

Sonderdruck aus

**Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**

145. Band, Heft 4, Seite 315—324

Verlag Chemie GmbH, Weinheim (Bergstr.)

---

**N-Wirkung von Rindergülle bzw. Jauche mit Dicyandiamid in Feldversuchen**

A. Amberger, R. Gutser und K. Vilsmeier

## N-Wirkung von Rindergülle bzw. Jauche mit Dicyandiamid in Feldversuchen

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 mehreren Feldversuchen auf tiefgründigen Lößböden wurde der Einfluß von DCD auf die N-Wirkung von Rindergülle und Jauche zu Silomais, Zuckerrüben und Rasen geprüft.

DCD hemmte die Nitrifikation des über Gülle bzw. Jauche zugeführten  $\text{NH}_4$ -Stickstoffs und verminderte dadurch die Ein- bzw. Auswaschungsverluste erheblich. Gemessen am sogenannten „ $\text{N}_{\text{min}}$ -Stickstoff“ zu Vegetationsbeginn wird der in den Gülle- bzw. Jauche + DCD-Parzellen im Boden tatsächlich vorhandene Stickstoff unterbewertet. Der Zusatz von DCD in einer Aufwandmenge von 30 kg/ha zu Gülle bzw. 15–30 kg zu Jauche verbesserte in allen Fällen die N-Wirkung der zwischen August und November bzw. im April ausgebrachten Gülle sowie der im November ausgebrachten Jauche beträchtlich.

Durch Einsatz des Nitrifikationshemmstoffes Dicyandiamid zu Gülle bzw. Jauche ist es somit möglich, den Abbau des Ammoniumstickstoffs in diesen organ. Düngemitteln – je nach Temperatur – über 2–4 Monate zu hemmen und diesen während der besonders auswaschungsgefährdeten vegetationslosen Zeit zu „konservieren“. Auf diese Weise kann die Ausnutzung des Güllestickstoffs durch die Folgefrucht erheblich verbessert werden.

### Utilization of N in cattle slurry and liquid manure with Dicyandiamide in field trials

In several field trials on deep loess soils, effects of DCD on utilization of N in cattle slurry and liquid manure by silage maize, sugar beets and turf was tested.

DCD inhibited nitrification of  $\text{NH}_4$  nitrogen added with slurry or liquid manure and thus decreased losses by infiltration or leaching considerably. If measured as so called " $\text{N}_{\text{min}}$  nitrogen" at the start of vegetation, amounts of nitrogen actually present in the soil are underrated in plots with slurry or liquid manure + DCD. Addition of DCD at a rate of 30 kg/ha to slurry and 15–30 kg to liquid manure improved in all cases utilization of N in slurry applied in April or between August and November and of liquid manure applied in November.

By use of the nitrification inhibitor Dicyandiamide as complement to slurry or liquid manure it is therefore possible to inhibit decomposition of ammonium nitrogen in these organic manures for 2–4 months depending on temperature, and to "preserve" it during periods without vegetation when soils are especially exposed to leaching. By this means, utilization of slurry-nitrogen by the following crop can be improved considerably.

## Einleitung

Durch Zusatz des Nitrifikationshemmstoffes Dicyandiamid (DCD) wird die Nitrifikation des Güllestickstoffs erheblich verzögert (*Amberger und Vilsmeier 1979*). In Neubauer-, Gefäß- und Lysimeterversuchen konnten beträchtlich geringere Nitratverluste durch Auswaschung und entsprechend höhere Erträge und N-Entzüge der Folgefurche festgestellt werden (*Amberger et al. 1982*). Eine Bilanzierung ergab in den Varianten Gülle + DCD + Stroh größere Restmengen an Güllestickstoff im Boden, die sicherlich zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit beitragen.

Diese Erkenntnisse wurden in Feldversuchen auf verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Niederschlägen (nach Höhe und Verteilung), Bodenformen, Durchwurzelungstiefen u. a. in Zusammenarbeit mit der „Süddeutschen Kalkstickstoffwerke“ AG, Trostberg, weiterentwickelt, worüber nachstehend berichtet wird.

