

Stickstofffraktionen verschiedener Gülle und deren Wirkung im Pflanzenversuch

A. Amberger, K. Vilsmeier und R. Gutser

Institut für Pflanzenernährung, TU München-Weihenstephan, 8050 Freising

Eingegangen: 9.2.1982

Angenommen: 6.3.1982

Zusammenfassung – Summary

Der Gesamtstickstoff von Gülle verschiedener Tierarten wurde durch Fraktionierungsmethoden aufgliedert und dann die Wirksamkeit des organischen N im Gefäßversuch geprüft.

Der Gesamt-N-Gehalt der Rindergülle lag bei 0.44 % auf Basis 10 % TS; Schweine- und Hühnergülle erreichten nahezu doppelt so hohe Werte.

Der Ammonium-N betrug in derselben Reihenfolge ca. 45–70 % des Gesamt-N.

Das C/N-Verhältnis war in der Rindergülle 8–10, in der ammoniumreicheren Schweine- und Hühnergülle ca. 4.

Der weitaus größte Anteil des verbliebenen organischen N ist mit 6 n HCl „hydrolysierbarer N“, vornehmlich Mikroorganismenstickstoff, der wiederum zur Hälfte als Aminosäure-N ausgewiesen werden konnte.

Nach der Humusfraktionierung waren jeweils 28 bis 37 % des organischen N Fulvosäure-N, 32 bis 44 % Huminsäure-N und 19 bis 32 % Humin-N.

Die Mineralisierung des organischen (weitgehend ammoniumfreien) N erreichte in einem Bebrütungsversuch unter kontrollierten Bedingungen selbst nach 40 Wochen, trotz eines relativ engen C/N-Verhältnisses (13), nur 17 % (Schweinegülle) bzw. 22 % (Hühnergülle) bzw. 27 % (Rindergülle).

In kurzfristigen Pflanzenversuchen mit Grünmais und Grünhafer in Neubauer- sowie Weidelgras in Mitscherlichversuchen mit sehr intensiver Nutzung (3 Aufwüchse) brachten alle Gülle auf Basis organischer N nur sehr geringe Mehrerträge und N-Entzüge (maximal 5–10 %) gegenüber der Kontrolle.

„Belüftete“ Rindergülle zeigte eine etwas bessere Mineralisierung und Verwertung des organischen N im Pflanzenversuch.

Fractions of Nitrogen in various types of slurry and their effects in vegetation trials

Total Nitrogen in slurry of different animal species was separated by fractionating methods, and effectiveness of the organic N was then tested in pot trials.

Total N content of cattle slurry was 0.44 % based on 10 % dry matter; pig and chicken slurry almost reached values twice as high.

Ammonium-N amounted (in the same order) to 45–70 % of total N.

The C/N-ratio was 8–10 in cattle slurry, and about 4 in pig and chicken slurry which are richer in ammonium.

The biggest part of the residual organic N is, “6 n HCl – hydrolyzable N”, mainly microorganism nitrogen, half of which could be analyzed as amino acid N.

After fractionating of humus, 28 to 37 % of organic N appeared as fulvic acid N, 32 to 44 % as humic acid N, and 19–32 % humine N.

Mineralization of organic N (largely free of ammonium) in an incubation trial under controlled conditions was only 17 % (pig slurry) resp. 22 % (chicken slurry) resp. 27 % (cattle slurry) within 40 weeks, in spite of a relatively small C/N-ratio (13).

In short term vegetation trials with green maize and green oats in Neubauer- resp. rye grass in Mitscherlich experiments with a very intensive utilization (3 cuttings), all types of slurry gave only very small raises (max. 5–10 %) in yields and N removals as compared to the control on the basis of organic N.

In one set of experiments with "aerated" cattle slurry, a somewhat better mineralization and utilization of organic N in vegetation trials could be observed.

Einleitung

Untersuchungen über den Stickstoff in der Gülle beschränken sich in der Regel auf die Bestimmung des Gesamt-N, seltener Ammonium-N (*Wedekind und Koriath 1969; Asmus et al. 1971; Tietjen und Vetter 1972; Furrer et al. 1974; Vetter und Klasink 1975; Maas und Belau 1978*). Darüber hinaus ist uns keine weitere Aufschlüsselung des organischen-N bekannt, obwohl dessen Anteil nicht unerheblich ist. Über den Abbau und die Wirksamkeit der verschiedenen (insbesondere organischen) N-Fractionen im Pflanzenversuch bestehen weit auseinandergehende Vorstellungen.

