

Langzeitversuche zum N-Umsatz von Wirtschaftsdüngern und kommunalen Komposten

von

Gutser, R. und N. Classen

Einleitung und Problemstellung

Die Optimierung des Stickstoffeinsetzes in Agrarkosystemen mit hoher Ertragsleistung läßt sich bekanntlich mit Handelsdüngern leichter erreichen als mit Wirtschaftdüngern (Stallmist, Gülle) oder kommunalen Reststoffen wie Klärschlamm oder Bioabfallkomposte. Schwierigkeiten in der Abschätzung der N-Wirkung organischer Dünger bereitet nicht nur der organisch gebundene Stickstoff, auch der enthaltene mineralische Stickstoff ist je nach dem Kohlenstoffangebot über die Dünger mehr oder weniger stark der Immobilisation unterworfen (Dösch u. Gutser, 1993). Die Kenntnis der Verfügbarkeit mineralischer und organischer Düngemittel in Anbau- und Folgejahren ist nicht nur für die Feinststeuerung der N-Ernährung der Kulturpflanzen im jeweiligen Jahr, sondern auch für die Grobsteuerung der Düngung eines gesamten Betriebes über mehrere Jahre hinweg mittels einfacher N-Bilanz (N-Zufuhr minus N-Abfuhr) zwingend erforderlich; die Bewertung der N-Salden hängt sehr wesentlich von der Art der eingesetzten Düngemittel ab. In der vorliegenden Arbeit werden zunächst grundsätzliche Unterschiede in der spezifischen N-Verfügbarkeit mineralischer und organischer Dünger in Anwendungs- und Folgejahren ermittelt und daraus deren Auswirkung auf den N-Vorrat der Böden in Abhängigkeit des Betrachtungszeitraumes (von der Dauer der Zufuhr) abgeleitet.

Methodik

Der N-Umsatz von Mineraldüngern (Kalkammonsalpeter = KAS) und Gülle (NH₄-N) wurde in Lysimeterversuchen (1980 - 1983) in Weihenstephan (Ø 794 mm Niederschlag und 7,4°C Lufttemperatur) auf schuffigem Lehm (pH-Wert = 6,5) mittels Einsatz von ¹⁵N-Tracer gepflüht (s. Vilmeler und Gutser, 1989). Fruchtfolge: Zuckerrüben - 1 bis 2 x Getreide (Blätter und Stroh verkleben auf dem Feld). Die Nachwirkung der Düngung wurde 11 bzw. 9 Jahre (1983 bzw. 1985: 180 kg N/ha als KAS) sowie 6 Jahre lang (1988: 100 kg N als Gülle-NH₄/ha) verfolgt und der jährlich verfügbare Stickstoff (Summe Aufnahme der Pflanzen + Auswaschung) in % des Dünger-Restes im Boden nach der Ernte des Vorjahres ermittelt. Bezüglich des Umsatzes des organischen Gülle-, Stallmist- sowie Kompost-N (Müllfäulstoffmischkompost) wird auf folgende Literatur verwiesen: Amberger et al., 1982; Gutser, 1982; Gutser et al., 1993; Ebertseder 1993). Die durch Düngung in Abhängigkeit der Zufuhr z (kg N/ha), jährlichen Mineralisationsrate r (% des N-Restes im Boden) und Anwendungsdauer t (a) sich ergebende Anreicherung N_a (kg N/ha) des Bodens wurde vereinfacht nach der Formel kalkuliert:

$$d N_a / dt = z - r \cdot N_a \text{ , daraus ergibt sich: } N_a = z \cdot r^{-1} \cdot (1 - e^{-rt})$$

Ergebnisse

Der 1983 bzw. 1985 im Lysimeter zu Zuckerrüben applizierte Mineraldünger KAS wurde im Anwendungsjahr zu 73 (1% Auswaschung, 49% in Rüben, 23% in Blättern) bzw. 49% (15%/19%/15%) verwertet (Verfügbare N = Auswaschung + Aufnahme der Pflanzen) - Tab. 1.