## Versuchsanstellung, Material, Methoden

### 1. Feldversuch mit Rindergülle:

Standort Freising: tiefgründige Braunerde aus Lößlehm uL,  $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$  6.5

### Versuchsplan

Grunddüngung: 50 dt Haferstroh/ha (20.8.78), dazu nur in der Kontrolle „ohne Gülle“: 110 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha als PK-Dünger 14/24

Gülemengen, Ausbringungszeit, Nährstoffgehalte (i. Fri. S.), Gesamt-N-Gabe/ha:

Gülle $\text{m}^3$ /ha			TS %	Ges.N %	$\text{NH}_4\text{-N}$ %	kg N/ha
1) ohne Gülle						
2) 92 $\text{m}^3$	August	(25.08.78)	5.1	0.35	0.20	± 322
3) 79 $\text{m}^3$	Oktober	( 3.10.78)	5.9	0.30	0.18	± 237
4) 102 $\text{m}^3$	November	( 6.11.78)	8.1	0.36	0.20	± 366
5) 71 $\text{m}^3$	April	(17.04.79)	7.8	0.34	0.22	± 241
6) 160 $\text{m}^3$	April	(17.04.79)				± 544

57–65 % des Gesamtstickstoffs lagen in Ammoniumform vor. Die Gülle entstammte einem Milchviehbetrieb mit Bullenmast und eigener Nachzucht; Futtergrundlage: Heu, Maisstroh, Futterrüben, Kraftfutter.

DCD-Gabe: 33 kg/ha zur „Herbstgülle“  
30 kg/ha zur „Aprilgülle“

Ausbringungstermine: 6.11.78 vor der Pflugfurche bzw. 17.4.79

Die Ausbringung erfolgte (aus versuchstechnischen Gründen) als Lösung mit der Pflanzenschutzspritze.

Parzellengröße: 50 m<sup>2</sup>

Anzahl der Parallelen: 3

Versuchsfrucht: Silomais (Forla) Saat: 5.5.79

Ernte: Fahnenschieben (2.8.79)

Siloreife (3.10.79)

## 2. Feldversuch mit Jauche:

Standort Freising: tiefgründige Braunerde – Parabraunerde utL, pH<sub>(CaCl<sub>2</sub>)</sub> 7.2

### Versuchsplan

Grunddüngung: 190 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha als PK-Dünger 15/20

1) ohne Jauche

2) Jauche

3) Jauche + 15 kg DCD

4) Jauche + 30 kg DCD

Jauchemenge: 50 m<sup>3</sup>/ha

Ausbringungstermin: 3.11.–6.11.78

Nährstoffgehalte: 0.41 % Gesamt-N i. Fri. S.  $\triangleq$  205 kg N/ha

88 % des Gesamt-N war Ammoniumstickstoff

Die Jauche entstammte einem Milchviehbetrieb. Das DCD wurde der Jauche zugemischt; auf den Ackerschlägen wurde beides vor der Herbsttieffurche leicht eingegrubbert.

### Versuchsfrüchte:

	Saat	Ernte	Parzellengröße
Rasen	22.06.78	19.04./7.05./30.05./2.07./3.08.79	5 m <sup>2</sup>
Silomais	27.04.79	1.10.79	22 m <sup>2</sup>
Zuckerrüben	5.04.79	23.10.79	22 m <sup>2</sup>

Anzahl der Parallelen: 4

### Methodik

N-Untersuchungen in Gülle und Jauche (s. *Amberger, Vilsmeier und Gutser* 1982)

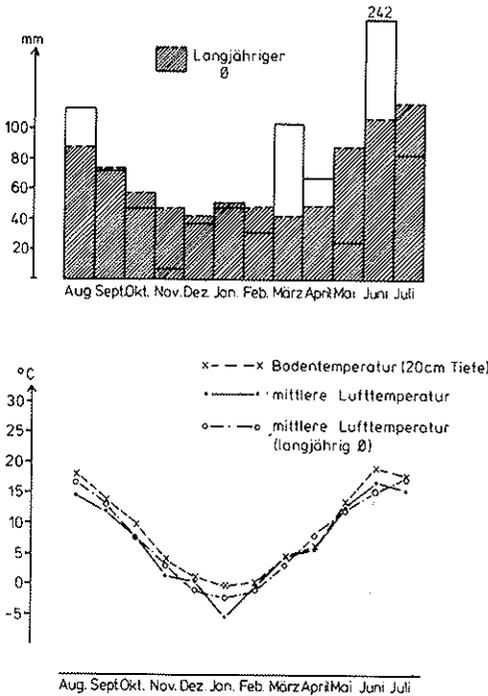
in Pflanzen: Gesamt-N nach *Kjeldahl*

im Boden: CaCl<sub>2</sub>- bzw. KCl-extrahierbarer Stickstoff (NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>)

