

Harnstoff als Bodendünger

Prof. Dr. A. Amberger, Dr. R. Gutser, Weihenstephan¹⁾

Dem N-Dünger Harnstoff kommt weltweit gesehen eine zunehmend größere Rolle als landwirtschaftliches Betriebsmittel zu.

In den USA wurde in den letzten Jahren bereits ein Drittel des Gesamtverbrauches an Harnstoffdüngern in fester Form verabreicht.

Der Einsatz in der Bundesrepublik war bisher vorwiegend auf die Blattdüngung, also auf flüssige Anwendung, beschränkt. Infolge relativer Preisgünstigkeit ist die Praxis heute am Harnstoffeinsatz als festem Dünger sehr interessiert. Da langjährige und breitgestreute Versuchsergebnisse über die Eignung von Harnstoff als Bodendünger fehlen, ist teilweise eine große Unsicherheit bezüglich der Anwendung von Harnstoff in fester Form anzutreffen.

Der Biuretgehalt

Der Produktionsprozeß von Harnstoff kann heute so gesteuert werden, daß der Biuretgehalt unter 1% bleibt²⁾. Mayr und Barbier sowie Jungermann wiesen übereinstimmend nach, daß, als Bodendünger verabreicht, erst höhere Biuretgehalte (3 bis 4%) Blattschädigungen und Mindererträge — bei Tabak, Sonnenblumen, Mais — hervorrufen.

In dieser Hinsicht bestehen daher gegen eine Ausdehnung des Harnstoffeinsatzes keine Einwendungen. Schwierigkeiten bereitet allerdings vielfach die gleichmäßige Ausbringung eines solchen hochkonzentrierten Düngers (46% N); die Landtechnik bietet aber geeignete Geräte an: Tellerstreuer für kleine, pneumatische Düngerstreuer für größere Arbeitsbreiten.

Die Wirkung von Harnstoff als Bodendünger auf die Ertragsbildung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen wurde früher häufig ungünstig beurteilt;

Sturm und Buchner führen diese unbefriedigende Wirkung vor allem auf das niedrige Düngungsniveau zurück. Neuere Versuche lassen indes erkennen, daß sich die Unterschiede zwischen den N-Formen mit steigenden Gaben verringern.

Versuchsanstellung:

Unser Institut führt seit 1954 auf zwei Böden langjährige N-Formen-Versuche in Betonzylindern — 0,5 qm Oberfläche, 80 cm Tiefe — in vierfacher Wiederholung durch. Sie sind in den Boden eingegraben und stehen mit dem Unterboden in unmittelbarer Verbindung. Eine zusätzliche Beregnung erfolgt nicht³⁾.

lehmiger Feinsand	7,6% Ton	34,9% Feinsand
pH (KCl) 6,5	3,7% Schluff	52,8% Grobsand
T-Wert (Mehlich):	DL-Werte:	} 100 g Boden
5 mval/100 g Boden	21 mg K ₂ O	
	16 mg P ₂ O ₅	
toniger Lehm	20,4% Ton	44,8% Feinsand
pH (KCl) 6,2	24,9% Schluff	9,9% Grobsand
T-Wert (Mehlich):	DL-Werte:	} 100 g Boden
14,5 mval/100 g Boden	6 mg K ₂ O	
	16 mg P ₂ O ₅	

Die wichtigsten Getreidearten und Hackfrüchte — außer Mais — wurden im Rahmen einer verbesserten Dreifelderwirtschaft angebaut. Die Grunddüngung (P+K) war jeweils optimal. Als Versuchsdünger wurden unter anderem verglichen: Harnstoff, Kalkammonsalpeter, schwefelsaures Ammoniak und Ammonsulfatsalpeter.

