

Die Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffs in Weinbergsböden

Teil III: Die jährliche Stickstoff-Netto-Mineralisation

VON

K. MÜLLER

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Würzburg-Veitshöchheim, Deutschland

Zusammenfassung: In einem Lysimeterversuch mit aufgeschütteten Weinbergsböden wurde über 6 Jahre der Einfluß des Ausgangsgesteins, unterschiedlicher Humusgehalte, der mineralischen N-Düngung sowie der Bepflanzung mit Reben auf die jährliche Stickstoff-Netto-Mineralisation (NNM) untersucht. Die gewonnenen Aussagen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Einen entscheidenden Einfluß übte die Jahreswitterung aus.
2. Unabhängig davon war eine starke Abnahme der jährlich mineralisierten N-Mengen von Versuchsbeginn (Aufschüttung der Böden) bis zum 5. Jahr hin zu verzeichnen.
3. Zwischen den im jährlichen Mittel der ersten 3 und den während der letzten 3 Jahre mineralisierten N-Mengen bestand ein klarer Unterschied. Dieser ist auf das Absetzen der Böden während der ersten 3 Jahre zurückzuführen.
4. Die Bodenformation war meist nur in Kombination mit dem jeweiligen Humusgehalt von Einfluß, d.h. die jährliche NNM ist standortspezifisch.
5. Hohe Humusgehalte bewirkten immer eine höhere, die mineralische N-Düngung und die Bepflanzung mit Reben stets eine verminderte NNM.
6. Die Höhe der jährlichen NNM wurde vom Zusammenwirken mehrerer Faktoren bestimmt: Die Versuchskombination „hohe Humusversorgung, N = 0, unbepflanzt“ führte stets zu der höchsten und die Kombination „niedrige Humusversorgung, N = 100, bepflanzt“ zu der niedrigsten jährlichen NNM.
7. NNM und jährliche Mineralisationsrate ($(NNM \times 100) : N_i$) wurden durch die untersuchten Faktoren in gleicher Weise beeinflusst.

Mineralization of organically bound nitrogen in vineyard soils Part III: The annual nitrogen netto-mineralization

Summary: Over 6 years an outdoor lysimeter experiment with filled vineyard soils was carried out to investigate the effect of geological formations, humus content, mineral N-fertilization and vine planting on the yearly nitrogen netto-mineralization (NNM). The results can be summarized as follows:

1. The weather of the year has an essential influence on the results.
2. Independent from the weather a decrease of the NNM from the beginning (filling of soils) up to the 5th year was observed.
3. A difference existed between the mean NNM of the first three and the last three years which is caused by sedimentation of the soil during the first 3 years.
4. An influence of the soil formation could be found only in context with the humus content: the NNM is site specific.
5. Higher humus contents always increased NNM whereas it was diminished by N-fertilization and planting with grapevines.
6. The amount of NNM was determined by different factors acting together: The combination "high humus content, N = zero, not planted" caused the highest NNM, whereas "low humus content, N = 100, planted" led to the lowest NNM.
7. The reaction of NNM and the annual rate of mineralization ($(NNM \times 100) : N_i$) were influenced by the tested factors in a similar manner.

Key words: viticulture, soil, mineral, annual nitrogen net mineralization, nitrogen, geological formation, humus, fertilizing, planting-effects, fallow, climate.

Einleitung und Zielsetzung

In zwei vorangegangenen Beiträgen (MÜLLER 1991 und 1993) wurde die N_{\min} -Dynamik bzw. Sickerwasseranfall, Nitratkonzentration sowie Nitratfracht in Weinbergsböden beschrieben. Es folgen jetzt Untersuchungen über den Einfluß des Jahrgangs, der mehrjährigen Zeitabschnitte sowie der weiter unten aufgeführten Faktoren auf die jährliche Stickstoff-Netto-Mineralisation und die jährlichen Mineralisationsraten.

Material und Methoden

Der vierfaktorielle Versuch wurde an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Würzburg-Veitshöchheim in einer zweckentsprechend gebauten Lysimeteranlage durchgeführt. Einzelheiten siehe Teil I (MÜLLER 1991). Zum besseren Verständnis hier nochmals die 4 im Lysimeterversuch untersuchten Faktoren: A: Bodenformation, mit den Stufen Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper. B: Humusgehalt, mit den Stufen ca. 1 % (niedrig bis mittel) und ca. 2 % (hoch). C: Mineralische N-Düngung, mit den Stufen $N = 0$ und $N = 100$ kg/ha jährlich. D: Bepflanzung, mit den Stufen Schwarzbrache und Bepflanzung (je Lysimeter eine Müller-Thurgau-Pfropfrebe auf SO 4).