-- N<sub>min</sub>-Methode (*Gutser und Teicher* 1976)

### Witterungsdaten:

Für beide Versuchsstandorte waren entsprechend den Messungen der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle Weihenstephan die Herbst- und Wintermonate 78/79 bis einschließlich Februar teils erheblich trockener als im langjährigen Mittel (November). Sehr naß waren dagegen die Monate März und insbesondere Juni 1979. Die Lufttemperaturen lagen mit Ausnahme von Dezember, Februar, März und Juni etwas niedriger gegenüber dem langjährigen Vergleichswert (Abb. 1).



**Abbildung 1:** Niederschläge, Luft- und Bodentemperaturen August 1978 – Juli 1979

**Figure 1:** Rainfall, air and soil temperatures August 1978 to July 1979

## Ergebnisse

### 1. Feldversuch mit Rindergülle zu Silomais

Von Oktober 1978 bis Ende Juni 1979 wurden Nitrat und Ammonium ( $\text{CaCl}_2$ -lösl.  $N_{\min}$ ) im 90 cm Bodenprofil untersucht (Abb. 2 und 3).

Die durch DCD bewirkte Nitrifikationshemmung äußerte sich demnach erwartungsgemäß in höheren Ammoniumwerten (Abb. 2, Beispiel „November-Gülle“) und deutlich geringeren Nitratgehalten des Bodens. Nach KCl-Extraktion lagen die  $\text{NH}_4$ -Werte z. T. merklich höher. Ein Teil des durch DCD „konservierten“ Ammoniumstickstoffs der Gülle wurde vermutlich im Herbst während der Strohrotte (s. Methodik) entweder biologisch festgelegt oder an anorganischen Sorptionsträgern stärker gebunden und konnte deshalb mit der  $N_{\min}$ -Methode nicht erfaßt werden. Gemessen an den Erträgen und N-Entzügen der Pflanzen (s. Tab. 1 und 2) wird nämlich das N-Potential der Parzellen mit Gülle und DCD im Vergleich zur Kontrolle ohne DCD durch die  $N_{\min}$ -Methode zu Vegetationsbeginn (April, Mai) offenbar häufig unterbewertet. „Gülle ohne DCD“ führte unabhängig vom Anwendungszeitpunkt im Boden stets zu einem mehr oder minder schnellen und hohen Anstieg der Gehalte an Nitrat (Abb. 3), das dann im Winter und zeitigen Frühjahr je nach Standort mehr oder weniger tief ein- bzw. ausgewaschen werden kann.

Beispiel: "November-Gülle" (102 m<sup>3</sup>=366 kg Ges.-N bzw. 203 NH<sub>4</sub>-N/ha) ± 30 kg DCD/ha

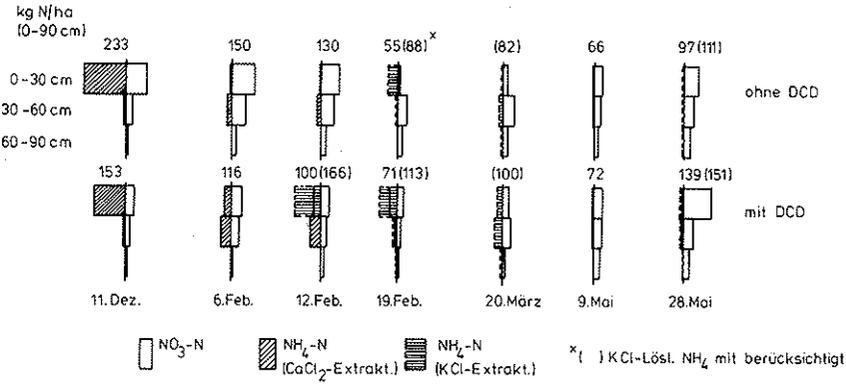


Abbildung 2: N<sub>min</sub>-Mengen (NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>) in verschiedenen Bodentiefen während der vegetationslosen Zeit

