug, 7 % höherer TS-Ertrag); die rechnerische N-Ausnutzung des Güllestickstoffs wurde damit um 2 % auf 20 % (Basis Gesamt-N) bzw. 33 % (Basis NH<sub>4</sub>-N) erhöht (Tab.2). Der über Zwischenfrüchte "konservierte" Güllestickstoff wurde von Silomais bedeutend schlechter aufgenommen und erreichte eine N-Ausnutzung von nur 9 (Basis Gesamt-N) bzw. 15 % (Basis NH<sub>4</sub>-N).

**Tabelle 2:** N-Wirkung von Rindergülle zu Silomais (1979-87)

**Table 2:** Effect of N in cattle slurry on silage maize (1979-87)

! Düngung	! N-Entzug		! N-Ausnutzung (%)!	
	! kg N/ha.a	-DCD=100!	! Basis Ges.N	! NH <sub>4</sub> -N !
! 1. ohne Gülle	! 74	-	!	!
! 2. Gülle August+ Zwischenfrucht Raps!	! 102	-	! 9	! 15
! 3. Gülle - DCD	! 130	! 100	! 18	! 31
! 4. OKt./Nov. + DCD	! 138	! 106	! 20	! 33
GD (5 %)		6		

Bis zu Beginn der Maisvegetation führte die Gülledüngung zu einem deutlichen Anstieg der N<sub>min</sub>-Mengen im Boden (Tab.3). Im Februar wurden 44 %, im Mai/Juni noch 28 % des über die Gülle (Okt./Nov.) zugeführten NH<sub>4</sub>-Stickstoffs angezeigt; in der gleichen Größenordnung lag auch die N-Ausnutzung der Pflanzen (Tab.2: 31 %). Nach DCD-Zugabe wurden noch 59 bzw. 54 % des

Güllestickstoff ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) als  $\text{N}_{\text{min}}\text{-N}$  gefunden; bis Februar lag davon noch die Hälfte in der  $\text{NH}_4\text{-Form}$  vor. Die Pflanzen konnten allerdings nur 33 % des Güllestickstoffs (s. Tab.2), also rund 60 % des über die  $\text{N}_{\text{min}}$ -Methode im Mai/Juni wiedergefundenen Stickstoff verwerten. Für den durch die Bodenuntersuchung nach DCD-Einsatz zusätzlich angezeigten N errechnete sich eine Ausnutzung von 17 %.

**Tabelle 3:** Wirkung von Rindergülle auf die  $\text{N}_{\text{min}}$ -Gehalte des Bodens vor (I = Februar) bzw. zu Beginn (II = Mai/Juni) des Maiswachstums (1979-88)

**Table 3:** Effect of cattle slurry on  $\text{N}_{\text{min}}$  contents of soil before (I = February) resp. at the beginning (II = Mai/June) of the growth of maize (1979-88)

Düngung	$\text{N}_{\text{min}}$ (kg N/ha.90 cm)		$\Delta \text{N}_{\text{min}}$ gegenüber! !o. Gülle in % vom! ! Gülle $\text{NH}_4\text{-N}$ !	
	I	II	I	II
1. ohne Gülle	39	69	-	-
2. Gülle August+ ! Zwischenfrucht Raps!	57	91	10	13
3. Gülle - DCD	118 (17)*	121 (12)*	44	28
4. Okt./Nov. + DCD	145 (76)*	167 (19)*	59	54

