

138  
Sonderdruck aus

**Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**

145. Band, Heft 4, Seite 337—346

Verlag Chemie GmbH, Weinheim (Bergstr.)

---

**N-Wirkung von Rindergülle unter Zusatz von Dicyandiamid  
bzw. Stroh und Gefäß- und Lysimeterversuchen**

A. Amberger, R. Gutser und K. Vilsmeier

## **N-Wirkung von Rindergülle unter Zusatz von Dicyandiamid bzw. Stroh in Gefäß- und Lysimeterversuchen**

A. Amberger, R. Gutser und K. Vilsmeier

Institut für Pflanzenernährung, TU München-Weihenstephan, 8050 Freising

Eingegangen: 9.2.1982

Angenommen: 6.3.1982

### **Zusammenfassung – Summary**

In einem Gefäß- und Lysimeterversuch wurde die Nitratauswaschung von zu verschiedenen Terminen (August, September, Oktober, März) applizierter Rindergülle ohne und mit DCD-Zugabe geprüft und die N-Wirkung zur nachfolgenden Frucht festgestellt.

Im Gefäßversuch (suL) wurde auch der Einfluß einer zusätzlichen Strohdüngung untersucht. Die Gefäße waren nach der Versuchsanlage (August) bis zur Einsaat von Weidelgras (April) der natürlichen Witterung ausgesetzt.

Sowohl durch Strohdüngung als auch DCD-Zusatz zur Gülle wurde die N-Auswaschung deutlich vermindert. DCD erreichte ohne und mit Stroh einen gesicherten Anstieg der N-Entzüge von Weidelgras. Der durch die Strohrötte biologisch festgelegte Güllestickstoff war aber zum Unterschied von dem durch DCD „konservierten“ Ammoniumstickstoff für das folgende Weidelgras (Mai bis Juli) noch nicht verfügbar. Gülle + Stroh + DCD führte aufgrund von Bilanzierungen allgemein zu höheren Mengen an Reststickstoff im Boden.

Auch im Lysimeterversuch verringerte DCD die Nitratauswaschung insbesondere in der vegetationslosen Jahreszeit und verbesserte damit die Wirkung der im August bzw. November applizierten Rindergülle (höhere Erträge und N-Entzüge von Silomais).

### **Utilization of N in cattle slurry after addition of Dicyandiamide resp. straw in pot and lysimeter trials**

In a pot and lysimeter trial, leaching of nitrate of cattle slurry applied at different times (August, September, October, March) was tested with and without addition of DCD, and utilization of N by the following crop was determined.

In a pot trial (sandy silt loam), the effect of additional straw manuring was also investigated. Pots were exposed to natural weather conditions from start of experiment (August) until sowing of rye grass (April).

Application of straw as well as addition of DCD to slurry reduced leaching of N considerably. DCD addition with and without straw resulted in significantly higher N removals by rye grass. Unlike ammonium nitrogen "preserved" by DCD, slurry nitrogen biologically fixed by the rotting straw, however, was not yet available to the following rye grass crop (May to July). Slurry + straw + DCD generally led to higher amounts of residue N in the soil as a result of N balance.

Also in the lysimeter trial, DCD reduced leaching of nitrate especially in vegetationless periods and thus improved the effect of cattle slurry applied in August resp. November (higher yields and N removals by silage maize).

## Einleitung

In der vorangegangenen Arbeit haben wir gezeigt, daß die Wirkung des Stickstoffs in der Gülle im wesentlichen auf deren Gehalt an Ammoniumstickstoff (ca. 45–70 % vom Gesamt-N) beruht und der organische Reststickstoff nur sehr langsam mineralisiert wird. In Gefäßversuchen mit mehreren aufeinander folgenden Früchten wurde dieser insgesamt nur zu etwa 5–10 % von den Pflanzen ausgenutzt (*Amberger et al.* 1982).

Die Problematik des Einsatzes von Gülle und Jauche in der Praxis liegt darin, daß diese flüssigen organischen Dünger aus technischen und arbeitswirtschaftlichen Gründen überwiegend nur von Herbst bis zum Einsetzen der Vegetation im nächsten Jahr ausgebracht werden können, der Ammoniumstickstoff aber in relativ kurzer Zeit (2–3 Wochen) bereits voll nitrifiziert und damit – je nach den Standortbedingungen – in hohem Maße auswaschungsgefährdet ist (*Amberger 1978; Amberger und Gutser 1979; Amberger und Vilsmeier 1979*). Daraus resultieren nicht nur hohe Stickstoffverluste, sondern auch eine mehr oder minder starke Belastung von Grund- und Oberflächengewässer mit Nitrat.

