

# Die Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffs in Weinbergböden

## Teil II: Sickerwasseranfall, Nitratkonzentration und Nitratfracht

von

K. MÜLLER

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

**Zusammenfassung:** In einem Lysimeterversuch mit geschütteten Weinbergböden wurde über 6 Jahre der Einfluß des Ausgangsgesteins, unterschiedlicher Humusgehalte, der mineralischen N-Düngung sowie der Bepflanzung mit Reben auf den Sickerwasseranfall, die Nitratkonzentration des Sickerwassers sowie den Nitrataustrag aus 0—75 cm Bodentiefe untersucht.

1. Trotz höherer Niederschläge während der Vegetationszeit (April—September) wurden im Vergleich zur Ruhephase (Oktober—März) gesichert niedrigere Sickerwassermengen erfaßt.
2. Texturbedingt fielen die höchsten Sickerwassermengen beim Keuperboden an, gefolgt von Muschelkalk und Buntsandstein.
3. Auch noch im 6jährigen Mittel wurden bei den meisten Versuchskombinationen hohe bis überaus hohe  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen und bei sämtlichen Versuchskombinationen ein sehr hoher  $\text{NO}_3^-$ -Austrag gemessen.
4. Während der ersten 3 Versuchsjahre waren sowohl die  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration als auch der  $\text{NO}_3^-$ -Austrag gesichert höher gegenüber den nachfolgenden Jahren („Rigoleffekt“).
5. Innerhalb der Ruhephase wurden ausnahmslos signifikant höhere  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen gemessen als in der Vegetationszeit.
6. Die 3 untersuchten Bodenformationen bewirkten in den ersten 3 Jahren, z.T. auch während der 6jährigen Versuchsdauer, hoch signifikante Unterschiede bei der  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration des Sickerwassers. Dagegen konnten die Bodenformationen hinsichtlich des  $\text{NO}_3^-$ -Austrages nicht eindeutig unterschieden werden.
7. Höhere Humusgehalte führten bei allen 3 Bodenformationen auch meist zu gesichert höheren  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen im Sickerwasser sowie zu einer höheren  $\text{NO}_3^-$ -Fracht.
8. Bei vergleichbaren Humusgehalten wurden beim Buntsandstein die höchsten  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen und die höchsten  $\text{NO}_3^-$ -Austräge gefunden, bei bodentypischen Humusgehalten hingegen im Muschelkalkboden.
9. Die mineralische N-Düngung führte generell zu einer drastischen Erhöhung der  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration im Sickerwasser und  $\text{NO}_3^-$ -Fracht.
10. Die Bepflanzung mit Reben verursachte grundsätzlich geringere  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen im Sickerwasser sowie eine starke Verminderung des  $\text{NO}_3^-$ -Austrages.

### Mineralization of organically bound nitrogen and vineyard soils

#### Part II: Seeping water, nitrate concentration and nitrate washout

**Summary:** Over 6 years an outdoor lysimeter experiment with filled vineyard soils was carried out to investigate the effect of geological formations, different humus content, mineral N-fertilization and vine planting on seeping water, on nitrate concentration of seeping water and on nitrate washout from a depth of soil profile ranging between 0 and 75 cm.

1. Despite of higher rainfall during the vegetation period (April—September) a significant lower volume of seeping water was measured as compared to the winter season (October—March).
2. Caused by soil texture the highest volume of seeping water was measured on Keuper followed by Muschelkalk and coloured sandstone.
3. Most experimental combinations have high up to extremely high nitrate concentration of seeping water in the 6-year means. A very high nitrate washout occurred in all experimental combinations.

4. During the first 3 years of experimentation the nitrate concentration as well as the nitrate washout were significantly higher compared with the following 3 years. This result could be caused by a 'deep ploughing effect'.
5. Without exception in winter season significantly higher nitrate concentrations were measured than in the vegetation period.
6. In the first 3 years — and partly during the whole experimental period — the 3 geological formations showed significant different nitrate concentrations of seeping water. On the other hand geological formations could not be differentiated exactly concerning the nitrate washout observed at the time.
7. In most cases high humus content led to significant higher nitrate concentration of seeping water as well as to a higher nitrate washout on all 3 geological formations.
8. Under comparable conditions of humus content soils of coloured sandstone showed the highest nitrate concentration of seeping water and the highest nitrate washout. On the other hand under conditions of humus contents which were specific for each geological formation Muschelkalk soils have the highest nitrate concentration as well as the highest nitrate washout.
9. Mineral N-fertilization generally brought a drastic increase in nitrate concentration of seeping water and also in nitrate washout.
10. The planting of grapevines caused a basically lower nitrate concentration of seeping water and an important decrease of nitrate washout from the soils.

Key words: viticulture, soil, nitrogen, seeping water, nitrate concentration, nitrate washout, geological formation, humus, fertilizing, fallow, climate.

### Einleitung und Zielsetzung

Wie bereits JUNG (1972), JUNG und JÜRGENS-GSCHWIND (1974) und FURRER und STAUFFER (1984) feststellten, bieten die Lysimeterversuche trotz gewisser Einschränkungen durch begrenztes Bodenprofil, Abtrennung vom Grundwasser, Fehlen des Hangdruckes und lockerer Schichtung, gegenwärtig das „exakteste methodische Hilfsmittel für Vergleichswerte unter dem Einfluß unterschiedlicher Faktoren“. Laut OHLENDORF (1976) sind vollständige N-Bilanzen nur mit Hilfe von Lysimeterversuchen möglich.

