# Umweltbeobachtung Schleswig-Holstein: Flächenhafte Modellanwendung zur Erstellung regionaler Wasser- und Stoffbilanzen

#### **Ernst-Walter Reiche**

### Synopsis

This paper gives a survey of the model WASMOD & STOMOD, which discribes the water fluxes and the nitrogen dynamics in soils at sites and in catchments. The important aspects are the applicability of the model for greater areas, methods suitable for processing the values of model-parameters and the combination with a Geographical Information System (GIS). Finally an example is given to illustrate the effectiveness of the model.

water balance, nitrogen dynamics, applicability and development of models, nitrogen seepage

#### 1. Problemstellung und Zielsetzung

In der Vergangenheit wurden unterschiedlich differenzierte Modelle zur Beschreibung der Stoffund Wasserdynamik in Böden entwickelt. Eine typische Zielsetzung dieser Modelle ist die quantitative Beschreibung der durch hohe Düngereinträge aus der Landwirtschaft bedingten Nitratauswaschung, weil in vielen Gebieten die Trinkwasserqualität durch die erhöhten Nährstoffgehalte in starkem Maße gefährdet ist.

Im Rahmen des F + E-Vorhabens "Erarbeitung und Erprobung einer Konzeption für die integrierte regionalisierende Umweltbeobachtung Schleswig-Holstein" wurde ein Modellsystem entwickelt, welches die Wasser- und Stickstoffdynamik in Böden beschreibt und flächenhaft bilanziert. Ein wichtiges Anliegen bei der Modellformulierung war der Versuch, einen möglichst hohen planerischen - also regionalisierenden - Anwendungsbezug herzustellen. Auf der Grundlage vorhandener Modellansätze zur Beschreibung des Bodenwasserhaushalts, der Dynamik von gelösten und sorbierten Stoffen in Böden sowie der Teilprozesse des Bodenstickstoffhaushalts wurde ein Modellsystem entwickelt, mit welchem Simulationen für kleine Einzugsgebiete bzw. ganze Kartenblätter der Deutschen Grundkarte (1:5.000) zur Abschätzung der Gebietswasserbilanz sowie des Stickstoffaustrags ins Grund- und Oberflächenwasser möglich sind. Im vorliegenden Beitrag wird ein zusammenfassender Überblick über die in das Modellsystem WASMOD & STOMOD integrierten Teilmodelle gegeben. Die Verfahren, die zu einer flächenhaften, regionalisierenden Abschätzung der Stoff- und Wasserbilanzen führen, werden beschrieben, wobei die flächendeckende Ableitung von Modellparametern sowie die Verknüpfung des Modellsystems mit einem Geographischen Informationssystem (ARC/INFO) wichtige Teilaspekte darstellen. Die Einsetzbarkeit des Modellsystems wird anhand eines Anwendungsbeispiels verdeutlicht.

### 2. Beschreibung der Teilmodelle

Die Beschreibung der vertikalen Wasserbewegung in ungesättigten Böden erfolgt in Anlehnung an DUYNISVELD (1984), MÜLLER (1987), FRÄNZLE & al. (1987) basierend auf dem DARCYschen Gesetz bzw. der Fokker-Planck-Gleichung. Der Modellierung liegt ein Verfahren der "Finiten Differenzen" zugrunde, wobei die Anzahl der vertikal angeordneten Bodenkompartimente frei wählbar ist. Die Anzahl der pro Tag ablaufenden Simulationsschritte wird in Abhängigkeit von den jeweiligen Sickerraten gesteuert. Die Bestimmung der vertikalen Ausdehnung des untersten an das Grundwasser grenzenden Kompartimentes wird unter Einbeziehung der berechneten Grundwas-

serneubildung und des Grundwasserabflusses für jeden Zeitschritt durchgeführt. In die Modellrechnungen geht die nach dem HAUDE-Verfahren ermittelte potentielle Evapotranspiration ein, wobei pflanzenspezifische Korrekturfaktoren (ERNSTBERGER 1987, HEGER 1978) verwendet werden. Die Interzeption wird in Abhängigkeit vom Blattflächenindex und der Niederschlagsintensität nach einem Regressionsansatz von HOYNINGEN-HUENE (1983) abgeschätzt. Die Berechnung der aktuellen Evapotranspiration erfolgt in Abhängigkeit vom berechneten Matrixpotential, der einzelnen phänologischen Stadien zugeordneten Wurzeltiefe und -verteilung sowie der berechneten potentiellen Evapotranspiration. In das Modell sind einfache Ansätze zur Abschätzung der Infiltration und des Dränabflusses integriert.