Figure 2: Amounts of N<sub>min</sub> (NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>) in different depths of soil during time without vegetation

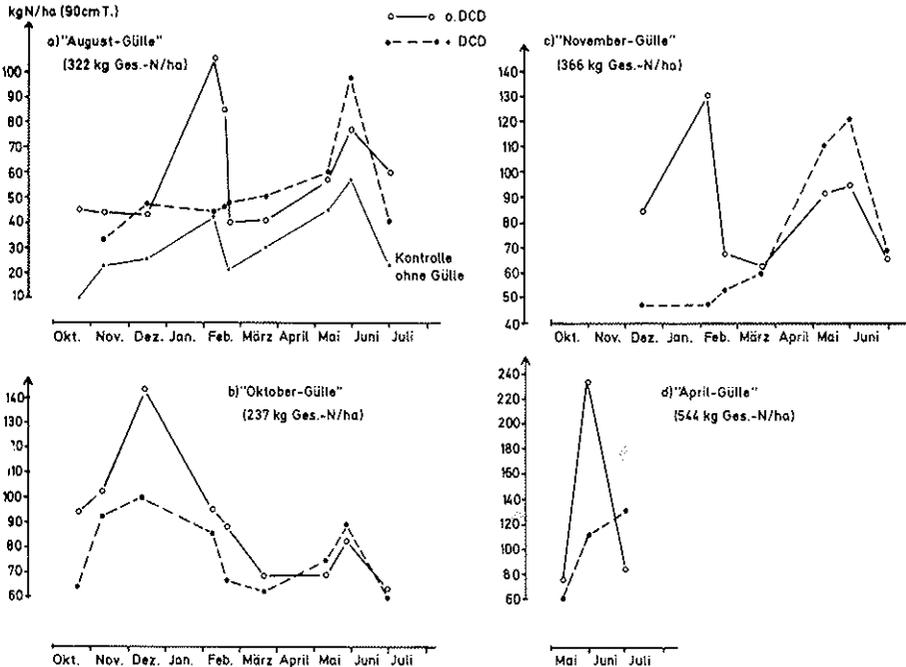


Abbildung 3: Nitratmengen in 90 cm tiefem Bodenprofil nach GÜlledüngung ohne und mit DCD-Applikation

Figure 3: Amounts of nitrate in a soil profil of 90 cm after application of slurry ± DCD

DCD verzögerte den Nitrifikationsprozeß des Güllestickstoffs merklich. Zu Vegetationsbeginn (April, Mai) aber wiesen die Varianten „Herbstgülle + DCD“ ein deutlich höheres Nitratangebot für die folgenden Kulturpflanzen auf („N-Konservierung“ über den Winter durch DCD). Auch zu „Aprilgülle“ appliziertes DCD verzögerte die Nitratbildung sehr stark und verminderte dadurch die Gefahr der Nitratauswaschung während des Jugendwachstums der Folgefrucht (im Monat Juni 240 mm Niederschläge!).

Die DCD-Applikation führte sowohl zum Zeitpunkt des Fahnenschiebens (Tab. 1) als auch zur Siloreife (Tab. 2) zu einem meist gesicherten Anstieg der Erträge und N-Entzüge von Mais gegenüber „ohne DCD“. Lediglich im Kontrollglied „ohne Gülle“ sowie in Kombination mit „Oktobergülle“ brachte DCD zumindest bei späterer Ernte keine zusätzliche Wirkung.

**Tabelle 1:** Erträge und N-Entzüge von Silomais nach Gülledüngung ohne und mit DCD-Applikation; Erntezeitpunkt: Fahnenschieben

**Table 1:** Yields and N uptake of silage maize without and with application of DCD; harvest stage: emergence of tassels

Gülle		Ertrag (dt TS/ha)		N-Entzug (kg/ha)	
Zeitpunkt und Menge (kg Ges. N/ha)		- DCD	+ DCD	- DCD	+ DCD
ohne Gülle		29.4	31.6	27	28
August	(322 N)	46.1	49.9	48	60
Oktober	(237 N)	39.5	41.1	46	52
November	(366 N)	46.2	56.1	56	71
April	(N <sub>1</sub> = 241 N)	43.7	47.3	46	59
April	(N <sub>2</sub> = 544 N)	58.2	64.4	62	78
GD <sub>5</sub> %		7.4		8	
∅		43.9	48.4	47	58
GD <sub>5</sub> %		3.0		3	

Die hohe Güllegabe im April zusammen mit DCD führte zu den höchsten N-Entzügen, vor „November-Gülle“ + DCD.

