

Auch bei der Düngung sparen?

Optimierter Einsatz von Gülle zu Mais schont die Umwelt und das Düngerkonto

Paul Dosch und Reinhold Gutser, Freising

Mulchsaat ermöglicht die Minderung der Bodenerosion auf gefährdeten Flächen. Ökonomische und ökologische Vorteile durch Minderung der N-Verluste lassen sich durch eine sinnvolle Kombination organischer und ergänzender mineralischer Dünger, insbesondere aber durch eine Optimierung des Gülleinsatzes erreichen.

In Kenntnis der Besonderheiten von Wachstum und Nährstoffaufnahme der Maispflanze lassen sich folgende wichtigen Grundsätze für deren optimale Nährstoffversorgung ableiten:

Die relativ langsame Jugendentwicklung von Mais geht einher mit einem schlechten Nährstoffaneignungsvermögen. Als Reihenkultur durchwurzelt der Mais erst sehr spät den gesamten Bodenhorizont; bis zur Siloreife ist auf und neben der Saatreihe eine wesentlich höhere Wurzellängendichte festzustellen als zwischen den Reihen (Tab. 1). Auffallend ist die schwache Durchwurzelung der Schicht 30 - 90 cm zwischen den Reihen zur Siloreife.

Nährstoffe in der Fruchtfolge saldieren

Zur Förderung des Jugendwachstums und Verminderung der Nitratverlagerung bietet sich eine Band- oder Reihendüngung mit N- oder NP-Düngern ebenso wie eine Unterfußdüngung an. Auf die höhere

N-Verwertung bandapplizierter N-Dünger hat Maidl (1989), auf die Vorteile einer P-Unterfußdüngung haben Amberger und Gutser (1976) hingewiesen. Auf Böden mit einer mittleren P-Versorgung von 10 - 20 mg CAL-P₂O₅/100 g Boden ist bekanntlich eine Entzugsdüngung (Ersetzen der P-Abfuhr) empfohlen; das geringe P-Aneignungsvermögen der Maispflanze kann durch eine fruchtspezifische Verteilung der für eine Fruchtfolgerotation notwendigen P-Düngung berücksichtigt werden (z.B. Einsparungen bei Getreide, Zuschläge bei Mais).

Auch bezüglich der N-Düngung, zumindest für deren Grobbemessung, wird zunehmend der N-Saldo aus In- und Output über eine Fruchtfolge errechnet. Mais als eine Kulturpflanze, die wegen ihrer langen Wachstumszeit die N-Freisetzung des Bodens besonders gut verwerten kann, wird allgemein unter ihrer N-Abfuhr (600 dt Silomais enthalten 230 kg N) gedüngt, so daß für Kulturen mit kürzerer Vegetationszeit, z.B. Raps, Zuschläge zur N-Abfuhr möglich werden. Die N_{min}-Methode (Probenahme Ende April) erleich-



tert die jahrgangsspezifische Feinsteuerung der N-Düngung durch einen N_{min}-Sollwert (N-Boden + N-Düngung) von ca. 180 kg N/ha (Gröblichhoff et al., 1994). Die Aufteilung der sich daraus ableitenden Düngung in eine Reihendüngung zur Saat (ca. 50 %) und Nachdüngung zwischen die Reihen, aber auch der Einsatz von nitrifikationsgebremsten NH₄-Düngern (1malige Gabe) verspricht eine gute Verwertung durch die Pflanzen und niedrige N-Verluste. Die für Silomais erprobten Düngungsstrategien nach der EUF-Methode brachten gegenüber der N_{min}-Methode keinerlei Vorteile (Hege et al., 1990).

Düngung mit Gülle

Diese oben genannten Grundsätze für eine richtige Düngung von Mais gelten selbstverständlich auch für organische Dünger. Es ist zweifelsohne richtig, daß Güllestickstoff keine dem Mineraldünger äquivalente Wirkung erzielen kann. Die im Vergleich zur Mineraldüngung mangelnde N-Verwertung selbst des potentiell pflanzenverfügbaren Ammonium-Stickstoffs der Gülle (40 - 70 % vom Gesamt-N) ist in erster Linie auf N-Verluste zurückzuführen. Das Ausmaß dieser Verluste ist allerdings beeinflussbar!