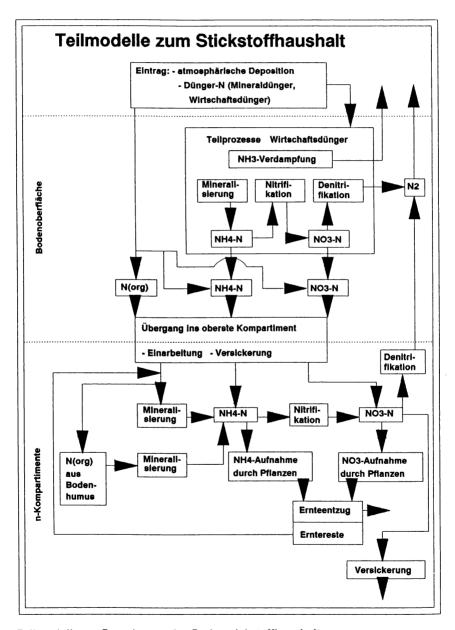


Abb. 1: Teilmodelle zur Berechnung des Bodenstickstoffhaushalts

Bei der Modellierung des Stofftransports werden neben der konvektiven Verlagerung Diffusionsund Dispersionsprozesse in Anlehnung an DUYNISVELD (1984) berücksichtigt. In Abhängigkeit vom Wassergehalt sowie vom Ton-, Schluff- und organischem Kohlenstoffgehalt werden die Anteile an mobilem und immobilem Bodenwasser berechnet (MÜLLER 1987, REICHE 1990).

Auf dieser Basis kann neben den De- und Adsorptionsmechanismen auch der Stoffaustausch zwischen unterschiedlichen Wasserfraktionen in Abhängigkeit vom Wassergehalt und Konzentrationsgefälle berücksichtigt werden. Zur Beschreibung der mikrobiologisch gesteuerten Prozesse des Stickstoffhaushalts wurden eine Reihe von Teilmodellen verschiedener Autoren (s. ADDIS-KOTT 1983, JONES & KINIRY 1986, HOFFMANN 1989) in das Modellsystem integriert. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die Abschätzung der Bodentemperatur, die im Teilmodell "Bodenwärmehaushalt" unter Einbeziehung der Tagesminima und -maxima der Lufttemperatur, des Bodenwassergehalts und der stofflichen Zusammensetzung der Bodenmatrix erfolgt. Neben der Bodentemperatur und dem Bodenwassergehalt gehen der pH-Wert, der Gehalt an organischer Substanz sowie das C/N-Verhältnis der einzelnen Bodenkompartimente als wesentliche Randbedingungen in die Berechnung der Stickstoffmineralisation, Nitrifikation und Denitrifikation ein. Der Stickstoffeintrag durch atmosphärische Deposition wird berücksichtigt. Zur Beschreibung der nach der Ausbringung von Wirtschaftsdünger (Gülle, Festmist) ablaufenden Stoffumsätze wurde ein Teilmodell (HOFFMANN 1989) integriert, in dem die Gülleversickerung, eine beschleunigte Mineralisation des organischen Stickstoffanteils und die Ammoniak-Emission beschrieben werden. Die Aufnahme von Nitrat und Ammonium durch die Pflanzenwurzeln wird in der vorliegenden Modellversion stark vereinfachend als konvektiver Prozeß beschrieben. Die in Abhängigkeit von der Phänologie einzelner Kulturarten variierenden Faktoren zur Beschreibung der Wurzeltiefe und -verteilung stellen dabei neben der berechneten N-Konzentration in der Bodenlösung und der Transpirationsrate wichtige Steuergrößen dar; hier ist für die Zukunft die Anbindung wesentlich genauerer Ansätze geplant (z. B. SYRING 1988).