Die an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Würzburg-Veitshöchheim seit 1984 laufenden Lysimeterversuche (MÜLLER 1991) ermöglichten erstmals den Vergleich mehrerer typischer Weinbergböden, unterschiedlichen Ausgangsgesteins, verschiedener Humusgehalte, N-Düngung und Bepflanzung mit Reben sowie die Untersuchung des Einflusses dieser Faktoren auf wichtige Kennwerte des Stickstoffkreislaufes im Boden.

Der erste Bericht über einen sechsjährigen Versuchsabschnitt von 1984 bis 1989 (MÜLLER 1991) enthält eine ausführliche Beschreibung von Versuchsanlage, Versuchsmethodik und  $N_{\min}$ -Dynamik innerhalb der Versuchsböden. Der N-Austrag aus Weinbergböden wird von Menge und Nitratkonzentration des Sickerwassers bestimmt. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, diese beiden Kenngrößen sowie den jährlichen N-Austrag unter dem Einfluß der oben aufgeführten Faktoren zu untersuchen. Der N-Austrag stellt einen Faktor für die Berechnung der im Boden über einen bestimmten Zeitraum stattgefundenen Netto-Mineralisation dar, über die in einem weiteren Beitrag berichtet werden wird.

### Material und Methoden

Die Lysimeter-Anlage wurde am Standort Veitshöchheimer Steige als vierfaktorieller Versuch konzipiert:

- Faktor A: Bodenformation, mit den Stufen Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper.  
 Faktor B: Humusgehalt, mit den Stufen ca. 1 % Humus (niedrig bis mittel) und ca. 2 % Humus (hoch).  
 Faktor C: Mineralische N-Düngung, mit den Stufen  $N = 0$  kg/ha und  $N = 100$  kg/ha jährlich.  
 Faktor D: Bepflanzung, mit den Stufen Schwarzbrache und Bepflanzung mit je einer Müller-Thurgau-Pfropfrebe auf SO 4 pro Lysimeter.

Die insgesamt 24 Versuchskombinationen wurden in jeweils 3facher Wiederholung angelegt (weitere Details siehe MÜLLER 1991).

Die statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte mittels Wilcoxon-Test und Varianzanalyse unter Verwendung des PC-Programmpaketes „SAS“ (SAS Institute Inc., Cary, NY, USA). Falls nicht anders vermerkt, sind im Text erwähnte Unterschiede signifikant.

### Ergebnisse

Die Sickerwassermengen sowie ihr prozentualer Anteil an den jeweiligen Jahresniederschlägen sind in Tab. 1 für die  $N = 0$ -Varianten der hohen Humusstufe stellvertretend dargestellt. Bei allen Bodenformationen wurde unabhängig von der Bepflanzung während der Vegetation (April—September) ein geringerer Sickerwasseranfall gegenüber dem der Ruhephase (Oktober—März) festgestellt. Dieses Ergebnis ist deshalb bemerkenswert, weil während der Vegetation (Tab. 1, unten) mehr Niederschläge fielen als in der Ruhephase. In den mit Reben bepflanzten Varianten wurden bei allen Bodenformationen deutlich niedrigere Sickerwassermengen gegenüber den unbepflanzten Varianten vorgefunden.

Die Nitratkonzentration der Sickerwässer sämtlicher 24 Versuchskombinationen wird in Tab. 2 zunächst als Mittelwerte der 6 Versuchsjahre wiedergegeben. Bei allen Versuchskombinationen wurden während der Ruhephase höhere  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen gegenüber denen der Vegetationszeit festgestellt, bis auf 2 Varianten auch noch im 6jährigen Mittel.

Die untersuchten Bodenformationen unterschieden sich hinsichtlich der gemessenen Nitratkonzentrationen während der ersten 3 Jahre, über die gesamte 6jährige Versuchsdauer jedoch nur während der Vegetation und auch nur bei den bepflanzten Versuchskombinationen der 2. Humusstufe.

Beim Vergleich der Humusgehalte führten höhere Gehalte aller 3 Bodenformationen auch zu wesentlich höheren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, am stärksten beim Muschelkalk und Keuper. Unterschiede waren allerdings nur bei den unbepflanzten  $N = 0$ -Varianten in allen Zeitabschnitten zu sichern.

Bei niedrigen Humusgehalten waren beim Buntsandstein und bei höheren Gehalten ( $\approx 2$  %) beim Muschelkalk höhere Nitratkonzentrationen vorzufinden.

Die mineralische N-Düngung mit jährlich 100 kg N/ha, hier weit über dem Rebenbedarf liegend, führte allgemein zu einer drastischen Erhöhung der  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen, im 6jährigen Mittel um 36—124 mg/l, ohne daß jedoch weitere klare Abhängigkeiten zu den anderen Faktoren zu erkennen gewesen wären.

In den mit Reben bepflanzten Varianten wurden gegenüber den unbepflanzten, unabhängig von den übrigen Faktoren, geringere  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen gemessen. Die Unterschiede bepflanzte/unbepflanzte waren im Wilcoxon-Test für alle 3 Zeitabschnitte signifikant bis hoch signifikant.

