

(Aus dem Institut für Pflanzenbau, Lehrstuhl für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Bonn)

## **Zur Frage der Anpassung der Stickstoffdüngung an den Bedarf der Zuckerrüben, insbesondere unter Berücksichtigung von Gülle**

Von K.-U. HEYLAND und F. KLOEPFER

(Mit 7 Abbildungen)

### **Zusammenfassung**

In den Jahren 1984 und 1985 wurden auf mehreren Standorten in der Köln-Aachener Bucht Versuche, mit dem Ziel der Optimierung der Stickstoffdüngung von Zuckerrüben, durchgeführt. Die Standorte — drei im Jahr 1984 und zwei im Jahr 1985 — unterschieden sich hinsichtlich der Höhe der organischen Düngung in der Fruchtfolge. Es wurden dort die Höhe, die Form und die Aufteilung der N-Düngung geprüft.

Die Ergebnisse der beiden Versuchsjahre lassen sich in folgenden Aussagen zusammenfassen:

Bei hohen Frühjahrsniederschlägen werden unter Zuckerrüben auch auf tiefgründigen Lößstandorten erhebliche Nitratmengen in tiefere Bodenschichten verlagert oder sogar aus dem Bodenprofil ausgewaschen. Für die Entwicklung der Zuckerrübe ist die Menge an verfügbarem Stickstoff in der Jugendphase entscheidend.

Durch die Düngung mit Gülle ist eine bedarfsgerechte Ernährung der Zuckerrübe möglich. Voraussetzung dazu ist, neben der Berücksichtigung des Nährstoffgehalts und guter Ausbringungstechnik, die richtige Wahl des Ausbringungszeitpunktes und die Optimierung der Faktoren, die die Umsetzung des Güllestickstoffs beeinflussen. Eine Aufteilung der Güllegaben im Frühjahr kann auch unter dem Gesichtspunkt einer optimalen Nährstoffverwertung nicht empfohlen werden.

Die Herbstausbringung der Gülle verursacht erhebliche Stickstoffverluste. Der Zusatz von Nitrifikationshemmstoffen kann dies verhindern! Dies muß jedoch bei der Kalkulation der Ausbringungsmenge berücksichtigt werden. Die Anwendung von DCD bei der Frühjahrsausbringung von Gülle bringt keine wesentliche Ertrags- oder Qualitätsverbesserung.

Die Kombination einer mineralischen Startgabe mit der Ausbringung von Gülle erzielte hohe bereinigte Zuckererträge, besonders auch dann, wenn die Gülldüngung allein deutliche Mindererträge gegenüber der mineralischen Düngung zur Folge hatte.

Eine Aufteilung der mineralischen Düngung verhindert einen temporären Stickstoffmangel in der Jugendentwicklung. Negative Auswirkungen auf die

Rübenqualität konnten bei der Düngung von 25 % der Gesamtmenge bis zum Reihenschluß nicht festgestellt werden. Deutlich positiv sind jedoch vor allem bei hohen Frühjahrsniederschlägen die Ertragseffekte. Die Aufteilung der Stickstoffdüngung eröffnet die Möglichkeit einer Reaktion auf die tatsächlichen Mobilisations- und Verlagerungsverhältnisse zwischen Saat und Reihenschluß und kann damit Sicherheitszuschläge überflüssig machen.

Die Prognose des Stickstoffdüngerbedarfs, durch die Gegenüberstellung des Stickstoffbedarfs für den erwarteten Ertrag und der standort- und bewirtschaftungsabhängigen N-Mobilisation, ist begrenzt möglich. Die Abschätzung des zeitlichen Verlaufs der Mobilisation und der Verlagerung sollte unter Einbeziehung dynamischer Modelle präzisiert werden und bei der Düngung einer Teilmenge von ca. 25 % der Gesamtmenge zwischen 4-Blatt-Stadium und Reihenschluß der Zuckerrübe berücksichtigt werden.

Schlüsselworte: Zuckerrübe, Stickstoffdüngung, Stickstoffbedarf, Gülle.

### **Adaptation of nitrogen fertilization for the demand of sugar beets under special consideration of slurry**

#### **Summary**

In the years 1984 and 1985 field trials in the "Köln-Aachener Bucht" about the optimal nitrogen fertilization to sugar beets were performed. Fertilization with slurry is possible, if a proper technique of distribution and an optimal time of application is guaranteed. Splitting of slurry fertilization in spring time cannot be recommended. In combination with mineral nitrogen a slurry application led to higher sugar yields. A forecast about the amount of nitrogen necessary for a certain yield level is not possible.

Key-words: sugar-beets, nitrogen-fertilization, nitrogen-demand, slurry.

#### **1. Einleitung und Problemstellung**

Die Zuckerrübe hat ein hohes Stickstoffanreicherungsvermögen und nimmt bei reichlichem Angebot erheblich größere Mengen auf, als zu einer guten Ertragsbildung notwendig ist, mit negativen Auswirkungen auf die Qualität. Diese Probleme bestehen besonders in Gebieten mit hohem Viehbesatz, wo bei der Ausbringung von Gülle oft die Beseitigung eines unerwünschten Nebenproduktes im Vordergrund steht und nicht die pflanzenbaulich optimale Verwendung eines wertvollen Düngemittels. Die wirtschaftliche Lage zwingt jedoch immer stärker zu einem rationellen Betriebsmitteleinsatz. Auch aus Umweltgesichtspunkten muß der Nitrataustrag aus dem Boden minimiert werden, der bei unzureichender Abstimmung der pflanzenbaulichen Maßnahmen verstärkt auftritt. Dies ist aber nicht nur durch die Gesetzgebung zu erreichen, sondern vor allem durch wissenschaftlich begründete Handlungsanweisungen, die die optimale Abstimmung aller Maßnahmen aufzeigen. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Möglichkeiten zu einer Optimierung der Stickstoffdüngung von Zuckerrüben aufzuzeigen, und Hinweise für eine bessere Verwendung von Gülle zu liefern.

Im ersten Ansatz ergibt sich die Höhe des Düngerbedarfs aus der Differenz von N-Bedarf und N-Anlieferung aus dem Boden. Die N-Anlieferung aus dem Boden ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, so daß die Kalkulation äußerst schwierig ist. Durch die Erfassung der wichtigsten Stickstoffquellen und deren Bewertung nach Schätzwerten kann der mineralische Düngerbedarf als Differenz des N-Bedarfs und des voraussichtlich aus dem Boden verfügbar wer-

denden Stickstoffs berechnet werden (GÜNTHER 1983). Berechnungen sind auch unter Anwendung von Computersimulationsprogrammen, mit deren Hilfe die N-Mineralisierung, N-Verlagerung und N-Auswaschung sowie das Pflanzenwachstum in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf nachgebildet und vorausgeschätzt werden, möglich. Die meisten dieser Simulationsmodelle benötigen jedoch eine Vielzahl von Eingabedaten, sodaß die praktische Verwendbarkeit beschränkt ist. Unter dem Gesichtspunkt der pflanzenbaulichen Optimierung werden bei dem am Lehrstuhl Spezieller Pflanzenbau der Universität Bonn entwickelten „Anbauverfahren Bonn“ N-Düngungsempfehlungen mit Hilfe der EDV berechnet. Auf Grundlage verschiedener, vom Landwirt einfach zu erhebender Parameter (Tabelle 1) über Vorfrucht, Zwischenfrucht, organische Düngung, Boden, Klima und Witterung, wird der mineralische Düngerbedarf als Differenz zwischen der Anlieferung aus dem Boden und der für einen bestimmten Ertrag notwendigen N-Menge berechnet (HEYLAND und KOCHS 1984, ZILLEKENS 1986).