\*  $\text{NH}_4\text{-N}$

Der Grund für diese relativ schlechte N-Ausnutzung trotz höherer  $\text{N}_{\text{min}}$ -Mengen liegt nicht in einer etwaigen ungünstigeren Verteilung des  $\text{N}_{\text{min}}$ -Stickstoffs im Bodenprofil; von den im Mai/Juni gegenüber ohne DCD festgestellten höheren Mengen (45 kg N/ha) lag der Großteil (39 kg N/ha) im Oberboden (0-30 cm) vor. Die im Pflanzenversuch ermittelte geringe Wirksamkeit des durch Zwischenfrüchte biologisch festgelegten Güllestickstoffs wurde durch die  $\text{N}_{\text{min}}$ -Untersuchung der Böden bestätigt; die  $\text{N}_{\text{min}}$ -Mengen stiegen von Februar bis April/Mai infolge Mineralisation der Gründüngung an, die Werte erreichten aber nur 13 % des Gülle-N ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) und damit etwa das gleiche Niveau wie die N-Ausnutzung der Gülle durch die Pflanzen.

Zur Folgefrucht Weizen zeigte Gülle insgesamt eine deutliche Nachwirkung (Tab.4); Oktober/November-Gülle wirkte besser als Augustgülle mit Gründüngung Raps. DCD blieb praktisch ohne Einfluß auf Ertrag und N-Entzug der Nachfrucht.

**Tabelle 4:** Nachwirkung von Rindergülle zu Winterweizen (1979-87) - Körner (86 % TS)

**Table 4:** Residual effect of cattle slurry on winter wheat (1979-87) - grains (86 % dr. mat.)

Düngung	Ertrag dt/ha.a	N-Entzug kg/ha.a
1. ohne Gülle	54	83
2. Gülle August+		
Zwischenfrucht Raps!	57	90
3. Gülle - DCD	59	96
4. Okt./Nov. + DCD	60	97
GD 5 %	1	4

### 3. Feldversuch mit Alzon (1979-88)

Unter ähnlichen Standortvoraussetzungen wie Versuch 2 wurde 1979 ein Feldversuch zur Prüfung des N-Düngers Harnstoff/DCD ("Alzon 47") zu einer dreifeldrigen Fruchtfolge Silomais/ Zuckerrüben - Wi-Weizen - Hafer angelegt.

#### Versuchsfrage:

Wirkung von "Alzon 47" auf N-Entzug der Pflanzen sowie Nitratgehalt des aus 3 Bodentiefen (50, 100, 150 cm) mittels keramischer Saugkerzen (Unterdruck ca. -0.6 bar) entnommenen Bodenwassers im Vergleich zu KAS (optimal aufgeteilt)

Boden: Braunerde aus Lößlehm, pH (CaCl<sub>2</sub>) = 6.0

Düngung: Ø N-Gabe: 142 kg/ha.a

N-Bilanz (Düngung - Entzug incl. Stroh, Blätter):  
+ 30 kg N/ha.a

#### Ergebnis (Tab.5):

In diesem 10-jährigen Feldversuch wurde Alzon von den Pflanzen mit 58 % geringfügig (nicht signifikant) besser als KAS (54 %)

ausgenutzt (Tab.5).

Die Nitratgehalte des aus 50-150 cm Tiefe abgessaugten Bodenwassers lagen in den ersten 6 Jahren nach Alzondüngung niedriger (31 gegenüber 45 mg/l), in den letzten 3 Jahren höher (68 gegenüber 51 mg/l) als in dem KAS-Glied, vor allem zurückzuführen auf den Beitrag der vegetationsfreien Zeit zwischen Januar und Wachstumsbeginn. Über die Verminderung der Auswaschungsgefahr unmittelbar nach der Düngung durch Einsatz von Alzon wurde bereits früher berichtet (AMBERGER und GUTSER, 1986 und 1987). Höhere Nitratgehalte müssen nicht zu einem Anstieg der N-Auswaschung führen (dazu müßte neben den N-Gehalten die gesamte Wasserbewegung erfaßt werden), weisen aber auf ein höheres N-Potential des Bodens hin, dem durch sachgemäße N-Düngung zu begegnen wäre (s. später).

