

1979 J.E.S.

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Universität für Bodenkultur in Wien
Vorstand: O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter RUCKENBAUER

**Einfluß unterschiedlicher Stickstoffformen und verschieden
hohes N-Angebot auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe
(Beta vulgaris spp. vulgaris var. altissima (Doell))**

Dissertationsarbeit
zur Erlangung des Doktorgrades
an der
Universität für Bodenkultur in Wien

Eingereicht von
Mag. Eed El-Moghazy Mohamed EL-SHEREF

Wien, im Jänner 1992

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur, Wien.

Meinen besonderen Dank möchte ich meinem verehrten Lehrer, Herrn O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter RUCKENBAUER, Vorstand des o.g. Institutes, für die ideelle Unterstützung der Arbeit, für die wissenschaftlichen Anleitungen und für die wertvollen Anregungen aussprechen.

Danken möchte ich auch Herrn Dipl.-Ing. Dr. Peter LIEBHARD für die Unterstützung bei der Durchführung der Feldversuche und der Probenaufbereitung sowie für die Hilfe bei der Abfassung dieser Arbeit. Bei aller Freiheit, die er gewährte, konnte ich immer auf seine Unterstützung, Beratung und Betreuung zählen.

Für die freundliche Unterstützung und die Bereitstellung des Versuchsfeldes möchte ich mich bei Herrn Dr. SCHREIBERHUBER (Ansfelden) und bei der Fam. NEUMAYR (Gerasdorf) bedanken.

Weiters möchte ich Frau Ing. G. LEITER für die erwiesene Hilfsbereitschaft bei der Durchführung der Probenaufbereitung danken.

Gewidmet meiner lieben Frau Samia HILAL
und meinen Kindern Amria, Mohamed, Dina und Engy
in Dankbarkeit für ihre Unterstützung und das für die Dauer
meines Wien-Aufenthaltes entgegengebrachte Verständnis.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	5
2.1. Nährstoffaufnahme	5
2.2. Stickstoff im Boden	9
2.2.1. Mineralisierung	10
2.2.2. Denitrifikation	12
2.2.3. Freisetzung	13
2.2.4. Verlagerung	14
2.3. Stickstoff in der Pflanze	15
2.3.1. Stickstoffaufnahme und Assimilation	15
2.3.2. Der Stickstoffbedarf der Zuckerrübe	17
2.3.3. Ermittlung des Düngerbedarfs	20
2.4. Stickstoffdüngung von Zuckerrüben	21
2.4.1. Zeitpunkt der Düngung	22
2.4.2. Einfluß der organischen Düngung	23
2.4.3. Einfluß der Bestandesdichte	24
2.5. Einfluß des Stickstoffes auf den Ertrag und die Qualität der Zuckerrübe	24
2.6. Stickstoffdüngung und Nährstoffgehalte der Zuckerrübe	29
2.6.1. Stickstoff	29
2.6.2. Phosphor	30
2.6.3. Kalium	30
2.6.4. Magnesium	31
2.6.5. Calcium	31
2.6.6. Natrium	32
2.6.7. Mikronährstoffgehalt	32
3. Problemstellung	34

4. Versuchsstandorte und Versuchsbedingungen	35
4.1. Klima	35
4.2. Boden	39
5. Material und Methode	41
5.1. Versuchsanlage	41
5.2. Versuchsdurchführung	44
5.3. Probennahme	44
5.4. Probenaufbereitung	45
5.5. Probenanalyse	45
5.5.1. Pflanzenanalyse	46
5.5.2. Bodenanalyse	47
6. Ergebnisse	48
6.1. Bodenuntersuchungsergebnisse	48
6.2. Ernteergebnisse	51
6.2.1. Ansfelden, 1987	51
6.2.2. Gerasdorf, 1987	53
6.2.3. Gerasdorf, 1988	55
6.3. Zuckerertrag und Qualität	57
6.3.1. Zuckergehalt, bereinigter Zuckergehalt, Zuckerertrag und bereinigter Zuckerertrag	57
6.3.1.1. Ansfelden, 1987	57
6.3.1.2. Gerasdorf, 1987	59
6.3.1.3. Gerasdorf, 1988	61
6.3.2. Ausbeutbarer Zucker, Ausbeutverlust und Melassezucker	63
6.3.2.1. Ansfelden, 1987	63
6.3.2.2. Gerasdorf, 1987	63
6.3.2.3. Gerasdorf, 1988	65
6.3.3. Inhaltsstoffe der Rübe	68
6.3.3.1. Ansfelden, 1987	68
6.3.3.2. Gerasdorf, 1987	68
6.3.3.3. Gerasdorf, 1988	71

6.4. Nährstoffgehalt der Blätter und Rüben	73
6.4.1. Ansfelden, 1987	73
6.4.2. Gerasdorf, 1987	80
6.4.3. Gerasdorf, 1988	86
7. Diskussion der Versuchsergebnisse	90
7.1. Allgemeine Betrachtung	90
7.2. Verfügbarer Stickstoff	91
7.3. Der Einfluß der N-Düngung auf Blatt- und Rübenertrag	93
7.4. Der Einfluß der N-Düngung auf die Qualität der Zuckerrüben	97
7.5. Der Einfluß der N-Düngung auf die Makro- und Mikronährstoffgehalte in Rüben und Blättern	109
8. Zusammenfassung	145
9. Literaturverzeichnis	148

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
<u>Tab. 1:</u> Die zehn größten Rübenzuckererzeuger in 1.000 t Rohwert (ÖSTERREICHS ZUCKER- WIRTSCHAFT 1989)	1
<u>Tab. 2:</u> Rübenbauflächen, Rübenertrag, Zuckergehalt und Produktion pro Jahr in Österreich (ÖSTERR. ZUCKERWIRT. 1989) ¹	2
<u>Tab. 3:</u> Varianten der Feldversuchsanlage für die Vegetationsjahre 1987 und 1988	42
<u>Tab. 4:</u> Bodenuntersuchungsergebnisse für den Standort Gerasdorf (1987)	49
<u>Tab. 5:</u> Bodenuntersuchungsergebnisse für den Standort Gerasdorf (1988)	50
<u>Tab. 6:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Rüben- und Blattertrag, Standort Ansfelden, Ernte 1987	52
<u>Tab. 7:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Rüben- und Blattertrag, Standort Gerasdorf, Ernte 1987	54
<u>Tab. 8:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Rübenertrag, Standort Gerasdorf, Ernte 1988	56

<u>Tab. 9:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Zuckergehalt (ZG), den bereinigten Zuckergehalt (BZG), den Zuckerertrag (ZE) und den bereinigten Zuckerertrag (BZE), Standort Ansfelden, Ernte 1987	58
<u>Tab. 10:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Zuckergehalt (ZG), den bereinigten Zuckergehalt (BZG), den Zuckerertrag (ZE) und den bereinigten Zuckerertrag (BZE), Standort Gerasdorf, Ernte 1987	60
<u>Tab. 11:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Zuckergehalt (ZG), den bereinigten Zuckergehalt (BZG), den Zuckerertrag (ZE) und den bereinigten Zuckerertrag (BZE), Standort Gerasdorf, Ernte 1988	62
<u>Tab. 12:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den ausbeutbaren Zucker (AZ), den Ausbeuteverlust (AV) und den Melassezucker (MZ) in %, Standort Ansfelden, Ernte 1987	64
<u>Tab. 13:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den ausbeutbaren Zucker (AZ), den Ausbeuteverlust (AV) und den Melassezucker (MZ) in %, Standort Gerasdorf, Ernte 1987	66
<u>Tab. 14:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den ausbeutbaren Zucker (AZ), den Ausbeuteverlust (AV) und den Melassezucker (MZ) in %, Standort Gerasdorf, Ernte 1988	67

<u>Tab. 15:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb, Standort Ansfelden, Ernte 1987	69
<u>Tab. 16:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb, Standort Gerasdorf, Ernte 1987	70
<u>Tab. 17:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb, Standort Gerasdorf, Ernte 1988	72
<u>Tab. 18:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den N-, P- und K-Gehalt im Blatt und in den Rüben, Standort Ansfelden, Ernte 1987	74
<u>Tab. 19:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Ca- und Mg-Gehalt in Blatt und Rüben, Standort Ansfelden, Ernte 1987	76
<u>Tab. 20:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den B-, Fe- und Mn-Gehalt im Blatt und in den Rüben, Standort Ansfelden, Ernte 1987	77
<u>Tab. 21:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Cu- und Zn-Gehalt in Blatt und Rüben, Standort Ansfelden, Ernte 1987	79
<u>Tab. 22:</u> Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den N-, P- und K-Gehalt im Blatt und in den Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1987	81

- Tab. 23: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den CA- und Mg-Gehalt in Blatt und Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1987 82
- Tab. 24: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den B-, Fe- und Mn-Gehalt im Blatt und in den Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1987 84
- Tab. 25: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Cu- und Zn-Gehalt in Blatt und Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1987 85
- Tab. 26: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den N-, P-, K-, Ca- und Mg-Gehalt in Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1988 87
- Tab. 27: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den B-, Fe-, Mn-, Cu- und Zn-Gehalt in Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1988 89

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

	Seite
<u>Abb. 1:</u> Der zeitliche Verlauf der relativen N-Aufnahmeintensität	19
<u>Abb. 2:</u> Temperatur 1987/88 und langjähriges Mittel - Gerasdorf	37
<u>Abb. 3:</u> Niederschlag 1987/88 und langjähriges Mittel - Gerasdorf	37
<u>Abb. 4:</u> Temperatur 1987 und langjähriges Mittel - Ansfelden	38
<u>Abb. 5:</u> Niederschlag 1987 und langjähriges Mittel - Ansfelden	38
<u>Abb. 6:</u> Anlageplan des Versuches (Skizze)	43
<u>Abb. 7:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Rüben- und Blattertrag (Ansfelden 1987)	94
<u>Abb. 8:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Rüben- und Blattertrag (Gerasdorf 1987)	95
<u>Abb. 9:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Rüben-ertrag (Gerasdorf 1988)	96

<u>Abb. 10:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckergehalt und bereinigten Zuckergehalt (Ansfelden 1987)	98
<u>Abb. 11:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckergehalt und bereinigten Zuckergehalt (Gerasdorf 1987)	99
<u>Abb. 12:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckergehalt und bereinigten Zuckergehalt (Gerasdorf 1988)	100
<u>Abb. 13:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckerertrag u. bereinigten Zuckerertrag (Ansfelden 1987)	102
<u>Abb. 14:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckerertrag u. bereinigten Zuckerertrag (Gerasdorf 1987)	103
<u>Abb. 15:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckerertrag u. bereinigten Zuckerertrag (Gerasdorf 1988)	104
<u>Abb. 16:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Natrium, Kalium und Alpha Amino-N (Ansfelden 1987)	106
<u>Abb. 17:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Natrium, Kalium und Alpha Amino-N (Gerasdorf 1987)	107

<u>Abb. 18:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Natrium, Kalium und Alpha Amino-N (Gerasdorf 1988)	108
<u>Abb. 19:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den N-Gehalt in Rüben und Blatt (Ansfelden 1987)	110
<u>Abb. 20:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den N-Gehalt in Rüben und Blatt (Gerasdorf 1987)	111
<u>Abb. 21:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den N-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)	112
<u>Abb. 22:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den P-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)	114
<u>Abb. 23:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den P-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)	115
<u>Abb. 24:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den P-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)	116
<u>Abb. 25:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den K-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)	118
<u>Abb. 26:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den K-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)	119

<u>Abb. 27:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den K-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)	120
<u>Abb. 28:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Ca-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)	122
<u>Abb. 29:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Ca-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)	123
<u>Abb. 30:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Ca-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)	124
<u>Abb. 31:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mg-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)	126
<u>Abb. 32:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mg-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)	127
<u>Abb. 33:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mg-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)	128
<u>Abb. 34:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Fe-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)	130
<u>Abb. 35:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Fe-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)	131

<u>Abb. 36:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Fe-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)	132
<u>Abb. 37:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Cu-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)	133
<u>Abb. 38:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Cu-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)	134
<u>Abb. 39:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Cu-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)	135
<u>Abb. 40:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zn-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)	136
<u>Abb. 41:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zn-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)	137
<u>Abb. 42:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zn-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)	138
<u>Abb. 43:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mn-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)	139
<u>Abb. 44:</u> Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mn-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)	140

- Abb. 45: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mn-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988) 141
- Abb. 46: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den B-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987) 142
- Abb. 47: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den B-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987) 143
- Abb. 48: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den B-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988) 144

1. Einleitung

Der Anbau von zuckerhaltigen Pflanzen ist ein wichtiger Bestandteil der landwirtschaftlichen Produktion. Weltweit kommt hierbei dem Zuckerrohr und den Zuckerrüben besondere Bedeutung zu. Das Zuckerrohr hat einen Anteil von 60 % und die Zuckerrübe einen Anteil von ca. 40 % an der Weltzuckerproduktion. Die höchsten Zuckererträge werden für Zuckerrohr durchschnittlich mit 42 bis 84 dt/ha und für die Zuckerrübe mit 60 dt/ha angegeben. In erster Linie wird der Anbau der beiden Pflanzenarten von den klimatischen Gegebenheiten bestimmt. In den gemäßigten, mediterranen und subtropischen Klimabereichen ist hauptsächlich die Zuckerrübe zu finden (WINNER 1981).

Nach der Größe der Anbaufläche von Zuckerrüben stehen die UdSSR und Europa an der Spitze, gefolgt von den USA. Die Haupterzeugungsländer sind die UdSSR, Frankreich, die USA und Deutschland (ÖSTERR. ZUCKERWIRT. 1989).

Tab. 1: Die zehn größten Rübenzuckererzeuger in 1.000 t Rohwert (ÖSTERREICHS ZUCKERWIRTSCHAFT 1989)

Land	1986/87	1987/88	1988/89
UdSSR	8.700	9.565	9.240
Frankreich	3.734	3.973	4.424
USA	3.089	3.590	3.225
Deutschland	3.469	2.964	2.996
Polen	1.892	1.797	1.824
Italien	1.868	1.818	1.625
Türkei	1.414	1.779	1.601
Großbritannien	1.438	1.334	1.413
Spanien	1.093	1.136	1.221
Niederlande	1.325	1.064	1.080

Die österreichische Rübe liegt im Ertrag und in der Qualität an der Spitze der europäischen Rübenproduktion. Einen Überblick über die Rübenanbauflächen, den Rübenenertrag in t/ha und den Zuckergehalt in Prozent gibt die nachfolgende Tabelle (ÖSTERR. ZUCKERWIRT. 1989).

Tab. 2: Rübenbauflächen, Rübenenertrag, Zuckergehalt und Produktion pro Jahr in Österreich (ÖSTERR. ZUCKERWIRT. 1989)

Jahr	Rübenanbau- fläche/ha	Rübenener- trag t/ha	Zucker- gehalt %	Produktion Rübe	t/Jahr Zucker
1984	51.200	50,05	18,12	2.564.500	426.500
1985	42.700	56,32	19,46	2.407.400	430.700
1986	28.200	55,75	19,59	1.570.900	282.600
1987	39.100	54,40	18,42	2.128.300	359.000
1988	37.600	51,42	18,67	1.933.700	328.600

Die Düngung dient der ausreichenden Nährstoffversorgung der Zuckerrübe zur Erzielung eines hohen Ertrages an gewinnbarem Zucker bei möglichst guter Rübenqualität. Soll die Düngung optimal gestaltet werden, so müssen neben anwendungstechnischen und wirtschaftlichen Überlegungen vor allem die Ernährungsansprüche der Rübenpflanzen und das Nährstoffangebot des Bodens berücksichtigt werden. Unter den Nährstoffen nimmt der Stickstoff eine besondere Stellung ein, weil

- a.) der N-Gehalt der Ausgangsgesteine sehr gering ist,
- b.) er vielfachen biologischen Umwandlungen im Boden unterliegt,
- c.) der N-Bedarf der Pflanzen im Vergleich zu anderen Nährstoffen am höchsten ist und

d.) der Stickstoff im Boden, vor allem in Mitteleuropa derjenige Nährstoff ist, der den Ertrag am stärksten bestimmt. Im A-Horizont sind meist mehr als 95 % des gesamten N organisch gebunden. Anorganisch ist der Stickstoff überwiegend als Ammonium (NH_4), Nitrat (NO_3) und in sehr kleiner Menge als Nitrit (NO_2) gebunden (SCHACHTSCHABEL et al. 1982).

Wenn man sich mit der Wirkung von Düngerstickstoff auf Zuckerrüben befaßt, ist das totale Stickstoffangebot im Boden dem Stickstoffbedarf dieser Frucht gegenüber zu stellen (VAN BURG et al. 1983).

Aus ertragsphysiologischer Sicht kommen dem Stickstoff zwei wesentliche Funktionen zu. Einmal ist er als Nährstoff maßgeblich an pflanzlicher Massenbildung quantitativ beteiligt, zum anderen übt er aber durch die Beeinflussung des Hormonhaushaltes der Pflanzen auch eine qualitative Funktion aus. Eine optimale Stickstoffwirkung wird dann erzielt, wenn sich die beiden Funktionen ergänzend entfalten können. Daraus leitet sich die Forderung ab, das N-Angebot zeitlich und mengenmäßig so zu gestalten, daß es im Gesamtentwicklungsverlauf dem jeweiligen N-Bedarf der Pflanzen entspricht.

Im Getreidebau wird man dieser Forderung durch Aufteilung der Düngung auf mehrere N-Gaben bereits teilweise gerecht. Im Zuckerrübenbau kann diese Art der N-Düngung nach dem derzeitigen Wissensstand aber nicht angewandt werden, da sie mit dem Risiko einer zu späten N-Aufnahme und damit verringerter technologischer Qualität der Zuckerrübe behaftet ist. Die Anpassung des N-Angebotes an den N-Bedarf der Pflanzen ist aber nicht nur für die Ertragsbildung von Bedeutung. Gleichermäßen wird dadurch auch die Ausnutzung des Stickstoffes und damit die Wirtschaftlichkeit der N-Düngung beeinflusst (SOLANSKY 1983).

Der Rübenanbauer hat sich zu entscheiden, wieviel Stickstoff er zu düngen hat, in welcher Form, zu welchem Zeitpunkt und mit welcher Methode. Zudem hat er die Wirkung der organischen Düngung zu berücksichtigen (VAN BURG et al. 1983).

Im Folgenden soll versucht werden, Möglichkeiten zur Optimierung der Stickstoffdüngung von Zuckerrüben aufzuzeigen, besonders unter Berücksichtigung der Nachlieferung aus dem Boden. Ein weiteres Ziel ist die Erarbeitung (Ermittlung) der günstigsten N-Düngerform in Abhängigkeit vom Standort.

2. Literaturübersicht

2.1. Nährstoffaufnahme

Nährstoffe sind solche Stoffe (Elemente oder Verbindungen), die von der Pflanze aufgenommen werden, die für Wachstum und die normale Entwicklung notwendig sind und in ihrer Funktion von keinem anderen Stoff ersetzt werden können. Nährstoffe können ungeladene Moleküle (CO_2 , H_2O , O_2) oder Ionen sein (K^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} usw.). Der Begriff Nährstoffaufnahme wird physiologisch betrachtet, vielfach unscharf gehandhabt. Man bezeichnet allgemein jene Nährstoffe als aufgenommen, die sich in der Pflanze befinden. Dabei bleibt unberücksichtigt, welchen Weg der Nährstoff zurücklegen mußte, welche Barrieren er überwunden hat und an welcher Stelle in der Pflanze bzw. pflanzlichen Zelle (Zellwand, Zytoplasma, Vakuole, Gefäße) er sich im Augenblick befindet. Der wichtigste Prozeß bei der Stoffaufnahme ist der Transport durch Diffusionsbarrieren (EDELBAUER und RUCKENBAUER 1983).

Unter den Faktoren, die die Nährstoffaufnahme aus der Bodenlösung in die Pflanze beeinflussen, spielt das quantitative Verhältnis der einzelnen Ionen zueinander eine wesentliche Rolle. Die Bedeutung dieses Verhältnisses für eine optimale Nährstoffaufnahme und Ertragsbildung nimmt bei steigenden Düngergaben zu. Versuche in einer Sandkultur haben ergeben, daß in Gefäßen bei höheren Stickstoffgaben zur Erzielung hoher Erträge ohne Qualitätsbeeinträchtigung das N:K-Verhältnis weiter sein muß als bei einem geringen Stickstoffangebot (MÜLLER et al. 1962).

Nach LÜDECKE und NITZSCHE (1964) wurden - sofern der Boden mit aufnehmbaren Nährstoffen normal versorgt war - schon durch eine Düngung bei einem Nährstoff-Mengenverhältnis $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 1:0,8:1,2$ hohe Erträge mit zufriedenstellender

Qualität erzielt. Wie sich im Einzelfall das N:K-Verhältnis im Mineraldünger auf die Nährstoffaufnahme und den Nährstoffentzug durch die Pflanze auswirkt, ist als spezielle Frage der Pflanzenernährung am Beispiel der Zuckerrübe bisher kaum untersucht worden.

Allgemein hängt die Nährstoffaufnahme durch die Pflanze von den verfügbaren Mengen an Mikro- und Makroelementen sowie von den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens und der jeweiligen Witterung ab. So stellten FINKNER et al. (1958) fest, daß eine einseitig gesteigerte Stickstoffdüngung den Natrium- und Kaliumgehalt der Rübe erhöht und den Calciumgehalt erniedrigt. Andererseits wurde, so zum Beispiel bei Tomaten, durch ein höheres Angebot von Ammoniumionen eine Hemmung der Kaliumaufnahme beobachtet (BARKNER et al. 1967). Eine einseitige Kalidüngung reichert bei der Zuckerrübe Stickstoff und Phosphor im Blatt an (GUTSTEIN 1968).

Seit langem ist auch der Antagonismus zwischen Kalium und Calcium bekannt. Die Studien am Mais (BOSWELL und PARKS 1957), am Weidelgras (HYLTON et al. 1967) sowie an der Zuckerrübe (GUTSTEIN 1968) zeigen dies. Eine Erhöhung des Kaliumangebotes führte dabei immer zu einer Verminderung der Calciumaufnahme. Die Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze wird auch von der Form der angewendeten Düngesalze beeinflusst (WELTE und WERNER 1962).

STEINECK (1963) fand nach dem Verfahren der "Wechsellosungskultur", daß bei Versuchen mit Tomate und Sommergerste die Pflanze in der Lage ist, den Stickstoff für die Stoffbildung voll auszunutzen, wenn ein bestimmtes Kaliumangebot zur Verfügung steht. So wurde bei einer Ionenkonzentration von 1,6503 mg-Atom/Liter Stickstoff und Kalium bei der Sommergerste das höchste Gesamtpflanzengewicht erzeugt.

Im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen ist die Zuckerrübe in ihrem Nährstoffbedarf sehr anspruchsvoll. Ein hoher Ertrag an Rüben und Zucker kann nur bei einem ausreichenden und wohl ausgewogenen Angebot an Nährstoffen erreicht werden (LÜDECKE 1961, DRAYCOTT 1972). Andererseits hat sich aber auch oft gezeigt, daß bei einer überreichlichen Nährstoffzufuhr - insbesondere von Stickstoff - die Rübe mehr Mineralstoffe aufnimmt, als für einen maximalen Ertrag notwendig und unter dem Aspekt der Rübenqualität erwünscht ist (LÜDECKE und NITZSCHE 1964, LAKHDIVE 1970).

In den meisten Fällen führt eine Überdüngung mit Stickstoff zu einem verstärkten Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile auf Kosten der Reservestoffeinlagerung in der Wurzel, wie es als Folge hoher Stickstoffgaben auch bei anderen Pflanzen gefunden wurde. Neben einer verstärkten Ausbildung des Blattapparates und zum Zeitpunkt der Ernte ungünstigen Rübe-Blatt-Verhältnis verringert sich die Qualität der Rübe, da der Zuckergehalt abnimmt und der Gehalt an Nichtzuckerstoffen, die die Gewinnung des Weißzuckers in der Fabrik erschweren, zunimmt (WINNER 1967, LAKHDIVE 1970).

LÜDECKE und NITZSCHE (1957, 1959) haben über Ergebnisse von sechs Versuchsjahren berichtet. So wird im Folgenden mit Nährstoffaufnahme nicht die Menge der aufgenommenen Nährstoffe, sondern nur der Vorgang der Aufnahme von Mineralstoffen durch die Pflanze bezeichnet. Lediglich bei einer dynamischen Betrachtung über einen Zeitraum hinweg (z.B. Nährstoffaufnahme während der Hauptwachstumszeit) kann die Änderung der Nährstoffaufnahme auch durch Mengenangaben charakterisiert werden.

Im Hinblick auf die quantitative Verteilung der Nährstoffe ergibt sich bei höheren Pflanzen ein ähnliches Bild (MENGEL 1972). Die Hauptmasse der Mineralstoffe befindet sich im

Sproß (Blatt), während in der als Speicherorgan dienenden Wurzel sich nur ein kleiner Teil befindet. Eine Ausnahme macht hier der Phosphor, der z.B. bei der Zuckerrübe etwa ab Ende September in einer höheren Menge in der Rübe als im Blatt vorliegt.

Unter Bruttomenge der aufgenommenen Nährstoffe bezeichnen BEISS und WINNER (1975) die Gesamtmenge an Nährstoffen, die im Verlauf des Pflanzenwachstums von der Keimung bis zur Ernte aufgenommen wird, einschließlich der Nährstoffverluste durch absterbende Blätter, Blatt- und Wurzelausscheidungen u.a.; sie entzieht sich einer genauen Bestimmung und kann nur grob abgeschätzt werden. Die Nettomenge der aufgenommenen Nährstoffe läßt sich dagegen exakt bestimmen, denn sie ist die Nährstoffmenge, die zum Zeitpunkt der Ernte im geernteten Pflanzenmaterial enthalten ist.

Der Nährstoffentzug ist jene Nährstoffmenge, die sich zum Zeitpunkt der Ernte in der Rübe und im Blatt befindet (ÖDB 1983). Er gibt einen wichtigen Hinweis für die Erstellung von Nährstoffbilanzen. Die Verteilung der Nährstoffe auf Rübe und Blatt ist sehr unterschiedlich. Der weitaus größere Teil von Stickstoff und Kali findet sich im Blatt, während das Phosphat etwa zu gleichen Mengen in der Rübe und im Blatt vorhanden ist. Der Nährstoffbedarf ist jene Menge an Nährstoffen, welche der Rübe - angepaßt an den zeitlichen Bedarf - in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen muß. Er wird durch das Nährstoffangebot aus dem Boden und den Düngern gedeckt.

Die jungen Rübenpflanzen brauchen zum schnellen Aufbau eines funktionsfähigen Assimilationssystems ein ausreichendes und ausgewogenes Nährstoffangebot. Die heranwachsende Pflanze hat bereits 90 Tage nach dem Aufgang etwa 2/3 der maximal benötigten Gesamtnährstoffmenge aufgenommen. Diese Nährstoffe sind dabei überwiegend in den der Rübe in der Entwicklung

vorauselenden Blättern enthalten. Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse wird deutlich, daß besonders während der Jugendentwicklung das Blatt als Indikator für den Ernährungszustand der Rübenpflanze dienen kann (WINNER und BÜRCKY 1977).

Die Nährstoffaufnahme ist schließlich abhängig vom Wasser- und Nährstoffgehalt des Bodens, von der Witterung, von der Pflanze selbst und wird von den Bodenverhältnissen beeinflusst. Die Nährstoffaufnahme eilt im Verlauf der Vegetationszeit der Ertragsbildung zeitlich stark voraus. Ab August ist daher die Nährstoffaufnahme in der Pflanze nur mehr gering, es finden jedoch in der Pflanze Verlagerungen statt (ÖDB 1983).

Allgemein sollte die Ernährung der Zuckerrübe daher so bemessen werden, daß nicht ein maximaler Rübenenertrag, sondern ein hoher Rübenenertrag bei gleichzeitig guter Qualität der Rüben erzielt wird (BEISS und WINNER 1975). Andererseits darf der Nährstoffgehalt eines Bodens nicht nur im Hinblick auf den Pflanzenertrag, sondern er muß auch die Pflanzenqualität berücksichtigen, die für Tier und Mensch wichtig ist (SCHACHTSCHABEL et al. 1982).

Wegen der langen Wachstumsdauer und der hohen Massenerträge ist der Nährstoffbedarf der Zuckerrübe sehr hoch. Zur Sicherung eines schnellen Jugendwachstums und zur Bildung eines leistungsfähigen Blattapparates ist dabei die Stickstoffdüngung von besonderer Bedeutung (BEISS 1977, MÜLLER und WINNER 1980).

2.2. Stickstoff im Boden

In mitteleuropäischen Mineralböden liegen in den oberen 20 cm 900 bis 9.000 kg N/ha vor (FINCK 1976), jedoch nur ein gerin-

ger Teil in pflanzenverfügbarer Form. Der überwiegende Teil ist in organischer Bindung, in Form von Aminosäuren, Amiden und heterozyklischen Kohlenstoffverbindungen fixiert (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1989). In anorganischer Form liegt er überwiegend als Nitrat und Ammonium vor. In Lössböden Niedersachsens reichte die Spannweite in Versuchen von WEHRMANN und SCHARPF (1980) von 20 bis 200 kg N/ha. Nach MENGEL und SCHERER (1980) ist die Menge des in Tonmineralen fixierten Ammoniums nicht zu unterschätzen und beträgt auf Lössböden zwischen 1.000 und 2.000 kg N/ha im durchwurzelten Bodenraum. BREMENER (1965) stellte fest, daß im Durchschnitt 5,6 % des Gesamt-N im Oberboden als fixiertes Ammonium vorliegt. Im Unterboden waren es durch die Abnahme der organischen Substanz 21,5 %. Die wichtigsten Prozesse, die die Verfügbarkeit des Stickstoffes für die Zuckerrübe beeinflussen, sollen im folgenden kurz erläutert werden.

2.2.1. Mineralisierung

Die Freisetzung von Stickstoff aus der organischen Substanz erfolgt in erster Linie durch mikrobielle Tätigkeit in der oberen biologisch aktiven Bodenschicht. Die erste Stufe, die Ammonifizierung, ist die mikrobielle Bildung von Ammonium aus Amino- und anderen stickstoffhaltigen Gruppen der organischen Substanz. Es sind daran eine Vielzahl von anaerob lebenden Bakterien beteiligt, die unempfindlich gegen niedrige pH-Werte sind (STANFORD und EPSTEIN 1974, MENGEL 1979). MEYERS (1975) fand das Temperaturoptimum erst bei 50 bis 70 °C und STADELMANN et al. (1983) stellen eine starke Zunahme bei ansteigenden Temperaturen im Bereich von 0 bis 50 °C fest. Aber auch bei 0 °C kann die Ammonifizierung noch stattfinden.

Nach STANFORD und SMITH (1972) führt im Bereich von 5 bis 35 °C ein Temperaturanstieg von 10 °C zu einer Verdopplung

der Mineralisierung. Zwischen 0,1 und 15 bar führt eine Zunahme der Bodenfeuchte zu einem linearen Anstieg der Mineralisierung (STANFORD und EPSTEIN 1974). Je nach Boden ergeben sich Verläufe der Ammoniumbildung in Abhängigkeit von der Temperatur mit mehreren Optimalpunkten, die vermutlich auf unterschiedliche Mikroorganismenpopulationen zurückzuführen sind (STADELMANN et al. 1983). Ein Wechsel zwischen feuchten und trockenen Abschnitten fördert die Mineralisierung (HERLIHY 1981). SCHEFFER und SCHATSCHABEL (1989) führen dies zum einen auf die Entstehung neuer Oberflächen bei Quellungs- und Schrumpfungsvorgängen zurück, zum anderen auf das Sterben von Mikroorganismen.

Bei Anwesenheit leicht abbaubarer Kohlenstoffverbindungen kann eine vorübergehende Festlegung in mikrobieller Biomasse erfolgen (SCHEFFER und SCHATSCHABEL 1989). Die Zunahme der Mineralisation in Folge von Mineraldüngung "Priming Effect" erklären WESTERMANN und KURTZ (1973) mit einer Förderung der ammonifizierenden Bakterien. Die Standortunterschiede in der Mineralisationshöhe sind erheblich. Aus stickstoffarmen Böden wird etwa 1 % des Bodenvorrates mineralisiert, auf stickstoffreichen Böden unter Hackfrüchten 2 bis 4 % (WINNER 1975). Die Mengen, die den Zuckerrübenpflanzen auf fruchtbaren Standorten aus der Mineralisation des Bodens zur Verfügung stehen, liegen nach WINNER (1975) bei etwa 100 kg N/ha und können bis zu 300 kg betragen.

Die zweite Stufe, die Nitrifikation, ist ebenfalls ein mikrobieller Prozeß. Er läuft in zwei Schritten ab. Der erste Schritt ist die Umwandlung von Ammonium in Nitrit durch Bakterien der Gattung Nitrosomonas und Nitrosolchus, danach folgt die Oxidation zu Nitrat durch die Gattung Nitrobacter. Diese Arten sind auf Sauerstoff angewiesen. Das Temperatur-optimum liegt im Bereich von 20 bis 30 °C, eine Umwandlung findet aber auch noch im Bereich von 0 bis 2 °C statt

(HANSCHMANN 1983). Ein pH-Wert im stärker sauren Bereich bringt die Nitrifikation jedoch früher zum Erliegen (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1989). BECK (1982) stellt besonders im Temperaturbereich von 4 °C eine starke Abhängigkeit vom Boden fest.

In dem für mitteleuropäische Böden relevanten Temperaturbereich übersteigt das Nitratbildungsvermögen in den meisten Fällen deutlich die Ammonifikation, so daß eine Akkumulation von Ammonium nicht auftritt. Durch die Nitratdüngung wird die Nitrifikation gegenüber Ammoniumdüngung gefördert (MEYER 1974). Verschiedene chemische Verbindungen sind bekannt, die eine Hemmung des bakteriellen Umsatzes bewirken (FINCK 1976, MENGEL 1979). Zu erwähnen sind dabei das unter dem Namen N-Serve bekannte 2-Chlor-6-(trichlormethyl)Pyridin und das auch als Abbauprodukt von Kalkstickstoff entstehende Dicyandiamid, dessen Umsetzung und Wirkung untersucht wurde. Letzteres wirkt spezifisch auf Bakterien der Gattung Nitrosomonas und verhindert damit die Oxidation von Ammonium. Eine Hemmung der Nitrobakterienarten führt dagegen zu einer relativen Anreicherung von Nitrit.

2.2.2. Denitrifikation

Durch die Reduktion von Nitrat durch fakultativ anaerob lebende Bakterien, vorwiegend der Gattung Pseudomonas, kommt es zur Bildung von N_2O und N_2 , das in die Atmosphäre entweicht. Alle Prozesse laufen dabei über Nitrit, das als Zwischenstufe im Boden eine wichtige Rolle spielt. Eine starke Zunahme ist mit steigender Bodenfeuchte zu beobachten (STEFANSON 1972). Die Denitrifikation kann auch auf gut durchlüfteten Böden im Bereich schlechterer Sauerstoff-Zugänglichkeit stattfinden (MENGEL 1979, SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1989). Durch eine leicht zersetzbare organische Substanz, die für die Bildung

von Bakterienbiomasse zur Verfügung steht, wird diese bakterielle Denitrifikation gefördert. JUNG und JÜRGENS-GESCHWIND (1974) geben das Optimum für den Temperaturbereich von 60 bis 65 °C an. BAILEY (1976) konnte unter 5 °C keine Denitrifikation feststellen. Bei über 15 °C muß mit starken Denitrifikationsverlusten gerechnet werden.

WOLDENDORP (1962) fand eine Zunahme der Denitrifikation im Wurzelbereich, die er auf pflanzliche Wurzelausscheidungen und einen geringeren Sauerstoffgehalt in diesem Bereich zurückführte. Die Verfügbarkeit leicht zersetzbarer organischer Substanz bewirkt vorwiegend durch ihren schnellen Abbau und den damit verbundenen Sauerstoffverbrauch eine Zunahme der Denitrifikation. Ein geringer N-Verlust konnte nach Ammoniumdüngung gegenüber Nitratdüngung festgestellt werden (STEFANSON 1972).

Die chemische Bildung von gasförmigen N-Verbindungen, vorwiegend bei der Bildung von N_2 durch die Reaktion von Nitrit mit Ammonium im Bereich von pH 5 bis 6,5 und bei einer hohen Ammoniumkonzentration sind weitere Ursachen für Verluste. Die Angaben über die Höhe von Denitrifikationsverlusten schwanken bei Zuckerrüben zwischen 12 kg pro Jahr (BENCKISER et al. 1986) und mehreren 100 kg N/ha (MEYER 1974). BUCHNER und STURM (1974) gehen von durchschnittlich 30 kg N/ha und Jahr aus.