Tabelle 1

*Erhobene Parameter zur Berechnung des N-Düngerbedarfs der Zuckerrübe*

---

Grünlandumbruch	— Alter des umgebrochenen Grünlandes
Vorfrucht	— Art — Ertrag — Erntetermin
Zwischenfrucht	— Art — Entwicklung — Verwertung
Boden	— Ackerzahl — Humusgehalt
Mineralische Düngung im Herbst	
Organische Düngung in der Fruchtfolge	
	— Art — Menge — Häufigkeit
Organische Düngung im Herbst vor Zuckerrüben	
	— Art — Menge — Zeitpunkt
Organische Düngung im Frühjahr vor Zuckerrüben	
	— Art — Menge — Zeitpunkt
Zusatz von Nitrifikationshemmstoffen	
Witterung	— Winterniederschläge — üblicher Vegetationsbeginn
Ertragserwartung der Zuckerrüben	

Besondere Probleme bereitet die Düngung mit Gülle, da der N-Gehalt in weiten Bereichen in Abhängigkeit von der Tierart, der Fütterung, der Aufstallung und der Lagerhaltung (VETTER und STEFFENS 1982) schwankt. Zur gezielten Düngung mit Gülle sollte daher stets eine Analyse der wichtigsten Nährstoffe erfolgen, die Gülle vor der Ausbringung gut durchmischt sowie die Menge richtig dosiert und verteilt werden (VETTER und STEFFENS 1982). Der in der Gülle enthaltene Stickstoff liegt nach verschiedenen Untersuchungen zu 40 bis 70 % als Ammonium-Stickstoff, in Form von Ammoniumkarbonat (ASMUS et al. 1971), vor.

In seiner Wirkung ist der Ammoniumanteil einem mineralischen Ammoniumdünger vergleichbar. Verluste können durch Verflüchtigung vom Ammoniak, besonders bei hohem pH-Wert, auftreten. Dies kann durch die Einarbeitung der Gülle nach oder während der Ausbringung verhindert werden (KUNDLER 1970). Die Nitrifikation des Ammoniumstickstoffs erfolgt in Abhängigkeit von den Nitrifikationsbedingungen innerhalb von 20 bis 40 Tagen (AMBERGER und GUTSER 1979, AMBERGER und VILSMEIER 1979). Der entstehende Nitratstickstoff ist dann auswaschungsgefährdet. Der restliche Stickstoff ist organisch gebunden, vorwiegend in Eiweißverbindungen. Die Bewertung des organisch gebundenen Anteils wird unterschiedlich vorgenommen. Bei wiederholter Anwendung von Gülle ist auch der Nachwirkungseffekt der Gaben aus den Vorjahren zu berücksichtigen (ASMUS und GÖRLITZ 1981, VETTER und STEFFENS 1982). Bei verlustarmer Anwendung kann dann der volle N-Gehalt angerechnet werden.

Durch Zusatz von Dicyandiamid kann die Nitrifikation in Abhängigkeit von den herrschenden Temperaturen und der Bodenfeuchtigkeit hinausgezögert werden. Durch Zusatz von DCD bei einer Gülleausbringung vor dem Winter kann, in Abhängigkeit vom Ausbringungszeitpunkt, die Bildung von Nitrat im Herbst weitgehend vermieden werden und so eine Verbesserung der Güllewirkung erreicht werden (AMBERGER und GUTSER 1979, SOLANSKY 1981, 1982 a und 1982 b, HEYLAND und BRAUN 1981). Auch bei der Gülleausbringung im Frühjahr kann ein Zusatz von DCD sinnvoll sein, da der Zeitraum nach einer Ausbringung von Gülle bis zur verstärkten Aufnahme von Stickstoff von Mais oder Zuckerrüben zwei bis drei Monate beträgt und in dieser Zeit eine beträchtliche N-Auswaschung erfolgen kann (AMBERGER 1981). Ebenso kann DCD zu mineralischen Ammoniumdüngern zugesetzt und damit in gleicher Weise eine Verbesserung der Wirkung erreicht werden (AMBERGER 1981, SOLANSKY 1982 b).

Zu untersuchende Fragestellungen in der vorliegenden Arbeit waren die Überprüfung der Bilanzierung auf verschiedenen Standorten, die Einschätzung der Wirkung von mineralischer Düngung und der Düngung mit Gülle und deren Kombination in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung des Standortes und der zeitlichen Aufteilung. Durch eine Variation des errechneten N-Bedarfs und dem Einsatz verschiedener Düngerformen sollte eine, in bezug auf Menge und Zeitpunkt an den Bedarf der Zuckerrübe angepasste, N-Düngungsstrategie entwickelt werden.

## 2. Material und Methodik

### Versuchsanlage

Zur Klärung der anstehenden Fragen wurden in den Jahren 1984 und 1985 auf drei Standorten in der Köln-Aachener Bucht Versuche angelegt. Ein Standort fiel im Jahr 1985 durch Fehler in der Bodenbearbeitung aus. Die Standorte unterschieden sich hinsichtlich der Höhe der organischen Düngung und in bezug auf die klimatischen und anbautechnischen Produktionsbedingungen. Die Versuche waren als Blockanlagen in zwei Wiederholungen mit folgenden Faktoren und Faktorstufen angelegt:

Ort	3 (2) Stufen (Kennzeichnung O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> )
N-Menge	4 Stufen (a, b, c, d)
N-Form und Verteilung	12 Stufen (1 bis 12)

#### 1. Faktor: Ort

Viersen	O <sub>1</sub>
Immerath	O <sub>2</sub>
Titz	O <sub>3</sub>

Der Bodentyp ist bei allen Standorten eine Parabraunerde. Die Bodenart ist in Viersen ein lehmiger Sand, in Titz und Immerath sandiger Lehm. Unterschiede gab es vor allem in der Fruchtfolge und der Höhe der organischen Düngung. Bei dem Standort Viersen handelt es sich um einen am nördlichen Rand der Köln-Aachener Bucht gelegenen Betrieb mit starker Rinderhaltung. Die Fruchtfolge besteht aus Zuckerrüben — Kartoffeln — Weizen — Weidelgras — Zuckerrüben — Weizen — Gerste. Der Versuch lag in der Fruchtfolge nach Gerste, der als Zwischenfrucht Gras folgte. Die Tiefgründigkeit beträgt zwischen 120 cm und 160 cm. Es wurden bis zur Umstellung auf Flüssigmist im Durchschnitt ca. 30 t Rindermist je Hektar und Jahr ausgebracht. Die Gülledüngung liegt im Durchschnitt ebenfalls in dieser Höhe. Bei dem Standort Immerath handelt es sich um einen viehlosen Betrieb im Zentrum der Köln-Aachener Bucht auf tiefgründigem Lößboden. Es werden Zuckerrüben — Weizen — Gerste angebaut, mit Ölrettich als Zwischenfrucht nach Gerste, der bei Beginn der Kapselreife abgeschlegelt wird. Titz ist ein Betrieb mit geringer Viehhaltung, nur wenige 100 m Luftlinie entfernt. Es werden ebenfalls Zuckerrüben — Weizen — Gerste angebaut. Nach der Gerste wird als Zwischenfrucht Gras angebaut, das von Rindern abgeweidet und im Spätherbst oder Frühjahr untergearbeitet wird.

## 2. Faktor: N-Menge

wenig	a
mittel	b
viel	c

Nach der bereits beschriebenen Methode des „Anbauverfahrens Bonn“ wurde eine Basismenge berechnet, die durch Zu- und Abschläge vom erwarteten N-Bedarf der Zuckerrüben variiert wurde. Zur Kontrolle wurden Parzellen ohne N-Düngung (Kennung d) angelegt. Die erhobenen Parameter können Tabelle 1, der berechnete Düngerbedarf kann Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2  
*Düngung und Anbaumaßnahmen*

Anbaumaßnahme	1984			1985	
	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
Zwischenfrucht	Gras	Ölrettich	Gras	Ölrettich	Gras
Düngung der Zwischenfrucht	68 kg N	—	63 kg N	—	63 kg N
Grunddüngung	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	140 kg	105 kg	140 kg	105 kg
	K <sub>2</sub> O	104 kg	320 kg	320 kg	360 kg
N-Düngerbedarf	30 kg N	52 kg N	95 kg N	63 kg N	97 kg N
N-Düngung	wenig	30 kg N	53 kg N	67 kg N	57 kg N
	mittel	64 kg N	96 kg N	110 kg N	97 kg N
	viel	110 kg N	139 kg N	150 kg N	137 kg N
Güllemenge	wenig	6,5 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>
	mittel	13 m <sup>3</sup>	20 m <sup>3</sup>	20 m <sup>3</sup>	20 m <sup>3</sup>
	viel	22 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>
Saattermin	16. 04.	18. 04.	31. 03.	20. 04.	16. 04.
Ernte	17. 10.	17. 10.	16. 10.	14. 10.	09. 10.

