

UNTERSUCHUNGEN UND MODELLRECHNUNGEN ZUR STICKSTOFFDYNAMIK VON ÖKOSYSTEMEN IN LANDWIRTSCHAFTLICHEN INTENSIVGEBIETEN SÜDOLDENBURGS

Karin Geyer-Wedell und Ekkehard Jordan

ABSTRACT

A consequence of the increasing use of liquid farm manure in agriculture are the problems of nitrate leachate and the increase of nitrate concentration in the ground and drinking water. Since 1987 geocological investigations are being carried out in Vechta Country which particularly deal with the annual variation of the nitrogen conversion and the processes of nitrogen transfer.

The first analyses presented in this paper show that the rate of the nitrogen conversion has a much greater effect on the nitrate nitrogen concentration in the seepage and surface water than the only mechanic, water-connected transport.

In addition it seems that in dry summers the nitrification is considerably reduced in light sandy soils, whereas in dry winters because of the decreasing denitrification a nitrate accumulation can be observed in the soil and in the upper ground water storeys.

keywords: *nitrate leachate, contamination of the drinking water, biochemical nitrogen cycle*

EINLEITUNG

Im Oldenburger Münsterland, das sind die Landkreise Vechta und Cloppenburg, dominiert eine hochspezialisierte, hochtechnisierte und wirtschaftlich leistungsfähige Landwirtschaft auf der Grundlage von bäuerlichen Veredlungsbetrieben und agrarindustriellen Unternehmen. Dabei werden hauptsächlich flächenärmere bäuerliche Betriebe mit einem Problem konfrontiert, das Anfang der 80er Jahre durch Untersuchungen an Trinkwasserbrunnen der Kommunalen- und Eigenwasserversorgung evident wurde: steigende Nitratkonzentrationen, die in vielen Fällen weit über den Richtwerten der Trinkwasserverordnung lagen, zwangen zum sofortigen Handeln. Nutzungs- und Ausbringungsbeschränkungen für den betriebsspezifischen Wirtschaftsdünger, die Gülle, waren die notwendigen politischen und administrativen Folgen.

Während die wissenschaftlichen Untersuchungen zur Pflanzenernährung und zum Düngemittelsatz vor allem die Möglichkeiten des gezielten Einsatzes von kostspieligem mineralischem Düngestickstoff untersuchten, erhielt aus der Notwendigkeit der "Gülleentsorgung" zumindest in Regionen mit intensiver Veredlungslandwirtschaft der Aspekt der Kostenminimierung bei der Düngung untergeordnete Bedeutung. Wichtiger wurden die Überlegungen, Nitratauswaschung in das Grundwasser zu vermeiden. Dieses Problem ergibt sich vor allem dann, wenn Gülle nicht als vollwertiger Ersatz für Handelsdünger behandelt wird, sondern in zu großen Mengen und zu ungeeigneten Zeitpunkten aufgebracht werden muß. Außerdem ist der Gehalt und die Zusammensetzung der Nährstoffe nur schlecht zu bestimmen und wird darüber hinaus den Bedürfnissen von unterschiedlichen Kulturpflanzen nicht gerecht.