Im Rahmen des F+E-Vorhabens wurden im Zeitraum von Januar 1988 bis Oktober 1989 monatlich Wassergehalts- und N<sub>min</sub>-Bestimmungen für Standorte unterschiedlicher Bodenausstattung und Nutzung im Bereich der "Bornhöveder Seenkette" durchgeführt (FRÄNZLE & al., REICHE 1990, BRANDING 1990). Bei dem Vergleich zwischen Meß- und Simulationsergebnissen zeigt sich, daß die Übereinstimmung für Standorte mit sandigen, durchlässigen Böden zufriedenstellend ist, während bei tonreichen Böden insbesondere in tieferen Bodenkompartimenten teilweise größere Abweichungen auftreten. Es muß vermutet werden, daß insbesondere die modellhafte Beschreibung der Ammonium-Fixierung und der Denitrifikation noch nicht zufriedenstellend gelöst ist. In Abb. 2 werden die für die Jahre 1988 und 1989 ermittelten herbstlichen Rest-N<sub>min</sub>-Gehalte (0-100 cm) von 13 Standorten den Simulationsergebnissen gegenübergestellt. Nur in drei Fällen (n = 26) weichen die berechneten Werte um mehr als 30 kg N/ha von den Meßwerten ab und übersteigen damit deutlich den Meßfehler von ± 20 kg N/ha.

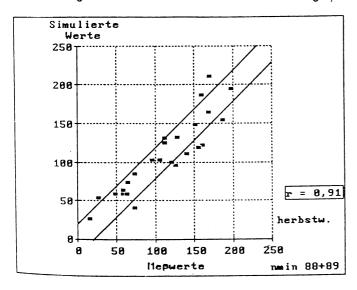


Abb. 2: Vergleich zwischen gemessenen und berechneten herbstlichen N<sub>min</sub>-Gehalten (0-100 cm Tiefe) der Jahre 1988 und 1989 (13 Standorte unterschiedlicher Nutzung und Böden)

## 2.3 Erweiterung des Modellsystems zur Erstellung von gebietsbezogenen Wasser- und Stickstoffbilanzen

Bei dem ausgewählten Verfahren wird keine Rasterung der Bezugsfläche vorausgesetzt. Auf der Grundlage der für die Modellrechnung relevanten und in Form digitaler Karten vorliegender Parameter zur Beschreibung von Bodenphysik, Reliefgestalt, Pflanzendecke und anthropogener Nutzung werden unter Zuhilfenahme des "Geographischen Informationssystems" ARC/INFO durch eine Verschneidungsroutine kleinste Geometrien gleicher bzw. ähnlicher Variablenausprägung gebildet. Diese Einzelflächen, deren Größe in Abhängigkeit von der Homogenität des Areals sehr unterschiedlich sein kann, stellen die räumliche Basis für Gebietssimulationsläufe dar und werden bei der Kennzeichnung der Modell-Eingabeparameter durch ihre Flächenschwerpunkte repräsentiert. Es wird also nacheinander für jeden Flächenschwerpunkt ein Simulationslauf durchgeführt und die Bilanzgrößen auf die Flächengrößen dieser kleinsten geometrischen Einheiten bezogen.

Interaktionen bezüglich der Wasserbewegung zwischen Einzelflächen werden momentan nur für das Oberflächenabflußgeschehen berücksichtigt. Dazu ist es erforderlich, den Modellablauf so zu gestalten, daß die Einzelflächen, repräsentiert durch ihre Flächenschwerpunkte, entsprechend der Fließrichtung nacheinander im Simulationsverlauf abgearbeitet werden. Dieses Verfahren kann nur dann zu validierbaren Ergebnissen führen, wenn die Flächenverschneidung so vorgenommen wird, daß der Oberflächenabfluß jeder Einzelfläche eindeutig einer Nachbarfläche zuzuordnen ist. Bei großer Variabilität von Hangneigung und Hangrichtung wird eine stark differenzierte Segmentierung in viele Einzelflächen erforderlich, wobei die Festlegung einer unteren Flächengröße unzumutbare Rechenzeiten verhindern kann. Wird für eine Einzelfläche ein Anteil an nicht infiltriertem Wasser berechnet und sind unter Einbeziehung des Gefälles sowie des Vegetations- und Oberflächenwiderstandes Abflußvoraussetzungen erfüllt, so wird der entsprechende Zahlenwert mit Bezug auf den Zeitpunkt und der zugeordneten Flächennummer bzw. der Vorfluternummer in ein Vektorfeld gespeichert. Wird das abfließende Wasser einer Nachbarfläche zugeordnet, so wird der entsprechende Betrag bei Simulation dieser Nachbarfläche zum Bezugszeitpunkt eingelesen. Die Abflußmengen mehrerer Einzelflächen können einer Bezugsfläche als Input zugeordnet werden. Die Entscheidung, ob Abfluß stattfindet hängt vom Gefälle, dem Bedeckungsgrad und der Menge an nicht infiltriertem Wasser ab. Es ist geplant, bei der Weiterentwicklung des Modellsystems auch die durch Art und Zustand des Oberbodens gegebene Oberflächenrauhigkeit in ihrer Wirkung auf den Oberflächenabfluß mit einzubeziehen. Die Entscheidung, ob es zu einer Simulation von Oberflächenabfluß kommt, hängt zusätzlich von den Eigenschaften (durchlässig oder abflußhemmend) der Flächengrenzen ab.

