

K. VISMAYER und R. GUTSER*)

Eingangsgang am 13. 5. 1988 / 9. 8. 1988

Einführung

In viehlos wirtschaftenden Betrieben verbleiben die Rübenblätter nach der Ernte vielfach als organischer Dünger mit guter Wirksamkeit im Boden (DZYBICK, 1979). Die Berücksichtigung des daraus mineralisierten Stickstoffs ist für die Düngung der folgenden Kultur wichtig. Diese Mineralisation ist abhängig von Winterweitung und Bodenstruktur (GUTSER und TEJNER, 1980; TEJNER und GUTSER, 1980; MALD, 1984), aber auch vom C/N-Verhältnis, wie Versuche mit anderem Grünmaterial gezeigt haben (KJOK und MÅSSNER, 1976; WEHARAYATNA, 1979; VISMAYER und AMBERGER, 1981; AMBERGER, 1987; VISMAYER und GUTSER, 1987). Über die N-Freisetzung aus Rübenblättern mit teilweise hohen Gesamt-N-Gehalten (2,3 % bis 4,0 % i. TS) liegen bereits einige Untersuchungen vor (DZYBICK, 1979; JUNG et al., 1980; VISMAYER und AMBERGER, 1981; AVSHANI et al., 1984). Demnach wird bis zu 1/3 des Gesamt-N innerhalb eines Jahres pflanzenverfügbar. Mit Einführung des qualitätsbezogenen Zuckerrübenanbaus ging die teilweise sehr hohe N-Düngung von bis zu 300 kg N/ha in den letzten Jahren wesentlich zurück (BÜCHNER und STROM, 1985).

In den folgenden Untersuchungen sollte geklärt werden, inwieweit eine unterschiedlich hohe N-Düngung und eine frühe bzw. späte Einarbeitung der Rübenblätter im Herbst die Stickstoffmineralisation beeinflussen.

Material

Rübenblätter

In N-Stiegeversuchen unter Feldbedingungen (0–120–300 kg N/ha) bzw. in einem Lysimeterversuch (180 kg N/ha ¹⁵N markiert) konnten auf Braunerden aus Loß-Rübenblätter mit verschiedenem C/N-Verhältnis produziert werden, die nach der Ernte gefriergetrocknet und gemahlen wurden (Tab. 1). Lediglich in der N₀-Variante lag deutlicher N-Mangel vor.

Tab. 1

*Kenndaten der Rübenblätter
Charakteristika of sugar beet leaves*

N-Düngung der Zuckerrüben	Gesamt-N % i. TS	C/N	NO ₃ -N mg/100 g TS
N ₀	1,57	24	0
N ₁₂₀	2,38	17	12
N ₃₀₀	3,09	13	185
N ₄₀₀	1,67	23	0

*) Dr. K. VISMAYER und Dr. R. GUTSER, Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München-Weihenstephan, D-8050 Freising 12

Boden

ul, pH(CaCl₂) 6,3, 0,14 % Gesamt-N, 1,4 % Gesamt-C.

Versuchsansstellung

Je 100 g Boden wurden in 300-ml-Polyäthylflaschen mit 20 mg N in Form von Rübenblättern gemischt, auf 60 % der vollen Wasserkapazität eingestellt und vom 17. Oktober 1985 bzw. 13. Dezember 1985 bis August 1986 unter Temperaturen beibehalten, die dem langjährigen Durchschnitt der Bodentemperatur in Weihenstephan in 2 cm bis 20 cm Tiefe entsprechen.

Methodik

Untersuchungen in Pflanzen

Gesamt-N: nach Kjeldahl

Gesamt-C: durch nasse Veraschung (SPRINGER und KLEE, 1955)

Nitrat: kolorimetrisch mit 2,4 Dimethylphenol bei 436 nm (BALKS und REKERS, 1960).

Untersuchungen im Boden

Ammonium: mit ionenselektiver Elektrode (Orion 95–10).

Nitrat: mit Hochdruckflüssigkeitschromatographie (VISMAYER, 1984).

Die Bestimmung des ¹⁵N erfolgte im K₂SO₄-Extrakt nach Destillation mit Devard'scher Legierung und Titration mit 0,005 M H₂SO₄ mittels Emissionsspektroskopie (VISMAYER und MEDINA, 1984).