**Tabelle 5:** Wirkung von "Alzon 47" auf N-Entzug der Pflanzen sowie Nitratgehalte des Bodenwassers (1979-88)

**Table 5:** Effect of "Alzon 47" on N removal of plants and nitrate contents of the soil water (1979-88)

! Untersuchungsgröße	! N <sub>0</sub>	! KAS	! Alzon	! GD 5 %
! N-Entzug (kg/ha.a)	! 31	! 108	! 114	! 18
! Ausnutzung (%)	! -	! 54	! 58	! -
! Nitratgehalt der Bodenlösung (mg NO <sub>3</sub> /l) - Ø 50-150 cm Tiefe !				
! 1979-84 (n=26)	! 6.6	! 45.2	! 31.3	! 7.2
! 1985-88 (n=23)	! 12.4	! 60.2	! 60.2	! 5.8
! 1986-88 (n=17)	! 13.3	! 51.4	! 68.2	! 6.6
! 1979-88 Vegetat. Zeit	! 24.8	! 62.0	! 64.2	! 15.9
! Ernte - Dez.	! 12.4	! 20.8	! 23.9	! 7.5
! Jan. - Veg. Beg.	! 14.2	! 29.7	! 41.2	! 7.1

#### 4. N-Formen-Versuch (1922-1986)

Auf einer Braunerde in Weihenstephan läuft seit 1922 ein N-Formenversuch (BOSCH, 1980) mit Kalkstickstoff. Dieser Dünger enthält in der granulierten Form bekanntlich ca. 2-3 % DCD.

##### Versuchsfrage:

Auswirkung langjähriger Kalkstickstoff-Düngung auf N-Entzug der Pflanzen sowie  $N_{min}$ -Mengen im 8 Meter tiefen Bodenprofil im Vergleich zu Kalksalpeter bzw. KAS

Boden: Lößlehm, pH ( $CaCl_2$ ) = 5.8 (1984)

Fruchtfolge: bis 1962 meist Fruchtwechsel, später Blattfrucht - Getreide - Getreide

##### N-Düngung:

1940-74 = I: 74 kg N/ha.a; N-Bilanz: -17 kg N/ha.a

1975-86 = II: 118 kg N/ha.a; N-Bilanz: +22 kg N/ha.a

gepflanzter Kalkstickstoff seit 1963, zu Wi-Getreide in Kombination mit Startgabe als KAS - seit 1981 KAS statt Kalksalpeter

##### Ergebnis (Tab.6 und 7):

Im Gegensatz zu Kalksalpeter/KAS wurde die Ausnutzung von Kalkstickstoff durch die Erhöhung des Düngungsniveaus (z. T. auch als Folge der Kombination mit KAS) seit 1975 deutlich verbessert; letzterer erreichte gegenüber dem Vergleichsdünger gesichert höhere N-Entzüge (Tab.6).

**Tabelle 6:** Wirkung von Kalkstickstoff und Kalksalpeter/KAS auf N-Entzug und -Ausnutzung durch die Pflanzen

**Table 6:** Effect of calcium cyanamide and calcium nitrate/CAN on removal and utilization of N by plants

Düngung	I: 1940-74		II: 1975-86	
	N-Entzug (kg/ha.a)	Ausnutzung (%)	N-Entzug (kg/ha.a)	Ausnutzung (%)
No	50	-	30	-
Kalkstickstoff	90	54	104	62
Kalksalpeter/KAS	93	57	96	56
GD 5 %	-	-	7	-



Trotzdem brachte die Tiefenbohrung für die Kalkstickstoffvariante um ca. 80 kg N/ha höhere  $N_{\min}$ -Mengen, praktisch auf das gesamte Bodenprofil verteilt und im wesentlichen auf  $NH_4$ -Stickstoff zurückzuführen (Tab.7). Das KAS-Glied (seit 1981) unterschied sich mit etwa 300 kg  $N_{\min}$ /ha.8 m Tiefe nicht von der Kontrolle; in dieser Variante müssen demnach höhere N-Verluste aufgetreten sein als nach Düngung mit Kalkstickstoff.