Höhe und Zeitpunkt der N-Gabe zu:

Kartoffeln	100 kg N/ha	(50 vor dem Legen, 50 zum Auflaufen)
Zuckerrüben	120 kg N/ha	(70 zur Saat, 50 nach dem Vereinzeln)
Winterweizen	80 kg N/ha	in einer Gabe im zeitigen Frühjahr
Sommerweizen	80 kg N/ha	in einer Gabe zum Spitzen
Wintergerste	80 kg N/ha	(20 im Herbst, 60 im zeitigen Frühjahr)
Sommergerste	40—50 kg N/ha	vor der Saat
Hafer	50—60 kg N/ha	vor der Saat
Sommerroggen	60 kg N/ha	zum Spitzen

Die Ergebnisse

Getreide (Übersicht 1—4):

Harnstoff erzielt im Vergleich mit den anderen geprüften Stickstoffformen auf beiden Versuchsböden und zu allen Ge-

treidefrüchten mindestens gleich hohe Erträge und N-Aufnahmen. Die Sicherheit der N-Wirkung über den gesamten Versuchszeitraum hinweg äußert sich in durchschnittlichen Mehrerträgen an Körnern von 5 bis 8% und in 6 bis 10% höheren N-Entzügen als die Vergleichsdünger.

Hackfrüchte (Übersicht 5—6):

Auf dem Sandboden ist Harnstoff in sechs Versuchsjahren zu Hackfrüchten den Vergleichsdüngern in der N-Wirkung — Erträge, N-Aufnahme — um bis zu 20% überlegen. Die zweijährigen Ergebnisse auf dem Lehm Boden lassen keine genauere Unterscheidung der N-Formen hinsichtlich ihrer Wirkung zu; Harnstoff kommt noch am nächsten an das Ergebnis von Kalkammonsalpeter heran.

Eine abschließende Bodenuntersuchung...

... auf dem Sandboden im Herbst 1968 (Übersicht 7) zeigte, daß die erhöhten Wurzel- und Stoppelrückstände durch N-Düngung allgemein, besonders aber durch Harnstoff, zu einem Anstieg der Sorptionskapazität des Bodens führen.

Trotz hoher bzw. höchster N-Entzüge der Versuchspflanzen nach Harnstoffdüngung ist der Gehalt an Bodenstickstoff gerade in dieser Versuchsgruppe

am größten; die Auswaschungsverluste können also keinesfalls höher sein.

Die reinen Salpeterdünger, in den Übersichten 1 bis 6 zur Vereinfachung nicht aufgeführt, haben keinen Einfluß auf die Höhe des Gesamtstickstoffgehaltes dieses Versuchsbodens. Der von den Pflanzen nicht entzogene NO₃-Dünger-

¹⁾Institut für Pflanzenernährung, TU München-Weihenstephan

²⁾Forderung nach der Düngemittelverordnung

³⁾Weihenstephan im Schnitt 800 mm Niederschläge im Jahr

stickstoff ging durch Auswaschung bzw. Denitrifikation verloren, da Nitrat am Sorptionskomplex nicht sorbiert wird und erst nach Remineralisation des von Mikroorganismen und Pflanzen aufgenommenen und zur Eiweißsynthese verwendeten Nitrates zum Aufbau von Humuskörpern herangezogen und damit vorübergehend konserviert wird.

Die geringere Bildung stabiler Humuskörper durch reine NO_3 -Düngung spiegelt sich in den niedrigeren T-Werten.

Humuskörper als gute Sorptionsträger bestimmen aber maßgeblich die Höhe der Sorptions- und Wasserkapazität insbesondere auf leichten Böden.

Welche Schlussfolgerungen?

Harnstoff erzielte auf beiden Böden, insbesondere auf dem Sandboden, gegenüber den Vergleichsdüngern mehr oder weniger deutliche Vorteile. Die vorwiegend enzymatische Umsetzung von Harnstoff zu Ammoniak und CO_2 verläuft im allgemeinen sehr rasch, nämlich in einigen Tagen, der weitere Vorgang von NH_3 zu NO_3 dagegen ziemlich langsam und ist ferner stark temperaturabhängig: günstige Wachstumsbedingungen bedingen auch eine schnellere Nitrifikation!