In früheren Versuchen (*Amberger und Gutser 1979; Amberger und Vilsmeier 1979*) unter kontrollierten Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen sowie simulierter Perkolation haben wir gezeigt, daß durch den Nitrifikationshemmstoff (DCD) die Nitratverluste aus Rindergülle erheblich vermindert und demzufolge die Erträge der Folgefrucht Weidelgras merklich erhöht werden konnten.

Dicyandiamid ist – im Vergleich zu anderen bekannten Nitrifikationshemmstoffen – wasserlöslich und bietet keinerlei Probleme hinsichtlich der Rückstände. Der von uns nachgewiesene Abbauweg führt über Guamyöjarmstoff und Guanidin schließlich zu  $\text{NH}_3$  und  $\text{CO}_2$ , d. h. es wird letztlich selbst als N-Dünger wirksam (*Vilsmeier 1980; Amberger 1981*).

In den folgenden Gefäß- und Lysimeterversuchen haben wir den Einfluß von DCD auf Umsatz und Verlagerung des Güllestickstoffs unter Freilandbedingungen in der vegetationsfreien Zeit (von August bis März) studiert unter der Fragestellung:

- a) wie beeinflußt DCD die N-Wirkung der zu verschiedenen Terminen (August bis März) applizierten Rindergülle?
- b) wie wirkt sich eine Strohdüngung (August) ohne und mit DCD aus?

## Versuchsanstellung, Material und Methoden

### Gefäßversuch

Versuchsboden: 7 kg ulS (15 % Ton, 47 % Schluff),  $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 6.5$  – Gülle aus einem Milchviehbetrieb mit Bullenmast –  
Futtergrundlage: Heu, Silomais, Futterrüben, Kraftfutter

Applikationstermin	Nährstoffgehalte (% i. Fri. S.)		
	TS	Gesamt-N	NH <sub>4</sub> -N
August (22.08.78)	6.8	0.34	0.19
September (22.09.78)	6.6	0.31	0.19
Oktober (20.10.78)	6.6	0.31	0.19
März (8.03.79)	4.8	0.24	0.12

Der Anteil des NH<sub>4</sub>-N am Gesamt-N schwankt demnach zwischen 50 und 60 %.

Versuchsfrucht: Weidelgras (*Lolium perenne*), Saat 2.5.79 – Ernte 31.7.79

#### Versuchsplan:

P-, K-, Mg-Düngung optimal

Strohgabe: 22.5 g lufttrockenes Stroh/Gefäß auf 1 cm gehäckselt und der oberen Bodenschicht (5.5 kg) zugemischt (21.8.78)

DCD-Gabe: 135 mg DCD/Gefäß ( $\cong$  30 kg DCD/ha) unmittelbar nach der Gülleapplikation ohne Einarbeitung. Darüber hinaus wurde die Kombination „Gülle August“ bzw. „Gülle September“ mit einer DCD-Gabe erst im Oktober geprüft zum gleichen Termin wie „Gülle Oktober“. Der DCD-Stickstoff (ca. 90 mg N) wurde in der gesamten N-Düngung nicht berücksichtigt.

Basis: 1.23 g Gesamt-N/Gefäß (der oberen Bodenschicht = 5.5 kg zugemischt)

Parallelen: 5

**Tabelle 1:** Witterungsdaten zwischen Versuchsanlage und Saat der Folgefrucht

**Table 1:** Climatic data from beginning of trial until seeding of the following crop

Zeitraum	$\phi$	Niederschlag mm	Sickerwasseranfall	mm
	Lufttemp. °C		Zeitraum	
22.08.78–22.09.78	10.0	25	22.08.78–02.10.78	13
22.09.78–20.10.78	7.7	34	03.10.78–10.10.78	11
20.10.78–01.11.78	6.5	23	10.10.78–01.11.78	15
01.11.78–01.12.78	1.5	7	01.11.78–11.12.78	11
01.12.78–01.01.79	0.4	37	11.12.78–28.12.78	15
01.01.79–31.01.79	-2.0	33	28.12.78–05.02.79	61
01.02.79–28.02.79	-0.3	31	05.02.79–05.03.79	28
01.03.79–14.03.79	4.1	49	05.03.79–14.03.79	32
		$\Sigma$ 239		$\Sigma$ 186