Zur Veranschaulichung der von Jahr zu Jahr stattgefundenen Veränderungen der Nitratkonzentrationen innerhalb der 24 Versuchskombinationen sind in Abb. 1 auch

Tabelle 1

Sickerwasseranfall ( $l/m^2$ ) sowie %-Anteil des Sickerwassers an den Jahresniederschlägen für die  $NO_3$ -Varianten der hohen Humusstufe, im Mittel der Jahre 1984 bis 1989

Seeping water volume ( $l/m^2$ ) and percentage of seeping water of annual rainfall in the  $NO_3$  variations of high humus contents; means of the years 1984 to 1989

Bepflanzung	Bodenformation	Sickerwasseranfall in					
		$l/m^2$			% d. mittl. Jahresniederschläge		
		Veget. ①	Ruhe ②	Jahr ③	Veget.	Ruhe	Jahr
unbepflanzt	Buntsandstein	126	175	301	22	30	52
	Muschelkalk	121	200	321	21	35	56
	Keuper	138	210	348	24	36	60
bepflanzt	Buntsandstein	98	125	223	17	22	39
	Muschelkalk	95	144	239	16	25	41
	Keuper	113	192	305	20	33	53
Jahresniederschläge im Mittel von 1984-1989		308	270	578	53	47	100

GD 5-%-Test: bei abweichender Kennzeichnung (a,b) liegt statistische Sicherheit vor

Bepflanzung	①	②	③	Böden	①	②	③
unbepflanzt	a	a	a	Bu	a	a	a
bepflanzt	b	b	b	Mu	a	b	b
				Keu	a	b	b

die mittleren jährlichen  $NO_3$ -Konzentrationen für die Jahre 1984-1989 dargestellt. Die Ergebnisse bestätigen die bereits anhand der 6jährigen Mittelwerte (Tab. 2) getroffenen Aussagen. Sehr klar ist dabei der Einfluß der geprüften Faktoren, einzeln oder in Kombination zu erkennen: Bodenformation, Humusgehalt, N-Düngung und Bepflanzung mit Reben.

Für sämtliche 24 Versuchskombinationen wurden jedoch während der ersten 3 Versuchsjahre statistisch gesichert höhere  $NO_3$ -Konzentrationen vorgefunden, bei einigen sehr hohe. Zum 4. Versuchsjahr (1987) hin fand dann generell eine starke Abnahme der Nitratgehalte im Sickerwasser statt, was mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Setzen der Böden und das Abklingen des „Rigoleffekts“ (RUPP 1987) bei den hier verwendeten, aufgeschütteten Böden zurückzuführen war. Dennoch blieben die Nitratgehalte bei den gedüngten und unbepflanzten Varianten, besonders der hohen Humusstufe, auch 1987 noch oberhalb von 100 mg/l.

Im 5. Versuchsjahr (1988) waren keine wesentlichen Änderungen der Nitratkonzentrationen gegenüber dem Vorjahr festzustellen. Im 6. Jahr fand vor allem bei den  $N = 100$ -Varianten erneut ein stärkerer Anstieg der Nitratgehalte im Sickerwasser statt.

Nitrat austrag: In Tab. 3 ist die jährliche  $NO_3$ -Fracht im Sickerwasser aufgeführt: Auch im 6jährigen Mittel fand noch eine überaus hohe  $NO_3$ -Verfrachtung

