

Ausmass und Ursachen der sinkenden Nitratgehalte im Grundwasser des Kantons Bern

E. Spiess und V. Prasuhn

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
Reckenholzstrasse 191
CH-8046 Zürich - Schweiz

Summary

Impact and causes of decreasing nitrate contents in the groundwater of the canton of Berne

In 1993, direct payments bound to ecological measures were introduced into Swiss agriculture. Within the framework of the evaluation of these ecological measures temporal trends of nitrate contents in groundwater and the reasons for declining contents were investigated in a case study. In the four geographic regions of the canton of Berne calculations with the substance flow model MODIFFUS were carried out for the years 1990 and 1999. In a first step water flows were calculated for each grid cell of 1 ha in size by means of long-term average values. The following assessment of the amount of nitrate leaching was made by multiplication of a crop-specific standard value for nitrate leaching based on lysimeter trials and values from literature with correction factors for differences in the volume of percolating water, altitude, soil type, the quantity of animal manure, denitrification and drainage system.

Results show nitrate contents decreasing by 12% on average. In the Central Plain and in the Prealps of the canton of Berne, nitrate contents declined considerably due to decreasing areas with cereals and potatoes and larger areas with temporary grassland and sugar beets. Apart from varying crop areas a lower N fertilizer use and more intensive cover cropping contributed most to decreasing nitrate contents in groundwater. Half of the reduction could be due to ecological measures.

1 Einleitung

In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts kam es infolge der Intensivierung in der schweizerischen Landwirtschaft zu einem starken Anstieg der Nitratgehalte im Grundwasser (BUWAL 1993). Dieser führte dazu, dass der Nitratgehalt des Trinkwassers in den achtziger Jahren an vielen Orten über dem Anforderungswert der GEWÄSSERSCHUTZVERORDNUNG (1998) von 25 mg NO₃/l lag. Bei einigen Wasserfassungen wurde auch der in der FREMD- UND INHALTSSTOFFVERORDNUNG (1995) festgelegte Toleranzwert für Trinkwasser von 40 mg NO₃/l überschritten.

Mit den 1993 eingeführten Direktzahlungen und den damit verbundenen Ökomaßnahmen hat sich das Bundesamt für Landwirtschaft unter anderem zum Ziel gesetzt, den Nitratgehalt des Grundwassers zwischen den Referenzjahren 1990-92 und dem Jahr 2005 um durchschnittlich 5 mg NO₃/l zu reduzieren.

Zum Bezug von allgemeinen Direktzahlungen sind Landwirte berechtigt, die den "ökologischen Leistungsnachweis" (vergleichbar mit Cross Compliance in der EU) erfüllen. Dieser beinhaltet unter anderem eine ausgeglichene Stickstoffbilanz, eine geregelte Fruchtfolge, einen angemessenen Anteil an ökologischen Ausgleichsflächen und einen geeigneten Bodenschutz. Ökobeiträge werden auch für verschiedene Typen von ökologischen Ausgleichsflächen, den extensiven Anbau von Getreide und Raps sowie für den Biolandbau ausgerichtet (DIREKTZAHLUNGSVERORDNUNG 1998).

Im Rahmen der Evaluation der Ökomaßnahmen (F. HERZOG & W. RICHNER, 2005), die aufgrund der NACHHALTIGKEITSVERORDNUNG (1998) durchzuführen ist, wurde der Einfluss verschiedener Einflussfaktoren auf die Reduktion der Nitratauswaschung zwischen 1990 und 1999 in den vier Regionen des Kantons Bern (Alpen, Voralpen, Mittelland und Jura; Tab. 1) mittels des Stoffflussmodells MODIFFUS untersucht und mit Messwerten aus Grundwasserfassungen verglichen (E. SPIESS & V. PRASUHN, 2006).