Die nach der üblichen Berechnung (Mehrentzug gegenüber N<sub>0</sub> in % der Düngermenge) ermittelte Ausnutzung des Güllestickstoffs (Tab. 3) verdeutlicht die günstige Wirkung des DCD-Zusatzes zur Gülle.

Je nach Bewertungsgrundlage (Gesamt-N oder NH<sub>4</sub>-N) wurde demnach der Güllestickstoff im 1. Jahr zu 8–20 % auf Basis Gesamt-N bzw. 14–33 % auf Basis NH<sub>4</sub>-N ausgenutzt (unterschiedlich hohe Güllegaben (s. Versuchsanstellung) zu den jeweiligen Terminen beeinträchtigen etwas die exakte Vergleichbarkeit dieser Zahlen).

**Tabelle 2:** N-Entzüge von Silomais nach Gülleedüngung ohne und mit DCD-Applikation; Erntezeitpunkt: Siloreife – (kgN/ha)**Table 2:** N uptake of silage maize after application of slurry ± DCD harvest stage: ensiling maturity (kgN/ha)

Zeitpunkt der Güllegabe	Kolben		Stengel		Gesamtpflanze	
	– DCD	+ DCD	– DCD	+ DCD	– DCD	+ DCD
ohne Gülle	61	52	21	23	82	76
August	73	88	31	33	104	121
Oktober	91	91	30	32	122	123
November	93	103	39	41	132	144
April(N <sub>1</sub> )	81	87	31	41	112	128
April(N <sub>2</sub> )	105	124	46	57	151	181
GD <sub>5</sub> %		6		3		11
φ	84	91	33	38	118	129
GD <sub>5</sub> %		3		2		5

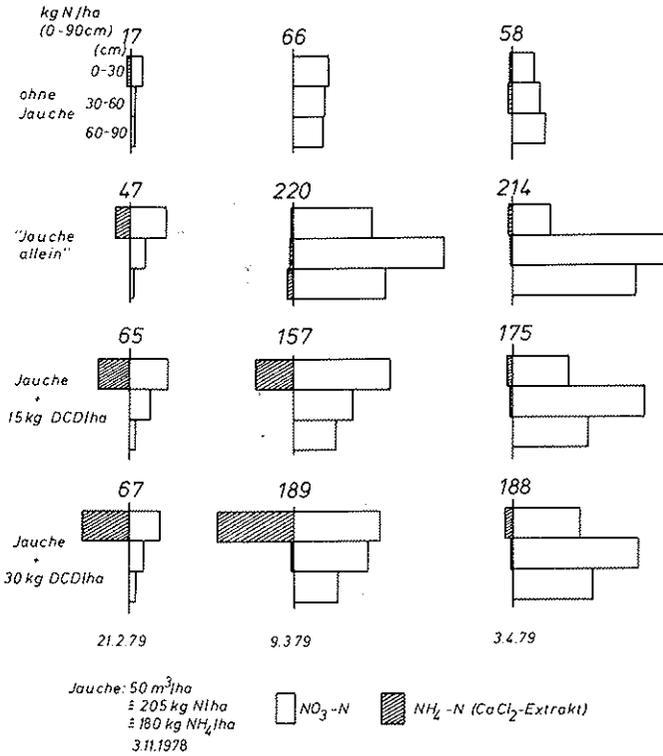
**Tabelle 3:** Ausnutzung des Güllestickstoffs durch Silomais ohne und mit DCD (%)**Table 3:** Utilization of slurry N by silage maize ± DCD (%)

Gülle Zeitpunkt und Menge (kg Gesamt-N/ha)	Bezugsbasis			
	Gesamt-N		NH <sub>4</sub> -N	
	– DCD	+ DCD	– DCD	+ DCD
August (322 N)	8	13	14	23
Oktober (237 N)	18	19	30	31
November (366 N)	14	18	25	33
April (241 N)	14	20	22	31
April (544 N)	13	19	20	29

#### 4. Feldversuch mit Jauche zu verschiedenen Pflanzen

Die Jauchedüngung führte zu einem deutlichen Anstieg des leichtlöslichen (CaCl<sub>2</sub>-extrahierbaren) Stickstoffs im Boden (Abb. 4).