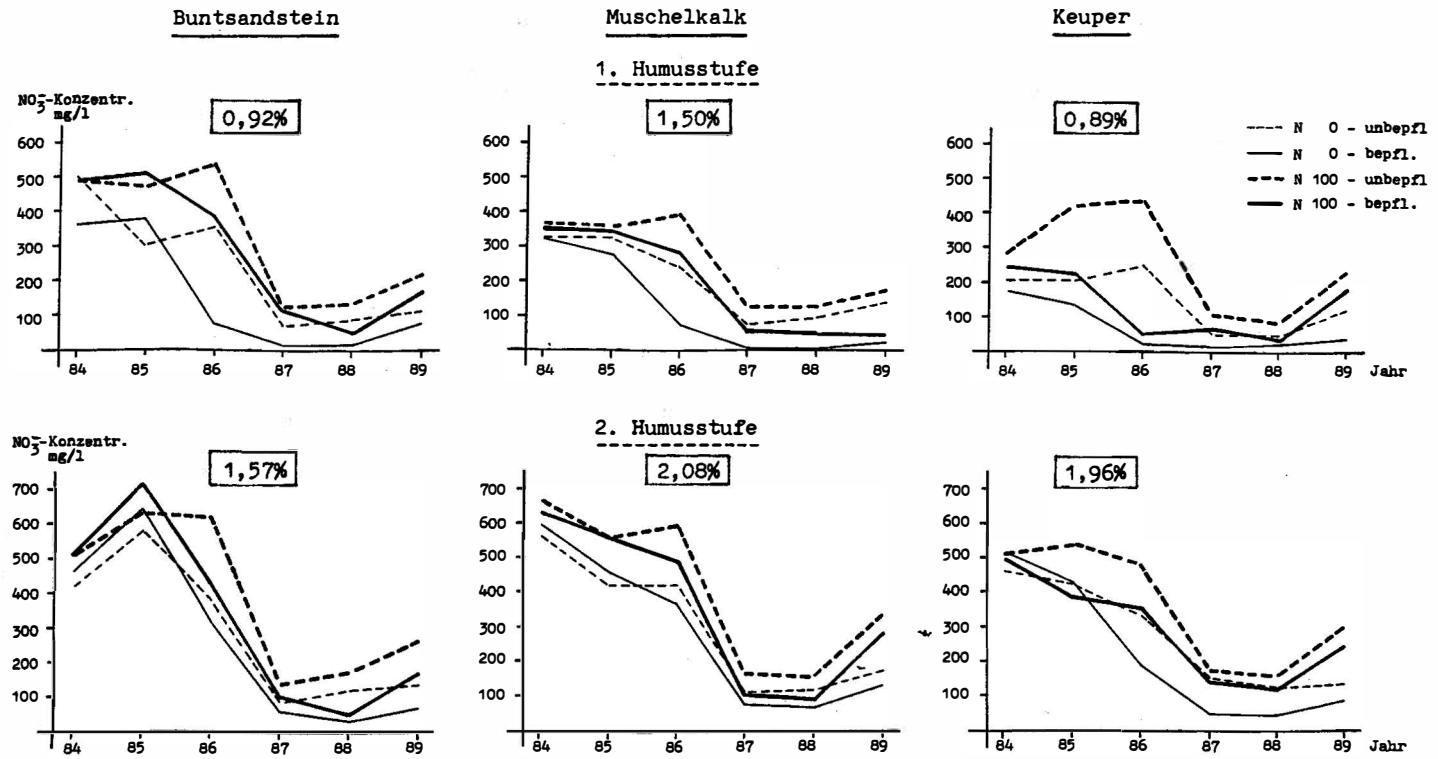


Abb. 1: Mittlere jährliche NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration des Sickerwassers (mg/l) sämtlicher Versuchskombinationen während der Jahre 1984 bis 1989.

Average of annual seeping water NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentration (mg/l) of all experimental combinations; during the years 1984—1989.

Tabelle 2

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration des Sickerwassers (mg/l) sämtlicher Versuchskombinationen im Mittel der Jahre 1984 bis 1989

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentrations (mg/l) of seeping water all experimental combinations; means of the years 1984 to 1989

Bodenformation	Humus- gehalt %	N-Düngung kg/ha	Bepflanzung u=unbepflanzt b=bepflanzt	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Konzentration mg/l		
				Veget. ①	Ruhe ②	Ø Jahr ③
Buntsandstein (Bu)	0,92	0	u	125	243	179
			b	84	130	105
	100	0	u	208	391	291
			b	175	293	229
	1,57	100	u	185	330	251
			b	166	278	217
		b	262	436	341	
		b	199	318	253	
Muschelkalk (Mu)	1,50	0	u	161	221	188
			b	88	108	97
	100	0	u	193	287	235
			b	155	224	187
	2,08	100	u	210	335	267
			b	206	283	241
		u	299	445	365	
		b	224	374	292	
Keuper (Keu)	0,89	0	u	93	162	124
			b	55	73	63
	100	0	u	121	278	193
			b	96	128	110
	1,96	100	u	183	302	237
			b	144	226	182
		u	214	411	304	
		b	169	332	243	

GD 5-%-Test: bei abweichender Kennzeichnung (a, b) liegt statistische Sicherheit vor.

Böden	①	②	③	Humus	①	②	③	N-Düngung	①	②	③	Bepflanzg.	①	②	③
Bu	a	a	a	1. Stufe	a	a	a	N0	a	a	a	unbepfl.	a	a	a
Mu	a	a	a	2. Stufe	b	b	b	N100	b	b	b	bepfl.	b	b	b
Keu	b	b	b												

aus 0—75 cm Tiefe statt. Nur in 5 von 24 Varianten lag der mittlere jährliche Austrag deutlich niedriger als 442 kg Nitrat entsprechend 100 kg N/ha. Bei allen Versuchskombinationen wurden während der Vegetation stets wesentlich geringere N-Austräge als innerhalb der Ruhephase ermittelt.

Tabelle 3

Jährliche NO<sub>3</sub>-Fracht (kg NO<sub>3</sub>/ha) im Sickerwasser für sämtliche Versuchskombinationen im Mittel der Jahre 1984 bis 1989

Annual NO<sub>3</sub> washout (kg NO<sub>3</sub>/ha) means of all experimental combinations; means of the years 1984 to 1989

Bodenformation	Humus- gehalt %	N-Düng. kg/ha	Bepflanzung u = unbepflanzt b = bepflanzt	Mittl. jährl. Ni- tratfracht	Mittl. Nitratfracht während Vegeta- tion (Apr.-Sept.) in	
				kgNO <sub>3</sub> /ha ①	kgNO <sub>3</sub> /ha ②	%
Buntsandstein (Bu)	0,92	0	u	523	141	27
			b	223	73	33
	100	u	775	225	29	
		b	438	137	31	
	1,57	0	u	659	174	26
			b	439	131	30
100	u	893 <sup>†</sup>	231	26		
	b	458	125	27		
Muschelkalk (Mu)	1,50	0	u	571	189	33
			b	218	94	43
	100	u	709	213	30	
		b	406	146	36	
	2,08	0	u	783	228	29
			b	533	163	31
100	u	1 010	288	29		
	b	665	177	27		
Keuper (Keu)	0,89	0	u	361	91	25
			b	137	48	35
	100	u	509	103	20	
		b	281	68	24	
	1,96	0	u	814	252	31
			b	513	170	33
100	u	1 000	292	29		
	b	786	207	26		

GD 5%-Test: bei abweichender Kennzeichnung (a, b) liegt statistische Sicherheit vor.