2.2.3. Freisetzung

Durch die Freisetzung von fixiertem Ammonium aus Tonmineralen kann nach Untersuchungen von MENGEL und SCHERER (1980) auf Lößböden 200 bis 400 kg N/ha verfügbar sein. Dies ist abhängig vom Auffüllungsgrad der Tonminerale und kann auch durch die Düngung mit Kalium, das aufgrund seiner Größe und Ladung die gleichen Austauscherplätze besetzt, beeinflusst werden

(BLASL, 1983). Mit einer Nettofreisetzung ist nur bei niedrigen NH_4 -Konzentrationen in der Bodenlösung zu rechnen, die durch nitrifizierende Bakterien oder pflanzliche Entzüge hervorgerufen werden kann (SCHERER 1987). Die nitrifizierenden Bakterien beeinflussen jedoch kaum den Gehalt an K^+ in der Bodenlösung, der ebenfalls für die Gleichgewichtsreaktion von Bedeutung ist.

MENGEL und SCHERER (1980) halten freigesetztes Ammonium für die wesentliche Quelle der Nitratbildung. Sie konnten ebenso wie eine starke Abnahme des fixierten Ammoniums zur Zeit der stärksten Mineralisierung und der höchsten pflanzlichen Entzüge mit einer Wiederauffüllung ab Juli festgestellt werden. Unter Brache konnte SCHERER (1987) nur eine geringe Abnahme gegenüber bewachsenen Parzellen feststellen. Das Maximum der Abnahme wurde mit 119 kg N/ha im Juni erreicht und deckte sich mit den festgestellten Entzügen von Weizen und Gerste. Die Wiederauffüllung findet überwiegend auf Kosten der Amino- und Amid-N-Fractionen statt.

2.2.4. Verlagerung

Eine Verlagerung von Stickstoff findet mit Ausnahme sorptionsschwacher Sandböden fast nur in Nitratform statt, da Ammonium in der Regel sorbiert wird und nicht in der Bodenlösung vorliegt (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1989). Die wichtigsten Einflußfaktoren auf der Höhe der Nitratverlagerung sind die Sickerwassermenge, die Bodenart und die Konzentration von Nitrat in der Bodenlösung. Nach HERBST und GARZ (1978) beträgt die Verlagerungsstrecke je mm Niederschlag in Abhängigkeit von der Bodenart zwischen 0,3 cm bei Lehm und 0,65 cm bei anlehmigen Sand. Dies deckt sich auch mit Verlagerungsstrecken wie sie BURNS (1975) berechnet hat. Seine be-

rechneten Werte liegen zwischen 0,77 cm für Sand und 0,178 cm bei Ton.

Eine Auswaschung ist vor allem im Winterhalbjahr zu befürchten, in dem ein großer Teil der Niederschläge fällt und keine pflanzlichen N-Entzüge auftreten (PRZEMECK et al. 1975). Auch im Frühjahr, nach bereits erfolgter Stickstoffdüngung und ohne nennenswerte Entzüge, besonders bei Zuckerrüben, besteht die Möglichkeit der Auswaschung oder zumindest der Verlagerung in tiefere Bodenschichten (MEYER 1974, KOLENBRANDER 1980). Bei der Zunahme der Wasserspannung im Oberboden kann ein kapillarer Wiederaufstieg erfolgen. Der Kappilarsaum, über den ein Aufstieg erfolgen kann, liegt auf tiefgründigen Böden bei etwa 1,50 m.

2.3. Stickstoff in der Pflanze

Die Pflanze benötigt den Stickstoff vorwiegend zur Bildung von Aminosäuren und stickstoffhaltigen zyklischen Basen, die ihrerseits als Bausteine von Eiweiß und Nukleinsäuren dienen. Damit ist er unverzichtbar bei der Bildung von Biomasse.

2.3.1. Stickstoffaufnahme und Assimilation

Die Stickstoffaufnahme der Wurzeln erfolgt überwiegend in Nitratform, da dies die in der Bodenlösung vorherrschende Stickstoffform ist. Begrenzt wird die Aufnahme im allgemeinen durch den Wassergehalt des Bodens und die Nitratkonzentration in der Bodenlösung. Nach BURBA (1977) überwiegen beim Transport zur Wurzel bis zu einer Konzentration von 100 mmol NO_3 /Liter Diffusionsvorgänge, erst darüber hat der Massenfluß einen größeren Anteil. Die Aufnahme in die Pflanze ist ein aktiver energieverbrauchender Prozeß. Das aufgenommene Nitrat

wird im Xylem in die Blätter transportiert (BÜRCKY 1979). Dort erfolgt die Nitratassimilation, das heißt, die enzymatische Reduktion von Nitrat (BURBA 1977). Es wird als organisches Primärprodukt Glutaminsäure gebildet, von der die entstandene Aminogruppe auf Ketosäuren unter Bildung von anderen Aminosäuren weitergegeben werden kann. Wird der Stickstoff als Ammonium aufgenommen, erfolgt die Bildung von Glutaminsäure bereits in der Wurzel (BRETELER 1973).

Die Zuckerrübe als Mitglied der Familie der Chemopadiaceen ist eine nitratakkumulierende Pflanze. Bei einem hohen Stickstoffangebot kommt es zu einer Stickstoffanreicherung, da kein Mechanismus zur Begrenzung der Stickstoffaufnahme existiert (BURBA 1977). Das überschüssige Nitrat wird durch die Begrenzung der Nitratreduktase überwiegend in den Blattspalten der älteren Blätter eingelagert und ist dort schwer mobilisierbar (NEVINS und LOOMIS 1970). Der überschüssige Stickstoff wird ebenfalls in Form von Glutamin in den Wurzeln und Blättern gespeichert (BURBA 1977).

BURBA (1983) stellte N-Mengen von ca. 110 kg/ha fest, die aus älteren und absterbenden Blättern ab Juli bis zur Ernte verlagert wurden und der Pflanze somit wieder zur Verfügung standen. Die Hauptmenge wurde von Mitte August bis Mitte September verlagert, ein Drittel davon lag als Nitrat vor. Die N-Aufnahme der Zuckerrübe läßt sich in drei Phasen einteilen:

- a. geringe Aufnahme in der Zeit etwa bis zum 10-Blattstadium,
- b. intensive Aufnahme zur Zeit des starken Blattwachstums,
- c. danach geringe bis keine Aufnahme.

In der Regel nehmen die Rüben mehr N auf, als in Form von mineralischen N-Düngern zugeführt wird (HOFFMANN und ULBRICH 1986).

2.3.2. Der Stickstoffbedarf der Zuckerrübe

Allgemein benötigt die Zuckerrübe zur Erzeugung eines maximalen Flächenertrages an gewinnbarem Zucker eine bestimmte N-Menge, deren Unterschreitung zu Ertragseinbußen, deren Überschreitung jedoch zu einem starken Qualitätsabfall, verbunden mit einer Anahme des Zuckerertrages, führt (BEISS 1977). Zu unterscheiden ist bei der Feststellung der aufgenommenen Nährstoffmenge zwischen der Brutto- und der Nettomenge. Die zur Ernte festgestellte Nettomenge ist geringer als die aufgenommene Bruttomenge, da es überwiegend durch absterbende Blätter, aber auch durch im Boden verbleibende Wurzelreste zu Nährstoffverlusten kommt. Diese Verluste sind nach Untersuchungen von BEISS (1977) und BÜRCKY und BISCOE (1983) mit ca. 30 kg N/ha anzusetzen. Sie müssen zu der festgestellten Aufnahme bei der Ernte addiert werden, um die Bruttomenge zu erhalten, die den tatsächlichen Nährstoffbedarf darstellt. Erschwert wird die Festlegung des N-Bedarfs durch unterschiedliche Rübe:Blatt-Verhältnisse zur Ernte.

Es wurden von BEISS und WINNER (1975) Werte zwischen 1:0,5 und 1:1,5 gefunden. Da sich der größte Teil des Stickstoffes zur Ernte in den Blättern befindet, wird die festgestellte N-Aufnahme zu einem erheblichen Teil davon beeinflusst. Auch schlechte Ernten können sehr hohe N-Aufnahmen mit sich bringen, da in den Jahren mit ungünstiger Witterung im Herbst, wenn die Rübe bereits den größten Teil der Nährstoffe aufgenommen hat, geringe Rübenerträge bei hohen Nährstoffaufnahmen auftreten.

In 24 Versuchsjahren wurden nach BEISS (1977) die höchsten Zuckererträge stets mit den geringsten Blättererträgen erzielt. Es folgt daraus, daß für eine Steigerung des Rübenertrages nur eine relativ geringe Erhöhung der Stickstoffmenge nötig

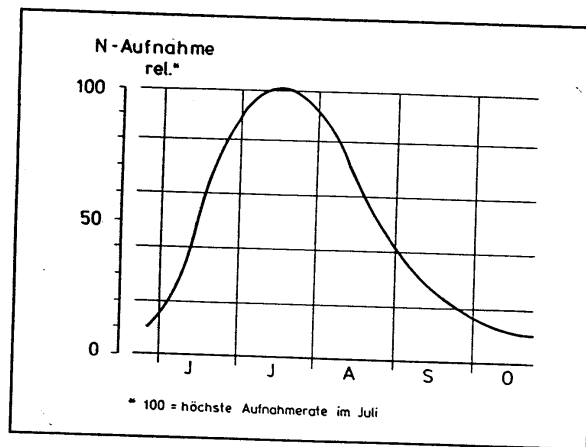
ist (WINNER Und BEISS (1977)). Voraussetzung war dazu eine schnelle Blattentwicklung und hohe Stickstoffaufnahmen im Zeitraum Juni/Juli. HALVORSON und HARTMANN (1975) hielten ein Rübe:Blatt-Verhältnis der Trockenmasse von 1:0,5 für optimal.

Für einen Ertrag von 400 dt Rüben beträgt der Bedarf bei einem Rübe:Blatt-Verhältnis von 1:1 ca. 240 kg N/ha und für einen Ertrag von 600 dt bei einem Rübe:Blatt-Verhältnis von 1:0,7 ca. 270 kg N/ha (BEISS 1977). CHRISTMANN und LOILIER (1980) geben für französische Verhältnisse einen durchschnittlichen Bedarf von 42 kg N je 100 dt Rüben an.

Der zeitliche N-Bedarf ergibt sich aus dem für Zuckerrüben optimalen Wachstumsverlauf. Bei höheren Erträgen erfolgte eine frühere N-Aufnahme (BEISS 1977). Ergebnisse von BEISS und WINNER (1975) zeigen, daß bei hohen Erträgen Mitte Juli bereits 80 % des Stickstoffs aufgenommen waren, bei niedrigen jedoch erst 63 %. Nach SCHULTZ (1961) und BURBA (1983) ist eine schnelle Blattentwicklung im Jugendstadium nötig, um die eingestrahlte Energie optimal auszunutzen. Nach Untersuchungen von SCHULTZ (1961) ist die mögliche Nettoassimilationsrate im Zeitraum Juni/Juli am größten. Die Bedeutung der N-Versorgung für die Jugendentwicklung und den schnellen Aufbau des Assimilationsapparates stellten verschiedene Autoren dar (SCHULTZ 1961, CAMPBELL und VIETS 1967, BRONNER 1971, CARTER und TRAVELLER 1981).

Dieser zeitliche Verlauf des Stickstoffbedarfs wird auch in anderen Arbeiten festgestellt (BALDWIN UND DAVIS 1966, VOLGER 1979). Den Verlauf der Stickstoffaufnahmeintensität nach WINNER und BEISS (1977) zeigt die Abbildung 1.

Abb. 1: Der zeitliche Verlauf der relativen N-Aufnahmeintensität



Die Stickstoffaufnahme eilt der Bildung von Biomasse voraus. Nach dem Erreichen des optimalen Blattflächenindex, der im Bereich von 4 liegt (SCHULTZ 1963, HOFFMANN 1977), sollte die Blattbildung stoppen. Bei der Verminderung der Einstrahlung im Herbst muß zur Vermeidung zu hoher Respirationsverluste ein Rückgang der Blatmasse beginnen (SCHULTZ 1963, CAMPBELL und VIETS 1967, HOFFMANN 1977, JAUERT et al. 1982). Eine Begrenzung des Blattwachstums bewirkt außerdem durch die Erniedrigung der Sinkkapazität eine verbesserte Bildung des Rübenkörpers (JAUERT et al. 1982).

Da es bei der Verfügbarkeit von Stickstoff stets durch den fehlenden Begrenzungsmechanismus zur weiteren N-Aufnahme und damit zur Bildung neuer Blätter kommt, sollte ca. ab September kein verfügbarer Stickstoff mehr im Boden vorliegen (VIELEMEYER et al. 1986). FORSTER (1970) konnte in Wasserkul-

turversuchen durch eine Reduzierung des N-Angebots vor der Ernte höhere Qualität bei gleichem Ertrag erzielen. Der noch bestehende N-Bedarf kann, wie BURBA (1983) zeigte, durch eine Verlagerung aus älteren Blättern gedeckt werden.

2.3.3. Ermittlung des Düngerbedarfs

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 jedoch von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, so daß die Kalkulation äußerst schwierig ist. Die wichtigsten Faktoren der Ertragswirkung der N-Düngung sind nach KLING und STEINHAUSER (1984, verändert) im folgenden aufgeführt.

Grunddüngung

- Phosphat
- Kalium
- Kalk

Bodenbearbeitung

- Pflugzeitpunkt
- Bodenzustand bei der Bearbeitung
- Häufigkeit der Bodenlockerung

Stickstoffdüngung

- N-Menge
- N-Form
- N-Verteilung (zeitlich und mengenmäßig)

Bodenbürtiges N-Angebot im Frühjahr

- Vorfrucht
- N-Düngung zur Vorfrucht
- Zwischenfrucht

- Zwischenfruchtdüngung
- Zwischenfruchtverwendung
- Länge des Zeitraumes ohne Bodenbedeckung bis zum Beginn der Vegetationsruhe
- Winterwitterung

Stickstoffmineralisation während der Vegetationsperiode

- N-Vorrat im Boden
- N-Bindungsform
- Witterung
- Bodenaktivität

Pflanzenbestand

- Sorte
- Pflanzenzahl je m²
- Unkrautbesatz
- Krankheiten und Schädlinge
- Witterung

Dazu kommen die Wechselwirkungen der beteiligten Faktoren. Weiterhin spielt bei der Ermittlung des Düngerbedarfs auch das Produktionsziel eine wichtige Rolle, da der höchste Rüben-ertrag erst mit einer größeren Düngermenge als der höchste bereinigte Zuckerertrag oder der korrigierte Geldrohertrag erreicht wird. Als Produktionsziel wird hier der höchste bereinigte Zuckerertrag angestrebt. Zu beachten ist, daß ein ungünstiger Düngungszeitpunkt das Optimum für die Düngungsmenge verschieben kann.

2.4. Stickstoffdüngung von Zuckerrüben

Neben der richtigen Bemessung der Höhe des N-Düngerbedarfs sind bei der Düngung eine Vielzahl von Faktoren zu beachten, von denen die Wirksamkeit der Düngung abhängt.

2.4.1. Zeitpunkt der Düngung

Bei allen Düngungsmaßnahmen ist die zeitliche Übereinstimmung der Verfügbarkeit mit dem Bedarf der Zuckerrübe zu beachten. Der bevorzugte Termin der N-Düngung ist bei Zuckerrüben etwa zum Zeitpunkt der Saatbeetbereitung. Eine Aufteilung in verschiedene Teilgaben ist möglich, wobei der Schwerpunkt an diesem Termin erhalten bleiben sollte (WINNER 1981).

Zu hohe Gaben zur Saat müssen wegen der schädigenden Auswirkung hoher Salzkonzentrationen auf den Feldaufgang unterbleiben (DRYCOTT et al. 1983). Die Grenze für eine Düngung zur Saat sieht WINNER (1975) bei etwa 120 kg N. Eine Düngung eines Teils der Gesamtmenge im Herbst ist nur auf schweren Böden zu empfehlen und zeigte dort in mehrjährigen Versuchen von WINNER (1975) keine schlechtere Verwertung des Düngerstickstoffs.

Eine Teilgabe nach der Saat ist auf leichten Böden bei erhöhter Auswaschungsgefahr oder auch auf schweren Böden bei extrem hohen Niederschlägen sinnvoll (WINNER 1981, DRAYCOTT et al. 1980). Viele Autoren erzielten bei bewässerten Zuckerrüben die besten Ergebnisse durch eine Aufteilung der Gesamtmenge in zweiwöchentlichen Teilgaben von 20 bis 50 kg N beginnend nach dem Feldaufgang.

Spätere Kopfdüngung als im Juni wirkte sich bei BALDWIN und DAVIS (1966) negativ auf den Zuckergehalt aus. Nach WINNER (1981) sollte die Kopfdüngung bis zum 4-Blattstadium erfolgt sein, da eine Düngung zum Bestandesschluß den Zuckergehalt und die Qualität senkt.

2.4.2. Einfluß der organischen Düngung

Die organische Düngung nimmt in der Zuckerrübenproduktion eine wichtige Stellung ein, die sowohl durch die Ansprüche an die Ackerkultur und den Humusgehalt der Böden als auch die Nährstoffversorgung begründet ist. Bei der Kombination von organischer und mineralischer Düngung muß das Gesamtnährstoffangebot berücksichtigt werden. Das gilt besonders für den Stickstoff. Mit der Bestimmung des pflanzenaufnehmbaren Stickstoffes (N_{an}) zum Vegetationsbeginn kann die Mineraldüngung dem aus dem Boden und der organischen Düngung stammenden N-Vorrat angepaßt werden (KORIATH und FÖRLITZ 1985).

Über die positive Wirkung der organischen Düngung speziell auf den Zuckerertrag oder bereinigten Zuckerertrag wurde bereits von verschiedenen Autoren berichtet (MÜLLER und WINNER 1986, BÜRCKY und WINNER 1988). Die Überlegenheit der organischen Düngung (Güledüngung) in Bezug auf den bereinigten Zuckerertrag ergab sich dabei ebenso wie in den eigenen Untersuchungen in erster Linie aus dem geringeren Gehalt der Rüben an Alpha-Amino-N, dem höheren Zuckergehalt und bereinigten Zuckergehalt (GÖRLITZ et al. 1981).

Eine übermäßige organische Düngung führt durch eine starke N-Nachlieferung im Spätsommer zu einem Absinken des Zuckergehalts und durch eine Zunahme der qualitätsbeeinflussenden Gehalte an Alpha-Amino-N, Natrium und Kalium zu einem Absinken der Ausbeutbarkeit (JAUERT et al. 1982). VETTER et al. (1982) empfehlen eine Kombination von organischer und mineralischer Düngung, um die Unsicherheit der Wirkung wegen witterungsabhängiger Mineralisation zu verringern. Der Anteil der organischen Düngung sollte nicht über 70 bis 80 % liegen. JAUERT et al. (1982) empfehlen nicht über 50 bis 75 % der Gesamt-N-Menge in Form von Gülle-Stickstoff zu geben.

2.4.3. Einfluß der Bestandesdichte

Die optimale Bestandesdichte liegt bei etwa 85.000 Pflanzen je ha (BORNSCHEUER 1979). Nach den Ergebnissen von BAROCKA et al. (1972) konnte der Rübenenertrag bei einer niedrigen Bestandesdichte durch eine Erhöhung der Stickstoffdüngung gesteigert werden, nicht jedoch der Zuckerertrag. Den Ergebnissen ist auch zu entnehmen, daß hohe N-Mengen sich bei hohen Bestandesdichten stärker negativ auf den Zuckerertrag auswirken als bei niedrigen. MÜLLER und WINNER (1976) empfehlen eine geringere N-Düngung bei hohen und niedrigen Bestandesdichten, während bei geringen Bestandesdichten in lückigen Beständen eine größere Gefahr zu hoher Düngermengen sieht, als bei hohen Bestandesdichten.

2.5. Einfluß des Stickstoffes auf den Ertrag und die Qualität der Zuckerrübe

Die große Bedeutung des Nährstoffes Stickstoff für den Ertrag und die Qualität von Zuckerrüben ist lange bekannt, eine ausführliche Zusammenstellung der Beziehungen findet man bei VAN BURG et al. (1983). Daher ist es verständlich, daß insbesondere bei der Zuckerrübe die Ermittlung der optimalen N-Düngung ein für den Praktiker interessantes Problem darstellt.

Der Ertrag und die Qualität der Zuckerrübe werden in starkem Maße vom Angebot an Nährstoffen während der Vegetationsperiode beeinflusst. Hierbei nimmt der Stickstoff eine besondere Stellung ein, da einerseits seine ertragssteigernde Wirkung voll genutzt werden soll, andererseits jedoch qualitäts- und ertragsmindernde Effekte einer überhöhten Stickstoffdüngung vermieden werden müssen. Empfehlungen zur Bemessung der Stickstoffdüngung sind außerdem immer mit einem hohen Unsicherheitsfaktor belastet. Diese Unsicherheit in der Ab-

schätzung der optimalen Stickstoffgabe ergibt sich einerseits aus der mangelhaften Kenntnis des aktuellen Gehaltes des jeweiligen Bodens an mineralischem Stickstoff im Frühjahr und andererseits aus der Unberechenbarkeit der witterungsabhängigen späteren Mobilisierung von Stickstoff aus einem organischen Substrat während der Vegetationszeit (MÜLLER und WINNER 1976).

Um höchste Erträge und beste Qualitäten im Zuckerrübenbau zu erzielen, ist eine umfassende Information der Landwirte über Kenndaten des Bodens notwendig. Diese sollten in erster Linie die Nährstoffversorgung, aber auch physikalische und biologische Parameter umfassen (BRONNER 1985).

Der Stickstoff wird in der Rübe hauptsächlich in der Wachstumsphase bis Mitte Juli zur Bildung von Eiweißverbindungen im Blattapparat und im Rübenkörper benötigt. Die junge, rasch wachsende Rübenpflanze ist auf eine gute Stickstoffversorgung angewiesen (MÜLLER 1984). Die negativen Auswirkungen einer Düngung nach dem 4-Blattstadium vor allem auf die Qualität (WINNER 1981).

Ein hoher Rübenерtrag je ha mit einer guten Qualität wird durch zeitlich und mengenmäßig dem Bedarf der Zuckerrübe angepasstes Angebot an Stickstoff ermöglicht. Bei der Bemessung der Stickstoffgabe müssen auch andere Faktoren berücksichtigt werden, die die Ertragsbildung und damit die Wirkung der N-Düngung beeinflussen. Wechselwirkungen zwischen der N-Düngung und den variierten Faktoren Sorte, Bestandesdichte und Pflanzenschutz erreichen im allgemeinen keine große Bedeutung.

Mit steigender N-Düngung nimmt der Rübenерtrag zu und erst bei sehr hohen Gaben ist mit einem Ertragsrückgang zu rechnen. Den höchsten Zuckergehalt findet man dagegen, wenn nur

sehr wenig oder gar kein N-Dünger verabreicht wurde, mit einer zunehmenden N-Düngergabe fällt dann der Zuckergehalt immer mehr ab (BÜRCKY 1979). BURBA (1977) zeigte, daß eine Erhöhung der N-Düngung bei Zuckerrüben zu einem Rückgang des Zuckergehaltes und einem Anstieg einer Reihe von Nichtsaccharosestoffen führt. Natriumfreier Dünger hat sich besser als Chilesalpeter, was Ertrag und Saftreinheit anbelangt, erwiesen. Die optimale Menge von Stickstoff hat sich bei ca. 120 kg N/ha ergeben (JENSEN et al. 1983).

Durch steigende Stickstoffgaben kann die Gesamtstoffproduktion der Zuckerrübe stark erhöht werden, das Optimum, bezogen auf den Weißzuckerertrag, wird jedoch sehr bald erreicht. Darüber hinausgehende N-Mengen fördern nur noch das Krautwachstum, der Rüben-ertrag bleibt in weiten Grenzen nahezu konstant, während die Qualität absinkt. Wachstumsanalytische Untersuchungen (WEEGE 1987) haben gezeigt, daß eine Förderung des Jugendwachstums der Zuckerrübe wünschenswert ist. In dieser Phase wird die Gesamtstoffproduktion von der vorhandenen Blattfläche begrenzt. Ab Erreichen des optimalen Blattflächenindex (BFI) von ca. 4 sollte das Krautwachstum eingeschränkt werden, um die Sinkkapazität des Blattapparates zu vermindern und damit die Umlagerung der Assimilate in den Rübenkörper zu begünstigen.

Bei der Steigerung des N-Angebotes zeigte sich der oft beschriebene Effekt von Qualität und Ertrag, der polarimetrischer und bereinigter Zuckergehalt sowie ausbeutbarer Zucker nahmen ab. Der Ausbeuteverlust nahm dagegen zu. Letzteres wurde hauptsächlich durch den steigenden Gehalt an Amino-N und Natrium verursacht und weniger durch das Kalium, dessen Gehalt sich hier nur wenig geändert hatte. Betrachtet man den Gehalt dieser Melassebildner unter dem Aspekt der Rübenqualität, d.h. bezogen auf den vorliegenden Zucker, so ergibt sich mit einem steigenden N-Angebot bei allen eine

deutliche Zunahme. Bei den Erträgen nahm das Blatt noch bis zur höchsten, die Rübe jedoch nur noch bis zur mittleren N-Gabe zu (BEISS 1985).

Höhere N-Gaben führten zu einer Abnahme des Zuckergehaltes und der Saftreinheit sowie einer Zunahme des Blattflächenindex und der Erträge von Rüben, Zucker und Trockensubstanz (LEE et al. 1987).

WICKE und URBAN (1982) haben herausgefunden, daß die Ausbeute an Weißzucker in erster Linie vom biologischen Zuckergehalt abhängt. Auch die Gehalte an "löslicher Asche" (im wesentlichen Natrium und Kalium) und an sogenannten schädlichem Stickstoff. Mit steigendem Stickstoffangebot nahm der biologische Zuckergehalt ab und der Gehalt an solchen Stoffen zu, die die Ausbeute beeinträchtigen. Das Maximum des Ertrages von Weißzucker wurde deshalb bereits mit Mineralstickstoffgaben von etwa 80 kg/ha (mit organischer Düngung) bzw. etwa 120 kg N/ha (ohne organische Düngung) erreicht. Der Höchstertrag an Rüben und Blatt erfordert dagegen Gaben von etwa 180 kg N/ha (Rüben) und etwa 280 kg N/ha (Blatt).

Für den Rückgang des Zuckergehaltes bei steigendem Stickstoffangebot machen BURBA (1977) und BÜRCKY et al. (1978) verschiedene Ursachen verantwortlich. Zur Bereitstellung der Aufnahmeenergie einerseits und zur Bildung von Aminosäuren und Carboxylaten andererseits, werden neu gebildete Assimilate aus der Saccharosebiosynthese verbraucht oder Kohlenhydratreserven abgebaut. Die Blattneubildung benötigt ebenfalls erhebliche Assimilatmengen zur Bildung von Zellulose. Ferner hemmt Ammonium die Zuckerbildung und es wird der enzymatische Zuckerabbau gefördert. Auf niedrigem Niveau nimmt die Stickstoffdüngung des Zuckergehaltes oft sehr wenig oder gar nicht ab (BURG et al. 1983).

Nach Untersuchungen von BÜRCKY et al (1978) wird durch eine erhöhte Stickstoffdüngung auch das Zellvolumen vergrößert, und damit steigt der Wassergehalt schneller als der Markanteil - die festgestellte geringere Belastbarkeit und Biegsamkeit wurde auch darauf zurückgeführt. Zugleich kommt es durch die höheren Gehalte an Aminosäuren zu einer Zunahme des Alpha-Amino-Stickstoffes, der in die Berechnung des Melassezuckeranteils nach REINEFELD et al. (1974) eingeht. Eine Steigerung der N-Aufnahme bewirkt zugleich auch eine Zunahme von Kalium und Natrium in der Rübe, die den Melassezuckeranteil noch stärker ansteigen lassen (WINNER 1979, BEISS 1985).

Vergleicht man den N-Düngerbedarf, der jeweils für die Erreichung des Höchstertes an Rübenkörper, Weißzucker und Rübenblatt erforderlich war, so ergibt sich die bekannte Reihenfolge für den Stickstoffaufwand-Blatt, -Rübenkörper und -Weißzuckerertrag. Auffallend ist der allgemein niedrige N-Düngerbedarf für die Erreichung der Höchsterte. Die entscheidende Ursache hierfür dürfte in den hohen N-Gehalten liegen, wie sie häufig auf langjährig genutzten Versuchsfeldern angetroffen werden (BEER et al. 1983).

Zur Hebung des Ertragsniveaus ist ein Komplex von Maßnahmen im gesamten Anbauverfahren notwendig, von denen die Düngung nur einen Faktor darstellt. Von der richtigen Ernährung der Zuckerrüben hängt jedoch in ganz entschiedenem Maße die Höhe des erzielbaren Weißzuckerertrages und eines optimalen Verhältnisses von Rüben:Kraut sowie seiner Qualitätsmerkmale ab. JAUERT et al. (1982) stellten fest, daß zur Erreichung optimaler Rüben- und maximaler Zuckererträge eine reichliche Stickstoffernährung und eine gute Versorgung mit Phosphor und Kalium während des Jugendwachstums notwendig ist. Vor allem wird der Melassebildnergehalt und damit die Qualität aber durch das Nährstoffangebot beeinflusst, das den Zuckerrüben aus dem Boden und der Düngung zur Verfügung steht. Ist es zu

hoch, so kann sich dies sehr nachteilig auf die Qualität und häufig auch auf den Ertrag auswirken (BEISS 1985).

2.6. Stickstoffdüngung und Nährstoffgehalte der Zuckerrübe

2.6.1. Stickstoff

Stickstoffmangel führt erwartungsgemäß zu einer empfindlichen Reduktion der Substanzbildung, die bis zu 60 % bei der Rübe und 77 % beim Blatt beträgt. Das Stickstoffdefizit hat einen Anstieg des Zuckergehaltes zur Folge. Allerdings führt der Stickstoffmangel auch zu einem vermehrten Gehalt an den Melassebildnern Kalium und Natrium, deren negativer Einfluß sich jedoch aufgrund des sehr geringen Anteils an schädlichem Stickstoff nicht in einem weiteren Rückgang des bereinigten Zuckerertrages niederschlägt (WINNER und BÜRCKY 1977).

LAKHDIVE (1970) stellte fest, daß mit steigenden Stickstoffgaben der Stickstoffgehalt in der Rübe und im Kraut zunimmt. Der Anstieg des N-Gehaltes der Rüben und im Blatt durch die N-Düngung wird auch in anderen Arbeiten festgestellt (BURBA 1977, SMUKALSKI und ROGASIK 1977, ASMUS et al. 1988).

Nach MÜLLER (1983) steigt der Gesamtentzug von Stickstoff mit steigender mineralischer N-Düngung von 0 auf 210 kg N/ha um etwa 70 kg/ha an. Auch die N-Gehalte in der Pflanze werden dadurch angehoben (RÜBE: etwa um 0,26 %, Blatt: etwa um 0,57 %). Der Gesamtentzug an Stickstoff ist positiv korreliert mit dem Rübenertrag sowie mit den Gehalten an Kalium in den Rüben und negativ korreliert mit dem Zuckergehalt.

2.6.2. Phosphor

Der Mangel an Phosphor verursacht starke Depressionen beim Ertrag und der Qualität. Erhöhte Anteile an Melassebildnern (Kalium, Natrium und Aminostickstoff) führen zu einem niedrigeren Zuckergehalt (WINNER und BÜRCKY 1977).

Der Phosphatgehalt der Rübe wurde weder durch Stickstoff allein noch durch Stickstoff + Kalium signifikant beeinflusst. Bei einem N:K₂O-Verhältnis von 1:3 nahm jedoch der Phosphorgehalt im Kraut zu (LAKHDIVE 1970). Der P-Gehalt von Rüben und Rübenblatt der berechneten Parzelle lag schwach über dem der unberechneten. Aber die P-Entzüge durch das Zuckerrübenblatt waren vorrangig durch den Düngeraufwand bestimmt (SMUKALSKI und ROGASIK 1977). Die P-Entzüge haben sich mit steigendem Aufwand an Stickstoff ebenfalls erhöht. Die höheren K- und P-Gehalte beruhen vor allem auf erhöhten Zufuhren sowohl durch mineralische als auch durch organische Düngung (ASMUS et al. 1988).

Andererseits wies MÜLLER (1983) nach, daß die P-Gehalte in den Rüben durch steigende N-Düngung abgesenkt wurden. Für Phosphor waren die Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten und den ungedüngten nicht sehr groß (RECKE 1984).

2.6.3. Kalium

Rüben mit schlechter Qualität und geringem Gewicht wurden bei Kalimangel erhalten (WINNER und BÜRCKY 1977). Durch steigende Stickstoffgaben wurde der Kaliumgehalt in der Rübe stets angehoben, jedoch war beim Kraut eine leichte Abnahme (LAKHDIVE 1970) zu verzeichnen. Nach MÜLLER (1983) und RECKE (1984) stieg bei der N-Düngung der K-Gehalt in den Rüben an, die Unterschiede zwischen den Parzellen mit und ohne N-Dün-

gung sind aber zum Teil sehr gering und nicht abzusichern. Wobei der Gehalt im Blatt unverändert blieb. Der Gesamtentzug an Kalium korrelierte positiv mit dem Rübenenertrag und den Gehalten an Raffinose und Galaktose, aber negativ mit den Gehalten an Zucker und Trockensubstanz.

2.6.4. Magnesium

Der absolut niedrigste Zuckergehalt führte bei Magnesiummangel in Verbindung mit dem geringen Rübenenertrag von 52 % zu einem bereinigten Zuckerertrag, der bei lediglich 42 % lag (WINNER und BÜRCKY 1977). Der Magnesiumgehalt der Rübe wurde weder durch die Stickstoffsteigerung noch durch eine Änderung des N:K₂O-Verhältnisses beeinflusst, während der Mg-Gehalt im Kraut unbeeinflusst blieb (LAKHDIVE 1970). Andererseits verzeichnet MÜLLER (1983), daß mit einer steigenden N-Düngung der Gehalt an Magnesium im Blatt stieg und in der Rübe unverändert blieb. Durch die N-Düngung hat der Mg-Gehalt noch eine schwach steigende Tendenz (WIENINGER und KUBADINOW 1973). BURBA (1977) und RECKE (1984) fanden bei steigenden Stickstoffgaben an Zuckerrüben, daß der Mg-Gehalt im Blatt und in der Rübe unbeeinflusst blieb.

2.6.5. Calcium

Calciummangel hatte erhebliche Substanzverluste zur Folge. Bei einer Rübenmasse von knapp 90 % ergab sich aufgrund hoher Anteile an Melassebildnern (Kalium + Natrium = 147 %) ein Minderertrag an bereinigtem Zucker von 23 % und auch beim Blattertrag lag er um 12 % unter dem von normal ernährten Rüben (WINNER Und BÜRCKY 1977).

Die Stickstoffdüngung zeigt keinen Einfluß auf den Ca-Gehalt in den Rüben (BURBA 1977, MÜLLER 1983, LAKHDIVE 1970, WIENINGER und KUBADINOW 1973). RECKE (1984) hat bereits nachgewiesen, daß der Ca-Gehalt in den Rüben bei einer N-Düngung statistisch gesichert abnahm.

2.6.6. Natrium

Bei Natriummangel konnte eine Zunahme der Rübenmasse von 9 % verzeichnet werden, was bei nur schwach vermindertem Zuckergehalt einen Mehrertrag an bereinigtem Zucker ergab (WINNER und BÜRCKY 1977). Die steigenden Stickstoffgaben beeinflussten den Natriumgehalt der Rübe nicht signifikant. Beim Blatt deutet sich jedoch nach einer Stickstoffsteigerung die Tendenz zu einer Erhöhung des Na-Gehaltes an (LAKHDIVE 1970).

BURBA (1977) und RECKE (1984) wiesen nach, daß die Na-Gehalte in den Rüben bei einer N-Düngung anstiegen, die Unterschiede zwischen den Varianten mit und ohne N-Düngung sind aber zum Teil sehr gering und nicht abzusichern.

2.6.7. Mikronährstoffgehalt

Auf den meisten Rübenböden Mitteleuropas ist eine spezielle Düngung mit Mikroelementen nicht oder nicht mehr nötig. Nur zwei Mikronährstoffe spielen in der Praxis eine Rolle: Bor (B) und Mangan (Mn) (WINNER 1981). KÄMPF und PETZOLDT (1980) haben nachgewiesen, daß bei den Rüben ein schwächerer Bormangel zu Ertragsdepressionen führen kann. Während Kupfermangel zum Ausbleichen und Verkümmern der Blätter führt, zeigen sich bei Manganmangel chlorotische Schäden.