## 3. Faktor: N-Form und Verteilung

Eine Übersicht über die Faktorstufen und ihre Kombination gibt Tabelle 3. Es wurden die Faktorstufen 1, 2, 3, 5 und 6 mit allen N-Mengen kombiniert. Die Stufen 9, 10 und 11 wurden mit den N-Mengen b und c kombiniert. 7 und 8 wurden

nur in der Mengenstufe b durchgeführt. Als Menge für Stufe 4 wurde nur die berechnete Düngerbedarfsmenge verwendet. Auf dem Standort Viersen wurde außerdem im Herbst 1983 ein Langparzellenversuch mit zwei Streifen in einer Breite von 12 m angelegt. Dort wurden 60 m<sup>3</sup>/ha Gülle mit und ohne Zusatz von 30 kg/ha Dicyandiamid mit einem Vakuumfaß ausgebracht.

Tabelle 3

Übersicht über N-Formen, N-Verteilung und Kombination mit N-Menge

Code	N-Menge	Vegetationsbeginn	zur Saat	4-Blatt-Stadium	vor Reihenschluß
1	a, b, c	—	A <sup>1</sup>	A	—
2	a, b, c	50 % <sup>2</sup>	25 %	25 %	—
3	a, b, c	50 %	25 %	—	25 %
4	Errechneter Düngerbedarf	ASS + DCD	—	—	—
5	a, b, c	Gülle	—	—	—
6	a, b, c	Gülle + DCD	—	—	—
7	b	50 % Gülle	50 % Gülle	—	—
8	b	50 % Gülle	—	50 % Gülle	—
9	b, c	50 % Gülle	40 kg N	—	—
10	b, c	50 % Gülle	—	40 kg N	—
11	b, c	50 % Gülle	—	—	40 kg N
12	d	—	—	ohne N	—

<sup>1</sup> Höhe und Verteilung des N-Düngerbedarfs berechnet.

<sup>2</sup> Alle Prozentzahlen beziehen sich auf Prozent vom errechneten Düngerbedarf.

#### Versuchsdurchführung

Im Frühjahr wurde bei Vegetationsbeginn die Gülle mit einem Versuchsgerät der Landwirtschaftskammer Rheinland ausgebracht, mit dem Grubber sofort eingearbeitet und spätestens am folgenden Tag untergepflügt. Es wurde dabei stets Gülle vom Standort Viersen verwendet, die nach gründlichem Homogenisieren in ein Vakuumfaß gesaugt und darin vor der Ausbringung nochmals homogenisiert wurde. Beim Ausbringungstermin im 4-Blatt-Stadium wurde die Gülle zwischen den Reihen ausgebracht und anschließend oberflächlich eingearbeitet. Vor der Ausbringung wurde nach gründlichem Durchmischen eine Probe genommen und von der LUFA in Bonn auf Trockensubstanzgehalt, Gesamt-N-, -P-, -K- und -Mg-Gehalt analysiert. Die Zusammensetzung betrug 10,5 % Trockensubstanz, 5,7 kg N/m<sup>3</sup>, 2,2 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>, 6,0 kg K<sub>2</sub>O und 1,4 kg MgO/m<sup>3</sup> mit nur geringen Abweichungen.

#### Probenahme

Eine Übersicht über die analysierten Pflanzen und Bodenproben gibt Tabelle 4.

Eine Übersicht über die Varianten der Beprobung gibt Tabelle 5. Aus den Bodenproben wurde der Nitrat-, Ammoniumstickstoff- und Wassergehalt bestimmt.

Für die Pflanzenproben wurde auf einer Länge von einem Meter fünf Reihen gerodet und Blatt und Rüben getrennt gewogen. Im Labor der Zuckerfabrik wurden die Rübeninhaltsstoffe analysiert und daraus weitere Größen berechnet (Tab. 6).

Tabelle 4

Termine der Pflanzen- und Bodenprobennahme

Termin	Vegetations- beginn T <sub>1</sub>	4-Blatt- Stadium T <sub>2</sub>	Reihen- schluß T <sub>3</sub>	2. Probe- rodung T <sub>4</sub>	Ernte T <sub>5</sub>
1984	27. 2.	5. 6.	25. 7.	15. 8.	14. 10.
1985	5. 3.	30. 5.	2. 7.	6. 8.	14. 10.
Boden	0—120 cm	0—60 cm	0—60 cm	0—90 cm	0—120 cm
Pflanze	—	—	*	*	*

Tabelle 5

Übersicht über die Varianten der Probenahme

		1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4	5a	5b	5c	6a	6b	6c	9b	10b	12
1984	T <sub>2</sub>		*																	*
	T <sub>3</sub>	*	*	*		*		*				*	*	*	*	*	*	*		*
	T <sub>4</sub>	*	*	*		*		*				*	*	*	*	*	*	*		*
	T <sub>5</sub>	*	*	*		*		*				*	*	*	*	*	*	*		*
1985	T <sub>2</sub>	*	*	*	*			*			*	*	*	*	*	*	*	*		*
	T <sub>3</sub>	*	*	*		*		*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	T <sub>4</sub>	*	*	*		*		*			*	*	*	*	*	*	*	*		*
	T <sub>5</sub>	*	*	*		*		*			*	*	*	*	*	*	*	*		*

Tabelle 6

Durchgeführte Rübenanalysen und berechnete Größen

Größe	Einheit	Methode
Zuckergehalt	%	polarimetrisch
Natriumgehalt	meq/100 g Rübe	flammenphotometrisch
Kaliumgehalt	meq/100 g Rübe	flammenphotometrisch
α-Amino-N-Gehalt	meq/100 g Rübe	photometrisch
Melassezuckeranteil	%	nach REINEFELD et al. 1974
bereinigter Zuckergehalt	%	Zuckergehalt — Melasseanteil + 0,6
Zuckerertrag	dt/ha	Zuckergehalt × Rüben- ertrag
Bereinigter Zuckerertrag	dt/ha	bereinigter Zuckergehalt × Rüben- ertrag

Zur Bestimmung des N-Gehaltes der Rüben wurde eine Probe des in der Fabrik hergestellten Rübenbreies entnommen und ein Teil der Blattmasse mit dem zurückgebliebenen Teil des Kopfes zerkleinert. Rübenbrei und Blattmasse wurden anschließend drei Tage im Trockenschrank bei 75 °C getrocknet, anschließend zurückgewogen, gemahlen und nach KJEHLDAHL auf den Gesamt-N-Gehalt analysiert.