**Tabelle 7:**  $N_{\min}$ -Mengen in einem 8 m tiefen Bodenprofil  
(kg N/ha) - Tiefenbohrung: Oktober 1986\*

**Table 7:** Amounts of  $N_{\min}$  in a soil profile of 8 m depth  
(kg N/ha) - time of boring: October 1986\*

Düngung	kg N/ha.8 m Tiefe		
	$NO_3$	$NH_4$	Summe
No	85	211	296
Kalkstickstoff	115	263	378
Kalksalpeter/KAS	99	198	297

#### Diskussion der Ergebnisse

Nitrifikationshemmstoffe vermindern die Gefahr von Nitrat auswaschung und Denitrifikationsverlusten nach der Düngung; der über Mineral- oder Wirtschaftsdünger zugeführte  $NH_4$ -Stickstoff ist 4-6 Wochen, im Winter z. T. bis zu 12 Wochen vor Nitrifikation geschützt (AMBERGER und GUTSER, 1987, VILSMEIER und AMBERGER, 1987). DCD brachte deshalb auf leichteren, auswaschungsgefährdeten Standorten besonders gute Ergebnisse (KJELLERUP, 1987 b). In unseren Langzeitversuchen auf Lößstandorten ergab sich eine Verwertung des vor Auswaschung "konservierten" Düngerstickstoffs durch die Folgefrucht zwischen 20 und bestenfalls 60 %; die restliche Menge ging in den N-Pool des Bodens ein, zeigte

\* Die Tiefenbohrung wurde dankenswerterweise von Herrn Dr. Isermann, Landw. Versuchsstation der BASF, Limburgerhof, durchgeführt.

aber insgesamt nur eine geringe N-Wirkung zur Nachfrucht (z. B. Winterweizen nach Silomais). Dieser immobilisierte Stickstoff ist der natürlichen Mineralisation unterworfen; die ersten Jahre wird er mit 3-4 % noch etwas schneller freigesetzt als Bodenstickstoff ( $\bar{\mu}$  1-2 %, VILSMEIER et al., 1988). So lagen teilweise die Nitratgehalte des Bodenwassers DCD-behandelter Parzellen in der vegetationsfreien Zeit höher als die Vergleichsvarianten bzw. konnten sich nach langjähriger Kalkstickstoffdüngung höhere  $N_{min}$ -Mengen als nach Anwendung von Nitratdüngern im 8 m tiefen Bodenprofil anreichern.

Das Ausmaß der N-Immobilisierung ist schwierig abzuschätzen; neben der Dauer der Ammoniumphase sind dafür im wesentlichen die Sorptionskapazität (Ton- und C-Gehalte) und biologische Aktivität des Bodens sowie die Zeitspanne zwischen Düngung und N-Aufnahme der Pflanzen entscheidend (JANSSON, 1963, AHMAD et al., 1972, BUNDY und BREMNER, 1974, VAN LIEROP und TRAN, 1980, JUMA und PAUL, 1983, VILSMEIER, 1984, VILSMEIER et al., 1988, u. a.). Der  $NH_4$ -Stickstoff der Gülle unterliegt in der Regel einer stärkeren Immobilisierung als der der Mineraldünger (FLOWERS und ARNOLD, 1983, GUTSER et al., 1987).

In sämtlichen Feldversuchen lag das N-Düngungsniveau um 20 bis 50 kg N/ha höher als die tatsächlich erzielten N-Entzüge der Pflanzen. Durch eine Rücknahme der N-Düngung könnte sowohl das Ausmaß der N-Immobilisierung vermindert als auch das langfristig angereicherte N-Potential der Böden durch die Pflanzen noch besser verwertet werden (sh. auch ROUVÉ und BOGACKI, 1986). Auch die Verkürzung der bedeckungsfreien Zeit der Böden durch Zwischenfruchtanbau trägt bekanntlich zu einem wesentlichen Rückgang der Nitratverlagerung bei.