#### Witterung:

Im gesamten Zeitraum fielen 78 % der Niederschläge als Sickerwasser an, das in 7 Abschnitten untersucht wurde (Tab. 1). Vom 14.3.79 – 17.4.79 wurden die Gefäße „Gülle März“ mit deionisiertem Wasser zusätzlich bewässert, da kaum Niederschläge auftraten. In diesem Zeitraum wurden 3 Perkolate mit insgesamt 135 mm genommen.

14.3. – 4.4.79: 32 mm

4.4. – 10.4.79: 45 mm

10.4. – 27.4.79: 58 mm

*Lysimeterversuch*

Becken mit 4 m<sup>2</sup> Oberfläche und 1 m Tiefe seit 1962 mit Braunerde aus Löß (entsprechend der natürlichen Schichtung) gefüllt.

schluffiger Lehm, pH (CaCl<sub>2</sub>) 6.6

Rindergülle aus dem gleichen Betrieb wie zum Gefäßversuch verwendet.

Applikationstermin	Nährstoffgehalte (% i. Fri. S.)		
	TS	Gesamt-N	NH <sub>4</sub> -N
August (17.08.78)	6.8	0.34	0.14
November (7.11.78)	8.1	0.36	0.20

(41 bzw. 56 % des Gesamtstickstoffs lagen als NH<sub>4</sub>-N vor.)

Versuchsfrucht: Silomais (Sorte Forla)

Saat: 30.4.79 – Ernte: 30.7.79

**Versuchsplan:**

Für sämtliche Becken optimale PK- sowie Strohdüngung (50 dt Gerstenstroh/ha 17.8.78)

Gülle August ± DCD

Gülle November ± DCD

Basis: 272 Gesamt-N/ha (≙ 80 m<sup>3</sup> Gülle August, 76 m<sup>3</sup> Gülle November)

DCD-Gabe: 30 kg/ha zum Zeitpunkt der Herbstfurche (7.11.78)

Methodik: Der DCD-Stickstoff (≙ 20 kg N) wurde in der N-Düngung nicht berücksichtigt.

N-Fractionen der Gülle s. Amberger et al. (1982)

NO<sub>3</sub> im Wasser mittels ionenselektiver Elektrode; DCD s. Vilsmeier (1979)

Gesamt-N in Pflanzen nach Kjeldahl

**Ergebnisse***1. Gefäßversuch:*

Nach Strohdüngung lag die gesamte *Nitratauswaschung* in sämtlichen Varianten ganz beträchtlich niedriger als in der Reihe „ohne Stroh“ aufgrund einer starken mikrobiellen Festlegung des verfügbaren Güllestickstoffs (Tab. 2).

Auch die DCD-Zugabe bewirkte nahezu durchwegs eine deutliche Verringerung der Nitratverluste. Auffallend ist die gute Wirkung von erst im Oktober appliziertem DCD zu einer bereits im August oder im September ausgebrachten Gülle mit Stroh verglichen mit einer gleichzeitigen Ausbringung von Gülle + DCD + Stroh zusammen.

Die erst im Oktober gegebene Gülle brachte die geringste N-Auswaschung; der beabsichtigte Nutzeffekt war also am besten, weil mit sinkenden Herbst/Wintertemperaturen die Nitrifikation des Güllestickstoffs einerseits und der Abbau des DCD andererseits langsamer abläuft. Die „Märzgülle“ wurde zusätzlich mit deionisiertem Wasser perkoliert (s. Methodik).