Die Berechnung der mittleren jährlichen Stickstoff-Netto-Mineralisation (NNM) erfolgte nach folgender Formel (nicht berücksichtigt wurden Immissionen und Denitrifikation, die sich auf den hiesigen Weinbergsböden etwa die Waage halten dürften):

$$\begin{aligned} \text{NNM} = & (\text{N}_{\min}\text{-Gehalt im Bodenprofil zum Ende des Jahres}) \\ & - (\text{N}_{\min}\text{-Gehalt zu Beginn des Jahres}) \\ & - (\text{jährlich verabreichte mineralische N-Düngung}) \\ & + (\text{jährlicher N-Entzug der Reben}) \\ & + (\text{jährlicher N-Austrag im Sickerwasser}). \end{aligned}$$

Ergebnisse

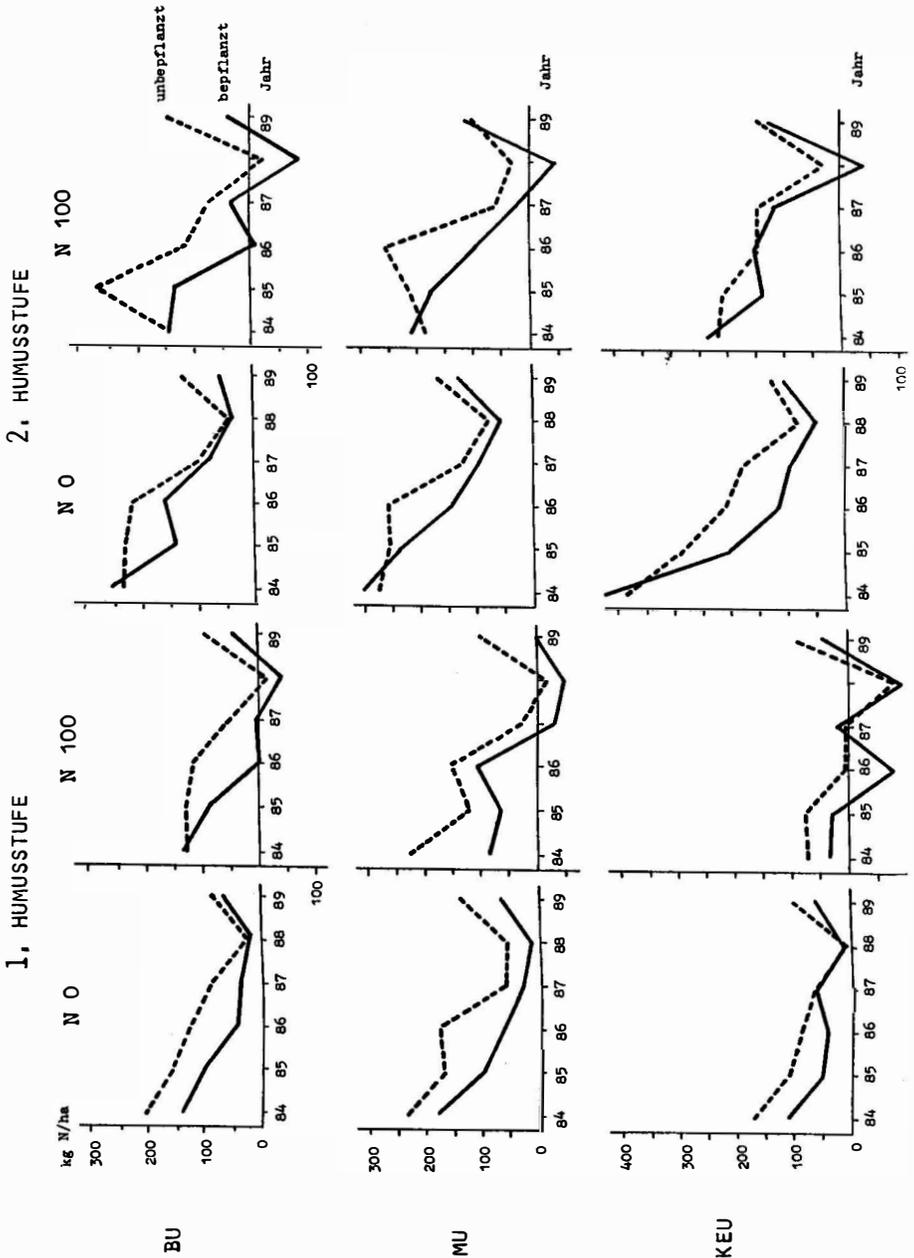
Sowohl die Witterungsverhältnisse einzelner Jahrgänge als auch die zunehmende Versuchsdauer übten einen dominierenden Einfluß auf das Mineralisationsgeschehen im Boden aus (Abb. 1). Bei den meisten Versuchskombinationen (VK) wurden die höchsten mineralisierten N-Mengen 1984, und bei sämtlichen VK die niedrigste NNM 1988 (5. Versuchsjahr) festgestellt. Während der ersten 5 Versuchsjahre war eine Abnahme der NNM zu verzeichnen. Im Jahr 1989 erfolgte dann bei sämtlichen VK ein erneuter und kräftiger Anstieg.