#### Witterung

Die Köln-Aachener Bucht ist im langjährigen Durchschnitt durch maritimes Klima mit kurzen, milden Wintern und langen, warmen Sommern gekennzeichnet. Die Niederschläge sind etwa gleichmäßig über das Jahr verteilt — mit einem Maximum im Sommer. Das Jahr 1984 war durch ein extrem niederschlagsreiches und relativ kaltes Frühjahr gekennzeichnet. Nach einer Periode mit schönem Wetter Anfang März, war es bis Mitte April naß und kalt. Der überwiegende Teil der Rüben wurde in der zweiten Aprilhälfte gesät. Der Mai war extrem naß und kühl. Der Juni war ebenfalls kühl und verregnet. Im Juli ent-

sprachen die Witterungsbedingungen etwa dem langjährigen Mittel. Im August war es relativ trocken und warm. Der September war wiederum verregnet; erst Ende Oktober waren die Ausreife- und Erntebedingungen besser. Die Monate Januar und Februar des Jahres 1985 waren sehr kalt, ebenso wie der niederschlagsreiche März. Anfang April gab es eine kurze Schönwetterperiode, die aber wieder von kalter und nasser Witterung bis Ende April abgelöst wurde. Nur kurze Zeit eignete sich das Wetter dann zur Rübensaat. Ab der zweiten Mai-dekade bis Anfang Juni herrschte überdurchschnittlich warmes und trockenes Wetter, dem eine nasse und kalte Periode bis Ende Juni folgte. Der Juli und August brachten keine großen Abweichungen vom Mittelwert. Ab Mitte September war das Wetter trocken und warm. In der zweiten Oktoberhälfte wurde es zwar kühler, es blieb aber trocken, sodaß in diesem Jahr sehr gute Rübenqualitäten erreicht wurden.

### Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgte auf der Großrechenanlage des Rheinischen Hochschulrechenzentrums in Bonn mit Hilfe des Statistikprogramm Pakets SAS. Die Versuche wurden nach Modellen von GOMEZ und GOMEZ (1984) mit Hilfe der Prozedur ANOVA als Versuchsserie in Form einer Blockanlage auf verschiedenen Orten verrechnet. Die Versuche wurden entsprechend ihrer orthogonalen Teilbereiche verrechnet.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### Ergebnisse der Bodenproben

Zu Vegetationsbeginn im Jahr 1984 wurden im Mittel in Viersen 126 kg N/ha, in Immerath 100 kg N/ha und in Titz 128 kg N/ha in einer Bodentiefe von 0 bis 120 cm gemessen. In Viersen lagen auf beiden im Herbst 1983 gegüllten Streifen erheblich höhere Mengen an mineralischem Stickstoff in 0 bis 120 cm Bodentiefe vor, besonders auf dem Streifen mit DCD-Zusatz wurden sehr hohe Gehalte an mineralischem Stickstoff gemessen. Von ca. 150 kg/ha im Herbst ausgebrachtem Ammonium-Stickstoff konnten im Frühjahr bei Zugabe von DCD noch etwa 120 kg/ha nachgewiesen werden, ohne DCD dagegen nur ca. 70. Außerdem wurde auf dem Streifen ohne Zusatz von DCD sowohl ein niedrigerer Gehalt an Ammonium-Stickstoff als auch ein größerer Anteil des Nitratstickstoffs in tieferen Bodenschichten festgestellt. Damit ist auch die Gefahr von weiteren Verlusten bei der Zugabe von DCD geringer (Abb. 1).

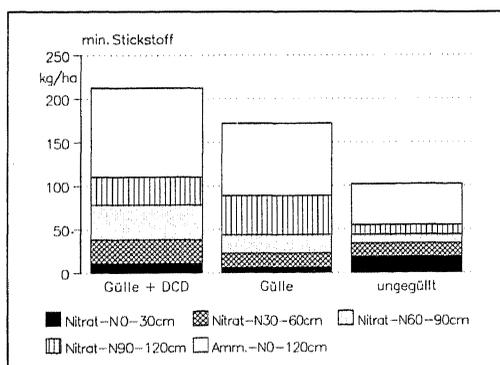
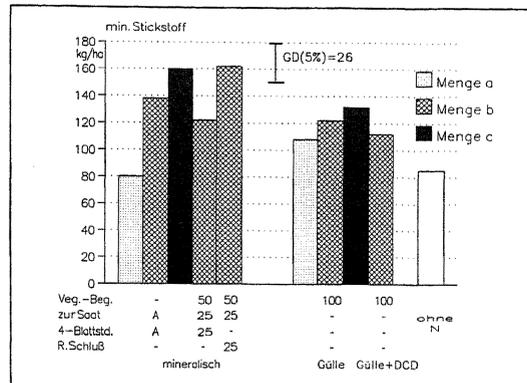


Abb. 1: Die Menge an mineralischem Stickstoff zu Vegetationsbeginn 1984 bei Gülleausbringung im Herbst 1983 mit und ohne Zusatz von DCD im Vergleich zu ungegüllt (Streifenversuch in Viersen 1984)

Abb. 2: Einfluß der N-Düngung auf die Menge an mineralischem Stickstoff im Boden zur Proberodung nach Reihenschluß im Jahr 1984 ( $\bar{x}$  = 2 Wiederholungen  $\times$  3 Orte)



Im Jahr 1984 ist zur Proberodung nach Reihenschluß eine Abstufung der N-Menge sowohl auf den mineralisch als auch auf den gegüllten Varianten erkennbar. Auch die erst wenig zurückliegende Düngung vor Reihenschluß ist sichtbar (Abb. 2).

Zur Ernte sind kaum Unterschiede in der festgestellten Menge an mineralischem Stickstoff zwischen den Düngungen festzustellen. Es waren im Mittel 52 kg N/ha in 0 bis 120 cm Bodentiefe nachzuweisen. In Viersen wurden bei den höheren Düngermengen Nitratwerte von ca. 20 kg/ha in der Bodenschicht 60 bis 120 cm gemessen und damit etwa 15 kg/ha mehr als auf den anderen Standorten.

Im Jahr 1985 lagen zu Vegetationsbeginn in 0 bis 90 cm Bodentiefe in Immerath 61 kg N/ha und in Titz 76 kg N/ha mineralischer Stickstoff vor. Deutliche Unterschiede in der Gesamtmenge in 0 bis 60 cm Bodentiefe zeigen sich nur zwischen den Terminen. Sie sinkt von ca. 200 kg N/ha im 4-Blatt-Stadium über 140 kg N/ha nach Reihenschluß auf ca. 35 kg N/ha zur Ernte. Es waren zur Ernte keine durch die Düngung hervorgerufenen Unterschiede feststellbar.

### Ernteergebnisse

Die wichtigsten Qualitäts- und Ertragsparameter im Versuchsmittel der beiden Jahre zur Ernte sind in Tabelle 7 zusammenfassend aufgeführt.

Tabelle 7

Qualitäts- und Ertragsmittel der Jahre 1984 und 1985

Melassezuckeranteil %		Zuckergehalt %		Rüben-ertrag dt/ha		bereinigter Zuckerertrag dt/ha	
1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985
1,62	1,64	16,4	17,1	544	568	80,4	87,8

Der Melassezuckeranteil wird überwiegend von der Höhe des Kaliumgehaltes bestimmt. Ein deutlicher Anstieg des  $\alpha$ -Amino-N-Gehaltes macht sich jedoch auch in einem Anstieg des Melassezuckeranteiles mit zunehmender N-Menge bemerkbar (Abb. 3). 1985 haben die gegüllten Varianten im Mittel deutlich geringere Melassezuckeranteile, 1984 dagegen leicht höhere als die mineralisch gedüngten Varianten. Sehr gering sind in beiden Jahren die Melassezuckeranteile der mit Alzon gedüngten Rüben.