Sofern also die Sorptionsmöglichkeiten eines Bodens ausreichen, dürften — unter der Voraussetzung einer sinnvollen Harnstoff-Ausbringung im Frühjahr — Auswaschungsverluste niedrig sein, weil der Wasser- und N-Bedarf der wachsenden Kulturen zu dieser Zeit hoch und der Sickerwasseranfall gering ist.

Hinzu kommt, daß durch diesen hochkonzentrierten und an Nebenbestandteilen armen Dünger die Salzkonzentration der Bodenlösung gering und damit für die Jugendentwicklung der Kulturen günstig ist, insbesondere auf leichten Böden zu salzempfindlichen Pflanzen.

Die Wirkung von Harnstoff ist sowohl nach Einarbeiten in den Boden vor der Saat, zum Beispiel Hackfrüchte, als auch nach Kopfdüngung, zum Beispiel Winterweizen, gleich gut. Auch Bohle fand keine wesentlichen Unterschiede zwischen eingearbeitetem und oberflächlich ausgebrachtem Harnstoff.

NH_3 -Verluste nach der Harnstoffspaltung dürften auf diesen beiden Versuchsböden bedeutungslos sein, obwohl der Sandboden (pH 6.5) nur eine geringe Sorptionskapazität (5 mval/100 g) aufweist.

Auf leichten Böden mit neutraler bis alkalischer Reaktion und entsprechenden Gehalten an freiem kohlenstoffsaurem Kalk ist aber zweifellos mit dem Auftreten von freiem NH_3 (Pflanzengift) bzw. mit höheren NH_3 -Verlusten zu rechnen. Unter solchen Bedingungen kann daher der Einsatz größerer Harnstoffgaben zweifelhaft werden.

Der Einsatz von Harnstoff...

... als Bodendünger ist nach pflanzenphysiologischen Gesichtspunkten zu den meisten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sicherlich gerechtfertigt.

Übersicht 1: Getreide — Kornerträge (ohne N = 100) — Sandboden
Durchschnittsertrag der Kontrolle: 97 g Körner (TM)/0,5 qm

N-Form	Wintergerste 1958	Sommergerste 1955/61	Hafer 1962/66/67	Sommerroggen 1959	Ø (7 Jahre)
schwefelsaures Ammoniak	234	151	364	144	253
Ammonsulfatsalpeter	245	142	406	141	250
Kalkammonsalpeter	183	161	403	140	264
Harnstoff	209	166	399	161	271

Übersicht 2: Getreide — N-Aufnahme (Korn + Stroh, ohne N = 100) — Sandboden
Durchschnittsentzug der Kontrolle: 2,7 g N/0,5 qm

N-Form	Wintergerste	Sommergerste	Hafer	Sommerroggen	Ø
schwefelsaures Ammoniak	186	161	221	128	185
Ammonsulfatsalpeter	192	157	227	124	188
Kalkammonsalpeter	145	160	243	119	188
Harnstoff	169	170	247	137	193

Übersicht 3: Getreide — Kornerträge (ohne N = 100) — Leimböden
Durchschnittsertrag der Kontrolle: 161 g Körner (TM)/0,5 qm

N-Form	Sommergerste 1957/59/62	Sommerweizen 1961/64	Winterweizen 1958	Ø (6 Jahre)
schwefelsaures Ammoniak	139	184	117	150
Ammonsulfatsalpeter	148	203	134	164
Kalkammonsalpeter	145	209	134	165
Harnstoff	152	227	140	175

Übersicht 4: Getreide — N-Aufnahme (Korn + Stroh, ohne N = 100) — Leimböden
Durchschnittsentzug der Kontrolle: 3,7 g N/0,5 qm