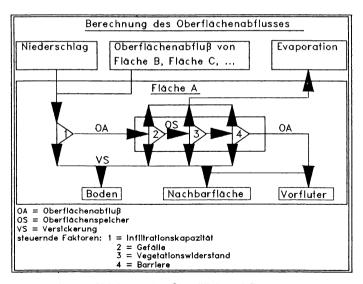


Abb. 3: Teilmodelle zur Ableitung des Oberflächenabflusses

In Abb. 3 wird die erläuterte Methode zur Abflußbilanzierung zusammenfassend dargestellt. Bei der Berechnung und Bilanzierung des Grundwasserabflusses bzw. der hiermit korrespondierenden Stofffrachten wird in der vorliegenden Modellversion ein stark vereinfachender Ansatz verwendet, wobei in Anlehnung an die Darcy-Gleichung die Abflußmenge in Abhängigkeit vom kfrund vom Grundwassergefälle berechnet wird.

Der Grundwasserzufluß der zu berechnenden Bezugsfläche wird in einem Programmvorlauf entsprechend der Größe des Einzugsgebietes, der mittleren Grundwasserneubildungsrate und bekannter Pegelstände abgeschätzt. Für die Berechnung der Stoffkonzentration im Grundwasser wird der Grundwasserkörper unter jeder Einzelfläche als homogene Mischzelle angesehen. Der Grundwasserabfluß wird den jeweiligen Vorflutern zugeordnet, indem die für Einzelflächen berechneten Wasser- und Stoffmengen auf Tagesbasis addiert werden. Auf diese Weise werden Wasser- und Stoffbilanzen für einzelne Vorfluter, bzw. Teilabschnitte als Zeitreihen abgespeichert. Es erfolgt jeweils die Ausgabe der zugeflossenen Grundwassermenge, der Oberflächenwassermenge und der Stoffmenge. Um bei der modellhaften Berechnung von Wasser- und Stoffbilanzen für größere Gebiete (mehrere km²) die Rechenzeiten abzukürzen, ist es möglich, eine Reihe von Einzelsimulationen in Form von Tageswerten als Zeitreihe zu speichern. Dies bietet sich z. B. bei versiegelten Flächen an, bei denen lediglich die Abflußmenge, die einem Vorfluter zugeordnet wird, aufgrund der Flächengröße variiert. So können anstatt der zahlreichen, für einzelne versiegelte Flächen durchzuführenden Simulationsläufe die gespeicherten Daten der Mustersimulation (bezogen auf 1 m $^2$ ) multipliziert mit der aktuellen Flächengröße ohne wesentlichen Genauigkeitsverlust übernommen werden. Dieses Verfahren wird auch bei anderen stark parzellierten Flächen mit weitgehend übereinstimmender Parameterkombination angewendet (z. B. extensiv genutztes Feuchtgrünland, Waldflächen und Ruderalflächen). Die für den Ablauf einer Gebietssimulation notwendigen statischen und dynamischen Eingabeparameter werden aus vier Einzeldateien eingelesen. Die Bodendatei beinhaltet die notwendigen bodenphysikalischen und -chemischen Kennwerte (Korngrößenverteilung, effektive Lagerungsdichte, Wassergehalt für unterschiedliche pF-Stufen, kf-Wert, pH-Wert, Anfangswassergehalt, Kompartimenttiefe) für alle vertikal angeordneten Kompartimente jeder Einzelfläche. Da nur für Teilräume des Landes Schleswig-Holstein eine Bodenkartierung vorliegt, wurde die Möglichkeit geschaffen, die benötigten bodenphysikalischen Kennwerte aus den Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung durch Anwendung dafür entwickelter Programme abzuleiten (FLEISCHMANN & al. 1979). Darüber hinaus werden hier weitere flächenbezogene Eingabeparameter zur Kennzeichnung der Flächengröße, des Oberflächen-, Drän und Grundwasserabflusses sowie der Nutzung und Fruchtfolge verwaltet. Die Bodenstickstoffdatei enthält für jedes Kompartiment Anfangswerte für vier unterschiedliche Stickstofformen (potentiell mineralisierbarer organisch gebundener Stickstoff, Stickstoff aus organischer Düngung, Nitrat, Ammonium) Da diese Größen nur in Ausnahmefällen für Einzelflächen bekannt sind, sind Schätzwerte in Abhängigkeit von den Boden- und Nutzungsverhältnissen anzugeben und längere, die Fruchtfolge mehrmals durchlaufende Simulationsvorläufe durchzuführen. Die Klimadatei beinhaltet auf Tagesbasis die Minimum- und Maximumtemperatur der oberflächennahen Luftschicht, den Niederschlag, das Sättigungsdefizit sowie den atmosphärischen Stickstoffeintrag. Die Nutzungsdatei enthält jeweils für einzelne Kulturarten und Düngungsvarianten entsprechend des phänologischen Ablaufs differenzierte Angaben zur Beschreibung der tiefenabhängigen Durchwurzelungsintensität, des pflanzentypischen Verdunstungsfaktors, des Blattflächenindex, der ausgebrachten Stickstoffmenge und -applikationsform sowie des maximalen durch die Ernte bedingten Stickstoffentzuges. Für den Forschungsraum "Bornhöveder Seenkette" wurden im Rahmen des F+E-Vorhabens die Angaben zu den Bearbeitungsmaßnahmen sowie zu den Dünger- und Erntemengen durch eine umfangreiche Fragebogenerhebung ermittelt. Die Erstellung dieser einzelnen Dateien erfolgt weitgehend programmgesteuert, was den Arbeitsaufwand für die Vorbereitung von Gebiets-Simulationsläufen erheblich verringert.

