

Flüssige Mineraldüngung - Stand und Probleme

Von Edmund Isensee und Dietrich Lutz, Gießen*)

DK 631.333.4:631.812.2:631.816.34:631.84

Stickstoffhaltige Mineraldünger werden in flüssiger Form zu Preisen angeboten, die – bezogen auf die Einheit Stickstoff – niedriger sind als die Preise für konventionelle Dünger. Der Umschlag flüssiger Dünger läßt sich gut mechanisieren und daher kostengünstig durchführen. Das besonders preisgünstige flüssige Ammoniak erfordert zum Transport Druckgefäße und zum Ausbringen besondere Geräte. Seine Anwendung ist nur bei guter Auslastung dieser Einrichtungen wirtschaftlich. Für das gleichmäßige Verteilen des Ammoniaks in Fahrtrichtung wird eine fahrgeschwindigkeitsabhängige Regeleinrichtung mit Zwischenkühler vorgeschlagen.

Das hochkonzentrierte wasserfreie Ammoniak muß man 8 bis 15 cm tief in den Boden einbringen. Befriedigende Flächenleistungen lassen sich daher nur mit starken Schleppern erreichen. Das Ammoniakwasser erfordert zwar einen geringeren technischen Aufwand, weil es nicht unter Druck stehen muß. Sein geringerer Gehalt an Stickstoff verursacht jedoch höhere Transportkosten; deshalb verwendet man diesen Dünger hauptsächlich in der Nähe des in der Kölner Bucht gelegenen Herstellerwerks. Die N-Lösung läßt sich mit großer Leistung und relativ kostengünstiger Technik durch Spritzen ausbringen; jedoch ist ihr Preis je Nährstoffeinheit [2] höher als der der beiden vorgenannten Dünger.

Tafel 1. Kennzeichnung der wichtigsten Stickstoffdünger.

	wasserfreies Ammoniak (NH ₃)	Ammoniakwasser	Ammonitrat-Harnstoff-Lösung
N-Gehalt Gew.-%	82,2	20 bis 23	28 bis 30
Eigenschaften	flüssig: hoher Druck gasförmig: ätzend	flüssig, drucklos, korrosiv	flüssig, drucklos, sehr korrosiv
Ausbringung	in den Boden (8 bis 15 cm)	in den Boden (5 bis 10 cm)	oberflächlich, auf Pflanzen bedingt
erforderliche Schlepperleistung PS (kW)	ab 50 (≈ 37)	ab 50 (≈ 37)	ab 30 (≈ 22)
Arbeitsbreite m	3 bis 5	3 bis 5	6 bis 12
Flächenleistung ha/h	1,5 bis 3	1,5 bis 3	3 bis 6
Preis DM/kg N Aug.71/Frühj.72	0,410/0,457	0,38	0,774/0,860

1. Arten und Eigenschaften der Düngemittel

In Deutschland verwendet man als flüssige Mineraldünger hauptsächlich die in Tafel 1 näher gekennzeichneten stickstoffhaltigen Flüssigkeiten, nämlich wasserfreies Ammoniak, Ammoniakwasser und Ammonitrat-Harnstoff-Lösung (N-Lösung). Sie unterscheiden sich in Anwendungstechnik und Preis. In ihrer pflanzenbaulichen Wirkung bestehen dagegen bei sachgerechter Anwendung keine Unterschiede. Im einzelnen wird hierzu auf die gemeinsam mit dem Institut für Pflanzenbau erarbeiteten umfangreichen Versuchsergebnisse verwiesen [1].

Vorgetragen auf der Jahrestagung der VDI-Fachgruppe < Landtechnik > am 21. Okt. 1971 in Braunschweig.

*) Dr. agr. Edmund Isensee und Dipl.-Ing. Dietrich Lutz sind Mitarbeiter im Institut für Landtechnik (Direktor: Prof. Dr. H. Eichhorn) der Justus-Liebig-Universität, Gießen.