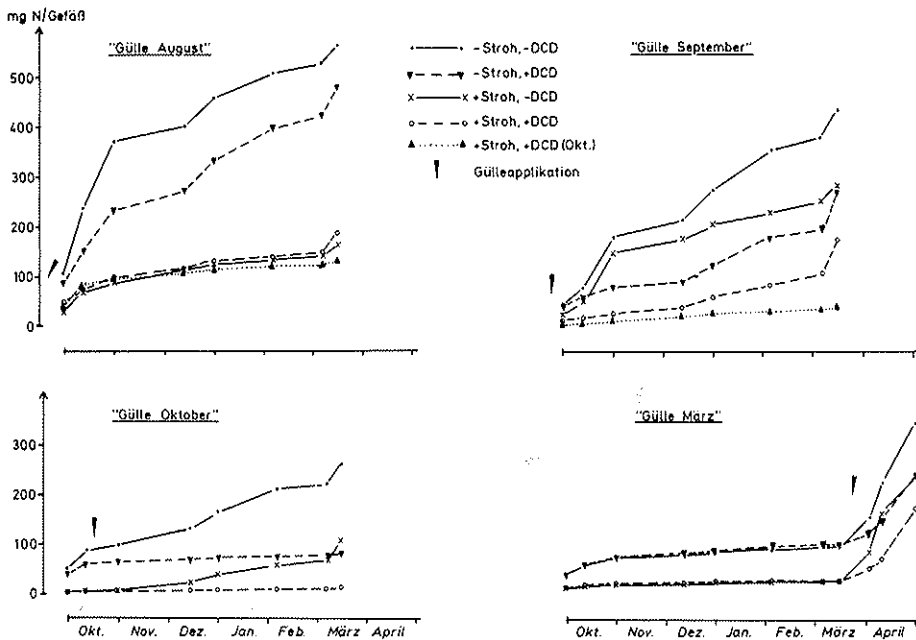
Im Kontrollglied ohne Gülle führte die DCD-Applikation zu einem leichten Anstieg der N-Auswaschung; unter den denkbar ungünstigen Bedingungen des Gefäßversuchs (20 cm locker eingefüllter Boden) ist zwangsläufig auch mit einer Verlagerung des aus dem DCD

**Tabelle 2:** N-Auswaschung nach Gülledüngung unter dem Einfluß von DCD und Stroh (Zeitraum: 22.8.78 – 27.4.79) (mg N/Gefäß)**Table 2:** N leaching after application of slurry as influenced by DCD and straw (observ. time: Aug. 22. 78 – April 27. 79) (mg N/pot)

	ohne Stroh		mit Stroh	
	– DCD	+ DCD	– DCD	+ DCD
ohne Gülle	160	186	15	40
Gülle August	564	478	164	189
August*	–	–	–	131
Gülle September	434	269	280	172
September*	–	–	–	33
Gülle Oktober	264	83	109	14
Gülle März**	347	242	242	175
GD <sub>5</sub> %	25			

\* DCD-Gabe Oktober

\*\* zusätzlich simulierte Perkolatlon 14.3.–27.4.79

**Abbildung 1:** Nitrat auswaschung nach Gülledüngung in Abhängigkeit von der DCD-Applikation  
**Figure 1:** Nitrate leaching after fertilizing with slurry in relation to DCD application

stammenden Stickstoffs zu rechnen (28 % des vorgegebenen DCD-N). Die „N-konservierende“ Wirkung von Stroh und DCD während der Herbst/Wintermonate ist der Abb. 1 zu entnehmen.

Das im Frühjahr angebaute *Weidelgras* brachte insgesamt nur einen geringen Aufwuchs unter frühzeitiger Ausbildung von N-Mangelsymptomen. Die DCD-Applikation bewirkte durchwegs gesichert höhere *Erträge und N-Entzüge* (Tab. 3); diese Ergebnisse korrespondieren (s. Tab. 2) mit entsprechend geringeren N-Auswaschungsraten.

**Tabelle 3:** N-Wirkung von Rindergülle zu Weidelgras unter dem Einfluß von DCD und Stroh (N-Entzug – mg N/Gefäß)

**Table 3:** N utilization of cattle slurry by rye grass as influenced by DCD and straw (N uptake – mg N/pot)

	ohne Stroh		mit Stroh	
	– DCD	+ DCD	– DCD	+ DCD
ohne Gülle	49	59	36	44
Gülle August	68	85	67	81
August*	–	–	–	99
Gülle September	64	163	58	121
September*	–	–	–	147
Gülle Oktober	82	203	74	172
Gülle März	50	81	53	69
GD <sub>5%</sub>	10			

\* DCD-Gabe im Oktober

Die erst im Oktober applizierte DCD-Gabe in den Varianten „Stroh + August-Gülle“ bzw. „Stroh + September-Gülle“ erwies sich gesichert wirkungsvoller als die DCD-Applikation zusammen mit der „August“- bzw. „September-Gülledüngung“. Der Grund dafür dürfte teils in einer unter den Bedingungen des Gefäßversuches begünstigten erhöhten Auswaschung, teils aber auch in einem rascheren Abbau von DCD während der warmen August- und Septembermonate zu suchen sein.