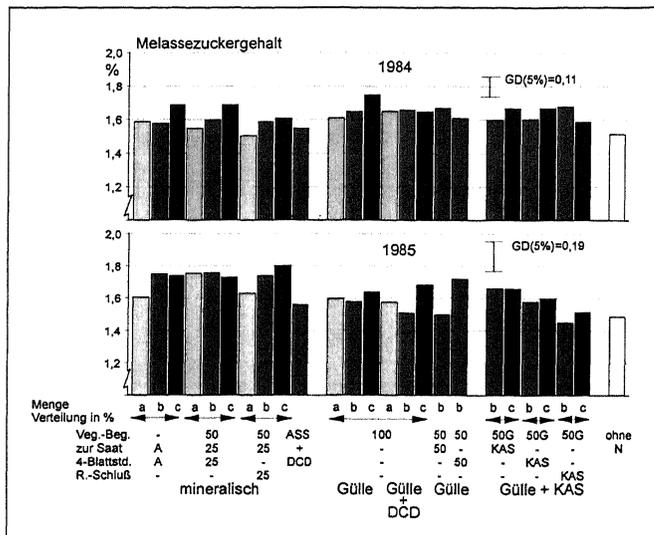


Abb. 3: Einfluß der N-Düngung auf den Melassezuckergerhalt in den Jahren 1984 und 1985 ( $\bar{x}$  = 2 Wiederholungen  $\times$  3 (2) Orte)

Die gegenüber den anderen Standorten nur leicht erhöhten Melassezuckergerhalte (Abb. 3) auf dem stark organisch gedüngten Standort Viersen im Jahr 1984 bei deutlich höheren Rüben- und bereinigten Zuckererträgen (Abb. 4 und 5) können möglicherweise auf den positiven Effekt einer langjährigen organischen Düngung zurückgeführt werden. Es sind verschiedene Ursachen für diese Ertragssteigerung genannt worden. Eine Rolle spielen dabei unter anderem die

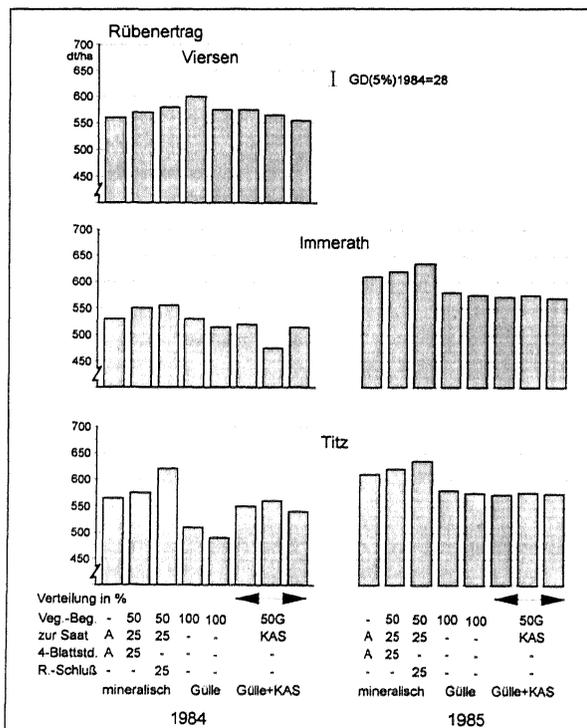
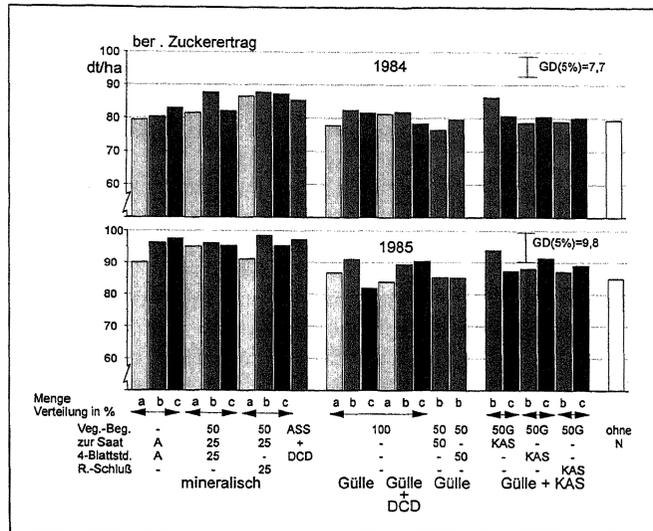


Abb. 4: Einfluß der N-Düngung und des Ortes auf den Rüben-ertrag in den Jahren 1984 und 1985 ( $\bar{x}$  = 2 Wiederholungen  $\times$  2 Mengen b + c)

Abb. 5: Einfluß der N-Düngung auf den bereinigten Zuckerertrag in den Jahren 1984 und 1985 ( $\bar{x}$  = 2 Wiederholungen  $\times$  3 (2) Orte)



Zufuhr von P und K (DE HAAN 1980), die Verbesserung der Bodenstruktur durch einen höheren Gehalt an organischer Substanz und einer gleichmäßigeren Nährstoffversorgung (DEBRUCK und v. BOGUSLAWSKI 1979).

Auf allen Standorten ist der Melassezuckergehalt der ungedüngten Varianten erwartungsgemäß deutlich niedriger als das Versuchsmittel (Abb. 3), während sich im Zuckergehalt keine Unterschiede zeigen. Die insgesamt mäßige N-Düngung bedingt überwiegend hohe Zuckergehalte auch im Versuchsmittel. Die Rübenenerträge und die bereinigten Zuckererträge zeigen die hohe Bodengüte, die in einer ausreichenden Stickstoffnachlieferung auch bei einmaliger Unterlassung der N-Düngung zum Ausdruck kommt (Abb. 4 und 5). In vielen Zuckerrübenversuchen ist keine Minderung der Erträge durch einmaliges Aussetzen der N-Düngung festgestellt worden.

### Mineralische Düngung

Innerhalb der mineralisch gedüngten Varianten ist keine Reaktion des Melassezuckergehaltes und des Zuckergehaltes auf eine spätere Verfügbarkeit des Stickstoffs festzustellen. Bei den Erträgen wird jedoch im Jahr 1984 ein Anstieg

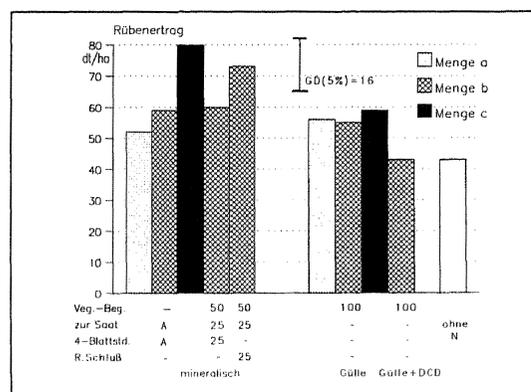


Abb. 6: Einfluß der N-Düngung auf den Flächenertrag zur Proberodung nach Reihenschluß im Jahr 1984 ( $\bar{x}$  = 2 Wiederholungen  $\times$  3 Orte)

durch eine Aufteilung der Düngung erzielt (Abb. 4). Eine Aufteilung der Gesamtmenge auf 50 % zu Vegetationsbeginn 25 % zur Saat und 25 % zu Reihenschluß erwies sich in diesem sehr niederschlagsreichen Frühjahr als optimal, sowohl in bezug auf den Rübenenertrag als auch auf den bereinigten Zuckerertrag (Abb. 5). Schon zur Proberodung etwa drei Wochen nach dem letzten Düngungstermin lag diese Variante bei gleicher N-Menge an der Spitze (Abb. 6).

Dieser spät gedüngte Stickstoff unterlag in weit geringerem Umfang der Einwaschung in tiefere Bodenschichten und stand so der Pflanze zur Zeit der beginnenden hohen Aufnahmeintensität zur Verfügung (Abb. 2).

Die besondere Bedeutung der schnellen Blattbildung im Jugendstadium ist bekannt. Die negativen Auswirkungen einer Düngung nach dem 4-Blatt-Stadium vor allem auf die Qualität, wie sie BALDWIN und DAVIS (1966) feststellten und WINNER (1981) beschreibt, konnten auch im Jahr 1985 nur in sehr geringem Umfang beobachtet werden (Abb. 3). Die geringe Menge, die vor Reihenschluß gedüngt wurde, reicht demnach aus, in niederschlagsreichen Jahren einen Mangel zu vermeiden, ohne jedoch bei normalem Witterungsverlauf in diesem Zeitraum eine relevante Qualitätsverschlechterung zu verursachen.