Teilweise war in der niedrigen Humusstufe die heftige Phase der N-Mineralisation bereits nach 2 Jahren abgeklungen, meist erst nach dem 3. Jahr (1986). Zwischen der NNM der ersten 3 und der letzten 3 Jahre (Tab. 1) war somit ein gradueller, statistisch gesicherter Unterschied zu erkennen. Auch die von Jahr zu Jahr aufgetretenen Mineralisationsunterschiede waren meist zu sichern. Bei sämtlichen $N = 100$ -Varianten der 1. Humusstufe sowie bei den bepflanzten $N = 100$ -Varianten der 2. Humusstufe überwogen 1988 die Immobilisierungsvorgänge im Boden, was schließlich zu negativen NNM-Werten führte.

Abb. 1: Einfluß des Jahrgangs und der Untersuchungsdauer auf die jährliche Stickstoff-Netto-Mineralisation (NNM) bei unterschiedlichen Bodenformationen (Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper), Humusgehalten (1. und 2. Humusstufe), mineralischer N-Düngung ($N = 0$ und $N = 100$) sowie Bepflanzung (unbepflanzt bzw. mit Reben bepflanzt), von 1984 bis 1989. Alle Resultate in Abbildungen und Tabellen stammen vom Lysimeterversuch Veitshöchheimer Steige.

Influence of the vintage and the investigation period on NNM in different soil formations, different humus contents, mineral N-fertilization and planting with grapevines. All values in figures and tables are results from lysimeter experiments 1984-1989 at the Veitshöchheimer Steige.

Zur Beurteilung des Einflusses der 4 untersuchten Faktoren auf die NNM sind in Abb. 2 die jährlich mineralisierten N-Mengen als Mittelwert der Jahre 1984 bis 1989, jeweils geordnet nach Bodenformation (A), Humusgehalt (B), mineralischer N-Düngung (C) sowie Bepflanzung mit Reben (D), dargestellt. Im 6jährigen Mittel war zwar der Einfluß der Bodenformation (A) auf die Mineralisation der organischen Substanz im Boden erkennbar, gleichzeitig aber stark abhängig von den übrigen Einflußfaktoren. Bei vergleichbaren Humusgehalten der niedrigen



Humusstufe führte z.B. stets der Buntsandstein zu der höchsten jährlichen NNM. Statistisch gesichert war nur der Muschelkalkboden von den übrigen beiden Bodenformationen unterscheidbar (siehe Tab. 1). Die drei Böden waren allerdings in Kombination mit Humusversorgung hoch gesichert verschieden. Diese übte also einen entscheidenden Einfluß auf die Höhe der jährlichen NNM aus. Höhere Humusgehalte führten im 6jährigen Mittel grundsätzlich zu einer höheren und statistisch gesicherten NNM (Abb. 2 B, Tab. 1 unten); lediglich bei Buntsandstein schwächte die mineralische N-Düngung, vor allem in Verbindung mit Rebenbepflanzung, den steigernden Effekt deutlich ab.

Tabelle 1

NNM im Mittel der Jahre 1984-86, 1987-89 und 1984-89 in Abhängigkeit von der Bodenformation, dem Humusgehalt, der mineralischen N-Düngung und der Bepflanzung mit Reben.

Means of NNM during 1984-1986 and 1987-1989, respectively, in relation to soil formation, humus content, N fertilization and planting with grapevines.

Bodenformation	Humus %	N-Düngung kg N/ha	Bepflanzung u=unbepfl. b=bepfl.	jährl. N-Mineralisation in kg N/ha		
				1984-86 1	1987-89 2	1984-89 3
Buntsandstein (Bu)	0,92	0	u b	164 97	70 44	117 70
		100	u b	125 72	46 2	86 37
	1,57	0	u b	226 184	92 59	159 122
		100	u b	176 90	67 -4	122 43
Muschelkalk (Mu)	1,50	0	u b	193 114	86 36	140 75
		100	u b	166 83	34 -28	100 27
	2,08	0	u b	259 224	123 91	191 158
		100	u b	216 158	61 28	139 93
Keuper (Keu)	0,89	0	u b	122 67	58 43	90 55
		100	u b	50 -8	7 -11	28 -10
	1,96	0	u b	294 245	127 81	210 163
		100	u b	189 172	105 68	147 120

GD 5% - Test:

Böden	1			2			3			Humus			N-Düng.			Bepflanz.			Zeitabschnitt	alle VK
	a	b	a	a	b	a	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Bu	a	a	a	1.Stufe	a	a	a	N 0	a	a	a	unbepfl.	a	a	a	1984-86	a			
Bu	b	a	b	2.Stufe	b	b	b	N 100	b	b	b	bepflanz	b	b	b	1987-89	b			
Keu	a	a	a																	