Ergebnisse

1. In Abhängigkeit vom C/N-Verhältnis beginnt nach Oktobereneinarbeitung (17. 10. 1985) eine sehr unterschiedliche NO₃-Bildung aus den Rübenblättern (Abb. 1). Während sich die Varianten N₁₂₀ und N₃₀₀ vor allem zu Versuchsende im August nur unwesentlich unterscheiden – 35 % bzw. 40 % der zugegebenen N-Menge wurden nitrifiziert – bleiben die N-ärmeren Rübenblätter aus N₀ bzw. sowie N₁₈₀ (aus dem Lysimeter) mit einer maximalen N-Freisetzung von 10 % wesentlich zurück.

Die relativ späte Einarbeitung im Dezember (13. 12. 1985) mit Temperaturen um den Gefrierpunkt bewirkt eine deutlich verzögerte, später (April) aber sehr heftig einsetzende Nitratabbildung. Aus den stark mit Stickstoff gedüngten Rübenblättern (C/N 13) werden bis zu 53 % und aus N₁₂₀ (C/N 17) 41 %, aus N₀ (C/N 24) und N₁₈₀ (C/N 23) dagegen nur geringe Mengen (4 % bzw. 7 %) der vorgegebenen Gesamt-N-Menge nitrifiziert. Ammonium konnte nur in Spuren (< 0,2 mg N / 100 g Boden) nachgewiesen werden (daher nicht aufgeführt).

Ein Vergleich der Tracermethode (der freigesetzte N kann durch direkte Messung des markierten ¹⁵N erfasst werden) mit der üblichen rechnerischen Differenzmethode (freigesetzte N-Menge nach Abzug der Kontrolle) zeigt zu Versuchsende im August nach 40 Wochen mit 18 % eine deutlich höhere NO₃-Freisetzung aus dem Rübenblatt gegenüber 10 % (Differenzmethode, ohne ¹⁵N berechneter) (Tab. 2). Ferner ist die N-Mineralisation zu diesem Zeitpunkt noch nicht beendet, wie der Versuch bei einer konstanten Temperatur von 25°C mit sehr viel schnellerer Nitratabbildung beweist.

Nach den Ergebnissen dieser Modellversuche bestimmen C/N-Quotient, Einarbeitungszeitpunkt und Bodentemperatur sehr deutlich die Freisetzung von Stickstoff aus Rübenblättern.

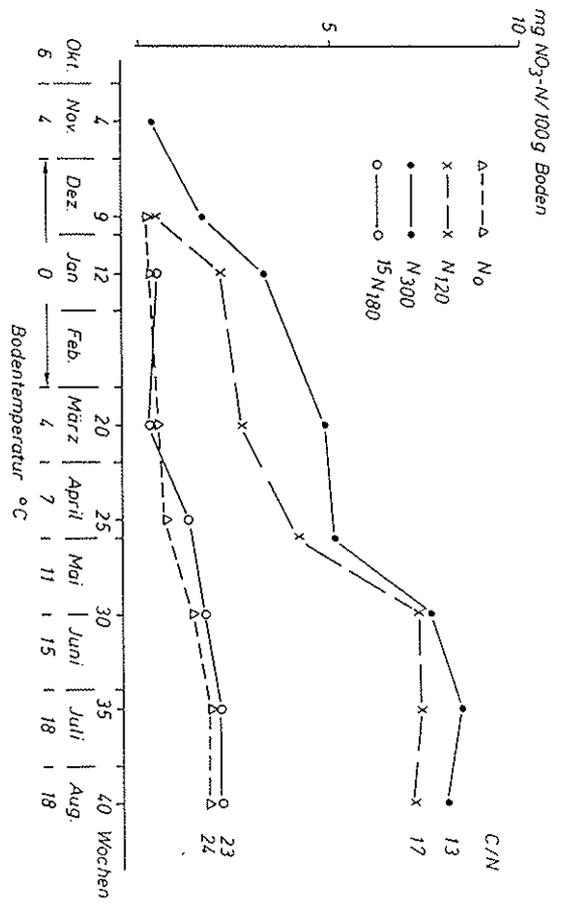


Abb. 1
Nitratabbildung aus Zuckerrübenblättern nach Oktoberereinbringung
Release of nitrate from sugar beet leaves after incorporation in October