Wir haben daher zunächst eine Fraktionierung des Gesamtstickstoffs von Güllen verschiedener Tierarten vorgenommen, nämlich Rindergülle (RG „unbelüftet“ und „belüftet“ entsprechend derzeit häufig geführter Diskussionen), Schweinegülle (SG) und Hühnergülle (HG) und dann deren Mineralisierung in Brutversuchen bzw. Wirksamkeit in Pflanzenversuchen geprüft.

Material, Methodik, Versuche

1. Material

Rindergülle aus einem Betrieb mit Milchkuh- und Jungviehhaltung; Fütterung: Cops, Heu und Kraftfutter

Ein Teil der Gülle (ca. 50 m³) wurde mit einem Sogbelüfter (Aldo P 100) ca. 24 Tage lang intensiv belüftet.

Schweinegülle aus einem Mastschweinebetrieb; Futtergrundlage: Maisschrot

Hühnergülle aus einer Legehennenhaltung auf Fertigfutterbasis.

Die Untersuchungen erfolgten normalerweise in der frischen Gülle; dann wurden die Werte wegen der besseren Vergleichbarkeit einheitlich auf eine Gülle mit 10 % TS umgerechnet. Nach unseren Erfahrungen können selbst nach Einfrieren auf –30 °C weitere Umsetzungen nicht ausgeschlossen werden. Die organischen Stickstofffraktionen wurden in der gefriergetrockneten Gülle bestimmt und wiederum auf Gülle mit 10 % TS umgerechnet. Durch den Trocknungsvorgang konnten nämlich ca. 90–95 % des gesamten (für die weiteren Untersuchungen störenden) NH₄-N entfernt werden.

2. Methodik

a) Untersuchungen in Gülle:

Gesamt-N: nach Kjeldahl

Harnstoff: kolorimetrisch mit Urease und Phenolhypochlorit bei 546 nm (*Bernt und Bergmeyer* 1970)

Ammonium: mit ionenselektiver Elektrode (Orion Modell 95–10) oder nach Destillation mit MgO bzw. NaOH oder kolorimetrisch wie Harnstoff (jedoch ohne Ureasezusatz)

Ammoniak: mit ionenselektiver Elektrode

Nitrit: kolorimetrisch mit Sulfanilamid und N-(1-Naphtyl)-äthylendiamin bei 546 nm (*Anonym* 1975)

Nitrat: kolorimetrisch mit 2,4-Dimethylphenol bei 436 nm (*Balks und Reekers* 1960)

„Fällbarer N“: Fällung mit Trichloressigsäure (TCE) und N-Bestimmung nach *Kjeldahl* (*Schwarze* 1954 modifiziert nach *Krzywon* 1976)

„Löslicher N“: Kjeldahlaufschluß der TCE-Filtrate

„Hydrolysierbarer N“: Kochen (6 h) mit 6 n HCl, Filtration und Kjeldahlaufschluß des Filtrates

„Nicht hydrolysierbarer N“: Kjeldahlaufschluß des Rückstandes

„Eiweiß-N“: Extraktion und Fraktionierung (nach *Osborne*) nacheinander mit H₂O, 5 % K₂SO₄, 55 % Propanol, CH₃OH/n: 10 KOH = 1 : 1 (*Osborne* 1907)

„Humusfraktionierung“: nach *Schlichting* und *Blume* (1966)

Aminosäure-N: nach Hydrolyse im Aminosäureanalysator (Biotronik LC 6000)

b) Untersuchungen im Boden:

Nitrat: mit ionenselektiver Elektrode (Orion Modell 72–07)

Ammonium: mit ionenselektiver Elektrode (Orion Modell 95–10)

c) Untersuchungen in Pflanzen:

Gesamt-N nach *Kjeldahl*

3. Versuche

mit gefriergetrockneter, nahezu ammoniumfreier Gülle

a) Bebrütungsversuche:

Boden: Lößbraunerde, pH_(CaCl₂) 6.5; 100 g Boden je 300 ml PVC-Flasche

Güllegaben/Gefäß: 20 mg organischer N als gefriergetrocknete Gülle

Bodenfeuchtigkeit: ca. 60 % der vollen Wasserkapazität (d.v. WK)

Temperaturen: 5 – 20 – 25 °C

Bebrütungszeit: 1 – 2 – 3 Tage, 2 – 4 – 10 – 20 – 40 Wochen

b) *Pflanzenversuche* in Neubauergefäßen:

Boden: Lößbraunerde, $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$ 6.5; 600 g Boden-Quarzsandgemisch (1:1) je Gefäß

Pflanzen: a) Mais (5 Wochen)

b) 2 × Hafer (je 5 Wochen)

