

Nitratausträge unter verschiedenen Landnutzungssystemen auf sandigen Standorten Nord-Ostdeutschlands

U. SCHINDLER, F. EULENSTEIN und L. MÜLLER

Summary

Nitrate concentrations and nitrogen losses for arable-integrated, integrated-irrigated, ecological and extensive land use, grassland and forest sites were measured from 1993 to 1998 in eastern Brandenburg. The research consisted of soil hydrological measurements up to a 5 m depth, soil water sampling with permanent soil water samplers, and deep drilling. Nitrate concentrations varied between 17 and 250 mg NO₃/l at the arable sites. The average annual nitrogen loss for arable sites was about 40 kg N/ha. Temporal and spatial variability was high. As a result of irrigation, yields increased and nitrogen losses decreased. The nitrogen loss differences observed between the land use systems were minimal. Although crop yields substantially decreased, nitrogen losses for the ecological land use system were not significantly lower when compared to the integrated system. The permanent production of seepage water with nitrate concentrations < 50 mg NO₃/l is not realistic with sustainable arable land use at sandy and deep loamy sites in northeastern Germany. As a result of minimal seepage rates, nitrogen concentrations of about 100 mg NO₃/l were observed with respect to approximately 15 to 20 kg N/ha annual nitrogen loss. For ecological evaluations, nitrogen loss is more important than nitrate concentration in the soil water.

Zusammenfassung

Auf grundwasserfernen Standorten Ostbrandenburgs wurden im Zeitraum von 1993 bis 1998 unter Acker mit integrierter, integriert-bewässerter, ökologischer und extensiver Bewirtschaftung, Gras und Wald, sowie auf Stilllegungsflächen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser gemessen und die Stickstoffausträge ermittelt. Grundlage bildeten bodenhy-

drologische Messungen bis in 5 m Tiefe, Bodenwasserprobenahmen mittels Saugsonden und Tiefbohrungen. Auf den Ackerstandorten variierten die Nitratkonzentrationen zwischen 17 und 250 mg NO₃/l. Im Mittel aller Ackerstandorte und Bewirtschaftungsvarianten betrug der jährliche Stickstoffaustrag etwa 40 kg N/ha. Die zeitliche und räumliche Variabilität war groß. Die Zusatzbewässerung führte zu höheren Erträgen und geringerem Stickstoffverlust. Zwischen den Bewirtschaftungsvarianten waren die Unterschiede gering. Der ökologische Landbau brachte keine eindeutige Minderung des Stickstoffaustrages gegenüber dem integrierten Landbau. Die Erträge waren jedoch deutlich geringer. Bei nachhaltiger Ackerwirtschaft können auf den Sand- und Tieflehmstandorten Nordostdeutschlands Nitratkonzentrationen im Sickerwasser < 50 mg NO₃/l nicht dauerhaft realisiert werden. Auch bei Stickstoffausträgen von 15 bis 20 kg N/ha lagen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser aufgrund der relativ geringen Sickerwassermengen teilweise über 100 mg NO₃/l. Für ökologische Beurteilungen ist die Menge an ausgetragenen Nitrat bedeutsamer als die Nitratkonzentration im Bodenwasser.

1. Einleitung

Ziel einer nachhaltigen Landnutzung ist die dauerhafte Sicherung der biologischen und ökonomischen Ertragsfähigkeit eines Standortes (WERNER, 1995). Für den Nährstoffhaushalt sollte Nachhaltigkeit dadurch gekennzeichnet sein, daß sich das Überschußsaldo für die Einhaltung ökologischer Erfordernisse zur Sicherung von sauberem Grund- und Oberflächenwasser sowie zum Schutz des Bodens in tolerierbaren Grenzen bewegt (ISERMANN und ISERMANN, 1997). Neben der integrierten Landbewirtschaftung (WERNER, 1995) werden