Lehrstuhl f. Pflanzenernährung, Technische Universität München-Weihenstephan, 85350 Freising

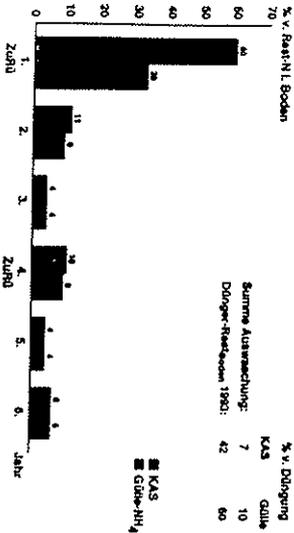
Tab. 1 Verfügbare Düngerstickstoff (¹⁵N) KAS (180 kg N/ha)

Düngung	% vom Rest-N										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1983	73*	7	9*	2	3	5*	2	2	4*	1	1
1985	49*	10	4	7*	2	2	5*	2	2	1	-

*Zuckerrüben

Rübenblätter und Getreidestroh wurden jeweils wieder dem Boden zugeführt, so daß sich der Dünger-Rest des Bodens zum Erntetermin jeweils um den in diesen Ernteresten enthaltenen N-Mengen erhöhte. Die Ausnutzung des restlichen Dünger-N nahm in den Folgejahren bis auf 1-2% ab. Zuckerrüben nutzten diesen deutlich besser als Getreide. Ohne Berücksichtigung gasförmiger N-Verluste errechnete sich nach 11 bzw. 9 Jahren noch ein Dünger-Rest im Boden von 38 bzw. 50% der 1983 bzw. 1985 zugeführten N-Menge (die Auswaschungsverluste betragen insgesamt 5 bzw. 23% der Düngung).

Abb. 1 Verfügbare Düngerstickstoff (15N) - (1988 - 93) KAS (120 kg N/ha) und Gülle-NH₄ (100 kg N/ha)



In einem 1988 bis 1993 durchgeführten Vergleich von NH₄-Stickstoff der Gülle und KAS-N zeigte sich lediglich im Anwendungsjahr eine wesentlich schwächere Verwertung der Gülle (33%, davon 1% Auswaschung, 32% Aufnahme) gegenüber KAS (60% - 1%/59%) - Abb. 1. Die Mineralisationsrate des immobilisierten Dünger-N war praktisch identisch, so daß sich nach dem 6. Jahr für die Gülle-Variante ein deutlich höherer Dünger-Rest im Boden gegenüber KAS errechnete.

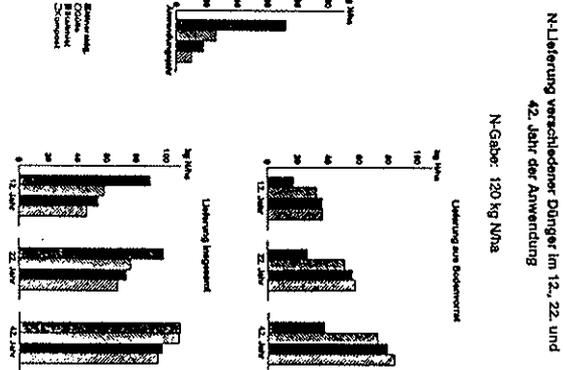
Aus Lysimeter-, Gefäß- und langjährigen Feldversuchen lassen sich für mineralische und organische Düngertypen die in Tab. 2 wiedergegebenen mittleren Mineralisationsraten für das Anwendungsjahr und Folgejahr ableiten. Die sehr großen Unterschiede im 1. Jahr mit 8% (Kompost, organischer Gülle-N) bis 60% (Mineraldünger) gehen im 2. Jahr auf Freisetzungsraten zwischen 4-8% zurück. Für die Folgejahre wird in Anlehnung an die Ergebnisse des Lysimeterversuches eine einheitliche mittlere Mineralisationsrate von 3,5% des Dünger-Restes angenommen.