(nach 1. Ernte 6 Wochen aerobe Bebrütung bei 22 °C)

Versuchsdüngung: 1) Kontrolle (ohne Gülle)

2) 75 bzw. 150 mg organischer-N als gefriergetrocknete Gülle

3) 37.5 – 75 – 150 mg N als NH_4NO_3

Parallelen: 6

c) *Pflanzenversuche* in Mitscherlichgefäßen:

Boden: Lößbraunerde, $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$ 6.5; 7.5 kg je Gefäß

Pflanzen: Weidelgras (Perma) – 3 Aufwüchse

Grunddüngung: P, K, Mg optimal

Versuchsdüngung: 1) Kontrolle (ohne Gülle)

2) 1.5 g N als gefriergetrocknete Gülle

3) 0.375 – 1.5 g N als NH_4NO_3

Parallelen: 5

Ergebnisse

1. *pH*, Trockensubstanz (TS), Gesamt-N und anorganische N-Formen (Tab. 1)

Die *pH*-Werte der untersuchten Güllen liegen über 7; die *TS-Gehalte* von Rinder- und Schweinegülle betragen 5–6 %, die der Hühnergülle dagegen fast 20 %. Durch die Belüftung steigt der *pH*-Wert der Rindergülle auf 8.2 an, die *TS* geht auf 5.0 % zurück. Der *Gesamt-N-Gehalt* der Rindergülle liegt bei 0.44 %; die durch Belüftung verursachten Ammoniakverluste führen zu einer Absenkung auf 0.36 %. Schweine- und Hühnergülle weisen nahezu doppelt so hohe Werte auf.

Harnstoff konnte in keinem Falle nachgewiesen werden (s. auch *Amberger* und *Vilsmeier* 1979)!

Der *Ammonium-N* wurde auf verschiedene Weise ermittelt, nicht zuletzt, um die von uns häufig verwendete Bestimmung mit der Ammoniakelktrode gegenüber anderen Analysenverfahren zu prüfen. Aus labilen organischen Verbindungen kann NH_3 bekanntlich auch während des Untersuchungsvorganges abgespalten werden und dadurch die Werte nicht unerheblich verfälschen. Die NH_3 -Elektrode führt zu nahezu gleichen Werten wie die kolorimetrische Methode bzw. die für MgO -abspaltbares NH_4 , dagegen wird durch NaOH (wie bekannt) etwas mehr NH_3 abgespalten.

Somit liegen in der unbelüfteten Rindergülle etwa 43 % des gesamten Stickstoffs als Ammonium-N vor; durch eine sehr intensive Belüftung wird dieser aber auf etwa die Hälfte vermindert. Schweine- bzw. Hühnergülle sind dagegen wesentlich reicher an Ammonium, nämlich etwa 2/3 des Gesamt-N.

In allen Gülle konnten geringe Mengen freies NH_3 (5–10 % des gesamten NH_4) nachgewiesen werden, am meisten wiederum in Schweine- und Hühnergülle.

Für die Bildung von *Nitrit* und *Nitrat* liegen in Gülle allgemein äußerst ungünstige – da vorwiegend anaerobe – Bedingungen vor; die entsprechenden Gehalte sind daher sehr niedrig. Durch die Belüftung wird zwar der Nitratgehalt der Rindergülle deutlich erhöht; der Anteil dieser Fraktionen ist aber nach wie vor unbedeutend.

Demnach besteht der anorganische Stickstoff aller Gülle nahezu ausschließlich aus $\text{NH}_4\text{-N}$.

Tabelle 1: pH, Trockensubstanz, Gesamt-N und anorganische N-Fractionen umgerechnet auf eine Gulle mit 10 % Trockensubstanz

Table 1: pH, dry matter, total N and inorganic N fractions calculated on basis of slurry with 10 % dry matter

Gülleart	pH	TS %	Gesamt-N	$\text{NH}_4\text{-N}$ %				$\text{NH}_3\text{-N}$ %	$\text{NO}_2\text{-N}$ mg/100 g Gulle	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/100 g Gulle
				Elektrode	kolor.	MgO	NaOH abspaltb.			
Rindergülle unbelüftet	7.5	6.2	0.44	0.19	0.19	0.19	0.21	0.01	0.16	4.2
	8.2	5.0	0.36	0.09	0.09	0.10	0.12	0.01	0.20	10.5
Schweine- gülle	7.2	4.9	0.86	0.57	0.58	0.57	0.60	0.04	0.07	2.1
Hühner- gülle	7.3	19.3	0.71	0.48	0.49	0.51	0.53	0.05	0.05	0

2. C/N-Verhältnis und organische N-Formen (Tab. 2)

Das C/N-Verhältnis beträgt in frischer Rindergülle etwa 8; durch intensive Belüftung (N-Verluste!) steigt es auf 10 an. Diese Werte entsprechen etwa denen in tätigen Böden. Der höhere Gehalt an Gesamt-N und Ammonium-N der Schweine- und Hühnergülle (s. Tab. 1) läßt ein sehr viel engeres C/N-Verhältnis (ca. 4) erwarten.