die landwirtschaftlich genutzten Flächen zunehmend nach dem Prinzip des ökologischen Anbaus (WERNER, 1995) bewirtschaftet. Letzterer wird als eine besonders umweltschonende, die Stoffausträge mindernde Verfahrensweise angesehen (HAAS et al., 1998) und sollte insbesondere in sehr sensiblen Landschaftsräumen mit Gefährdung für Grundwasserkontamination Anwendung finden. Extensive Bewirtschaftungsformen und Stilllegungen, als Folge gesellschaftlicher Umgestaltung sowie ökonomische Rahmenbedingungen, bergen teilweise unkalkulierbare Umweltrisiken (MEISSNER et al., 1995). Aufgrund im Boden vorhandener aber pflanzlich nicht ausgeschöpfter Nährstoffpools, können diese ungehindert verlagert und ins Grundwasser eingetragen werden (MEISSNER et al., 1995; KNAPPE und KEESE, 1997). Die Angaben in der Literatur zu Stoffausträgen unter verschiedenen Bewirtschaftungsverfahren sind nicht immer konsistent. Häufig zu wenig diskutiert und berücksichtigt werden dabei die klimatischen Bedingungen, unter denen die Ergebnisse erzielt wurden und unter denen sie gelten. Für den niederschlagsarmen Landschaftsraum Nordostdeutschlands werden nachfolgend Ergebnisse zu Stickstoffausträgen unter verschiedenen Landnutzungs- und Bewirtschaftungsformen vorgestellt.

2. Untersuchungen

2.1 Standortcharakteristik

Die Untersuchungen wurden auf 7 Standorten unterschiedlicher geologischer Entstehung und differenzierter Bewirtschaftung durchgeführt (Tabelle 1). Die Böden variierten zwischen Sand-Braunerde, Sand-Tieflehm-fahlerde und Lehm-Parabraunerde. Neben Ackerstandorten im wissenschaftlichen Versuchsbetrieb (1, 7) wurden ungedüngte,

Autoren: Dr. Uwe SCHINDLER und L. MÜLLER, ZALF, Institut für Bodenlandschaftsforschung und F. EULENSTEIN, ZALF, Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, Eberswalder Straße 84, D-15374 MÜNCHEBERG

Tabelle 1: Standortcharakteristik

Nr.	Standort	Kultur	Bewirtschaftung	Geologie	Bodentyp	Bemerkung
1	IMF Müncheberg	Ackerfruchtfolge	integriert ökologisch extensiv	Endmoräne	Sand-Tieflehm- Fahlerde	Ackerbau im wiss. Versuchsbetrieb
2	Worin, Hardenbergschlag	Ackerfruchtfolge	integriert ökologisch	Grundmoräne	Sand-Braunerde, Parabraunerde	Ackerbau unter wiss. Betreuung
3	Müncheberg, Hy	Gras	Brache	Endmoräne	Sand-Braunerde, Parabraunerde	Dauerbrache ohne Düngung
4	Obersdorf, Fuchsberge	Gras	Stillegung	Grundmoräne	Lehm Parabraunerde	Stillegung im 5. Jahr nach Ackerbau
5	Hoppegarten	Gras	Brache	Sander	Sand- Braunerde	Brache seit 1945
6	Müncheberg, Wald	Kiefer		Endmoräne	Sand-Braunerde	Kiefer, 60 Jahre
7	Müncheberg	3-jähriges Kleegras	Acker	Endmoräne	Sand-Braunerde	ohne Düngung in den letzten 3 Jahren

nicht bewirtschaftete Grassukzessionen als Dauerbrache (3, 5) sowie unter Praxisbedingungen bewirtschaftete Acker (2) und Waldstandorte (6) und Stillegungen (4) in die Beprobung einbezogen.

2.2 Meßprogramm

Bodenhydrologische Meßplätze (Standort 1, 2 und 3):

Auf der Grundlage von Saugspannungs- und Wassergehaltsmessungen unterhalb der hydraulischen Scheide bis in 3 m (1, 2) bzw. 5 m Tiefe (3) wurde die Tiefenversickerung quantifiziert (SCHINDLER und MÜLLER, 1998). In Verbindung mit Bodenwasserprobenahmen durch Saugsonden in gleichen Tiefen und Analyse der Stoffkonzentrationen wurde der Stickstoffaustrag ermittelt (DVWK, 1990). Auf dem Intensivmeßfeld (IMF) in Müncheberg (1) wurden insgesamt 16 Meßplätze unter 4 Bewirtschaftungsvarianten (Tabelle 2) beprobt. Der Standort 3 (Müncheberg, Hy) bestand aus einem bodenhydrologischen Meßplatz, und in Worin (2) wurden die Messungen an 2 Meßplätzen (MP: Ökologisch und MP: Integriert) vorgenommen. Unter Berücksichtigung der Sickerwasserdynamik (SCHINDLER und

MÜLLER, 1998) wurden die Stickstoffausträge aus der Wurzelzone für die Untersuchungsjahre 1994 bis 1998 abgeschätzt.