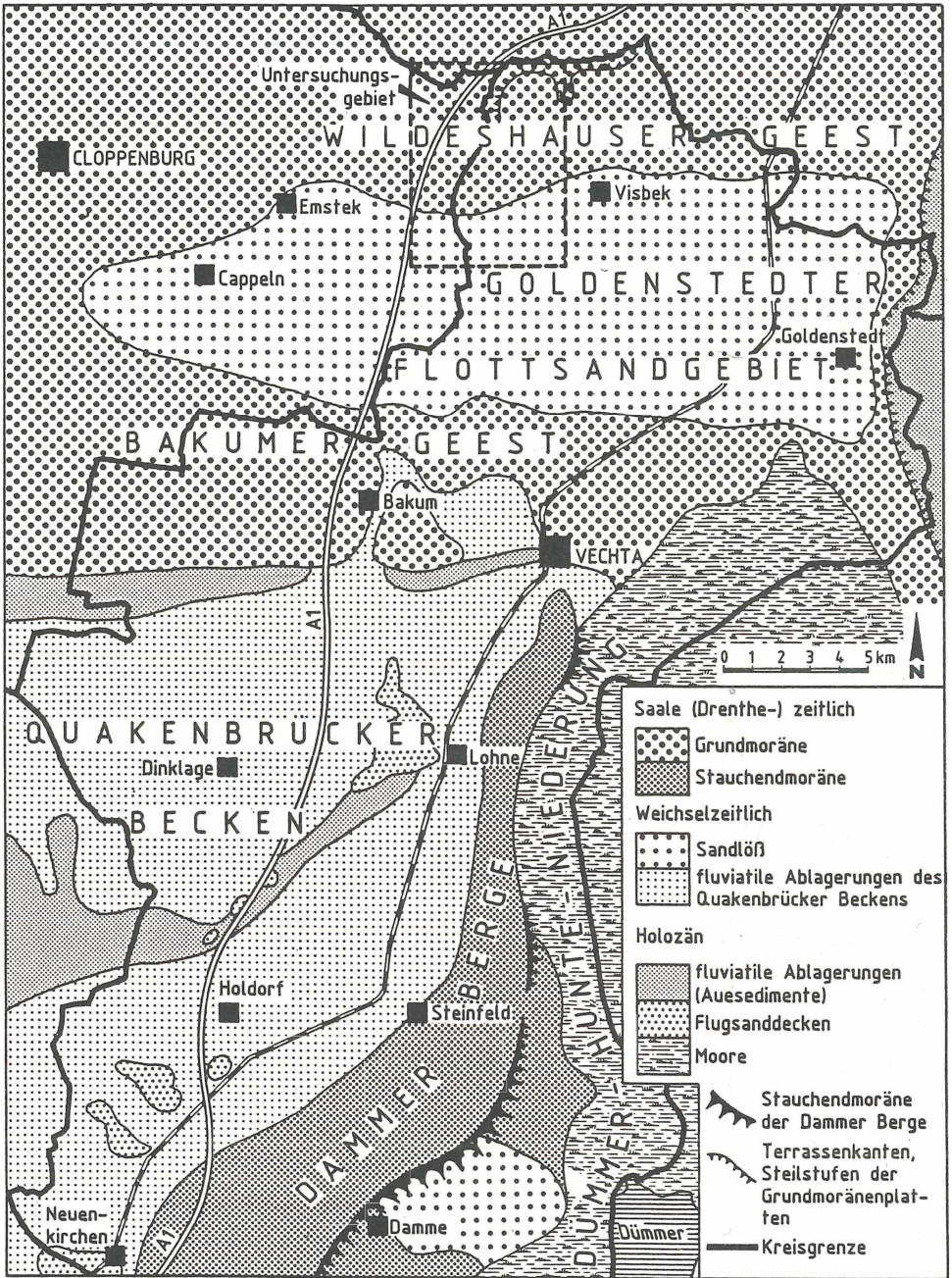


Abb. 1: Überblick über die naturräumliche Einordnung des Untersuchungsgebietes

METHODIK UND UNTERSUCHUNGSGEBIET

Im Norden des Landkreises Vechta wird seit dem Frühsommer 1987 erstmals in einem komplexen geoökologischen Ansatz der Stickstoffhaushalt unterschiedlich ausgestatteter und genutzter Standorte in einem klar abgegrenzten Einzugsgebiet untersucht. Die Auswertung wurde so vorgenommen, daß die Messung und Einteilung sämtlicher Kenngrößen des Landschaftshaushaltes den Vorschriften und der Klasseneinteilung in bestehenden, thematisch relevanten Kartenwerken (z.B. bodenkundliche Karten, geologische Karten, geoökologische Karten) entspricht. Damit wird die Möglichkeit eröffnet, daß später auf der Grundlage solcher Karten auf größere Ökosysteme und damit auf die Fläche extrapoliert werden kann.

Abb. 1 gibt einen Überblick über die naturräumliche Ausstattung des Landkreises Vechta und zeigt die Lage des Untersuchungsgebietes. Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, daß der südliche Teil des untersuchten Einzugsgebietes an den Lößparabraunerden des Goldenstedter Flottsandgebietes Anteil hat, während im Norden daran anschließend die Böden der Wildeshauser Geest aus Geschiebematerial, Tal- und Dünen sanden einen sehr kleinräumigen Wechsel der bodenökologischen Verhältnisse bedingen.