Die Gehaltswerte von Mikronährstoff (Mn, Cu und Zn) in der Rüben und im Blatt wurden von einer N-Düngung nicht verändert (MÜLLER 1983).

3. Problemstellung

Über den Einfluß der N-Düngung auf den Rüben- und Blattertrag sowie auf die Qualität der Zuckerrüben gibt es bereits viele Untersuchungen. Um die in der Praxis zum Teil sehr unterschiedlichen Meinungen und Erfahrungen zu klären, wurden spezielle Untersuchungen bei Zuckerrüben mit unterschiedlichem N-Angebot und N-Formen an zwei Standorten in Niederösterreich und Oberösterreich durchgeführt

Folgende Detailfragen wurden in dieser Arbeit behandelt:

1. Prüfung des Einflusses vom N-Angebot mit verschiedenen N-Düngerformen auf den Ertrag und die Qualität der Zuckerrüben in Abhängigkeit vom Standort.
2. Feststellung des optimalen N-Angebotes der einzelnen N-Düngerformen und der N-Kombinationen hinsichtlich hoher Erträge und guter Verarbeitungsqualität.
3. Weiters erfolgte eine Beurteilung der Wirkung einer steigenden N-Düngung mit verschiedenen N-Düngerformen und N-Kombinationen auf den Nährstoffgehalt in Blatt und Rüben.

4. Versuchsstandorte und Versuchsbedingungen

Für die Untersuchungen wurden zwei Betriebe ausgewählt. Es waren dies

- der Betrieb der Fam. NEUMAYR in Gerasdorf/Wien und
- der Betrieb des Herrn Dr. SCHREIBERHUBER in Ansfelden.

Der erste Standort (Gerasdorf) befindet sich im Marchfeld in Niederösterreich und liegt im pannonischen Klimaraum. Dieser Klimaraum ist durch heiße, trockene Sommer und kalte, schneearme Winter gekennzeichnet. Der zweite Standort (Ansfelden) befindet sich in den östlichen Niederungen Oberösterreichs und liegt im semihumiden Klimaraum. Dieser landwirtschaftliche Produktionsraum ist durch heiße, feuchte Sommer und mäßig kalte Winter gekennzeichnet.

Die Auswahl der Versuchsstandorte erfolgte unter dem Gesichtspunkt einer möglichst breiten Erfassung des Produktionsgebietes. Dadurch können genauere Aussagen über die N-Düngergaben und N-Formen für die Zuckerrüben in diesen Räumen gemacht werden.

4.1. Klima

Der Standort Gerasdorf liegt in einer Seehöhe von 160 m und der Standort Ansfelden liegt in einer Seehöhe von 265 m. Zur Erfassung der Klimawerte wurden für den Standort Gerasdorf die Meßstelle Groß-Enzersdorf, für den Standort Ansfelden wurde die Meßstelle Linz herangezogen (Hydrogr. Zentralbüro im BMLW, Wien).

Die Abb. 2 und 3 stellen den Witterungsverlauf der Jahre 1987 und 1988 am Standort Gerasdorf im Vergleich zum langjährigen Mittel (1901 bis 1980) dar.

Am Standort Gerasdorf beträgt die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge von 1901 bis 1980 572 mm. Das Mittel der Lufttemperatur beträgt 9,8 °C. Mit 596 mm Jahresniederschlagsmenge lag das Jahr 1987 über dem Durchschnittswert der Jahre 1901 bis 1980. Das Jahresmittel der Lufttemperatur lag 1987 bei 9,3 °C und 0,5 °C unter dem langjährigen Mittel (Abb. 2 und 3).

Mit 520,8 mm Jahresniederschlagsmenge lag das Jahr 1988 unter den Durchschnittswerten der Jahre 1901 bis 1980. Das Jahresmittel der Lufttemperatur lag mit 10,1 °C und 0,3 °C über dem langjährigen Mittel (Abb. 2 und 3).

Abb. 4 und 5 zeigen den Witterungsverlauf des Jahres 1987 am Standort Ansfelden wiederum im Vergleich zum langjährigen Mittel (1901 bis 1980).

Am Standort Ansfelden beträgt die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge von 1901 bis 1980 844 mm und das Mittel der Lufttemperatur 9 °C. Mit 925 mm Jahresniederschlag und 9,2 °C Jahresdurchschnittstemperatur im Jahr 1987 liegen die Werte über den Durchschnittswerten der Jahre 1901 bis 1980 (Abb. 4 und 5).

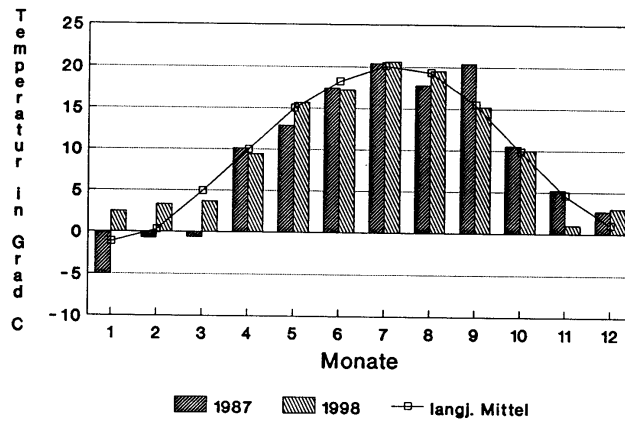


Abb. 2: Temperatur 1987/88 u. langj. Mittel - GERASDORF

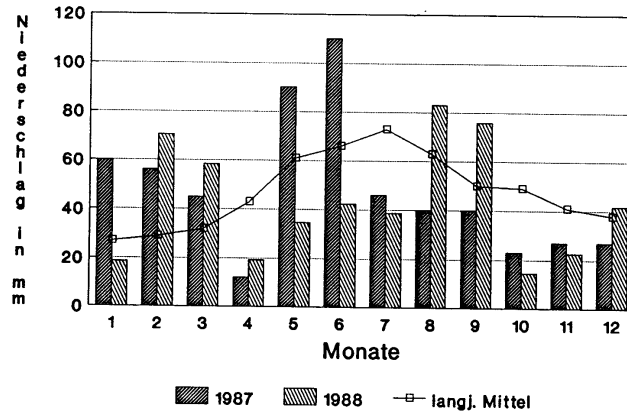


Abb. 3: Niederschlag 1987/88 u. langj. Mittel - GERASDORF

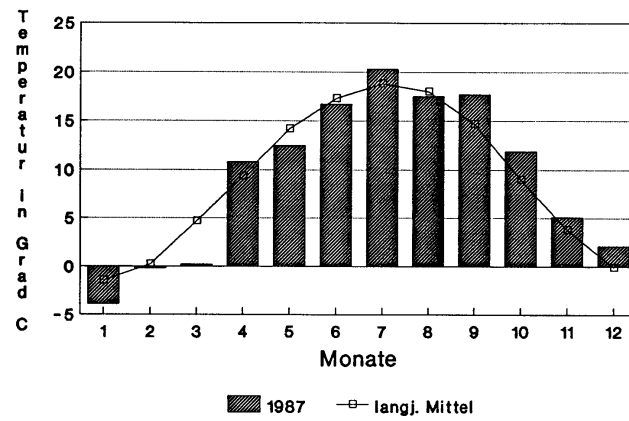


Abb. 4: Temperatur 1987 u. langj. Mittel - ANSFELDEN

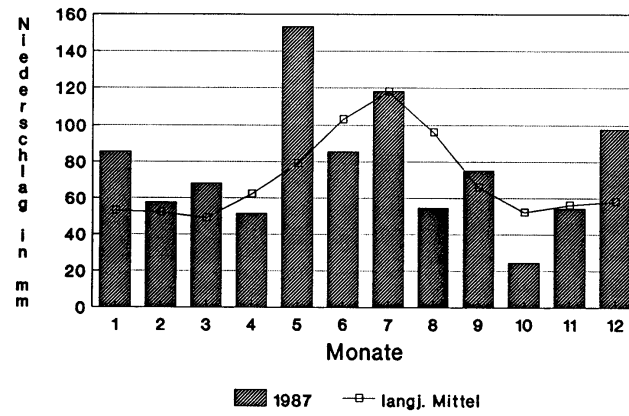


Abb. 5: Niederschlag 1987 u. langj. Mittel - ANSFELDEN

4.2. Boden

Standort Gerasdorf:

Die Beschreibung der Böden wurde der Österreichischen Bodenkartierung und den Erläuterungen zur Bodenkarte entnommen. Der Bodentyp und das Ausgangsmaterial des Versuchsstandortes ist Tschernosem aus Löß. Beim Standort Gerasdorf handelt es sich um eine dunkelgraubraune Erde. Der Ap-Horizont reicht von 0 bis 30 cm und ist gekennzeichnet als erdtrocken, sandiger Lehm, mittelhumos, stark kalkhaltig, deutlich mittelkrümelig, mittelporös, leicht aufbrechbar, gut durchwurzelt und weist eine mäßige Regenwurmtätigkeit auf, übergehend.

Der A2-Horizont reicht von 30 bis 80 cm und ist genauso charakterisiert wie der Alp. Der ACv-Horizont reicht von 80 bis 100 cm und ist gekennzeichnet als erdtrocken, sandiger Lehm, schwach humos, stark kalkhaltig, undeutlich mittelkrümelig, mittelporös, leicht aufbrechbar, graubraun, wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit, allmählich übergehend.

Der Cv-Horizont tritt ab 100 cm auf und ist charakterisiert als erdtrocken, sandiger Schluff, stark kalkhaltig, undeutlich feinblockig, Kanten gerundet, mittelporös, leicht aufbrechbar, lichtgelblichbraun, nicht durchwurzelt, keine Regenwurmtätigkeit.

Der Boden reagiert neutral bis alkalisch (pH 7,5). Die Wasserverhältnisse sind mäßig trocken, mäßige Speicherkraft, hohe Durchlässigkeit. Der natürliche Bodenwert ist hochwertiges Ackerland.

Standort Ansfelden:

Der Bodentyp und das Ausgangsmaterial des Versuchsstandortes ist eine Lockersedimentbraunerde und besteht aus feinem Schwemmaterial. Beim Standort Ansfelden handelt es sich um dunkelgraubraune Erde. Der Ap-Horizont reicht von 0 bis 25 cm und ist charakterisiert als lehmiger Schluff, mittelhumos, kalkfrei, deutlich grobkrümelig, stark mittelporös, leicht zerdrückbar, gut durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit, übergehend.

Der AB-Horizont reicht von 25 bis 45 cm und ist gekennzeichnet als lehmiger Schluff, schwach humos, kalkfrei, deutlich mittelkrümelig, mittelproös, leicht zerdrückbar, wenig durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit, übergehend.

Der B-Horizont reicht von 45 bis 80 cm und ist charakterisiert als lehmiger Schluff, kalkfrei, deutlich mittelblockig/Kanten gerundet, mittelporös, leicht zerdrückbar, dunkelgelblichbraun, nicht durchwurzelt, keine Regenwurmtätigkeit, allmählich übergehend.

Der Bg-Horizont tritt ab 80 cm auf und ist gekennzeichnet als schluffiger Lehm, kalkfrei, deutlich mittelblockig/Kanten gerundet, schwach mittelporös, leicht zerdrückbar, gelblichbraun, undeutliche kleine Rostflecken.

Die Bodenreaktion ist schwach sauer bis neutral. Die Wasserverhältnisse sind gut versorgt, hohe Speicherkraft, mäßige Durchlässigkeit. Der natürliche Bodenwert ist hochwertiges Ackerland.

5. Material und Methode

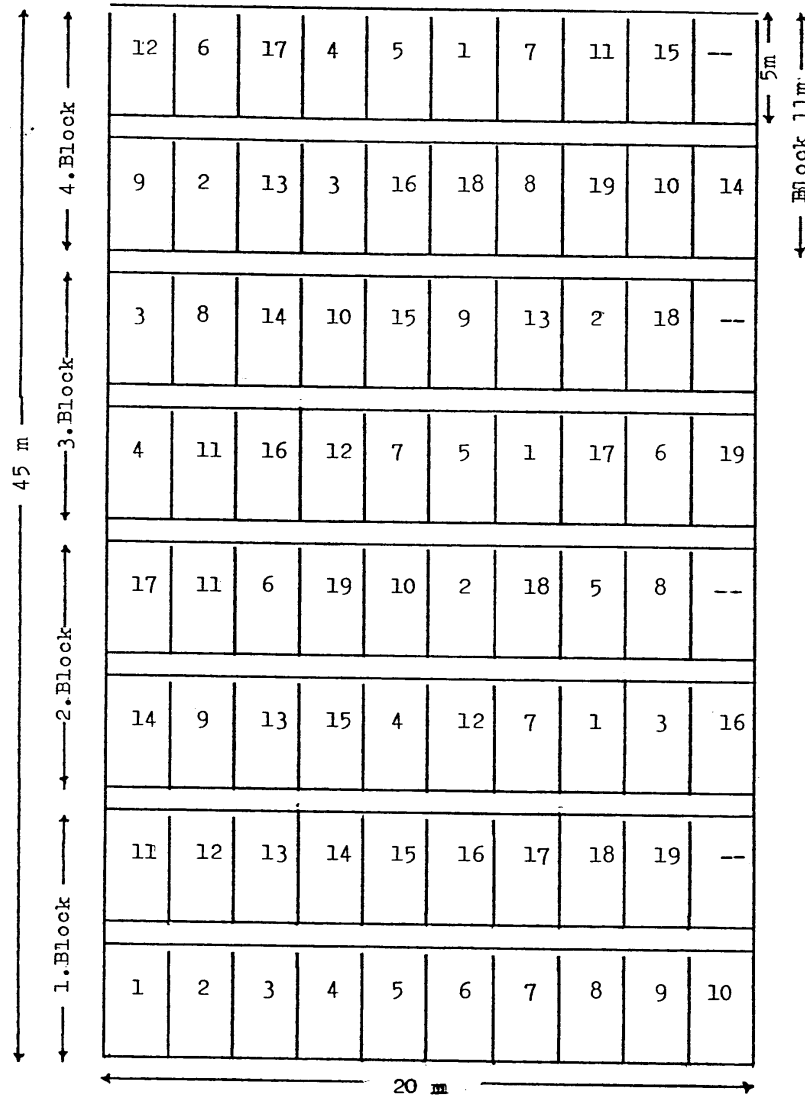
5.1. Versuchsanlage

Am Standort Gerasdorf und am Standort Ansfelden wurde die Zuckerrübensorteⁿ Maribo ultra mono und Kawetina (Beta vulgaris) in drei getrennten Versuchen angebaut. Jeder Versuch war als ungeordnete Blockanlage, die für jede Variante in einer 4-fachen Wiederholung aufgeteilt wurde, angelegt. Die Parzelle war 10 m² groß, die Reihenweite betrug 50 cm und der Abstand zwischen den Pflanzen lag bei 20 cm. Der Versuch an jedem Standort bestand aus 19 Varianten.

Tab. 3: Varianten der Feldversuchsanlage für die Vegetationsjahre 1987 und 1988

Variante	N-Düngerform			N-Düngermenge gesamt
	Nitramoncal	Chile-salpeter	Kali-chile-salpeter	
1	0			0 ungedüngt
2	40			40 kg N/ha
3	80			80 kg N/ha
4	120			120 kg N/ha
5	160			160 kg N/ha
6		40		40 kg N/ha
7		80		80 kg N/ha
8		120		120 kg N/ha
9		160		160 kg N/ha
10	40	40		80 kg N/ha
11	60	60		120 kg N/ha
12	80	80		160 kg N/ha
13			40	40 kg N/ha
14			80	80 kg N/ha
15			120	120 kg N/ha
16			160	160 kg N/ha
17	40		40	80 kg N/ha
18	60		60	120 kg N/ha
19	80		80	160 kg N/ha

Abb. 6: Anlageplan des Versuches (Skizze)



5.2. Versuchsdurchführung

Am Standort Gerasdorf wurde als Vorfrucht auf der Versuchsfläche im Vorjahr Sommergerste und am Standort Ansfelden Winterweizen angebaut.

Der Anbau erfolgte in Gerasdorf am 11. April 1987 und 1988 und am 15. April 1987 in Ansfelden mit einer pneumatischen Einzelkornsämaschine. Die Düngung wurde nach dem Anbau händisch angegeben. Die Ernte wurde im Versuchsjahr 1987 am 20. und 23. Oktober und im Jahr 1988 am 31. Oktober durchgeführt

	Gerasdorf 1987	Gerasdorf 1988	Ansfelden 1987
Vorfrüchte	Sommergerste	Sommergerste	W-Weizen
Bodenbe- arbeitung	Herbst	Herbst	Herbst
Saatbett- bearbeitung	April	April	April
Saat	11.4.	11.4.	15.4.
Ernte	20.10.	31.10.	23.10.
Düngergabe- termin	27.4.	24.4.	29.4.

5.3. Probennahme

Bei der Ernte erfolgte die Entnahme der Proben mit je vier Wiederholungen am Standort Gerasdorf und mit je zwei Wiederholungen am Standort Ansfelden. Von jeder Parzelle wurden die Pflanzen, welche sich in den mittleren Reihen (5 m^2) befinden, genommen. Vor dem Anbau wurde eine

Bodenprobe, getrennt nach Oberboden, Mittelboden und Unterboden gezogen.

Der Oberboden wurde bis zu einer Tiefe von 30 cm, der Mittelboden aus einer Tiefe von 30 bis 60 cm und der Unterboden aus einer Tiefe von 60 bis 90 cm entnommen. Weiters wurden am 22.7.1987 und am 11.5.1988 von den Varianten N_0 , N_{120} Nitra., N_{120} Chilesalpeter und N_{120} Kalichilesalpeter einer getrennten Bodenprobe vom Standort Gerasdorf entnommen.

5.4. Probenaufbereitung

Zur Ertragsfeststellung wurde bei der Ernte mit den Blättern die Rüben der zwei mittleren Reihen von einer Fläche von 5 m² entnommen. Die Blätter und die Rüben wurden getrennt gewogen. Eine Mischprobe von 25 kg Rüben wurde in das Labor der Zuckerfabrik Tulln transportiert und dort analysiert. Zur Bestimmung des Nährstoffgehaltes wurde ein Teil der Blattmasse und der Rüben zerkleinert und anschließend vier Tage im Trockenschrank bei 75 °C getrocknet. Das getrocknete Material von den Rüben und Blättern wurde anschließend in einer Labormühle auf eine Teilchengröße von kleiner als 1 mm gemahlen.

5.5. Probenanalyse

Die Analyse der Rüben erfolgte im Labor der Zuckerfabrik Tulln. Folgende wertbestimmenden Inhaltsstoffe wurden ermittelt:

1. Zuckergehalt (%)
2. Natriumgehalt (meq./100 g Rübe)
3. Kaliumgehalt (meq./100 g Rübe)
4. Alpha-Amino-N-Gehalt (meq./100 g Rübe)

Die Bestimmung des Stickstoffes im Blatt und in den Rüben erfolgte im Labor des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Die qualitative und quantitative Bestimmung der Mineralstoffe erfolgte im Forschungszentrum in Seibersdorf. Der Boden wurde in der Bundesanstalt für Bodenkultur in Wien analysiert.

Die angewandten Methoden der Pflanzen- und Bodenanalyse werden hier kurz angeführt.

5.5.1. Pflanzenanalyse

Im Labor der Zuckerfabrik wurden folgende Methoden angewandt:

- polarimetrisch für die Zuckergehaltsbestimmung,
- flammenphotometrisch für die Natriumgehaltsbestimmung,
- flammenphotometrisch für die Kaliumgehaltsbestimmung und
- photometrisch für die Alpha-Amino-N-Gehaltsbestimmung.

Berechnet wurden folgende Größen:

- Melassezuckeranteil (%) nach REINEFEID et al. (1974),
- bereinigter Zuckergehalt (BZG):

$$BZG = ZG - [0,343x(K+Na)+0,094x\text{Alpha-Amino-N}+0,2g]$$
 nach REINEFEID et al. (1974) (N, Na und Alpha-Amino-N in meq/100 g bR.)
- ausbeutbarer Zucker (AZ)

$$AZ = \frac{BZG \times 100}{ZG}$$
 nach WINNER (1981)
- Zuckerertrag (ZE)

$$ZE = \frac{RE \times ZE}{100}$$
 nach WINNER (1981)

- bereinigter Zuckerertrag (BZE)

$$\text{BZE} = \frac{\text{RExBZG}}{100} \quad \text{nach WINNER (1981)}$$

Die Gesamtstickstoffbestimmung erfolgte nach KJELDAHL, d.h., daß nur die reduzierten N-Verbindungen erfaßt wurden.

Zur Bestimmung der Makro- und Mikronährstoffe wurde das auf kleiner als 1 mm vermahlene Pflanzenmaterial durch nasse Veraschung aufgeschlossen. Etwa 1 g Pflanzenmaterial wurde in einem 50 ml Kölbchen mit 25 ml Säuregemisch versetzt und nach 24 Stunden naß verascht. Nach dem Abdampfen der Säure und nachdem die Lösung farblos-klar geworden ist, wurde das Kölbchen abgekühlt und mit dest. H₂O aufgefüllt. Das Säuregemisch setzt sich aus Salpetersäure und Perchlorsäure im Verhältnis 5:1 Volumsteilen zusammen.

Die Messung der Makro- und Mikroelemente erfolgte direkt aus der Extraktionslösung bzw. der Pflanzenaufschlüsse. Als Meßgeräte wurden ICP-AES, Perkin Elmer Plasma II, AAS, Perkin Elmer 5000 mit HGA500 verwendet.

5.5.2. Bodenanalyse

Bei der Bestimmung des verfügbaren Stickstoffes erfolgt überwiegend die Erfassung von anorganischem N und hauptsächlich von NO₃-N+NH₄-N im durchwurzelten Bodenvolumen. Bei NO₃-N und NH₄-N wurde das Verfahren von WEHRMANN und SCHARPF (1979) zur Praxisreife entwickelt.

6. Ergebnisse

6.1. Bodenuntersuchungsergebnisse

Die Untersuchung der entnommenen Bodenproben erbrachte das in den Tabellen 4 und 5 zusammengefaßte Ergebnis. Am Standort Gerasdorf (1987) weisen der Unterboden und der Mittelboden ausreichend bis hoch im Vergleich zum Oberboden auf. Die Varianten ungedüngt, 120 kg N/ha Nitramoncal, 120 kg N/ha Chilesalpeter und 120 kg N/ha Kalichilesalpeter zeigen im Unterboden das höchste N_{\min} -Menge auf. Im Mittelboden wurde kein N_{\min} festgestellt.

Am Standort Gerasdorf (1988) weist der Oberboden bei der Variante 120 kg N/ha Chilesalpeter und 120 kg N/ha Kalichilesalpeter mehr als 5 mg N/100 g Boden auf, während im Unter- und Mittelboden nur eine geringe N_{\min} -Menge festzustellen ist. Bei der Variante 120 kg N/ha Nitramoncal wurde im Mittelboden der höchste N_{\min} -Wert festgestellt. Bei den gedüngten Varianten lag das N_{\min} über der ungedüngten Variante. Die gedüngten Varianten weisen ein N_{\min} -Menge höher als 135 kg N/ha auf. Die N_{\min} -Menge ist von den N-Formen abhängig.

Tab. 4: Bodenuntersuchungsergebnisse für den Standort Gerasdorf (1987)

Variante und Zeit der Probenahme		N _{min}	NO ₃	NH ₄
vor dem Anbau 8.4.87	O	0,15	0,10	0,05
	M	0,40	0,15	0,25
	U	0,65	0,55	0,10
		Summe über 3 Tiefen 1,2 mg N/100 Boden = 55 kg N/ha		
ungedüngte 22.7.87	O	0,10	0,10	0,00
	M	0,10	0,10	0,00
	U	0,20	0,10	0,10
		Summe über 3 Tiefen 0,4 mg N/100 Boden = 17 kg N/ha		
120 kg N/ha Nitramoncal 22.7.87	O	0,10	0,10	0,00
	M	0,00	0,00	0,00
	U	0,20	0,10	0,10
		Summe über 3 Tiefen 0,3 mg N/100 Boden = 12 kg N/ha		
120 kg N/ha Chilesalpeter 22.7.87	O	0,20	0,20	0,00
	M	0,00	0,00	0,00
	U	0,30	0,10	0,20
		Summe über 3 Tiefen 0,5 mg N/100 Boden = 25 kg N/ha		
120 kg N/ha Kalichilesal- peter 22.7.87	O	0,00	0,00	0,00
	M	0,00	0,00	0,00
	U	0,20	0,10	0,10
		Summe über 3 Tiefen 0,2 mg N/100 Boden = 9 kg N/ha		

O: Oberboden (0 bis 30 cm)
M: Mittelboden (30 bis 60 cm)
U: Unterboden (60 bis 90 cm)

Tab. 5: Bodenuntersuchungsergebnisse für den Standort Gerasdorf (1988)

Variante und Zeit der Probenahme		N _{min}	NO ₃	NH ₄
ungedüngte 11.5.88	O	0,30	0,00	0,30
	M	0,00	0,00	0,00
	U	0,40	0,40	0,00
		Summe über 3 Tiefen 0,7 mg N/100 Boden = 33 kg N/ha		
120 kg N/ha Nitramoncal 11.5.88	O	0,90	0,50	0,40
	M	1,40	1,30	0,10
	U	0,70	0,70	0,00
		Summe über 3 Tiefen 3,0 mg N/100 Boden = 135 kg N/ha		
120 kg N/ha Chilesalpeter 11.5.88	O	5,00	4,70	0,30
	M	1,00	1,00	0,00
	U	0,50	0,50	0,00
		Summe über 3 Tiefen 6,5 mg N/100 Boden = 291 kg N/ha		
120 kg N/ha Kalichilesal- peter 11.5.88	O	9,20	9,00	0,20
	M	1,10	1,00	0,00
	U	0,00	0,00	0,00
		Summe über 3 Tiefen 10,3 mg N/100 Boden = 465 kg N/ha		

6.2. Ernteergebnisse

6.2.1. Ansfelden 1987

Die Tab. 6 bringt den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf den Rüben- und Blattertrag in kg/Pflanze und in t/ha.

Am Standort Ansfelden wiesen die mit N gedüngten Varianten eine signifikante Zunahme am Rüben- und Blattertrag in kg/Pflanze und in t/ha im Vergleich zur ungedüngten Variante auf. Allgemein nahm der Rüben- und Blattertrag mit steigendem N-Angebot wesentlich zu. Der höchste Rüben- und Blattertrag wurde bei den Varianten, die mit 160 kg N Nitramoncal und N-Kalichilesalpeter (im Verhältnis 1:1) sowie auch mit 120 kg N-Chilesalpeter oder Nitramoncal und Chilesalpeter (1:1) gedüngt wurden, erreicht. Von den Varianten, die mit 80 kg N-Nitramoncal oder Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) sowie 120 kg N-Chilesalpeter, N-Kalichilesalpeter oder Nitramoncal und Chilesalpeter (1:1) gedüngt wurden, konnte der höchste Rüben- und Blattertrag in t/ha geerntet werden.

Auch der Blattertrag/Pflanze nahm mit steigendem N-Angebot kontinuierlich zu und erreichte sein Maximum bei den Varianten, die mit 160 kg N Nitramoncal, Chilesalpeter oder Kalichilesalpeter gedüngt wurden. Bei der Variante 120 kg N 1/2 Nitramoncal mit 1/2 Chilesalpeter gab es den höchsten Blattertrag. Bei den Varianten, die mit Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) gedüngt wurden, ging der Blattertrag mit steigendem N-Angebot zurück. Bei den angeführten Varianten konnte man signifikante Unterschiede im Vergleich zu den anderen Varianten feststellen.

Tab. 6: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Rüben- und Blattertrag, Standort Ansfelden, Ernte 1987

Variante	Ø Einzelpflanze in kg		Ertrag in t/ha	
	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt
ungedüngt	0,755	0,325	39,181	16,850
N-Nitramoncal				
40 kg	0,842	0,324	54,687	21,021
80 kg	1,084	0,450	59,582	24,728
120 kg	0,996	0,485	49,778	24,250
160 kg	1,253	0,507	51,355	20,769
N-Chilesalpeter				
40 kg	0,710	0,339	47,562	22,712
80 kg	1,057	0,474	48,486	22,264
120 kg	1,137	0,544	56,825	27,200
160 kg	1,129	0,650	53,647	30,517
N-Kalichiesalpeter				
40 kg	0,996	0,443	57,739	25,665
80 kg	1,154	0,431	59,982	21,961
120 kg	1,093	0,500	62,291	28,446
160 kg	1,286	0,578	53,991	24,276
N-Nitra.+ N-Chile				
80 kg	1,268	0,472	58,328	21,712
120 kg	1,443	0,705	59,112	28,875
160 kg	1,073	0,547	54,654	27,852
N-Nitra.+ N-Kalichi.				
80 kg	1,109	0,626	57,500	32,477
120 kg	1,208	0,529	55,545	24,331
160 kg	1,236	0,461	56,856	21,206
GD 0,05	0,068	0,028	3,464	1,105

Der höchste Blattertrag in t/ha lag bei den Varianten, die mit 80 kg N Nitramoncal oder Nitramoncal mit Kalichilesalpeter (1:1) und 120 kg N Kalichilesalpeter oder Nitramoncal mit Chilesalpeter sowie 160 kg N Chilesalpeter.

6.2.2. Gerasdorf 1987

Tab. 7 zeigt den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen Angebotsmenge auf den Rüben- und Blattertrag in kg/Pflanze sowie in t/ha.

Am Standort Gerasdorf zeigten die mit N-gedüngten Varianten eine signifikante Zunahme am Rüben- und Blattertrag in kg/Pflanze und in t/ha im Vergleich zur ungedüngten Variante.

Wie ersichtlich ist, nahm der Rüben- und Blattertrag/Pflanze mit steigendem N-Angebot bei einigen Varianten zu, bei anderen Varianten ab. Der höchste Rüben- und Blattertrag/Pflanze wurde bei den Varianten, die mit 120 kg N Nitramoncal, Kalichilesalpeter, Chilesalpeter oder Nitramoncal und Chilesalpeter (1:1) sowie 80 kg N Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) gedüngt wurden, erreicht.

Bei den Varianten, die mit 160 kg N Nitramoncal oder Nitramoncal mit Kalichilesalpeter (1:1) und 120 kg N Chilesalpeter oder Kalichilesalpeter sowie 80 kg N Nitramoncal mit Chilesalpeter (1:1) gedüngt wurden, wurde der höchste Rüben- und Blattertrag in t/ha erzielt.

Der Blattertrag/Pflanze nahm mit steigendem N-Angebot praktisch zu und erreichte sein Maximum bei den Varianten, die mit 160 kg N (Ausnahme nur die Variante 80 kg N Nitramoncal und Chilesalpeter 1:1) gedüngt wurden.

Tab. 7: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Rüben- und Blattertrag, Standort Gerasdorf, Ernte 1987

Variante	Ø Einzelpflanze in kg		Ertrag in t/ha	
	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt
ungedüngt	0,575	0,218	38,099	14,262
N-Nitramoncal				
40 kg	0,675	0,203	47,116	14,019
80 kg	0,697	0,249	46,955	16,523
120 kg	0,799	0,293	49,624	17,855
160 kg	0,796	0,304	50,319	18,818
N-Chilesalpeter				
40 kg	0,708	0,235	46,785	15,395
80 kg	0,726	0,276	47,162	17,766
120 kg	0,808	0,260	50,902	16,326
160 kg	0,708	0,281	42,527	16,680
N-Kalichiesalpeter				
40 kg	0,554	0,158	38,112	10,832
80 kg	0,664	0,233	45,118	15,656
120 kg	0,674	0,239	46,210	16,261
160 kg	0,638	0,248	42,015	16,174
N-Nitra.+ N-Chile				
80 kg	0,744	0,260	47,870	16,550
120 kg	0,754	0,249	46,400	15,154
160 kg	0,672	0,221	45,188	14,800
N-Nitra.+ N-Kalichi.				
80 kg	0,775	0,265	47,129	15,992
120 kg	0,643	0,254	41,534	16,239
160 kg	0,726	0,301	50,374	20,685
GD 0,05	0,070	0,046	4,130	2,858

Mit 160 kg N Nitramoncal, Kalichilesalpeter oder Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) und 120 kg N Chilesalpeter sowie 80 kg N Nitramoncal und Kalichilesalpeter stellte man den höchsten Blattertrag in t/ha fest. Bei den genannten Varianten sind signifikante Unterschiede im Vergleich zu den anderen Varianten zu verzeichnen.

6.2.3. Gerasdorf 1988

Die Tab. 8 weist den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen Angebotsmenge auf den Rüben- und Blattertrag in kg/Pflanze bzw. in t/ha auf.

Am Standort Gerasdorf 1988 zeigten die mit N gedüngten Varianten eine signifikante Zunahme am Rüben- und Blattertrag in kg/Pflanze und in t/ha im Vergleich zur ungedüngten Variante.

Der Rüben- und Blattertrag in kg/Pflanze erreichte sein Maximum bei den Varianten, die mit 80 kg N von verschiedenen N-Formen außer 160 kg N Nitramoncal mit Kalichilesalpeter (1:1) gedüngt wurden.

Von den Varianten die mit 80 kg N Nitramoncal, Chilesalpeter, Kalichilesalpeter oder Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) sowie 160 kg N Nitramoncal und Chilesalpeter gedüngt wurden, wurde der höchste Rüben- und Blattertrag in t/ha geerntet. Bei den angeführten Varianten sind signifikante Unterschiede im Vergleich zu anderen Varianten festzustellen.

Zwischen den Standorten wurden signifikante Unterschiede festgestellt. Möglicherweise hängt der Rüben- und Blattertrag in kg/Pflanze und t/ha auch vom Jahreseffekt ab.

Tab. 8: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Rübenenertrag, Standort Gerasdorf, Ernte 1988

Variante	ϕ Einzelpflanze in kg Rübe	Ertrag in t/ha Rübe
ungedüngt	1,021	60,25
N-Nitramoncal		
40 kg	1,124	65,75
80 kg	1,352	79,75
120 kg	1,325	77,50
160 kg	1,309	77,25
N-Chilesalpeter		
40 kg	1,107	72,50
80 kg	1,269	76,75
120 kg	1,289	74,75
160 kg	1,280	74,25
N-Kalichile- salpeter		
40 kg	1,184	71,50
80 kg	1,244	78,25
120 kg	1,189	76,25
160 kg	1,172	78,75
N-Nitra.+ N-Chile		
80 kg	1,373	69,25
120 kg	1,281	71,50
160 kg	1,212	75,50
N-Nitra.+ N-Kalichi.		
80 kg	1,178	73,00
120 kg	1,239	72,50
160 kg	1,297	69,75
GD 0,05	0,027	1,001

6.3. Zuckerertrag und Qualität

6.3.1. Zuckergehalt (ZG), bereinigter Zuckergehalt (BZG), Zuckerertrag (ZE) und bereinigter Zuckerertrag (BZE)

6.3.1.1. Ansfelden 1987

Die Tab. 9 zeigt den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen Angebotsmenge auf den ZG und BZG in % sowie auch den ZE und BZE in t/ha am Standort Ansfelden 1987.

Bei den gedüngten Varianten ist eine signifikante Abnahme des Zuckergehaltes und des bereinigten Zuckergehaltes im Vergleich zur ungedüngten Variante zu verzeichnen. Mit steigendem N-Angebot blieben der Zuckergehalt und der bereinigte Zuckergehalt fast unbeeinflußbar, d.h. ein deutlicher Einfluß konnte nicht festgestellt werden.

Die mit N gedüngten Varianten zeigten einen signifikanten Anstieg des Zuckerertrages und des bereinigten Zuckerertrages im Vergleich zu ungedüngten Variante.

Die Varianten, die mit 80 kg N Nitramoncal oder Nitramoncal und Chilesalpeter (1:1) sowie 120 kg N Chilesalpeter, Kalichilesalpeter oder Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) wurde der höchste Zuckerertrag und der höchste bereinigte Zuckerertrag in t/ha erreicht.

Ein weiteres Angebot der sogenannten N-Gaben führte zum Rückgang des Zuckerertrages und des bereinigten Zuckerertrages. Bei den angeführten Varianten lag der Zuckerertrag ca. 11 t/ha und der bereinigte Zuckerertrag bei ca. 9 t/ha.

