

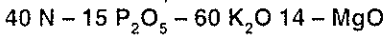
Düngung von Zuckerrüben

Bedarf, Anlieferung und Effizienz der Nährstoffe

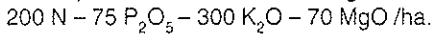
Prof. Dr. A. Amberger, Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München-Weihenstephan

Ertrag und Qualität der Zuckerrüben werden in hohem Maße bestimmt durch die Versorgung mit Nährstoffen. Aus dem Gesamtnährstoffbedarf, errechnet über den zu erwartenden Rüben-ertrag einerseits, sowie der Anlieferung von Nährstoffen aus dem Boden (in Abhängigkeit von Standort und Fruchtfolge) und der mineralischen Düngung andererseits ergibt sich ein tragfähiges Gesamtkonzept (Bilanz), das durch Beobachtung der Entwicklung des Bestandes und Erfahrungswerte optimiert werden muß.

Die Grundformel ist der (sortenabhängige) durchschnittliche **Nährstoffbedarf** (bzw. -entzug kg/ha) zur Erzeugung von 100 dt/ha Rüben plus Blätter:



Für einen tatsächlich ermittelten (oder jedenfalls angestrebten) Ertrag von beispielsweise 500 dt/ha Rüben (+ ca. 350 dt Blätter) sind demnach notwendig:



Die **Nährstoffanlieferung** errechnet sich aus dem Anteil der

- Bodennährstoffe (abhängig von Standort und Fruchtfolge) und der
- organischen Düngung.

Der Fehlbetrag zum Nährstoffbedarf muß durch mineralische Düngung ergänzt werden unter Berücksichtigung von Verlusten und zeitweiliger Immobilisierung,

d. h. letztlich der Ausnutzung. Diese auf Antrieb sehr einfach erscheinende Bilanzrechnung entbehrt aber nicht gewisser Unsicherheiten und Schwierigkeiten (vor allem, was den Stickstoff anlangt) und erfordert daher als flankierende Maßnahmen eine ständige Beobachtung des Aufwuchses und möglichst mehrjährige Erfahrungswerte auf dem jeweiligen Standort.

Stickstoff

Der Anteil des aus dem Boden gelieferten Stickstoffs setzt sich zusammen aus dem im Frühjahr zur Saat im Bodenprofil von 90 cm ermittelten sogenannten N_{\min} -Stickstoff (kg N/ha Nitrat + Ammonium)



als Ergebnis der vorausgegangenen Herbstmineralisation, vermindert um die N-Auswaschung im Winter, und den im Verlaufe der Vegetationszeit mineralisierten Stickstoff. Die N_{\min} -Werte schwanken zwischen 30 und 100 kg N/ha, abhängig von Standort und Fruchtfolge; in guten Zuckerrübenböden (mit 3-4 gliedriger Fruchtfolge: Z-Rüben(Kartoffel)-Getreide - Z-Rüben) findet man häufig 70-80 kg N/ha.

Wesentlich schwieriger ist die Ermittlung der **Nettomineralisierung** im Verlaufe der Vegetationszeit als Ergebnis zweier entgegengesetzter, nebeneinander verlaufender und vorwiegend biologi-

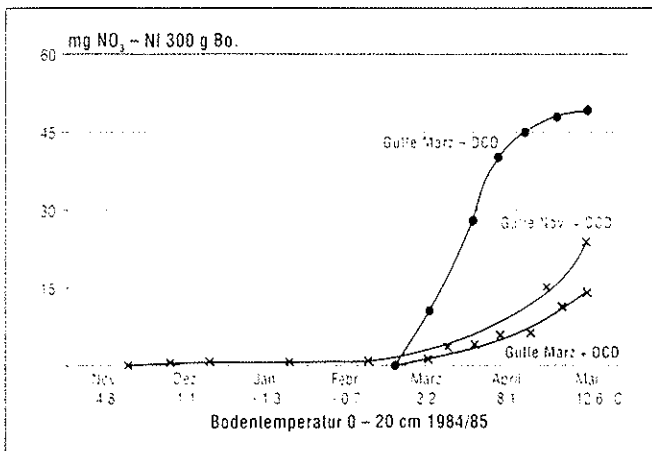


Abb. 1: Nitrifikationsverlauf von Rindergülle (Freilandtemperatur November - Mai) (Vilsmeyer u. Amberger, 1987)