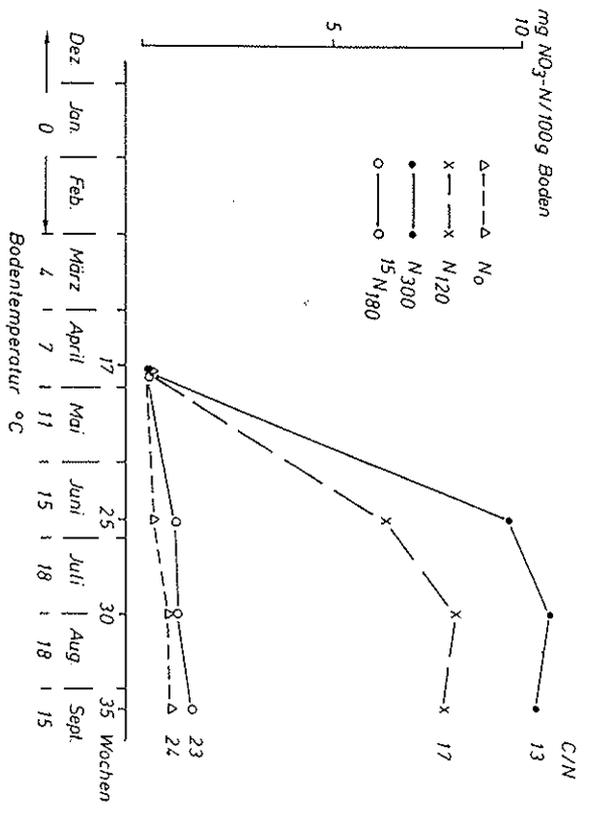


Abb. 2
Nitratabbildung aus Zuckerrübenblättern nach Dezemberereinbringung
Release of nitrate from sugar beet leaves after incorporation in December

Tab. 2
Nitratabbildung aus ...zuckerrübenblättern (C/N 23) in Abhängigkeit von Temperatur und Bestimmungsmethode
(NO₃-N in % des eingesetzten Gesamt-N)

Formation of nitrate from sugar beet leaves (C/N 23) as depending on temperature and analytical technique

Untersuchung n. Wochen	Temperaturwechsel		Konstant 25°C
	Differenzmethode	Tracermethode	
4	0	0,4	10,2
9	1	0,4	21,9
12	2	-	-
15	-	1,1	29,8
20	1	3,2	30,4
25	6	5,0	31,7
30	8	5,2	-
35	10	15,0	-
40	10	18,1	-

2. Die erheblichen Schwankungen in der N-Freisetzung aus Zuckerrübenblättern können auch in langjährigen N_{min}-Erhebungsuntersuchungen in Praxisflächen des unterfränkischen Raumes (Würzburg) bzw. des teritiären Hügellandes (Freising) belegt werden. Auf den dort vorzufindenden Braun- und Parabraunerden (Löß, Lößlehm) stellen vor allem die Boden- und Lufttemperaturen in der vegetationsfreien Zeit standortunterschiedliche Kenngrößen dar (Abb. 3).