Tiefbohrungen (Standort 1 u. 4 bis 7):

Auf dem Standort IMF Müncheberg (1) wurden im November 1995 zusätzlich zu den bodenhydrologischen Messungen je Versuchsparzelle (20 m x 46 m) 4 Bohrungen bis 4,2 m Tiefe abgetäuft. Auf den Standorten 4-7 wurden in 1995 jeweils 100 Bohrungen im 10 x 10 m Raster bis in 4,2 m Tiefe niedergebracht. Vom Bohrgut wurden der Wassergehalt sowie die Nitratkonzentration im Bodenwasser für 30 cm Schichtkorpompartimente im Labor ermittelt. Die Bestimmung der Wassergehalte erfolgte gravimetrisch. Die Nitratkonzentration wurde nach einer Extraktion mit 0,02n CaCl₂-Lösung photometrisch durchgeführt.

3. Bewirtschaftungsvarianten und Erträge

Der Standort IMF Müncheberg (1) wurde in der Fruchtfolge Zuckerrübe, Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen mit nachfolgender Zwischenfrucht bewirtschaftet. Tabelle 2 gibt einen Über-

blick der mittleren jährlichen Aufwendungen an Dünger und Zusatzwasser und zu den erzielten Erträgen der Bewirtschaftungsvarianten als Mittelwert aus jeweils 4 Parzellen für den Zeitraum 1993 bis 1998. Bei Aufwand und Ertrag ergab sich die Reihenfolge: IB: integriert mit Beregnung, IO: integriert ohne Beregnung, EO: extensiv ohne Beregnung und OO: ökologisch ohne Beregnung. Der sehr niedrige Ertragswert der ökologischen Variante resultiert u. a. aus dem vollständigen Ertragsausfall 1997. Trotzdem war das Ertragsniveau dieser Variante vergleichsweise niedrig bei allerdings auch nur etwa 40 % des Düngeraufwandes gegenüber der unbewässerten, integrierten Variante.

Nachfolgende Zusammenstellung zeigt die Fruchtfolge der Varianten integriert und ökologisch auf dem Standort Worin (2) beginnend ab 1992.

Integriert:

Zwischenfrucht/Mais - Lupine (auf Fläche verblieben, 47 kg N/ha) - Hafer - Winterroggen - Phacelia/Senf als Stilllegung- Winterroggen - Triticale

Ökologisch:

Zwischenfrucht/Mais - Lupine (auf Fläche verblieben, 44 kg N/ha) - Winterroggen - Luzernegrass (Ansaat) - Luzernegrass - Luzernegrass

Im jährlichen Mittel waren die Stickstoffaufwendungen mit 68 kg N/ha in der integrierten Variante im Zeitraum 1992 bis 1998 wesentlich größer als in der ökologischen, in der als Jahresmittelwert nur 11 kg N/ha ausgebracht wurden. Darin enthalten waren die Stickstoffmengen

Tabelle 2: Bewirtschaftungsdaten Standort IMF Müncheberg (1), Mittel 1993 - 1998

Bewirtschaftungsvariante	mN kg N/ha	oN kg N/ha	Nges kg N/ha	P kg P/ha	ZW mm	Ertrag GE/ha
IO: Integriert, ohne Beregnung	112	0	112	24	0	67
IB: Integriert, mit Beregnung	126	0	126	24	78	76
OO: Ökologisch, ohne Beregnung	4	41	45	2	0	36
EO: Extensiv, ohne Beregnung	76	10	86	24	0	64

mN: mineralischer Stickstoff, oN: organischer Stickstoff aus Stallmist und Jauche; ZW: Zusatzwasser
GE: Getreideeinheit, 1 GE entspricht 1 dt Getreide

der Lupine 1993, die auf der Fläche verblieben war. Das Ertragsniveau war insgesamt niedrig. Es betrug im Betrachtungszeitraum im Jahresdurchschnitt auf der integrierten Variante 28 GE/ha und Jahr und war auf der ökologischen Variante mit 16 GE/ha und Jahr sogar noch geringer.