Bemerkenswert hoch ist, bei geringem N-Aufwand, die Qualität und der Ertrag der mit Ammonsulfatsalpeter und Zusatz von DCD gedüngten Rüben (Abb. 5). Durch die Verhinderung der Umwandlung der Ammonium- in die Nitratform durch Dicyandiamid kann die N-Einwaschung in tiefere Bodenschichten oder sogar die Auswaschung aus dem Bodenprofil vermieden werden (HEYLAND und BRAUN 1981, SOLANSKY 1982 b, 1983). Dieses wird auch in dieser Arbeit durch die Bodenuntersuchungen bestätigt. Der positive Effekt dieser Düngung auf die Rüben beruht damit — wie auch SOLANSKY (1982 b, 1983) feststellt — auf der Verhinderung eines N-Mangels in der Jugendentwicklung, wenn die Wurzeln noch nicht tiefere Bodenschichten erreichen sowie der Vermeidung eines späten N-Angebotes, das zu einer Qualitätsverschlechterung führt. Die gleiche Wirkung läßt sich, wie oben dargelegt, durch eine Aufteilung der Düngung erreichen.

#### Düngung mit Gülle

Die gegüllten Varianten weisen 1984 aufgrund des höheren Kaliumgehaltes einen tendenziell höheren Melassezuckergehalt als die mineralisch gedüngten auf (Abb. 3). Diese Steigerung ist jedoch nur gering. Ein deutlicher Qualitätsabfall, wie er besonders nach einer Herbstausbringung beobachtet wird (VETTER et al. 1982) trat nicht auf — auch bedingt durch die mäßigen Güllemengen. Die Erträge mit Gülledüngung waren im Jahr 1984 am höchsten auf dem in der Fruchtfolge stark gedüngten Standort Viersen, deutlich geringer dagegen auf dem mäßig organisch gedüngten Standort Titz; eine mittlere Stellung nahm Immerath ein (Abb. 4). 1985 ist der Melassezuckergehalt der gegüllten Varianten in der Regel geringer als der der mineralisch gedüngten (Abb. 3). Ein hoher Zuckergehalt bei geringen Erträgen (Abb. 4) deutet auf eine geringe Verfügbarkeit des Güllestickstoffs. Während in Titz jedoch im Gegensatz zum Jahr 1984 noch gute Erträge erzielt wurden, gab es in Immerath einen deutlichen Ertragsabfall gegenüber den mineralisch gedüngten Varianten (Abb. 4).

Gegensätze zu den Ergebnissen von MAIDL (1984), der geringe Erträge auf den gegüllten Parzellen des in der Fruchtfolge stark organisch gedüngten Standortes feststellte, sind in erster Linie auf die unterschiedlichen Güllemengen zurückzuführen. Die Berücksichtigung der Nachlieferung aus dem Boden und die Anrechnung des Güllestickstoffs verhinderte in Viersen Schäden durch Überdüngung und konnte sogar leicht höhere Erträge als die mineralische Düngung erreichen. Die schlechten Ergebnisse der Gülledüngung in Titz im Jahr 1984 und in Imme-

rath im Jahr 1985 konnten auch durch die Steigerung der ausgebrachten Güllemengen bis auf 30 m<sup>3</sup>/ha nicht verhindert werden.

Als Ursache kann in Titz das Einpflügen der abgeweideten Grasnarbe im Frühjahr angenommen werden, die dort zu einer vorübergehenden Stickstoffimmobilisierung führte, die auch in den Nitratwerten sichtbar wurde. Eine vorübergehende Immobilisierung durch Stroh konnte in Versuchen von ASMUS et al. (1975) und MAIDL (1984) beobachtet werden. Ein hoher Blattanteil zur Ernte zeigt eine späte N-Verfügbarkeit dieser Varianten.

Eine Aufteilung der Güllegaben auf den Termin zu Vegetationsbeginn und zur Saat (N7) bzw. zu Reihenschluß (N8) ergab sehr niedrige  $\alpha$ -Amino-N-Gehalte bei Kaliumgehalten im oberen Drittel der Versuchsvarianten, was damit bei mittlerer Qualität auf eine geringe Verfügbarkeit des Stickstoffs für die Rübe hindeutet. Dies spiegelt sich auch in geringen Erträgen wieder (Abb. 4). Stickstoffverluste durch die Ausbringung bei höheren Temperaturen — verbunden mit einer weniger intensiven Einarbeitung können eine Ursache sein (AMBERGER 1982).

Eine Bewertung der Stickstoffwirkung der Gülle kann an Hand der vorliegenden Ergebnisse nur schwer vorgenommen werden. Sie ist einerseits von der Bewirtschaftung des Standortes abhängig, wie die allerdings nur einjährigen Ergebnisse des Standortes Viersen zeigen, andererseits ergeben sich Unsicherheiten durch die Abhängigkeit der Mobilisierung von Einflußfaktoren, die bei der mineralischen Düngung nicht auftreten. Es konnten, auch wenn lediglich der Ammoniumgehalt angerechnet wurde, keine Beziehungen zum Ertrag festgestellt werden.

#### Zusatz von DCD

Der Zusatz von Dicyandiamid zur Gülle bei der Frühjahrsanwendung ergab nur sehr geringfügige Veränderungen der Ertrags- und Qualitätsparameter gegenüber der alleinigen Gülleanwendung (Abb. 3 und 4). Auch im sehr nassen Frühjahr 1984 konnte keine „stickstoffstabilisierende“ Wirkung festgestellt werden, wie sie SOLANSKY (1982 a) beschreibt. Da der mineralische Güllestickstoff in der Ammoniumform vorliegt und daher erst nach der Umwandlung in die Nitratform verlagert wird, reichte vermutlich bereits dieser Zeitraum für eine Verhinderung der Verlagerung, und es wurde kein zusätzlicher Effekt durch die Zugabe von DCD erzielt. Positive Ergebnisse der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER WESTFALEN-LIPPE (1981) konnten hier und auch in Versuchen des INSTITUTS FÜR ZUCKERRÜBENFORSCHUNG (1983, 1984) nicht bestätigt werden.

Ergebnisse, die am Standort Viersen mit einer Zugabe von Dicyandiamid zu 60 m<sup>3</sup> Gülle bei der Ausbringung vor Winter erzielt wurden (Abb. 1), zeigen aber eindeutig eine Verhinderung der Nitratauswaschung durch die Verzögerung der Umwandlung der Ammonium- in die Nitratform (Tab. 8).

Tabelle 8

*Ergebnisse der Gülleausbringung im Herbst (Streifenversuch)*

Merkmal	Gülle + DCD Herbst	Gülle Herbst	Gülle Frühjahr	ohne N
$\alpha$ -Amino-N (meq/100 g Rübe)	3,30	1,52	1,40	1,10
Kalium (meq/100 g Rübe)	5,20	5,09	5,20	5,02
Natrium (meq/100 g Rübe)	0,52	0,50	0,73	0,58
Zuckergehalt (%)	15,1	15,7	16,0	16,95
Blattertrag (dt/ha)	627	432	547	306
Rübenenertrag (dt/ha)	628	595	591	542
bereinigter Zuckerertrag (dt/ha)	78,7	79,4	87,2	78,8

Durch die hohe Güllemenge wurde dadurch jedoch ein starker Qualitäts- und sogar geringer Ertragsverlust verursacht, der zeigt, daß der Rübe durch den Zusatz von DCD zu hohe Stickstoffmengen zur Verfügung standen. Bei der Anwendung von Dicyandiamid muß der sonst ausgewaschene Stickstoff bei der Bemessung der Güllemenge berücksichtigt werden.

#### Kombination von Gülle mit mineralischer Düngung

Die Kombination einer Gölledüngung mit der Ausbringung von Kalkammonsalpeter erreicht, besonders dort, wo Gülle allein nur geringe Erträge erzielte, deutliche Mehrerträge von ca. 60 dt/ha bei guter Qualität gegenüber der reinen Gölledüngung (Abb. 3 und 4). Dies war am deutlichsten bei einer frühen mineralischen Düngung und einer geringen Güllemenge. Die Kombination von mineralischer und Gölledüngung empfehlen VERTEX et al. (1982) auch in Hinsicht auf die Ausgewogenheit der Nährstoffversorgung. Die Düngung mit 40 kg N als KAS zur Saat fördert die Jugendentwicklung der Zuckerrübe, wie es bereits in den Ergebnissen der Proberodung sichtbar wurde. Dadurch wird das Risiko einer zu späten Verfügbarkeit des Güllestickstoffs vermieden.

