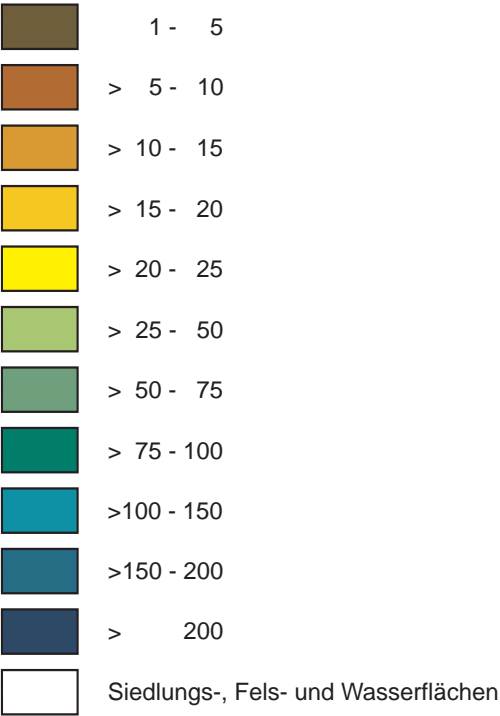


Mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser [mg/l]



GLOBAL CHANGE ATLAS  
EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



Herausgeber:  
GLOWA-Danube-Projekt, Ludwig-Maximilians-Universität München

2.8.3 Teilprojekt Ökosysteme/Pflanzenökologie  
Nitratauswaschung

Rastergröße: 1 x 1 km<sup>2</sup>  
Maßstab: 1: 1.700.000



**Datengrundlage:**  
DANUBIA-Bodenarten  
DANUBIA-Organische Bodeneigenschaften  
DANUBIA-Landbedeckung und Landnutzung

**Autoren:**  
C.W. Klar, V.I.S. Lenz, T.G. Reichenau, K. Schneider  
Geographisches Institut der Universität zu Köln

**Grafik:**  
V. Falck  
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung,  
Ludwig-Maximilians-Universität München



## 2.8.3 Teilprojekt Ökosysteme/ Pflanzenökologie - Nitratauswaschung

### 1. Einleitung

Die Nitratauswaschung, definiert als die Nitratmenge, die die durchwurzelte Bodenzone mit dem Sickerwasser verlässt, ist eine der bedeutendsten Einflussfaktoren auf die Grundwasserqualität. Zudem reduziert die Nitratauswaschung die Stickstoffverfügbarkeit im Boden und damit die Bodenfruchtbarkeit.

Der größte Teil der Nitratauswaschung wird durch diffuse Austräge von landwirtschaftlichen Flächen verursacht. In Einzelfällen können auch punktuell industrielle Austräge von Bedeutung sein.

Zur integrierten Bewirtschaftung und zum Schutz der (Grund-)Wasserressourcen im Einzugsgebiet der Oberen Donau werden räumlich hoch aufgelöste Informationen über die Verteilung der Nitratauswaschung aus der ungesättigten Bodenzone benötigt. Diese können auf Grundlage der räumlich und zeitlich dynamischen Modellierung in DANUBIA flächendeckend abgeschätzt werden. Damit steht ein Werkzeug für die Entwicklung regional angepasster Managementoptionen für den Grundwasserschutz unter den Bedingungen des Klimawandels zur Verfügung.

### 2. Datenaufbereitung

Siehe Kapitel 1.2 und 1.17

### 3. Modellbeschreibung

In DANUBIA wird die Umsetzung und Speicherung von Stickstoff auf Acker- und Grünlandflächen dynamisch und prozessorientiert modelliert, während für Waldstandorte das empirische Schätzverfahren nach Frede & Dabbert (1999) angewandt wird.