Auffallend sind aber die geringeren Erträge und N-Entzüge in der Reihe „mit Stroh“ trotz geringerer N-Verluste durch Perkolatation. Der im Verlaufe der Strohhrotte mikrobiell festgelegte Güllestickstoff war demnach sehr zum Unterschied von dem durch DCD „konservierten“ Stickstoff für den Aufwuchs der Folgefrucht noch nicht verfügbar.

In Tabelle 4 wurde auf Basis Gesamt-N bzw.  $\text{NH}_4\text{-N}$  eine N-Bilanz errechnet; gasförmige N-Verluste sind darin verständlicherweise nicht berücksichtigt worden, da keine Messung erfolgte. Diese N-Bilanz erwies sich unabhängig von der Bezugsgröße Gesamt-N oder  $\text{NH}_4\text{-N}$  stets positiv mit Ausnahme des Kontrollgliedes ohne Gülle. In der Reihe „ohne Stroh“ weist die DCD-Anwendung trotz höherer N-Entzüge durch die Pflanzen (s. Tab. 3) als Folge einer verminderten N-Auswaschung durchwegs noch

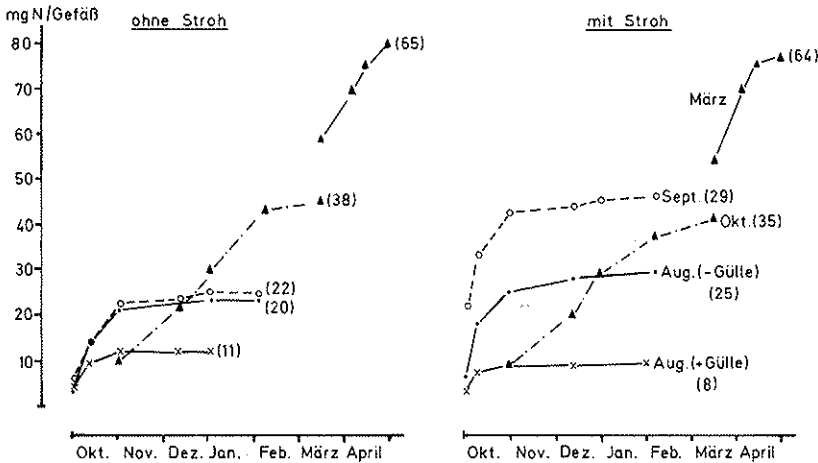
**Tabelle 4:** N-Bilanz: N-Zufuhr minus (N-Entzug + N-Auswaschung) – mg N/Gefäß**Table 4:** N balance: N application minus (N uptake + N leaching) – mg N/pot

	Basis: Gesamt-N				Basis NH <sub>4</sub> -N			
	ohne Stroh		mit Stroh		ohne Stroh		mit Stroh	
	– DCD	+ DCD	– DCD	+ DCD	– DCD	+ DCD	– DCD	+ DCD
ohne Gülle	– 209	– 245	– 51	– 84	– 209	– 245	– 51	– 84
Gülle August	+ 554	+ 667	+ 999	+ 960	+ 1	+ 114	+ 446	+ 407
August*	–	–	–	+ 1000	–	–	–	+ 447
Gülle September	+ 732	+ 798	+ 892	+ 937	+ 179	+ 245	+ 339	+ 384
September*	–	–	–	+ 1050	–	–	–	+ 497
Gülle Oktober	+ 884	+ 944	+ 1047	+ 1044	+ 331	+ 391	+ 494	+ 491
Gülle März	+ 833	+ 907	+ 935	+ 986	+ 218	+ 292	+ 320	+ 371

\* DCD-Gabe im Oktober

größere N-Restmengen im Boden auf. Diese waren nach „August-Gülle“ am niedrigsten. Ohne DCD-Zusatz entsprachen die Größen Entzug + Auswaschung etwa der über die Gülle zugeführten NH<sub>4</sub>-Menge.