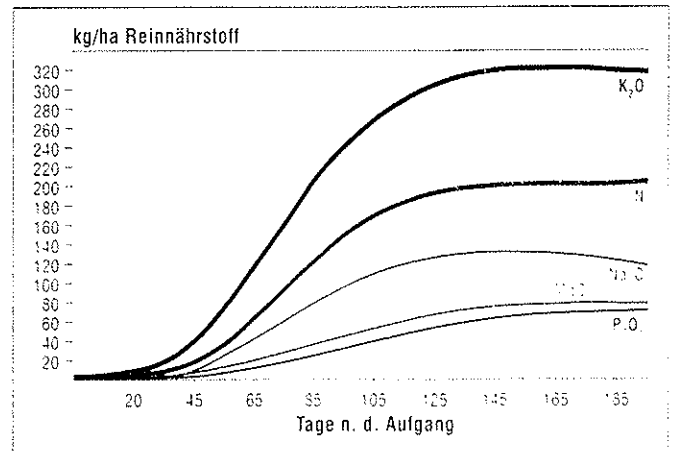


Abb. 2: Verlauf der Nährstoffaufnahme von Zuckerrüben (Beiß u. Winner, 1975)



teil aus organischer Düngung und Zwischenfrüchten nicht erfaßt wird. Eine vorausgegangene Düngung mit 50 dt/ha Getreidestroh (C/N 80–100) führt zu einer zeitweiligen Festlegung von 30–40 kg/ha Bodenstickstoff und damit zu teils niedrigeren N_{min} -Werten teils geringerer späterer Nettomineralisation. Auf dem Feld verbliebenes Körnermaisstroh (100 dt/ha C/N 50–60) blockiert weniger Stickstoff. Winterzwischenfrüchte (C/N 15–30) bewirken – wenn über Winter auf dem Feld belassen – eine gewisse Konservierung (und damit Verhinderung der Auswaschung) von Bodenstickstoff. Eine gegenüber dem Stroh wesentlich raschere Mineralisierung und zusätzliche N-Düngung machen aber doch einen beträchtlichen Aktivposten aus, der bei Herbstunterbringung teilweise schon als N_{min} -Stickstoff, bei Frühjahrsunterbringung aber erst später wirksam wird. Je nach Höhe und Ernährungszustand des Aufwuchses werden z. B. durch Weidelgras, Raps, Rübsen oder Phacelia etwa 50–100, durch Erbsen oder Wicken 100–200 kg N/ha aufgenommen, wovon bei Herbstunterbringung ca. 30%, bei Frühjahrsunterbringung bis zu 50% in Anrechnung gebracht werden können (Gutser u. Vilsmeier, 1989).

Auch Gülle kann im Zuckerrübenanbau unter Berücksichtigung besonderer Anwendungsempfehlungen nutzbringend eingesetzt werden. Größere Mengen (40–60 m³/ha) im Spätherbst/Winter ausgebracht, machen – insbesondere auf leichteren Böden – einen Zusatz von Didin (ca. 20 kg/ha) als Nitrifikationshemmstoff notwendig, der eine Konservierung des Am-

monium-N bis in das Frühjahr hinein sichert (Abb. 1). Gegen Ende des Winters bis Anfang März – möglichst auf leicht(!) gefrorenem Boden, in nicht hügeligem Gelände ausgebracht – sind kleinere Gaben (15–30 m³/ha) zweckmäßig (nur auf durchlässigen Böden zusammen mit etwa 10–15 kg Didin/ha), um eine Beeinträchtigung der Bodenstruktur im Frühjahr und damit Verzögerung der Saatzeit zu vermeiden. Eine rasche Einarbeitung ist notwendig zur Vermeidung von Ammoniakverlusten. In die Düngerbilanz können je m³ Rindergülle 2 bzw. Schweinegülle 4 kg N eingesetzt werden. Aus der kumulativ dargestellten Nährstoffaufnahme geht hervor (Abb. 2), daß der N-Bedarf in der Anfangsentwicklung bis zum 10 Blattstadium gering, in den folgenden 80 Tagen (starkes Blattwachstum) am größten ist und später (Rübenwachstum und Zuckereinlagerung) nicht mehr zunimmt. Mit Blick auf die N-Bilanz verbleibt letztlich die Frage: Wie hoch ist der durch mineralische Düngung zu ergänzende Fehlbetrag zwischen dem ertragsbedingten Gesamt-N-Bedarf und der Anlieferung aus Boden und organischer Düngung?