Böden	①	②	Humus	①	②	N-Düngung	①	②	Bepflanzg.	①	②
Bu	a	a	1. Stufe	a	a	N0	a	a	unbepfl.	a	a
Mu	a	b	2. Stufe	b	b	N100	b	b	bepfl.	b	b
Keu	a	a									

Bei vergleichbar hohen Humusgehalten wurde die höchste NO<sub>3</sub>-Fracht bei der Bodenformation Buntsandstein gemessen; bei der niedrigen Humusstufe auch der effektiv höchste NO<sub>3</sub>-Austrag. Bei der hohen Humusstufe waren hingegen die höch-

sten  $\text{NO}_3^-$ -Austräge gleichermaßen bei den Keuper- wie bei den Muschelkalkböden vorzufinden (statistische Absicherung nur im Einzelfall möglich). Bezogen auf das ganze Jahr bewirkten höhere Humusgehalte generell auch signifikant höhere Nitratfrachten.

Die mineralische N-Düngung erhöhte den N-Austrag ebenfalls sehr stark, besonders in Verbindung mit niedrigen Humusgehalten (gesichert nur bei den unbepflanzten Varianten der 2. Humusstufe).

Die Bepflanzung führte allgemein zu einer starken Verminderung der  $\text{NO}_3^-$ -Fracht, verständlicherweise besonders bei der niedrigeren Humusstufe. Demgegenüber erhöhte die Schwarzbrache den Nitrat austrag sehr stark (bezogen auf das ganze Jahr in allen Fällen statistisch gesichert).

Zusätzlich ist in Abb. 2 auch die jährliche  $\text{NO}_3^-$ -Fracht sämtlicher 24 Versuchskombinationen dargestellt. Unabhängig von dem im Jahr 1986 verzeichneten kräftigen Anstieg der Nitratfracht in den unbepflanzten, z.T. aber auch den bepflanzten Versuchskombinationen, fand allgemein zum Jahr 1987 hin eine starke Abnahme des Nitrat austrages statt („Rigoleffekt“, s.o.). Die unterschiedliche Nitratfracht der ersten 3 Versuchsjahre war in allen Fällen statistisch gesichert.

Der Einfluß der untersuchten Faktoren auf die Nitratfracht (wie weiter oben für die Mittelwerte beschrieben) wird in Abb. 2 auch für die einzelnen Versuchsjahre weitgehend bestätigt. Der  $\text{NO}_3^-$ -Austrag aus den Varianten „N = 0, unbepflanzt“ war meist höher als aus den Varianten „N = 100, bepflanzt“. Unbepflanzt, „N = 100“ (in der Regel nicht praxisüblich) bewirkte während der gesamten Versuchsjahre bei allen Bodenformationen und Humusstufen mit Abstand die höchste  $\text{NO}_3^-$ -Fracht.

### Diskussion

Die Sickerwassermengen waren, unabhängig von den geprüften Einflußfaktoren und trotz eines größeren Niederschlagsvolumens während des Sommers, im Winter höher als im Sommerhalbjahr. Zu gleichen Ergebnissen kamen auch CZERATZKI (1973) und MÜLLER, W. (1982). Nach JUNG (1972) sowie AMBERGER und SCHWEIGER (1987) wird die anfallende Sickerwassermenge am stärksten durch die Höhe der Niederschläge beeinflusst, mehr noch als durch Bodenart und Fruchtfolge. Die hier untersuchten Böden unterschieden sich zwar durch verschieden hohe Sickerwassermengen, eine statistische Absicherung war jedoch nur während der Ruhephase und — bezogen auf das Jahr — bei Buntsandstein gegenüber den anderen beiden Böden festzustellen. Die beim Keuperboden vorgefundene höchste Sickerwasserrate läßt sich durch die blättrige Textur des nur unvollständig verwitterten Ausgangsmaterials (RUPP 1988) und des dadurch vorhandenen Makroporensystems (MÜLLER, W. 1982) erklären.

Eindeutiger als der Einfluß des Ausgangsgesteins war der der Bepflanzung mit Reben. Eine ähnliche Wirkung durch Pflanzenbewuchs wurde auch von JUNG (1972) sowie FURRER und STAUFFER (1984) beschrieben.

Die Nitratkonzentration von Sickerwässern kann, je nach Standort und Bodennutzung, sehr stark variieren. KLETT und KOEPF (1965) fanden bei siedlungsunbeeinflussten Ursprungsgewässern einen eindeutigen Einfluß der Kulturart, registrierten aber insgesamt sehr geringe  $\text{NO}_3^-$ -Werte, die zwischen 0,13 mg/l bei Niedermoor und 6,4 mg/l bei Ackerland schwankten. GARTEL (1975) fand 2,9 mg  $\text{NO}_3^-$ /l in einem Zufluß der Mittelmosel außerhalb der Weinbauzone, aber 510 mg  $\text{NO}_3^-$ /l in einem Weinbergsbach. WALTER und RESCH (1981) fanden im Sickerwasser eines Weinbergsbodens eine mittlere jährliche  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration von 194 mg/l, im Hangdruck-