In gefriergetrockneten Gülle (nicht aufgeführt) findet sich ein deutlich weiteres C/N-Verhältnis (13–14) aufgrund der dadurch verursachten Ammoniumverluste.

Der „hydrolysierbare Stickstoff“ (mit 6 n HCl) wird im allgemeinen als Mikroorganismenstickstoff angesehen. Dieser beträgt in frischer Rindergülle 0.20 %, macht somit den weitaus größten Anteil des organische Stickstoffs aus und entspricht in der Menge etwa dem Ammoniumstickstoff (Tab. 1). Durch Belüftung nimmt er vor allem relativ zu, bedingt durch die Ammoniumverluste. In Schweine- und Hühnergülle finden sich kaum höhere absolute Gehalte an „hydrolysierbarem N“. Damit wird indirekt bestätigt, daß der höhere Gesamt-N-Gehalt dieser Gülle in erster Linie durch deren höheren Ammoni-

Tabelle 2: C/N-Verhältnis und organische N-Formen umgerechnet auf eine Gülle mit 10% Trockensubstanz**Table 2:** C/N ratio and organic N forms calculated on basis of slurry with 10% dry matter

Gülleart	C/N	organ.-N %	„hydrol.-N“			„nicht hydrol.-N“		„TCE-fällb. N“			„TCE-lösl. N“		
			N %	C/N	AS-N %	N %	C/N	N %	C/N	AS-N %	N %	C/N	AS-N %
Rinder- gülle													
unbelüftet	8	0.25	0.20	9	0.12	0.04	48	0.18	8	0.11	0.03	10	0.003
belüftet	10	0.28	0.22	7	0.14	0.05	38	0.20	7	0.13	0.03	7	0.001
Schweine- gülle	4	0.27	0.23	7	0.15	0.04	48	0.19	7	0.15	0.06	6	0.002
Hühner- gülle	4	0.25	0.22	8	0.10	0.03	33	0.13	11	0.08	0.08	4	0.005

(AS-N = Aminosäuren-N)

umanteil zustande kommt. 45–65% des „hydrolisierbaren Stickstoffs“ lassen sich als Aminosäure-N ausweisen mit einem ziemlich gleichbleibenden C/N-Verhältnis. Der verbleibende „nicht hydrolisierbare Rest“, vermutlich heterozyklische Verbindungen, ist in allen Güllen sehr niedrig und weist nur in der Hühnergülle ein wesentlich engeres C/N-Verhältnis auf (vermutlich aufgrund der andersartigen Zusammensetzung des Futters).

Eine vergleichsweise schwächere Behandlung der Güllen mit Trichloressigsäure führt zu Werten an TCE-fällbarem N, die nur ca. 60 (HG) bis 80 (SG) bis 90% (RG) des „hydrolisierbaren N“ erreichen. Die Extraktion des „Eiweiß-N“ nach Osborne nacheinander mit verschiedenen Lösungsmitteln (s. Methodik) brachte keine wesentlich neuen Erkenntnisse (Ergebnisse sind daher nicht aufgeführt). Die geringen Gehalte an „TCE-fällbarem“ N in Schweine- und vor allem Hühnergülle zugunsten höherer Gehalte an „TCE-löslichem“ N dürften wohl bedingt sein durch unterschiedliche Fütterung und ein spezifisches Aufschließungsvermögen der Tierarten. Die Unterscheidung in „TCE-fällbarem“- und „TCE-löslichem“ N bringt letztlich aber keinen wesentlichen Informationsgewinn über die organischen N-Fractionen in den Güllen. Somit dürfte dem „hydrolisierbaren N“, als einer durch ähnliche Untersuchungen in Böden bekannten Größe, die größte Aussagekraft zukommen sowohl im Hinblick auf den Umsatz im Boden als auch auf eine daraus möglicherweise abzuleitende Verwertbarkeit durch die Pflanzen.