Zur Erzielung hoher Rübenenerträge hat sich als Ergebnis umfangreicher Versuche auf Böden von unterschiedlicher Fruchtbarkeit eine Aufdüngung des tatsächlich ermittelten N_{min} -Wertes mit Mineraldünger- und Gülle-N auf N_{min} -Soilwerte von 160–200 kg N/ha (je nach Bodenfruchtbarkeit und Ertragshöhe) bewährt (in der Regel mindestens 50 aber höchstens 120–140 N/ha).

Was die N-Form anlangt, ist Kalkammonsalpeter in ganzer Gabe vor der Saat

scher (und damit temperaturabhängiger) Vorgänge, nämlich der Mineralisation (Freisetzung) und der Immobilisation (zeitweiligen Festlegung). Durch die lange Vegetationszeit sind Zuckerrüben mehr als andere Früchte in der Lage, sich Boden-N anzueignen. Eine teilweise empfohlene Erfassung des nachlieferbaren N_{org} -Stickstoffs (bereits im Sommer oder Herbst des Vorjahres durchgeführt), entbehrt nicht gewisser Kritik, weil der An-

Phosphor

Nach einem geringen Bedarf im Anfangswachstum der Zuckerrübe erfolgt die Haupt-P-Aufnahme im Stadium intensiver Blattentwicklung (Abb. 2). Während aber Nitrat und Kalium durch Massenfluß (also mit dem Bodenwasser) an die Wurzeln transportiert werden, beruht die Aufnahme des relativ unbeweglichen Phosphates ausschließlich auf Diffusion aus der wurzelnahen Bodenzone (wenige mm), die damit selbst bei guter P-Versorgung des Gesamtbodens rasch entleert wird. Ein Teil des Boden-P und bei Oberflächenausbringung auch des Dünger-P – ist aber bei der üblichen Drillweite von 45 cm insbesondere auf Böden mit mäßiger P-Versorgung nur teilweise oder erst später den Wurzeln zugänglich. Gülle-P (Rindergülle 2, Schweinegülle 5 kg P₂O₅/m³) sowie P aus Getreidestroh (10 kg P₂O₅/ha) oder Körnermaisstroh und Zwischenfrüchten (20–30 kg P₂O₅/ha) können voll in die Düngerbilanz eingesetzt werden. Zur Erhöhung der Effizienz der P-Düngung empfiehlt sich die Reihen- oder Unterfußdüngung (5–7 cm neben, 3–6 cm unter die Saat) z. B. mit Ammonphosphat durch Platzierung in den Bereich der Rhizosphäre (Abb. 4). Von den Rübenwurzeln abgeschiedene Anionen organischer Säuren (vor allem Zitronensäure) konkurrieren mit den an Fe/Al-Oxiden/Hydroxiden sorbierten Orthophosphat-Ionen (I) und können diese damit desorbieren (= wurzelaufnehmbar machen). Darüber hinaus sind diese organischen Anionen auch in der Lage, Ca²⁺ oder andere Kationen zu chelatisieren (II) und vor Ausfällung mit Phosphat zu schützen. Gleichfalls von den Wurzeln ausgeschiedene Protonen (III) säuern den unmittelbaren Wurzelbereich an (pH-Senkung) und erhöhen damit die Löslichkeit und Mobilität von (Dünger-) Ca-Phosphaten (Abb. 4). Diese Vorgänge sind aber ausschließlich auf den Rhizosphärenbereich beschränkt (daher Platzierung) und erhöhen damit die Effizienz der P-Düngung.