Tab. 9: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Zuckergehalt (ZG), den bereinigten Zuckergehalt (BZG), den Zuckerertrag (ZE) und den bereinigten Zuckerertrag (BZE), dort Ansfelden, Ernte 1987

Variante	Gehalt in %		t/ha	
	ZG	BZG	ZE	BZE
ungedüngt	19,81	16,58	7,762	6,497
N-Nitramoncal				
40 kg	19,20	15,89	10,497	8,689
80 kg	18,71	15,27	11,145	9,098
120 kg	18,88	14,90	9,398	7,460
160 kg	19,05	15,21	9,783	7,812
N-Chilesalpeter				
40 kg	19,17	15,88	9,115	7,554
80 kg	18,45	14,83	8,948	7,190
120 kg	19,35	15,72	10,997	8,933
160 kg	19,13	14,59	10,145	7,737
N-Kalichilealpeter				
40 kg	18,83	14,83	10,872	8,562
80 kg	18,90	14,91	11,337	8,944
120 kg	18,99	14,70	11,829	9,156
160 kg	18,64	15,15	10,064	8,182
N-Nitra.+ N-Chile				
80 kg	19,05	15,62	11,111	9,113
120 kg	18,26	14,59	10,794	8,626
160 kg	19,30	15,61	10,546	8,533
N-Nitra.+ N-Kalichi.				
80 kg	18,78	15,24	10,795	8,765
120 kg	19,30	15,85	10,717	8,802
160 kg	19,00	15,02	10,804	8,539
GD 0,05	0,094	0,058	0,677	0,536

6.3.1.2. Gerasdorf 1987

Der Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf ZG und BZG in % sowie den ZE und den BZE in t/ha am Standort Gerasdorf 1987 wurde in der Tab. 10 zusammengefaßt.

Die gedüngten Varianten wiesen eine signifikante Abnahme des Zuckergehaltes und des bereinigten Zuckergehaltes im Vergleich zur ungedüngten Variante auf. Nur die Varianten, die mit 120 kg N und 160 kg N Kalichilesalpeter behandelt wurden, zeigen keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Zuckergehaltes im Vergleich zur ungedüngten Variante. Die Varianten, die mit Chilesalpeter und Kalichilesalpeter gedüngt wurden, wiesen eine signifikante Steigerung des Zuckergehaltes mit steigendem N-Angebot auf, während die Varianten, die mit Nitramoncal behandelt wurden, eine leichte Abnahme des Zuckergehaltes mit steigendem N-Angebot zeigen. Bei den Varianten, die mit Nitramoncal und Chilesalpeter (1:1) sowie Nitramoncal und Kalichilesalpeter gedüngt wurden, blieb der Zuckergehalt durch das steigende N-Angebot fast unbeeinflussbar.

Der bereinigte Zuckergehalt ging bei den Varianten, die mit Nitramoncal/Kalichilesalpeter und Nitramoncal/Chilesalpeter gedüngt wurden, mit steigendem N-Angebot signifikant zurück. Aber ein tendenzieller Rückgang des bereinigten Zuckergehaltes durch ein steigendes N-Angebot konnte man bei den Varianten, die mit Nitramoncal und Chilesalpeter gedüngt wurden, nicht feststellen. Die Varianten, die mit Kalichilesalpeter behandelt wurden, wiesen zuerst eine Zunahme des bereinigten Zuckergehaltes bis zu einer N-Gabe von 120 kg N/ha, später allerdings eine Abnahme auf.

Zwischen den gedüngten Varianten und der ungedüngten Variante ist ein signifikanter Unterschied in Bezug auf den Zuckerer-

Tab. 10: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Zuckergehalt (ZG), den bereinigten Zuckergehalt (BZG), den Zuckerertrag (ZE) und den bereinigten Zuckerertrag (BZE), Standort Gerasdorf, Ernte 1987

Variante	Gehalt in %		t/ha	
	ZG	BZG	ZE	BZE
ungedüngt	21,77	18,15	8,294	6,915
N-Nitramoncal				
40 kg	21,54	16,08	10,149	7,572
80 kg	21,07	15,45	9,892	7,255
120 kg	21,17	15,37	10,506	7,625
160 kg	21,27	15,61	10,704	7,853
N-Chilesalpeter				
40 kg	20,19	15,46	9,444	7,234
80 kg	20,31	15,30	9,579	7,215
120 kg	21,22	16,43	10,805	8,362
160 kg	21,56	15,95	9,169	6,781
N-Kalichilealpeter				
40 kg	20,16	15,57	7,681	6,933
80 kg	21,28	16,44	9,599	7,415
120 kg	21,72	17,04	10,035	7,874
160 kg	21,72	16,59	9,126	6,971
N-Nitra.+ N-Chile				
80 kg	21,37	17,35	10,228	8,804
120 kg	21,27	16,77	9,869	7,783
160 kg	21,40	16,36	9,670	7,394
N-Nitra.+ N-Kalichi.				
80 kg	20,53	15,79	9,674	7,442
120 kg	20,30	14,16	8,429	5,846
160 kg	20,67	13,98	10,411	7,060
GD 0,05	0,103	0,143	0,873	0,655

trag und den bereinigten Zuckerertrag zu verzeichnen. Der höchste Zuckerertrag und bereinigte Zuckerertrag in t/ha wurde durch 80 kg N Nitramoncal und Chilesalpeter (1:1) oder Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) und 120 kg N Chilesalpeter oder Kalichilesalpeter sowie 160 kg N Nitramoncal erzielt. Bei den angeführten Varianten betrug der Zuckerertrag ca. 10 t/ha und der bereinigte Zuckerertrag lag über 7,5 t/ha.

6.3.1.3. Gerasdorf 1988

Die Tab. 11 bringt den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen Angebotsmenge auf den ZG und BZG in % sowie den ZE und BZE in t/ha am Standort Gerasdorf 1988.

Allgemein wiesen die gedüngten Varianten eine signifikante Abnahme des Zuckergehaltes und des bereinigten Zuckergehaltes ab einer N-Gabe von 120 kg N/ha im Vergleich zur ungedüngten Variante auf. Bei 40 und 80 kg N/ha Angebotsmenge wurde kein signifikanter Unterschied im Hinblick auf den ZG und BZG im Vergleich zur Kontrolle festgestellt. Bei den gedüngten Varianten nahmen der ZG und BZG mit steigendem N-Angebot sehr leicht ab. Zwischen den gedüngten Varianten und der ungedüngten Variante ist ein signifikanter Unterschied in Bezug auf den Zuckerertrag und den bereinigten Zuckerertrag in t/ha festzustellen.

Der höchste ZE und BZE lag bei den Varianten, die mit 80 kg N/ha Nitramoncal, Kalichilesalpeter, Nitramoncal und Chilesalpeter (1:1) oder Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) sowie 40 kg N/ha Chilesalpeter gedüngt wurden.

Tab. 11: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Zuckergehalt (ZG), den bereinigten Zuckergehalt (BZG), den Zuckerertrag (ZE) und den bereinigten Zuckerertrag (BZE), Standort Gerasdorf, Ernte 1988

Variante	Gehalt in %		t/ha	
	ZG	BZG	ZE	BZE
ungedüngt	21,99	18,87	13,251	11,372
N-Nitramoncal				
40 kg	21,35	17,92	14,040	11,785
80 kg	21,22	17,82	16,920	14,211
120 kg	20,14	16,40	15,626	12,736
160 kg	20,17	15,83	15,608	12,264
N-Chilesalpeter				
40 kg	21,46	18,27	15,562	13,245
80 kg	19,54	15,72	15,002	12,076
120 kg	19,90	15,54	14,878	11,619
160 kg	20,16	15,58	14,975	11,850
N-Kalichilesalpeter				
40 kg	22,16	19,16	15,844	13,706
80 kg	21,95	18,78	17,182	14,706
120 kg	20,98	17,46	15,953	13,327
160 kg	20,28	16,32	15,971	12,853
N-Nitra.+ N-Chile				
80 kg	22,08	18,99	15,288	13,154
120 kg	20,13	15,90	14,399	11,375
160 kg	20,70	16,91	15,634	12,774
N-Nitra.+ N-Kalichi.				
80 kg	21,97	18,69	16,042	13,649
120 kg	20,96	17,37	15,195	12,593
160 kg	19,69	15,27	15,712	12,189
GD 0,05	0,791	1,153	0,667	0,924

Ein weiteres Angebot auf den genannten N-Gaben führte zum Rückgang der ZE und BZE. Bei den angeführten Varianten lag der ZE über 15,5 t/ha und BZE über 13 t/ha.

Die Ergebnisse deuten neben dem Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auch auf den starken Einfluß des Standortes sowie auf den Jahreseffekt auf den Zuckergehalt, den bereinigten Zuckergehalt, den Zuckerertrag und den bereinigten Zuckerertrag hin.

6.3.2. Ausbeutbarer Zucker (AZ), Ausbeuteverlust (AV) und Melassezucker (MZ)

6.3.2.1. Ansfelden, 1987

Die Tab. 12 zeigt den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf den AZ, AV und MZ in % am Standort Ansfelden 1987 auf.

Bei den gedüngten Varianten konnte man eine signifikante Abnahme des ausbeutbaren Zuckers und eine Zunahme des Ausbeuteverlustes und des Melassezuckers im Vergleich zur ungedüngten Variante feststellen. Allgemein ist zu verzeichnen, daß mit einer Steigerung des N-Angebotes der ausbeutbare Zucker signifikant zurück ging, während der Ausbeuteverlust und der Melassezucker fast gleichgeblieben oder signifikant gestiegen sind.

6.3.2.2. Gerasdorf, 1987

Tab. 13 bringt den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf den AZ, AV und MZ in % am Standort Gerasdorf 1987. Die mit N gedüngten Varianten wiesen

Tab. 12: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den ausbeutbaren Zucker (AZ), den Ausbeuteverlust (AV) und den Melassezucker (MZ) in %, Standort Ansfelden, Ernte 1987

Variante	in %		
	AZ	AV	MZ
ungedüngt	83,70	3,22	2,62
N-Nitramoncal			
40 kg	82,77	3,30	2,70
80 kg	81,63	3,43	2,82
120 kg	79,37	3,89	3,29
160 kg	79,85	3,83	3,23
N-Chilesalpeter			
40 kg	82,87	3,28	2,68
80 kg	80,35	3,62	3,02
120 kg	81,23	3,63	3,03
160 kg	76,26	4,53	3,93
N-Kalichilealpeter			
40 kg	78,75	3,99	3,39
80 kg	78,89	3,98	3,38
120 kg	77,40	4,29	3,69
160 kg	81,30	3,48	2,88
N-Nitra.+ N-Chile			
80 kg	82,01	3,42	2,82
120 kg	79,91	3,66	3,06
160 kg	80,91	3,68	3,08
N-Nitra.+ N-Kalichi.			
80 kg	81,18	3,53	2,92
120 kg	82,12	3,44	2,89
160 kg	79,07	3,97	3,37
GD 0,05	0,203	0,047	0,047

eine signifikante Abnahme des ausbeutbaren Zuckers und einen Anstieg des Ausbeuteverlustes und des Melassezuckers im Vergleich zur ungedüngten Variante auf.

Wie in der Tab. 13 ersichtlich, ging der ausbeutbare Zucker mit einem steigenden N-Angebot signifikant zurück, während der Ausbeuteverlust und der Melassezucker signifikant anstiegen.

6.3.2.3. Gerasdorf, 1988

Der Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf AZ, AV und MZ in % am Standort Gerasdorf 1988 ist in der Tab. 14 zusammengefaßt.

Die gedüngten Varianten, die mit 40/80 kg N Nitramoncal, 40 kg N Chilesalpeter, 40/80 und 120 kg N Kalichilesalpeter, 80 kg N Nitramoncal und Chilesalpeter (1:1) sowie 80 kg N Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) zeigen keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf AZ, AV und MZ im Vergleich zur ungedüngten Variante. Aber die Varianten, die mit mehr N-Angebot als die angeführten N-Angebotsmengen gedüngt wurden, wiesen einen signifikanten Rückgang des ausbeutbaren Zuckers und einen signifikanten Anstieg des Ausbeuteverlustes und des Melassezuckers auf.

Allgemein nahm der AZ mit steigendem N-Angebot ab und der AV und MZ nahmen zu.

Man konnte feststellen, daß der ausbeutbare Zucker, der Ausbeuteverlust und der Melassezucker von der N-Angebotsmenge, dem Standort und dem Jahreseffekt abhängen.

Tab. 13: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den ausbeutbaren Zucker (AZ), den Ausbeuteverlust (AV) und den Melassezucker (MZ) in %, Standort Gerasdorf, Ernte 1987

Variante	in %		
	AZ	AV	MZ
ungedüngt	83,38	3,61	3,01
N-Nitramoncal			
40 kg	74,63	5,46	4,86
80 kg	73,36	5,61	5,01
120 kg	72,58	5,80	5,20
160 kg	73,39	5,66	5,06
N-Chilesalpeter			
40 kg	76,61	4,72	4,12
80 kg	75,33	5,00	4,40
120 kg	77,40	4,79	4,19
160 kg	73,98	5,60	5,00
N-Kalichilealpeter			
40 kg	77,25	4,58	3,98
80 kg	77,54	4,83	4,23
120 kg	78,46	4,67	4,07
160 kg	76,38	5,12	4,52
N-Nitra.+ N-Chile			
80 kg	81,19	4,01	3,41
120 kg	78,86	4,49	3,89
160 kg	76,46	5,03	4,43
N-Nitra.+ N-Kalichi.			
80 kg	76,94	4,73	4,13
120 kg	69,78	6,13	5,53
160 kg	67,64	6,68	6,08
GD 0,05	0,406	0,080	0,080

Tab. 14: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den ausbeutbaren Zucker (AZ), den Ausbeuteverlust (AV) und den Melassezucker (MZ) in %, Standort Gerasdorf, Ernte 1988

Variante	in %		
	AZ	AV	MZ
ungedüngt	85,81	3,11	2,51
N-Nitramoncal			
40 kg	83,94	3,42	2,82
80 kg	83,96	3,39	2,79
120 kg	81,24	3,74	3,14
160 kg	78,08	4,34	3,74
N-Chilesalpeter			
40 kg	85,12	3,19	2,59
80 kg	80,27	3,81	3,21
120 kg	78,09	4,35	3,75
160 kg	77,15	4,57	3,97
N-Kalichile- salpeter			
40 kg	86,48	2,99	2,39
80 kg	85,51	3,16	2,56
120 kg	83,44	3,45	2,85
160 kg	80,46	3,96	3,36
N-Nitra.+ N-Chile			
80 kg	86,02	3,08	2,48
120 kg	78,71	4,23	3,63
160 kg	81,64	3,78	3,18
N-Nitra.+ N-Kalichi.			
80 kg	84,93	3,27	2,67
120 kg	82,88	3,58	2,98
160 kg	77,29	4,42	3,82
GD 0,05	2,915	0,440	0,450

6.3.3. Inhaltsstoffe der Rübe

In den Tab. 15 bis 17 wurde der Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb an allen Standorten zusammengefaßt.

6.3.3.1. Ansfelden 1987

Am Standort Ansfelden wiesen die gedüngten Varianten einen signifikanten Unterschied an Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb im Vergleich zur ungedüngten Variante auf. Mit Anstieg des N-Angebotes nahmen Na, K und Alpha-Amino-N signifikant zu (Tab. 15).

6.3.3.2. Gerasdorf 1987

Die mit N-gedüngten Varianten zeigen am Standort Gerasdorf 1987 einen signifikanten Unterschied im Hinblick auf Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g RB im Vergleich zur ungedüngten Variante. Mit der Steigerung des N-Angebotes reagieren Na, K und Alpha-Amino-N unterschiedlich (Tab. 16). Eine deutliche Tendenz konnte man nicht beobachten.

Tab. 15: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb, Standort Ansfelden, Ernte 1987

Variante	in meq/100 g Rb		
	Na	K	Alpha-N
ungedüngt	0,33	5,07	11,55
N-Nitramoncal			
40 kg	0,33	5,38	11,25
80 kg	0,36	5,17	13,30
120 kg	0,39	5,38	17,30
160 kg	0,39	5,11	17,70
N-Chilesalpeter			
40 kg	0,38	5,24	11,35
80 kg	0,42	5,39	14,30
120 kg	0,46	4,98	15,65
160 kg	0,62	5,15	24,15
N-Kalichile- salpeter			
40 kg	0,37	4,90	20,20
80 kg	0,41	5,81	16,70
120 kg	0,50	5,60	20,35
160 kg	0,61	4,88	14,00
N-Nitra.+ N-Chile			
80 kg	0,40	5,64	11,35
120 kg	0,52	5,65	13,45
160 kg	0,50	5,26	15,10
N-Nitra.+ N-Kalichi.			
80 kg	0,63	5,36	12,65
120 kg	0,40	5,30	12,85
160 kg	0,43	5,31	18,30
GD 0,05	0,012	0,045	0,449

Tab. 16: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb, Standort Gerasdorf, Ernte 1987

Variante	in meq/100 g Rb		
	Na	K	Alpha-N
ungedüngt	0,33	4,16	19,05
N-Nitramoncal			
40 kg	0,44	4,17	38,25
80 kg	0,39	4,83	37,60
120 kg	0,55	4,47	40,35
160 kg	0,41	4,33	39,85
N-Chilesalpeter			
40 kg	0,61	4,33	29,15
80 kg	0,64	4,41	31,80
120 kg	0,39	4,12	31,50
160 kg	0,36	4,48	38,95
N-Kalichilealpeter			
40 kg	0,72	4,42	26,95
80 kg	0,52	4,23	31,10
120 kg	0,47	4,25	29,45
160 kg	0,44	4,29	34,25
N-Nitra.+ N-Chile			
80 kg	0,46	4,60	21,20
120 kg	0,37	4,23	28,00
160 kg	0,45	4,18	33,60
N-Nitra.+ N-Kalichi.			
80 kg	0,57	4,44	29,00
120 kg	0,76	3,96	44,95
160 kg	0,57	4,92	48,10
GD 0,05	0,020	0,052	0,825

6.3.3.3. Gerasdorf 1988

Am Standort Gerasdorf 1988 wiesen die gedüngten Varianten, die mit 120 oder 160 kg N Nitramoncal, 80, 120 oder 160 kg N Chilesalpeter, 120 oder 160 kg N Kalichilesalpeter, Nitramoncal und Chilesalpeter (1:1) oder Nitramoncal und Kalichilesalpeter (1:1) gedüngt wurden, eine signifikante Zunahme des Na in meq/100 g Rb im Vergleich zur ungedüngten Variante auf. Nur die Variante, die mit Chilesalpeter oder Kalichilesalpeter gedüngt wird, zeigt einen signifikanten Unterschied an K in meq/100 g Rb im Vergleich zur Kontrolle.

Bei den gedüngten Varianten konnte man eine signifikante Zunahme des Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb im Vergleich zur ungedüngten Variante feststellen. Mit Anstieg der N-Angebotsmenge nahmen Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb zu (Tab. 17). Na, K und Alpha-Amino-N hingen vom N-Angebot, vom Standort, und vom Jahreseffekt sehr stark ab.

Tab. 17: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb, Standort Gerasdorf, Ernte 1988

Variante	in meq/100 g Rb		
	Na	K	Alpha-N
ungedüngt	0,34	6,04	6,82
N-Nitramoncal			
40 kg	0,44	6,13	9,41
80 kg	0,48	5,67	10,63
120 kg	0,58	5,97	12,82
160 kg	0,69	6,47	17,02
N-Chilesalpeter			
40 kg	0,46	5,54	9,02
80 kg	0,92	5,85	12,81
120 kg	1,01	6,90	14,46
160 kg	1,25	6,41	17,65
N-Kalichilealpeter			
40 kg	0,41	5,26	8,06
80 kg	0,48	5,43	9,08
120 kg	0,78	5,53	10,61
160 kg	0,92	6,00	13,82
N-Nitra.+ N-Chile			
80 kg	0,41	5,29	8,94
120 kg	1,06	6,18	15,54
160 kg	0,63	5,69	14,17
N-Nitra.+ N-Kalichi.			
80 kg	0,54	6,12	7,48
120 kg	0,68	6,11	10,34
160 kg	1,13	5,92	18,28
GD 0,05	0,322	0,460	2,745

6.4. Mineralstoffgehalt der Blätter und Rüben

6.4.1. Ansfelden, 1987

In den Tab. 18 bis 21 wurde der Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf den N-, P-, K-, Ca-, Mg-, B-, Fe-, Mn-, Cu- und Zn-Gehalt in Blatt und Rüben der Zuckerrübenpflanze zusammengefaßt.

Der N-Gehalt im Blatt stieg mit zunehmendem N-Angebot an. Einige gedüngte Varianten wiesen eine signifikante Zunahme des N-Gehalts im Blatt im Vergleich zur ungedüngten Variante auf, während der N-Gehalt in den Rüben mit steigendem N-Angebot im Vergleich zur Kontrolle signifikant zunahm (Tab. 18).

Im Blatt zeigt der P-Gehalt eine signifikante Zunahme mit steigendem N-Angebot. Bei einigen Varianten konnte man keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Kontrolle feststellen (Tab. 18). Bei den Rüben traten fast keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf den P-Gehalt mit steigendem N-Angebot im Vergleich zur ungedüngten Variante auf. Bei einigen Varianten ist eine signifikante Zunahme sowie Abnahme zu verzeichnen (Tab. 18).

Der K-Gehalt des Blattes zeigte eine leichte Zunahme bei den gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle, dies war nicht signifikant. Mit der Steigerung des N-Angebots ist keine deutliche Tendenz in Bezug auf den K-Gehalt im Blatt festzustellen. Der K-Gehalt der Rüben nahm praktisch mit steigender N-Düngung zu. Bei einigen gedüngten Varianten ist ein signifikanter Anstieg im Vergleich zur Kontrolle zu verzeichnen (Tab. 18).

Tab. 18: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den N-, P- und K-Gehalt im Blatt und in den Rüben, Standort Ansfelden, Ernte 1987

Variante	N-Gehalt in % d. TS		P-Gehalt in % d. TS		K-Gehalt in % d. TS	
	Blatt	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt	Rübe
ungedüngt	2,89	0,50	0,40	0,18	4,36	0,96
N-Nitramoncal						
40 kg	3,06	0,57	0,49	0,17	4,75	0,96
80 kg	3,46	0,55	0,43	0,15	4,28	0,82
120 kg	3,71	0,65	0,47	0,16	3,74	1,09
160 kg	3,71	0,60	0,57	0,18	4,40	1,30
N-Chilesalpeter						
40 kg	3,62	0,45	0,50	0,15	4,26	0,85
80 kg	3,18	0,63	0,52	0,18	4,60	0,90
120 kg	3,44	0,56	0,49	0,17	4,77	0,90
160 kg	3,62	0,81	0,55	0,17	4,90	1,00
N-Kalichile- salpeter						
40 kg	3,13	0,57	0,47	0,19	4,43	0,92
80 kg	3,14	0,57	0,47	0,17	4,74	1,19
120 kg	3,20	0,59	0,49	0,17	4,51	1,15
160 kg	3,43	0,58	0,42	0,20	4,25	0,97
N-Nitra.+ N-Chile						
80 kg	3,32	0,51	0,45	0,17	4,64	0,96
120 kg	3,86	0,60	0,48	0,17	4,84	1,13
160 kg	3,01	0,57	0,44	0,20	4,34	1,14
N-Nitra.+ N-Kalichi.						
80 kg	3,04	0,57	0,40	0,13	4,42	1,07
120 kg	3,24	0,56	0,49	0,17	4,63	1,00
160 kg	2,96	0,56	0,44	0,18	4,04	0,90
GD 0,05	0,347	0,029	0,065	0,013	0,539	0,069

Der Ca-Gehalt der Blätter nahm durch das steigende N-Angebot signifikant im Vergleich zur Kontrolle ab, während der Ca-Gehalt der Rüben keine signifikanten Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten und der Kontrolle aufwies (Tab. 19).

Im Blatt nahm der Mg-Gehalt bei den gedüngten Varianten leicht ab. Aber es sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten festzustellen. In den Rüben trat keine signifikante Differenz in Bezug auf den Mg-Gehalt bei allen Varianten auf (Tab. 19).

Der B-Gehalt im Blatt stieg mit zunehmender N-Angebotsmenge leicht an, bei einigen gedüngten Varianten blieb der B-Gehalt im Blatt unverändert, bei anderen Varianten konnte man eine signifikante Zunahme im Vergleich zur Kontrolle feststellen (Tab. 20). In den Rüben ist ein signifikanter Rückgang des B-Gehaltes mit steigendem N-Angebot im Vergleich zur Kontrolle festzustellen.

Allgemein ist zu beobachten, daß der Fe-Gehalt im Blatt und in den Rüben mit steigender N-Gabe signifikant abnimmt. Nur einige Varianten wiesen eine signifikante Zunahme des Fe-Gehaltes im Vergleich zur ungedüngten Variante auf (Tab. 20).

Durch eine steigende N-Gabe ist eine signifikante Abnahme des Mn-Gehaltes im Blatt und in den Rüben im Vergleich zur Kontrolle zu verzeichnen (Tab. 20). Eine bestimmte Variante zeigt keine signifikante Differenz hinsichtlich des Mn-Gehaltes im Blatt.

Tab. 19: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Ca- und Mg-Gehalt in Blatt und Rüben, Standort Ansfelden, Ernte 1987

Variante	Ca-Gehalt in % d. TS		Mg-Gehalt in % d. TS	
	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt
ungedüngt	0,49	0,13	0,29	0,15
N-Nitramoncal				
40 kg	0,34	0,13	0,26	0,15
80 kg	0,35	0,11	0,29	0,13
120 kg	0,37	0,13	0,25	0,14
160 kg	0,31	0,13	0,25	0,15
N-Chilesalpeter				
40 kg	0,29	0,13	0,23	0,13
80 kg	0,35	0,12	0,23	0,14
120 kg	0,29	0,13	0,26	0,13
160 kg	0,45	0,11	0,27	0,17
N-Kalichilealpeter				
40 kg	0,34	0,15	0,21	0,18
80 kg	0,42	0,13	0,28	0,15
120 kg	0,34	0,13	0,26	0,16
160 kg	0,31	0,31	0,20	0,15
N-Nitra.+ N-Chile				
80 kg	0,48	0,14	0,31	0,19
120 kg	0,32	0,13	0,26	0,17
160 kg	0,35	0,13	0,28	0,20
N-Nitra.+ N-Kalichi.				
80 kg	0,52	0,13	0,31	0,16
120 kg	0,48	0,13	0,31	0,15
160 kg	0,32	0,13	0,19	0,14
GD 0,05	0,089	0,010	0,065	0,010

Tab. 20: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den B-, Fe- und Mn-Gehalt im Blatt und in den Rüben, Standort Ansfelden, Ernte 1987

Variante	B-Gehalt mg/kg d. TS		Fe-Gehalt mg/kg d. TS		Mn-Gehalt mg/kg d. TS	
	Blatt	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt	Rübe
ungedüngt	36,75	19,50	611,0	169,0	58,05	37,30
N-Nitramoncal						
40 kg	36,10	16,05	483,5	132,5	43,75	35,05
80 kg	34,70	13,85	348,0	148,5	34,40	31,10
120 kg	37,60	14,20	500,0	104,0	44,90	25,75
160 kg	42,00	11,95	717,5	104,0	51,60	32,30
N-Chilesalpeter						
40 kg	38,20	10,85	406,0	161,0	42,65	49,10
80 kg	38,05	10,15	547,0	169,0	44,80	27,10
120 kg	39,65	13,15	687,0	129,0	51,90	25,75
160 kg	37,65	15,00	563,5	266,0	64,50	28,45
N-Kalichilealpeter						
40 kg	41,35	15,45	439,5	127,0	43,95	35,50
80 kg	43,40	16,75	644,0	156,5	55,90	31,15
120 kg	41,10	15,55	484,0	173,5	41,65	34,50
160 kg	35,80	15,15	460,5	194,0	36,90	29,95
N-Nitra.+ N-Chile						
80 kg	35,85	14,15	663,5	162,5	57,20	44,45
120 kg	39,60	15,80	397,0	287,0	55,60	36,30
160 kg	42,30	15,45	850,5	167,0	57,60	32,80
N-Nitra.+ N-Kalichi.						
80 kg	38,35	15,40	623,0	152,5	57,80	30,25
120 kg	39,95	15,05	626,5	153,5	55,80	27,70
160 kg	36,15	13,80	733,5	156,5	45,70	34,55
GD 0,05	2,552	2,866	71,667	33,352	8,064	2,875

Die Varianten, die mit Nitramoncal und Chilesalpeter gedüngt wurden, zeigen eine signifikante Zunahme des Cu-Gehaltes im Blatt im Vergleich zu anderen gedüngten Varianten sowie zur Kontrolle. Ein deutlicher Anstieg oder Rückgang wurde mit einem steigenden N-Angebot nicht festgestellt (Tab. 21). Der Cu-Gehalt der Rüben wies eine signifikante Abnahme im Vergleich zur Kontrolle auf, die Varianten reagierten unterschiedlich in Abhängigkeit von den N-Formen.

Der Zn-Gehalt der Blätter nahm durch eine steigende N-Gabe mehr oder weniger zu. Bei den gedüngten Varianten konnte man eine signifikante Abnahme und Zunahme beobachten. Bei den Varianten, die mit Nitramoncal, Chilesalpeter und Nitramoncal und Kalichilesalpeter behandelt wurden, nahm der Zn-Gehalt der Rüben signifikant ab. Aber bei der Variante, die mit Kalichilesalpeter gedüngt wurde, blieb der Zn-Gehalt fast unbeeinflusst. Die Varianten, die mit Nitramoncal und Chilesalpeter gedüngt wurden, wiesen eine bedeutende Zunahme des Zn-Gehaltes der Rüben auf (Tab. 21).

Tab. 21: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Cu- und Zn-Gehalt in Blatt und Rüben, Standort Ansfelden, Ernte 1987

Variante	Cu-Gehalt mg/kg TS		Zn-Gehalt mg/kg TS	
	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt
ungedüngt	12,70	4,20	29,15	13,70
N-Nitramoncal				
40 kg	13,85	3,60	28,05	13,75
80 kg	12,25	2,95	25,75	7,60
120 kg	16,15	3,60	36,25	10,10
160 kg	18,15	4,40	36,15	11,75
N-Chilesalpeter				
40 kg	12,35	3,25	27,90	10,50
80 kg	14,50	4,20	35,25	12,35
120 kg	14,60	3,70	31,90	11,20
160 kg	15,50	5,35	29,90	18,10
N-Kalichile- salpeter				
40 kg	11,95	3,50	25,65	11,30
80 kg	11,20	4,30	32,90	13,60
120 kg	12,90	3,90	32,45	13,80
160 kg	11,40	3,90	31,00	13,60
N-Nitra.+ N-Chile				
80 kg	13,20	4,05	27,70	17,40
120 kg	13,00	3,90	37,05	14,05
160 kg	14,15	4,90	33,30	14,55
N-Nitra.+ N-Kalichi.				
80 kg	11,15	3,20	28,10	12,15
120 kg	13,00	3,95	31,05	9,40
160 kg	12,60	3,35	29,20	14,15
GD 0,05	1,204	0,476	2,835	1,746

6.4.2. Gerasdorf, 1987

Tab. 22 bis 25 zeigen den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf den N-, P-, K-, Ca-, Mg-, B-, Fe-, Mn-, Cu- und Zn-Gehalt der Blätter und der Rüben der Zuckerrübenpflanze am Standort Gerasdorf 1987.

Allgemein nahm der Stickstoff in den Blättern und in den Rüben bei den gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle signifikant zu. Mit einem steigenden N-Angebot blieb der N-Gehalt der Blätter bei den gedüngten Varianten fast unbeeinflusst, während der N-Gehalt der Rüben signifikant anstieg (Tab. 22).

Der P-Gehalt der Blätter und der Rüben wies bei den gedüngten Varianten einen wesentlichen Rückgang im Vergleich zur Kontrolle auf. Die Abnahme des P-Gehaltes war eigentlich nicht von der N-Gabe abhängig, sondern von der N-Form (Tab. 22).

Der K-Gehalt in den Blättern und Rüben zeigt fast keine signifikante Differenz zwischen den mit N-gedüngten Varianten und der ungedüngten Variante (Tab. 22).

Zwischen den gedüngten Varianten und der Kontrolle konnte man keinen signifikanten Unterschied im Hinblick auf den Ca-Gehalt im Blatt verzeichnen. Während der Ca-Gehalt der Rüben eine signifikante Abnahme bei den gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle zeigt (Tab. 23).

In den Blättern und Rüben konnte man keine signifikante Differenz in Bezug auf den Mg-Gehalt zwischen den gedüngten und ungedüngten Varianten feststellen (Tab. 23). Allgemein ist eine leichte Abnahme des Mg-Gehaltes in den Blättern und Rüben bei einer steigenden N-Angebotsmenge zu verzeichnen.

Tab. 22: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den N-, P- und K-Gehalt im Blatt und in den Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1987

Variante	N-Gehalt in % d. TS		P-Gehalt in % d. TS		K-Gehalt in % d. TS	
	Blatt	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt	Rübe
ungedüngt	3,22	0,55	0,46	0,16	3,55	0,61
N-Nitramoncal						
40 kg	3,90	0,55	0,34	0,11	3,32	0,67
80 kg	3,81	0,62	0,40	0,13	4,28	0,64
120 kg	3,84	0,61	0,33	0,09	3,56	0,65
160 kg	4,10	0,67	0,39	0,12	3,29	0,64
N-Chilesalpeter						
40 kg	3,41	0,53	0,34	0,11	3,34	0,62
80 kg	3,68	0,60	0,42	0,13	3,36	0,66
120 kg	3,98	0,71	0,48	0,12	3,70	0,67
160 kg	3,88	0,62	0,45	0,12	4,13	0,57
N-Kalichile- salpeter						
40 kg	3,37	0,55	0,52	0,12	4,98	0,53
80 kg	3,47	0,56	0,36	0,11	3,75	0,55
120 kg	3,67	0,57	0,40	0,12	3,51	0,49
160 kg	4,23	0,67	0,39	0,10	3,65	0,52
N-Nitra.+ N-Chile						
80 kg	4,42	0,68	0,43	0,13	3,80	0,66
120 kg	4,14	0,70	0,39	0,14	3,82	0,65
160 kg	3,56	0,74	0,48	0,14	4,60	0,63
N-Nitra.+ N-Kalichi.						
80 kg	4,03	0,62	0,38	0,11	3,62	0,54
120 kg	3,99	0,72	0,33	0,10	3,31	0,70
160 kg	3,97	0,81	0,41	0,13	3,49	0,70
GD 0,05	0,541	0,032	0,061	0,010	0,707	0,071

Tab. 23: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Ca- und Mg-Gehalt in Blatt und Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1987

Variante	Ca-Gehalt in % d. TS		Mg-Gehalt in % d. TS	
	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt
ungedüngt	0,68	0,22	0,50	0,20
N-Nitramoncal				
40 kg	0,65	0,15	0,50	0,16
80 kg	0,65	0,20	0,39	0,18
120 kg	0,69	0,18	0,48	0,19
160 kg	0,64	0,17	0,44	0,19
N-Chilesalpeter				
40 kg	0,78	0,19	0,48	0,18
80 kg	0,68	0,15	0,38	0,17
120 kg	0,69	0,13	0,53	0,16
160 kg	0,57	0,13	0,52	0,18
N-Kalichilealpeter				
40 kg	0,99	0,16	0,61	0,16
80 kg	0,76	0,17	0,42	0,18
120 kg	0,69	0,19	0,38	0,20
160 kg	0,69	0,16	0,41	0,17
N-Nitra.+ N-Chile				
80 kg	0,59	0,19	0,49	0,20
120 kg	0,84	0,21	0,51	0,20
160 kg	0,91	0,22	0,54	0,19
N-Nitra.+ N-Kalichi.				
80 kg	0,61	0,19	0,36	0,19
120 kg	0,75	0,16	0,43	0,18
160 kg	0,35	0,15	0,27	0,19
GD 0,05	0,266	0,032	0,110	0,021

Der B-Gehalt im Blatt nahm bei einigen gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle signifikant zu. Bei anderen gedüngten Varianten war er entweder gleichbleibend oder nahm signifikant ab. Eine deutliche Tendenz wurde nicht beobachtet. In den Rüben zeigt der B-Gehalt keine signifikanten Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten und der Kontrolle (Tab. 24).

Der Fe-Gehalt in den Blättern und Rüben blieb unter dem Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge im Vergleich zur Kontrolle unverändert. Es wurde fast keine signifikante Differenz festgestellt (Tab. 24).