Der Standort Müncheberg, Grasland in Dauerbrache (3) wurde nicht gedüngt und etwa 2 mal pro Jahr gemäht. Das Schnittgut verblieb auf der Fläche.

4. Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Abbildung 1 zeigt die Dynamik der Nitratkonzentrationen im Zeitraum 1993 bis 1998 unter den Bewirtschaftungsvarianten auf dem Standort IMF Müncheberg (1), jeweils als Mittelwert der 4 Versuchspartellen und unter Dauerbrache, Müncheberg, Hy (3). Die Nitratkonzentrationen verminderten sich bis Mitte 1994 auf allen Varianten des Standortes IMF Müncheberg (1) drastisch und blieben danach nahezu konstant. Der Anfangsverlauf ist Ausdruck der ackerbaulichen Vorgeschichte. Aufgrund der Sickerwasserverlagerungsgeschwindigkeit (DBG, 1992; EULENSTEIN und DRECHSLER, 1992), die auf diesem Standort in den feuchten Jahren 1993

und 1994 (SCHINDLER und MÜLLER, 1998) etwa 1,5 bis 2,5 m/a betrug, repräsentiert die Nitratdynamik bis Mitte 1994 die Bewirtschaftungssituation vor 1993. Erst danach lassen sich Unterschiede in den Nitratkonzentrationen den zu untersuchenden Bewirtschaftungsvarianten zuordnen. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren signifikant. Am geringsten waren die Werte unter der ökologischen Variante, auf der jedoch auch der Stickstoffeinsatz am geringsten war. Sie schwankten im Zeitraum von 1995 bis 1998 etwa zwischen 50 und 80 mg NO₃/l. Die höchsten Nitratkonzentrationen (100 bis 130 mg NO₃/l) stellten sich unter der integrierten Variante ohne Beregnung ein. Obwohl der Stickstoffeinsatz auf der integrierten Variante mit Beregnung am höchsten war, zeigte sich das jedoch nicht in erhöhten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser. Ganz im Gegenteil, die Werte lagen mit 80 bis 100 mg NO₃/l deutlich unter der unberegneten Variante. Auf allen Varianten wurde jedoch der Trinkwassergrenzwert für Nitrat von 50 mg/l (BUNDESGESETZBLATT, 1990) dauerhaft überschritten.

Im Vergleich dazu war das Sickerwasser unter Dauerbrache Gras zwar nur gering nitratbelastet aber, obwohl keinerlei Düngung erfolgt war, stellten sich trotz-

dem Nitratkonzentrationen zwischen 5 und 10 mg NO₃/l im Sickerwasser ein. Nach einer Regengabe von 150 mm im November 1997 trat ein starker Verdünnungseffekt ein. Die Nitratkonzentrationen gingen darauf zu Beginn des Jahres 1998 auf Werte nahe 0 mg/l zurück.

Auf dem Standort Worin (2) wurde die Nitratkonzentrationen des Bodenwassers in 5 m Tiefe analysiert. Die Werte der ökologischen Variante schwankten zu Beginn der Messungen 1994 etwa um 250 mg NO₃/l (Abbildung 2). Ende 1995 lagen die Nitratkonzentrationen bei etwa 180 mg NO₃/l und nahmen bis 1998 weiter kontinuierlich ab auf etwa 130 mg NO₃/l. Etwas geringer waren die Ausgangsnitratkonzentrationen in der integrierten Variante. Sie veränderten sich im Zeitraum zwischen 1994 und 1998 nur unwesentlich von 150 auf 130 mg NO₃/l und waren 1998 nahezu identisch mit denen der ökologischen Variante.