Table 1. Höhenlage, Bodennutzung und Nitratgehalte in den vier Regionen des Kantons Bern
Altitude, land use and nitrate contents in the four regions of the canton of Berne

Region	Höhe ü.M.	Bodennutzung				Nitratgehalt ¹⁾ (in mg NO ₃ /l)		
		Wald	Acker	Dauerwiesen	Rest	1990-92	2002-04	Differenz
Alpen	550 - 4200	27%	0%	33%	39%	2,3	2,6	0,3
Voralpen	500 - 1500	36%	24%	33%	7%	20,6	16,2	-4,4
Mittelland	400 - 900	25%	41%	12%	21%	28,8	24,4	-4,4
Jura	450 - 1600	53%	11%	30%	6%	9,0	7,9	-1,1

¹⁾ Messwerte aus Grundwasserfassungen (E. SPIESS & V. PRASUHN, 2006 und unveröffentlichte Werte)

2 Stoffflussmodell MODIFFUS

MODIFFUS ist ein Modell zur Abschätzung der diffusen Einträge von Stickstoff und Phosphor in die Gewässer und wurde detailliert in V. PRASUHN & R. MOHNI (2003) beschrieben. Für die vorliegende Arbeit wurden nur die Module "Wasserhaushalt" und "Nitratauswaschung" von MODIFFUS verwendet. Das Modell beruht auf diversen naturräumlichen, klimatischen, pedologischen und landwirtschaftlichen Eingangsdaten, welche mittels eines geographischen Informationssystems miteinander verknüpft werden. Als räumliche Einheit dienen Rasterzellen von einer Hektare Grösse. In einem ersten Schritt wurden die Wasserflüsse für jede der 573'548 Rasterzellen berechnet. Die Sickerwassermenge ergab sich aus der Differenz zwischen dem Niederschlag einerseits und der Evapotranspiration, dem Oberflächenabfluss und dem Drainageabfluss andererseits. Infolge der Verwendung von langjährigen Mittelwerten wurde für 1990 und 1999 mit den gleichen Sickerwassermengen gerechnet. In einem zweiten Schritt erfolgte die Berechnung der ausgewaschenen Nitratmenge aufgrund von nutzungsspezifischen Ausgangswerten für die Nitratauswaschung. Im Ackerbau wurden hauptsächlich aus Lysimeterversuchen abgeleitete Ausgangswerte für Kulturkombinationen (= Vorkultur - Zwischenkultur - Nachkultur) verwendet. (V. PRASUHN & E. SPIESS, 2003). Die Ausgangswerte wurden dann mit Korrekturfaktoren für Unterschiede in der Sickerwassermenge, der Höhenlage, des Bodens, der Wirtschaftsdüngermenge, der Denitrifikation und der Drainage verrechnet.

3 Resultate und Diskussion

Die Abschätzungen mit dem Stoffflussmodell MODIFFUS ergaben, dass eine bedeutende Reduktion der ausgewaschenen Nitratmenge zwischen 1990 und 1999 vor allem unter den Ackerflächen im Mittelland und in den Voralpen erreicht worden ist (Fig. 1).

Fünf Einflussfaktoren (Tab. 2), welche sich zwischen 1990 und 1999 verändert haben, konnten in MODIFFUS berücksichtigt werden. Nach der Modellrechnung haben die veränderten Kulturanteile im Ackerbau, der geringere Einsatz von N-Düngern im Ackerbau sowie der vermehrte Anbau von Zwischenkulturen am meisten zu den tieferen Nitratgehalten im Grundwasser beigetragen. Die Auswirkungen der restlichen Faktoren waren dagegen gering. Insgesamt dürfte über die Hälfte der 12-prozentigen Reduktion der Nitratauswaschung zwischen 1990 und 1999 eine Folge der verschiedenen Ökomaßnahmen sein, während der Rest vor allem auf die veränderten agrarpolitischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zurückgeführt werden kann.