* a, b: bei abweichender Kennzeichnung liegt statistische Sicherheit vor

Die *mineralische N-Düngung* von 100 kg N/ha führte im 6jährigen Mittel bei sämtlichen VK zu einer starken Verminderung der jährlichen NNM (Abb. 2C). Die beiden N-Düngungsstufen waren gesichert verschieden. Vereinzelt lag bereits ab dem 3. Versuchsjahr (siehe Abb. 1) die jährliche NNM bei Null oder sogar darunter. 1988 führte die Düngung in 10 von 12 VK zu einer Umkehrung im Stickstoffkreislauf des Bodens, d.h. zur Dominanz von Immobilisierungsgegenüber den Mineralisationsvorgängen. Anders als in den ungedüngten Versuchsvarianten, wo 1988 noch bis zu 74 kg N/ha mineralisiert wurden, fand in den gedüngten Varianten eine Immobilisierung bis zu 94 kg N/ha statt.

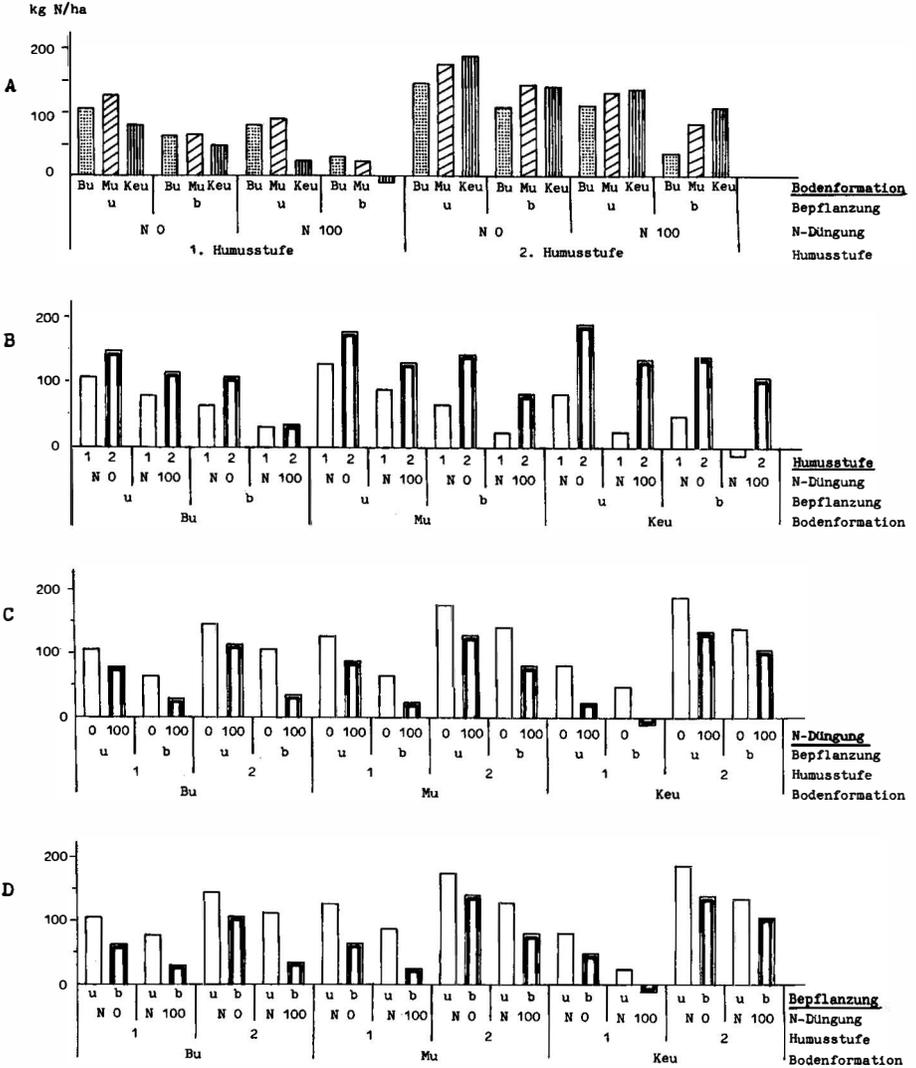


Abb. 2: Einfluß der Bodenformation (A), des Humusgehaltes (B), der mineralischen N-Düngung (C) sowie der Bepflanzung mit Reben (D) auf die NNM im Mittel der Jahre 1984 bis 1989.

Influence of soil formation (A), humus content (B), mineral N-fertilization (C) and planting with grapevines (D) on NNM as on average of the years 1984–1989.