Um zunächst den Einfluß der Wasserbewegung auf die Auswaschung des Düngestickstoffes zu quantifizieren und zeitlich einzugrenzen, wurde in einer einfachen Modellrechnung der Wasserhaushalt eines Braunerdestandes simuliert. Das Verfahren soll im Einzelnen nicht dargestellt werden (Einzelheiten s. GEYER-WEDELL und JORDAN 1989). Daß es trotz aller Einfachheit durchaus leistungsfähig ist, beweist der Vergleich zwischen dem gemessenen und simulierten Jahresgang des Grundwasserstandes (Abb. 2).

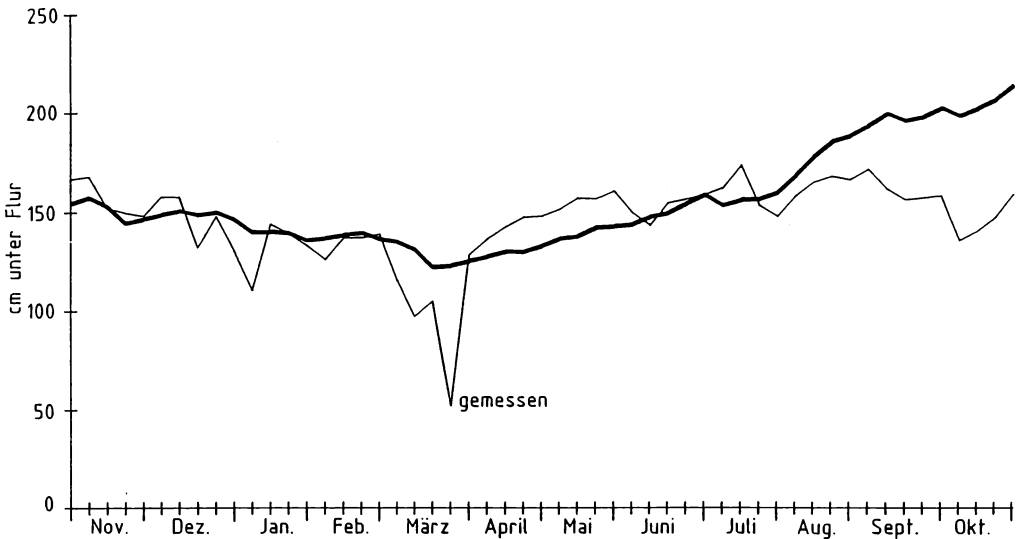


Abb. 2: Vergleich zwischen dem gemessenen und simulierten Jahresgang des Grundwassers in Peilrohr 13

An dieser Stelle sei grundsätzlich vorweggeschickt, daß bei allen Konzentrationsangaben die Werte auf reine Stickstoff-(N-)mengen zurückgerechnet wurden. Bei einer Nitrationen-(NO_3^-)-konzentration von 50 mg/l liegt ein Gehalt an reinem Stickstoff von 11,3 mg/l vor. Die Umrechnung bei Ammonium (NH_4^+) und Nitrit (NO_2^-) erfolgte analog, um Gesamtstickstoffmengen addieren zu können.

ERGEBNISSE

Ein Ergebnis der Simulation ist die Erkenntnis, daß abwärts gerichtete Wasserbewegungen, die je nach Lage der Wasserscheide im Boden zur Grundwasserneubildung führen, nicht zwangsläufig eine Erhöhung der Nitratkonzentration in Sicker- und Kapillarwasser bewirken.

Während der Wintermonate, in denen verstärkt Grundwasserneubildung stattfindet, geht die Nitratkonzentration auf ein Minimum zurück (Abb. 3). Sicherlich spielen dabei Denitrifikationsverluste im anaeroben Milieu der mittleren Profildbereiche eine nicht unerhebliche Rolle - messen und quantifizieren lassen sie sich nur unter erheblichem Aufwand. Nur die hohen Nitritkonzentrationen im Grundwasser geben einen Hinweis auf diese Vorgänge.