Versucht man den Güllestickstoff nach der üblichen Humusfraktionierung zu charakterisieren, dann ergibt sich folgendes Bild (Tab. 3): ca. 28–37% des gesamten organischen N der Güllen ist Fulvosäure-N. Im Hydrolysat dieser Fraktion können 86 bzw. 57% (RG

Tabelle 3: „Humusfraktionierung“

Table 3: „Fractionating of humus“

Gülleart	Fulvosäure-Fraktion			Huminsäure-Fraktion			Humin-Fraktion		
	Gesamt-N %	hydrol.-N* %	nicht hydrol.-N %	Gesamt-N %	hydrol.-N* %	nicht hydrol.-N %	Gesamt-N %	hydrol.-N* %	nicht hydrol.-N %
Rindergülle									
unbelüftet	0.07	0.06	0	0.11	0.06	0.03	0.07	0.06	0.01
belüftet	0.07	0.04	0	0.11	0.08	0.03	0.09	0.06	0.02
Schweinegülle	0.10	0.06	Spur	0.10	0.07	0.02	0.05	0.03	0.01
Hühnergülle	0.09	0.08	Spur	0.08	0.06	0	0.06	0.04	0.02

* Aminosäure-N und während der Hydrolyse abgespaltener $\text{NH}_4\text{-N}$

unbelüftet bzw. belüftet), 60 % (SG) und 89 % (HG) als Amino-N bzw. während der Hydrolyse abgespaltener $\text{NH}_4\text{-N}$ ermittelt werden mit C/N-Verhältnissen zwischen 7 und 8 für Rinder- und Hühner- bzw. 13 für Schweinegülle.

Der Anteil des *Huminsäure-N* am gesamten organischen N beträgt 44 % (RG), 37 % (SG) bzw. 32 % (HG); ca. 3/5–4/5 davon können wiederum als Amino- bzw. abspaltbarer $\text{NH}_4\text{-N}$ definiert werden. Der noch verbleibende N beträgt in Rinder- und Schweinegülle 20 bis 27 %, in Hühnergülle ist ein solcher nicht nachzuweisen. Die C/N-Verhältnisse der Huminsäurefraktion liegen etwa zwischen 5 und 10.

Die *Humine* machen 19–32 % des gesamten organischen N aus; nach Hydrolyse sind 2/3 bis 4/5 davon als Amino- bzw. abgespaltener $\text{NH}_4\text{-N}$ nachzuweisen. Die noch verbleibenden Reste (14–40 %) dürften heterozyklische Verbindungen sein.

3. Mineralisierung und Nitrifizierung des organischen Güllestickstoffs

Über den zeitlichen Ablauf der Nitrifikation des Ammonium aus anorganischen oder organischen Düngemitteln bestehen ziemlich klare Vorstellungen. Um aber die Mineralisation und Nitrifikation organischer Fraktionen in den verschiedenen Gülle besser verfolgen zu können, wurde aus diesen durch Gefriertrocknung das Ammonium zunächst weitgehend entfernt (s. Methodik) und dann Bebrütungsversuche angesetzt unter nahezu optimalen Bedingungen auf der Basis von 20 mg N/100 g Boden (Tab. 4).

Der zugesetzte, in der Hauptsache organische Gülle-N wird in allen Fällen nur in sehr geringem Umfang nitrifiziert. Unbelüftete Rindergülle, Schweine- und Hühnergülle führen innerhalb der ersten 4 Wochen der Bebrütung sogar zu einer geringen Blockierung

Tabelle 4: Nitrifikation des organischen Gülle-N im Bebrütungsversuch – Ansatz: 100 g Boden + 20 mg Gülle-N, 25°C, 60 % d.v. WK

Table 4: Nitrification of organic slurry N in incubation trials – Exp.data: 100 g soil + 20 mg slurry-N, 25°C, 60 % of total water capacity

Untersuchung nach Wochen	Rindergülle		Schweinegülle	Hühnergülle
	unbelüftet	belüftet		
	mg NO ₃ -N/100 g Boden gegenüber der Kontrolle ohne Gülle			
4	-2.3	2.5	-2.7	-2.4
10	3.5	5.7	0.9	2.3
20	3.7	5.5	1.8	3.9
40	5.4	7.7	3.3	4.4

des Bodenstickstoffs (2–3 mg NO₃-N/100 g Boden), belüftete Rindergülle zeigt in dieser Zeit eine schwache Nitrifikation. Aber selbst nach 40-wöchiger Inkubation bei nahezu optimaler Temperatur und Feuchtigkeit sind aus den unbelüfteten Güllen nur ca. 3 bis 5 mg NO₃-N freigesetzt worden, das entspricht einer Mineralisation des organischen N von 17 % (SG) bzw. 22 % (HG) und 27 % (RG), aber 39 % der belüfteten Rindergülle.