In der Reihe „mit Stroh“ ergaben sich allgemein höhere Restmengen an Stickstoff im Boden als Folge verminderter N-Auswaschung und -Entzüge. Die DCD-Zugabe „ohne Stroh“ führte nur nach „September“- und „Märzgülle“ zu deutlich höheren Stickstoffmengen im Boden.

**Abbildung 2:** DCD-Auswaschung in Abhängigkeit vom Applikationstermin (mg DCD-N/Gefäß bzw. in % der zugeführten DCD-Menge)**Figure 2:** DCD leaching in relation to time of application



Das im Herbst (August bis Oktober) ausgebrachte wasserlösliche DCD wurde unter den künstlichen Bedingungen dieses Gefäßversuches ohne und mit Strohdüngung zu 20–38 % mit dem Perkolationwasser ausgewaschen (Abb. 2); lediglich eine im März durchgeführte kräftige Perkolation von insgesamt 135 mm brachte in der Variante „Märzgülle“ DCD-Verluste bis zu 65 %. Aus dem Vergleich der DCD-Gabe im August ohne und mit Gülle wird deutlich, daß durch die Gülledüngung selbst die DCD-Verluste deutlich vermindert wurden aufgrund einer zeitweiligen Herabsetzung der Perkolationseigenschaften des Bodens (Verklebung bzw. Verstopfen der Grobporen).

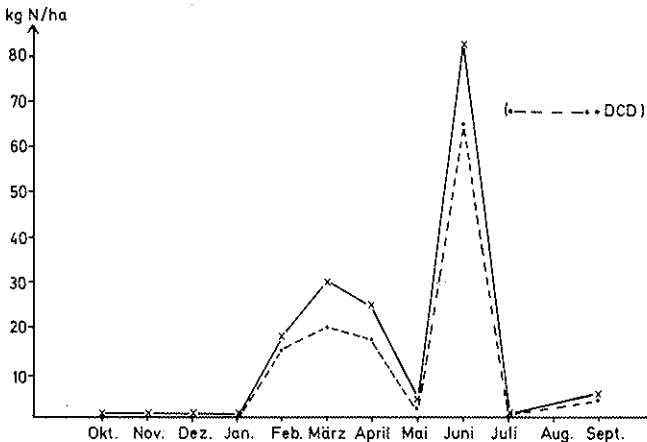
## 2. Lysimeterversuch

In der vegetationsfreien Zeit (Oktober 78 – Mai 79) fielen 88 % der Niederschläge als Sickerwasser (Tab. 5) an. In den DCD-Varianten war der Sickerwasseranfall etwas niedriger.

**Tabelle 5:** Sickerwasseranfall (mm), N-Auswaschung und N-Entzug (kg N/ha) von Silomais – Lysimeterversuch – Weihenstephan

**Table 5:** Amounts of percolation water (mm), N leaching and N uptake (kg N/ha) of silage maize – trial in lysimeter – Weihenstephan

Zeitpunkt der Güllegabe	DCD	Oktober 78 – Mai 79 Niederschläge 355 mm		
		Sickerwasser	N-Auswaschung	N-Entzug
August	–	316	80	61
August	+	309	80	73
November	–	313	74	75
November	+	309	54	97



**Abbildung 3:** N-Auswaschung nach „November-Gülle“ in Abhängigkeit von der DCD-Gabe (Lysimeter)

**Figure 3:** N leaching after „November“ slurry in relation to DCD application (lysimeter)

In Kombination mit „November-Gülle“ führte DCD zu einem Rückgang der N-Auswaschung um insgesamt 20 kg N/ha. Diese war insbesondere in der Zeit von Februar bis April deutlich geringer (Abb. 3) und führte demzufolge zu einem entsprechend größeren Mehrentzug durch die Folgefrucht Silomais. Ferner erzielte die im November verabreichte Gülle gegenüber der „August-Gülle“ deutlich höhere Erträge und N-Entzüge aufgrund geringerer Stickstoffverluste. Der Ammonium-N der Gülle wird demnach im Spätherbst wesentlich langsamer nitrifiziert. Zu beiden Anwendungszeitpunkten der Gülle bewirkte DCD aber einen gesicherten Anstieg der Erträge und N-Entzüge von Silomais.