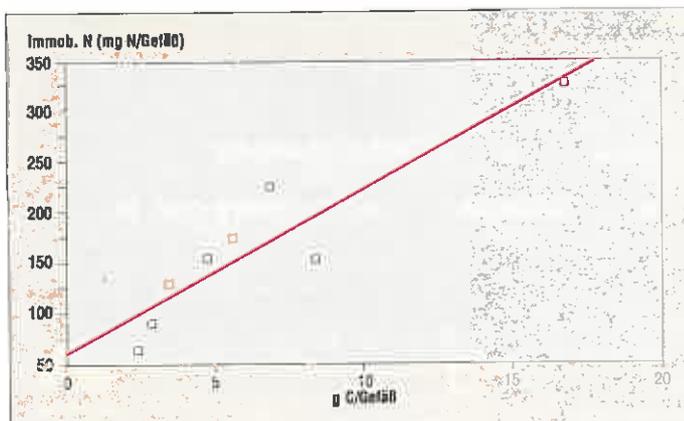
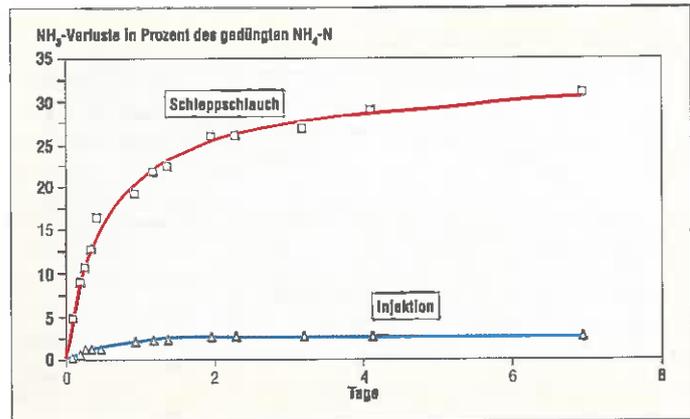


Abb. 1: N-Immobilisation nach Gülledüngung in Abhängigkeit des zugeführten Kohlenstoffs – Gefäßversuch



Foto: agrimedia

Abb. 2:
NH₃-Verluste von
Gülle in Abhängigkeit
von der
Applikationsform auf
unbewachsenem
Boden. N-Gabe:
70 kg NH₄-N/ha



den Folgemonaten erhöht. Verschärft wird dieses durch die Tatsache, daß nach flächiger Ausbringung, aufgrund der langsamen Durchwurzelung des Zwischenreihenbereichs, trotz beginnender N-Aufnahme durch die Maispflanze die Gefahr der Verlagerung wie auch der Auswaschung des dort befindlichen Nitratstickstoffs weiter besteht. Derartige Ausbringetermine sollten deshalb nur in Kombination mit einem Nitrifikationshemmstoff (z.B. Didin = 10-15 kg/ha) und auf weniger auswaschungsgefährdeten Standorten (Boden und Witterung) in Erwägung gezogen werden. Das Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff kann neben Auswaschungsverlusten auch durch eine Immobilisation von Stickstoff verringert werden, welche durch die lange Zeitspanne zwischen N-Düngung und N-Aufnahme durch die Maispflanzen begünstigt wird. Unter Immobilisation ist eine biologische Festlegung von mineralischem Stickstoff durch Mikroorganismen zu verstehen. Weiterhin ist bekannt, daß die Zufuhr von

mikrobiell abbaubarem Kohlenstoff über die Gülle die biologische Aktivität und damit auch das Immobilisationspotential des Bodens erhöht (Abb. 1). Die Verwertung des Gülle-N durch die Kulturpflanze ist folglich schlechter als die von Mineraldünger-N. Dieser immobilisierte Stickstoff stellt zunächst keinen Verlust dar. Da die Remineralisation dieses nach langjähriger Gülledüngung angestiegenen N-Vorrates unkontrolliert erfolgt, kommt dieser Stickstoff nicht nur den stehenden wie den folgenden Kulturen zugute, sondern erhöht die Gefahr der N-Auswaschung in der vegetationsfreien Zeit. Stark steigende N_{min}-Gehalte im Verlaufe einer Vegetationsperiode resultieren meist aus langjähriger organischer Düngung. Probleme bereitet jedoch die Abschätzung der N-Freisetzung aus dem Boden, die der N_{min}-Gehalt des Bodens zum üblichen Termin im April nicht berücksichtigen kann (Gröblichhoff et al., 1994). Eine Unterschätzung dieses Potentials kann bei Anwendung der N_{min}-Methodik (Aufdün-

Welche Verlustquellen gibt es?