Kalium und Natrium

Was die Kaliversorgung anlangt, so ergeben sich unter Berücksichtigung des K-

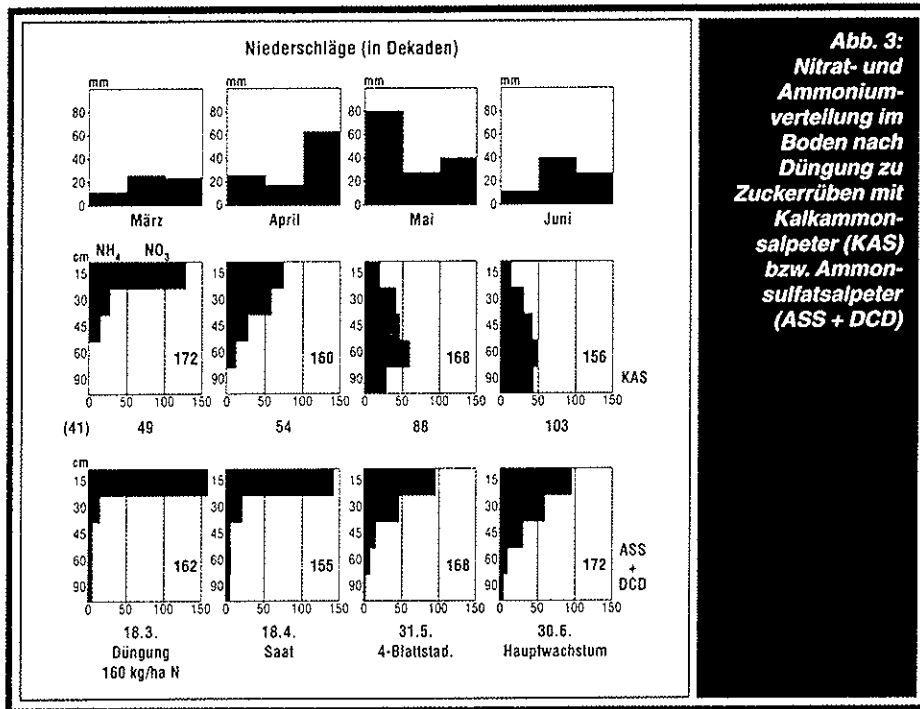


Abb. 3:
Nitrat- und Ammoniumverteilung im Boden nach Düngung zu Zuckerrüben mit Kalkammonsalpeter (KAS) bzw. Ammoniumsulfatsalpeter (ASS + DCD)

Tab.: NO₃-Gehalte des Bodenwassers (Saugkerzen-Methode); Feldversuch (uL) zu Zuckerrüben – 1985 (Gutser, 1991)

N-Düngung: 160 N (12. April)

Düngung	mittlere NO ₃ -Gehalte (mg NO ₃ /l)					
	vor der Düngung			Ø Mai		
	Tiefe (cm)			Tiefe (cm)		
	50	100	150	50	100	150
N ₀	17	6	10	12	17	16
N - DCD	27	19	18	140	140	142
N + DCD	43	31	31	68	48	41

oder auf durchlässigen Böden vor dem Auflaufen unproblematisch. Harnstoff ist ein ähnlich rasch wirkender (!) Dünger, der ohne Einarbeitung in den Boden zu erheblichen Verlusten führen kann. Die Freisetzung von Ammoniak erfolgt in wenigen Tagen (!) und kann bei hohen Gaben oder zusammen mit Ammonphosphat zu einer pflanzenschädlichen Nitritakkumulation und damit Verzögerung der Nitratbildung führen. DCD-haltige Dünger (wie Alzon oder Basammon) in ganzer Gabe frühzeitig ausgebracht, haben sich vor allem auf leichteren, auswaschunggefährdeten Standorten bewährt (Amberger, 1991) und rechtfertigen dort den Mehrpreis (0,50 DM/kg N). Der durch

DCD stabilisierte Ammonium N bleibt bei hohen Frühjahrsniederschlägen (zum Unterschied vom Nitrat-N) in der Bodenkrupe erhalten und wird nicht in tiefere, den Wurzeln erst später zugängliche Zonen verlagert oder ausgewaschen (Klasse, 1991, Gutser, 1991). Damit ist auch auf leichteren Böden eine rasche Jugendentwicklung der Rübe gewährleistet (Abb.3 und Tab.).

Eine rechnerische Bilanzierung der N-Versorgung der Zuckerrübe ist notwendig, um eine N-Überdüngung zu vermeiden, die bekanntlich zu höheren Gehalten an löslichem Stickstoff (Blauzahl) bei der Qualitätskontrolle in der Fabrik führt und die Ausbeute an Reinzucker verringert.