In der Variante „ohne DCD“ ist am 21. Februar nur noch eine geringe Menge NH<sub>4</sub>-Stickstoff nachzuweisen. Durch steigende DCD-Mengen (15–30 kg/ha) wird die Nitrifikation des Jauchestickstoffs sehr deutlich verzögert. Anfang November wurden 180 kg NH<sub>4</sub>-N zugeführt, am 9. März (also ca. 4 Monate nach der Jauchedüngung) waren bei doppelter DCD-Gabe noch 54 kg NH<sub>4</sub>-N in der oberen Bodenschicht nachzuweisen. Zu Vegetationsbeginn wurden auf den „Jaucheparzellen ohne DCD“ um 30–50 kg N/ha mehr N<sub>min</sub> (NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>) gemessen aufgrund höherer Nitratgehalte in der mittleren (30–60 cm)



**Abbildung 4:** N<sub>min</sub>-Mengen (NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>) in verschiedenen Bodentiefen während der vegetationsfreien Zeit nach Jauchedüngung ± DCD

**Figure 4:** Amounts of N<sub>min</sub> (NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>) in different depths of soil during vegetationless time after application of liquid manure ± DCD

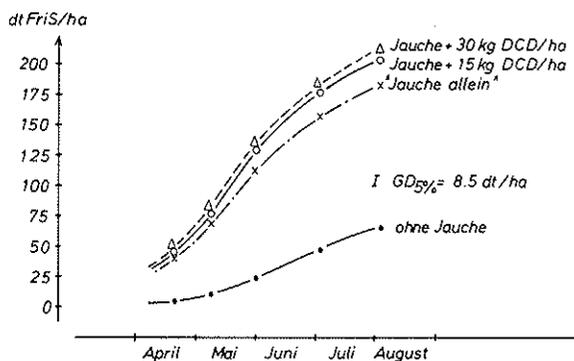
und unteren (60–90 cm) Bodenschicht als auf den Vergleichsgliedern mit DCD. Dieses Ergebnis steht aber in einem gewissen Widerspruch zu den N-Aufnahmen der Versuchspflanzen (s. später). „Jauche allein“ zeigte eine gute Wirkung zu Silomais, Zuckerrüben (Tab. 4) und Rasen (Abb. 5) und erreichte gegenüber der Kontrolle gesicherte Mehrerträge.

Durch steigende DCD-Gaben wurde die N-Wirkung der Jauche meist signifikant erhöht. Jauche + 30 kg DCD/ha erzielte in allen Fällen die höchsten Gesamterträge. Die Erträge an Rübenblatt wurden durch DCD dagegen nicht weiter gesteigert.

Die Tatsache, daß durch DCD-Applikation höchste Erträge erzielt wurden, obwohl geringere Mengen an löslichem mineralischen Stickstoff im Boden zu Vegetationsbeginn durch die N<sub>min</sub>-Methode ausgewiesen wurden, lassen den Schluß zu, daß diese Untersuchungsmethode das N-Potential dieser Standorte nach Gülledüngung nicht richtig wiedergibt.

**Tabelle 4:** Wirkung von Jauche  $\pm$  DCD zu Silomais und Zuckerrüben  
**Table 4:** Effect of liquid manure  $\pm$  DCD on silage maize and sugar beets

	Ertrag (dt Fri.S./ha)				GD <sub>5</sub> %
	ohne Jauche	Jauche allein	Jauche + 15 kg DCD/ha	Jauche + 30 kg DCD/ha	
Silomais					
Stengel	240	286	321	338	26
Kolben	155	187	205	211	19
Summe	395	473	526	549	—
Zuckerrüben					
Blätter	178	359	324	352	55
Rüben	516	633	650	665	40
Summe	694	993	974	1017	—