### 3. Exemplarische Modellanwendung

Die Schmalenseefelder Au liegt im südlichen Teil des Forschungsgebietes Bornhöveder Seenkette. Das Landesamt für Wasserwirtschaft und Küsten Schleswig-Holstein führte im Zeitraum 1979 bis 1980 regelmäßige Untersuchungen zur chemischen Gewässerqualität der Schmalenseefelder Au durch und ermittelte eine durchschnittliche Gesamtstickstoffkonzentration von 12 mg N/I. Die

zehn Jahre später von BRUHM (1990) durchgeführten Untersuchungen weisen auf ein weiteres Ansteigen der Stickstoffkonzentrationen des Gewässers hin, wobei schon direkt an der Quelle entnommene Wasserproben hohe Werte aufweisen. Es ist davon auszugehen, daß landwirtschaftlich bedingte Stickstoffauswaschungsverluste die hohen Nitratkonzentrationen des die Quelle der Schmalenseefelder Au speisenden oberflächennahen Grundwassers verursachen. Es wurden für einen Zeitraum von sechs Bilanzjahren (Oktober 1983 bis Oktober 1989) Modellrechnungen für ein Teileinzugsgebiet des oberen Bachlaufes (79,3 ha) durchgeführt. Durch Verschneidung der Boden-, Realnutzungs- und Hangneigungskarte wurden diesem Teileinzugsgebiet 175 Einzelpolygone zugeordnet. Dabei entfallen 56% der Fläche auf Ackerland, 24% auf Grünland und der verbleibende Rest auf Gartenland, kleine Waldflächen sowie Siedlungsland. Es herrschen, z. T. kolluvierte, sandige Braunerden sowie Parabraunerden vor.