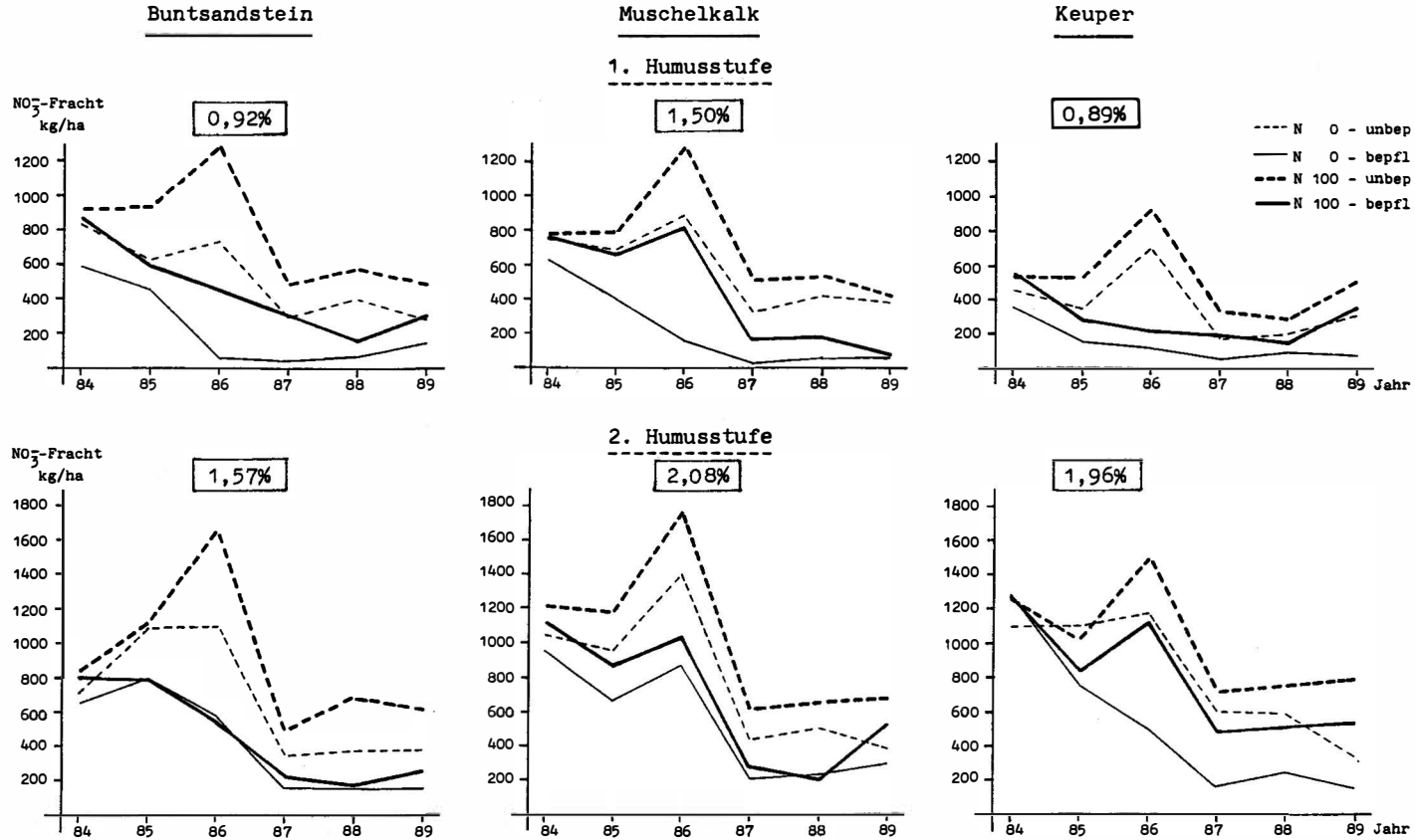


Abb. 2: Jährliche NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Fracht (kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha) im Sickerwasser sämtlicher Versuchskombinationen während der Jahre 1984 bis 1989.

Annual NO<sub>3</sub><sup>-</sup> washout (kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha) of all experimental combinations; during the years 1984—1989.

wasser sogar 411 mg/l. MÜLLER, W. (1982) berichtete über Nitratgehalte aus Sickerwässern des Mittelmosel-Bereichs von 100—550 mg/l, im Grundwasser von Weinbergsfilurbereinigungen sogar von > 1000 mg/l — dem 10fachen von land- bzw. forstwirtschaftlich genutzten Böden. DARIMONT *et al.* (1984) stellten in Weinbaulich genutzten Gebieten eine wesentlich höhere Trinkwasserbelastung als bei anderer Nutzung fest. Die in Tab. 2 gezeigten hohen Nitratgehalte im Sickerwasser sind in Einklang mit den oben beschriebenen Ergebnissen von Weinbergsböden. Die unabhängig von den geprüften Einflußfaktoren signifikant höheren Gehalte während des Winterhalbjahres stimmen mit Befunden von BRAMM (1978) bei landwirtschaftlich genutzten Böden überein.

Über den *Einfluß von Standortfaktoren und Bewirtschaftungsweise* (Bodenformation, Humusgehalt, N-Düngung und Bepflanzung) auf die Nitratkonzentration von Sickerwässern aus Weinbergsböden, gibt es in der Fachliteratur so gut wie keine Angaben. In den hier beschriebenen Versuchen führten höhere Humusgehalte generell auch zu wesentlich höheren  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen. Die Bodenformationen unterschieden sich dabei deutlich voneinander. Bei vergleichbaren Humusgehalten führte stets der Buntsandstein, hingegen beim Vergleich von Böden mit Humusgehalten, die für die jeweilige Bodenformation spezifisch sind, der Muschelkalk zu den höchsten Nitratwerten. Erwartungsgemäß hatte die jährliche mineralische N-Düngung generell eine drastische Erhöhung zur Folge, die Bepflanzung mit Reben in allen Fällen eine Verminderung.