Entscheidend für die wirtschaftliche Beurteilung sind die gesamten Kosten für den ausgebrachten Dünger; ihre Höhe wird hauptsächlich vom technischen Aufwand und von der Auslastung der Geräte bestimmt: für Ammoniak benötigt man Stahl tanks, deren Betriebsüberdruck wie in Bild 1 gezeigt, je nach Temperatur zwischen 5 und 12 at (rd. 5 bzw. 12 bar) liegt (der Prüfüberdruck beträgt sogar 33 at, 32 bar). Preisgünstige Materialien wie Kunststoffe, Kupfer,

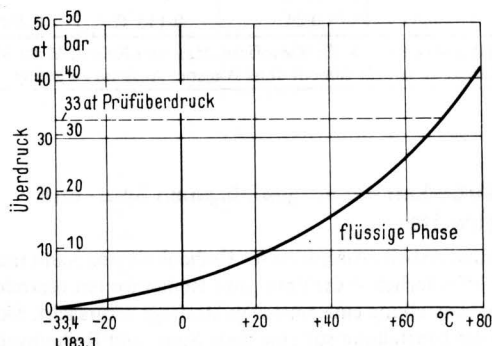


Bild 1. Dampfdruckkurve des Ammoniaks.

Zink, sind auch für diejenigen Teile der Geräte unbrauchbar, in denen das Ammoniak nicht unter Druck steht. Das Ammoniakwasser wird wegen seiner begrenzten praktischen Bedeutung hier nicht weiter behandelt. Die N-Lösung greift auch Eisen und Messing an; man muß deshalb die besonders gefährdeten Teile einer Spritze, wie Armaturen und Düsen, die sonst meist aus Messing bestehen, gegen Teile aus V2A-Stahl oder Kunststoffen oder mit Kunststoffbeschichtung austauschen. Da man für große Düngergaben mehrere Sätze Düsen benötigt, ist es sehr kostspielig, V2A-Düsen zu verwenden. Düsenmundstücke und Rückschlagventile aus Kunststoff kosten nur 1/4 des Preises von entsprechenden V2A-Teilen. Große Mengen N-Lösung kann man in flexiblen Kunststoffbehältern (100 m³) lagern, die zum Schutz des Grundwassers mit einer Auffangwanne umgeben sein müssen, oder in leerstehenden, mit Folie ausgekleideten Gärfuttermilchsilos.

Natürlich berühren die Lösung und der Spritznebel auch Schlepper und Fahrzeuge, so daß Korrosionsgefahr besteht. Man sollte deshalb auf die gefährdeten Teile der Fahrzeuge und Geräte vorbeugend Korrosionsschutzmittel auftragen oder aufspritzen.

2. Zur Wirtschaftlichkeit der Verfahren

In Bild 2 sind die Kosten der Düngung mit Ammoniak, Kurve a, und N-Lösung, Kurve b, den Kosten einer konventionellen Düngung mit Kalkammonsalpeter (KAS), Kurve c, als Funktion der je Gerät und Jahr gedüngten Fläche gegenübergestellt. Sie sind insbesondere bei dem kapitalintensiven NH₃-Verfahren, Kurve a, spürbar degressiv, weniger bei der Düngung mit Spritze, Kurve b, oder Großflächenstreuer, Kurve c – Geräten also, die billiger sind und deren Abschreibung außerdem die Stickstoffdüngung nur anteilig belasten. Bei guter Organisation können in der Praxis mit einem Gerät je Saison bis zu 70 t N als Ammoniak ausgebracht werden; im Mittel etwa 30 t N.

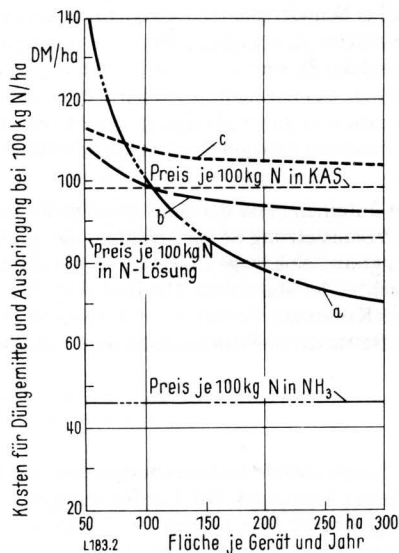


Bild 2. Preise der Düngemittel und Kosten der Ausbringung von 100 kg N/ha.