Tab. 1: Nutzungsbezogene Flächenanteile und Düngereinträge im Einzugsgebiet der Schmalenseefelder Au

Kulturart	Miner.Dünger kg N/ha	Wirt.Dünger kg N/ha	Fläche in ha	Gesamt kg N
Grünland	206,5	47,0	18,8	4766,0
W.Raps	176,5	78,0	11,2	2850,4
W.Weizen	170,0	89,6	2,04	519,2
Rüben	151,8	257,1	6,4	2616,9
W.Gerste	112,2	169,4	13,8	3686,1
W.Roggen	129,0	29,5	11,28	1787,9
Hafer	62,6	80,5	0,5	71,6

Im Niederungsbereich sind Niedermoorböden anzutreffen. Für die sechs Simulationsjahre (1983/84 bis 1988/89) wurden für die Einzelflächen Fruchtfolgen und Düngereintragsmengen entsprechend der Ergebnisse einer Fragebogenerhebung und einer Realnutzungskartierung (FRÄNZLE & al. 1989) von 1988 eingesetzt.

Unter Berücksichtigung eines Stickstoffeintrags durch atmosphärische Deposition von 18,6 kg liegt der jährliche Stickstoffeintrag für die Gesamtfläche (0,793 km²) bei 17,25 t. In der Tab. 2 werden exemplarisch für das Jahr 1988 einzelne Größen der berechneten Wasserbilanz zusammengestellt. Der Interzeptionsverlust und die aktuelle Evapotranspiration machen insgesamt 57 % (= 533 mm) des Freilandniederschlags aus, wobei deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Kulturarten erkennbar sind (z. B. Raps: 61,6 %, Rüben: 45,7 %). Der vergleichsweise hohe Interzeptionsverlust ist durch den flächenmäßig großen Anteil an Wintergetreide (34,8 %) und Winterraps (14,15 %) sowie einen Grünlandanteil von 23,7 % zu erklären.

Die für das Jahr 1988 berechneten Nitrat-Sickerverluste (100 cm unter Flur) und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser werden durch die Tab. 4 nach Nutzungen differenziert wiedergegeben. Die höchsten Verluste pro Flächeneinheit werden bei Rüben-, Weizen- und Rapsanbau ausgewiesen. Relativ niedrig sind die Auswaschungsverluste unter Getreide - mit Ausnahme von Weizen, was auf die hohen Flächenanteile mit Winterroggenanbau als wenig düngerintensive Getreideart zurückzuführen ist. Der Nitrat-Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg NO<sub>3</sub>/I wird im Sickerwasser unter Raps, Rüben und Weizen überschritten, wobei die hohe Konzentration unter der Weizenfläche mit niedrigen Sickerwassermengen aufgrund eines hohen Oberflächenabflußanteils zu erklären ist.

Tab. 2: Wasserhaushaltsbilanz für das Teileinzugsgebiet der Schmalenseefelder Au (südlich der B 430. Zeitraum: 1.1.1988-31.12.1988)

	mm	in 1000 l f. 79,3 ha	in % des NDS
Niederschlag	934,6	741574,5	100,0
Interzeptionsverlust	123,1	97602,7	13,2
Akt. Evapotranspiration	409,2	324519,9	43,8
Speicheränderung (0-100 cm)	45,8	36335.0	4.9
Sickerrate (100 cm u.Flur)	343,4	27227,8	36.7
Oberflächenabfluß	13.1	10349,3	1.4

Für den betrachteten Teilabschnitt der Schmalenseefelder Au wird für das Jahr 1988 eine Gesamt-Nitratfracht von 3.704 kg Nitrat-N berechnet, was einer durchschnittlichen Nitratkonzentration von 13,1 mg N/I entspricht. Damit liegt die durchschnittliche Abweichung von den gemessenen Konzentrationen bei weniger als 1 mg N/I.

Tab. 3: Nitratversickerung (100 cm Bodentiefe) im Teileinzugsgebiet der Schmalenseefelder Au (berechnet für 1988)

Kulturart	Fläche in ha		wasser- enge m <sup>3</sup> *	Nitrat- verlust kg N/ha	kg N*	Konzentration im Sickerwasser in mg N/I
Grünland	18,77	334.3	62741	31,9	598,8	9,5
Raps	11,23	348,1	39095	66,4	745,2	19,1
Rüben	6,41	426,0	27306	109,0	698.7	25,6
W.Weizen	2,04	320,0	6529	78,2	159,5	24,4
W.Gerste	13,81	405,4	55980	41,4	571,7	10,2
W.Roggen	11,28	363,4	40994	37,1	417,9	10,2
Hafer	0,5	395,0	1975	38,0	19,0	9,6
So <b>nstige</b>	15,29	246,4	37679	18,6	284,4	7,5
gesamt	79,33		272279		3495,2	12,8

<sup>\*</sup> berechnet für die jeweilige Anbaufläche.