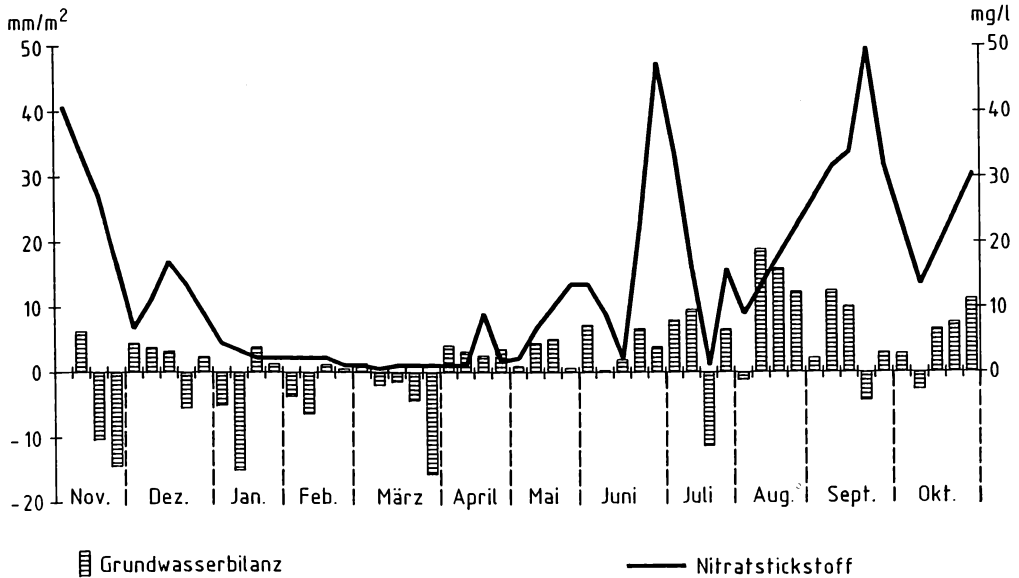


Abb. 3: Nitratstickstoff im Sickerwasser von Peilrohr 13 in Abhängigkeit von der Grundwasserneubildung

Daß aber hauptsächlich Auswaschungsvorgänge für diesen drastischen Konzentrationsrückgang verantwortlich sind, zeigen die anhaltend hohen Werte in den Oberflächengewässern, in denen erst im weiteren Verlauf des Winters ein ähnlicher Konzentrationsrückgang zu verzeichnen ist. Auf diesen Zusammenhang soll an späterer Stelle anhand der Abb. 4 und 5 eingegangen werden.

Während der Sommermonate erhöht sich die Nitratkonzentration und erreicht ihren höchsten Wert Mitte Juni zu einem Zeitpunkt, zu dem einerseits die natürliche Mineralisation ihr Maximum erreicht, der Pflanzenentzug aber nachläßt. Ein weiteres Konzentrationsmaximum tritt im Herbst auf, wenn die Mineralisation der Ernterückstände und die Herbstdüngung sich überlagern. Für die Nitratverlagerung in dieser Jahreszeit müssen auch die einsetzenden Herbstniederschläge verantwortlich gemacht werden, während sich das Sommermaximum trotz generell aufwärtsgerichteter Wasserbewegung im Boden einstellte.

Um den weiteren Jahresverlauf zu dokumentieren und auch einen Überblick über den gesamten Untersuchungszeitraum zu geben, sollen anhand der folgenden beiden Abbildungen die jahreszeitlichen Konzentrationsschwankungen von Nitrit- und Ammoniumstickstoff und des Gesamtstickstoffes in verschiedenen Pegeln und in den Oberflächengewässern verglichen werden. An dieser Stelle sei erwähnt, daß aufgrund der um Zehnerpotenzen höheren Konzentration des Nitratstickstoffes gegenüber den beiden anderen Stickstoffformen die Konzentrationskurve des Gesamtstickstoffes und des Nitratstickstoffes fast vollständig identisch verläuft.