**Abbildung 5:** Erträge von Rasen (5 Schnitte) nach Jauchedüngung ohne und mit DCD

**Figure 5:** Yields of turf (5 cuts) after fertilizing with liquid manure  $\pm$  DCD

## Diskussion

In Feldversuchen auf tiefgründigen Braunerden konnte gezeigt werden, daß durch DCD-Zugabe die N-Wirkung von Gülle und Jauche zu verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen gesichert verbessert werden kann. Bereits 15 kg DCD/ha zeigten eine gute Wirkung (Applikation im November), eine Verdoppelung der Gabe erwies sich als noch wirkungsvoller. Die nitrifikationshemmende Wirkung von DCD ließ sich durch  $N_{\min}$ -Untersuchungen im Bodenprofil eindeutig nachweisen; nach DCD-Applikation zu Gülle oder Jauche konnten über längere Zeit hinweg höhere  $NH_4$ - und folglich geringere  $NO_3$ -Gehalte in den Böden festgestellt werden. DCD verminderte erheblich die Auswaschungsfahr des im Herbst/Winter bzw. im zeitigen Frühjahr ausgebrachten Gülle- bzw. Jauchestickstoffs. Die längere Verweildauer des Ammoniumstickstoffs im

Boden zusammen mit einer Strohdüngung kann offensichtlich zu einer stärkeren biologischen Festlegung bzw. Sorption von  $\text{NH}_4^+$ -N am anorganischen Komplex des Bodens (Braunerde aus Löß) führen, so daß dieser Stickstoff nach der üblichen Extraktion ( $\text{CaCl}_2$ ) durch die  $N_{\text{min}}$ -Methode nur teilweise erfaßt wird. Daraus resultiert eine mögliche Unterbewertung des N-Potentials mit Gülle versorgter Böden. Das stärkere Desorptionsmittel KCl weist dagegen zumindest zeitweilig höhere Mengen an „verfügbarem“  $\text{NH}_4$  aus.

Eine Aussage über die Verfügbarkeit dieses (anorganisch oder organisch) „konservierten“ Stickstoffs läßt sich nur in mehrjährigen Versuchen machen. Mehrmalige Anwendungen von Gülle + DCD können zu einer stärkeren Anreicherung des Bodens mit Stickstoff und damit zu einem höheren Angebot an die Pflanze führen.

Aus den bisher durchgeführten Gefäß- und Feldversuchen lassen sich für einen gezielten Einsatz von Flüssigmist und Jauche folgende Empfehlungen geben:

Flüssige organische Dünger sollen im *Spätsommer/Herbst* möglichst in Kombination mit Stroh- bzw. Gründüngung angewendet werden. Der auf diese Weise biologisch fixierte Stickstoff ist jedoch im Frühjahr noch nicht pflanzenverfügbar und wird während der Vegetationszeit zum Teil mineralisiert (Berücksichtigung in späteren N-Düngungsmaßnahmen).

Durch Einsatz des Nitrifikationshemmstoffes DCD können die hohen N-Auswaschungsverluste nach *Gülledüngung im August – September* deutlich vermindert werden. Die Wirkung ist umso größer, je später (z. B. im Oktober/November) das DCD ausgebracht wird aufgrund eines (temperaturbedingten) langsameren Abbaues.

Die Applikation von *Gülle im Oktober/November* oder auf den noch gefrorenen Boden ausgangs Winters bzw. im zeitigen Frühjahr zusammen mit 20–30 kg DCD/ha verringert die Nitratverluste aus der Gülle ganz erheblich und sichert damit eine gute N-Wirkung für die Folgefrucht (häufig Mais oder Zuckerrüben).

## Literatur

- Amberger, A., Gutser, R. und K. Vilsmeier* (1982): N-Wirkung von Rindergülle unter Zusatz von Dicyandiamid bzw. Stroh in Gefäß- und Lysimeterversuchen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde. **145**, 337–346.
- 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 Güllen und deren Wirkung im Pflanzenversuch. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde. **145**, 325–336.
- Gutser, R. und K. Teicher* (1976): Veränderungen des löslichen Stickstoffs einer Ackerbraunerde unter Winterweizen im Jahresverlauf. Bayer. Landw. Jb. **53**, 215–266.

[P4124P]