Allgemein wies der Mn-Gehalt in den Blättern und Rüben eine signifikante Abnahme bei den gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle auf (Tab. 24).

In den Blättern und Rüben war der Cu-Gehalt mit einem steigenden N-Angebot fast unverändert, deshalb konnte man keine signifikante Differenz zwischen den gedüngten Varianten und der Kontrolle feststellen (Tab. 25).

In den Blättern und Rüben ging der Zn-Gehalt durch eine N-Gabe wesentlich zurück. Der Zn-Gehalt in den Blättern und Rüben zeigt bei einigen gedüngten Varianten eine signifikante Differenz im Vergleich zur Kontrolle (Tab. 25).

Tab. 24: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den B-, Fe- und Mn-Gehalt im Blatt und in den Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1987

Variante	B-Gehalt in % d. TS		Fe-Gehalt in % d. TS		Mn-Gehalt in % d. TS	
	Blatt	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt	Rübe
ungedüngt	43,25	12,00	488,5	64,5	36,70	18,70
N-Nitramoncal						
40 kg	49,05	12,70	488,0	57,0	30,95	15,50
80 kg	47,15	12,65	588,5	88,0	32,90	19,25
120 kg	45,70	14,10	406,5	66,5	30,65	18,65
160 kg	46,90	11,15	627,5	79,5	33,50	17,35
N-Chilesalpeter						
40 kg	49,95	11,50	540,0	68,0	31,90	13,60
80 kg	47,65	11,20	460,0	56,0	31,60	16,25
120 kg	46,05	13,65	486,5	63,5	37,50	21,25
160 kg	35,05	10,40	499,0	81,0	38,15	18,10
N-Kalichile- salpeter						
40 kg	47,95	10,80	541,5	67,0	32,15	17,20
80 kg	47,10	8,70	432,0	66,5	28,45	16,00
120 kg	49,90	13,40	416,0	63,5	27,90	16,30
160 kg	34,60	13,50	562,0	71,5	31,10	16,20
N-Nitra.+ N-Chile						
80 kg	36,50	11,90	537,5	77,0	39,05	20,55
120 kg	43,05	10,75	516,0	137,5	29,40	18,00
160 kg	54,80	11,35	482,5	186,0	36,85	20,05
N-Nitra.+ N-Kalichi.						
80 kg	42,45	11,55	354,0	57,0	25,54	16,40
120 kg	37,35	12,15	408,5	60,5	28,25	14,85
160 kg	36,60	11,90	396,0	114,0	26,00	17,70
GD 0,05	4,812	2,000	86,481	13,030	2,119	1,258

Tab. 25: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den Cu- und Zn-Gehalt in Blatt und Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1987

Variante	Cu-Gehalt mg/kg TS		Zn-Gehalt mg/kg TS	
	Rübe	Blatt	Rübe	Blatt
ungedüngt	11,45	3,65	36,75	12,00
N-Nitramoncal				
40 kg	9,65	3,70	32,95	9,60
80 kg	11,85	3,25	37,25	13,05
120 kg	9,50	3,80	29,85	10,75
160 kg	9,15	3,25	30,00	11,85
N-Chilesalpeter				
40 kg	8,85	2,95	25,10	11,05
80 kg	11,95	3,70	27,70	9,90
120 kg	12,30	3,60	37,20	11,50
160 kg	12,50	3,10	36,80	13,50
N-Kalichile- salpeter				
40 kg	10,85	3,00	30,15	11,15
80 kg	9,75	3,30	29,60	10,10
120 kg	10,05	3,55	27,30	15,00
160 kg	13,45	2,40	34,55	11,15
N-Nitra.+ N-Chile				
80 kg	12,65	3,80	33,90	12,95
120 kg	10,00	4,00	30,10	14,25
160 kg	14,50	4,40	35,00	14,10
N-Nitra.+ N-Kalichi.				
80 kg	12,60	3,30	31,40	10,75
120 kg	14,25	3,55	32,30	11,85
160 kg	11,05	3,20	35,25	14,15
GD 0,05	1,843	0,616	2,441	1,452

6.4.3. Gerasdorf, 1988

Die Tab. 26 und 27 bringen den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf den N-, P-, K-, Ca-, Mg-, B-, Fe-, Mn-, Cu- und Zn-Gehalt der Rüben am Standort Gerasdorf 1988.

Mit einem steigenden N-Angebot nahm der N-Gehalt der Rüben bei allen Varianten praktisch zu, zwischen den gedüngten Varianten und der Kontrolle ist eine signifikante Differenz zu verzeichnen (Tab. 26).

Der P-Gehalt in den Rüben wies einen signifikanten Rückgang bei den gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle auf (Tab. 26).

Allgemein zeigen die N gedüngten Varianten einen signifikanten Anstieg des K-Gehaltes in den Rüben im Vergleich zur Kontrolle (Tab. 26).

Bei den gedüngten Varianten konnte man bei einigen Varianten eine signifikante Zunahme des Ca-Gehaltes bei anderen eine Abnahme des Ca-Gehaltes im Vergleich zur ungedüngten Variante feststellen (Tab. 26).

Mit steigendem N-Angebot wies der Mg-Gehalt der Rüben einen signifikanten Anstieg im Vergleich zur Kontrolle auf (Tab. 26).

Tab. 26: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den N-, P-, K-, Ca- und Mg-Gehalt in Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1988

Variante	N-Gehalt in % d. TS	P-Gehalt in % d. TS	K-Gehalt in %	Ca-Gehalt in % d. TS	Mg-Gehalt in % d. TS
ungedüngt	0,51	0,11	0,80	0,14	0,13
N-Nitramoncal					
40 kg	0,59	0,09	0,88	0,12	0,13
80 kg	0,61	0,11	1,02	0,16	0,15
120 kg	0,72	0,12	1,01	0,15	0,16
160 kg	0,60	0,10	0,96	0,16	0,17
N-Chilealpeter					
40 kg	0,61	0,11	0,99	0,13	0,15
80 kg	0,64	0,11	0,91	0,15	0,16
120 kg	0,73	0,13	1,01	0,13	0,15
160 kg	0,91	0,11	1,08	0,16	0,15
N-Kalichilealpeter					
40 kg	0,56	0,10	0,83	0,13	0,13
80 kg	0,59	0,09	0,72	0,18	0,14
120 kg	0,78	0,11	0,79	0,18	0,15
160 kg	0,67	0,10	1,04	0,15	0,13
N-Nitra.+ N-Chile					
80 kg	0,52	0,11	0,83	0,12	0,16
120 kg	0,57	0,10	0,81	0,14	0,15
160 kg	0,66	0,09	0,84	0,12	0,15
N-Nitra.+ N-Kalichi.					
80 kg	0,57	0,10	0,77	0,19	0,14
120 kg	0,61	0,11	0,89	0,15	0,14
160 kg	0,69	0,11	0,98	0,15	0,18
GD 0,05	0,052	0,005	0,068	0,013	0,007

Der B-Gehalt der Rüben ging durch steigende N-Gaben wesentlich zurück. Zwischen den gedüngten Varianten und der Kontrolle sind signifikante Unterschiede festzustellen (Tab. 27).

In den Rüben stieg der Fe-Gehalt durch das N-Angebot wesentlich an. Zwischen den gedüngten und den ungedüngten Varianten ist eine signifikante Differenz zu verzeichnen.

Der Mn-Gehalt der Rüben stieg mit zunehmender N-Angebotsmenge signifikant im Vergleich zur Kontrolle an (Tab. 27).

Der Cu- und Zn-Gehalt der Rüben zeigen das gleiche Verhalten wie beim Mn-Gehalt (Tab. 27).

Tab. 27: Einfluß der N-Form und unterschiedlicher N-Angebotsmenge auf den B-, Fe-, Mn-, Cu- und Zn-Gehalt in Rüben, Standort Gerasdorf, Ernte 1988

Variante	B-Gehalt in % d. TS	Fe-Gehalt in % d. TS	Mn-Gehalt in % d. TS	Cu-Gehalt in % d. TS	Zn-Gehalt in % d. TS
ungedüngt	20,78	36,00	18,68	2,98	10,43
N-Nitramoncal					
40 kg	24,73	42,00	19,18	2,85	10,55
80 kg	22,48	51,75	23,63	3,85	15,28
120 kg	16,53	49,00	21,65	3,60	15,98
160 kg	17,33	49,00	24,05	3,25	11,35
N-Chilealpeter					
40 kg	15,00	36,00	20,60	3,13	13,98
80 kg	11,83	56,50	21,30	3,35	12,08
120 kg	15,33	41,25	20,23	3,70	16,85
160 kg	20,10	48,50	23,60	4,48	12,40
N-Kalichilealpeter					
40 kg	18,23	52,25	19,80	2,65	9,80
80 kg	15,73	57,25	21,98	3,53	12,53
120 kg	13,85	48,75	19,15	3,68	13,25
160 kg	16,95	55,25	18,88	3,78	11,75
N-Nitra.+ N-Chile					
80 kg	20,60	43,75	15,93	2,50	11,63
120 kg	18,63	40,50	20,28	3,93	13,23
160 kg	18,83	42,00	19,58	3,13	11,38
N-Nitra.+ N-Kalichi.					
80 kg	19,80	61,25	18,50	3,25	14,45
120 kg	18,58	76,00	22,78	3,98	15,80
160 kg	19,10	81,00	21,80	3,68	15,15
GD 0,05	0,551	2,389	1,269	0,318	0,451

7. Diskussion der Versuchsergebnisse

7.1. Allgemeine Betrachtung

Die Zuckerrübenpflanze hat wegen ihrer langen Wachstumsdauer und ihrer hohen Massenerträge einen höheren Anspruch an Nährstoffen. Zur Sicherung eines schnellen Jugendwachstums und zur Bildung eines leistungsfähigen Blattapparates hat sie bei höheren Erträgen einen höheren N-Bedarf. Da die N-Versorgung neben anderen Faktoren den Ertrag und die Qualität der Zuckerrübenpflanze stark beeinflussen kann, wurden Untersuchungen durchgeführt, um den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf die quantitativen und qualitativen Merkmale der Zuckerrübenpflanze zu bestimmen. Für die Beurteilung der angeführten Fragen wurden Standorte mit unterschiedlichen Klimaverhältnissen ausgewählt.

In der vorliegenden Arbeit sollte der Einfluß der N-Form und des unterschiedlichen N-Angebotes auf den Ertrag und die Qualität der Zuckerrüben insbesondere auf den Zuckergehalt, den bereinigten Zuckergehalt, den Zuckerertrag, den bereinigten Zuckerertrag, den Alpha-Amino-N-, den K-, den Na-Gehalt und den Mellasezuckeranteil in Abhängigkeit von den Standorten diskutiert werden. Dazu wurde das optimale N-Angebot von N-Form oder N-Kombinationen hinsichtlich höherer Erträge und guter Qualität festgelegt. Weiters wurde die Wirkung einer steigenden N-Düngung von verschiedenen N-Formen und N-Kombinationen auf den Makro- und Mikronährstoffgehalt in den Blättern und in den Rüben bestimmt.

7.2. Verfügbarer Stickstoff

Direkt für die Pflanze verfügbar ist der in der Bodenlösung hauptsächlich als NH_4^+ oder NO_3^- vorliegende N, unspezifisch an Tonminerale gebundenes NH_4^+ sowie ein Teil des fixierten NH_4^+ . Der Nitratgehalt in der Bodenlösung ist beachtlichen Schwankungen unterworfen. Er wird maßgeblich durch Düngung und durch Pflanzenentzug beeinflusst. Mit Fortschreiten der Vegetation nimmt der Nitratgehalt ab.

Nach Untersuchungen von WINNER et al. (1976) spiegelt der Nitratgehalt in mit Zuckerrüben bedeckten Böden die N-Düngung und den N-Entzug der Pflanzen sehr präzise wider. Diese Versuche, wie auch die von SCHARPF und WEHRMANN (1975) lassen erkennen, daß zur Erzielung von Höchsterträgen im Frühjahr eine gewisse Menge an löslichem N in der Krume vorhanden sein muß. Neben der absoluten Menge an gelöstem N in einem Bodenprofil wirkt auch die Bodenfeuchte auf die N-Verfügbarkeit ein. Unter trockenen Bedingungen sind Massenfluß und Diffusion von Nitrat behindert (MENGEL und CASPER 1980). Deshalb ist unter trockenen Bedingungen die Ausnutzung der N-Dünger beeinträchtigt (BRATHOLOMEW 1971).

Aus diesen Gründen wurden die NO_3^- und NH_4^+ -Gehalte der Böden in den Versuchsjahren 1987 und 1988 am Standort Gerasdorf zu verschiedenen Zeitpunkten bei den Varianten ermittelt, um die Gesamtmenge an NH_4^+ und NO_3^- (N_{min}) zu errechnen. Der ermittelte N_{min} vor dem Anbau lag am Standort Gerasdorf 1987 bei 55 kg N/ha. Nach dem Anbau bis zum 22.7.1987 ging der N_{min} -Gehalt bei den gedüngten Varianten und der ungedüngten Variante am Versuchsstandort stark zurück. Vermutlich ist wegen der außergewöhnlich hohen Niederschlagsmengen eine Verlagerung in tiefere Schichten erfolgt, wie sie auch von VOLGER (1979) und KOLENBRANDER (1980) festgestellt wurde.

HERBST et al. (1982) geben für sandigen Lehm Verlagerungsstrecken von 45 cm je 100 mm Niederschlag an. Dies bedeutet im Jahr 1987 bei einer gemessenen Niederschlagssumme von über 200 mm zwischen Saat und 4-Blattstadium bzw. zwischen den ersten Düngerzeitpunkt und dem Beginn der stärksten N-Aufnahme durch die Zuckerrüben eine Verlagerungsstrecke von mehr als 1 m.

Verluste durch Denitrifikation sind besonders bei einer hohen Bodenfeuchte und bei warmen Klimabedingungen möglich (KOLENBRANDER 1978). Gefördert wird sie durch die Anwesenheit leicht zersetzbarer organischer Substanz (KOLENBRANDER 1978). In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von FEYERABEND (1984), wird eine Abnahme der Nettomobilisation mit der N-Düngung sichtbar.

Im Jahr 1988 lag am Standort Gerasdorf der N_{\min} -Gehalt am 11.5.1988 der ungedüngten Variante bei 33 kg N/ha, bei der Variante, die mit 120 kg N/ha Nitramoncal gedüngt wurde, bei 135 kg N/ha, bei der Variante mit 120 kg N/ha Chilesalpeter bei 291 kg N/ha, und bei der Variante mit 120 kg N/ha Kalichilesalpeter bei 465 kg N/ha. Da die Niederschläge im Mai 34 mm betragen, war die N-Verlagerung nicht feststellbar, gleich wie im Jahre 1987. Bei allen gedüngten Varianten lagen die höchsten N_{\min} -Werte im Oberboden bzw. Mittelboden, während die ungedüngte Variante eine NO_3^- -Verlagerung in den Unterboden aufwies.

7.3. Der Einfluß der N-Düngung auf den Blatt- und Rübenenertrag

Der Ertrag der Zuckerrübenpflanze hängt neben anderen Faktoren sehr stark von der N-Versorgung ab. Die N-Versorgung ist für eine schnelle Blattbildung im Jugendstadium entscheidend. Die besondere Bedeutung der schnellen Blattbildung im Jugendstadium wird in verschiedenen Arbeiten dargestellt (SCHULTZ 1961, BURBA 1983). Nach BEISS und WINNER (1975) kann eine ausreichende N-Versorgung im Zeitraum Juni/Juli zur schnellen Blattentwicklung und darüber hinaus zur Steigerung der Rübenenerträge der Zuckerrüben führen. SCHULTZ (1961), BEISS und WINNER (1975), BEISS (1977), CARTER und TRAVELLER (1981) stellten fest, daß eine frühe N-Versorgung der Zuckerrübenpflanze zu höheren Rübenenerträgen führt.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß die N-Düngung zur Zunahme des Rübenenertrages in kg/Pflanze und in t/ha führt. Diese Ergebnisse stimmen mit den Resultaten von MÜLLER und WINNER (1976), BÜRCKY (1979), JAUERT et al. (1982) und LEE et al. (1987) überein. Mit der N-Steigerung variieren die Standorte in ihrem Rüben- und Blattertrag in kg/Pflanze und in t/ha. Trotz der unterschiedlichen N-Form lag der Rübenenertrag in kg/Pflanze und in t/ha bei 80 bis 120 kg N-Gesamtdüngung am Standort Ansfelden und in Gerasdorf 1987 und 1988 bei einer 80 kg N-Gabe (Abb. 7, 8 und 9). Die Bodenuntersuchung zeigt, daß die N-Verfügbarkeit am Standort Gerasdorf im Jugendstadium im Vegetationsjahr 1988 höher als 1987 war, welche vermutlich zur besseren N-Ausnutzung führte.

Der Blattertrag in kg/Pflanze und in t/ha erreichte sein Maximum an allen Standorten bei den Varianten, die mit 120 oder 160 kg N gedüngt wurden (Abb. 7 und 8). Man konnte feststellen, daß es zwischen dem Blattertrag und der N-Gabe eine positive Korrelation und zwischen dem Blattertrag und dem Rübenenertrag eine negative Wechselwirkung gab, da mit

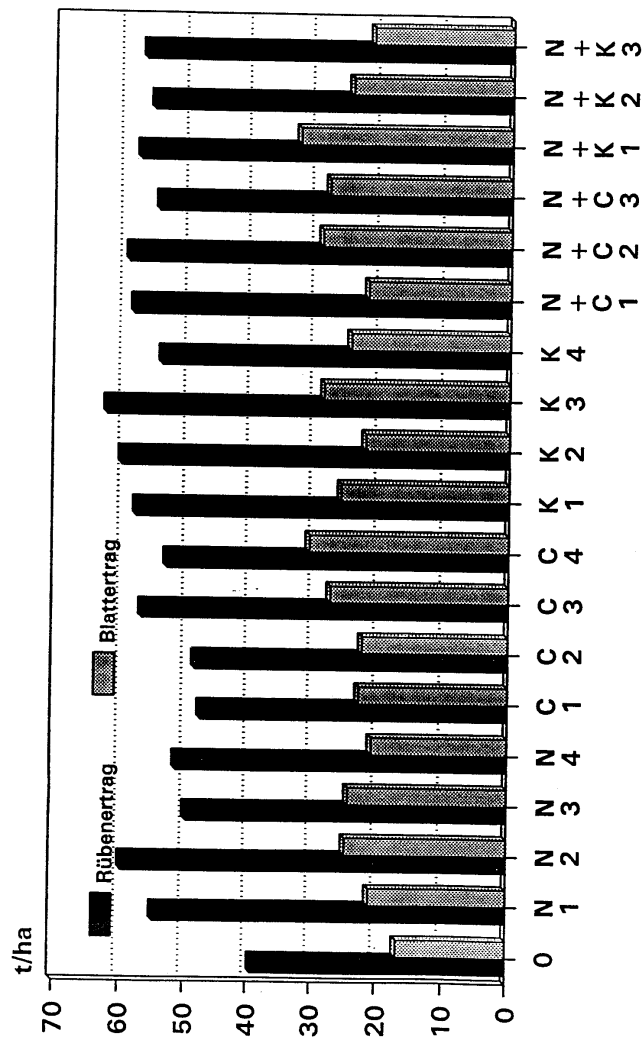


Abb. 7: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Rüben- und Blätterantrag (Ansfelden 1987)

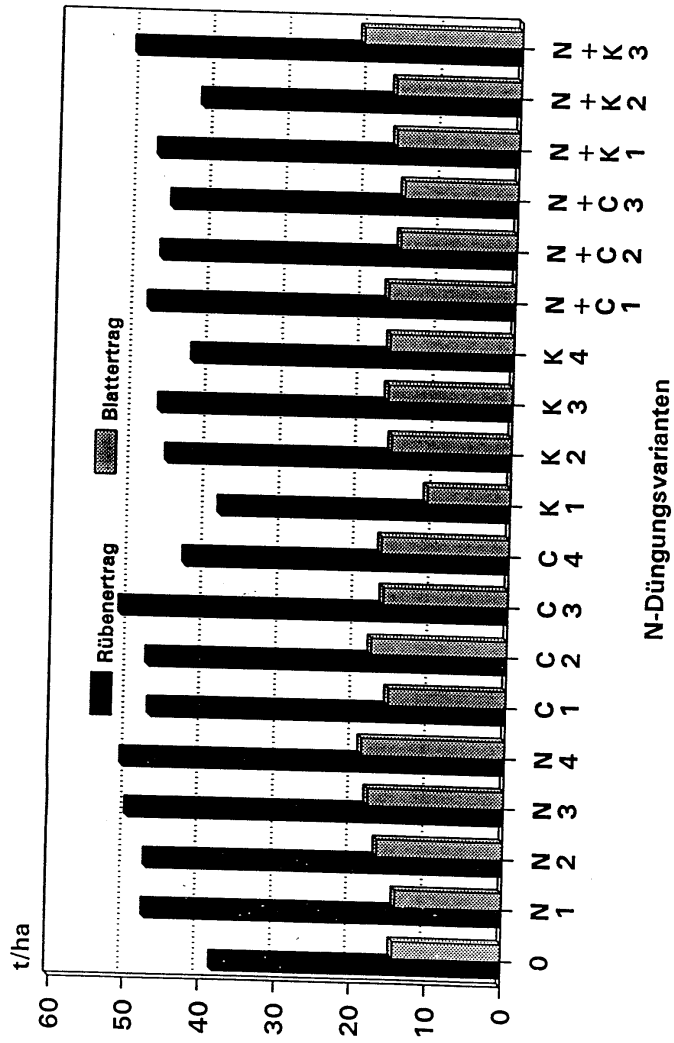


Abb. 8: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Rüben- und Blätterertrag (Gerasdorf 1987)

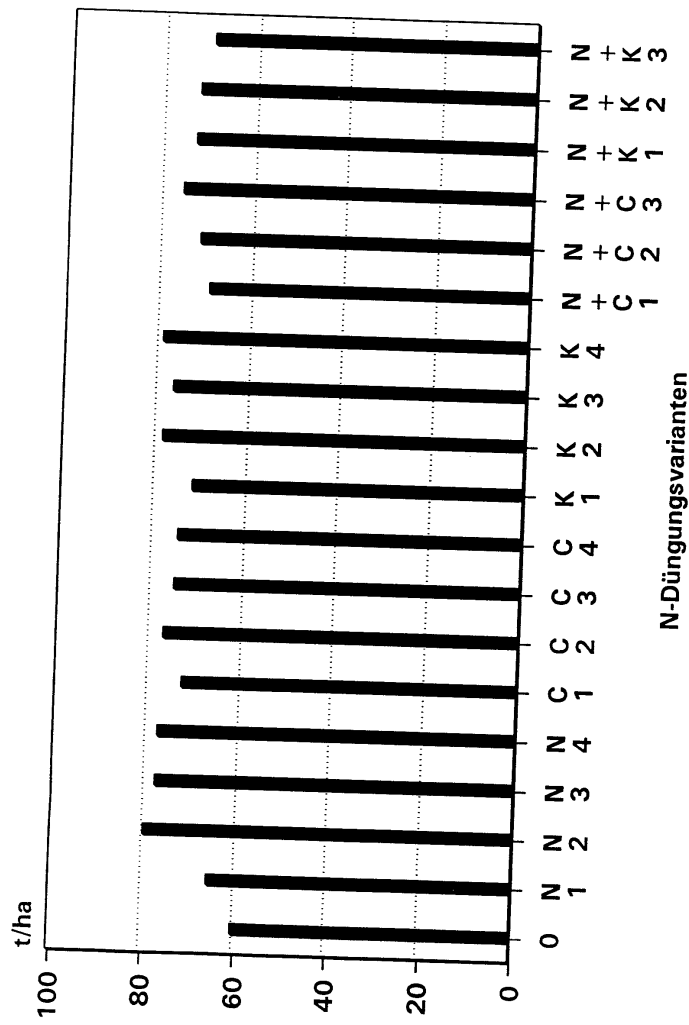


Abb. 9: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Rüben-ertrag (Gerasdorf 1988)

einer überhöhten N-Gabe eine Reduzierung des Rübenertes zu beobachten ist, wie auch LAKHDIVE (1970), WINNER (1979), BÜRCKY (1979) berichteten.

Allgemein kann man sagen, daß der Rübenertes neben dem Standort und dem Jahreseffekt sehr stark von der N-Verfügbarkeit im Jugendstadium abhängig ist. Die unterschiedlichen N-Formen übten keinen starken Einfluß auf den Rübenertes an allen Standorten aus.

7.4. Der Einfluß der N-Düngung auf die Qualität der Zuckerrübe

Die Qualität der Zuckerrübe wird von den Gehalten bestimmter pflanzlicher Inhaltsstoffe bestimmt. Diese werden weitgehend von den Erbanlagen, dem Klima, der Witterung und der Ernährung beeinflusst. Viele Autoren (BURBA 1977, BÜRCKY 1979, BEISS 1985 und WEEGE 1987) berichten von der Beziehung zwischen der N-Versorgung und dem Gehalt an Inhaltsstoffen, da die N-Versorgung eine wichtige Rolle spielt.

Die Ergebnisse zeigen, daß der Zuckergehalt und der bereinigte Zuckergehalt durch die N-Düngung abnahm (Abb. 10, 11 und 12). Dieses Ergebnis stimmt mit dem Ergebnis von BURBA (1977), BÜRCKY et al. (1978), BÜRCKY (1979) und BURG et al. (1983) überein. Mit einem steigenden N-Angebot zeigen die Ergebnisse einen Rückgang des ZG und BZG wie schon BURBA (1977) und BÜRCKY (1979) feststellten.

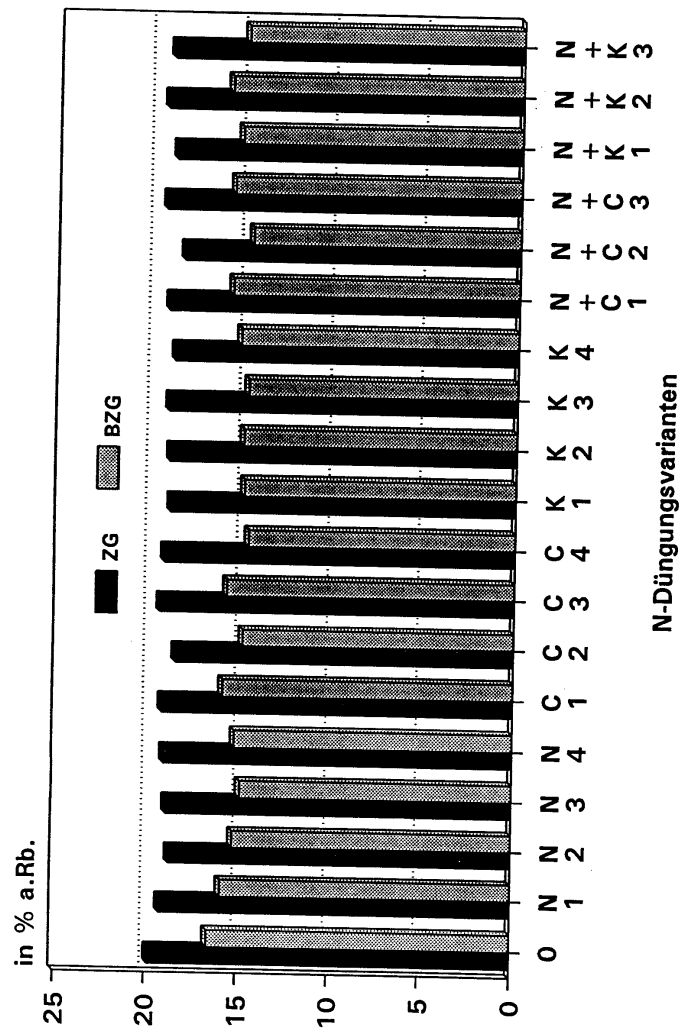


Abb. 10: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckergehalt und bereinigten Zuckergehalt (Ansfelden 1987)

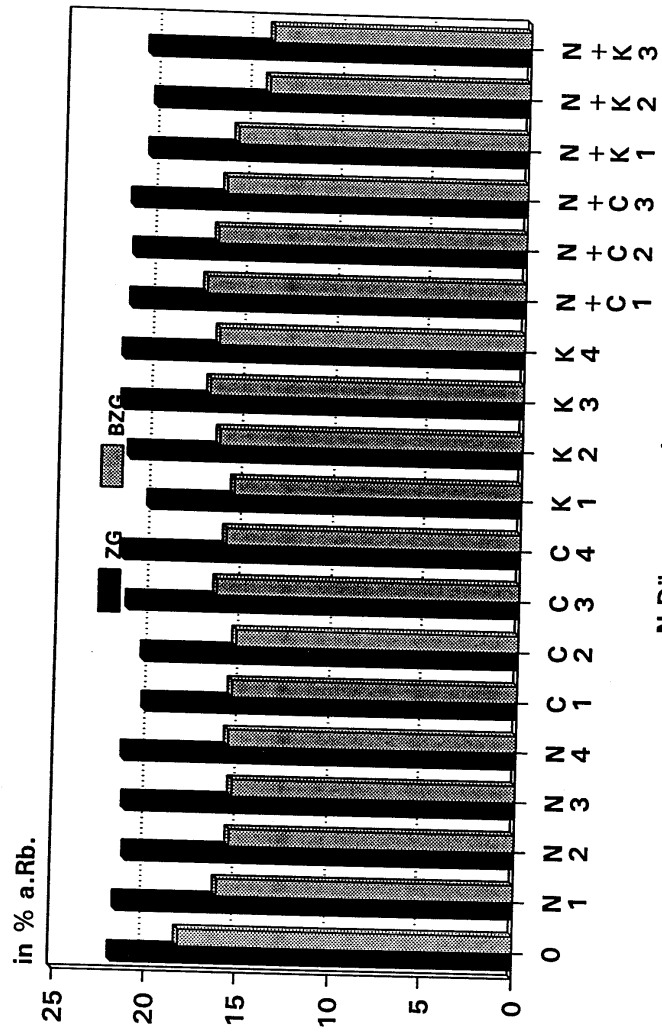


Abb. 11: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckergehalt und bereinigten Zuckergehalt (Gerasdorf 1987)

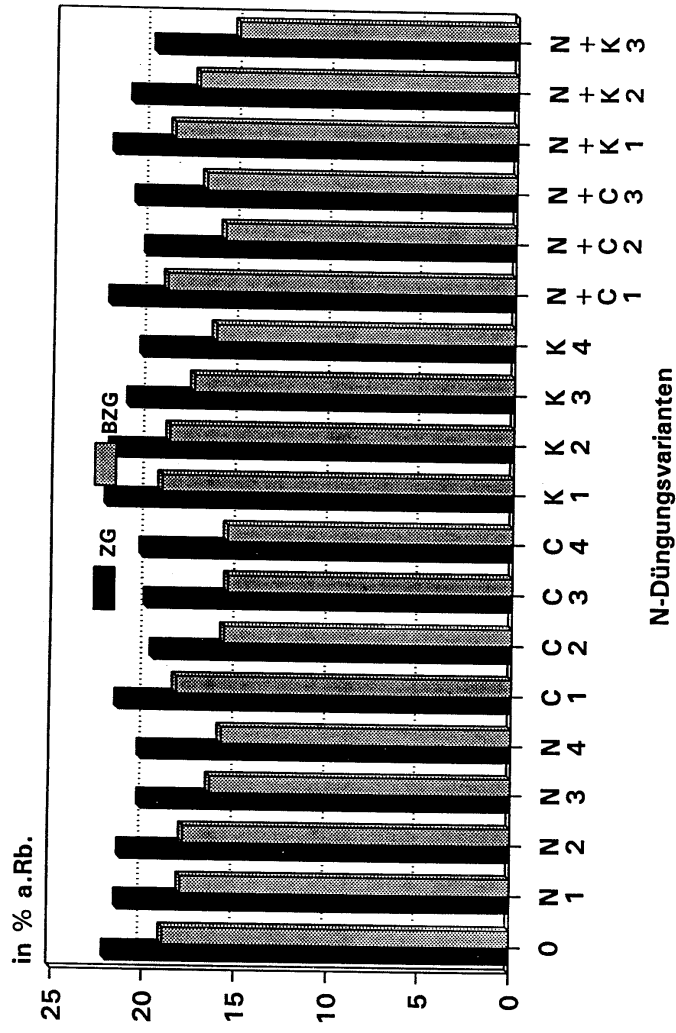


Abb. 12: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckergehalt und bereinigten Zuckergehalt (Gerasdorf 1988)

Mit einer steigenden N-Düngung nahmen der Zuckerertrag und der bereinigte Zuckerertrag zu und erst bei höheren N-Gaben ging der ZE und BZE zurück. Die optimale Menge von N für einen höheren ZE und BZE hat sich als 80 oder 120 kg N/ha in Abhängigkeit vom Standort gezeigt (Abb. 13, 14 und 15). Diese N-Mengen stimmen mit den angegebenen N-Mengen von WICKE und URBAN (1982) sowie JENSEN et al. (1983) überein.

Die Standorte variieren in ihren ZG, BZG, ZE und BZE. Möglicherweise sind die Gründe für diese Unterschiede die niedrigeren ZG, ZE und höheren Ausbeuteverluste und Melassezuckeranteil am Standort Gerasdorf 1987 und Ansfelden 1987 im Vergleich zu Gerasdorf 1988.

Aus den Ergebnisse ist ersichtlich, daß eine N-Düngergabe von 80 kg/ha unter günstigen Witterungsbedingungen für höheren ZE bzw. BZE geeignet ist. Man kann auch darauf hinweisen, daß der Standort, die Klimabedingungen und die N-Verfügbarkeit besonders im Ober- und Mittelboden einen großen Einfluß auf den ZG, BZG, ZE und BZE ausübt.