Die mittleren Nitratkonzentrationen und Stickstoffmengen unterhalb der Wurzelzone der abgebohrten Standorte 1 und 4 bis 7 zeigt Tabelle 3. Die Bohrergebnisse vom Standort 1 stimmten gut mit den bodenhydrologischen Messungen überein. Ebenfalls gut war die Übereinstimmung der Ergebnisse aus den Tiefbohrungen unter Grasdauerbrache (Hoppegarten 5) mit den unter gleicher Nutzung

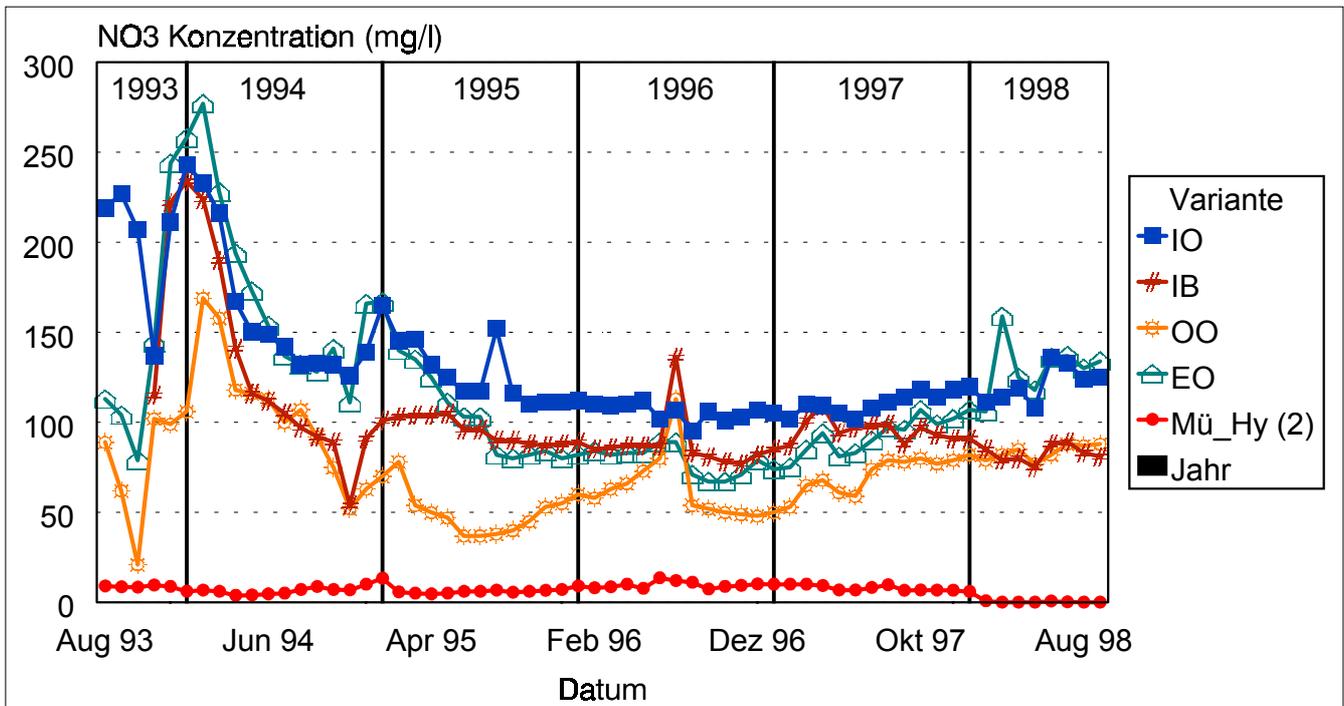


Abbildung 1: Dynamik der Nitratkonzentration im Sickerwasser in 3 m Tiefe auf den Standorten, IMF Müncheberg (1) und Müncheberg, Hy (3)