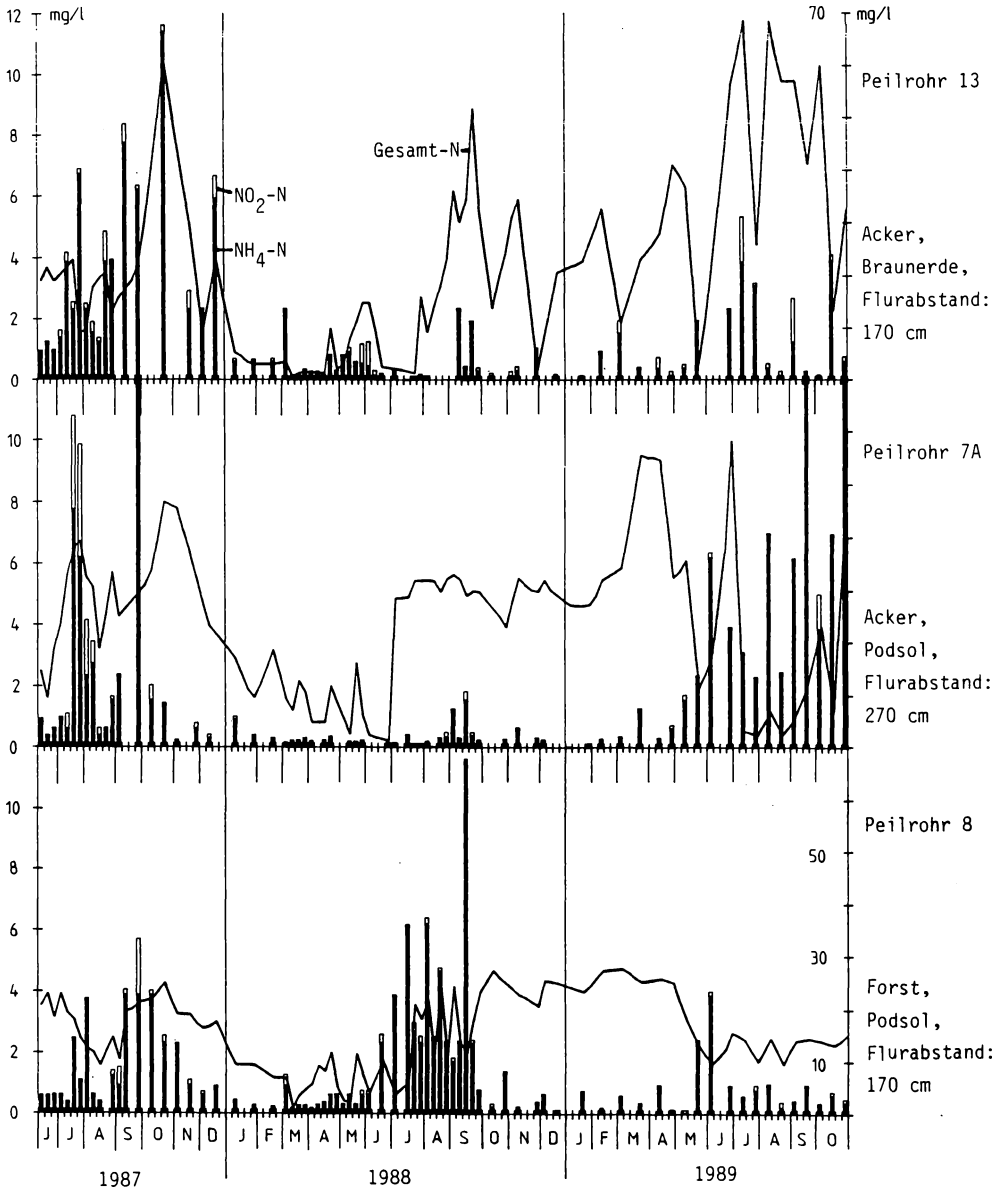


Abb. 4: Jahreszeitliche Konzentrationsschwankungen der Stickstoffformen in den Sickerwässern