- a Kosten des Düngens mit Flüssigammoniak
- b Kosten des Düngens mit N-Lösung
- c Kosten des Düngens mit Kalkammonsalpeter

Die Wettbewerbsfähigkeit der Flüssigdüngetechnik wird also weitgehend davon bestimmt, ob man die Geräte in der für das Düngen geeigneten begrenzten Zeitspanne genügend auslasten kann. Dies setzt große Zugkräfte der Schlepper und große Arbeitsbreiten der Geräte voraus, die das Bearbeiten großer Flächen je Zeiteinheit ermöglichen. Außerdem muß man für kurze Nebenzeiten sorgen, z.B. durch schnelles Umfüllen, Bild 3, in möglichst große Gerätetanks. Ein 1000-l-Behälter faßt bei einem mittleren Füllungsgrad von 75 % 370 kg N als NH₃ und 270 kg N als N-Lösung. Hohe Ausbringleistungen stellen entsprechende Ansprüche an das Nachliefern des Düngers; der Verbrauch erreicht 3000 l Lösung je h.

Bild 3. Die Umfüleinrichtung der Spritze oder eine gesonderte, leistungsfähige Pumpe fördert die N-Lösung aus dem Versorgetank in den großen Gerätebehälter.



3. Genauigkeit der Düngerverteilung

Der Dünger muß in Längs- und Querrichtung gleichmäßig verteilt werden; Abweichungen der auf die Fläche bezogenen Nährstoffmenge erscheinen aus pflanzenbaulicher Sicht noch bis zu ± 10 % erträglich [3].

Die Querverteilung durch Pflanzenschutzspritzen ist genauer als ± 10 %, da die Richtlinien der Biologischen Bundesanstalt höhere Ansprüche vorsehen. Bei NH₃-Geräten wird die Grenze eher erreicht, unter ungünstigen Bedingungen, z.B. am Hang, auch überschritten, wie Bild 4 zeigt. Die Ursache für die ungleichmäßige Verteilung ist die Tatsache, daß Ammoniak bereits im Verteiler teilweise verdampft und expandiert, so daß – selbst bei gleichmäßigem Volumenstrom – unterschiedliche Ammoniak-Massenströme durch die Zinken austreten.

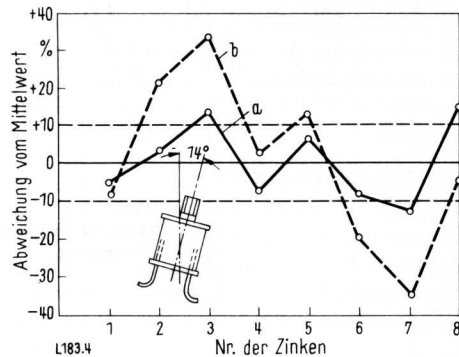


Bild 4. Verteilung von Ammoniak auf die Injektionszinken.

- a in horizontaler Lage
- b bei 14° Neigung

Die Güte der Längsverteilung hängt davon ab, ob man die Fahrgeschwindigkeit, für die das Dosierventil eingestellt ist, genau einhält. Schlupf- und Drehzahländerungen bewirken eine ungleichmäßige Verteilung. Dies gilt für das Spritzen und noch mehr für die NH₃-Düngung, weil sie eine größere Zugkraft erfordert. Die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit wechselt je nach Bodenzustand und Zugsicherheit des Schleppers auch um mehr als ± 10 %. Deshalb ist ein Dosierverfahren zu fordern, das von der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit gesteuert wird. Dies würde eine – entsprechend den jeweiligen Einsatzbedingungen – maximale Geschwindigkeit, dadurch eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit und so eine höhere Flächenleistung ermöglichen.