Tab. 2 Grundlagen der Kalkulation der N-Anreicherung des Bodens durch verschiedene Düngertypen: 120 kg N/ha · a

Dünger	Mineralisationsrate (Dünger-Rest) Folgejahr		Dünger-Rest _{beginn} nach 2. Jahr = z (Kalkulation) kg N/ha
	1. Jahr	2. Jahr	
Mineraldünger	0,60	0,08	44
Gülle - NH ₄	0,35	0,08	72
Gülle - org. N	0,08	0,04	106
Gülle (Rind)	0,22	0,06	89
Stallmist	0,15	0,08	94
Kompost	0,08	0,04	106

Um die düngerspezifische N-Anreicherung der Böden vereinfacht mit der im methodischen Teil angegebenen Formel kalkulieren und vergleichen zu können, wird als jährliche Zufuhr z der nach dem 2. Jahr nach der Anwendung im Boden vorliegende Dünger-Rest (= immobilisierter Düngerstickstoff) berücksichtigt.

Abb. 3



Für eine mittlere N-Gabe von 120 kg/ha reicht die Streubreite dieser Größe z von 44 bis 106 kg N/ha. Entsprechend errechnen sich für die Düngertypen stark differenzierende Kurven der N-Anreicherung des Bodens von maximal etwa 1000 (Mineraldünger) bis 2500 kg/ha (Kompost) - Abb. 2. Erst nach 20jähriger Düngung ist die Hälfte des düngerspezifischen Anreicherungsmaximums erreicht (Halbwertszeit = (ln 2)/y; das Gleichgewicht zwischen Zufuhr und Lieferung wäre nach etwa 80jähriger Düngung weitgehend gegeben).

Für praktische Verhältnisse dürften allerdings entsprechend dieser Kalkulation bereits nach etwa 40 Jahren auf allen Düngungsvarianten ähnlich hohe verfügbare N-Mengen vorliegen (Abb. 3).

Für die Mineraldüngung überwiegt die unmittelbare Wirkung im Anwendungsjahr, für die organischen Dünger die N-Lieferung aus dem Bodenvorrat (Kompost > Stallmist > Gülle). Der wesentliche Unterschied besteht allerdings darin, daß die Freisetzung aus dem Boden im Gegensatz zur unmittelbaren N-Wirkung der Dünger wenig steuerbar und damit stärker verlustgefährdet (insbesondere in vegetationsfreier Zeit) ist.

Diskussion und Schlussfolgerung

Mineralische und organische Dünger unterscheiden sich sehr wesentlich in der N-Verwertung im Anwendungsjahr, letztere vor allem als Folge unterschiedlicher Anteile an mineralischem oder organischem Stickstoff oder Gehalte an Kohlenstoff mit Auswirkung auf die N-Immobilisation. Die Freisetzung des nach 2 Jahren nicht ausgenutzten Dünger-N liegt entsprechend 11jähriger Ergebnisse im Lysimeter für KAS und Gülle auf ähnlichem Niveau; im Mittel kann eine jährliche Umsatzrate von 3,5% angenommen werden, wenngleich bewußt ist, daß Standort und Bewirtschaftung ebenso wie düngerspezifische Veränderungen des bodenbiologischen Potentials (C-Umsatz) diese Mineralisationsrate modifizieren kann. Dies hätte jedoch keine wesentliche Auswirkung auf die Unterschiede der N-Anreicherung der Böden nach langjähriger mineralischer oder organischer Düngung; Aus den

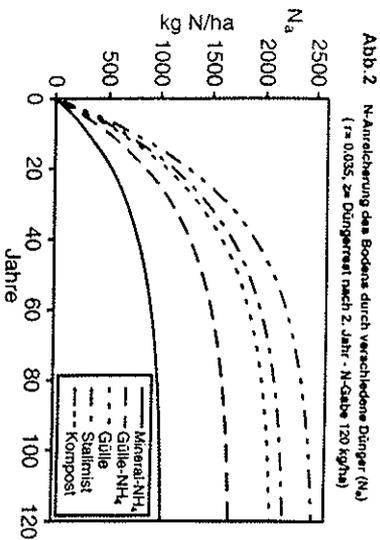


Abb. 2 N-Anreicherung des Bodens durch verschiedene Dünger (N_a) (r = 0,035; z= Düngerrest nach 2. Jahr · N-Gabe 120 kg/ha)

Ergebnissen ist zudem zu folgern, daß für das Erzielen gleicher Erträge über organische Dünger bis zu dem Erreichen eines Gleichgewichtszustandes höhere N-Mengen zugeführt werden müssen als über Mineraldüngung (Tab.3). Die aufgeführten Salden verringern sich jedoch mit zunehmender Dauer der jeweiligen Düngerpraxis.