Trotz eines relativ engen C/N-Verhältnisses (in der gefriergetrockneten Gülle) von ca. 13 ist die Mineralisationsrate also sehr gering; offenbar handelt es sich um mikrobiell schwer abbaubare organische Stickstoffverbindungen.

Um die Frage einer möglichen Blockierung des Abbaues durch in der Gülle enthaltene Hemmstoffe zu klären, haben wir dem Ansatz Boden + Gülle entweder Harnstoff (Ha) oder ein Eiweißhydrolysat zugemischt und dann jeweils die Ammonium- bzw. NO₃-Bildung bestimmt (Tab. 5 und 6).

Tabelle 5: Ammoniumbildung aus Harnstoff im Boden in Gegenwart von Rindergülle (unbelüftet)

Ansatz: 100 g Boden + 820 mg gefriergetrocknete Gülle (≅ 20 mg organ. Gülle-N) + 20 mg Harnstoff-N, 5°C, 60 % d.v. WK

Table 5: Formation of ammonium from urea in soil in presence of cattle slurry (not aerated)
Exp.data: 100 g soil + 820 mg freeze dried slurry (≅ 20 mg org. slurry N) + 20 mg urea N, 5°C, 60 % of total water capacity

Untersuchung nach Tagen	Harnstoff allein	Harnstoff + Gülle
	mg NH ₄ -N/100 g Boden	
1	4.4	4.5
2	9.4	9.2
3	12.6	12.9

Tabelle 6: Nitratbildung aus Eiweißhydrolysat im Boden in Gegenwart von Rindergülle (unbelüftet)

Ansatz: 100 g Boden + 820 mg gefriergetrocknete Gülle (\triangleq 20 mg organ. Gülle-N) + 15 mg N als Eiweißhydrolysat, 20°C, 60% d. v. WK

Table 6: Formation of nitrate from hydrolyzed protein in soil in presence of cattle slurry (not aerated)

Exp. data: 100 g soil + 820 mg freeze dried slurry (\triangleq 20 mg organ. slurry N) + 15 mg N as hydrolyzed protein, 20°C, 60% of total water capacity

Untersuchung	Gülle allein	Eiweißhydrolysat allein	Gülle + Eiweißhydrolysat
	mg NO ₃ -N/100 g Boden		
n: 2 Wochen	0.9	13.5	14.1

Durch die Gegenwart von Gülle wird der Abbau des zugesetzten Harnstoffs bzw. Eiweißhydrolysates in keiner Weise beeinträchtigt. Die Werte zeigen ferner, daß das Enzym Urease auch bei sehr niedriger Temperatur noch relativ gut wirksam ist. Damit ist der Beweis erbracht, daß keine oft vermuteten Hemmstoffe in dieser Hinsicht wirksam sind, sondern die organischen N-Formen der Gülle selbst mikrobiell schwer abbaubar sind.

4. Wirkung des organischen Güllestickstoffs im Pflanzenversuch

Die Wirkung des Ammonium als Pflanzennährstoff ist bekannt. Wie für die vorher besprochenen Bebrütungsversuche haben wir durch Gefriertrocknung weitgehend ammoniumfreie Gülle auf ihre Wirksamkeit in Pflanzenversuchen geprüft.

a) In kurzzeitigen Versuchen in *Neubauergefäßen* bringt der organische N von Rinder-, Schweine- und Hühnergülle zur Erstfrucht Grünmais und Grünhafer in beiden N-Stufen meist ein etwas schwächeres Ergebnis als die Kontrolle (Abb. 1a und b).

Lediglich die hohe Menge belüfteter Rindergülle zeigt etwas höhere Erträge und N-Entzüge als N₀.

Nach 6-wöchiger aerober Bebrütung (vor dem 2. Aufwuchs Grünhafer – Abb. 1b) erreichen nur die unbelüfteten Gülle (N₂) einen geringen, aber signifikanten Anstieg von Ertrag und N-Entzug.

Insgesamt erzielt somit die belüftete Rindergülle eine etwas bessere Wirkung als die unbelüftete (Abb. 1b).

Dennoch ist die gesamte Ausnutzung des organischen Gülle-N im Pflanzenaufwuchs mit maximal 8% außerordentlich gering. Die Ausnutzung des Vergleichsdüngers NH₄NO₃ liegt mit 60% (N₁) unvergleichlich höher.

b) In *Mitscherlichgefäßen* mit Weidelgras als Versuchsfrucht werden die im Bebrütungs- und Neubauerversuch erzielten Ergebnisse weitgehend bestätigt (Abb. 2).