Wie die mineralische N-Düngung, führte auch die *Bepflanzung mit Reben*, im Vergleich zur Schwarzbrache, bei sämtlichen VK zu einer deutlichen Reduzierung der N-Mineralisation: Im 6jährigen Mittel wurden zwischen 28 und 79 kg N/ha weniger Stickstoff mineralisiert. Abgesehen vom Pflanzjahr galt dies auch in den einzelnen Jahren und war statistisch zu sichern. Die anhand der 6jährigen Mittelwerte (Abb. 2) gemachten Aussagen wurden durch die getrennte Analyse der beiden 3jährigen Teilschnitte grundsätzlich bestätigt (Tab. 1). Sowohl im Mittel von 1984 bis 1986 als auch von 1987 bis 1989 führten höhere Humusgehalte stets zu einer gesicherten Steigerung der N-Mineralisation, die mineralische N-Düngung sowie die Bepflanzung mit Reben generell zu einer Reduzierung. Tab. 1 zeigt außerdem, daß die jährliche NNM stets vom Zusammenwirken mehrerer Faktoren bestimmt wird. Ihr Niveau schwankte im ersten Versuchsabschnitt, je nach Faktorenkombination, zwischen 294 und -8 kg N/ha, im zweiten hingegen zwischen 127 und -28 kg N/ha (Mittel sämtlicher 6 Versuchsjahre: 210 bis -10 kg N/ha). Die höchsten NNM-Werte wurden bei allen 3 Bodenformationen stets bei der VK „hohe Humusstufe, N = 0, unbepflanz“ und die niedrigsten bei „niedrige Humusstufe, N = 100, bepflanzt“ vorgefunden. Dementsprechend konnte die mineralische N-Düngung in Kombination mit Rebenbepflanzung sogar die mineralisationssteigernde Wirkung höherer Humusgehalte zum großen Teil ausgleichen.

Tab. 1 zeigt schließlich noch, daß die mittlere jährliche NNM des ersten Abschnittes mit 153 kg N/ha nahezu 3 Mal so hoch war wie die des zweiten Abschnittes. Die auch im 6jährigen Mittel zum Teil noch sehr hohen Mineralisationswerte wurden somit hauptsächlich durch die während der ersten 3 Versuchsjahre stattgefundene heftige NNM (Aufschütten des Bodens!) bedingt.

Abschließend soll hier noch der jährlich im Boden freigesetzte mineralische Stickstoff auf den organisch gebundenen Bodenstickstoff (N_t) bezogen und so die Mineralisationsrate in % des N_t berechnet werden (Tab. 2). Als sinnvoll erachtet wurde auch die *Berechnung der Mineralisationsraten* des ersten und des zweiten Versuchsabschnittes sowie die Rate im Mittel der 6jährigen Versuchszeit.

Die höchsten jährlichen Mineralisationsraten wurden erwartungsgemäß im ersten Versuchsjahr erreicht (je nach VK zwischen 0,7 und 6,0 %, in 20 von 24 Varianten > 2,5 %), danach verringerten sie sich kontinuierlich bis zum Jahr 1988, in dem fast alle VK Raten unter 0,9 % lagen. In 10 von 24 VK wurden die Mineralisationsvorgänge von der N-Immobilisierung überlagert und mineralischer Stickstoff bis zu einer Höhe von 2,1 % des N_t wieder organisch

Tabelle 2

Mineralisationsraten (in % des N_t) der Jahre 1984 und 1988 sowie im Mittel der Jahre 1984-86, 1987-89 und 1984-89 für sämtliche 24 Versuchskombinationen.

Rates of mineralization (in % of the N_t amounts) of the years 1984 and 1988 and means of the years 1984-86, 1987-89, and 1984-89, respectively, for all 24 test combinations.

Humus %	N-Düng. kg/ha	Bepfl.	Mineralisationsrate in % des N_t für:														
			1 9 8 4			1 9 8 8			\bar{x} 84-86			\bar{x} 87-89			\bar{x} 84-89		
			Bu	Mu	Keu	Bu	Mu	Keu	Bu	Mu	Keu	Bu	Mu	Keu	Bu	Mu	Keu
1. Stufe	0	u	4,8	4,1	3,7	0,7	1,0	0,2	3,8	3,4	2,7	1,7	1,5	1,3	2,8	2,5	2,0
		b	3,3	3,1	2,5	0,5	0,2	0,2	2,3	2,0	1,5	1,0	0,6	1,0	1,7	1,3	1,3
	100	u	3,0	3,9	1,6	-0,3	-0,4	-1,7	2,9	2,9	1,1	1,1	0,6	0,2	2,0	1,8	0,7
		b	3,1	1,5	0,7	-1,0	-0,9	-2,1	1,7	1,5	-0,2	0,0	-0,5	-0,3	0,9	0,5	-0,3
2. Stufe	0	u	4,1	3,3	5,4	0,8	0,9	1,1	4,0	3,2	4,1	1,6	1,5	1,8	2,8	2,4	3,0
		b	4,5	3,7	6,0	0,7	0,6	0,7	3,2	2,7	3,5	1,1	1,1	1,1	2,2	1,9	2,3
	100	u	2,5	2,2	3,0	-0,4	0,3	0,4	3,1	2,6	2,6	1,2	0,7	1,5	2,2	1,7	2,1
		b	2,6	2,5	3,3	-1,5	-0,6	-0,6	1,6	1,9	2,4	-0,1	0,3	0,9	0,8	1,1	1,7