Der NH₄-Stickstoff der Gülle wird in Abhängigkeit von der Bodentemperatur mehr oder weniger schnell nitrifiziert, so daß, zumindest auf flachgründigen Standorten, die heute noch praxisübliche breitflächige Ausbringung der Gülle vor der Saat die Gefahr der Nitratauswaschung in



KALKSTICKSTOFF - gesunder Boden, gesunde Pflanzen.



Jetzt anfordern: "KALKSTICKSTOFF. Das Geheimnis des gesunden Wachstums". Das Handbuch für Landwirtschaft und Gartenbau. Kostenlos, SKW TROSTBERG AG · Postfach 12 62 · D-83303 Trostberg

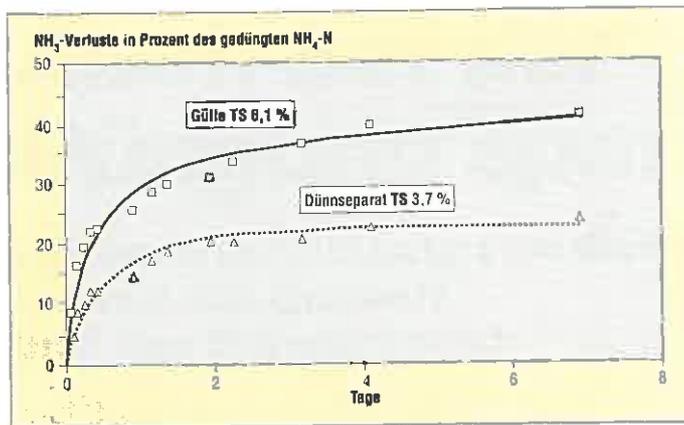


Abb. 3: Einfluß eines durch Separierung verminderten TS-Gehaltes der Gülle auf die NH_3 -Verflüchtigung bei flächiger Ausbringung. N-Gabe: 70 $\text{kg NH}_4\text{-N/ha}$

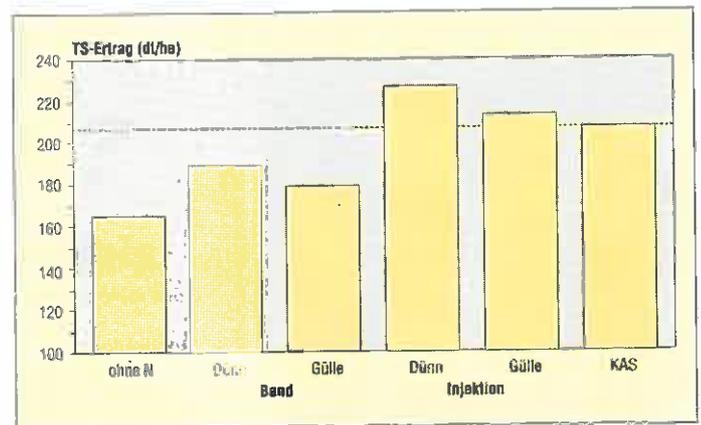


Abb. 4: TS-Erträge von Mais in Abhängigkeit von Aufbereitung und Ausbringtechnik. N-Gabe (kg/ha): 30 N (KAS) einheitlich + 60 N (Gülle- NH_4 bzw. KAS) bei 20 cm Wuchshöhe

gung auf den N_{min} -Sollwert) unerwünscht hohe Restnitratgehalte nach der Ernte bedingen.

Entscheidend ist die Wirkung im Anwendungsjahr

In Lysimeterversuchen mit ^{15}N -markierter Gülle konnte jedoch festgestellt werden, daß sich trotz höherer Immobilisation nach Gülledüngung die Freisetzungsrate

gegenüber immobilisiertem Mineraldünger-N in den Folgejahren nicht unterscheidet (Tab. 2). 4 Jahre nach der Düngung verbleiben in den Güllevarianten noch 66 - 74 % des applizierten NH_4 -Stickstoffs im Boden gegenüber 46 % nach Anwendung von Mineraldünger. Somit ist für eine hohe Verwertung des Gülle-N eine möglichst hohe Ausnutzung des enthaltenen NH_4 -N im Anwendungsjahr zu fordern. Abbildung 1 zeigt, daß, je weniger Kohlenstoff über die Gülle zugeführt wird, die N-Immobilisa-

tion gleichfalls abnimmt und damit die Verfügbarkeit des NH_4 -Stickstoffs für die Pflanzen erhöht wird.