Die Stickstoffumsätze und -flüsse auf Acker- und Grünlandflächen werden in DANUBIA mit dem Bodenstickstoffmodell *SNT* (Soil Nitrogen Transformation) in enger Kopplung mit dem Pflanzenwachstumsmodell *Biological* (siehe Kapitel 2.8.1 und 2.8.2) berechnet. *SNT* basiert auf dem von Jones & Kiniry (1986) entwickelten Modell CERES Maize 2.0. CERES eignet sich einerseits auf Grund des relativ geringen Datenbedarfs für regionale Modellierungen und andererseits erlaubt es durch seine Prozessorientierung die Abbildung von Klimaeffekten auf den Bodenstickstoffhaushalt, die zur Bearbeitung von Global Change-Fragestellungen unerlässlich ist. *SNT* bildet die folgenden Prozesse ab (siehe Abbildung 2.8.3.1):

- Mineralisierung/ Immobilisierung
- Nitrifikation
- Denitrifikation
- Harnstoffhydrolyse
- Nitratverlagerung

Mit Ausnahme der Harnstoffhydrolyse (Annahme: der Umsatz von Harnstoff aus organischen Düngemitteln erfolgt in der obersten Bodenschicht) werden alle Prozesse schichtspezifisch berechnet. Durch die vertikale Nitratverlagerung besteht eine Verbindung zwischen den Bodenschichten. Laterale Stickstoffflüsse bleiben aufgrund der räumlichen Auflösung (1 km<sup>2</sup>) unberücksichtigt.

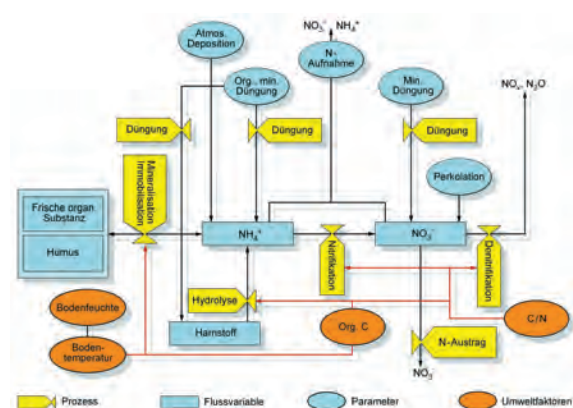


Abbildung 2.8.3.1: Schematische Darstellung der in *SNT* modellierten Bodenstickstoffspeicher und -flüsse sowie der erfassten Umsatzprozesse (Klar et al., 2008).

Die Prozesse werden als Funktion der Feuchte- und Temperaturdynamik sowie der physikochemischen Bodeneigenschaften (Feldkapazität, Sättigungswassergehalt, Welkepunkt, Lagerungsdichte,  $C_{org}$ -Anteil, CN-Verhältnis) dynamisch berechnet. Die Nitratverlagerung ist an die Wasserflüsse gebunden und verhält sich im Modell proportional zur Perkolation und zur Nitrat-

konzentration der jeweiligen Bodenschicht. Falls sich in einer Bodenschicht Nitrat befindet, ergibt sich die Nitratverlagerung aus dem Produkt der Perkolation mit dem Nitratgehalt. Die Nitratverlagerung aus der untersten Bodenschicht entspricht der Nitratauswaschung.

Durch die Transformationen im Boden und den Eintrag (Düngung, atmosphärische Deposition) bzw. den Verlust (Nitratauswaschung, Pflanzenentnahme, Denitrifikation) verändert sich der Bodenstickstoffvorrat. *SNT* bildet die Dynamik der wichtigsten mineralischen (Nitrat und Ammonium) und organischen Stickstoffreserven (Stickstoff in der frischen organischen Substanz und im Humus) ab (siehe Abbildung 2.8.3.1).

Wichtige Importparameter für *SNT* sind (i) die Stickstoffaufnahme der Pflanzen und (ii) die quantitativen Angaben zur Düngung. Die Stickstoffaufnahme wird in *Biological* als Funktion der Wurzellängendichte, des Bodenwassergehalts, der Verfügbarkeit von mineralischem Stickstoff ( $N_{min}$ ) und dem aktuellen Bedarf der Pflanzen berechnet. Die Modellierung des N-Bedarfs basiert auf dem Konzept des funktionalen Gleichgewichts zwischen Kohlenstoff und Stickstoff in der Pflanze. Dabei wird der N-Bedarf in Abhängigkeit der Kohlenstoffassimilation dynamisch modelliert (Lenz, 2007). Durch die Sensitivität des Pflanzenwachstums (Photosynthese) kann die N-Aufnahme auch unter den Bedingungen des Klimawandels berechnet werden. Angaben zur Menge und Zusammensetzung des Düngers werden im Falle von Zukunftsszenarien vom Modell *Farming* (siehe Kapitel 2.9.1) zur Verfügung gestellt.