Tab.3 N-Bilanzen (Zufuhr - Abfuhr) nach organischer Düngung bei gleichen Erträgen wie Mineraldüngung

organische Düngung		Saldo kg N/ha · a (Vergleich Mineraldüngung)	
Kompost	(20 Jahre)	+100	(+6)
Gülle	(9 Jahre)	+71	(+24)
Stallmist	(24 Jahre) *	+45	(+9)
*(Asmus, 1992)			

Als wichtige Schlussfolgerungen seien abschließend aufgeführt:

1. Mit Zufuhr gleicher N-Mengen steigt die düngerspezifische N-Anreicherung der Böden in der Reihenfolge Kompost > Stallmist > Gülle -> Mineraldünger an.
2. Die Anreicherung der Böden darf trotz der damit verbundenen höheren Ertragsicherheit und Strukturabstabilität (Erosionsminderung) wegen des zunehmenden Gefährdungspotentials für N-Verluste (NO_x, NO₂, NH₃) nicht ausschließlich positiv beurteilt werden. Sie läßt sich sowohl durch Reduzierung der N-Düngung als auch durch Steigerung der N-Verwertung im Anwendungsjahr (z.B. Einsatz kohlenstoffarmer Gülle) - einer Grundvoraussetzung optimaler Düngung - begrenzen.
3. Für organische Dünger ist erst nach mindestens 40jähriger Düngung annähernd ein Gleichgewichtszustand zwischen N-Zufuhr und N-Lieferung (aus Dünger + Boden) erreicht.
4. Für die Beurteilung der optimalen N-Intensität der Düngung (Ökologie, Ökonomie) anhand von N-Salden aus der Input/Output-Bilanzierung sind Düngerformen (mineralisch, organisch) und Düngungsvorgeschichte (Dauer) zu berücksichtigen. Zur Vermeidung größerer Umweltbelastungen sind hohe Erträge keinesfalls durch organische Dünger, sondern nur in Kombination mit mineralischer Ergänzungsdüngung zu erzielen.

Literatur

Asmus, F. (1992): Anwendung von Stallmist im Pflanzenbau. KTBL - Arbeitspapier 182
 "Umweltverträgliche Verwertung von Festmist" - Fachgespräch am 26./27.11.1992, Waltersdorf/Thüringen, 32-44
 Amberger, A., Vismeyer, K., Gutser, R. (1982): Stickstofffraktionen verschiedener Gülle und deren Wirkung im Pflanzenversuch. Z. Pflanzenern. u. Bodenkd. 145, 325-336
 Dorsch, P., Gutser, R. (1993): Strategien zur Optimierung der N-Wirkung von Gülle. VDLUFA-Schriftenreihe 37, Kongreßband, 121-124
 Ebertseder, Th. (1993): Qualität von Bioabfallkomposten in der Landwirtschaft - aktuelle Versuchsergebnisse. Seminar "Biol. Behandlung und Verwertung von Abfällen. 25.5.1993, Wackersdorf, 79-89
 Gutser, R. (1992) Zur Nährstoff- und Sonderwirkung von Festmist KTBL- Arbeitspapier 182
 "Umweltverträgliche Verwertung von Festmist" Fachgespräch am 26./27.11.1992, Waltersdorf/Thüringen, 45-56
 Gutser, R., Claassen, N., Ebertseder, Th. (1993): Einsatzmöglichkeiten von Bioabfallkomposten in Landwirtschaft und Gartenbau - Probleme, vorläufige Anwendungsempfehlungen. Seminar "Biol. Behandlung und Verwertung von Abfällen. 25.5.1993, Wackersdorf, 91-110
 Vismeyer, K., Gutser, R. (1989): N-Ausnutzung nach Mineral- und Gülledüngung (15N) im Weizenstephaner Lysimeter. VDLUFA-Schriftenreihe 30, Kongreßband, 175-180