

# Bestimmung tolerierbarer Stickstoff-Bilanzüberschüsse in Agrarlandschaften mit Hilfe von Simulationsmodellen

Frank Eulenstein<sup>1</sup>, Janusz Olejnik<sup>2</sup>, Matthias Willms<sup>1</sup>, Kurt Christian Kersebaum<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. Müncheberg  
Eberswalder Straße 84  
D-15374 Müncheberg

<sup>2</sup> Institut für Agrarmeteorologie der landwirtschaftlichen Universität Poznan  
60-660 Poznan, Polen  
feulenstein@zalf.de

**Abstract:** Als Hauptursache für den Sulfatanstieg in den Förderbrunnen konnte für ein Wasser-Einzugsgebiet die Pyritoxidation durch Nitrat identifiziert werden. Die ansteigenden Sulfatgehalte der Brunnenwässer im Untersuchungsgebiet können nur durch eine Verringerung der Nitratauswaschung in das Grundwasser aufgehalten werden. Auf der Basis von Simulationsrechnungen sind Szenarien entwickelt worden, mit denen die Zielkonzentration für Nitrat von 50 mg/l unterschritten werden.

## 1 Einleitung

Als Hauptursache für den Sulfatanstieg in den Förderbrunnen konnten [Wi03] mit Hilfe des Reaktions-Transport-Modells der gesättigten Zone für das nordniedersächsische Untersuchungsgebiet die Pyritoxidation durch Nitrat (autotrophe Denitrifikation) identifizieren. Nitrat, das diesen mikrobiell katalysierten Prozess induziert, wird überwiegend durch die landwirtschaftliche Düngung in das Grundwasser eingetragen. Eine Prognose für die nächsten 20 Jahre ergibt bei einer unveränderten Landbewirtschaftung einen Anstieg der Sulfatkonzentrationen in den Förderbrunnen um ca. 20 mg/l. Aus diesem Grunde wurde nunmehr erstmalig ein Modell zur Simulation des Stickstoff- und Schwefelhaushaltes von landwirtschaftlich genutzten Böden zur Abschätzung tolerierbarer Bilanzsalden angewendet. Mit dem Modell HERMES wurden auf der Basis von realen Wetter-, Boden- und Landnutzungsdaten mehrere Szenarien berechnet.

## 2 Modelle

Das von [Ke95] beschriebene Simulationsmodell HERMES berücksichtigt die Prozesse der Stickstoff-Mineralisation, der heterotrophen Denitrifikation, des Transports von Nitrat mit dem Bodenwasser, die atmosphärische Stickstoffdeposition sowie die Stickstoffaufnahme durch Pflanzen. Das Modell arbeitet mit einer zeitlichen Auflösung von

einem Tag und 1 dm Tiefenabschnitten des Bodens. Es ist auf den Bereich der Wurzelzone (max. 20 dm) beschränkt. Kapillarer Aufstieg aus Schichten unterhalb von 20 dm wird berücksichtigt. Die für den verwendeten Modellansatz notwendigen Kapazitätsparameter (Wassergehalt bei Feldkapazität und am permanenten Welkepunkt) werden aus der durch Fingerprobe ermittelte Texturklasse des Bodens nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (4. Aufl.) unter Berücksichtigung von Zu- und Abschlägen für Grundwasserabstand, Humus- und Steingehalt abgeleitet. Auf der Basis dieses Modellansatzes wurde unter Nutzung einzelner Teilmodule von HERMES das Modell SULFONIE zur Abbildung der wesentlichen Prozesse der Wasser- und Sulfatdynamik in der Wurzelzone erstellt [Eu03]. Die Ergebnisse zur Modellvalidierung sind in [Wi06] dargestellt.

## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Nährstoffbilanzen**

Mit Hilfe der Flächenbilanz können schlaggenaue Aussagen über die Höhe der Bilanzsalden gemacht werden. Die Auswertung der dafür eigens erhobenen Landnutzungsdaten aus der Flächenbilanz werden als flächengewichtete Mittelwerte berechnet. Während der Stickstoffsaldo der aggregierten Betriebsbilanzen 141 kg/ha beträgt, liegt dieser nach der Flächenbilanz bei 92 kg/ha. Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass in der Flächenbilanz zusätzliche Schläge erfasst werden. Diese werden von Nebenerwerbsbetrieben mit sehr extensiven Produktionsverfahren oder von Betrieben, deren Wirtschaftszentrum weit entfernt von diesen Flächen liegt, bewirtschaftet. Die mit Wirtschaftsdüngern ausgebrachte Stickstoffmenge steigt in geringerem Maße, von etwa 150 auf 170 kg/ha an, in Folge des gestiegenen GV-Besatzes im Untersuchungszeitraum. Mit Wirtschaftsdüngern gelangen im Mittel der Jahre 65 % der Gesamt-Stickstoffzufuhr auf die Flächen. Da die gesteigerte Stickstoffdüngung nur teilweise in eine gesteigerte Abfuhr durch das Erntegut umgesetzt werden kann, steigt der Saldo von 75 kg/ha auf 120 kg/ha an.

### **3.2 Simulative Berechnung von Stickstoff- und Schwefelausträgen**

#### **3.2.1 Aktuelle Landnutzung**

Sie variiert in Abhängigkeit von der Sickerwassermenge zwischen 50 und 100 mg/l. Die Sulfatkonzentration liegt mit 15 – 30 mg/l auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Sie hat insgesamt eine fallende Tendenz. Diese ist auf den Abbau der organischen Substanz der Moore zurückzuführen.

### 3.2.2 Szenarien zur trinkwassergerechten landwirtschaftlichen Nutzung

Zur Senkung des Stickstoffsaldos wurden verschiedene Möglichkeiten untersucht. Die Reduktion des Wirtschaftsdüngereinsatzes ist an die Reduktion des Viehbesatzes gekoppelt. Da dies starke Einschnitte in die Einkommensmöglichkeiten der landwirtschaftlichen Betriebe verursachen würde, ist von dieser Maßnahme abzusehen. Alternativ wurde die eingesetzte Menge an Handelsdünger reduziert. Dabei wurde die derzeitige Landnutzung wie folgt modifiziert:

Für alle Schläge, deren Stickstoffsaldo über 90 kg/ha liegt, wird die Stickstoffzufuhr mit Mineraldüngern begrenzt. Dabei wird die Begrenzung der Düngung mit Mineraldüngern schrittweise vorgenommen:

Szenario 100: N aus Mineraldüngung maximal	100	kg/ha
Szenario 70: N aus Mineraldüngung maximal	70	kg/ha
Szenario 50: N aus Mineraldüngung maximal	50	kg/ha

Zusätzlich werden im Gegensatz zur Bilanzierung bei Wirtschaftsdüngern gasförmige Lager- und Ausbringungsverluste berücksichtigt (Abbildung 1). Bei den Konzentrationen handelt es sich um die Gesamtkonzentration für das Untersuchungsgebiet. Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen sind als gebietsbezogene Durchschnittswerte in der Abbildung 1 dargestellt.