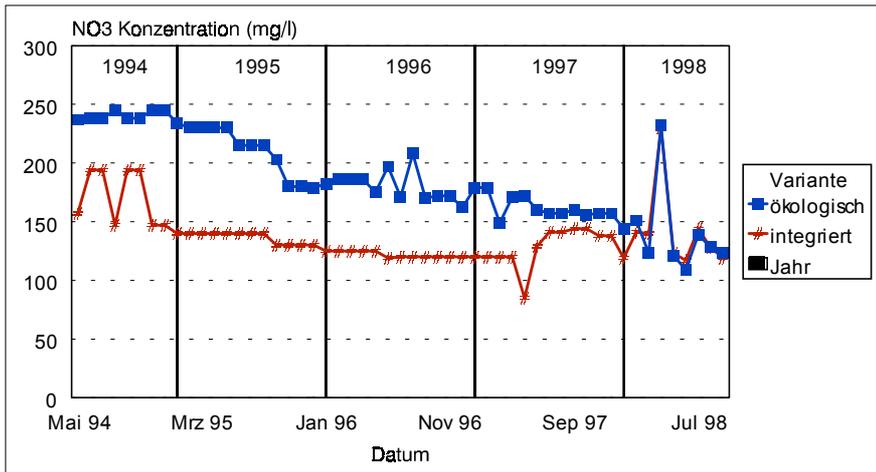


Abbildung 2: Dynamik der Nitratkonzentration im Sickerwasser in 5 m Tiefe auf den Standorten Worin (2)

Tabelle 3: Ergebnisse der Tiefbohrungen: Mittelwert der Nitratkonzentrationen und Stickstoffmengen im Kompartiment 1,8 bis 3 m Tiefe

Nr.	Standort/Variante	Nitratkonzentration mg NO ₃ /l	Stickstoffmenge kg N/ha
1	IMF Müncheberg – IO ¹⁾	105	15
1	IMF Müncheberg – IB ¹⁾	98	16
1	IMF Müncheberg – OO ¹⁾	87	10
1	IMF Müncheberg – EO ¹⁾	110	16
4	Obersdorf, Stilllegung ²⁾	28	8
5	Hoppegarten, Grasbrache ²⁾	5	1
6	Müncheberg, Kiefernwald ²⁾	22	5
7	Müncheberg ²⁾	19	5

¹⁾ Mittelwert aus je 16 Bohrungen, ²⁾ Mittelwert aus je 100 Bohrungen

und vergleichbaren Bodenbedingungen durchgeführten bodenhydrologischen Messungen vom Standort Müncheberg (3). Das betrifft sowohl die Nitratkonzentrationen (Abbildung 1, Tabelle 3) als auch die Stickstoffmengen der Bodenschicht 1,8 - 3 m, die auf Acker- und Grasstandorten in etwa durch das Sickerwasser in 1996 unterhalb 3 m Tiefe ausgetragen wurden. Unter Wald (6) waren die Nitratkonzentrationen höher als bei ähnlichen Bodenbedingungen unter Grasbrache. Sie betragen in dieser Schicht im Mittel 22 mg NO₃/l und bewegten sich damit etwa im Bereich der Standorte 4 (Stilllegung) und 7 (Acker). Die Streuung der aus den Bohrungen ermittelten Einzelwerte der Nitratkonzentrationen und Stickstoffmengen war groß.

5. Stickstoffausträge aus der Wurzelzone

Auf dem Standort 1 (IMF) wurden im Zeitraum von 1994 bis 1998 im Mittel 48 kg N/ha aus der Wurzelzone ausgetragen, wobei die Unterschiede zwischen

den Varianten teilweise erheblich waren (Tabelle 4). Ab 1995 sind die Ergebnisse aber erst direkt den untersuchten Landnutzungsvarianten zuzuordnen. Ab diesem Zeitpunkt betrug der Mittelwert des N-Austrages nur noch 32 kg N/ha und Jahr. Die höchsten Austräge wurden in der integrierten und extensiven Variante beobachtet. Trotz höherer Düngeraufwendungen führte die integrierte Variante mit Beregnung (IB) zu keiner Erhöhung sondern zu einer Reduzierung der Stickstoffverluste. Am geringsten waren die Stickstoffausträge unter der ökologischen Variante. Das Verhältnis der ausgewaschenen Stickstoffmengen integriert/ökologisch entsprach dem Verhältnis der Stickstoffgaben.