Bekannt sind fliehkraftgesteuerte Dosiereinrichtungen und Kolbenpumpen [4;5]. Der Fliehkraftregler öffnet das Dosierventil mehr oder weniger weit entsprechend der Fahrgeschwindigkeit. Die Abhängigkeit zwischen Fahrgeschwindigkeit und Durchfluß befriedigt nach Untersuchungen im Institut für Landtechnik, Gießen, nur in einzelnen Einstellbereichen; insgesamt genügt die Dosiergenauigkeit fliehkraftgesteuerter Dosiereinrichtungen nicht.

Der Förderstrom einer wegabhängigen Kolbenpumpe folgt streng der Fahrgeschwindigkeit, allerdings nur solange die Abdichtung in Ordnung ist. Die Dichtung verschleißt jedoch nach Erfahrungen der Praxis sehr schnell, weil Ammoniak nicht als Schmiermittel wirkt. In einer undichten Pumpe verdampft ein Teil des Ammoniaks, so daß sich der Dosierstrom ändert. Dies war Anlaß, eine Steuereinrichtung außerhalb des Mediums an ein Dosierventil a anzuschließen, **Bild 5**: Ein Stellmotor b betätigt das Ventil a in Abhängigkeit von einer elektrischen Spannung, die ein Bodenrad c in einem Tachogenerator d proportional zur Fahrgeschwindigkeit erzeugt. Dieses Prinzip eignet sich für alle Steuerventile, wenn man nur die elektronische Steuereinheit e auf das Durchflußverhalten des jeweiligen Ventils a abstimmt.

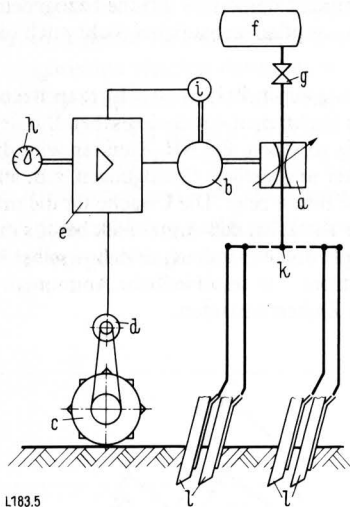
Eine Weiterentwicklung zur Durchflußregelung muß den tatsächlichen Ammoniak-Durchfluß als Regelgröße berücksichtigen. Der Sollwert des Durchflusses q_s ist in folgender Weise abhängig von der Fahrgeschwindigkeit v , der gewünschten auf die Fläche bezogenen Ausbringungsmenge m Stickstoff, der Arbeitsbreite b des Gerä-

tes, der von der Temperatur abhängigen Dichte ρ des Ammoniaks und des Gehaltes c an Rein-Stickstoff:

$$q_s = \frac{v m b}{c \rho}$$

Darin sind die Arbeitsbreite b und der Stickstoffgehalt c konstant. Die Differenz zwischen Sollwert und Istwert des Durchflusses kann in bekannter Weise als Stellgröße dienen.

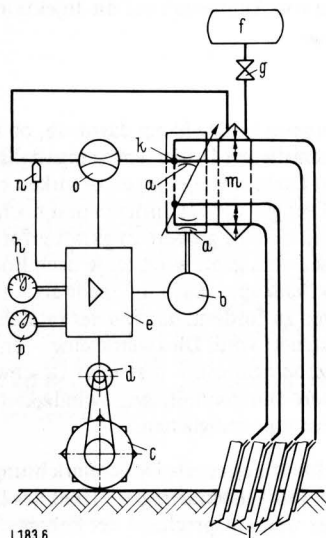
Bild 6 zeigt das im Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität Gießen erarbeitete System zur Ammoniak-Dosierung und -Verteilung, das z.Z. erprobt wird. Das aus dem Tank f strömende Ammoniak muß zunächst in einem Wärmeübertrager m so weit gekühlt werden, daß sein Siededruck mit Sicherheit unter dem niedrigsten Druck liegt, der an irgendeiner Stelle vor den Drosseln k auftreten kann, damit sich keine Dampfblasen bilden können, die Meßfehler verursachen würden. Anschließend werden die Temperatur als Maß für die Dichte bestimmt, der Durchfluß gemessen und schließlich das Ammoniak auf mehrere Leitungen verteilt und durch parallel geschaltete Drosseln a dosiert. Die Verteilung vor den Drosseln, also des noch flüssigen Ammoniaks, bewirkt, daß die Verteilungsgenauigkeit fast ausschließlich von der Fertigungsgenauigkeit der verwendeten Drossleinrichtungen abhängt. Bei der folgenden Entspannung im Wärmeübertrager m entzieht das verdampfende Ammoniak dem aus dem Tank einströmenden Wärme. Ein Stellmotor b betätigt die Drossleinrichtungen entsprechend der Differenz aus dem gemessenen Durchfluß und dem eingestellten Sollwert.