Der über Zwischenfrüchte biologisch festgelegte Düngerstickstoff erwies sich auch in diesen Lysimeter- und Feldversuchen bedeutend schlechter pflanzenverfügbar als der über DCD "konservierte" N (s. a. AMBERGER und GUTSER, 1979, GUTSER, 1981); gleiches gilt auch für den durch Strohnrotte festgelegten N (BOSCH und GUTSER, 1985). Für die Beurteilung der Ergebnisse aus Feldversuch 2 sollte jedoch einschränkend hingewiesen werden, daß in einem Düngungssystem "Gülle im Juli/August +

Zwischenfrucht", auch bei schneller Einarbeitung (innerhalb eines Tages) der Gülle, beachtliche  $\text{NH}_3$ -Verluste auftreten können (hohe Boden- und Lufttemperatur s. DÖHLER und ALDAG, 1986, AMBERGER et al., 1987, Rank, 1988), welche die Effizienz dieser Düngungsvariante vermindern und möglicherweise eine zu positive N-Bilanz, d. h. N-Anreicherung des Bodens vortäuschen.

#### Zusammenfassung

In langjährigen Lysimeter- und Feldversuchen auf tiefgründigen Braunerden aus Lößlehm wurde die Nachwirkung des Nitrifikationshemmstoffes DCD, der zusammen mit Mineral- und GÜlledüngung appliziert worden war, auf N-Entzug der Pflanzen, Nitratgehalte des Bodenwassers und  $\text{N}_{\text{min}}$ -Gehalte von 1 bzw. 8 m tiefen Bodenprofilen untersucht.

Von dem durch DCD vor Auswaschung "konservierten" Düngerstickstoff wurden zwischen 20 und 60 % von den Pflanzen verwertet; die restliche Menge ging in den N-Pool des Bodens ein (Immobilisation), war der natürlichen Mineralisation unterworfen und damit wenig pflanzenverfügbar. Nach langfristiger Anwendung des Nitrifikationshemmstoffes konnten etwas höhere Nitratgehalte des Bodenwassers und  $\text{N}_{\text{min}}$ -Vorräte (8 m tiefes Profil) festgestellt werden; das höhere N-Potential des Bodens sollte in der Bemessung der N-Düngung Berücksichtigung finden.

#### Summary

Gutser, R., Amberger, A. und Vilsmeier, K.: N-Bilanzen nach Mineral- und GÜlledüngung mit Dicandiamid-Zusatz in langjährigen Lysimeter- und Feldversuchen (Balances of N after supply of mineral fertilizer and slurry in combination with dicyandiamide in longterm Lysimeter and field trials)

VDLUFA-Schriftenreihe 28/1989, Kongreßband 1988, Bonn, Teil II

In longterm lysimeter and field trials on deep brown earth (loess loam) the residual effect of the nitrification inhibitor DCD, applied with mineral fertilizer and slurry, on N removal

of plants, nitrate content of soil water and  $N_{min}$  content of soil profiles of 1 resp. 8 m depth was studied.

The fertilizer nitrogen, preserved from leaching by DCD, was utilized by plants between 20 and 60 %; the rest was incorporated into the N pool of the soil (immobilization), naturally mineralized and therefore only slightly available to plants. After longterm supply of the nitrification inhibitor higher contents of nitrate in soil water and higher amounts of  $N_{min}$  (profile of 8 m depth) were found; the increased N-potential of the soil should be taken to account in fertilizer recommendations.