gebunden. Im Jahr 1989 (in Tab. 2 nicht aufgeführt) war dann gegenüber 1988 allgemein ein erneuter Anstieg der Mineralisationsraten festzustellen (Höchstwerte bis zu 2,7 %, niedrigstwerte bei 0,7 %). Immobilisierungsvorgänge wie im Vorjahr, fanden 1989 nicht mehr statt. Im Mittel der ersten 3 Versuchsjahre, in denen sich die heftige Phase der N-Mineralisation abspielte, schwankte die jährliche Mineralisationsrate zwischen 4,1 und -0,2 %. Im zweiten Versuchsabschnitt (1987 bis 1989) wurden nur selten jährliche Mineralisationsraten > 1,5 % festgestellt (Maximum 1,8 %, Minimum -0,5 %). Im Mittel sämtlicher 6 Versuchsjahre lagen bei nahezu der Hälfte der 24 VK mittlere jährliche Mineralisationsraten von > 2,0 %, maximal 2,8 % vor (nur in 5 Fällen < 1,0 %).

Höhere Humusgehalte führten vor allem bei der Bodenformation Keuper, aber zum Teil auch bei Muschelkalk, zu einem Anstieg der Mineralisationsrate. Dagegen bewirkte die mineralische N-Düngung allgemein, vor allem aber bei den Böden der niedrigen Humusstufe eine starke Reduzierung. Die Bepflanzung mit Reben führte, abgesehen vom Pflanzjahr, ebenfalls zu einer deutlichen Verminderung. Mit zunehmendem Alter der Reben, vor allem in der niedrigsten Humusstufe, machte sich dieser Effekt stärker bemerkbar. Die 3 untersuchten Bodenformationen unterschieden sich lediglich innerhalb der niedrigsten Humusstufe: Der Keuperboden zeigte vor allem während der ersten Versuchsphase deutlich niedrigere Mineralisationsraten gegenüber Buntsandstein und Muschelkalk.

Diskussion

Die Bestimmung des NNM im Feld ist schwierig (BECK 1979), weshalb viele Autoren den Bebrütungsversuch im Labor bevorzugen. BECK (1983) stellte dazu fest, daß charakteristische Kennwerte für den N-Umsatz von Böden oder die Abhängigkeit dieser Werte von chemisch-physikalischen Bodeneigenschaften dabei nur zu erzielen sind, wenn durch methodisches Vorgehen die Differenz zwischen Brutto- und Nettomineralisierung möglichst klein gehalten wird. Dies ist aufwendig und nur bedingt auf den natürlichen Standort übertragbar. Nach RUNGE (1970) können an Bodenproben, die in Polyethylenbeuteln am Standort eingebracht werden, übertragbare Ergebnisse erzielt werden. SCHARPF (1977) machte Feldversuche auf überdachten Bracheparzellen. THOMA (1985) stellte nach kritischer Prüfung u.a. fest, daß beide Verfahren den Wassergehalt im Boden konservieren und deshalb dann u.U. eine höhere NNM anzeigen. KARPENSTEIN-MACHAN und SCHEFFER (1988) entwickelten zur Erfassung der Netto-N-Anlieferung im Feld die sogenannte Rohrmethode. ENGELS (1993) berechnete die Netto-Nachlieferung an mineralischem Stickstoff aus Ergebnissen von 133 Düngungsversuchen zu Getreide und Zuckerrüben. Dabei benutzten sie vergleichbare Kennwerte wie in der vorliegenden Untersuchung. Den N-Austrag aus dem Boden zu berücksichtigen sei nicht erforderlich gewesen, weil sich ihre Berechnung auf die Vegetationszeit beschränkte, während der auf den dort untersuchten Böden kaum eine Versickerung unterhalb der Wurzelzone zu erwarten war. Diese Untersuchungen fanden auf landwirtschaftlich genutzten Böden und meist während eines kurzen Zeitabschnitts statt. Von Weinbergsböden liegen, abgesehen von einzelnen, auf Bebrütungsversuche gestützte Ansätze (BERTHOLD 1991) dazu überhaupt keine Ergebnisse vor.