## Diskussion

Die Ergebnisse des Gefäßversuches zeigen deutlich, daß durch Einsatz von DCD die Nitrifikation des Güllestickstoffs verzögert, damit die N-Auswaschung vermindert und der N-Entzug durch die Folgefrucht erhöht wird. In einem parallelen Lysimeterversuch konnten diese Ergebnisse im wesentlichen bestätigt werden.

Strohdüngung erwies sich in Kombination mit Gölledüngung als eine sehr wirksame „biologische Stickstoffbremse“, die Nitratverlagerung ging dadurch ganz erheblich zurück; der blockierte Güllestickstoff war aber für das folgende Weidelgras noch nicht verfügbar, so daß in den entsprechenden Varianten Mindererträge auftraten (s. *Gutser* 1981). Im August verabreichte Gülle ohne Strohdüngung führte aufgrund der Witterungsbedingungen des Spätsommers/Herbstes erwartungsgemäß zu den höchsten, im Oktober gegebene Gülle zu den niedrigsten Nitratverlusten während der vegetationsfreien Zeit. DCD verminderte die Nitratwaschung sowohl bei früher (August), insbesondere aber bei späterer Anwendung im September bis November. Für den Abbau und damit für die Wirksamkeit des DCD kann man je nach Temperatur 2-4 Monate ansetzen (*Vilsmeier* 1980). Die Auswaschungsverluste an DCD lagen unter den Bedingungen des Gefäßversuches im Herbst und Winter zwischen 8 und maximal 38 % und erreichten nur unter extremen Bedingungen („März-Gülle“ mit stärkerer Perkolation) höhere Werte. Auffallend war aber die geringere DCD-Verlagerung in Kombination mit Gülle, die bekanntlich auf tonigen und schluffigen Böden zu einer zeitweiligen Verstopfung der Grobporen führt.

Was die Auswaschung bzw. Verlagerung von Nitrat und DCD anlangt, so vermittelten diese Ergebnisse vergleichsweise sicherlich ein recht gutes Bild über den Einfluß der geprüften Parameter. Sie sind aber unter den künstlichen und sehr ungünstigen Bedingungen des Gefäßversuches gegenüber den natürlichen Bedingungen im Freiland zweifellos stark überhöht: lehmig, schluffiger Sand; Schichthöhe 20 cm ohne Wasseranstieg, damit sehr starke Perkolation insbesondere nach zusätzlicher Beregnung (März).

**Literatur**

- Amberger, A.* (1978): Belasten Gülle Nährstoffe das Grundwasser? DLG-Mitt. **93**, 836–841.
- Amberger, A.* (1981): Dicyandiamid („Didin“) als Nitrifikationshemmstoff. Bayer. Landw. Jb. **58**, 845–853
- Amberger, A.* und *R. Gutser* (1978): Umsatz und Wirkung von Harnstoff-Dicyandiamid- sowie Ammonsulfat-Dicyandiamid-Produkten zu Weidelgras und Reis. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. **141**, 553–566.
- Amberger, A.* und *R. Gutser* (1979): Zur N-Wirkung von Rindergülle mit Dicyandiamidzusatz zu Weidelgras. Z. Acker- und Pflanzenbau **148**, 198–204.
- Amberger, A.* und *K. Vilsmeier* (1979): Hemmung der Nitrifikation des Güllestickstoffs durch Dicyandiamid. Z. Acker- und Pflanzenbau **148**, 239–246.
- Amberger, A.*, *Vilsmeier, K.* und *R. Gutser* (1982): Stickstofffraktionen verschiedener Gülle und deren Wirkung im Pflanzenversuch. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. (diese Ausgabe).
- Gutser, R.* (1981): Gefäß- und Feldversuche zur N-Wirkung von Gülle mit Dicyandiamid („Didin“). Bayer. Landw. Jb. – im Druck.
- Vilsmeier, K.* (1979): Kolorimetrische Bestimmung von Dicyandiamid in Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. **142**, 792–798.
- Vilsmeier, K.* (1980): Dicyandiamidabbau im Boden in Abhängigkeit von der Temperatur. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. **143**, 113–118.
- Vilsmeier, K.* (1981): Modellversuche zur nitrifikationshemmenden Wirkung von Dicyandiamid („Didin“). Bayer. Land. Jb. **58**, 853–857

[P 4126 P]