Aufgrund der dargestellten Ergebnisse wurde versucht, einen Vorschlag zur Nutzungsänderung von Teilflächen des Einzugsgebietes zu erarbeiten. In einem u. a. auch aus betriebswirtschaftlichen Erwägungen entwickelten Nutzungsszenario wird für eine Fläche von 13,1 ha (16,5 % des Teileinzugsgebietes) eine Nutzungswandlung vorgeschlagen. Davon fallen 7,4 ha auf Ackerland und 5,7 ha auf Intensiv-Grünland. In diesem Planungsvorschlag ist vorgesehen, eine Fläche von 8 ha in Extensiv-Grünland umzuwandeln sowie 5,1 ha aufzuforsten. Auf der Basis dieser Nutzungsänderungen wurden für weitere fünf Jahre Modellrechnungen durchgeführt, wobei das Kiimaszenario 1983-1989 verwendet wurde. Aus den Modellrechnungen resultiert eine deutliche Verminderung der Nitrat-Konzentrationen der umgewidmeten Flächen gegenüber den Werten bei bestehender Nutzung. Auf die gesamte Sickerwassermenge des Teileinzugsgebietes bezogen ergibt sich für das Jahr 1988 lediglich eine Reduzierung der Stickstoffkonzentration um 2,3 mg N/I. Hier wirken sich u. a. die durch die Umwidmung von Ackerland zu Grünland und Wald bedingten geringeren Sickerwassermengen als Folge der höheren Evapotranspiration aus. Während die N-Konzentration im Sickerwasser (100 cm unter Flur) der extensivierten Flächen von 21.1 mg N/I auf 7.1 mg N/I zurückgeht, ist für das Grundwasser unter diesen Flächen nach fünf Simulationsjahren nur ein Rückgang von 16,3 mg N/I auf 12,8 mg N/I berechnet worden. Das geringe Tempo, mit dem sich die Nutzungsänderung auf die berechneten Stickstoffkonzentrationen im Grundwasser auswirkt, ist auf die großen Aquifermächtigkeiten, Grundwasserflurabstände und auf die Wasserdurchlässigkeit des Grundwasserleiters zurückzuführen.

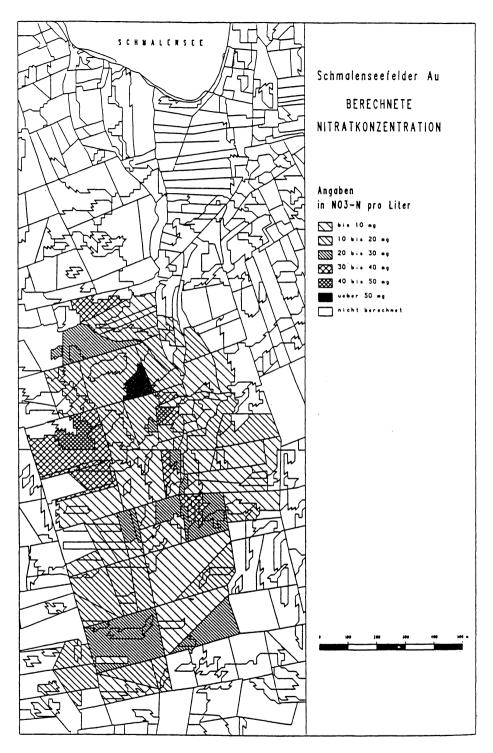


Abb. 4: Berechnete Nitratkonzentrationen im Sickerwasser im Bereich der Schmalenseefelder Au unter vorgefundenen Nutzungsverhältnissen, Zeitraum 1.1.1988-31.12.1989

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß die im Planungsvorschlag vorgesehenen Nutzungsänderungen die N-Konzentrationen des Sickerwassers und damit auf längere Sicht auch die des Grundwassers und des Quellwassers der Schmalenseefelder Au herabsetzen. Der für Oberflächenwässer einzuhaltende Richtwert von 10 mg N/I wird allerdings nicht erreicht. Um eine weitergehende Reduzierung zu bewirken, sind insbesondere die Düngermengen beim Anbau von Raps und Futterrüben zu senken. Die am Beispiel der Schmalenseefelder Au durchgeführten Simulationsrechnungen zeigen, daß die Extensivierung einzelner landwirtschaftlich intensiv genutzter Flächen nur unzureichend zu einer Reduzierung der Gewässerbelastung durch Nitrat führt.