Die gasförmige N-Entbindung an die Atmosphäre in Form von NH_3 birgt eine bedeutende, unter den heute üblichen Anwendungsvarianten die bedeutendste, Verlustquelle in Güllesystemen, wobei in den ersten Stunden nach der Ausbringung von Gülle die höchsten Verlustraten zu verzeichnen sind. Zahlreiche Faktoren wie Witterung, Ausbringtechnik und auch Eigenschaften der Gülle selbst nehmen Einfluß auf die Höhe der NH_3 -Verluste. Unverzögliches Einarbeiten oder Einhacken der Gülle sowie die direkte Injektion der Gülle in den Boden stellen unzweifelhaft effektive Maßnahmen zur Verminderung von NH_3 -Verlusten dar (Abb. 2). Ebenfalls leisten dünnflüssige (= kohlenstoffarme) Gülle, aufgrund der verbesserten Infiltrationseigenschaft in den Boden, einen Beitrag zur Verminderung der NH_3 -Verluste (Abb. 3). Eine Einarbeitung, vor allem im hängigen Gelände, ist jedoch unerlässlich, um oberflächliche Gülleabschwemmungen zu vermeiden. Die Verdünnung der Gülle mit Wasser trägt zwar in ähnlichem Ausmaße zur Minimierung der NH_3 -Verluste bei, übt jedoch keinen Einfluß auf die Höhe der N-Immobilisation aus, da letztlich gleiche Mengen an Kohlenstoff zugeführt werden.

Tabelle 3 stellt eine Kalkulation der pflanzenverfügbaren N-Mengen für Mais in Güllesystemen dar, die anhand von Modellversuchen abgeschätzt und auch größtenteils im Feldversuch überprüft wurden. Ein entscheidendes Kriterium ist die weitgehende Minimierung von N-Verlusten und N-Immobilisation. Da die untersuchten Verlustgrößen in den einzelnen Güllesystemen durchaus variieren können, ist letztlich die Summe aller Verlustmöglichkeiten für eine Gesamtbeurteilung unabdingbar. Unterstellt man innerhalb

Tab. 1: Wurzellängendichten (cm/cm^3) von Mais auf Braunerde (uL) - 1992

Zeit	Bodentiefe (cm)	verfügbare Wurzellängen		
		unter Saatreihe	neben Saatreihe	zwischen Saatreihe
5. Juni	0 - 30	2.5	2.5	1.3
1. Juli	0 - 30	10.1	3.7	1.9
	30 - 60	0.8	0.5	0.3
7. September	0 - 30	9.3	4.8	2.1
	30 - 90	0.9	0.8	0.1

Tab. 2: Verfügbarer Düngerstickstoff im Anwendungsjahr und in den Folgejahren (^{15}N), Lysimeter 1988-1991. Fruchtfolge: Zuckerrüben - Winterweizen - Wintergerste - Zuckerrüben - * N (Aufnahme + Auswaschung). (Gutser und Dosch, 1992)

Düngung	verfügbare N *			
	% v. Düngung 1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
KAS	60	11	4	10
Gülle März	33	9	4	9
Gülle z. Zwifr.	21	11	4	5

Tab. 3: Verfügbarer Stickstoff (kg N/ha) für Mais in unterschiedlichen Güllestrategien (organischer N nicht berücksichtigt) Zufuhr: 80 $\text{kg NH}_4\text{-N/ha}$

Ausbringtechnik	Termin	Verluste			Immobilisation	pot. verfügbar
		NH_3	N_2	NO_3		
Dünnseparat-Injektion	in den wachsenden oberflächennah	→ 0	8	-	14	58
Gülle - Band	wachsenden oberflächennah	20	4	-	15	41
Ø Stand - Gülletechnik	vor der Saat	40	4	4	10	22

Summary

The optimized use of liquid manure on maize yields both economic and ecological advantages. Maize plants can make particularly good use of the mineralized nitrogen of soil due to its long period of vegetation. This is why maize can be fertilized with amounts of N below its removal, while crops with shorter vegetation period, such as rape, require more N fertilization than their removals.

However, the nitrogen in liquid manure cannot produce an effect equivalent to that of mineral fertilizer.

As compared with mineral fertilization, the inadequate N utilization of anorganic N – the ammonium nitrogen of slurry (40 to 70 % of the total nitrogen) is potentially available for plants – is primarily due to N losses (NH_3 , NO_3 , N_2 , N_2O ...) and immobilization.