Über den *Einfluß bestimmter Faktoren auf den Nitrataustrag aus Weinbergsböden* liegen vereinzelt Angaben vor: PFAFF (1960 und 1963) stellte anhand von langjährigen Lysimeterversuchen für unterschiedliche Bodennutzungen die Reihenfolge Reben > Kartoffeln > Getreide > Grünland fest. JUNG (1972) begründete dies mit der den Reben spezifischen schwachen Durchwurzelung und dem geringen Transpirationsvolumen, im Vergleich zu anderen Kulturarten, besonders zu Grünland. Der Einfluß des Bodens sei insbesondere durch die Menge an vorhandenem Stickstoff sowie die jeweilige Mineralisationsrate bestimmt. Die mineralische N-Düngung führte nach PFAFF (1963) bei Gaben von bis zu 240 kg N/ha zu Auswaschungsverlusten von < 10 %, hingegen bei einer zeitlich abgestimmten und bedarfsgerechten Düngung nach JUNG (1972) zu Austrägen von < 5 % des Düngerstickstoffs. DRESSEL *et al.* (1985) bezifferten dessen Anteil am ausgewaschenen Nitrat mit 0—6,3 %, abhängig von Art und  $\text{N}_t$ -Gehalt des Bodens. Unter anderen geographischen und pädologischen Verhältnissen stellten YASUDA *et al.* (1988) in mit Reben bepflanzten Lysimeterversuchen, je nach Bodentyp, einen N-Austrag von 5—19 % des verabreichten N-Düngers fest.

Eine Wichtung von Einflußgrößen, die die  $\text{NO}_3^-$ -Auswaschung bestimmen, nahm CZERATZKI (1973) für landwirtschaftlich genutzte Böden wie folgt vor: Art und Dauer des Bewuchses > Bodenart und Durchlässigkeit > Bodenvorrat > N-Mobilisierungs- und Festlegungsvermögen > aktuelle N-Düngung. Eigene Untersuchungen (MÜLLER, K. 1984) ergaben, daß die Nitratauswaschung aus Weinbergsböden in hohem Maße von den gefallenem Niederschlägen und der daraus resultierenden Sickerwassermenge abhängig ist und des weiteren von der Bodenart bestimmt wird. Gleichlautende Aussagen machten STREBEL *et al.* (1986) auch für landwirtschaftlich genutzte Böden. MÜLLER, W. *et al.* (1985) fanden, daß an der Mosel bei einer jährlichen Grundwasserbildung von 160—180 mm aus Weinbergsböden mit einem Austrag von jährlich 200 kg N/ha zu rechnen sei. Als Gründe wurden die hohe N-Düngung, die große Mineralisationsleistung der Weinbergsböden sowie deren große Wasserdurchlässigkeit genannt. Außerdem sei die Bedeutung der Bodenart für die Versickerung, bei den in der Regel rigolten Weinbergsböden höher als bei ungestörten Böden. RUPP (1988)

konnte im 2. Jahr nach dem Rigolen von Weinbergsböden immer noch jährliche Austräge von 106—201 kg N/ha, entsprechend 469 bzw. 888 kg NO<sub>3</sub>/ha nachweisen.

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen die o.a. Literaturaussagen dahingehend, daß auch noch im 6jährigen Mittel fast ausnahmslos ein sehr hoher Stickstoffaustrag aus den hier untersuchten Weinbergsböden stattfand. Die ersten 3 Versuchsjahre unterschieden sich klar durch eine überaus hohe N-Fracht von den 3 darauffolgenden. Dieser Sachverhalt war wohl auf den „Rigoleffekt“ der hier verwendeten, aufgeschütteten Böden zurückzuführen. Bei vergleichbaren Humusgehalten war die höchste N-Fracht beim Buntsandsteinboden festzustellen. Auf die starke Mobilität des Stickstoffs in leichten Böden wiesen auch PEACOCK *et al.* (1982) hin. Ergebnisse von WEHRMANN und SCHARPF (1983) bestätigten diese Aussagen auch für gemüsebaulich genutzte Böden.

Erhöht wurden die ausgetragenen Stickstoffmengen auch durch höhere Humusgehalte, besonders aber durch die mineralische N-Düngung, vor allem auf den Böden der niedrigen Humusstufe. Dagegen bewirkte die Bepflanzung mit Reben allgemein eine starke Verminderung. Im Vergleich dazu verursachte die Schwarzbrache eine Erhöhung der N-Verluste. Dies wurde auch von DRESSEL und JUNG (1984) in 11jährigen Lysimeterversuchen nachgewiesen und nach JÜRGENS-GSCHWIND (in FOLLETT 1989) wird unter Schwarzbrache 1—2 mal mehr Stickstoff ausgetragen als unter bebautem Land. Entsprechend konnte laut FURRER und STAUFFER (1984) durch Grasbewuchs eine Erhöhung der N-Auswaschung, auch bei Applikation von 700 kg N/ha als Klärschlamm oder 1300 kg N/ha als Schweinegülle, gänzlich vermieden werden.