Tabelle 4: Stickstoffausträge aus der Wurzelzone

Nr.	Standort	Variante	1994 kg N/ha	1995	1996	1997	1998 ¹⁾
1	IMF	IO	140	101	19	29	28
		IB	95	54	13	18	15
		OO	64	32	14	12	14
		EO	152	95	17	21	28
3	Mü (Hy)	B ²⁾	4,8	3,4	2,3	2,3	0,4

¹⁾ bis August 1998; ²⁾ Grasbrache

Für den Standort Worin (2) wurde für die Betrachtungstiefe 5 m von 1995 bis 1998 ein mittlerer Stickstoffaustrag von 33 kg N/ha und Jahr ermittelt, wobei die Tendenz abnehmend war. Auf der ökologischen Variante wurde dabei mit 37 kg N/ha und Jahr mehr Stickstoff ausgetragen als mit 29 kg N/ha auf der integrierten Variante. Sowohl die Nitratkonzentrationen (130 mg NO₃/l) als auch die Stickstoffausträge beider Bewirtschaftungsvarianten hatten sich in 1998 nahezu angeglichen.

Auf den anderen Standorten (4 bis 7) wurden unter Stilllegung, Grasbrache und Acker mit ungedüngtem Klee gras bei Sickerwasserverlagerungstiefen von 1 - 1,5 m in 1996 etwa 1 bis 8 kg N/ha ausgetragen (Tabelle 3). Die Sickerwasserverlagerungstiefe (EULENSTEIN und DRECHSLER, 1992) wurde abgeschätzt aus der Sickerwassermenge, die in 1996 je nach Standort etwa 100 bis 150 mm/a betrug, und der Feldkapazität die im Mittel zwischen 7 und 12 Vol.-% schwankte. Unter Kiefernwald (Standort 6) entsprachen die Stickstoffausträge in etwa denen der Grasbrache. Die Nitratkonzentrationen waren zwar deutlich höher als unter Grasbrache, aufgrund stark geminderter Sickerwasserbildung gegenüber Acker- und Grasstandorten war die Verlagerungstiefe des im Bodenwasser gelösten Nitrats unter Kiefernwald jedoch geringer.

6. Schlußfolgerungen

Auf den Grasbrachlandstandorten und unter Kiefernwald traten die geringsten Nitratausträge auf. Eine Stickstoffzuführung kam bei beiden Standorten ausschließlich aus der Deposition. Die Nitratkonzentrationen lagen unter Grasbrache im Mittel zwischen 5 und 10 mg NO₃/l, mit jährlichen Stickstoffausträgen zwischen 0,4 und 4,8 kg N/ha. Unter Kiefernwald waren die Nitratkonzentrationen im Bodenwasser höher. Sie betru-

gen auf dem untersuchten Standort durchschnittlich 22 mg NO₃/l. Das war und ist aber nicht gleichermaßen mit einer adäquaten Erhöhung der ausgetragenen Nitratmengen verbunden, da wegen geringerer Sickerwasserbildung die Sickerwasserverlagerungstiefen unter Kiefernwald gegenüber Acker- und Grasstandorten geringer sind.

Unter Ackerbewirtschaftung schwankten die mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser auf den untersuchten Sand- und Tieflehmstandorten zwischen 17 und 250 mg NO₃/l. Im Mittel aller Ackerstandorte und Bewirtschaftungsvarianten betrug der jährliche Stickstoffaustrag im Untersuchungszeitraum von 1994 bis 1998 etwa 40 kg N/ha und lag damit etwas unter dem von EULENSTEIN et al., 1997 für Agrarbetriebe Ostbrandenburgs ermittelten Verlustsaldo von 50 kg/ha sowie deutlich unter dem für westliche Bundesländer von FREDE und BACH (1993) angegebenen 70 kg N/ha. Die Schwankungsbreite war hoch und bewegte sich zwischen 7 und 150 kg N/ha und Jahr.