Mit Ausnahme der Nitratverlagerung, die stündlich abgebildet wird, werden alle Prozesse auf Tagesbasis modelliert. Die Nitratauswaschung wird als Masse pro Fläche (kg/ha) oder als Nitratkonzentration des Sickerwassers ( $N_e$ ) aus der untersten Bodenschicht (mg/l) angegeben. Unter Waldstandorten wird die Nitratkonzentration im Sickerwasser nach dem Schätzverfahren von Frede & Dabbert (1999) berechnet. Dabei wird die Nitratkonzentration als Funktion der Einträge, der Austräge, der Sickerwassermenge sowie eines empirisch ermittelten Auswaschungsfaktors abgeschätzt.

Auf einem Proxel werden die berechneten N-Flüsse von bis zu zehn unterschiedlichen Landnutzungen flächengewichtet aggregiert.

Die Werte werden in DANUBIA an die Modellkomponente *Groundwater* übergeben und dort für die Modellierung der Grundwasserqualität verwendet.

### 4. Darstellung der Ergebnisse

In Abbildung 2.8.3.2 sind die modellierte und gemessene jährliche Dynamik des  $N_{min}$ -Gehalts im Boden für zwei Testfelder (Winterweizen und Sommergerste) schichtspezifisch gegenübergestellt. In der obersten Bodenschicht ist unter Sommergerste deutlich die Reaktion des  $N_{min}$ -Gehalts auf die Düngung zu erkennen. Auch die Dynamik ohne externe N-Zufuhr (hier: Winterweizen) wird korrekt erfasst. Eine umfangreiche feldbezogene Validierung (Klar et al., 2008) ergab eine sehr gute Übereinstimmung der Modellergebnisse mit den Messreihen, ohne dass eine ortsspezifische Kalibrierung durchgeführt wurde. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für die räumliche Übertragung des Modells auf die Einzugsgebietsskala.

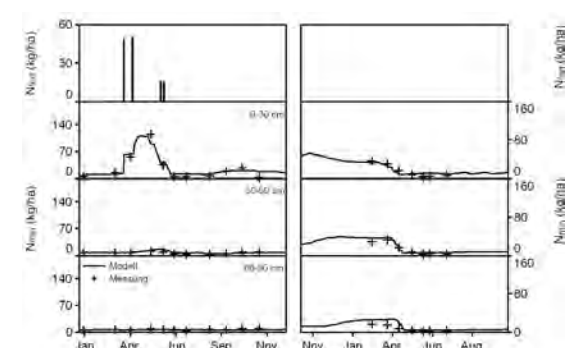


Abbildung 2.8.3.2: Modellierte und gemessene  $N_{min}$ -Dynamik in drei Bodenschichten unter Sommergerste (links) und ungedüngtem Winterweizen (rechts); Düngemenge ( $N_{fert}$ ) und -termine sind oben angegeben (Klar et al. 2008).

Die umseitige Karte 2.8.3 zeigt die mittlere Nitratkonzentration [mg/l] im Sickerwasser aus der tiefsten Bodenschicht für den Zeitraum 1995 bis 2000. Die Bewirtschaftungsangaben wurden aus Literaturangaben (KTBL, 2000/01) und der Agrar-

statistik Bayerns (BSTMLF, 1996) landkreis- und nutzungsspezifisch abgeleitet. Siedlungs-, Fels- und Wasserflächen werden nicht modelliert und sind in der Karte weiß maskiert.

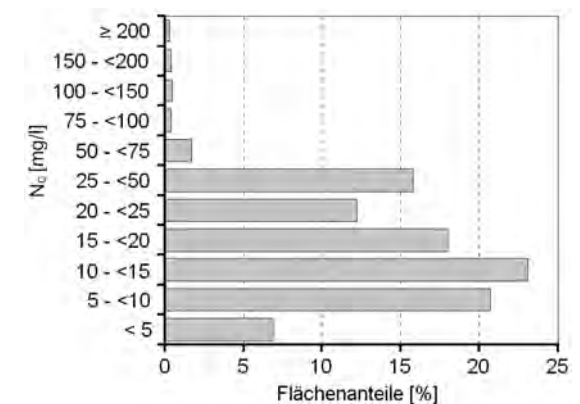


Abbildung 2.8.3.3: Modellierter Flächenanteil der Stickstoffkonzentration ( $N_e$ ) (angegeben in Klassen) im EZG der Oberen Donau für das Jahr 2000.