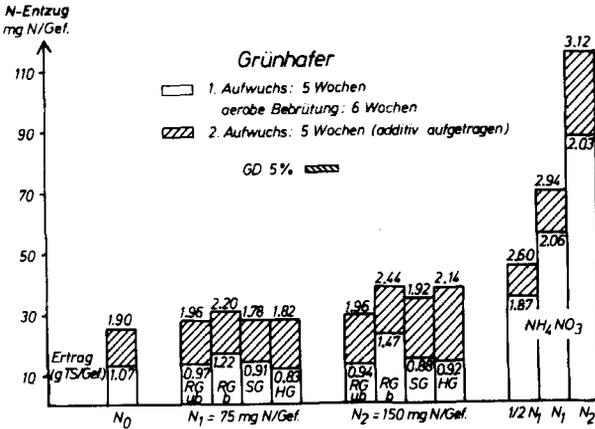
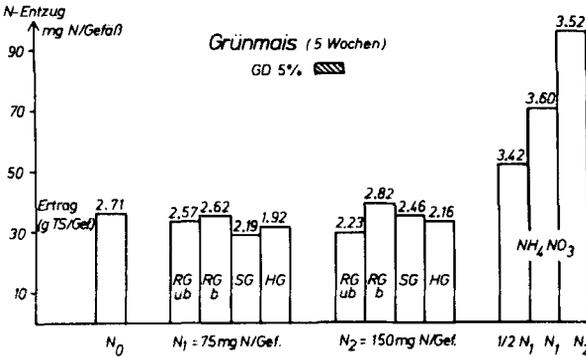


Abbildung 1a + 1b: N-Wirkung des ammoniumfreien Reststickstoffs von Gülle verschiedener Tierarten (Neubauversuch)

1a: Grünmais
1b: Grünhafer

Figure 1a + 1b: Effects of ammonium free residual N in slurry of various animals (Neubauer trial)
1a: green maize
1b: green oats

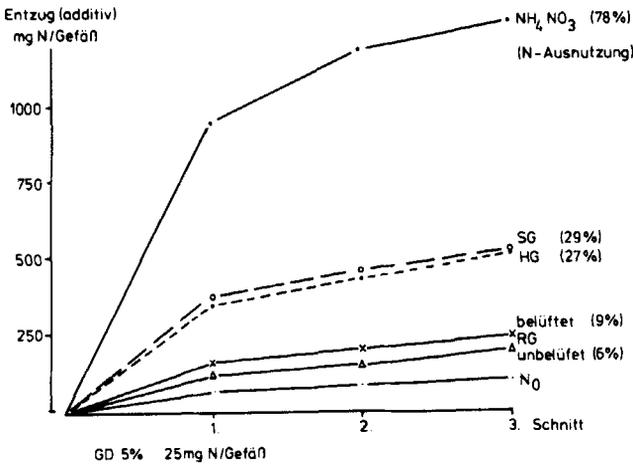


Abbildung 2: Wirkung des organischen N verschiedener Güllen. N-Entzug und N-Ausnutzung (%) durch Weidelgras (3 Schnitte)

Figure 2: Effects of organic N in various slurries. N removal and N utilization (%) by rye grass (3 cuts)

Durch 3 Aufwüchse werden nach konventioneller Ermittlung (Mehrentzug an N gegenüber der Kontrolle bezogen auf die N-Gabe von 1.5 g/Gefäß) nur 6–9 % des organischen N von unbelüfteter Rindergülle ausgenutzt; die belüftete Rindergülle bringt ein geringfügig besseres Ergebnis. Deutlich höher ist offenbar die Verwertbarkeit des organischen N in Schweine- und Hühnergülle mit einer Ausnutzung von 29 bzw. 27 %; die bessere Anfangswirkung läßt jedoch vermuten, daß nach der Gefriertrocknung noch höhere Restmengen an $\text{NH}_4\text{-N}$ erhalten geblieben sind.

Diskussion

Die insgesamt niedrigen Trockensubstanzgehalte der Gülle – mit Ausnahme der Hühnergülle – sind bekannt, weshalb deren Humuslieferung gering ist.