N-Form	Sommergerste	Sommerweizen	Winterweizen	Ø
schwefelsaures Ammoniak	143	196	123	157
Ammonsulfatsalpeter	147	221	135	169
Kalkammonsalpeter	142	204	146	163
Harnstoff	146	246	156	181

Übersicht 5: Hackfrüchte — Erträge und N-Entzüge (ohne N = 100) — Sandboden
Durchschnittsertrag der Kontrolle (g TM/0,5 qm): 132 Kartoffeln bzw. 505 Rüben
Durchschnittsentzug der Kontrolle (g N/0,5 qm): 1,8 (Kartoffeln) bzw. 8,7 (Rüben + Blatt)

N-Form	Erträge		N-Entzüge	
	Kartoffeln (1954/57/60/65)	Zuckerrüben (1956/63)	Kartoffeln	Zuckerrüben
schwefelsaures Ammoniak	260	146	267	131
Ammonsulfatsalpeter	276	148	276	121
Kalkammonsalpeter	279	155	249	138
Harnstoff	312	188	290	184

Übersicht 6: Hackfrüchte — Erträge und N-Entzüge (ohne N = 100) — Leimböden
Durchschnittsertrag der Kontrolle (g TM/0,5 qm): 175 Kartoffeln bzw. 930 Rüben
Durchschnittsentzug der Kontrolle (g N/0,5 qm): 2,5 (Kartoffeln) bzw. 22,5 (Rüben + Blatt)

N-Form	Erträge		N-Entzüge	
	Kartoffeln 1963	Zuckerrüben 1960	Kartoffeln	Zuckerrüben
schwefelsaures Ammoniak	175	—	147	—
Ammonsulfatsalpeter	178	131	158	117
Kalkammonsalpeter	194	181	156	171
Harnstoff	194	154	148	147

Für die praktische Anwendung sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

1 Gaben von weniger als 60 kg N/ha lassen sich in Form dieses hochprozentigen Stickstoffdüngers maschinell schwer gleichmäßig ausstreuen.

2 Zu Sommerfrüchten — Sommergetreide, Mais, Hackfrüchte — ist eine leichte Einarbeitung vor der Saat in den Boden anzuraten. Diese Maßnahme beseitigt oder verringert die Gefahr von höheren NH_3 -Verlusten, zum Beispiel infolge ungünstiger Witterung, und fördert die Sorption des Harnstoffes im Boden.

3 Auf neutralen bis alkalischen Böden, insbesondere von geringerer Sorptionskapazität, ist ein Einsatz von Harnstoff als Bodendünger zweifelhaft, da NH_3 -Verluste auftreten können.

4 Ob höhere N-Mengen zu Rüben bzw. Mais, zum Beispiel 140 bis 180 kg N/ha, in ganzer Gabe vor der Saat ausgebracht werden können, muß noch geprüft werden. Auf sorptionsstarken

Übersicht 7: Bodenuntersuchung auf dem Sandboden. Herbst 1968

N-Form	T-Wert	Ges. N
	mval/100 g Boden	mg 100 g Boden
ohne N	5,0	28,6
Natronsalpeter	5,3	28,6
Kalksalpeter	5,2	29,7
schwefelsaures Ammoniak	5,4	32,5
Ammonsulfatsalpeter	5,6	34,2
Kalkammonsalpeter	5,6	34,2
Harnstoff	5,8	37,0

Böden dürfte unserer Ansicht nach eine Aufteilung der N-Düngung nicht unbedingt notwendig sein; damit würde die gleichmäßige maschinelle Ausbringung erleichtert werden.

5 Beachtung verdient die Tatsache, daß Harnstoff im Gegensatz zum Beispiel zu Kalkstickstoff oder Kalkammonsalpeter keine basisch wirksamen Bestandteile enthält und nach der völligen Umsetzung zu Nitrat sogar den Kalkvorrat des Bodens beansprucht. Die leider in den letzten Jahren häufig vernachlässigte Kalkversorgung der Böden sollte daher in diesem Zusammenhang mehr beachtet werden.