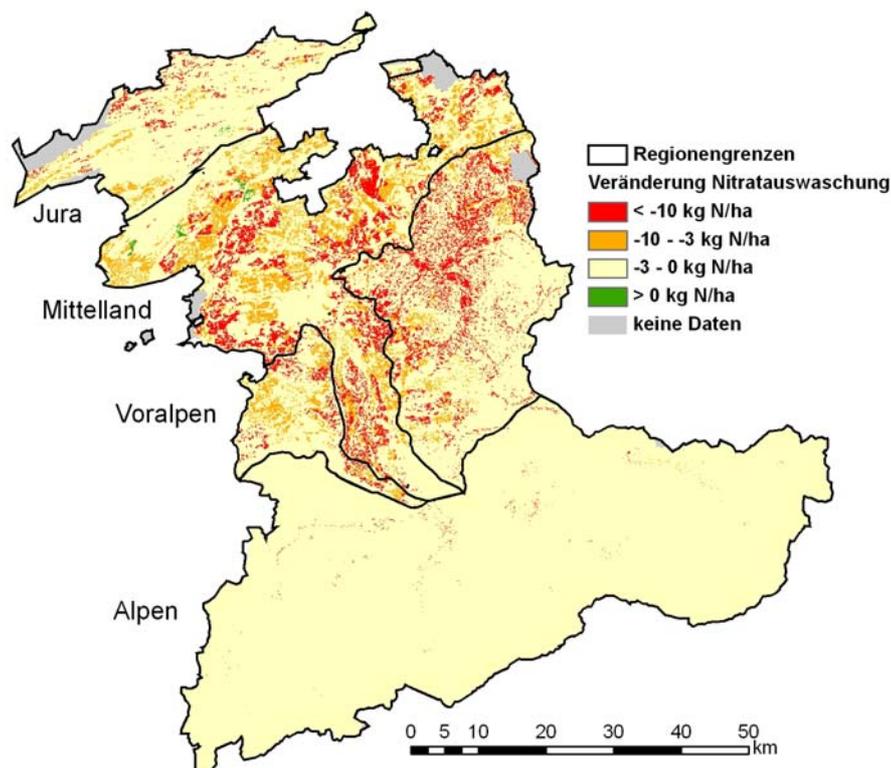


Fig. 1. Veränderung der mit MODIFFUS berechneten ausgewaschenen Nitratmengen im Kanton Bern zwischen 1990 und 1999 (in kg N/ha)

Variation in the amount of nitrate leaching calculated with MODIFFUS for the canton of Berne between 1990 and 1999 (in kg N/ha)

Table 2. Geschätzte Reduktion der Nitratauswaschung zwischen 1990 und 1999 durch verschiedene Einflussfaktoren (in % der 1990 unter der gesamten Fläche ausgewaschenen N-Menge)

Estimated reduction in nitrate leaching between 1990 and 1999 due to various influencing factors (in % of the amount of N leached from the whole surface of the canton of Berne in 1990)

Einflussfaktor	Beitrag
veränderte Kulturanteile im Ackerbau	4%
geringerer N-Düngereinsatz im Ackerbau	4%
vermehrter Anbau von Zwischenkulturen	3%
geringere N-Deposition	1%
Extensivierung im Futterbau	< 1%
Total	12%

- Veränderung der Kulturanteile im Ackerbau

Während die Ackerfläche zwischen 1990 und 1999 nahezu konstant blieb, traten bei einzelnen Kulturen zum Teil große Flächenänderungen auf. Bezogen auf den gesamten Kanton verzeichneten das Getreide (- 16%) sowie die Kartoffeln (- 27%) bedeutende Abnahmen, Zunahmen wurden dagegen vor allem bei den ein- und mehrjährigen Ansaatwiesen (+ 18%) und den Rüben (+ 32%) beobachtet. Die Nitratauswaschung wurde durch diese Entwicklung reduziert. Bei der Kartoffelernte wird der Boden intensiv bearbeitet und viel Sauerstoff gelangt in die oberste Bodenschicht. Dies fördert die N-Mineralisierung. Da im Spätherbst die N-Aufnahme durch die Nachkultur häufig gering ist, können hohe N-Verluste entstehen. Dies ist zum Beispiel bei Wintergetreide nicht nur nach Kartoffeln, sondern auch nach dem Umbruch einer Ansaatwiese der Fall. Zuckerrüben dagegen nehmen bis spät in den Herbst Stickstoff auf und hinterlassen nach der

Ernte geringe N_{\min} -Mengen im Boden. Die größere Ansaatwiesenfläche dürfte die bedeutendste Auswirkung auf die Nitratauswaschung gehabt haben. Durch den dauernden Bodenbewuchs wird wenig Nitrat ausgewaschen. Zu größeren Verlusten kommt es erst nach dem Umbruch der Ansaatwiese.