Alle Gülle weisen in frischem Zustand sehr enge C/N-Verhältnisse auf (4–8). Diese ergeben sich einerseits aus sehr niedrigen Gehalten an mikrobiell verwertbarem Kohlenstoff und andererseits aus unterschiedlich hohen Gesamt-N-Gehalten, mit einem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil von 45–70 % am Gesamt-N. Dieser ist letztlich auch entscheidend für die N-Wirkung der Gülle im Pflanzenversuch. Von den verschiedenen mehr oder minder schonenden Methoden zur Charakterisierung der organischen N-Verbindungen kommt der aus der Humuschemie bekannten Hydrolyse mit 6 n HCl wohl die größte Aussagekraft zu. Dieser allgemein als Mikroorganismenstickstoff angesprochene hydrolysierbare N ist aber für die Pflanzen nur sehr schwer verfügbar (maximale Ausnutzung 8 %) und kann daher mit Sicherheit nicht in die Düngerbilanz eingesetzt werden. Durch Humusfraktionierung des organischen N konnten je nach Tierart unterschiedlich etwa je 1/3 als Fulvosäure-, Huminsäure- und Humin-N ausgewiesen werden. Daraus ist wiederum der Schluß zu ziehen, daß diese N-Formen zunächst kaum als pflanzenverfügbar anzusehen sind, sondern in den großen organischen Stickstoffpool des Bodens eingehen und dort der üblichen jährlichen Mineralisationsrate von 1–3 % unterliegen. Dagegen ist der Ammoniumstickstoff potentiell voll pflanzenverfügbar. Der organische N der intensiv belüfteten Rindergülle zeigt eine etwas bessere Mineralisation und geringfügig höhere Ausnutzung im Pflanzenversuch, jedoch können die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Verluste während des Belüftungsvorganges nicht kompensiert werden (s. auch *Gutser* 1981). In welchem Umfange freilich dieser oder auch der gesamte Gülle-N pflanzenverfügbar wird, hängt sehr davon ab, in welchem Umfange Stickstoffverluste (durch Ammoniakverdunstung, Nitratauswaschung bzw. Denitrifizierung) vermieden werden können. Die gelegentlich geäußerte Annahme, daß Hemmstoffe in der Gülle (Desinfektionsmittel, Antibiotika, Hormone usw.) den Abbau und damit die Wirklichkeit der Gülle beeinflussen könnten, wurde durch diese Versuche experimentell entkräftet.

Literatur

- Amberger, A.* und *K. Vilsmeier* (1979): Hemmung der Nitrifikation des Güllestickstoffs durch Dicyandiamid. *Z. Acker- und Pflanzenbau* **148**, 239–246.
- Anonym* (1975): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. Verlag Chemie Weinheim, 3. Auflage.

- Asmus, F., Specht, G. und H. Lange* (1971): Zur Wirkung der Nährstoffe aus Gülle. Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkd. **15**, 906–912.
- Balks, R. und J. Reekers* (1960): Nitratbestimmung in Pflanzensubstanz mit 1,2,4-Xylenol. Landw. Forsch. **13**, 134–136.
- Bernt, E. und H.U. Bergmeyer* (1970): Methoden der enzymatischen Analyse. Bd. II, Verlag Chemie Weinheim.
- Furrer, R., Stauffer, W. und M. Roulet* (1974): Menge und Zusammensetzung der in der Schweinehaltung anfallenden Gülle. Schweiz. Landw. Monatshefte **52**, 245–254.
- Gutser, R.* (1981): Gefäß- und Feldversuche zur N-Wirkung von Gülle mit Dicyandiamid („Didin“). Bayer. Landw. Jb. **58**, 872–879.
- Krzywon, H.* (1976): Stickstofffraktionen und Zucker in Knollen verschiedener Kartoffelsorten in Abhängigkeit von Entwicklungsstadium und Lagerbedingungen. Diss. Weißenstephan.
- Maass, G. und L. Belau* (1978): Untersuchungen zum Abbauverhalten von Rinder-, Schweine- und Hühnergülle. Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkd., Berlin **22**, 253–258.
- Osborne, T.B.* (1907): The proteins of the wheat kernel. Carnegie Institution, Washington D.C. Publ. No. 84.
- Schlichting, E. und H.P. Blume* (1966): Bodenkundliches Praktikum. Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Schwarze, P.* (1954): Beziehungen zwischen Peroxidase-reaktion, Eiweiß-Spiegel und Chlorophyllbildung. Planta **44**, 491–502.
- Tietjen, C. und H. Vetter* (1972): Einfluß von Abfällen und Ausscheidungen der tierischen Produktion auf Boden und Pflanze. Berichte über die Landwirtschaft **50**, 650–665.
- Vetter, H. und A. Klasink* (1975): Einfluß starker Wirtschaftsdüngergaben auf Boden, Wasser und Pflanzen. Landw. Forsch. **28**, 249–268.
- Wedekind, P. und H. Koriath* (1969): Substanz- und Nährstoffgehalte der Gülle. Feldwirtschaft **10**, 319–320.

[P 4125 P]