#### Literatur

- Ahmad, Z., Kai, H. and Harada, T. (1972): Effects of nitrogenous forms on immobilization and release of nitrogen in soil. J.Fac.Agr. Kyushu Univ. 17, 49-65, zit. in Bjarnason (1987)
- Amberger A. und Gutser R. (1979): Zur N-Wirkung von Rindergülle mit Dicyandiamidzusatz zu Weidelgras. Z. Acker- u. Pflanzenbau 148, 198-204
- Amberger, A. und Gutser, R. (1986): Alzondüngung zu Zuckerrüben. Dt. Zuckerrübenzeitung 22, Nr.3, S.7
- Amberger, A. und Gutser, R. (1987): Wirkung und Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen in Kombination mit Mineraldüngern. Bayer. Landw. Jb. 64, 717-726
- Amberger, A., Gutser R. und Vilsmeier, K. (1982): N-Wirkung von Rindergülle bzw. Jauche mit Dicyandiamid in Feldversuchen. Z. Pflanzenern. u. Bodenkde. 145, 315-324
- Amberger, A., Huber, J. und Rank, M. (1987): Gülleausbringung: Vorsicht Ammoniakverluste. DLG-Mitt. 102, 1084-1086
- Bjarnason, S. (1987): Immobilization and remineralization of ammonium and nitrate after addition of different energy sources to soil. Plant and soil 97, 381-389
- Blyum, B. G. and Vyvolokina, A. G. (1974): The effect of the inhibitor 2-chloro-6-(trichlormethyl)pyridine on the rate of nitrification and utilization of fertilizer nitrogen by plants. Agrokhimiya 4, 3-15, zit. Soils and Fertilizers 38, 178, S.16 (1975)
- Bosch, M. (1980): Bodeneigenschaften, Erträge und Mineralstoffentzüge einer Ackerbraunerde unter dem Einfluß langjähriger Düngung mit verschiedenen Stickstoff-Formen. Diss. TU München
- Bosch, M. und Gutser, R. (1985): Wirkung einer Stickstoff- und Strohdüngung auf Ertrag und N-Entzug sowie chemische und biologische Bodeneigenschaften einer Lößbraunerde. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 43, 543-548

- Bremner, J. M. (1965): Inorganic forms of nitrogen. In: Methods of Soil analysis, Part 2, pp.1179-1237, American Soc. of Agronomy, Madison, Wisconsin
- Bundy, L. G. and Bremner, J. M. (1974): Effects of nitrification inhibitors on transformations of urea nitrogen in soils. Soil Biol. Biochem. 6, 369-376
- Döhler, H. und Aldag, R. (1986): Mittags gibt es die höchsten Verluste. DLG Mitt. 101, 328-338
- Flowers, T. H. and Arnold, P. W. (1983): Immobilization and mineralization of nitrogen in soils incubated with pig slurry or ammonium sulphate. Soil Biol. Biochem. 15, 329-335
- Gutser, R. (1981): Gefäß- und Feldversuche zur N-Wirkung von Gülle mit Dicyandiamid ("Didin"). Bayer. Landw. Jb. 58, 872-879
- Gutser, R. (1982): Feldversuche zur N-Wirkung von Rindergülle unter Zusatz von Dicyandiamid. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 34, 83-86
- Gutser, R. und Amberger, A. (1984): Nitratauswaschung nach GÜlledüngung mit Didinzusatz. Landw. Forsch., Kongreßband 1984, 137-145
- Gutser, R., Amberger, A. und Vilsmeier, K. (1987): Wirkung unterschiedlich aufbereiteter Gülle im Gefäßversuch zu Hafer und Weidelgras. VDLUFA-Schriftenreihe 23, Kongreßband 1987, 279-296
- Gutser, R. und Vilsmeier, K. 1985: N-Umsatz von verschiedenem Pflanzenmaterial im Boden in Gefäß- und Feldversuchen. Z. Pflanzenern. u. Bodenkde. 148, 595-606
- Gutser, R. und Vilsmeier, K. (1988): Mineralisation verschiedener Zwischenfrüchte und N-Verwertung durch Pflanzen. Kali-Briefe, i. Druck
- Jansson, S. L. (1963): Balance sheet and residual effects of fertilizer nitrogen in a 6-year study with  $^{15}\text{N}$ . Soil Sci. 95, 31-37
- Jansson, S. L. and Persson, J. (1982): Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: Nitrogen in agricultural soils. Ed. F. J. Stevenson. Agronomy 22, 229-252. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin
- Juma, N. G. and Paul, E. A. (1983): Effect of a nitrification inhibitor on N immobilization and release of  $^{15}\text{N}$  from non-exchangeable ammonium and microbial biomass. Can. J. Soil Sci. 63, 167-175
- Kick, H. und Poletschny, H. (1979): Auswirkung langjähriger Strohdüngung auf den Nährstoffhaushalt des Bodens. Landw. Forsch. 36, 383-388
- Kjellerup, V. (1987a): Nitrogen effect of slurry mixed with nitrification inhibitors - Lysimeter and field experiments. 4. Int. CIEC-Symp. "Agricultural waste management and environmental protection". 11.-14. Mai 1987, Braunschweig
- Kjellerup, V. (1987b): Gylle og inhibitorer. Gron Viden, Landbrug Nr.8, 1-4
- Kuntze, H. und Scheffer, D. (1981): Möglichkeiten zur Minderung des Stickstoffaustrages in die Gewässer. Bayer. Landw. Jb. 58, 858-865