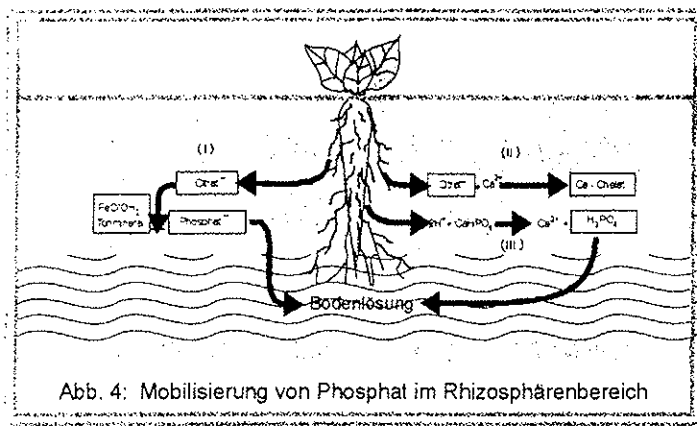


Abb. 4: Mobilisierung von Phosphat im Rhizosphärenbereich

Bedarfes kaum Probleme, wenn man von den relativ seltenen K-fixierenden Standorten (ton- bzw. schluffreiche Aueböden) abieht. Die K-Aufnahme eilt der Substanzproduktion weit voraus (Abb. 2); der größte Teil des aufgenommenen Kalium ist in den Blättern lokalisiert und weist auf dessen große Bedeutung für osmotische und stoffwechselphysiologische Prozesse hin. In die K-Bilanz gehen ein: die Anlieferung aus Boden (durch Versuche ermittelt), organischer Düngung (Rindergülle enthält ca. 6, Schweinegülle 3 kg $\text{K}_2\text{O}/\text{m}^3$), aus Pflanzenrückständen (Getreidestroh 80, Körnermais 120 $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$) und Zwischenfrüchten (40–50 kg $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$). Eine K-Überdüngung ist zu vermeiden, da hohe K-Werte in der Rübe die Zuckerausbeute behindern. Der relativ hohe Na-Bedarf kann z. B. befriedigt werden durch Magnesium-Kainit (20% Na) oder Kainali (3% Na).

Magnesium

Der Mg-Bedarf (14 kg $\text{MgO}/100$ dt Rüben + Blätter) kann entweder durch Mg-haltige Ein- (z. B. Stickstoffmagnesia) oder Mehrnährstoffdünger oder über Mg-Kalke abgedeckt werden.

Bor

Der Bor-Bedürftigkeit der Zuckerrübe (Bedarf ca. 2 kg B/ha) wird Rechnung getragen durch borhaltige Dünger oder durch Boraxspritzung.

Zusammenfassung

Zur Optimierung der Zuckerrübenenerträge ist eine Bilanzierung der Nährstoffsituation auf dem jeweiligen Standort notwendig, ergänzt durch kontinuierliche Beobachtung des Bestandes und Berücksichtigung mehrjähriger Erfahrungswerte sowie eine qualitätsorientierte Düngung. Moderne Methoden der Düngerapplikation verringern einerseits Nährstoffverluste und Umweltbelastung und erhöhen andererseits die Effizienz der Nährstoffe.

Literatur

- Amberger, A. (1991): Dicyandiamid als Nitrifikationshemmstoff. Broschüre Fachtagung „Stabilisierte Stickstoffdünger“ 71–76.
- Beiß, U. und Winner, C. (1975): Zucker 28, 461–471.
- Gutser, R. (1991): Wirkung des Nitrifikationshemmstoffes Dicyandiamid auf den Nitrataustrag landwirtschaftlich genutzter Flächen. Broschüre Fachtagung „Stabilisierte Stickstoffdünger“ 95–101.
- Gutser, R. und Vilsmeier, K. (1989): Wieviel Stickstoff hinterlassen Zwischenfrüchte? DLG-Mitteilungen, 2, 66–68.
- Klasse, H. J. (1991): Versuchsergebnisse zur Wirkung stabilisierter Stickstoffdünger auf die Nitratverlagerung bzw. -auswaschung. Broschüre Fachtagung „Stabilisierte Stickstoffdünger“ 103–109.
- Vilsmeier, K. und Amberger, A. (1987): Zur nitrifikationshemmenden Wirkung von Dicyandiamid zu Gülle in der Zeit zwischen Spätherbst und Frühjahr. Z. Pflanzenernährung u. Bodenkunde. 150, 47–50.