In der vorliegenden Arbeit wurde nun die auf ein ganzes Jahr von Januar bis Dezember bezogene NNM unter Feldbedingungen untersucht, ohne die N_{\min} -Dynamik während des Jahres zu berücksichtigen. Dabei zeigte sich, daß die jährliche NNM eine aussagekräftige Kenngröße zur Beurteilung des Stickstoff-Nachlieferungspotentials des Bodens und zur Charakterisierung von Weinbergsböden unterschiedlichen Ausgangsmaterials und Humusgehaltes (Standortfaktoren) sowie N-Düngung und Bepflanzung (Bewirtschaftungsweisen) darstellt und außerdem eine genauere Interpretation von Ergebnissen aus Feldversuchen und Bodenanalysen ermöglicht.

Im einzelnen zeigte sich, daß die jährliche NNM sowohl von der mehrjährigen Versuchsdauer als auch von den Witterungsverhältnissen der einzelnen Jahre bestimmt wird. Für

SCHARPF (1992) ist die N-Nachlieferung eine Funktion der Zeit, die N-Immobilisierung außerdem vom mineralischen N-Gehalt im Boden abhängig. Nach MAYER (1990) wurden die Mineralisationsvorgänge im Freiland u.a. von Bodentemperatur sowie Bodenfeuchte entscheidend beeinflusst; ENGELS (1993) zufolge, war der Einfluß von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen größer als der Jahrgangseinfluß oder der der Bewirtschaftungsweise.

Nach unseren Ergebnissen an frisch aufgeschütteten Böden kann davon ausgegangen werden, daß auch in frisch rigolten Weinbergsböden die heftige Phase der N-Mineralisation nach 2 bis 3 Jahren abklingt. BERTHOLD (1991) fand bei der Bebrütung von Bodenproben ungestörter Weinbergsböden einen linearen Anstieg der anorganischen N-Bildung mit der Zeit. Währenddessen konnte die NNM in gestörten Böden mit Hilfe eines 2-Phasenmodells nach MOLINA beschrieben werden.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigten des weiteren, daß durch die Witterungsverhältnisse, vor allem auch in Kombination mit anderen Einflußfaktoren, die N-Immobilisierung gegenüber der N-Mineralisation dominieren kann, was zu negativen Werten der jährlichen NNM führt.

Über den Einfluß des Bodenausgangsmaterials auf die NNM sind in der Fachliteratur keine Angaben zu finden. In unserem Falle war er zu sichern, zumindest in Kombination mit dem jeweiligen Humusgehalt; d.h. das Mineralisationsvermögen ist standortspezifisch. Dieser Befund bestätigt frühere eigene Aussagen (MÜLLER 1986).

Höhere Humusgehalte führten grundsätzlich zu einer gesichert höheren, allerdings je nach Bodenformation unterschiedlichen NNM. Nach BECK (1979) und MAYER (1990) sind dafür die organische Substanz bzw. die Humusform für die Mineralisationsvorgänge im Boden entscheidend. Nach einer durch Krumenvertiefung stattgefundenen „Verdünnung“ des Humusgehaltes konnte NIEDER (1990) auch noch nach 5 Jahren eine drastische Reduzierung der NNM feststellen. In unserem Fall führte schon allein die mineralische N-Düngung zu einer gesicherten Verringerung der jährlichen NNM. GÄRTEL (1981) und APPEL und MENGEL (1992) machten analoge Beobachtungen. Nach einer großen Zahl von Versuchen legte ENGELS (1993) für die Beeinflussung der NNM durch die mineralische N-Düngung folgende Reihenfolge fest: ungedüngt > optimal gedüngt > überdüngt. Laborversuche von JÄGGI und OBERHOLZER (1992) erbrachten bei einem höheren N_{\min} -Angebot im Boden hingegen lediglich eine Intensivierung des Zelluloseabbaus.

Wichtig war die Bepflanzung mit Reben: Sie führte bereits ab dem 2. Jahr zu einer gesicherten Verringerung der jährlichen NNM. Auch KARPENSTEIN-MACHAN und SCHEFFER (1988) und MAYER (1990) stellten auf Brachflächen eine deutlich höhere Netto-N-Nachlieferung als unter Bewuchs fest. Pflanzen sind also in der Lage, die Mineralisationsabläufe im Boden zu beeinflussen und zu steuern und wirken somit immer konservierend auf den organischen Stickstoff-Pool des Bodens.