### Literatur

- ADDISKOTT, T. M., 1983: Kinetics and temperature relationships of mineralization and nitrification in Rothamsted soils with differing histories. J. Soil Sci. 34: 343-353.
- BRANDING, A., 1990: Untersuchungen zur Stickstoffdynamik. Diplomarbeit, Universität Kiel.
- BRUHM, I., 1990: Untersuchungen zur Qualität schleswig-holsteinischer Oberflächengewässer, Auswertung und Verknüpfung der Ergebnisse verschiedener Beurteilungsverfahren zur Bewertung der Gewässergüte. Dissertation, Kiel.
- DUYNISVELD, W. H. M., 1984: Entwicklung und Anwendung von Simulationsmodellen für den Wasserhaushalt und den Transport von gelösten Stoffen in wasserungesättigten Böden. Dissertation, Berlin.
- ERNSTBERGER, H., 1987: Einfluß der Landnutzung auf Verdunstung und Wasserbilanz. Dissertation, Gießen.
- FLEISCHMANN, R., HACKER, E. & K. H. OELKERS, 1979: Vorschlag zu einem Übersetzungsschlüssel für die automatische bodenkundliche Auswertung der Bodenschätzung. Geologisches Jahrbuch, Reihe F. Bodenkunde, H. 6.
- FRÄNZLE, O., AUSSENTHAL, R., BRUHM, I., JENSEN-HUSS, K., KLEIN, A., REICHE, E.-W., REIMERS, T. & R. ZÖLITZ, 1989: Erarbeitung und Erprobung einer Konzeption für die integrierte regionalisierende Umweltbeobachtung am Beispiel des Bundeslandes Schleswig-Holstein (Vierter Zwischenbericht) (Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), Kiel.
- FRÄNZLE, O., BRUHM, I., GRÜNBERG, K. U., JENSEN-HUSS, K., KUHNT, D., MICH, N., MÜLLER, F. & E.-W. REICHE, 1987: Darstellung der Vorhersagemöglichkeiten der Bodenbelastung durch Umweltchemikalien. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- HEGER, K., 1978: Bestimmung der potentiellen Evapotranspiration über unterschiedlichen landwirtschaftlichen Kulturen. Mitt. Dt. Bodenk. Gesellschaft 26: 21-40.
- HOFFMANN, F., 1988: Ergebnisse von Simulationsrechnungen mit einem Bodenstickstoffmodell zur Düngung und zum Zwischenfruchtanbau in Trinkwasserschutzgebieten. Z. f. Pflanzenernähr. u. Bodenk. 151: 281-287.
- HOYNINGEN-HUENE, J. F. V., 1983: Die Interzeption des Niederschlags in landwirtschaftlichen Pflanzenbeständen. Schriftenr. des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. 57: 1-53.
- JONES, C. A. & J. R. KINIRY (eds.), 1986: CERES-Maize. A simulation model of maize growth and development. Texas A & M University Press, College Station.
- MÜLLER, F., 1987: Geoökologische Untersuchungen zum Verhalten ausgewählter Umweltchemikalien im Boden, Dissertation, Kiel.
- REICHE, E.-W., 1990: Entwicklung, Validierung und Anwendung eines Modellsystems zur Beschreibung und flächenhaften Bilanzierung der Wasser- und Stickstoffdynamik in Böden. Dissertation, Kiel.
- SYRING, K. M., 1988: Modellierung der N-Dynamik. Forschungsbericht 1986-88, Wasser- und Stoffdynamik in Agrarökosystemen, Sonderforschungsbereich 179. Univ. Braunschweig.

### <u>Adresse</u>

Dr. Ernst-Walter Reiche Geographisches Institut Kiel Ökosystem-Forschungszentrum Schauenburger Str. 112

W - 2300 Kiel 1

### ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 20\_1\_1991

Autor(en)/Author(s): Reiche Ernst-Walter

Artikel/Article: <u>Umweltbeobachtung Schleswig-Holstein: Flächenhafte</u>

<u>Modellanwendung zur Erstellung regionaler Wasser- und Stoffbilanzen</u>

157,166

<u>157-166</u>