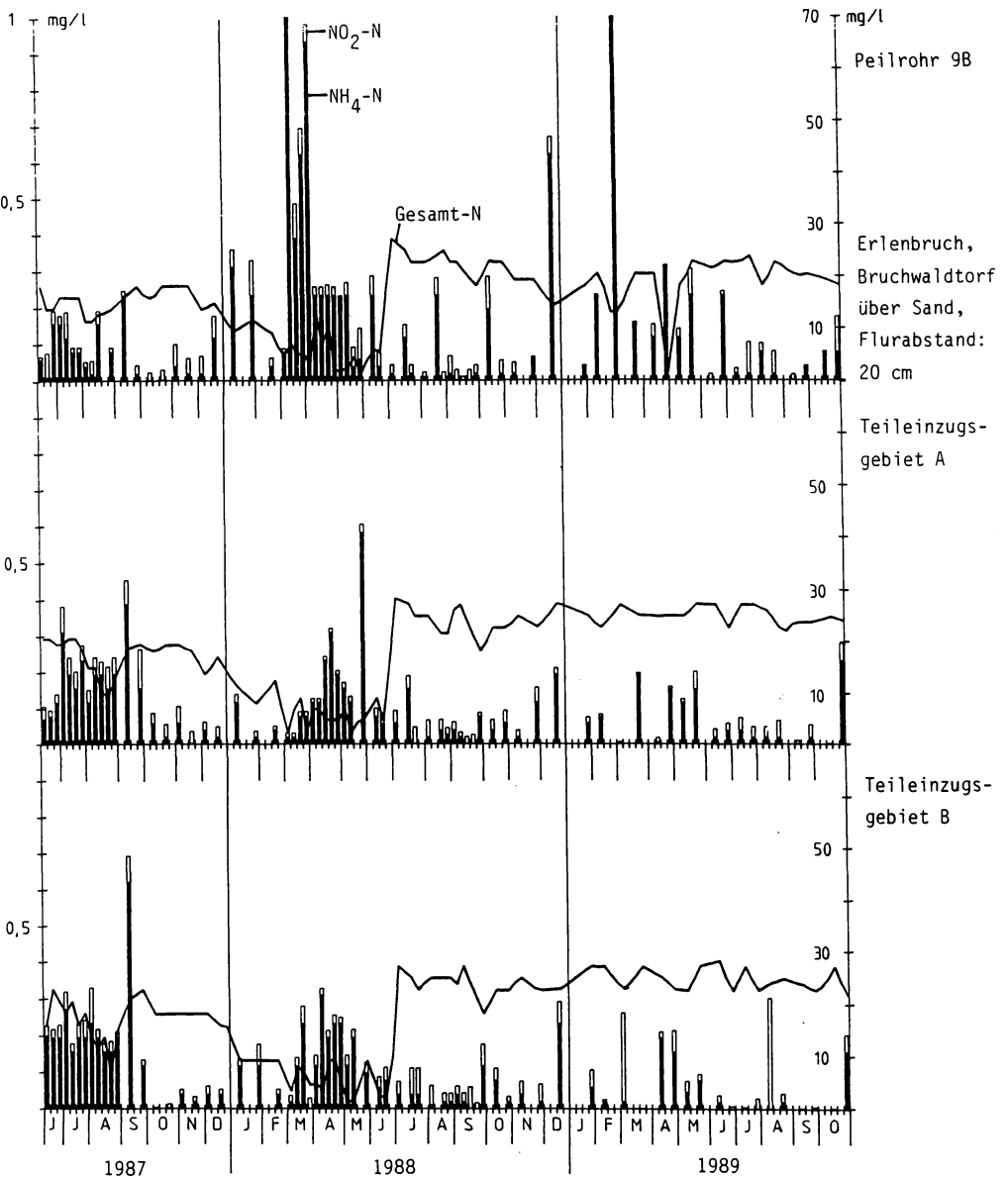


Abb. 5: Jahreszeitliche Konzentrationsschwankungen der Stickstoffformen in den Oberflächengewässern