Das Niveau der jährlichen NNM eines Standortes bestimmen mehrere Faktoren: Jährliche Witterungskennwerte, Bodenformation, Humusgehalt, mineralische N-Düngung sowie Bepflanzung mit Reben. Bei MAYER (1990) wurde die Höhe der potentiellen N-Mineralisation von Bodennutzung, Humusform, Kalkgehalt sowie Basengehalt des Bodens bestimmt. Bei uns führte bei allen 3 Bodenformationen die VK „hohe Humusgehalte, N = 0-Düngung, unbepflanzte“ zu den höchsten, die Kombination „niedrige Humusgehalte, N = 100 kg/ha-Düngung, mit Reben bepflanzt“ zu der geringsten jährlichen NNM. Diese Erkenntnis ist vor allem in Trinkwassereinzugs- oder -schutzgebieten von großer praktischer Bedeutung.

Die jährliche NNM-Rate wurde von den hier untersuchten Faktoren in gleicher Weise beeinflusst wie die effektive NNM und braucht deshalb nicht gesondert diskutiert zu werden. Ein erster Versuch, diese zumindest annäherungsweise zu berechnen, war schon früher unternommen worden (MÜLLER 1986), ohne jedoch diese Berechnungsweise als Methode vorzuschlagen, wie dies fälschlicherweise von BERTHOLD (1991) interpretiert wurde. Die damals gefundenen mineralisierten N-Mengen lagen dennoch innerhalb des jetzt gefundenen Bereiches.

Literatur

- APPEL, T.; MENGEL, K.; 1992: Nitrogen uptake of cereals grown on sandy soils as related to nitrogen fertilizer application and soil nitrogen fractions obtained by electro-ultrafiltration (EUF) and $-CaCl_2$ extraction. *Eur. J. Agron.* **1**, 1-9.
- BECK, T.; 1979: Die Nitrifikation in Böden (Sammelreferat). *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **142**, 344-364.
- ; 1983: Die Mineralisierung von Böden im Laborversuch. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **146**, 243-252.
- BERTHOLD, G.; 1991: Untersuchung der N-Dynamik weinbaulich genutzter Flächen unter besonderer Berücksichtigung der Bewirtschaftungsform. Diss. Univ. Gießen, BR Deutschland.
- ENGELS, T.; 1993: Effect of the rate of N-fertilizer on apparent net mineralisation of N during and after cultivation of cereal and sugar beet crops. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **156** (im Druck).
- GARTEL, W.; 1981: Wanderung des Nitrat in Weinbergsböden unter Berücksichtigung des durch Mineralisation des Humus freiwerdenden Anteils. *Jahresber. BBA Braunschweig*, 30-31.
- JAGGI, W.; OBERHOLZER, H. R.; 1992: Einfluß von Temperatur, Feuchtigkeit und N-Angebot auf die Stickstoffmineralisierung und den Zelluloseabbau im Boden. Kurzfassungen der VDLUFA-Vorträge beim 104. VDLUFA-Kongress in Göttingen 1992, 75.
- KARPENSTEIN-MACHAN, M.; SCHEFFER, K.; 1988: Untersuchung der Stickstoffdynamik und Stickstoffaufnahme durch Winterweizen auf Standorten unterschiedlicher Höhenlagen in Nordhessen. 1. Eine neue Methode zur Erfassung der Nettostickstoffnachlieferung unter Bewuchs. *Kali-Briefe (Büntehof)* **19**, 239-251.
- MAYER, E.; 1990: Regionale und saisonale Unterschiede in der Stickstoffmineralisierung Baden-Württembergischer Böden. Diss. Univ. Hohenheim, BR Deutschland.
- MÜLLER, K.; 1986: Untersuchung der natürlichen Nachlieferung des mineralischen pflanzenverfügbaren Stickstoffs durch die Mineralisation der organischen Substanz in Weinbergsböden. *Wein-Wiss.* **41**, 300-309.
- ; 1991: Die Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffs in Weinbergsböden. Teil I: Die N_{min} -Dynamik. *Vitis* **30**, 151-156.
- ; 1993: Die Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffs in Weinbergsböden. Teil II: Sickerwasseranfall, Nitratkonzentration und Nitratfracht. *Vitis* **32**, 23-34.
- NIEDER, R.; 1990: Die Auswirkungen der Krumenvertiefung auf die Stickstoff-Mineralisation in Löß-Ackerböden. *Kali-Briefe (Büntehof)* **20**, 197-203.
- RUNGE, M.; 1970: Untersuchungen zur Bestimmung der Mineralstoff-Nachlieferung am Standort. *Flora*, Abt. B **159**, 233-257.
- SCHARPF, H. C.; 1977: Der Mineralstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf. Diss. Univ. Hannover, BR Deutschland.
- ; WEIER, U.; 1992: Kalkulatorische Ermittlung des N_{min} -Sollwertes unter besonderer Berücksichtigung von Mineralisierung und Immobilisierung. *Gartenb.-Mag.* **4**, 49-51.
- THOMA, V. G.; 1985: Probleme bei der Ermittlung der Stickstoffmineralisation im Feld. *Landw. Forsch.* **38**, 180-188.

Eingegangen am 19. 2. 1993