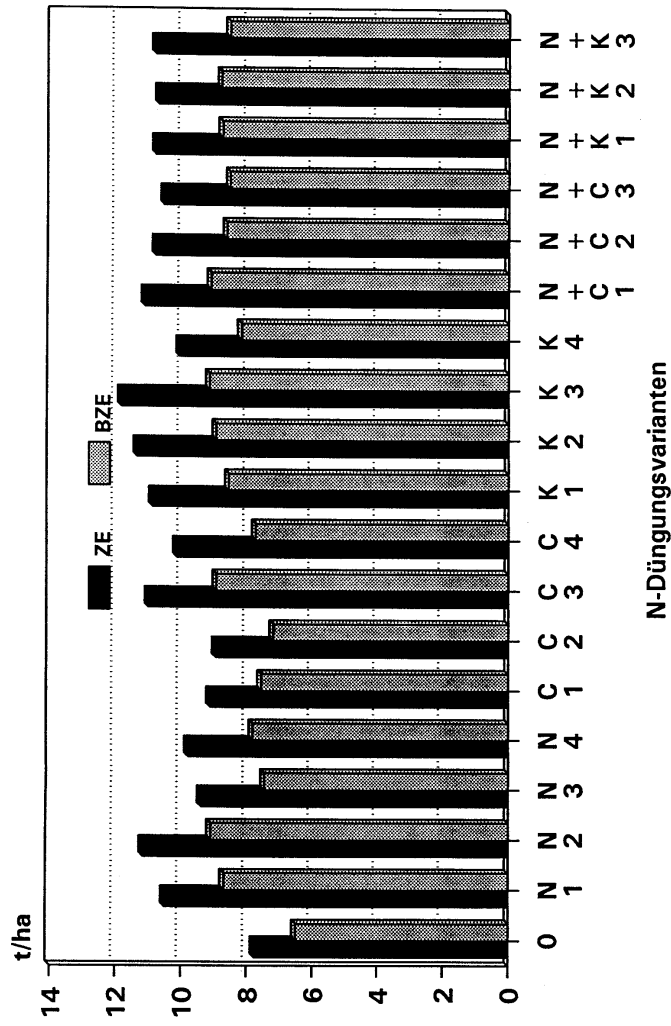
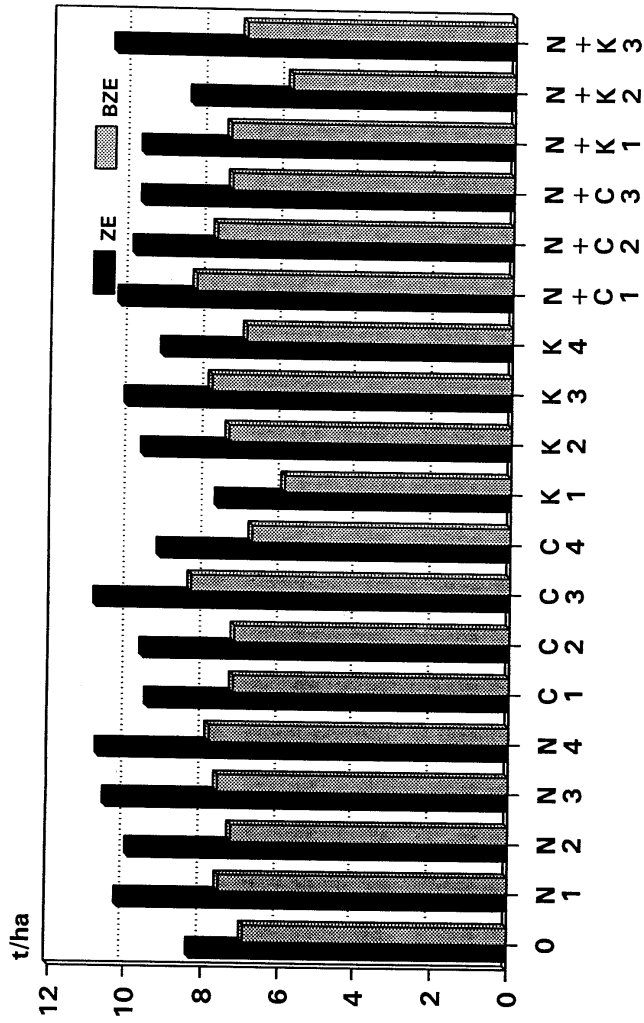


Abb. 13: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckerertrag u. bereinigten Zuckerertrag (Ansfelden 1987)



N-Düngungsvarianten

Abb. 14: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckerertrag u. bereinigten Zuckerertrag (Gerasdorf 1987)

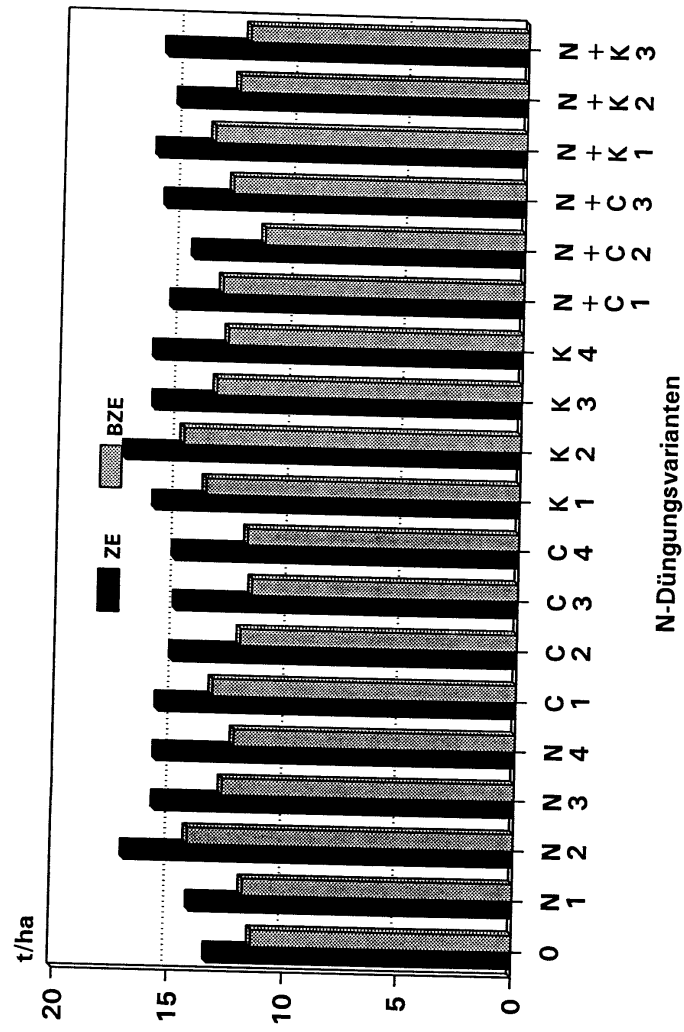


Abb. 15: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zuckerertrag u. bereinigten Zuckerertrag (Gerasdorf 1988)

Da die Ausbeute an Weißzucker in erster Linie vom ZG abhängt, ist aus den Ergebnissen zu entnehmen, daß die Ausbeute an Weißzucker mit steigendem N-Angebot abnahm, während das AV und MZ zunahm. Dies bestätigt die Aussage von WICKE und URBAN (1982), BEISS (1985) und WEEGE (1987). Weiters hängt die Ausbeute an Weißzucker vom Gehalt an löslicher Asche (Na und K) und an sogenannten schädlichem N (Alpha-Amino-N) ab. Nach WICKE und URBAN (1982) führt eine N-Steigerung zu einer Abnahme des Zuckergehaltes und zur Zunahme an solchen Stoffen, die die Ausbeute an Weißzucker beeinträchtigen.

Die Ergebnisse zeigen weiters, daß mit einer steigenden N-Düngung der Gehalt an Na, K und Alpha-Amino-N in meq/100 g Rb zunahm (Abb. 16, 17 und 18). Sie weisen eine Übereinstimmung mit dem Resultat von REINEFELD et al. (1974), BURBA (1977), BÜRCKY et al. (1978), WINNER (1979), WICKE und URBAN (1982), BURG et al. (1983) und BEISS (1985) auf.

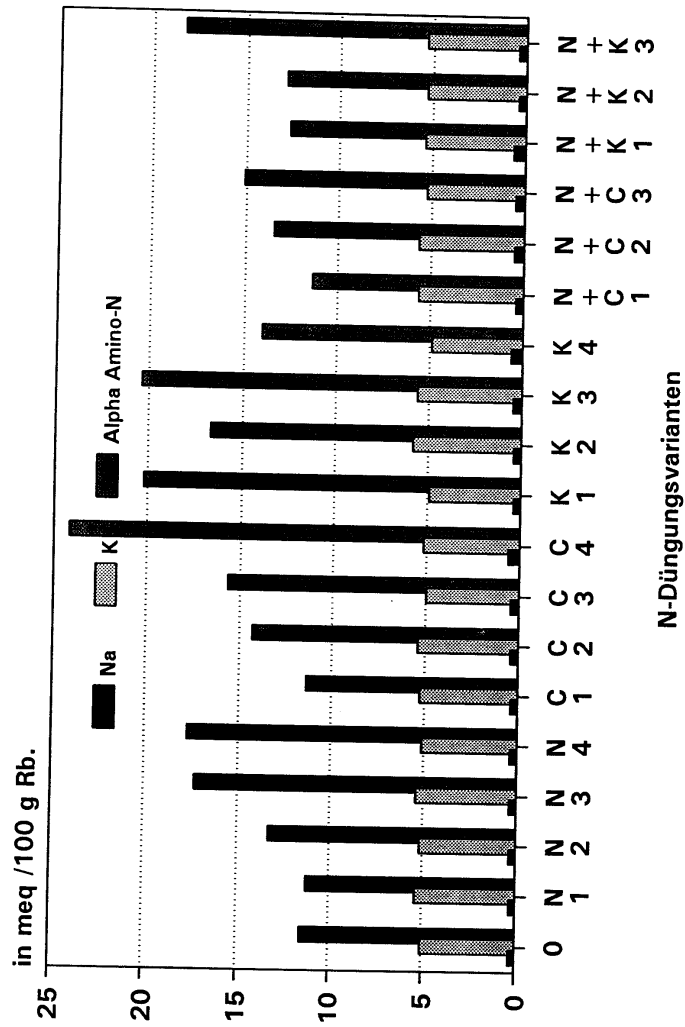


Abb. 16: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Natrium-, Kalium- und Alpha Amino-N-Gehalt (Ansfelden 1987)

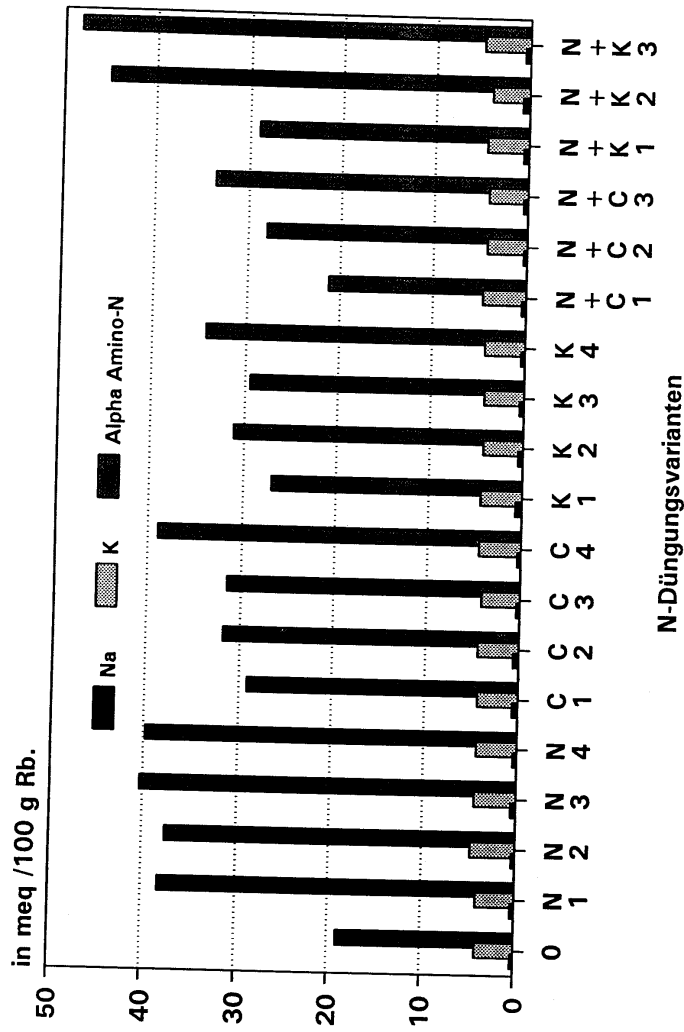


Abb. 17: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Natrium-, Kalium- und Alpha Amino-N-Gehalt (Gerasdorf 1987)

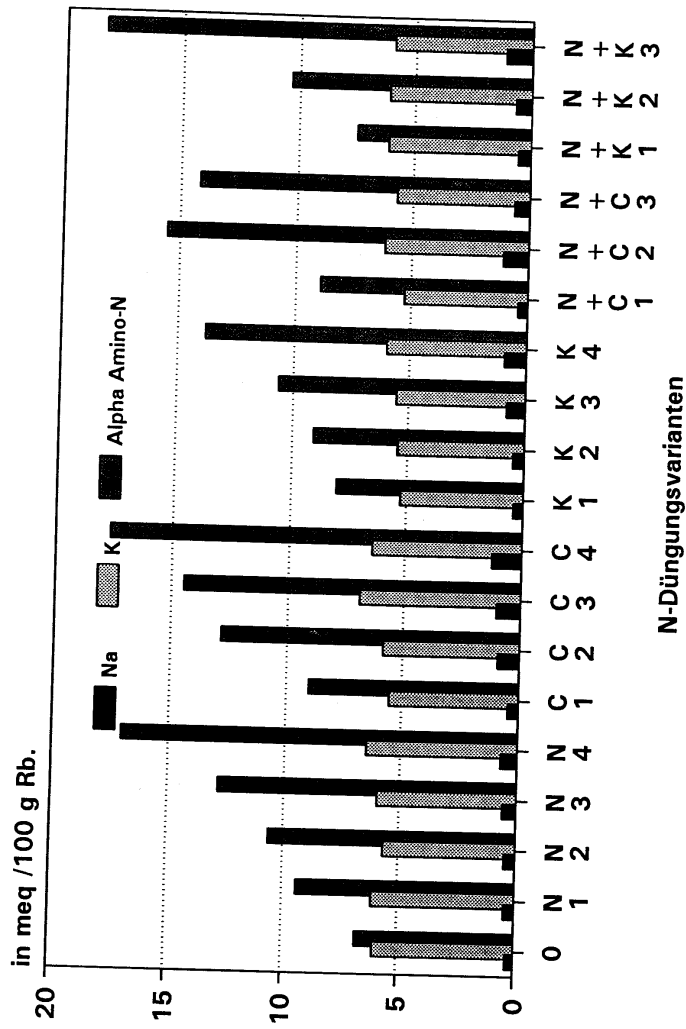


Abb. 18: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Natrium-, Kalium- und Alpha Amino-N-Gehalt (Gerardorf 1988)

7.5. Einfluß der N-Düngung auf die Makro- und Mikronährstoffgehalte in den Rüben und Blättern

Der Nährstoffgehalt der Pflanzen wird einerseits durch die Nährstoffaufnahme, andererseits durch die Bildung der organischen Pflanzensubstanz bestimmt. Nach BERGMANN und NEUBERT (1976) wird der Nährstoffgehalt der Pflanzen von vielen Faktoren z.B. pflanzeneigene Faktoren, Wechselwirkung zwischen den Mineralstoffen, bodeneigene Faktoren, klimatische Einflußfaktoren u.a. beeinflußt. Nach LAKHDIVE (1970), SMUKALSKI und ROGASIK (1977), ASMAS et al. (1988) nimmt der N-Gehalt in den Blättern und Rüben mit steigender N-Gabe signifikant zu. Die ermittelten Ergebnisse stimmen mit den Resultaten der angeführten Autoren überein (Abb. 19, 20 und 21).

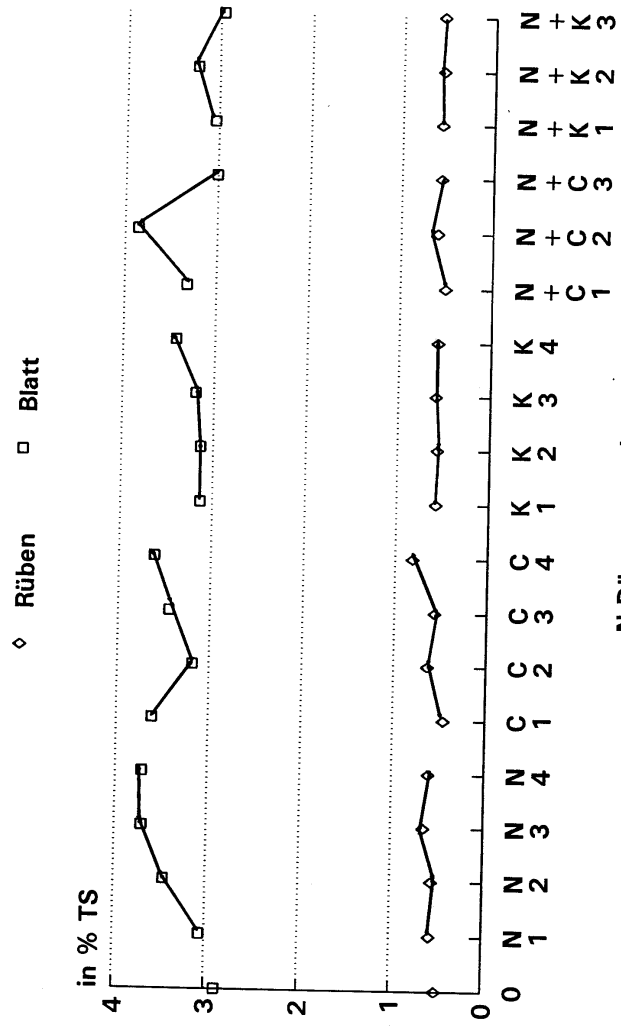


Abb. 19: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den N-Gehalt in Rüben und Blatt (Ansfelden 1987)

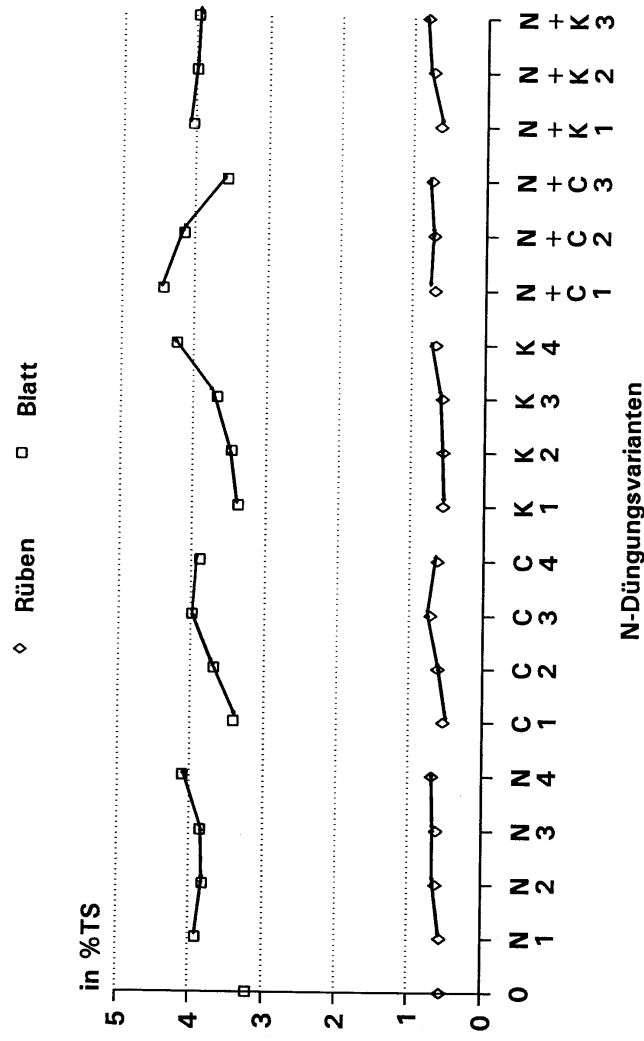


Abb. 20: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den N-Gehalt in Rüben und Blatt (Gerasdorf 1987)

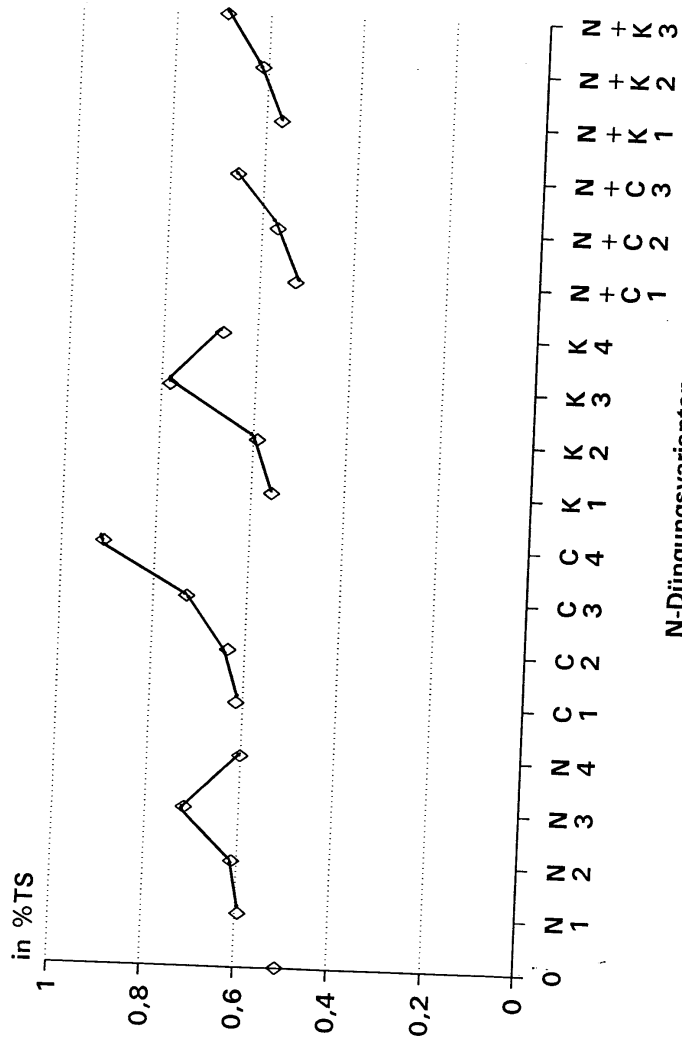


Abb. 21: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den N-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

Der P-Gehalt in den Blättern und Rüben wies unterschiedliche Tendenzen durch die N-Düngung an allen Standorten auf. Am Standort Ansfelden nahm der P-Gehalt in den Blättern und Rüben mit steigendem N-Angebot zu (Abb. 22). Das Ergebnis zeigt eine Übereinstimmung mit den Resultaten von LAKHDIVE (1970). Am Standort Gerasdorf 1987 und 1988 ging der P-Gehalt in den Blättern und Rüben durch die N-Düngung zurück (Abb. 23 und 24). Die Versuchsergebnisse zeigen eine Übereinstimmung mit dem Resultat von MÜLLER (1983).

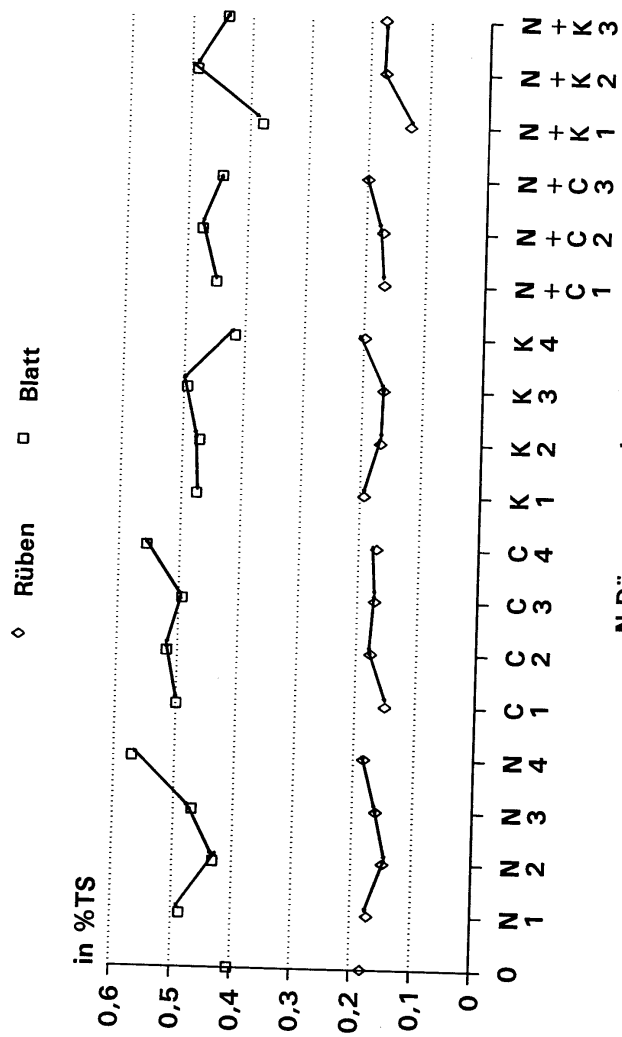


Abb. 22: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den P-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)

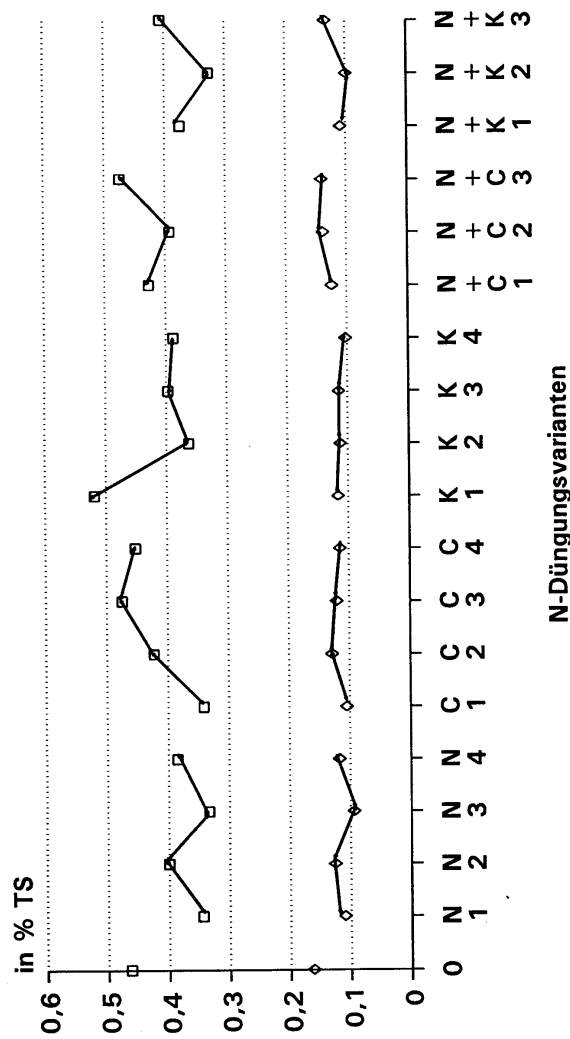


Abb. 23: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den P-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)

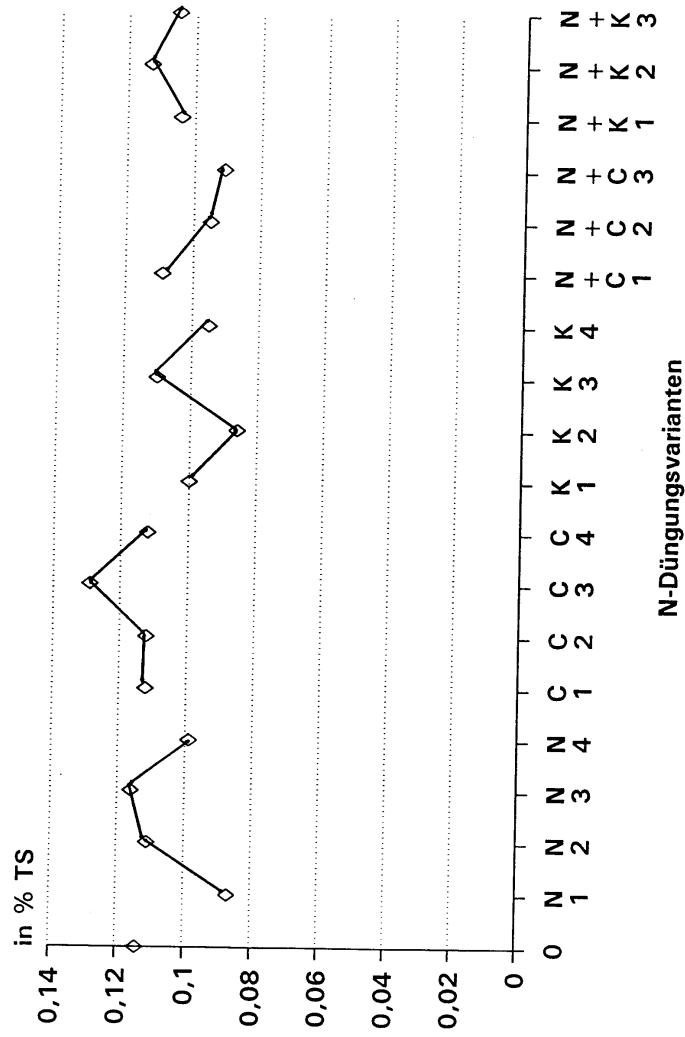


Abb. 24: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den P-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

Durch ein steigendes N-Angebot nimmt der K-Gehalt in den Blättern und Rüben am Standort Ansfelden 1987 und in den Rüben am Standort Gerasdorf im Vegetationsjahr 1988 zu (Abb. 25 und 27). Dies stimmt mit dem Resultat von FINKNER et al. (1958) und LAKHDIVE (1970) überein. Am Standort Gerasdorf 1987 blieb der K-Gehalt in den Rüben und Blättern durch die N-Düngung unbeeinflusst (Abb. 26). Die Ergebnisse zeigen eine Übereinstimmung mit dem Resultat von MÜLLER (1983) und RECKE (1984).

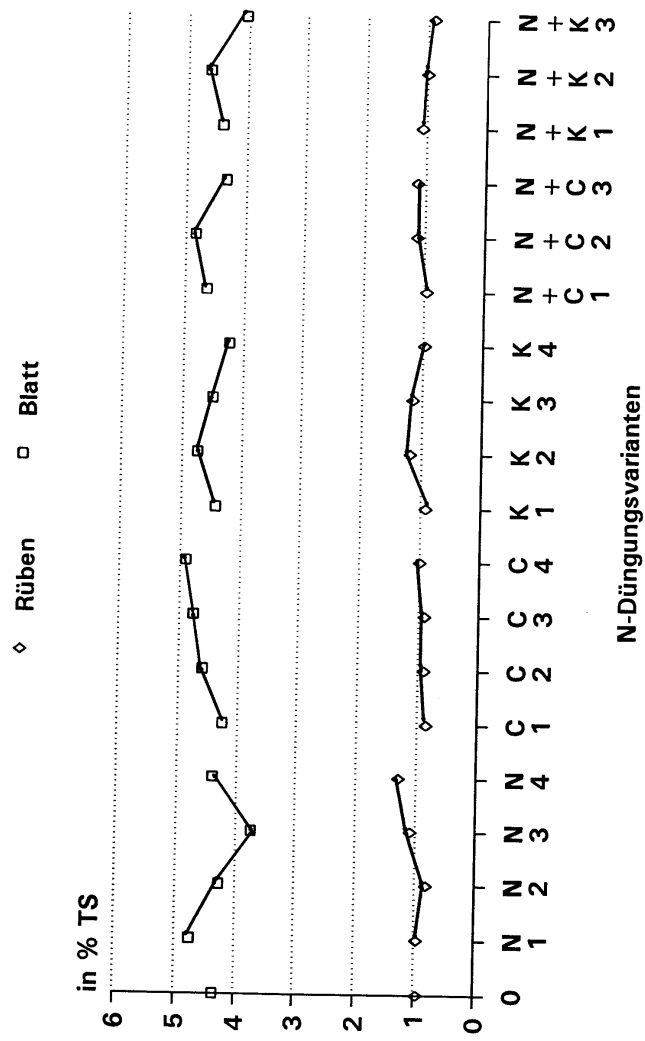


Abb. 25: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den K-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)

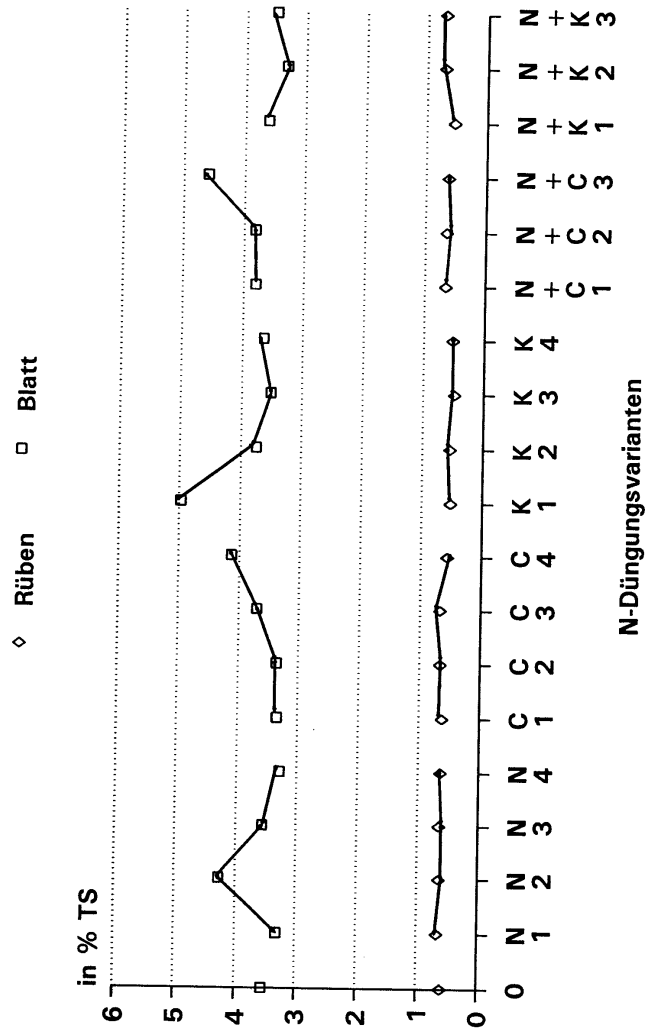


Abb. 26: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den K-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)

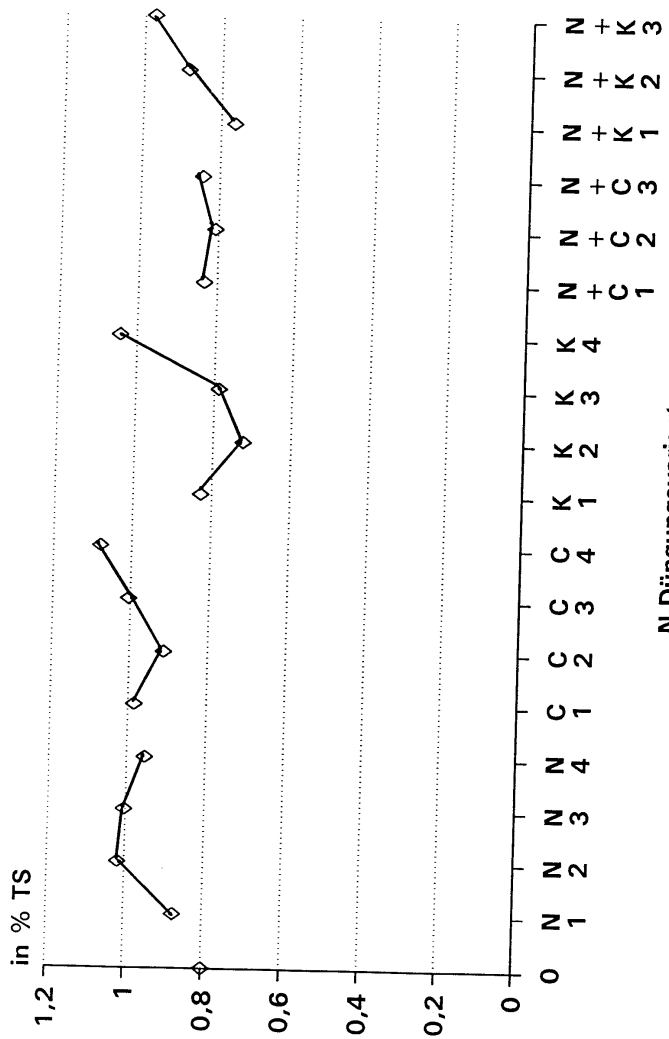


Abb. 27: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den K-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

Nach LAKHDIVE (1970), BURBA (1977) und RECKE (1984) bleibt der Ca-Gehalt in den Blättern und Rüben durch eine N-Steigerung unverändert. MÜLLER (1983) stellte fest, daß durch ein steigendes N-Angebot der Ca-Gehalt in den Blättern ansteigt, während er in den Rüben unverändert bleibt. Die aus den angeführten Versuchen ermittelten Ergebnisse zeigen eine Abnahme des Ca-Gehaltes im Blatt am Standort Ansfelden 1987 und in den Rüben am Standort Gerasdorf 1987 und 1988 mit einer steigenden N-Gabe (Abb. 28, 29 und 30). Der Ca-Gehalt in den Rüben am Standort Ansfelden 1987 und in den Blättern am Standort Gerasdorf 1987 bleibt durch die N-Düngung unverändert.