### Literatur

- AMBERGER, A.; SCHWEIGER, P.; 1978: Substanzproduktion und Sickerwassermengen verschiedener Böden in einem langjährigen Lysimeterversuch. Bayer. Landw. Jahrb. 55, 714—726.
- BRAMM, A.; 1978: Wechselwirkungen zwischen neuzeitlichen Anbausystemen der landwirtschaftlichen Produktion und der Belastung von Sickerwasser durch anorganische und organische Substanzen. Landbauforsch. Völknerode 28, 79—94.
- CZERATKI, W.; 1973: Die Stickstoffauswaschung in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Landbauforsch. Völknerode 23, 1—18.
- DARIMONT, T.; SCHULZE, G.; SONNEBORN, M.; 1984: Nitrat im Trinkwasser von Weinbaugebieten — eine Ionen-chromatographische Studie. Fresenius Z. Anal. Chem. 317, 400—406.
- DRESSEL, J.; JÜRGENS-GSCHWIND, S.; 1984: Nährstoffverlagerung in einem Sandboden in Abhängigkeit von der Bepflanzung und Stickstoffdüngung (Lysimeterversuche). Landw. Forsch. 36 (Sonderheft 40), 363—372.
- — ; 1985: Zur Nitratmobilität im Boden anhand von Lysimeterergebnissen und Profiluntersuchungen. Landw. Forsch. (Kongressband 1984), 315—325.
- FOLLETT, R. F.; 1989: Nitrogen management and ground water protection. Elsevier, Oxford, New York, Tokyo.
- FURRER, O. J.; STAUFFER, W.; 1984: Einfluß von Bodennutzung und Düngung auf die Nitratauswaschung im Schweizerischen Mittelland. Landw. Forsch. 37 (Kongressband), 398—409.
- GARTEL, W.; 1975: Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt der Weinbergsböden unter besonderer Berücksichtigung der Nitratauswaschung und der Kontamination des Grundwassers der Flüsse mit Nitrat. Jahresb. FDW DLG, 8—9.
- JUNG, J.; 1972: Faktoren der Stickstoffauswaschung aus dem Oberboden und Beziehungen zum Gewässerschutz. Landw. Forsch. 25, 336—354.
- JUNG, J.; JÜRGENS-GSCHWIND, S.; 1974: Die Stickstoffbilanz des Bodens, dargestellt an Lysimeterversuchen. Landw. Forsch. 27 (Sonderheft 30/II), 57—77.
- KLETT, M.; KOEFF, H.; 1965: Der Einfluß von Boden und Bodennutzung auf den Nitratstickstoffgehalt von Ursprungsgewässern. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 111, 188—197.
- MÜLLER, K.; 1984: Einfluß bodenkundlicher Weinbau-Standortbedingungen auf den Nitratgehalt des Brunnen- und Quellwassers. Landw. Forsch. (Kongressband), 347—355.

- — ; 1991: Die Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffs in Weinbergsböden. Teil I: Die N-Dynamik. *Vitis* **30**, 151—166.
- MÜLLER, W.; 1982: Nährstoffaustrag aus Weinbergsböden der Mittelmosel unter besonderer Berücksichtigung der Nitrate. Diss. Univ. Bonn.
- — ; GÄRTEL, W.; ZAKOSEK, H.; 1985: Nährstoffauswaschung aus Weinbergsböden an der Mittelmosel. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **148**, 417—428.
- OHLENDORF, W.; 1976: Lysimeteruntersuchungen über den Verbleib der Düngernährstoffe, insbesondere des mit <sup>15</sup>N markierten Stickstoffs. Diss. Univ. Gießen.
- PEACOCK, W. L.; BROADBENT, F. E.; CHRISTENSEN, L. P.; 1982: Late-fall nitrogen application in vineyards is inefficient. *Calif. Agricult.* **36**, 22—23.
- PFAFF, C.; 1960: Nährstoffauswaschung aus dem Boden bei Anbau von Reben: *Weinberg Keller* **7**, 225—229.
- — ; 1963: Das Verhalten des Stickstoffs im Boden nach langjährigen Lysimeterversuchen. *Z. Acker- Pflanzenbau* **117**, 77—99.
- RUPP, D.; 1987: Auswirkungen von Rigolverfahren auf Rebböden und auf die Auswaschung von Nitrat und Nematizidwirkstoffen. Diss. Univ. Hohenheim.
- — ; 1988: Rigolen von Rebböden und die Nitrat auswaschung. *Dt. Weinbau* **43**, 1135—1137.
- STREBEL, O.; DUYNISVELD, W. H. M.; BÖTTCHER, J.; 1986: Vertikaler Stofftransport im Boden und Stoffverluste aus dem Wurzelraum ins Grundwasser. *Kali-Briefe* **18**, 93—105.
- WALTER, B.; RESCH, M. H.; 1981: Nährstoffaustrag in Weinbergsböden der Mosel. *Landw. Forsch.* (Kongressband), 768—769.
- WEHRMANN, J.; SCHARPF, H. C.; 1983: Auswaschung von Nitrat aus Böden mit Gemüsebau. Vortrag Tagung Bad Honnef, April 1983.
- YASUDA, U.; UMENIYA, Y.; SATO, Y.; 1988: Fate of nitrogen applied to soils cultivated with grapevines. *Bull. Fruit Tree Res. Stat.* **A 15**, 59—67.

*Eingegangen: 12. 6. 1992*