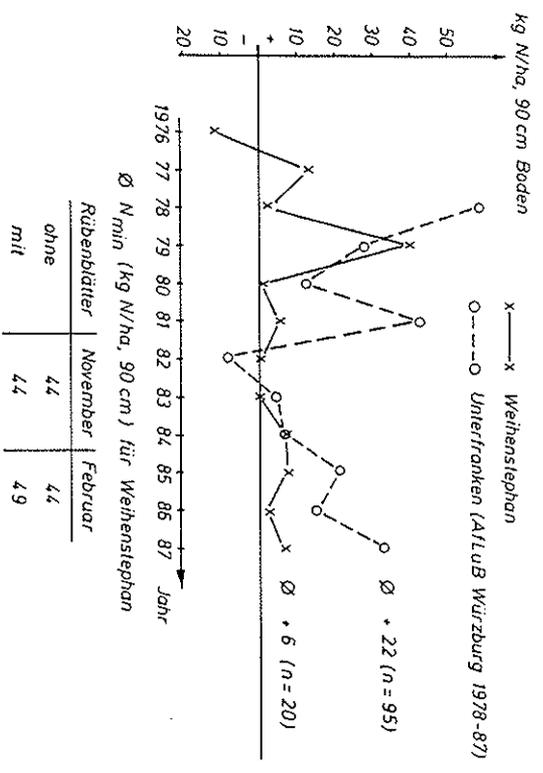


Abb. 3
Einfluß von Rübenblätterdungung auf die N_{min}-Mengen tieferer Braun- und Parabraunerden
zu Vegetationsbeginn (Februar) - Erhebungsuntersuchungen
Effect of beet leaf manuring on N_{min} concentrations in deep brown earth and brown earth leptic
in February - field observations

Unter den kühleren Verhältnissen in Freising (mittlere Lufttemperatur November bis Februar $-0,4^{\circ}\text{C}$, Niederschlag 188 mm) wurden im Durchschnitt nur 6...g mit einer Streubreite von +40 kg N/ha bis -12 kg N/ha, im wärmeren Unterfranken (+ $1,8^{\circ}\text{C}$ bzw. 208 mm) hingegen 22 kg N/ha (+60 kg N/ha bis -8 kg N/ha) bis Mitte/Ende Februar freigesetzt.

Somit ergeben sich für Gebiete ohne nennenswerte N-Mineralisation von Rübenblättern im Winter Schwierigkeiten in der Bemessung der N-Düngung für die Folgefurche, da dieser Stickstoff erst während der Vegetationszeit pflanzenverfügbar wird (Tab. 3; siehe auch GUTSER und REICHER, 1980; GUTSER und VISMAYER, 1985).

Tab. 3

Wintereisen nach Vorfrucht Zuckerrüben ± Blattlänge - Weizenstephan 1978
Yields of winter wheat following sugar beet cropping ± leaf number - Weizenstephan 1978

Rübenblätter	N _{min}		Düngung (kg N/ha)		I 1000/30/50	
	1. März kg N/ha 90 cm	Körner (dt/ha)	N-Einsatz (kg/ha)	Körner (dt/ha)	N-Einsatz (kg/ha)	
ohne	36	42	56	82	147	
mit	35	51	70	86	151	
	60 ₁	5	6	5	6	

* Summe N_{min} + 1,1 N-Gabe

Diskussion

Diese Ergebnisse machen die unterschiedliche N-Mineralisation aus Rübenblättern deutlich. Die Ursache für die stark schwankende N-Nachlieferung aus dem Boden liegt in erster Linie im C/N-Verhältnis der Rübenblätter, für das allerdings die Höhe der N-Düngung der Rüben nicht ausschließlich maßgebend ist, wie ein Vergleich der Ergebnisse von N₂₀ und N₁₈₀ zeigt. Somit kann die für anderes Grünmaterial gemachte Aussage (VISMAYER und AMBERGER, 1981; VISMAYER und GUTSER, 1987), wonach auch das C/N-Verhältnis bedeutsam ist für die N-Mineralisation, auf Zuckerrübenblätter ausgedehnt werden. Es ist anzunehmen, daß der pflanzenverfügbare N einer Rübenblattlänge unter dem Einfluß einer zurückhaltenden, qualitätsbezogenen N-Düngung aufgrund eines weiten C/N-Verhältnisses in vielen Fällen nicht mehr den in der Literatur bekannten Werten von ca. 30 % des Gesamt-N (z. B. NORDMEYER und REICHER, 1985) entspricht. Die mit der Tracermethode ermittelte Nitratbildung aus Rübenblättern bei einer konstanten Temperatur von 25°C ergibt zwar tatsächlich den Wert von 30 % der Gesamt-N-Vorgabe, die Mineralisation unter unseren Standortbedingungen ist jedoch deutlich geringer. Die Quantifizierung der N-Freisetzung wird zudem erschwert durch

- das unterschiedliche Mineralisationsverhalten des jeweiligen Pflanzmaterials in Böden (FREYTAG und RAUSCH, 1982; SCHULZ, 1986) und ferner
- den Einarbeitungszeitpunkt und daraus eventuell resultierende Verluste noch vor dem Einsetzen der winterlichen Temperaturen.