Insgesamt überwiegen Konzentrationswerte unter dem Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung von 50 mg/l mit einem Anteil von mehr als 95 % (siehe Abbildung 2.8.3.3). Höhere Konzentrationen korrespondieren einerseits mit Regionen, die durch landwirtschaftliche Nutzung charakterisiert sind (z.B. Landkreis Passau, Dugau). Andererseits werden besonders hohe Stickstoffkonzentrationen unter (ehemaligen) Moorstandorten (z.B. Donaumoos, Erdinger Moos) modelliert, wobei Spitzenwerte von bis zu 440 mg/l berechnet werden. Messreihen im Donauried belegen, dass solch hohe Stickstoffkonzentrationen unter Moorstandorten realistisch sind (Briemle & Lehle, 1991).

Wälder und Regionen mit nur geringer ackerbaulicher Nutzung, wie der Bayerische Wald und die Nordalpen, weisen hingegen die geringsten Nitratkonzentrationen auf.

Trotz der konzeptionellen Unsicherheiten (u.a. Denitrifizierungsprozesse während der Untergrundpassage) wurde ein Vergleich der modellierten Nitratkonzentration mit Messdaten durchgeführt. Für den Regierungsbezirk Oberbayern zeigt sich eine hohe Übereinstimmung zwischen den berechneten Flächenanteilen und den offiziellen Angaben (siehe Abbildung 2.8.3.4).

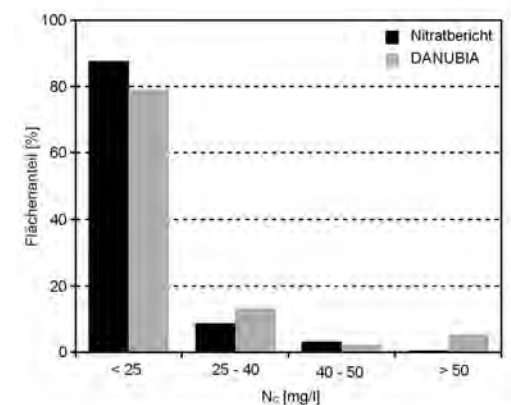


Abbildung 2.8.3.4: Gegenüberstellung der modellierten Flächenanteile der Nitratbelastungsklassen und den Angaben aus dem Nitratbericht (LfU, 2008) für den Regierungsbezirk Oberbayern im Jahr 2000.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse das große Potential von DANUBIA zur dynamischen und flächendifferenzierten Modellierung des Stickstoffaustrags.

### Literatur

- Briemle, G. & Lehle, M. (1991): Einfluss von Bewirtschaftung und Standort auf den Stickstoffhaushalt von Moorböden. Gemeinsamer Versuchsbericht der LVVG Aulendorf und der Universität Hohenheim, Aulendorf.
- Frede, H.-G. & Dabbert, S. (Hrsg.) (1999): *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. Ecomed, Landsberg.
- Jones, P.K. & Kiniry, J.R. (Hrsg.) (1986): *CERES-Maize. Simulation model of maize growth and development*. Texas A & M University Press, College Station (Texas).
- Klar, C.W., Fiener, P., Neuhaus, P., Lenz-Wiedemann, V.I.S., & Schneider, K. (2008): *Modelling of soil nitrogen dynamics within the decision support system DANUBIA*. Ecol. Mod., 217, 181-196.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2000/01): *Taschenbuch Landwirtschaft 2000/01*. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- LfU, Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2008): *Nitratbericht Bayern*. Berichtsjahre 2000-2004. LfU, Augsburg.
- Lenz, V.I.S. (2007): *A process-based crop growth model for assessing global change effects on biomass production and water demand*. Dissertation, Universität zu Köln.
- BSTMLF - Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (1996): *Bayerischer Agrarbericht 1996*. München.