#### N-Menge

Durch eine Steigerung der N-Menge im Versuch sollten die Auswirkungen einer steigenden N-Menge auf die N-Aufnahme der Zuckerrübe festgestellt werden. Es zeigt sich auf den gedüngten Varianten eine eindeutige Erhöhung der aufgenommenen N-Menge bei Zunahme der gedüngten N-Menge. Dies ist vor allem auf die Steigerung der Blattmasse und des N-Gehaltes zurückzuführen. Der Korrelationskoeffizient zwischen Blattertrag und aufgenommener N-Menge durch die Gesamtpflanze beträgt 0,824\*\* und ist damit deutlich höher als zwischen der aufgenommenen N-Menge und dem Rübenenertrag mit 0,55\*\* (N = 115).

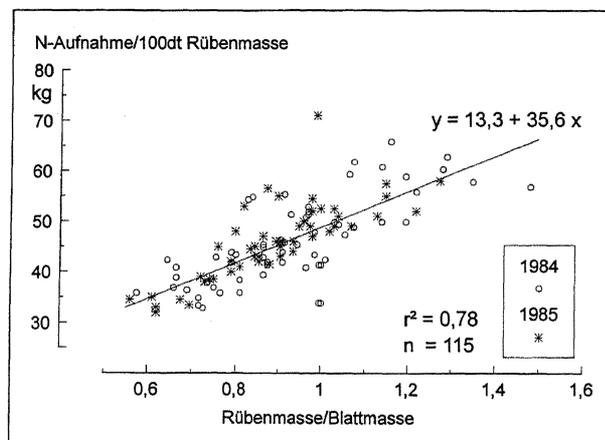


Abb. 7: Stickstoffaufnahme der Zuckerrübe in Abhängigkeit vom Verhältnis der Blattmasse zur Rübenmasse

Die unterschiedlichen Blatterträge bei gleichem Rübenenertrag kommen in der starken Schwankung des Rübe-/Blattverhältnisses zwischen 1:0,6 und 1:1,4 zum Ausdruck, das keine einheitlichen Beziehungen zum Rübenenertrag aufweist. Im Jahr 1984 wurde eine Gesamt-N-Aufnahme von 42 kg je 100 dt Rübenenertrag bei geringer N-Düngung und von 50 kg je 100 dt Rübenenertrag bei hoher N-Düngung festgestellt. Im Jahr 1985, das aufgrund des günstigeren Witterungsverlaufs

einen im Verhältnis zum Rübenenertrag geringeren Blattertrag aufwies, war ein Anstieg der N-Aufnahme mit zunehmender Düngung von 41 auf 46 kg je 100 dt Rüben vorhanden. GÜNTHER (1978) stellt einen Anstieg der N-Aufnahme von 35 kg je 100 dt Rüben bei ungedüngten Rüben auf 45 kg je 100 dt bei einer Düngung von 220 kg N/ha fest. Das Rübe-/Blattverhältnis stieg 1984 von 1:0,83 auf 1:0,96 und 1985 von 1:0,81 auf 1:0,92.

Für die N-Aufnahme je 100 dt Rübenenertrag ergibt sich eine Spannweite von etwa 35 bis 65 kg N (Abb. 7). Diese gemessene N-Aufnahme liegt im Bereich der aus langjährigen Versuchsserien ermittelten. Im langjährigen Durchschnitt stellten BEISS und WINNER (1975) auf den Zuckerrübenböden Südniedersachsens ein Rübe-/Blattverhältnis von 1:0,8 fest und eine mittlere aufgenommene N-Menge von 45 kg je 100 dt Rüben (BEISS 1977 a). In Versuchen von MAIDL (1984) stieg die N-Aufnahme je 100 dt Rüben von 40 kg auf der Variante ohne N-Düngung auf 53 kg bei einer Düngung von 240 kg N/ha. CARTER et al. (1974) halten dagegen 60 kg N je 100 dt Rüben für notwendig bei einer Spannweite von 44–70 kg N/100 dt. Ein Optimum in bezug auf den bereinigten Zuckerertrag ist bei einem Verhältnis von Blatt- zum Rübenenertrag von 1:0,8 erkennbar. Daraus ergibt sich, unter der Annahme eines konstanten Verhältnisses, für einen Rübenenertrag von 500 dt/ha ein N-Bedarf von 215 kg N mit einer Zunahme von 43 kg N je 100 dt Ertragszuwachs.

Nicht berücksichtigt wurde hierbei die durch abgestorbene Blätter aufgenommene aber nicht erfaßte N-Menge, die nach Untersuchungen von BEISS (1977 b) eine sehr enge lineare Beziehung zur gemessenen N-Menge aufweist und mit ca. 15 % der festgestellten Menge anzusetzen ist. BEISS und WINNER (1985) weisen darauf hin, daß in Jahren mit hohen Rübenenerträgen diese mit relativ geringen Blatterträgen erreicht wurden, sodaß zur Abschätzung des Stickstoffbedarfes nicht von einer linearen Steigerung des N-Bedarfs bei wachsenden Rübenenerträgen ausgegangen werden kann. Der N-Bedarf kann also von einem, unter den gegebenen Standortverhältnissen erwarteten guten Rübenenertrag ausgehend, unter Annahme eines Rübe-/Blatt-Verhältnisses von 1:0,8 und eines Gesamt-N-Bedarfs von 43 kg/100 dt Rüben, mit ausreichender Genauigkeit kalkuliert werden.

#### Überprüfung der Bilanzierung

Die Überprüfung der empfohlenen Düngermengen unter Berücksichtigung der jeweils im Versuch optimalen N-Form und Verteilung zeigt auf allen Standorten den maximalen bereinigten Zuckerertrag bei der mittleren Düngermenge. Empfohlen wurde auf den Standorten Viersen und Titz jedoch die niedrige Menge. Diese Abweichung der Optimalmenge von der empfohlenen Menge kann in dem sehr nassen und auch kalten Jahr 1984 auf eine Überschätzung der Mobilisation bzw. eine Auswaschung des mobilisierten Stickstoffs mit den hohen Frühjahrsniederschlägen zurückgeführt werden. Die Durchführung der von der Empfehlung vorgesehenen Zuschläge bei ungünstigem Witterungsverlauf in Höhe von 30 % der erwarteten N-Mobilisierung hätte dieses verhindert. 1985 ist eine deutliche Überschreitung des erwarteten Ertrages festzustellen, deshalb wurde bereits ein nicht ausreichender N-Bedarf der Düngerberechnung zugrunde gelegt.

#### Düngungsstrategie

Das Ziel einer optimalen Düngungsstrategie muß es sein, unabhängig von der Mobilisation und der Verlagerung, der Zuckerrübe besonders im Jugendstadium eine ausreichende Menge an verfügbarem Stickstoff zu sichern. Dies ist sowohl

durch die Wahl der Stickstoffform des Düngemittels möglich als auch durch die Düngungszeitpunkte.

Die vorliegenden Ergebnisse führen zu dem Schluß, daß eine Optimierung der Stickstoffdüngung durch die Berechnung des Düngerbedarfs, aus der Nachlieferung und dem erwarteten Stickstoffbedarf der Zuckerrübe, prinzipiell möglich ist. Die standortspezifischen Daten können durch einfache Fragen vom Landwirt erhoben werden oder aus einer elektronisch geführten Schlagkartei entnommen werden. Die erhobenen Daten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Da unvorhersehbare Witterungseinflüsse entscheidenden Einfluß auf Mineralisation und Verfügbarkeit haben, ist durch die Teilung der Düngung die Möglichkeit zur Reaktion auf sich ändernde Bedingungen gegeben. Nach den vorliegenden Ergebnissen kann bis zum Reihenschluß eine Korrekturdüngung unter Berücksichtigung der witterungsabhängigen Mobilisation und Verlagerung durchgeführt werden. Dies führt, gegenüber anderen Methoden der Düngerbedarfsermittlung, zu einem Wegfall von Zuschlägen, die aus Unsicherheit über den tatsächlichen Witterungsverlauf vorgenommen werden.