Nach NORDMEYER und REICHER (1985) ist ferner der Einarbeitungszeitpunkt entscheidend für die Nitratbildung, auch auf dem Boden liegende Blätter werden schon teilweise mineralisiert. Entscheidend ist jedoch, daß nicht von einem festen C/N-Verhältnis und einer daraus abgeleiteten N-Freisetzung ausgegangen werden kann, sondern beide Faktoren großen Schwankungen entsprechend den ökologischen Bedingungen unterliegen.

Zusammenfassung

In Bruter Versuchen (100 g Boden/Gefäß) wurde die Nitratbildung aus Zuckerrübenblättern unter simulierten Freilandtemperaturen untersucht. Die Blätter unterschieden sich im C/N-Verhältnis. Die Einarbeitung in den Boden erfolgte zu einem früheren (Oktober) bzw. einem späteren Zeitpunkt (Dezember).

1. In Rübenblättern mit C/N-Verhältnissen von 17 und 13 wurden nach Oktober- bzw. Dezemberanarbeitung bis August des darauffolgenden Jahres 35 % bis 53 % vom Gesamt-N nitrifiziert. Während der gleichen Zeit wiesen Rübenblätter mit C/N-Verhältnissen von 23 und 24 mit maximal 10 % eine wesentlich geringere Mineralisation auf.
2. Die Nitratbildung aus ¹⁵N-markierten Rübenblättern (C/N = 23) erreichte unter gleichen Bedingungen hingegen 18 % und bei einer konstanten Temperatur von 25°C sogar 30 % vom Gesamt-N, d. h. in den nicht markierten Proben wurde mineralisiertes Nitrat wieder von Mikroorganismen immobilisiert.
3. Die NO₃-Freisetzung erfolgte nach Oktoberanarbeitung noch vor Beginn des Winters, nach Dezemberanarbeitung dagegen erst ab April.
4. Eine unterschiedliche N-Mineralisation der Rübenblätter während der vegetationsfreien Zeit konnte durch Erhebungsuntersuchungen auf tiefgründigen Lockböden bestätigt werden.

Summary

VISMAYER, K. und GUTSER, R.: Modellversuche zur N-Mineralisation aus Zuckerrübenblättern (Model trials of N-mineralization from leaves of sugar beets).

Landwirtsch. Forsch. 41, 1988

In incubation experiments (100 g soil/sample) simulating soil temperature in the field nitrate formation from sugar beet leaves incorporated into the soil was studied. The leaves varied in their C/N ratios. In one treatment leaf incorporation was carried out at an early stage (October) and in one at a later stage (December).

1. Net nitrate formation from leaves with a low C/N ratio (13 and 17) amounted to 35 % and 53 % of the total leaf N during an incubation period from October or December until August of the following year. During the same incubation period net nitrate formation from the leaves with a high C/N ratio (23 and 24) was only 10 % of the total leaf N.
2. Nitrate formation from ¹⁵N labelled leaf N (C/N ratio = 23) yielded 18 % of labelled nitrate and thus providing evidence that some of the nitrate produced in the non labelled samples was reassimilated by soil microbes. The same N labelled leaves yielded 30 % of labelled nitrate when having been incubated at a constant temperature of 25°C.
3. Leaves incubated at the earlier stage produced already an appreciable amount of nitrate in the same year while in the late application treatment (December) nitrate formation started in the spring of the following year.
4. Differing N mineralization rates of beet leaves during the non-growing season could be confirmed by field investigations on deep loess soils.