- Geringerer N-Düngereinsatz im Ackerbau

Lysimeterversuche zeigen, dass die Nitratauswaschung unter Ackerkulturen mit steigender N-Düngung zunimmt (J. NIEVERGELT, 2002; W. STAUFFER und E. SPIESS, 2005). Durch die Anforderung einer ausgeglichenen N-Bilanz im ökologischen Leistungsnachweis wird die Höhe der N-Düngung begrenzt. Seit der Einführung der Ökomaßnahmen hat deshalb der Einsatz von N-Mineraldüngern (- 23% in der Schweiz zwischen 1990 und 1999) und die Wirtschaftsdüngermenge (- 9% im Kanton Bern) weiter abgenommen.

- Vermehrter Anbau von Zwischenkulturen

Die Fläche mit Zwischenkulturen war 1990 und 1999 fast gleich groß. Da aber die Fläche der im Frühjahr gesäten Kulturen, vor denen Zwischenkulturen normalerweise angebaut werden, abnahm, war dies mit weniger Winterbrache und einer geringeren Nitratauswaschung verbunden. Dies ist vermutlich zu einem großen Teil auf die Anforderungen des ökologischen Leistungsnachweises in Bezug auf die Bodenbedeckung zurückzuführen.

- Geringere N-Deposition

Die N-Deposition aus der Luft geht seit 1980 kontinuierlich zurück, weil die Tierbestände und die damit verbundenen Ammoniakverluste abgenommen haben und die Stickoxid-Emissionen aus Verkehr und Industrie reduziert werden konnten. Dadurch verminderte sich der atmosphärische N-Eintrag in den Boden.

- Extensivierung im Futterbau

Durch die Förderung der ökologischen Ausgleichsflächen wird auf vielen Wiesen weniger oder kein N-Dünger ausgebracht. Dies dürfte mit einer geringeren Nitratauswaschung verbunden sein, wobei die Reduktion pro Flächeneinheit vermutlich wesentlich geringer ausfällt als bei der Extensivierung im Ackerbau.

Literatur

- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (1993): Situation der Trinkwasserversorgung.- Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 212. Bern, 128 S.
- DIREKTZAHLUNGSVERORDNUNG (1998). SR 910.13. www.admin.ch/ch/d/sr/sr.html (November 2006).
- FREMD- UND INHALTSSTOFFVERORDNUNG (1995): Verordnung des EDI über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln. SR 817.021.23. www.admin.ch/ch/d/sr/sr.html (November 2006).
- GEWÄSSERSCHUTZVERORDNUNG (1998). SR 814.201. www.admin.ch/ch/d/sr/sr.html (November 2006).
- HERZOG, F & W. RICHNER (Hrsg.) (2005): Evaluation der Ökomaßnahmen – Bereich Stickstoff und Phosphor.- Schriftenreihe der FAL Nr. 57, 132 S., Agroscope FAL Reckenholz, Zürich.
- NACHHALTIGKEITSVERORDNUNG (1998): Verordnung über die Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft. SR 919.118. www.admin.ch/ch/d/sr/sr.html (November 2006).
- NIEVERGELT, J. (2002): Nitrat und Fruchtfolgen 20 Jahre lang beobachtet.- Agrarforschung, 9, 28-33.
- PRASUHN, V. & R. MOHNI (2003): GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz, 223 S. www.art.admin.ch/themen/00544/00813/index.html?lang=de (Januar 2007).
- PRASUHN, V. & E. SPIESS (2003): Regional differenzierte Abschätzung der Nitratauswaschung über Betriebszählungsdaten.- In: Bericht über die 10. Gumpensteiner Lysimetertagung, Irdning, 55-57.
- SPIESS, E. & V. PRASUHN (2006): Weniger Nitrat im Grundwasser dank Ökomaßnahmen.- Agrarforschung, 13, 4-9.
- STAUFFER, W. & E. SPIESS (2005): Einfluss unterschiedlicher Nutzung und Düngung auf Sickerwassermenge und Nitratauswaschung.- In: Gebietsbilanzen bei unterschiedlicher Landnutzung.- In: Bericht über die 11. Gumpensteiner Lysimetertagung, Irdning, 213-215.

Literaturzitat für diese Publikation:

Spiess E. und Prasuhn V. (2008): Ausmass und Ursachen der sinkenden Nitratgehalte im Grundwasser des Kantons Bern. Beiträge zur Hydrogeologie 56, 189-194.