### Literatur

- AMBERGER, A., 1981: Dicyandiamid (Didin) als Nitrifikationshemmstoff. Bayer. Landw. Jahrbuch 58, 845—853.
- AMBERGER, A., 1982: Gülle ein schlecht genutzter Dünger. Bewertung der Gülle Nährstoffe in der Praxis, DLG-Mitteilungen 97, 78—80.
- AMBERGER, A. und R. GUTSER, 1979: Zur N-Wirkung von Rindergülle mit Dicyandiamidzusatz zu Weidelgras, Z. Acker- und Pflanzenbau 148, 198—204.
- AMBERGER, A. und K. VILSMEIER, 1979: Hemmung der Nitrifikation des Güllestickstoffs durch Dicyandiamid. Z. Acker- und Pflanzenbau 148, 239—246.
- ASMUS, F., G. SPECHT und H. LANGE, 1971: Zur Wirkung der Nährstoffe aus Gülle. Arch. f. Acker- u. Pfl.bau u. Bodenkd. 15, 905—912.
- ASMUS, F., V. HERMANN und H. GÖRLITZ, 1975: Wirkung des Güllestickstoffs in Abhängigkeit vom Ausbringungstermin sowie von Strohdüngung und Anbau von Zwischenfrüchten unter verschiedenen Standortbedingungen. Arch. f. Acker- u. Pfl.bau u. Bodenkd. 19, 437—443.
- ASMUS, F. und H. GÖRLITZ, 1981: Einfluß der Gölledüngung auf die Qualität von Zuckerrüben. Arch. f. Acker- u. Pfl.bau u. Bodenkd. 25, 173—178.
- BALDWIN, C. S. and J. F. DAVIS, 1966: Effect of time and rate of application of nitrogen and date of harvest on the yield and sucrose content of sugarbeets. Agronomy Journal 58, 373—376.
- BEISS, U., 1977 a: N-Verfügbarkeit und N-Aufnahme durch die Zuckerrübe. Kuratorium zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Süddeutschland, 4. Jahrestagung, 27—34.
- BEISS, U., 1977 b: Zur Kalkulation des Stickstoffbedarfs der Zuckerrübe. Zucker 30, 643—649.
- BEISS, U. und C. WINNER, 1975: Ertragsbildung, Nährstoffaufnahme und Nährstoffentzug der Zuckerrübe. Zucker 28, 461—471.
- BEISS, U. und C. WINNER, 1985: Ertragsbildung und Qualität der Zuckerrübe im Verlauf des Wachstums. Zuckerindustrie 110, 199—209.
- CARTER, J. N., M. E. JENSSEN and S. M. BOSMA, 1974: Determining nitrogen fertilizer needs for sugarbeets from residual soil nitrate and mineralizable nitrogen. Agronomy Journal 66, 319—323.
- DEBRUCK, J. und E. v. BOGUSLAWSKI, 1979: Die Wirkung der Kombination von organischer und mineralischer Düngung aufgrund von langjährigen Versuchen. Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 36, 405—419.
- GOMEZ and GOMEZ, 1984: Statistical procedures for agricultural research. An international rice research-institute book, 2nd Edition J. Wiley, New York.
- GÜNTHER, I., 1978: Jahreszeitliche Veränderungen des Gehaltes an mineralisiertem Stickstoff ( $N_{min}$ ) in Rübenböden. I. I. R. B. 41. Winterkongreß 1978, 23—35.
- GÜNTHER, I., 1983: Die Bewertung der organischen Düngung für die Bemessung der mineralischen Stickstoffdüngung. I. I. R. B. Symposium Stickstoff u. Zuckerrübe, Brüssel 1983, 455—471.
- HAAN, S. DE, 1980: Einfluß von organischer Düngung auf das maximal erreichbare Ertrags-

- niveau in langjährigen niederländischen Feldversuchen. *Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 36*, 389—404.
- HEYLAND, K.-U. und H. BRAUN, 1981: Über den Einfluß von DCD-Gaben in Kombination mit schwefelsaurem Ammoniak und Gülle auf den Nitratstickstoffgehalt des Bodens sowie die Abreife und den Ertrag von Körnermais. *Landwirtsch. Forschung 34*, 115—124.
- HEYLAND, K. U. und H.-J. KOCHS, 1984: Computerberatung zur schlagspezifischen Vorausschätzung der Stickstoffverfügbarkeit für Weizen. Sonderdruck der 37. Hochschultagung der Landw. Fakultät Bonn am 21. Febr. 1984.
- INSTITUT FÜR ZUCKERRÜBENFORSCHUNG, 1983, 1984: Vorläufige Versuchsberichte des Instituts für Zuckerrübenforschung, Göttingen.
- KUNDLER, P., 1970: Ausnutzung, Festlegung und Verluste von Düngemittelstickstoff. *Albrecht-Thaer-Arch. 14*, 191—206.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER WESTFALEN-LIPPE, 1981: Bericht über Feldversuche.
- MAIDL, F. X., 1984: Einfluß von Bodenbearbeitung und Gülleanwendung auf die Stickstoffmineralisierung und das Wachstum von Zuckerrüben sowie deren Bedeutung für die Bemessung der mineralischen Stickstoffdüngung bei langjährig differenzierter Bodenbewirtschaftung. Diss. Weihenstephan.
- REINEFELD, E., A. EMMERICH, G. BAUMGARTEN, C. WINNER und U. BEISS, 1974: Zur Voraussage des Melassezuckers aus Rübenanalysen. *Zucker 27*, 2—12.
- SOLANSKY, S., 1981: SKW-Didin Stickstoffstabilisator, Versuchsergebnisse und Anwendungsempfehlungen. *Bayer. Landw. Jahrbuch 58*, 878—891.
- SOLANSKY, S., 1982 a: Stickstoffdynamik und Stickstoffverluste im Boden. *Die Bodenkultur 33*, 185—201.
- SOLANSKY, S., 1982 b: Neue Möglichkeit, die N-Wirkung der Gülle zu kontrollieren. Versuchsergebnisse mit N-Stabilisator SKW-Didin zu Zuckerrüben. *Die Zuckerrübe 4*, 182—184.
- SOLANSKY, S. 1983: Möglichkeit zur Steuerung des N-Angebotes im Zuckerrübenbau I. I. R. B. Symposium Stickstoff und Zuckerrübe, Brüssel 1983, 373—393.
- VETTER, H. und G. STEFFENS, 1982: Gezielter Einsatz von Gülle und Stickstoff. *Landwirtschaftsblatt Weser-Ems, Sonderdruck 8/9*.
- VETTER, H. G., STEFFENS und H.-H. KOWALEWSKY, 1982: Gülle besser nutzen. *Die Zuckerrübe 31*, 246—251.
- WINNER, C., 1981: Zuckerrübenbau. DLG-Verlag Frankfurt (M).
- ZILLEKENS, U., 1986: Möglichkeiten des gezielten Aufbaus von Winterweizenbeständen mit Hilfe eines computergestützten Bestandesführungsmodells unter besonderer Berücksichtigung von Saatstärke, N-Versorgung und der Bekämpfung von Mehltaubefall. Dissertation Bonn.

(Manuskript eingelangt am 24. Juli 1992, angenommen am 18. Oktober 1993)

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Dr. h. c. Klaus-Ulrich HEYLAND, Institut für Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn, Lehrstuhl für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn, und Dr. Florian KLOEPFER, Rathausgasse 3, D-64823 Klein-Umstadt