L183.5

Bild 5. Dosier-Steuerung für Ammoniak.

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| a Dosierventil | g Absperrventil |
| b Stellmotor | h Sollwertgeber für die Düngergabe |
| c Bodenrad | i Ventilstellungsgeber |
| d Tachogenerator | k Verteilung |
| e elektrische Steuerung | l Zinken |
| f NH ₃ -Tank | |



L183.6

Bild 6. Dosier-Regelung für Ammoniak.

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| a bis h, k und l s. Legende zu Bild 5 | o Durchflußmeßvorrichtung |
| m Wärmeübertrager | p Eingabe für die Arbeitsbreite |
| n Temperaturfühler | |

4. Stand der Flüssigdüngung

Abschließend sei die Verbreitung der Verfahren kurz betrachtet. In Dänemark und in den USA beträgt der Anteil des flüssigen Ammoniaks am Düngestickstoff-Verbrauch über 40% [6; 7]; in der Bundesrepublik Deutschland werden bisher nur 50000 bis 60000 ha flüssig gedüngt. Trotz vieler organisatorischer, technischer und vertriebstechnischer Schwierigkeiten betragen hier aber die Zuwachsraten stellenweise 50 bis 100%. Wegen des geringeren Investitionsbedarfs sind die Zuwachsraten für N-Lösung größer als die für Flüssigammoniak, das nur dann wirtschaftlich verwendet werden kann, wenn man sehr große Flächen je Zeiteinheit düngt. Die Geräte für die Ammoniak-Düngung sollte man deshalb überbetrieblich einsetzen.

Dies sind auf der unternehmerischen Seite prinzipielle Vorbedingungen; weitere Voraussetzung ist ein Ackerbau, der große Düngermengen verlangt und eine lange Düngesaison gewährleistet, wie z.B. der Hackfrucht- oder Maisanbau. Die Betriebsgröße ist ein weniger wichtiges Kriterium, wie Erfolge in kleinen Betrieben Bayerns und großen Betrieben in Niedersachsen oder Schleswig-Holstein zeigen.

L 183

Schrifttum

- [1] *Jürgens, G.*: Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung von wasserfreiem Ammoniak, Stickstoff-Lösungen und Stickstoff-Salzdüngemitteln. Diss. Gießen 1971, erschienen in KTBL-Berichten über Landtechnik Nr. 142, Hiltrup 1971.
- [2] *Heller, L. u. R. Landmann*: Düngerbezugs-Preisliste 1971/72, 23. NF, Göttingen 1971.
- [3] *Isensee, E.*: Untersuchungen auf landtechnisch-arbeitswirtschaftlichem Gebiet. KTBL-Manuskriptdruck 16, S. 40/52, Frankfurt 1969.
- [4] *Isensee, E.*: Technische und arbeitswirtschaftliche Aspekte der Flüssigdüngung. KTBL-Manuskriptdruck 23, S. 31/45, Frankfurt 1970.
- [5] *Mohn, H.*: Probleme der NH₃-Düngung unter besonderer Berücksichtigung der Dosierung. Diplomarbeit, Gießen 1970.
- [6] *Hamann, H.O.*: Betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte der Flüssigdüngung in KTBL-Manuskriptdruck 23, S. 7/30, Frankfurt 1970.
- [7] Fachverband Stickstoffindustrie: Auswirkungen der Preiserhöhungen bei Stickstoffdüngemitteln. Mitteilungen der DLG, Frankfurt, Bd. 86 (1971) Nr. 45, S. 1156.