Abb. 4 zeigt, daß im Winter 1988/89 der bereits beschriebene drastische winterliche Konzentrationsrückgang nicht zu beobachten ist, wenn auch im Grundwasser des Peilrohr 13 die Konzentration zeitweise auf ein Minimum abfällt. Im Peilrohr 7A kommt es trotz des allgemein hohen Konzentrationsniveaus bereits im Frühsommer 1989 zu einem drastischen Anstieg mit extrem hohen Nitrat- und damit auch Gesamtstickstoffkonzentrationen. Einzig bei Peilrohr 8, einem landwirtschaftlich ungenutzten, ungedüngten Forststandort, ist eine leichte Konzentrationsabnahme bis in den Sommer tendenziell festzustellen. Hier ist eine Wirkung von Düngestickstoff auszuschließen, wenn man von einem lateralen Eintrag über das Grundwasser absieht, der sich nur verzögert auswirken würde. Die hohen Nitratkonzentrationen während des Winterhalbjahres sind besonders erstaunlich. Verständlich wird diese Tatsache erst, wenn man den Witterungsverlauf des Winters 1988/89 betrachtet. Nach kurzen Frosteinbrüchen im November verlief dieser Winter ungewöhnlich mild (keine weiteren Frostperioden) und trocken. Die Auswertung langjähriger Klimameßreihen zeigt, daß eine solche Situation für die untersuchte Region keine Ausnahme darstellt (vgl. GEYER-WEDELL und JORDAN 1989).

Offensichtlich begünstigt ein solcher Witterungsverlauf die Mineralisation und die Nitrifikation, so daß es trotz der geringen Grundwasserbildungsraten in diesem Winter zu besonders hohen Nitratkonzentrationen kommt.

Auch in den Oberflächengewässern ist kein Rückgang der Stickstoffkonzentration im Winterhalbjahr 1988/89 festzustellen (Abb. 5). Die Stickstoffkonzentrationen lagen seit dem Sommer 1988 gleichmäßig leicht über dem Niveau des Sommers 1987. In diesem Zusammenhang sei noch einmal auf die bereits angesprochene Auswaschung im Winter 1987/88 hingewiesen. Der Vergleich der beiden Abbildungen 4 und 5 macht deutlich, daß der Konzentrationsrückgang erst wesentlich später als im Sickerwasser der Grundwasserpegel eintritt.

Greift man den Jahresgang der Nitratkonzentration in den Wasserläufen der beiden Teileinzugsgebiete zu einer Einzeldarstellung heraus, so zeigt sich, daß besonders nach und während längeranhaltenden Trockenperioden der Austrag aus Teileinzugsgebiet B über dem aus Teileinzugsgebiet A liegt (Abb. 6). Das erstaunt um so mehr, wenn man bedenkt, daß im Teileinzugsgebiet B bindigere Ausgangssubstrate überwiegen, während im Teileinzugsgebiet A hauptsächlich Talsande und Flugsande und somit trockenere Standorte verbreitet sind. Diese Standorte trocknen während der Vegetationsperiode offensichtlich so nachhaltig aus, daß die Nitratbildung empfindlich gestört, sogar unterbunden wird und es im Extremfall zu einer Ammoniumanreicherung im Bodenwasser kommt (Peilrohr 8, vgl. Abb. 4). Gerade dieses Teilergebnis steht im krassen Gegensatz zu der bisher allgemein anerkannten These, daß trockenere Standorte besonders (Nitrat-) auswaschungsgefährdet sind.

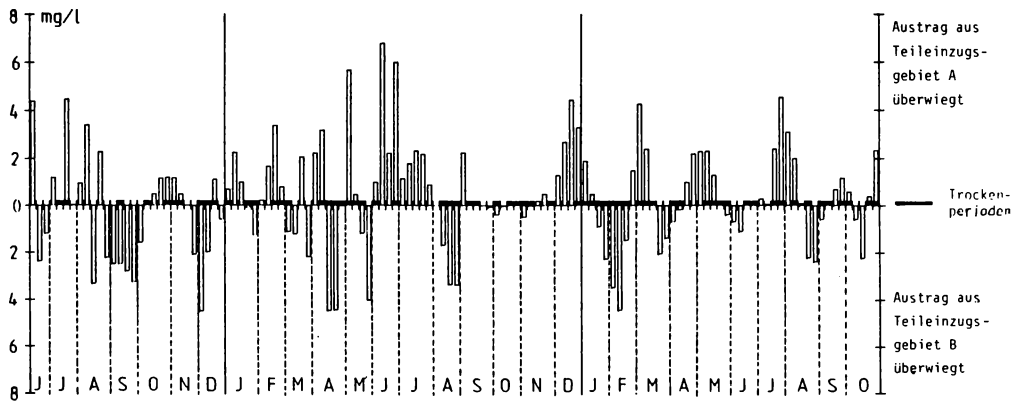


Abb. 6: Nitratustrag aus den Oberflächengewässern in Relation zu Trockenperioden

ZUSAMMENFASSUNG

Insgesamt lassen sich die bisherigen Untersuchungsergebnisse in folgende Arbeitshypothesen zusammenfassen:

1. Güllödüngung als solche kann nicht alleine für hohe Nitratkonzentrationen im Grundwasser verantwortlich gemacht werden. Das Potential an organischem Stickstoff in der Krume eines Ackerbodens liegt um Zehnerpotenzen über der jährlich durch Düngung zugeführten Stickstoffmenge. Das gilt ganz besonders für Plaggenböden, in denen das organische Material bis in eine Tiefe von bis zu einem Meter verteilt ist, aber auch für die B_0 -Horizonte von Podsolen und trifft auch für Wald- und Wiesenböden zu.
2. Für die Höhe der Nitratauswaschung ist die Intensität der Stickstoffmineralisation und Nitrifizierung verantwortlich. Da diese wiederum ihr Optimum bei Temperaturen von 15 - 25 °C und bei einem bestimmten Feuchte- und Säureregime hat, führen z.B. ausgeprägte Trockenperioden in den Sommermonaten zu einer Reduzierung der Nitratbildung. Dies betrifft vor allem trockene, sandige und grundwasserferne Standorte. Andererseits wird in trockenen und milden Wintern wesentlich mehr Stickstoff mineralisiert und nitrifiziert, da einerseits die Denitrifikationsverluste gering sind und auch der nicht überstaute Bereich des Profils (und gerade da findet Nitratbildung statt) bei niedrigen Grundwasserständen sehr groß werden kann.
3. In Zeiten hoher Grundwasserneubildung kommt es nur dann zu einem ständigen und gefährlich hohen Anstieg der Nitratkonzentration, wenn auch eine intensive Nitrifikation stattgefunden hat und diese die Pflanzenaufnahme übersteigt. In Perioden solcher hohen bodenbiologischen Aktivität einerseits und geringem oder fehlenden Pflanzenbedarf andererseits finden sich hohe Nitratkonzentrationen im Grundwasser auch bei sehr geringen Grundwasserneubildungsraten.

Dies bedeutet, daß insbesondere für die Dosierung der Herstdüngung der Witterungsverlauf und die aktuelle Vegetation (Zwischenfrucht!) berücksichtigt werden müssen, daß diese Düngung im Zweifelsfall unterbleiben muß und daß die Genehmigungen zur Gülleausbringung in Extremjahren flexibler erteilt werden sollten (z.B. während eines milden Winters schon im zeitigen Frühjahr). Das mag für den betroffenen Landwirt einige Unwägbarkeiten mit sich bringen, es ist bei entsprechender Lagerkapazität im Interesse einer leistungsstarken Landwirtschaft und einer funktionierenden Naturlandschaft aber sicherlich einsichtig und erstrebenswert.

LITERATUR

GEYER-WEDELL K., JORDAN E., 1989: Nitratprobleme in der Landwirtschaft - Geoökologische Untersuchungen und Modellrechnungen zu Stoffumsätzen in kleinen Einzugsgebieten am Beispiel zweier Teileinzugsgebiete der Visbecker Aue/Landkreis Vechta. - In: WINDHORST H. W., (Hrsg.): Industrialisierte Landwirtschaft und Agrarindustrie. (Vechtaer Arbeiten zur Geographie und Regionalwissenschaften, Band 3): 105-126.

ADRESSE

K. Geyer-Wedell
Prof. Dr. E. Jordan
Universität Osnabrück
Abt. Vechta - Geographie
Postfach 1349
D-W-2848 Vechta

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [19_2_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Jordan Ekkehard, Geyer-Wedell Karin

Artikel/Article: [Untersuchungen und Modellrechnungen zur Stickstoffdynamik von Ökosystemen in landwirtschaftlichen Intensivgebieten Süddolnburgs 536-543](#)