- Nielsen, K. F., Warder, F. G. and Hinman, W. C. (1967): Effect of chemical inhibition of nitrification on phosphorus absorption by wheat. *Can. J. Soil Sci.* 47, 65-71
- Nommik, H. (1965): *Agronomy* 10, 198-258
- Rank, M. (1988): Untersuchungen zur Ammoniakverflüchtigung nach Gülledüngung. Diss. TU München
- Rouvé, G. und Bogacki, W. (1986): Verringerung der Nitratbelastung des Grundwassers. Institut für Wasserbau u. Wasserwirtschaft TH Aachen
- Scheffer, B., Kuntze, H. und Bartels, R. (1983): Reduzierung des Nitrataustrages aus einem Sandboden durch Einsatz von Didin. In: Symp. Nitrifikationshemmstoffe. VDLUFA Schriftenreihe, Heft 11, 87-96
- Smirnov, P. M. and Kabanova, N. A. (1971): Effect of inhibitors of nitrification on transformation in soil and utilization by plants of ammonium nitrogen of fertilizers. Ref. in: *Soils and Fertilizers* 34, Nr. 1345, S. 179
- Spratt, E. D. and Gasser, J. K. R. (1970): The effect of ammonium sulphate treated with a nitrification inhibitor, and calcium nitrate, on growth and N-uptake of spring wheat, ryegrass, and kale. *J. Agric. Sci.* 74, 111-117
- Touchton, J. T., Hoefft, R. G. and Welch, L. F. (1979): Effect of nitrapyrin on nitrification of broadcast-applied urea, plant nutrient concentrations, and corn yield. *Agron. J.* 71, 787-791
- van Lierop, W. and Tran, T. S. (1980): The comparative use of nitrate, ammonium and urea fertilizers by oats and wheat as determined by  $^{15}\text{N}$ -techniques. *Soil Sci. a. Plant Analysis.* 11 (3), 231-250
- Vilsmeier, K. (1984): Stickstoffbilanz von  $^{15}\text{N}$ -Ammoniumsulfat mit Dicyandiamid und  $^{15}\text{N}$ -Dicyandiamidaufnahme durch Hafer und Weizen. VDLUFA-Schriftenreihe, H.11, 97-107
- Vilsmeier, K. und Amberger, A. (1987): Zur nitrifikationshemmenden Wirkung von Dicyandiamid zu Gülle in der Zeit zwischen Spätherbst und Frühjahr. *Z. Pflanzenern., Bodenkde.* 150, 47-50
- Vilsmeier, K., Amberger, A. und Gutser, R. (1988): Dynamik von Boden- und Düngerstickstoff ( $^{15}\text{N}$ ) im Weihenstephaner Lysimeter. VDLUFA Schriftenreihe, Kongressband 1988, i. Druck