A good effect of manure already to the following crop is guaranteed by special application techniques (application in bands, injection or similar techniques) of carbon reduced slurries directly to growing maize plants. In this way the losses and the fertilizing effect of ammonia nitrogen can be controlled, permitting better calculation of the necessary fertilization according the demand of plant.

ginn im Frühjahr bis Ende Schossen durch NH_3 -konservierende Techniken (Schleppschläuche, feststoffarme Gülle) besser zu verwerten.

Fazit

Grundsätzlich sind Güllegaben in den wachsenden Bestand, möglicherweise in Kombination mit einer mechanischen Unkrautbekämpfung, gegenüber Terminen „vor der Maissaat“ (März, April) vorzuziehen. In jedem Fall sind jedoch NH_3 -Verlust-minimierende Techniken, wie unverzügliches Einarbeiten, Einhacken oder die direkte Injektion der Gülle in den Boden anzuwenden. Durch diese Strategien läßt sich zumindest der NH_4 -Stickstoff ähnlich gut wie Mineraldünger-N verwerten, so daß damit auch eine Feinsteuerung der Düngung ermöglicht wird und folglich auch die Umweltbelastung weitgehend minimiert werden kann.

Paul Dosch und Dr. Reinhold Gutser sind Mitarbeiter am Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München in Freising

Literatur bei der Redaktion erhältlich.

der in der Praxis üblichen Gülletechnik keine unverzügliche Einarbeitung nach breitflächiger Ausbringung der Gülle vor der Saat, so sind im wesentlichen NH_3 -Ausgasungsverluste für die mangelnde N-Verfügbarkeit verantwortlich. Die oberflächennahe Bandausbringung ermöglicht eine Verminderung der NH_3 -Verluste, die nach Injektion direkt in den Boden oder bei Anwendung ähnlicher Techniken weitgehend ausgeschlossen werden. Unterstellt man nach Ausbringung des Dünnseparates eine N-Immobilisation von 20 %, läßt sich in Kombination mit einer geeigneten Ausbringtechnik unter Berücksichtigung des Anwendungszeitpunktes das Ausmaß sowie die Dauer der Verfügbarkeit des NH_4 -Stickstoffs für die Pflanzen optimal gestalten. Ein 1992 auf einer tiefgründigen Braunerde durchgeführter Versuch zu Silomais bestätigt den Einfluß des Güllesystems auf die Ertragsleistung der Gülle (Abb. 4). Empfehlenswerte Güllegaben für die Düngung in den Maisbestand liegen bei etwa 60 kg NH_4 -N/ha, also z.B. 30 m³ Rindergülle/ha. In viehstarken Betrieben ist die restliche Gülle zu anderen Kulturen, z.B. zu Getreide zwischen Vegetationsbe-

Pendimox®-Maispack

Stomp® SC + Certrol® B

Der starke Kombi gegen Unkräuter im Mais!

Als Tankmischung oder Spritzfolge eingesetzt, bietet Pendimox-Maispack die optimale Bekämpfung zweikeimblättriger Samenunkräuter, einschließlich Triazin-resistenter Unkräuter.

Pendimox-Maispack: 10 l Stomp SC + 4 l Certrol B für 4 ha!

Die überzeugenden Vorteile von Pendimox-Maispack:

- Breit wirksam ● Sicher wirkend ● Flexibel einsetzbar ● Verträglich ● Wirtschaftlich

Wasserschutzgebietsauflage: keine.

Problem	Vorauflauf	Nachauflauf	Anmerkung
Unkrautbekämpfung, einschließlich Triazin-resistente Unkräuter	2,5 l/ha Stomp SC	1,0 – 1,5 l/ha* Certrol B	Spritzfolge: Stomp SC im VA bis in den frühen NA; Certrol B im NA ab 4-Blatt-Stadium des Mais
		2,5 l/ha Stomp SC + 1,0 – 1,5 l/ha* Certrol B	Tankmischung: im 3- bis 4-Blatt-Stadium des Mais

VA = Vorauflauf
NA = Nachauflauf

*Bei größeren Unkraut-Stadien 1,5 l/ha Certrol B einsetzen.



URANIA

© Certrol - WZ Ribbe-Poulsen Agrochemie SA, © Pendimox, © Stomp - WZ American Cyanamid Corp.