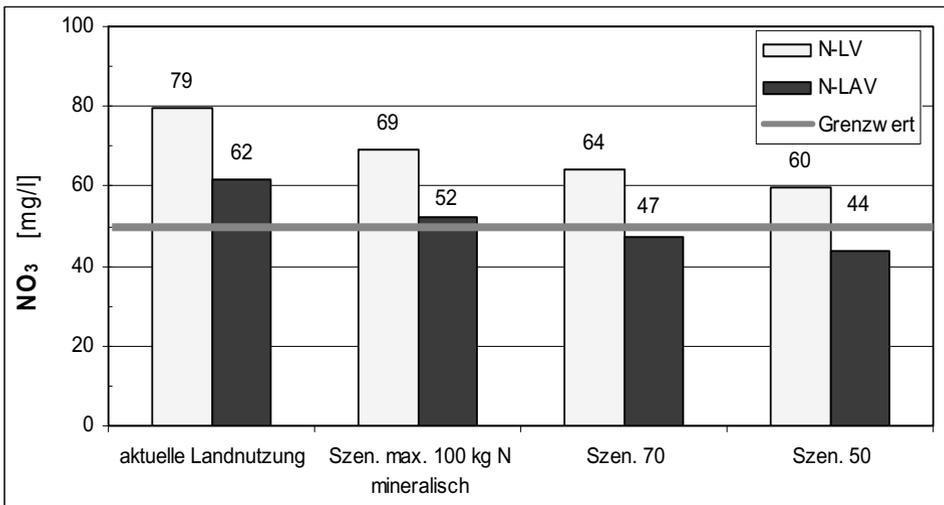


Abbildung 1: Vergleich der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der 8 simulativ berechneten Szenarien im Untersuchungsgebiet; mit: N-LV = Berücksichtigung von Lagerverlusten und N-LAV = Berücksichtigung von Lager- und Ausbringungsverlusten - Werte berechnet als flächengewichtete durchschnittliche Jahresraten des jeweiligen Szenarios

Das Szenario 70 führt bei Berücksichtigung von Lager und Ausbringungsverlusten der Wirtschaftsdünger zu einer Nitratkonzentration von 47 mg/l. Damit würde der Grenzwert für Nitrat im Trinkwasser eingehalten.

## 4 Fazit

Auf Basis der schlaggenauen Simulation der Sickerwassermenge und des Stickstoffaus-  
trages wurde die Nitratkonzentration im 2 m Bodentiefe berechnet. Unter Berücksichti-  
gung des Waldanteiles mit seiner abweichenden Sickerwasserspense und Nitratkonzent-  
ration errechnet sich im Mittel der Jahre für das Untersuchungsgebiet eine Nitratkon-  
zentration von 62 mg/l. Damit wird der Grenzwert von 50 mg/l für Trinkwasser über-  
schritten.

Mit Hilfe des Szenarios 70, in welchem für die Schläge mit einem Stickstoffsaldo über  
90 kg/ha die mineralische Düngung auf 70 kg N/ha begrenzt wird, konnte die Nitratkon-  
zentration auf 47 mg/l gesenkt werden. Von dieser Begrenzung wurde Raps ausgenom-  
men. Die Vorgaben dieses Szenarios lassen aus Sicht der Pflanzenernährung keine Er-  
tragseinbußen erwarten. Ökonomische Nachteile sind nicht zu befürchten. Im Gegenteil.  
Dadurch, dass mit diesem Szenario rund 11 t weniger Stickstoff aus Handelsdüngern  
ausgebracht werden, sind Einsparungen beim Düngereinkauf zu erwarten.

## 5 Literatur

- [Eu03] Eulenstein, F.; Olejnik, J.; Willms, M.; Kersebaum, K. C.; Werner, A.: Simulation des  
Stofftransports in der ungesättigten Zone, S. 110 – 117. In: Nestler, W., Grischek, T.  
(Hrsg.): Handbuch Wasserversorgung und Sulfatbelastung des Grundwassers unter land-  
und forstwirtschaftlich genutzten Flächen, BMBF-Forschungsbericht, 2003.
- [KE95] Kersebaum, K. C.: Application of a simple management model to simulate water and  
nitrogen dynamics. Ecological modelling 81, 1995; 145 –156.
- [Wi03] Wichmann, K.; Nuber, T.; Eulenstein, F.; Willms, M.; Meißner, R.; Richter, G.: Wasser-  
versorgung und Sulfatbelastung, Fallbeispiel, S. 265 – 297. In: Nestler, W., Grischek, T.  
(Hrsg.): Handbuch Wasserversorgung und Sulfatbelastung des Grundwassers unter land-  
und forstwirtschaftlich genutzten Flächen, BMBF-Forschungsbericht, 2003.
- [Wi06] Willms, M., Eulenstein, F. Olejnik, J., Kersebaum, K. C.: Simulation des Schwefel-  
Haushaltes von landwirtschaftlich genutzten Böden mit dem Modell SULFONIE, 2006.