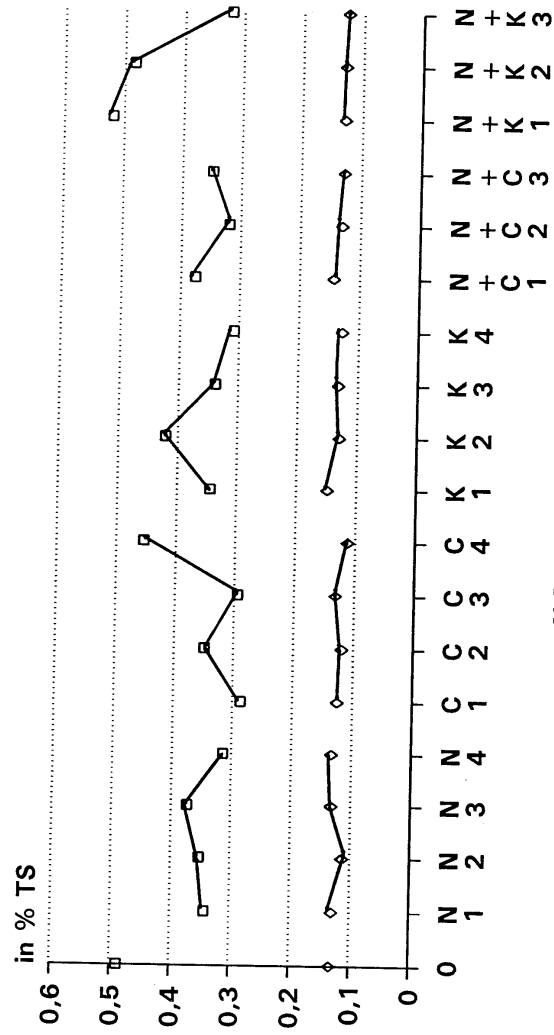


Abb. 28: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Ca-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)

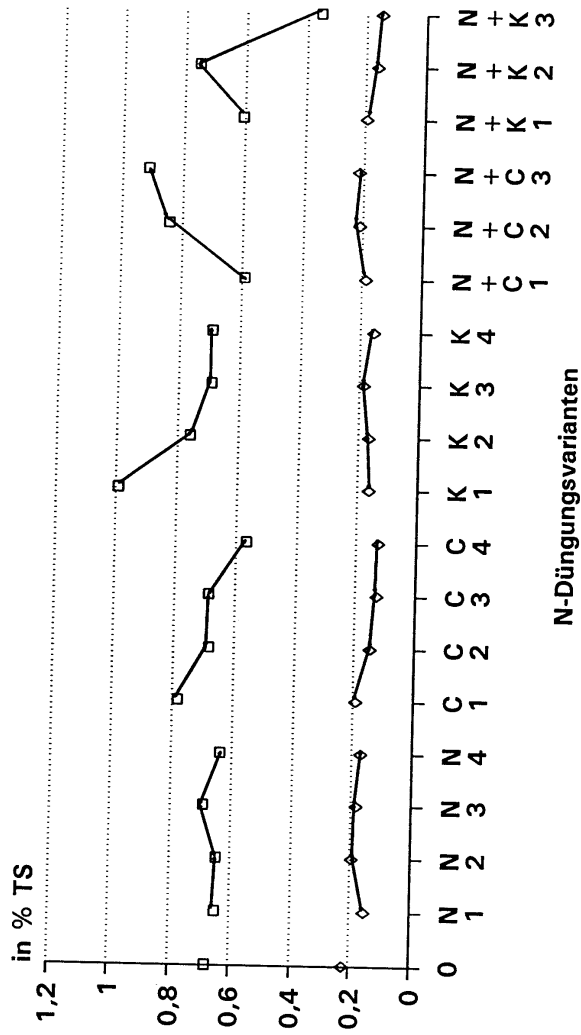


Abb. 29: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Ca-Gehalt in Rübene und Blatt (Gerasdorf 1987)

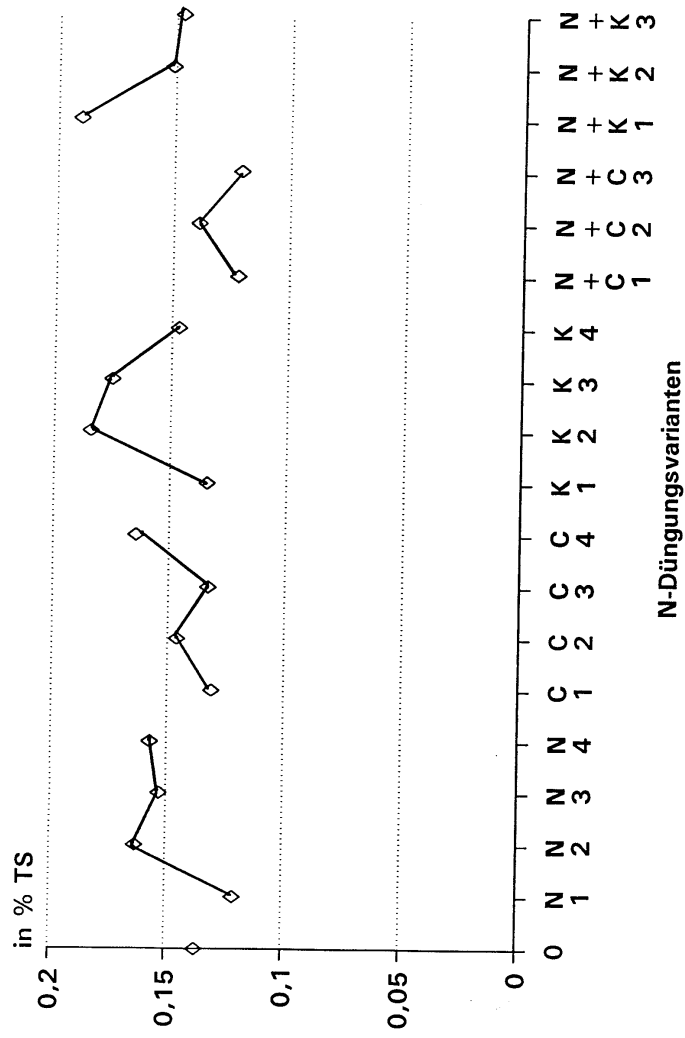


Abb. 30: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Ca-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

Der Mg-Gehalt in den Rüben nimmt durch eine N-Düngung zu (WIENINGER und KUBADINOW 1973). Nach BURBA (1977) und MÜLLER (1983) wird der Mg-Gehalt in den Rüben durch eine steigende N-Gabe nicht beeinflusst, während RECKE (1984) feststellte, daß der Mg-Gehalt in den Rüben und Blättern mit einem steigenden N-Angebot abnahm. Die Ergebnisse stimmen teilweise mit dem Resultat von RECKE (1984) überein (Abb. 31, 32 und 33).

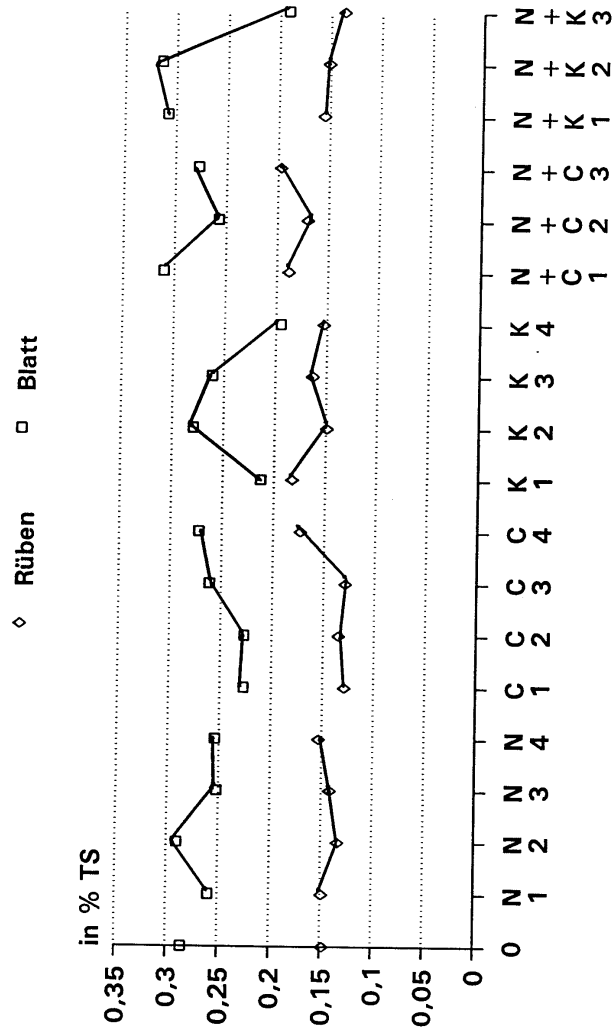


Abb. 31: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mg-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)

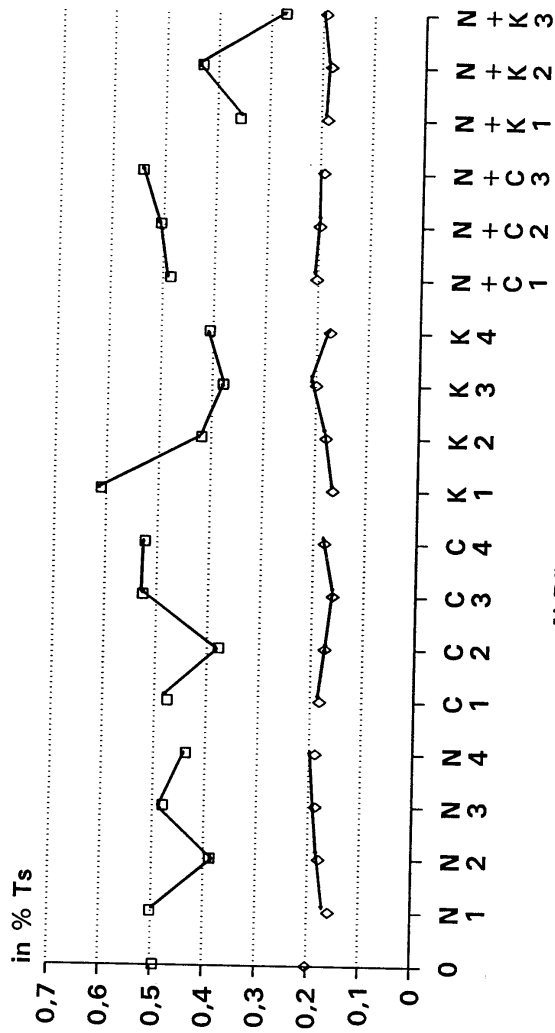
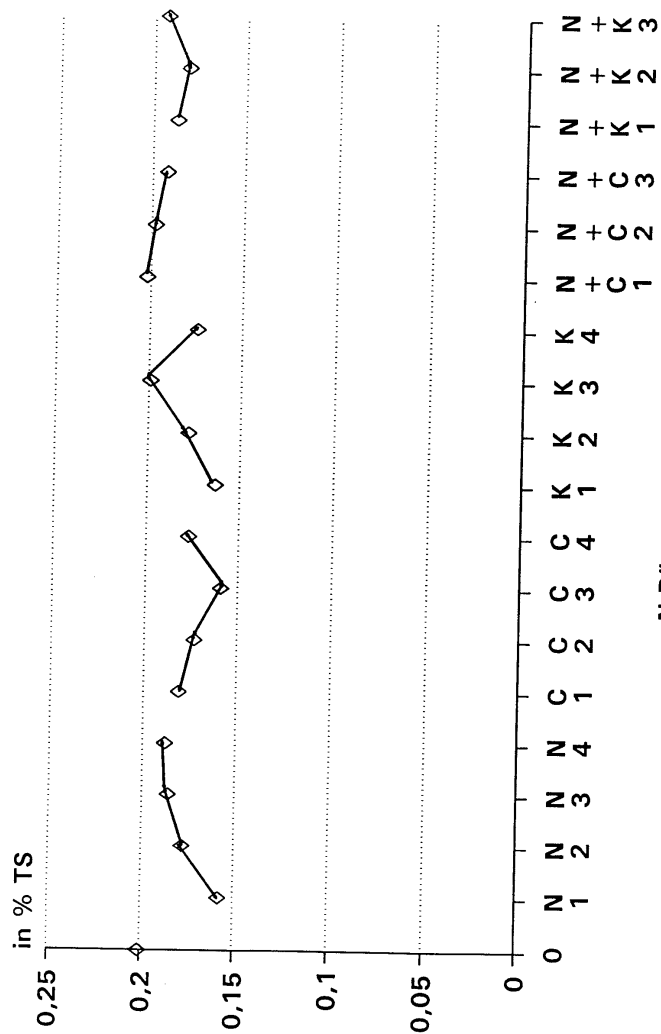


Abb. 32: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mg-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)



N-Düngungsvarianten

Abb. 33: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mg-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

Die Ergebnisse zeigen weiters, daß der Fe-Gehalt (Abb. 34 bis 36), der Cu-Gehalt (Abb. 37 bis 39) und Zn-Gehalt (40 bis 42) in den Blättern und Rüben durch eine N-Gabe entweder zunahm oder unverändert blieb. Der Mn-Gehalt in den Blättern und Rüben zeigt mit steigender N-Düngung eine Abnahme (Abb. 43 bis 45). Der B-Gehalt im Blatt nahm durch die N-Düngung zu, während der B-Gehalt in den Rüben abnahm (Abb. 46 bis 48).

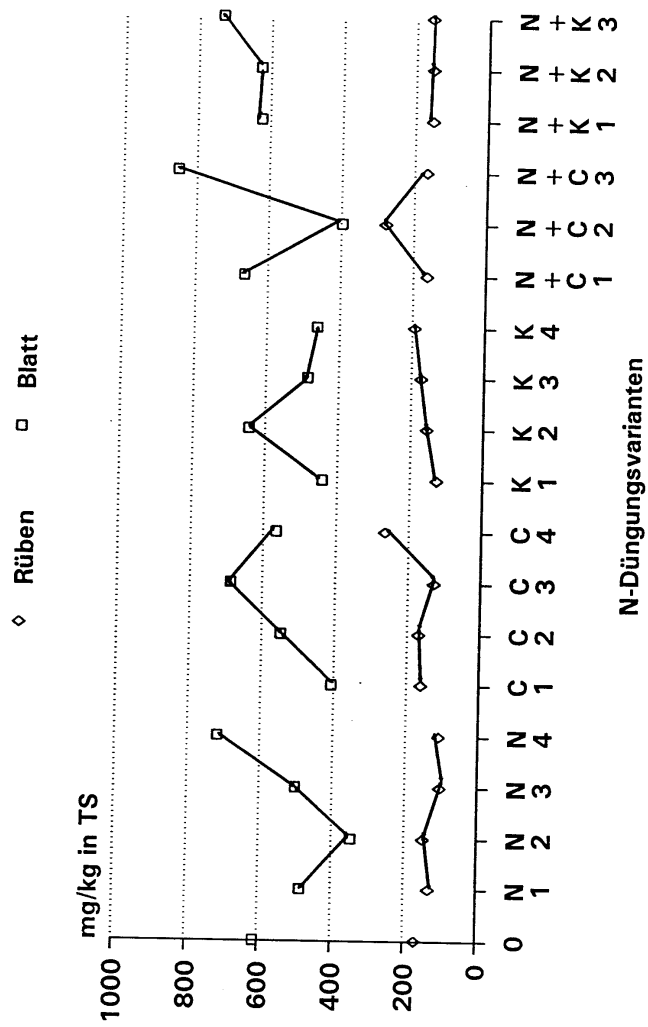
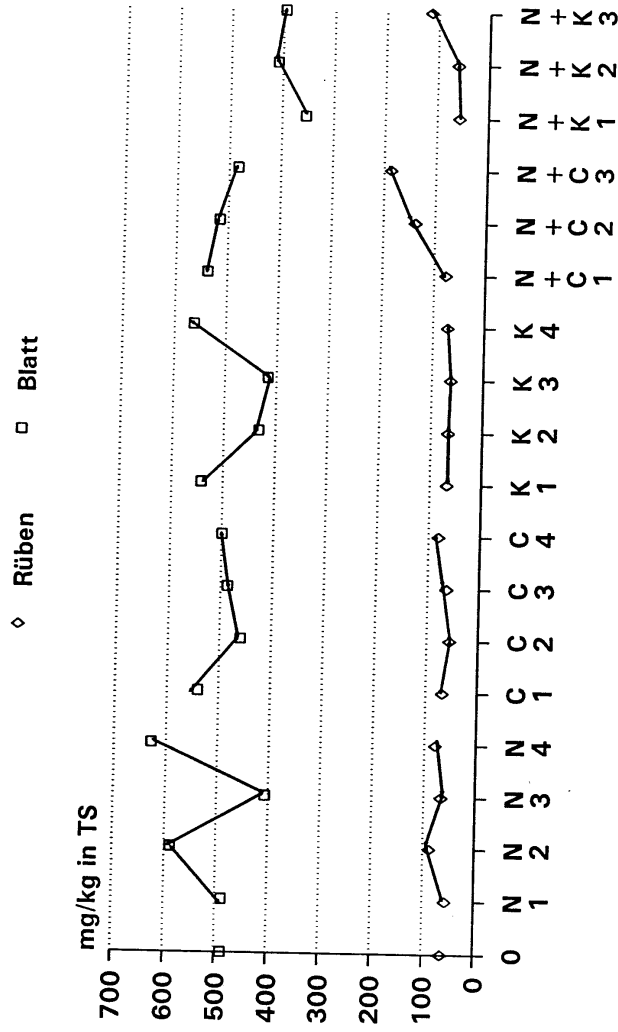


Abb. 34: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Fe-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)



N-Düngungsvarianten

Abb. 35: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Fe-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)

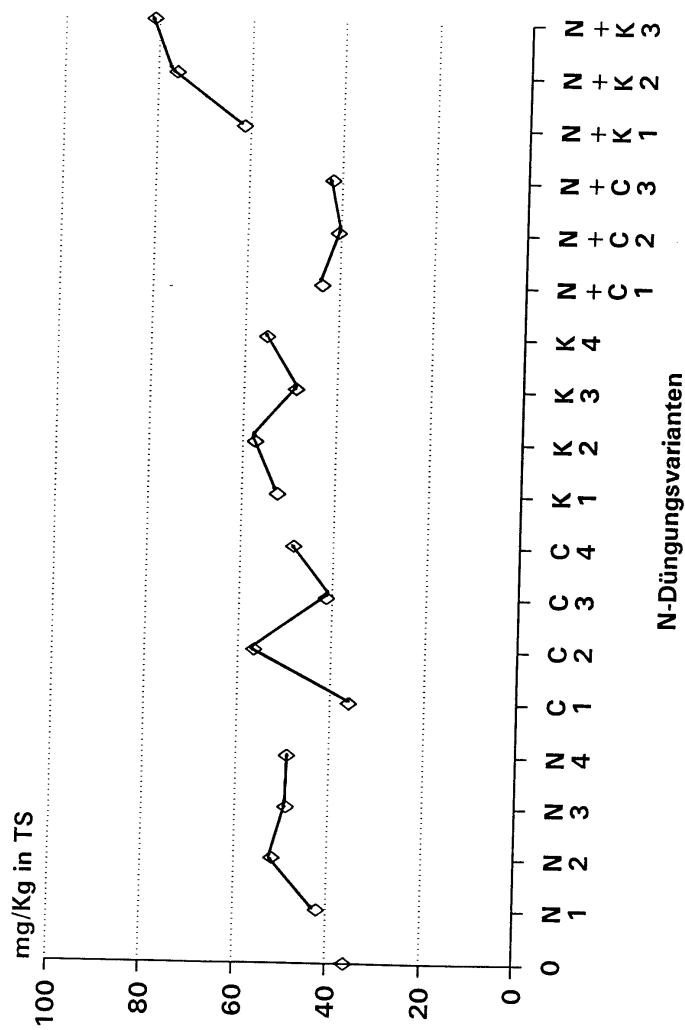


Abb. 36: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Fe-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

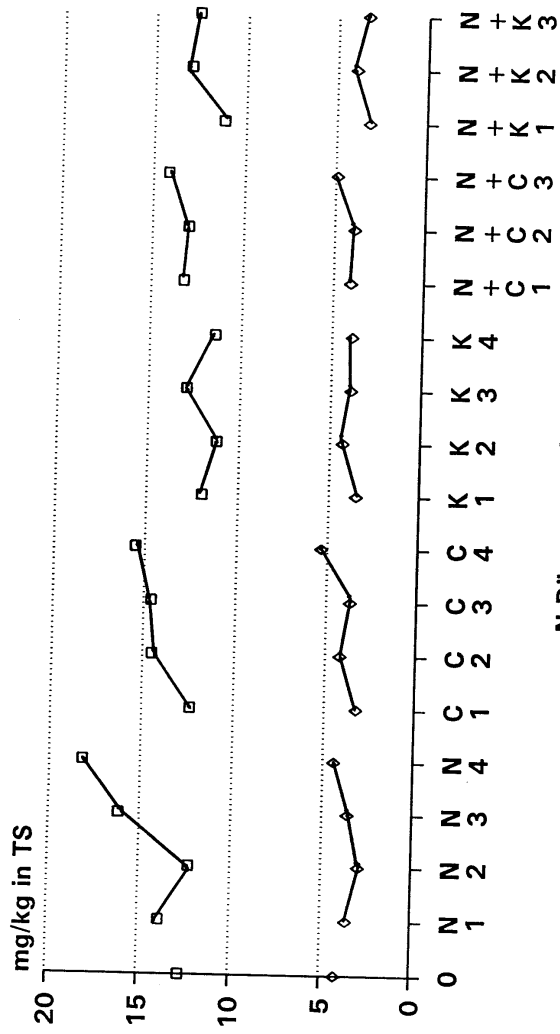


Abb. 37: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Cu-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)

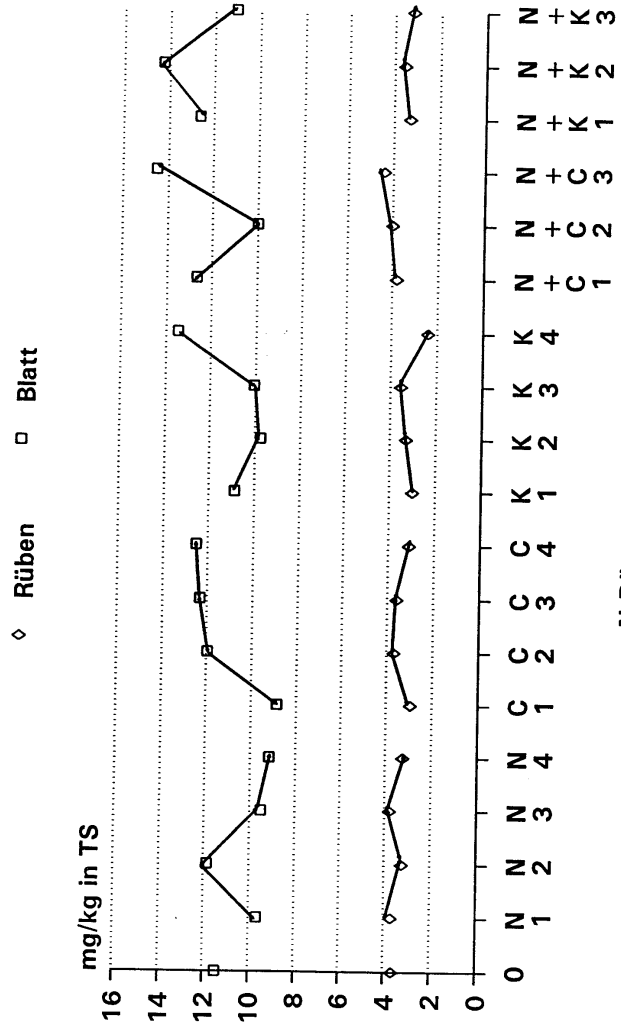


Abb. 38: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Cu-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)

N-Düngungsvarianten

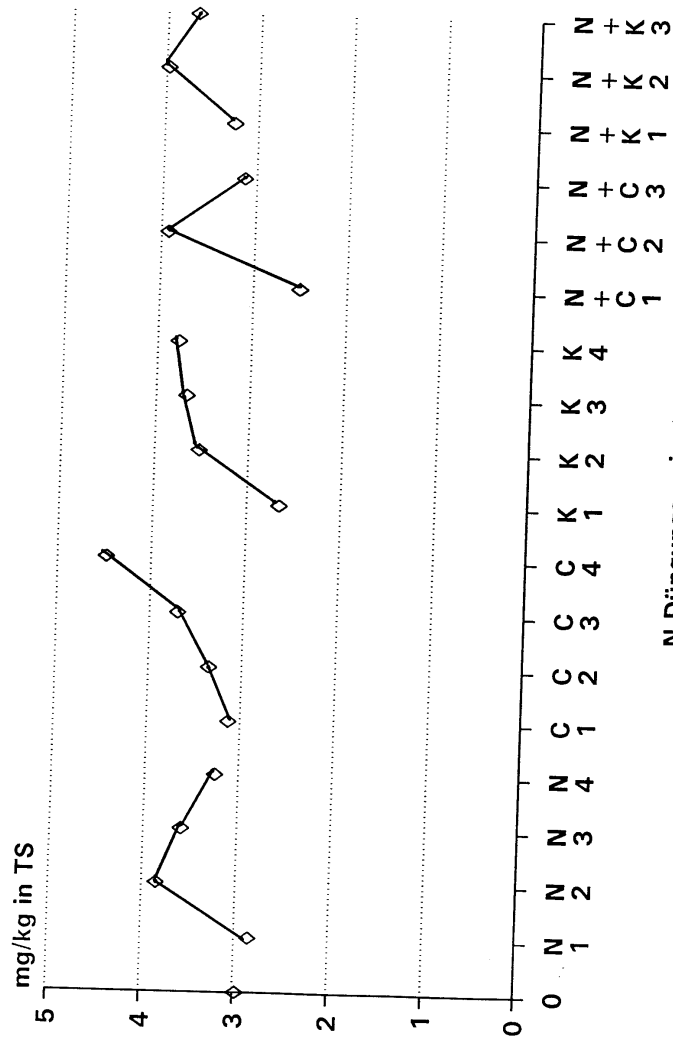


Abb. 39: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Cu-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

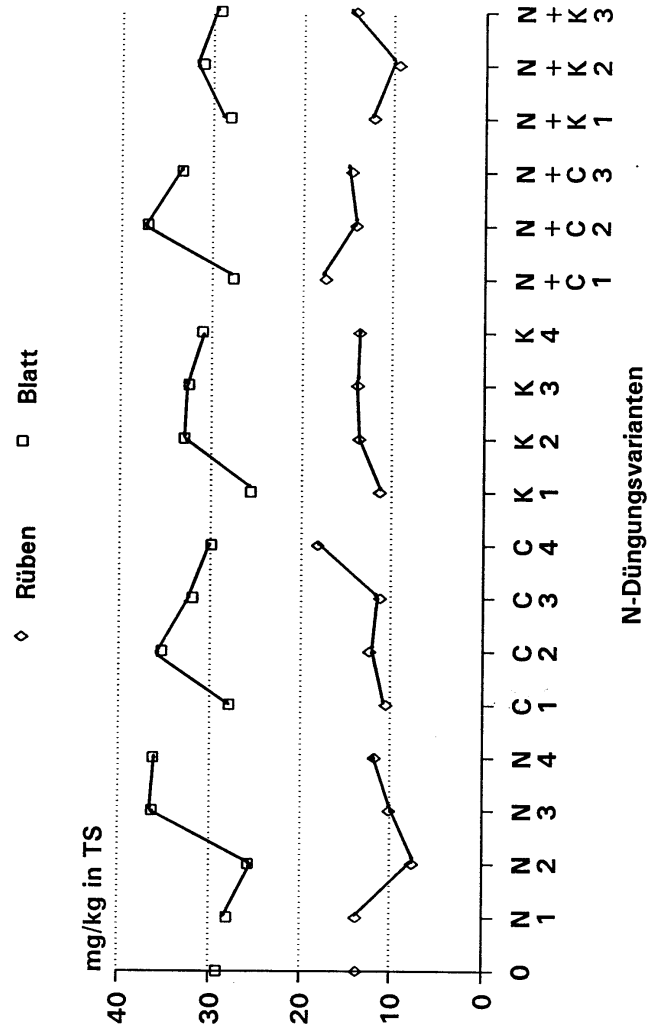


Abb. 40: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zn-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)

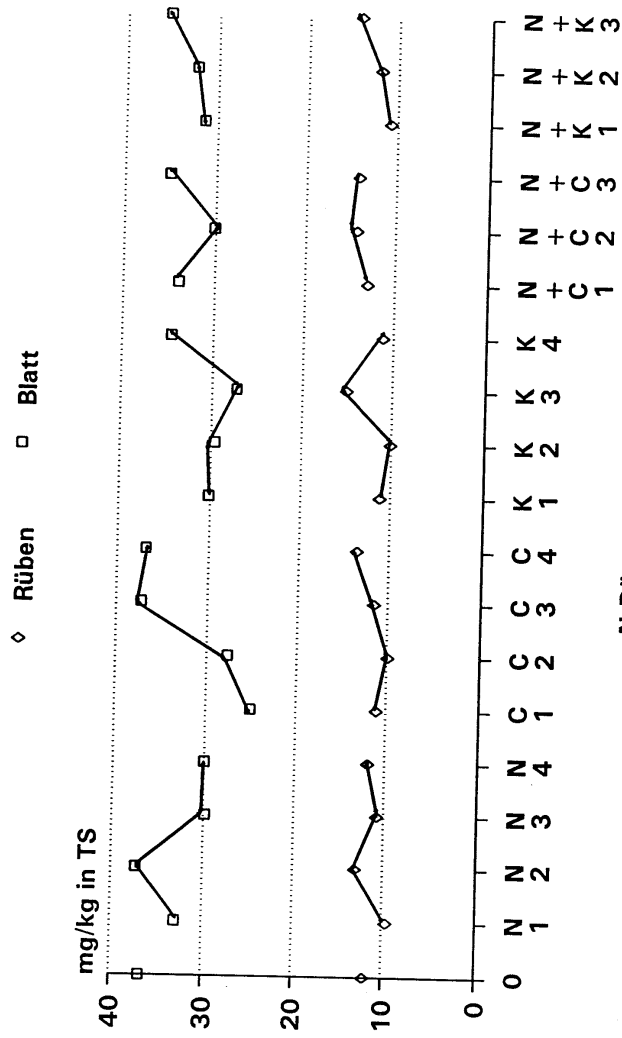


Abb. 41: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zn-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)

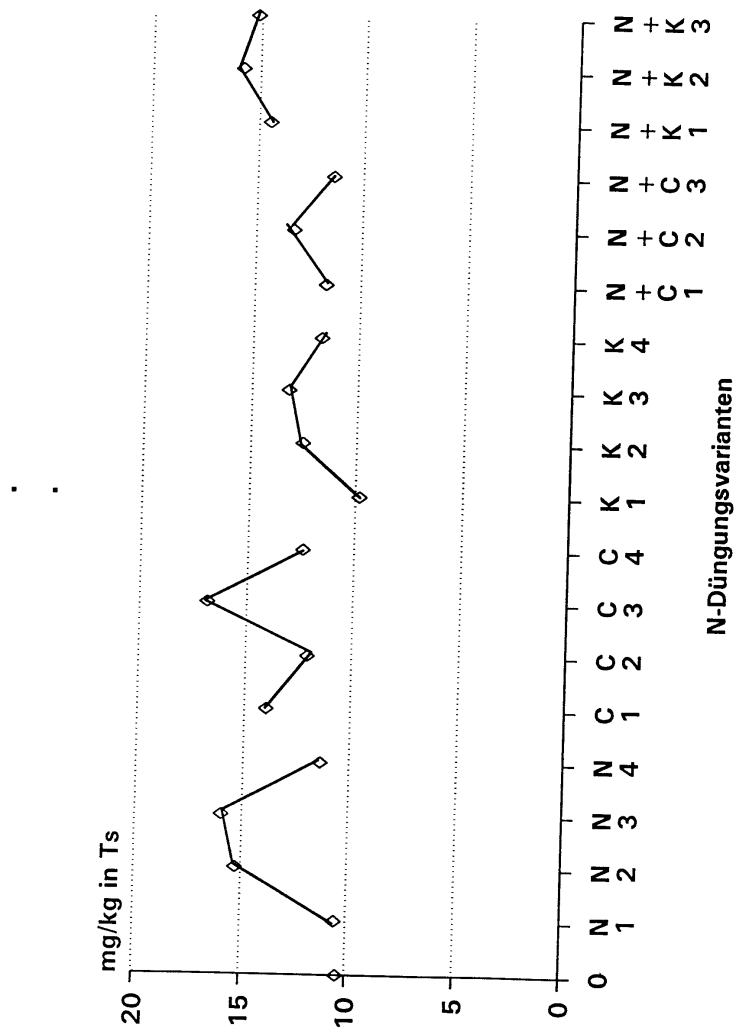


Abb. 42: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Zn-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

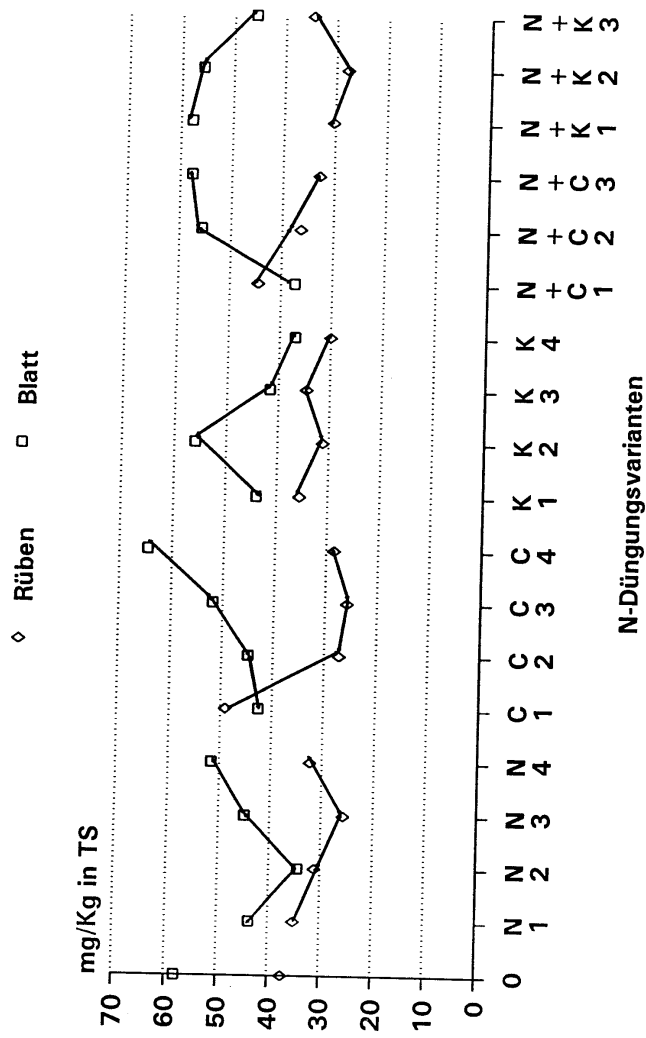
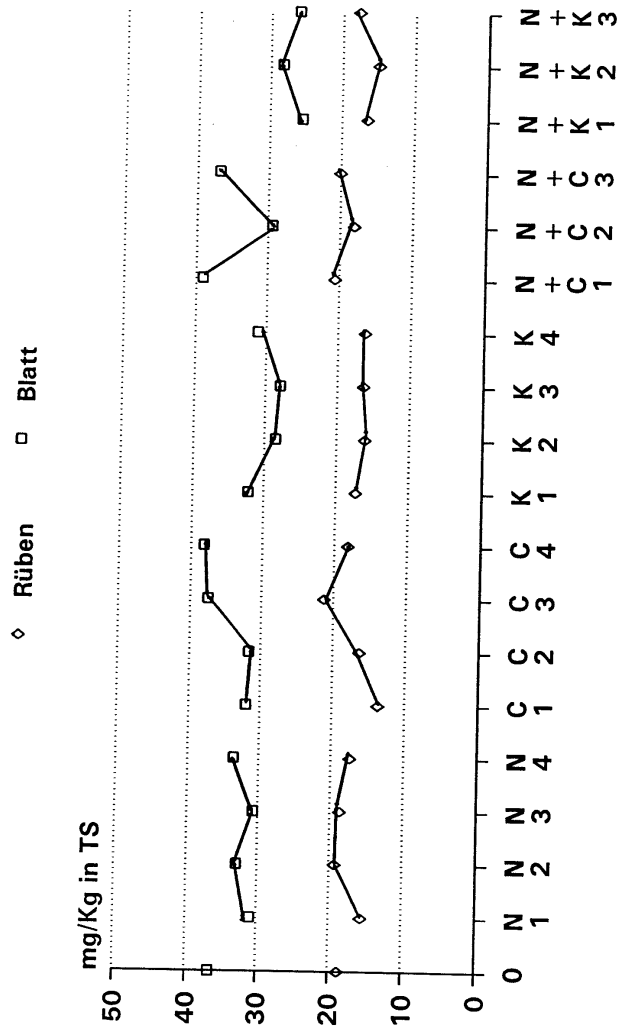


Abb. 43: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mn-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)



N-Düngungsvarianten

Abb. 44: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mn-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)