Literatur

- ANSHAN, A., HILLS, F. J. and BROADBENT, F. E., 1984: Nitrogen utilization by wheat from residual sugarcane fertilizer and soil incorporated sugarcane tops. *Agrochim. J.* **76**, 954–958
- AMBERGER, A.: Utilization of organic wastes and its environmental implication. *Proceedings 4th Intern. Symposium of CIEC on "Agricultural waste management and environmental protection"*, May 11 to 14, 1987, Braunschweig-Voelkenrode, **1**, 125–130
- Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur Würzburg (MLUB), 1978–1987: N_{min} -Gehalte unterfränkischer Ackerböden.
- BALKS, R. und REEKERS, J., 1960: Nitratbestimmung in Pflanzensubstanz mit 1,2,4-Xylenol. *Landwirtsch. Forsch.* **13**, 134–136
- BUCHNER, A. und STROM, H., 1985: Gezielter Düngen. 2. Auflage. DLG Verlag, Frankfurt/Main
- DEBRUCK, J., 1979: Rülchenblat – so wertvoll wie eine Stallmistgabel. *DLG Mitt.* **18**, 9–11
- FREYTAG, H. E. und RAUSCH, H., 1982: Prinzipieller Verlauf der C/N-Transformationsprozesse im Boden bei Anwesenheit verschiedener organischer Dünger. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau, Bodenkd.* **26**, 407–415
- GUTSER, R. und TEICHNER, K., 1980: Bedeutung verschiedener standortlicher und pflanzenbaulicher Faktoren für die Düngungsempfehlung zu Winterweizen auf Basis von N_{min} -Untersuchungen. *Landwirtsch. Forsch.* **33**, 95–107
- GUTSER, R. und VULSMEIER, K., 1985: N-Umsatz von verschiedenem Pflanzengemisch im Boden im Gefäß- und Feldversuchen. *Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkd.* **148**, 595–606
- JUNGE, J., DRESSER, J. und HENJES, G., 1980: Untersuchungen zur Stickstoffmineralisierung aus Rülchenblat in verschiedenen Böden im Gefäßversuch. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* **149**, 183–190
- KICK, H. und MASSER, G., 1976: Stickstofflegung und Stickstoffverfügbarkeit bei Maisstrahlendüngung. *Landwirtsch. Forsch.* **29**, 131–140
- MAIRD, F. X., 1984: Einfluß von Bodenbearbeitung und Gülleanwendung auf die N-Mineralisierung und das Wachstum von Zuckerrüben sowie deren Bedeutung für die Bemessung des mineralisierten N-Düngers bei langjähriger, differenzierter Bodenbewirtschaftung. *Diss.*, TU München
- NORDMEYER, H. und RICHTER, J., 1985: Der Einfluß einer Rülchenblatdüngung auf den Stickstoffhaushalt von Lößböden. *Landwirtsch. Forsch.*, Kongressband **16**, 121–127
- SCHULZ, E., 1986: Untersuchungen zum N-Mineralisationsverhalten verschiedener Pflanzen im Boden unter Anwendung der ^{15}N -Tracertechnik. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau, Bodenkd.* (Berlin) **30**, 565–572
- SPRINGER, U. und KLEF, J., 1955: Feststellung der optimalen Reaktionsverhältnisse beim reduktometrischen Chromschwefelsäureverfahren zur Schnellbestimmung von Kohlenstoff und Vorschlag einer verbesserten Arbeitsweise. *Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkd.* **71**, 193
- TEICHNER, K. und GUTSER, R., 1980: Südbayerische Erfahrungen mit der N_{min} -Methode zu Wintergerste. *Landwirtsch. Forsch.* **33**, 376–384
- VULSMEIER, K., 1984: Bestimmung von Dicyandiamid, Nitrit und Nitrat in Bodenextrakten mit Hochdruckflüssigkeitschromatographie. *Kurzmitteilung. Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkd.* **147**, 264–268
- VULSMEIER, K. und AMBERGER, A., 1981: Modellversuche zur Mineralisation verschiedenen Pflanzengemischs in Abhängigkeit von der Temperatur. *Landwirtsch. Forsch.* **34**, 234–241
- VULSMEIER, K. und GUTSER, R., 1988: Mineralization of various catch crops and utilization of N by plants. *Proceedings 4th Intern. Symposium of CIEC on "Agricultural waste management and environmental protection"*, May 11 to 14, 1987, Braunschweig-Voelkenrode, **1**, 185–190
- VULSMEIER, K. und MEDINA, R., 1984: Eine Memory-freie Methode zur Hypochromitoxidation von $^{15}NH_4$ für die Emissionsspektrometrie. *Fresenius Z. Anal. Chem.* **318**, 597–598
- WEERARATNA, C. S., 1979: Pattern of nitrogen release during decomposition of some green manures in a tropical alluvial soil. *Plant and Soil* **53**, 287–294