Zwischen den Bewirtschaftungsvarianten des Intensivmeßfeldes (IMF Müncheberg) waren die Unterschiede nicht groß, jedoch war zu erkennen, daß eine Zusatzbewässerung die Stickstoffausträge minderte. Die Nitratkonzentrationen lagen auch in dieser Variante deutlich über dem Grenzwert für Trinkwasser. Der ökologische Landbau, der auf dem Standort IMF Müncheberg und Worin geprüft wurde, erbrachte keine eindeutige Minderung der Stoffausträge gegenüber dem integrierten Landbau. Sowohl

die aufgebrauchten Düngermengen als auch das Ertragsniveau waren jedoch deutlich niedriger. Die Nitratkonzentrationen lagen ebenfalls teilweise weit über dem Trinkwassergrenzwert.

Auch bei Nitratausträgen von 15 bis 20 kg N/ha bewegten sich die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser teilweise über 100 mg NO₃/l. Das bedeutet, daß bei nachhaltiger Ackerwirtschaft auf den Sand- und Tieflehmstandorten Nordostdeutschlands Nitratkonzentrationen im Sickerwasser < 50 mg NO₃/l nicht dauerhaft realisiert werden können. Für ökologische Beurteilungen ist jedoch die Menge an ausgetragenen Nitrat bedeutender als die Nitratkonzentration im Bodenwasser!

Danksagung

Für die Bereitstellung der Bewirtschaftungsdaten von den Standorten IMF Müncheberg und Worin sei Frau Dipl. Agraringenieur Brigitte KRÜGER und Herrn Dipl. Landwirt Wilfried HÖHN (Forschungsstation Müncheberg) sowie Frau Dr. Angelika WURBS (Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie) herzlichst gedankt.

Literatur

- DBG, 1992: Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. Konzept des DBG-AK Bodennutzung in Wasserschutzgebieten, Gießen, Juni 1992.
- FREDE, H.-G. und M. BACH, 1993: Stoffbelastungen aus der Landwirtschaft. Schriftenreihe Agrarspectrum. Bd. 21. Belastung der Oberflächengewässer aus der Landwirtschaft. 34-44.
- BUNDESGESETZBLATT, 1990: Bekanntmachung der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 5.1.

DVWK Merkblatt 217, 1990: Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode.

EULENSTEIN, F. und H. DRECHSLER, 1992: Ursachen, Differenzierung und Steuerung der Nitratkonzentration im Grundwasser überwiegend agrarisch genutzter Wassereinzugsgebiete. Dissertation am FB Agrarwiss. der G.-A- Universität Göttingen (Sammelband). pp. 269.

EULENSTEIN, F., L. MÜLLER und K. ALLNER, 1997: Die Entwicklung der Landwirtschaft im Oderbruch. In 250 Jahre Trochenlegung des Oderbruchs. Fakten und Daten einer Landschaft. 99-120.

HAAS, G., M. BERG und U. KÖPKE, 1997: Grundwasserschonende Landnutzung. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau. Verlag Dr. Köster Berlin.

ISERMANN, K. und R. ISERMANN, 1997: Eine aus der Sicht des Nährstoffhaushaltes nachhaltige Landbewirtschaftung, dargestellt am Beispiel Deutschlands. 7. Lysimetertagung: Lysimeter und nachhaltige Landnutzung. BAL Gumpenstein vom 7. – 9. April 1997.

KNAPPE, S. und U. KEESE, 1997: Lysimeteruntersuchungen zur Wirkung von Flächenstilllegungsmaßnahmen auf den Stickstoff- und den Wasserhaushalt von vier Bodenformen. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 85. II. 937 – 940.

MEISSNER, R., J. SEEGER, H. RUPP und P. SCHONERT, 1995: Lysimeteruntersuchungsergebnisse über die Beeinflussung des Wasser- und Stoffhaushaltes durch Flächenstilllegungs- und Extensivierungsmaßnahmen. 5. Lysimetertagung: Stofftransport und Stoffbilanz in der ungesättigten Zone. BAL Gumpenstein vom 25.-26. April 1995.

SCHINDLER, U. und L. MÜLLER, 1998: Methods for the quantification of soil drainage rates in the north-east German lowlands. Proceedings of the 7th International Drainage Symposium, March 8-11, Orlando, FL, 613-620.

WERNER, A., 1995: Entwicklung und Realisierung nachhaltiger Landnutzungssysteme. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, 36: 4, 202-206.