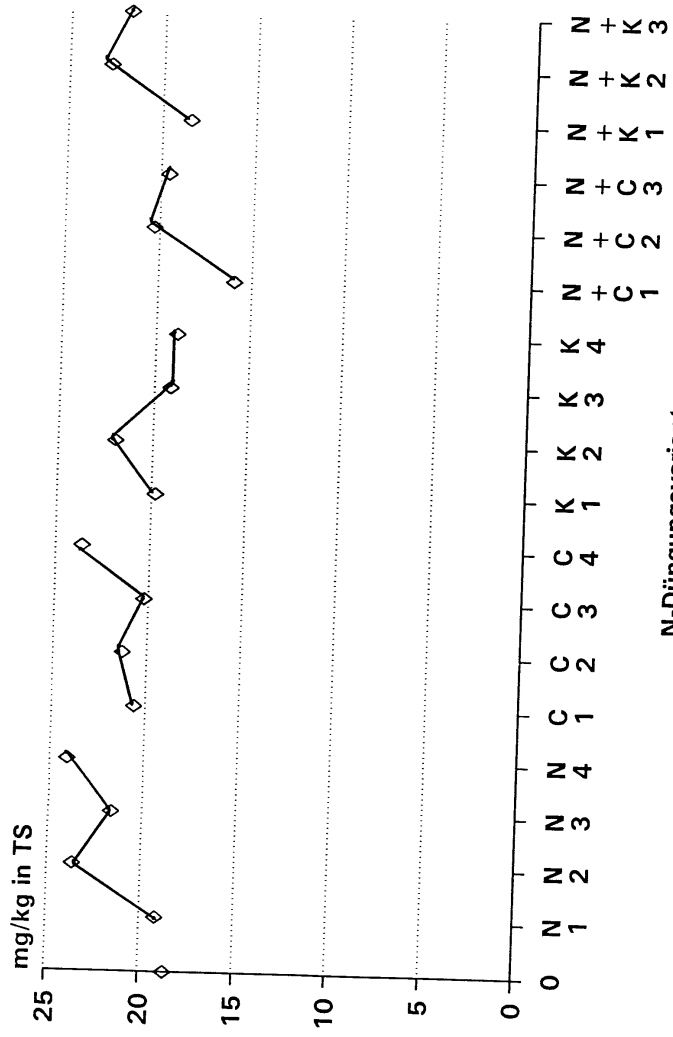


Abb. 45: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den Mn-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

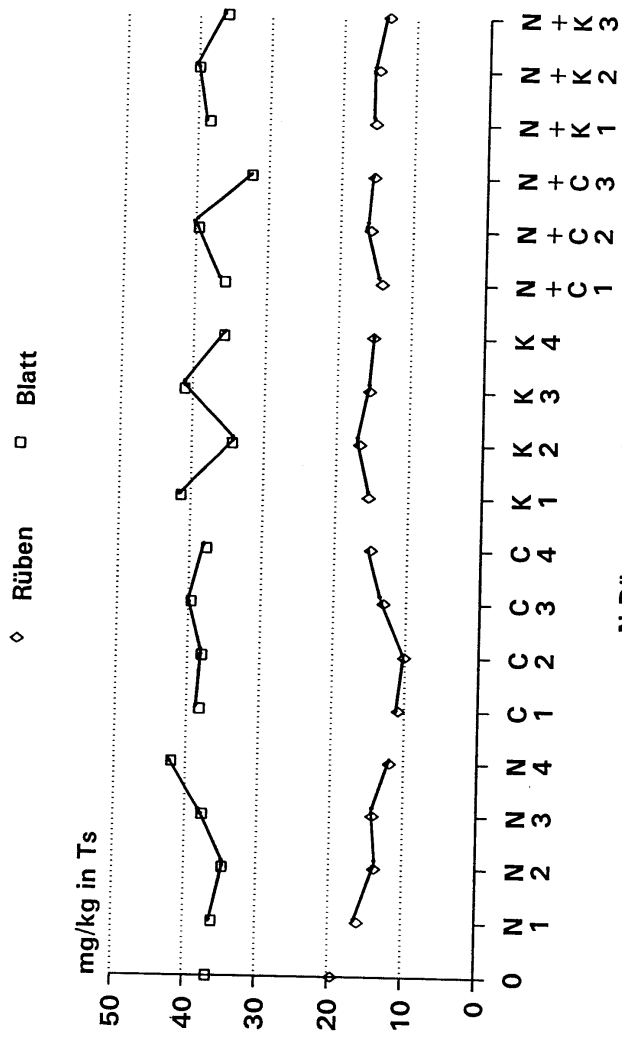


Abb. 46: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den B-Gehalt in Rübe und Blatt (Ansfelden 1987)

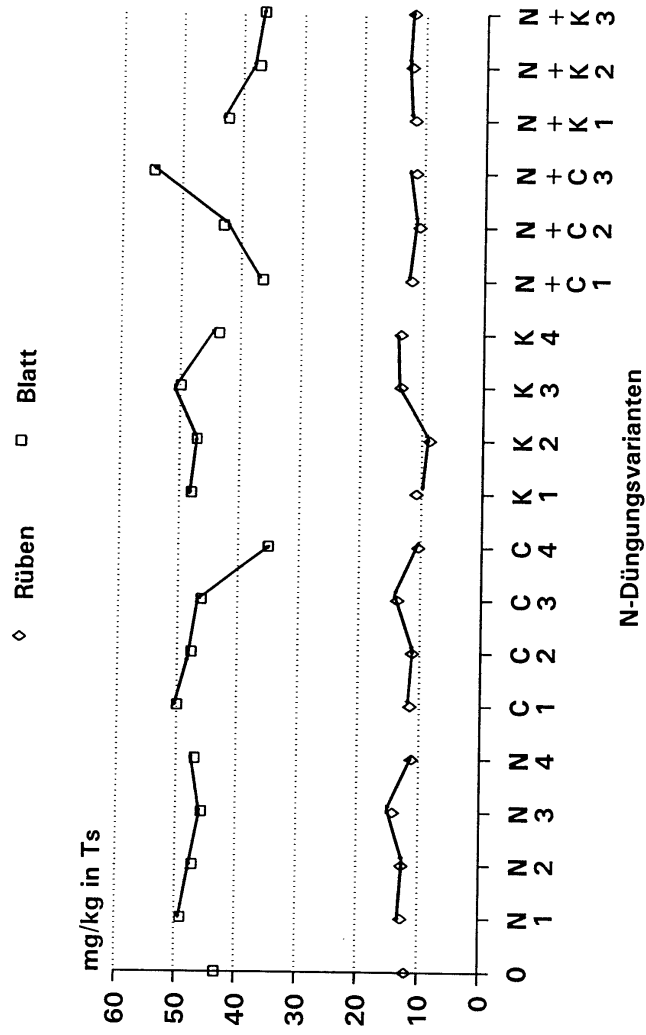


Abb. 47: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den B-Gehalt in Rübe und Blatt (Gerasdorf 1987)

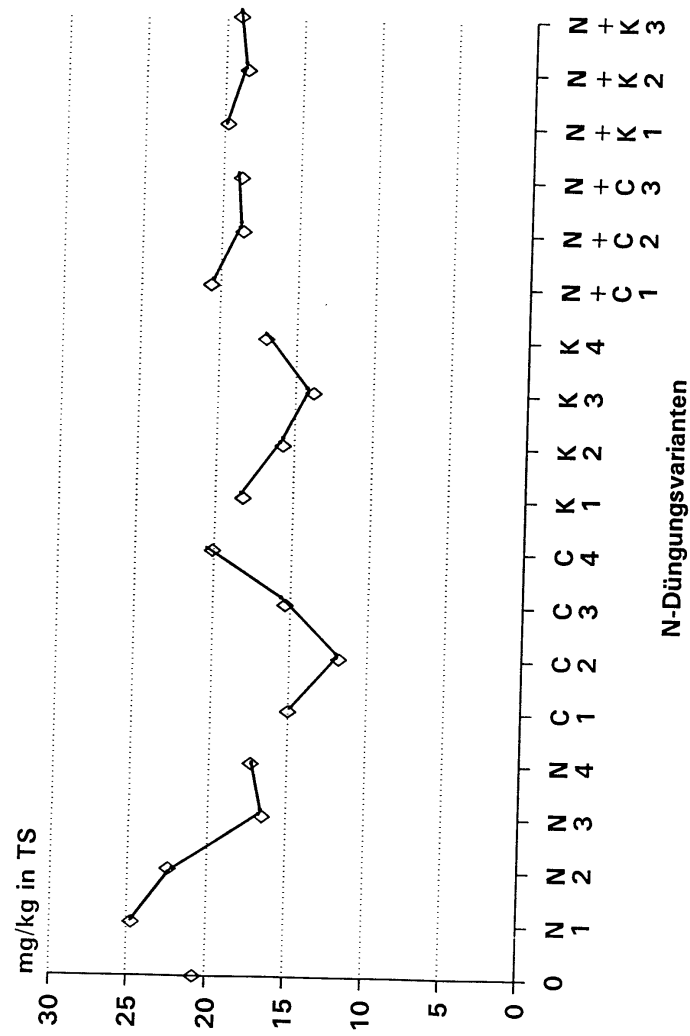


Abb. 48: Einfluß unterschiedlicher N-Formen und verschieden hohes N-Angebot auf den B-Gehalt in Rübe (Gerasdorf 1988)

8. Zusammenfassung

Der Stickstoff wird in der Zuckerrübenpflanze in der Wachstumsphase zur Bildung von Eiweißverbindungen im Blattapparat und im Rübenkörper benötigt. Für ein schnelles Wachstum der Zuckerrübenpflanze ist im besonderen während der Jugend- und Hauptwachstumsphase eine ausreichende N-Versorgung erforderlich. Um den Einfluß der N-Form und der unterschiedlichen N-Angebotsmenge auf den Ertrag, die Qualität und den Nährstoffgehalt der Zuckerrübe in Abhängigkeit von den Produktionsbedingungen zu ermitteln, wurde auf unterschiedlichen Standorten (Oberösterreichischer Zentralraum und Marchfeld) bei verschiedenen klimatischen Verhältnissen (semihumid und semiarid) umfangreiche Feldversuche durchgeführt. Folgende Ergebnisse wurden erzielt

1. Die Höhe des N_{\min} -Gehaltes im Boden ist in erster Linie von der Witterung und den Bodeneigenschaften des Standortes abhängig. Sie wird auch von der Höhe der N-Düngung und der N-Form beeinflusst.
2. Bei hohen Frühjahrsniederschlägen werden bei Zuckerrübe auch auf tiefgründigen Standorten erhebliche Nitratmengen in tiefere Bodenschichten verlagert oder sogar aus dem Hauptdurchwurzelungsbereich ausgewaschen.
3. Für eine gute Entwicklung der Zuckerrübenpflanze ist die Menge an verfügbarem N im Juni und Juli entscheidend.
4. Mit einem steigenden N-Angebot bis zu einem standortabhängigen Optimum nimmt der Rübenenertrag in kg/Pflanze bzw. t/ha zu, und bei einem zu hohen N-Angebot ist sogar ein Rübenenertragsrückgang die Folge. Auf beiden Standorten wurden die höchsten Rübenerträge bei einer N-Gabe von 80 oder

120 kg N/ha erreicht. Diese N-Menge war nicht von der N-Form abhängig, sondern vom Standort und der Witterung.

5. Der Zuckergehalt und der bereinigte Zuckergehalt wiesen eine signifikante Abnahme mit steigender N-Düngung auf. Der Zucker- und der bereinigte Zuckerertrag stiegen mit einem zunehmenden N-Angebot an und erst bei hohen N-Gaben ging er zurück. Der höhere Zuckerertrag und bereinigte Zuckerertrag wurde bei einer N-Gabe von 80 oder 120 kg N/ha in Abhängigkeit vom Standort und den Klimaverhältnissen erzielt.
6. Mit einer über das Optimum hinausgehenden N-Düngung zeigt die Ausbeute an Weißzucker einen signifikanten Rückgang, während der Ausbeuteverlust und der Melassezucker zunimmt.
7. Der Gehalt an löslicher Asche (Natrium und Kalium) und an schädlichem Stickstoff (Alpha-Amino-N) nahm mit einem steigenden N-Angebot zu und erst bei höheren N-Gaben blieben sie unverändert.
8. Der N-Gehalt in den Blättern und Rüben wies eine wesentliche Zunahme mit steigender N-Düngung auf. Der P-Gehalt und der Zn-Gehalt in den Blättern und Rüben wies mit steigendem N-Angebot in Abhängigkeit vom Standort eine unterschiedliche Wirkung auf.
9. Der K-, Fe- und Cu-Gehalt in den Blättern und Rüben zeigt am Standort Ansfelden eine Zunahme mit steigender N-Düngung, auf dem Standort Gerasdorf blieb er unverändert. In Abhängigkeit vom Standort nahmen der Ca- und Mg-Gehalt in den Blättern und Rüben mit steigender N-Gabe ab oder blieben unbeeinflussbar. Der B-Gehalt im Blatt nimmt durch eine

N-Angebotssteigerung zu und in den Rüben ab. Der Mn-Gehalt in den Blättern und Rüben geht durch die N-Düngung zurück.

Es ist darauf hinzuweisen, daß die unterschiedlichen N-Formen den Nährstoffgehalt in den Rüben und Blättern nicht beeinflussen. Die Standortbedingungen und die Witterung üben auf den Nährstoffgehalt der Zuckerrübenpflanze einen größeren Einfluß aus.

9. Literaturverzeichnis

- ASMUS, F.; C. HÜBNER und H. GÖRLITZ, 1988: Nährstoffentzug von Zuckerrüben, Kartoffeln und Grünfüttermais auf diluvialen Böden. Arch. Acker-Pflanzenbau u. Bodenkd., Berlin, 32(9), 591-599.
- BAILEY, L.D., 1976: Effects of temperature and root on denitrification in a soil. Can. J. Soil Sci., 56, 79-87.
- BALDWIN, C.S. und J.F. DAVIS, 1966: Effect of time and rate of application of nitrogen and date of harvest on the yield and sucrose content of sugar beets. Agronomy Journal, 58, 373-376.
- BARKNER, A.V., D.N. MAYNARD und W.H. LACHMAN, 1967: Induction of tomato stem and leaf lesions and potassium deficiency by excessive ammonium nutrition. Soil Sci., 103, 319-327.
- BAROCKA, K.H.; H. GEIDEL und W. MÜLLER, 1972: Der Einfluß der Bestandesdichte und N-Düngung auf die Leistung von Zuckerrüben. Z. Zuckerind., 22(2), 81-88.
- BECK, Th., 1983: Die N-Mineralisierung von Böden im Laborbrutversuch. Z. f. Pfl.ernährung u. Bodenkd., 146, 243-252.
- BEER, K.; S. MÜLLER und D. MORITZ, 1983: Dynamik des anorganischen Stickstoffs im Boden und seine Berücksichtigung bei der Stickstoffdüngung der Zuckerrüben in der Deutschen Demokratischen Republik. I.I.R.B. Symposium Stickstoff und Zuckerrübe, Brüssel, 117-119.

- BEISS , U., 1977: Zur Kalkulation des Stickstoffbedarfs der Zuckerrübe. Zucker, 30, 643-649.
- BEISS, U., 1985: Inhaltsstoffe der Zuckerrübe und Nährstoffvorräte im Boden. Die Zuckerrübe, 34(1), 40-44.
- BEISS, U. und C. WINNER, 1975: Ertragsbildung, Nährstoffaufnahme und Nährstoffentzug der Zuckerrübe. Zucker, 28(9), 461-471.
- BENCKISER, G; K. HAIDER und SAUERBECK, 1986: Denitrifikationsverluste unter Zuckerrüben. Z. f. Pfl.ernährung und Bodenkd., 149, 249-261.
- BERGMANN, W. und P. NEUBERT, 1976: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB G. Fischer, Jena. Zit. n. Amberger 1987.
- BLASL, S., 1983: Mineralisch gebundene NH_4 -Stickstoff-Beziehungen zu Bodenkenndaten und zur Qualität von Zuckerrüben. I.I.R.B. Symposium Stickstoff und Zuckerrübe Brüssel, 283-292.
- BORNSCHEUER, E., 1979: Der Einfluß der Bestandesdichte auf die Leistungsmerkmale der Zuckerrübe. Die Zuckerrübe, 1, 14-16.
- BOSWELL, F.C. und W.L. PARKS, 1957: The effect of soil potassium level on yield, lodging and mineral composition of corn. Proc. Soil Sci. Soc. America, 21, 301-305.
- BRATHOLOMEW, W.V., 1971: ^{15}N -Research on the availability and crop use of nitrogen in "Nitrogen-15 in soil plant studies" 1-20, I.A.E.A., Wien. Zit.n. Mengel 1991.

- BREMNER, J.M., 1965: Nitrogen availability indexes. Black, C.A. "Methods of soil analysis". Ser.Amer.Soc. Agron.Ing., 2, 1324-1345.
- BRETELER, H., 1973: A comparison between ammonium and nitrate nutrition of young sugar beet plants grown in nutrient solution at constant acidity. Neth. J. agric. Sci., 21, 227-244.
- BRONNER, H., 1971: Versuch einer Quantifizierung von Einflüssen der Mineraldüngung und einigen Bodenmerkmalen auf das Jugend- und Längenwachstum der Zuckerrübenwurzel. Zuckerindustrie, 21(10), 487-491.
- BRONNER, H., 1985: Serienmäßige Bodenuntersuchung bei Zuckerrüben - Anwendung und Interpretation verschiedener Verfahren in Hinblick auf N, P und K. VDLUFA-Schriftenreihe, 16, Kongreßband, 265-273.
- BUCHNER, A. und H. STURM, 1974: Theoretische N-Bilanz bei ausgewählten Kulturen, Fruchtfolgen und Gebieten. Landwirtsch. Forsch., Sonderheft, 30, 78.
- BURBA, M., 1977: Der Stickstoff als qualitätsbestimmender Faktor im Stoffwechsel der Zuckerrübe. Zucker, 30(4/5), 173-186.
- BURBA, M., 1983: Die N-Assimilation der Pflanze unter besonderer Berücksichtigung der Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L.). I.I.R.B. Symposium Stickstoff und Zuckerrübe Brüssel, 27-52.

- BÜRCKY, K., 1979: Physiologische Aspekte des Stickstoffumsatzes der Zuckerrübe - Verknüpfungen zwischen Stickstoff- und Kohlenstoffstoffwechsel. Zuckerindustrie, 104(11), 1039-1043.
- BÜRCKY, K.; U. BEISS, C. WINNER, L. DRATH und H. SCHIWECK, 1978: Versuche zur Bedeutung des Nährstoffangebotes für die Qualität der Zuckerrübe. II. Stickstoff und Kalium Zuckerindustrie, 103(3), 190-200.
- BÜRCKY, K. und P.V. BISCOE, 1983: Stickstoff im Rübenblatt und N-Translokation aus alternden Blättern. I.I.R.B. Symposium Stickstoff und Zuckerrübe Brüssel, 63-75.
- BÜRCKY, K. und C. WINNER, 1988: N-Umsatz, Ertrag und Qualität von Zuckerrüben nach Düngung mit Schweinegülle. Zuckerindustrie, 113, S. 53-58.
- BURG van, P.F.J.; M.R.J. HOLMES und K. BILZ, 1983: Nitrogen supply from fertilizers and manure; its effect on yield and quality of sugar beet. I.I.R.B. Symposium Stickstoff u. Zuckerrübe, Brüssel, 189-282.
- BURNS, I.G., 1975: An equation to predict the leaching of surface-applied nitrate. J. agric. Sci., 85, 443-454.
- CAMPBELL, R.E. und F.G. VIETS jr., 1967: Yield and sugar production by sugar beets as affected by leaf area variations induced by stand density and nitrogen fertilization. Agronomy Journal, 59, 349-354.

- CARTER, J.N. und D.J. TRAVELLER, 1981: Effect of time amount of nitrogen uptake on sugar beet growth and yield. *Agronomy Journal*, 73, 665-671.
- CHRISTMANN, J. und LOILIER, 1980: Rübe und Stickstoff - Wirksamkeit des Stickstoffdüngers. I.I.R.B. 43. Winterkongreß, 354-379.
- DRAYCOTT, A.P., 1972: *Sugar-Beet Nutrition*. London.
- DRAYCOTT, A.P.; P.J. LAST und A.B. MESSEM, 1980: Possible improvements in nitrogen fertiliser application for sugar beet by way of soil analysis. I.I.R.B. 43. Winterkongreß, 319-325.
- DRAYCOTT, A.P.; P.J. LAST und D.J. WEBB, 1983: Effect of time and method of nitrogen fertilizer applications on available soil nitrogen, on seedling establishment and growth, and on yield of sugar beet. I.I.R.B. Symposium Stickstoff und Zuckerrübe Brüssel, 293-299.
- EDELBAUER, A. und P. RUCKENBAUER, 1983: Studienbehelf Pflanzenbau-Übungen 1. Hochschülerschaft der Universität für Bodenkultur in Wien.
- FEYERABEND, I., 1984: Ein Beitrag zur Frage der Stickstoffnachlieferung von Böden unter Zuckerrüben. *Zuckerindustrie*, 3, 209-214.
- FINCK, A., 1976: *Pflanzenernährung in Stichworten*. Hirt, Kiel.

- FINKNER, R.E.; D.B. OGDEN, P.C. HANZAS und R.F. OLSON, 1958: Effect of fertilizer treatment on the Calcium, Sodium, Potassium, raffinose, galactinol, nine amino acids and total amino acid content of three varieties of sugar beet grown in the Red River Valley of Minnesota. J.Amer. Soc. Sugar beet Technol., 10,, 272-280.
- FORSTER, H., 1970: Die Auswirkung verschiedener variiertes Ernährungsbedingungen auf den Ertrag und die Qualität der Zuckerrübe. Zucker, 23 (12), 343-346.
- GÖRLITZ, H.; R. BRETERNITZ und F. ASMUS, 1981: Zur Gölledüngung von Zuckerrüben im Winter und im Frühjahr. Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenk., 12, 789-797.
- GUTSTEIN, Y., 1968: Wechselwirkungen von Stickstoff-, Kalium- und Natriumdüngern auf die Aufnahme von Nährstoffen und deren Verteilung in den Blatteilen der Zuckerrübe. Zucker, Hannover, 21, 358-364, 415-420.
- HALVORSON, A.D. und G.P. HARTMAN, 1975: Long-term nitrogen rates and sources influence sugar beet yield and quality. Agronomy Journal, 67, 389-393.
- HANSCHMANN, A., 1983: Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Mineralisierung von Bodenstickstoff. Arch. f. Acker- und Pflanzenbau u. Bodenk., 27, 297-305.
- HERBST, F. und J. GARZ, 1978: Verlagerung des anorganischen Stickstoffs im Boden während der Wintermonate in Abhängigkeit von der Witterung und der Bodenart. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin, 155, 113-124.

- HERBST, F.; J. BUFE, J. GARZ und O. HAGEMANN, 1982: Einfache Verfahren zur Schätzung des Nitratverlustes im Boden durch Verlagerung während des Winters. Arch. f. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde, 26, 665-672.
- HERLIHY, M., 1981: Availability of soil nitrogen to sugar beet in rotation with short-term ley. I.I.R.B. 43. Winterkongreß, 291-300.
- HOFFMANN, F., 1977: Untersuchungen zur Ertragsbildung und zu einigen Bedingungen für die Entstehung hoher Erträge bei Zuckerrüben. Arch. f. Acker- u. Pfl.bau u. Bodenk., 21(2), 157-168.
- HOFFMANN, F. und B. ULBRICH, 1986: Stickstoffauf- und -wertung durch Zuckerrüben. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenk., Berlin 30, 5, 283-291.
- HYLTON, L.O; A. ULRICH und D.R. CORNELIUS, 1967: Potassium and sodium interactions in growth and mineral content of Italian reye grass. Agronomy J., 59, 311-314.
- JAUERT, R.; R. BRETERNITZ und S. JOACHIM, 1982: Richtige Ernährung der Zuckerrüben - Voraussetzung für hohe Rüben-, Zucker- und Krauterträge. Feldwirtschaft, 23(10), 453-455.
- JENSEN, V.; C. MARCUSSEN und E. SMED 1983: Nitrogen for sugar beet in Denmark, research and its utilization. I.I.R.B. Symposium Stickstoff und Zuckerrübe Brüssel, 305-316.

- JUNG, J. und S. JÜRGENS-GSCHWIND, 1974: Die Stickstoffbilanz des Bodens, dargestellt an Lysimeterversuchen. *Landwirtsch. Forsch., Sonderheft*, 30(2), 57-77.
- KÄMPF, R. und K. PETZOLDT, 1980: Erfolgreicher Zuckerrübenbau. DLG-Verlag Frankfurt/M..
- KLING, A. und H. STEINHAUSER, 1984: Bei Zuckerrüben Stickstoff sparen. *DLG-Mitteilungen*, 6, 297-298.
- KLOEPFER, F., 1990: Zur Frage der Anpassung der Stickstoffdüngung an den Bedarf der Zuckerrüben insbesondere unter Berücksichtigung von Gülle. Dissertation Bonn.
- KOLENBRANDER, G.J., 1978: The nitrogen cycle and fertilizer requirements. *I.I.R.B.*, 41. Winterkongreß, 1-13.
- KOLENBRANDER, G.J., 1980: The effect of weather pattern on the quantity of mineral nitrogen in the soil profile and the relationship to leaching and fertilizer requirement. *I.I.R.B.* 43. Winterkongreß, 343-351.
- KORIATH, H. und H. GÖRLITZ, 1985: Tendenzen der organischen Düngung von Zuckerrüben. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin*, 229, 185-191.
- LAKHDIVE, B.A., 1970: Beitrag zur Nährstoffaufnahme der Zuckerrübe in Abhängigkeit von der Stickstoff- und Kalidüngung. *Zucker*, 23(15), 1-6.

- LEE, G.S.; G. DUNN und W.R. SCHMEHL, 1987: Effect of date of planting and nitrogen fertilization on growth components of sugar beets. J. Amer. Soc. Sugar Beet Technol., 24, 80-100.
- LÜDECKE, H., 1961: Zuckerrübenbau. 2. Auflage, Berlin, Hamburg.
- LÜDECKE, H. und M. NITZSCHE, 1957: Über Nährstoffaufnahme, Nährstoffentzug und Nährstoffverhältnis unter Berücksichtigung der Zuckerbildung und des Reifezustandes bei verschiedenen Zuchtrichtungen der Zuckerrübe. Zucker, 10, 369-374.
- LÜDECKE, H. und M. NITZSCHE, 1959: Entwicklungsverlauf verschiedener Zuckerrübensorten. Landwirtschaft-Angewandte Wissenschaft.
- LÜDECKE, H. und M. NITZSCHE, 1964: Über das Stickstoff-Kalium-Verhältnis bei Zuckerrüben und dessen Einfluß auf Ertrag, Qualität und Zuckerausbeute. Zucker, 17, 173-178, 203-210.
- MENGEL, K., 1972: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze.
- MENGEL, K., 1979: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. G. Fischer, Stuttgart, 5. Aufl.
- MENGEL, K. und H.W. SCHERER, 1980: N-Mineralisierung - Das Meiste stammt aus Tonmineralen. DLG-Mitteilungen, 23, 1337-1338.

- MENGEL, K. und H. CASPER, 1980: Der Einfluß der Bodenfeuchte auf die Verfügbarkeit von Nitratstickstoff im Boden. Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde, 143, 617-626. Zit. n. Mengel 1991.
- MEYER, B., 1974: Boden- und Dünger-N-Umsätze, -Umverteilung und -Bilanzen in Löß-Parabraunerden in Abhängigkeit von Bewuchs, Dünger-N-Form und Umsetzungsregulatoren. Mitt. d. Dt. Bodenkundl. Gesellsch., 20, 416-424.
- MEYERS, R.J.K., 1975: Temperature effect on ammonification and nitrification in a tropical soil. Soil Biol. Biochem., 7, 83-86.
- MÜLLER von, A. und C. WINNER, 1976: Wirkung der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Qualität von Zuckerrüben bei unterschiedlicher Bestandesdichte. Zucker, 29(5), 243-251.
- MÜLLER von, A. und C. WINNER, 1980: Neue Ansätze einer standortspezifischen Stickstoffdüngung der Zuckerrübe - 1-N-Bedarf der Pflanze und N-Angebot. Zuckerind., 105, 64-68.
- MÜLLER von, A. und C. WINNER, 1986: Versuche zur Düngung von Zuckerrüben mit Schweinegülle auf leichten Böden. Zuckerind. 113, 53-58.
- MÜLLER, H.J., 1983: Versuchsergebnisse zum Einfluß der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Inhaltsstoffe von Zuckerrüben. I.I.R.B. Symposium Stickstoff u. Zuckerrübe, Brüssel, 357-371.

- MÜLLER, H.J., 1984: Soll man Stickstoffdüngung zu Rüben teilen. *Agrozucker*, 2/84, 9.
- MÜLLER, K.; A. NIEMANN und W. WERNER, 1962: Der Einfluß des Stickstoff-Kali-Verhältnisses auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe. *Zucker*, 15, 142-147.
- NEUINS, D.J. and R.S. LOOMIS, 1970: Nitrogen nutrition and photosynthesis in sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). *Crop Science*, 10, 21-25.
- ÖDB, 1983: Die Düngung der Zuckerrübe. 14.
Österreichische Zuckerwirtschaft, Wien, 1989.
- PRZEMECK, E.; K.H. WINKELMANN und F. TIMMERMANN, 1975: Veränderungen des Nitratgehaltes im Profil eines Lößlehmstandortes während des Winterhalbjahres 1974/75 nach unterschiedlicher mineralischer und organischer Düngung. *Mitt. d. Dt. Bodenkundl. Gesellsch.*, 22, 301-310.
- RECKE, H., 1984: Kalium- und Stickstoffverfügbarkeit südniedersächsischer Standorte bestimmt mittels Elektro-Ultrafiltration (Euf) - in Beziehung zu Ertrag und Qualität der Zuckerrübe. Dissertation Gießen.
- REINEFELD, E.; A. EMMERICH, G. BAUMGARTEN, C. WINNER und U. BEISS, 1974: Zur Voraussage des Melassezuckers aus Rübenanalysen. *Zucker*, 27(1), 2-12.
- SCHACHTSCHABEL, P.; H.-P. BLUME, K.-H. HARTGE und U. SCHWERTMANN, 1982: Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Auflage, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.

- SCHARPF, H.C. und J. WEHRMANN, 1975: Bedeutung des Mineralstoffvorrates des Bodens zu Vegetationsbeginn für die Bemessung der N-Düngung für Winterweizen.. Landw. Forsch. Sonderh., 32/I, 100-114. Zit. n. Mengel 1991.
- SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL, 1989: Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Auflage, F. Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHERER, H.W., 1987: Einfluß von Bewuchs auf die Mobilisierung von spezifisch gebundenem NH_4^+ im Boden. J. Agronomy and Crop Science, 158, 114-120.
- SCHNEIDER, W., 1981: Bundesanstalt für Bodenkultur, Wien.
- SCHULTZ, G., 1961: Über die Variabilität von Blattfläche und Nettoassimilationsrate bei Zuckerrüben vom ökologischen Standpunkt aus. Z. Acker- und Pflanzenbau, 112(1), 39-53.
- SCHULTZ, G., 1963: Die Bedeutung der Blattfläche für die Trockensubstanzproduktion der Zuckerrüben. Zucker, 11, 288-292.
- SMUKALSKI, M. und J. ROGASIK, 1977: Einfluß von Beregnung und Intensivdüngung auf das Ertragsverhalten und die Nährstoffaufnahme von Zuckerrüben in Fruchtfolge und Monokultur. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk., Berlin, 21(8), 659-673.
- SOLANSKY, S., 1983: Möglichkeit zur Steuerung des N-Angebotes im Zuckerrübenanbau. Symposium "Stickstoff und Zuckerrübe", Brüssel, 373-394.

- STADELMANN, F.X.; O.J. FURRER; S.K. GUPTA und P. LISCHER, 1983: Einfluß von Bodeneigenschaften, Bodennutzung und Bodentemperatur auf die N-Mobilisierung von Kulturböden. Z. f. Pfl.ernährung und Bodenkd., 46, 228-242.
- STANFORD, G. und S.J. SMITH, 1972: Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci.Soc. Amer.Proc., 36, 465-472.
- STANFORD, G. und E. EPSTEIN, 1974: Nitrogen mineralization. Water relations in soils. Soil Sci.Soc. Amer.Proc., 38, 103-107.
- STEFANSON, R.C., 1972: Soil denitrification in sealed soil plant systems. II-Effect of soil water content and form of applied nitrogen. Plant and Soil, 37, 129-140.
- STEINECK, O., 1963: Die Bedeutung des Nährstoffes Kali für die Stoffbildung der Pflanze. Kali-Briefe (Bern), 6, Fachgeb. 2, 1-10.
- VETTER, H.; G. STEFFENS und H.-H. KOWALEWSKY, 1982: Gülle besser nutzen. Die Zuckerrübe, 31(6), 246-251.
- VIELEMEYER, H.P.; H. LUX und K.H. WEEGE, 1986: Einfluß des zeitlichen N-Angebots auf den Ertragsbildungsprozeß der Zuckerrübe. Arch. f. Acker- u. Pfl.bau u. Bodenkd., 30(3), 131-137.
- VOLGER, B., 1979: Einfluß agrotechnischer Maßnahmen auf die N-Aufnahmen sowie Ertrags- und Qualitätsbildung bei Zuckerrübe unter besonderer Berücksichtigung der Nitratverfügbarkeit im Boden. Dissertation Bonn.

- WEEGE; K.H. und H. LUX, 1987: Produktivität und Gesamtstoffproduktion von Zuckerrübenbeständen. Arch. Acker-Pflanzenb. Bodenkd. Berlin, 30.
- WEHRMANN, J. und H.C. SCHARFF, 1979: Der Mineralstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf (N-min-Methode). Plant and Soil, 52, 109-126.
- WEHRMANN, J. und H.-C. SCHARPF, 1980: Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Grundlage der Stickstoffdüngung bei Zuckerrüben. I.I.R.B. 43. Winterkongreß, 327-342.
- WELTE, E. und W. WERNER, 1962: Ionenaustauschversuche über die Beeinflussung der Kationenaufnahme der Pflanzen durch die Stickstoffform. Agrochimica, 6, 337-348.
- WESTERMANN, R.L. und L.T. KURTZ, 1973: Priming effect of N-labeled fertilizer on soil nitrogen in field experiments. Soil Sci.Soc. Amer.Proc., 37, 725-727.
- WICKE, H.J. und G. URBAN, 1982: Zur Stickstoffdüngung der Zuckerrüben unter besonderer Berücksichtigung des Weißzuckerertrages. Feldwirtschaft, 23, 10, 455-457.
- WIENINGER L. und N. KUBADINOW, 1973: Die Stickstoffdüngung und ihre Auswirkungen auf technologische Qualitätsmerkmale der Zuckerrübe. Zucker, 2, 65-70.
- WINNER, C., 1967: Düngung, Überdüngung und Qualität der Zuckerrübe. Zucker, 20, 111-118.

- WINNER, C., 1975: Standortgemäße Stickstoffdüngung von Zuckerrüben und Düngerbedarfsprognose. Zucker, 28 (10), 563-572.
- WINNER, C., 1979: Neue Wege zur standortspezifischen Stickstoffdüngung. Zuckerrübe, 28/1, 17-18. Zit. n. Winner 1981.
- WINNER, C., 1981: Zuckerrübenbau. DLG-Verlag, Frankfurt/M.
- WINNER, C.; R. MERKES und R. TEICHMANN, 1976: Ertrag und Qualität von Zuckerrüben in Abhängigkeit von Bestandesdichte und Reihenweite im vereinzelnungslosen Anbau. II. Standraumzumessung durch Endstandsamt. Zucker, 29, 2-8. Zit. n. Winner 1991.
- WINNER, C. und U. BEISS, 1977: Zur Frage des Stickstoffbedarfs der Zuckerrübe. Zucker, 30(3), 140-143.
- WINNER, C. und K. BÜRCKY, 1977: Versuche zur Bedeutung des Nährstoffangebotes für die Qualität der Zuckerrübe. Zucker, 30, 581-589.
- WOLDENDORP, J.W., 1962: The quantitative influence of the rhizosphere on denitrification. Plant and Soil, 17, 267-270.

Lebenslauf

- 6.11.1949: Geburt in Kafr El-Sheikh, Ägypten
- 1956-1965: Volksschule in Kafr El-Sheikh, Ägypten
- 1965-1968: Landwirtschaftliche Schule in Kafr El-Sheikh, Ägypten
- 1968-1972: Baccalaureat in Landwirtschaft an der Tanta Universität, Ägypten
- 1973-1977: M.Sc. (Magister) in Pflanzenproduktion an der Tanta Universität, Ägypten

Thema der Arbeit:

Einfluß von Chlorochinchlorid und Gibberellin auf den Ertrag und Qualität der Ackerbohne (*Vicia faba* L.)

- 1977-1985: Assistent am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung an der Fakultät für Landwirtschaft der Tanta Universität in Ägypten
- 1985-1992: Doktoratsstudium an der Universität für Bodenkultur in Wien, Österreich.
Durchführung der Dissertationsarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur, Wien.

Thema der Arbeit:

Einfluß unterschiedlicher Stickstoffformen und verschieden hohes N-Angebot auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe (*Beta vulgaris* spp. *vulgaris* var. *altissima* (Doell.)).