

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG,
Sitzung der Kommission VIII

Titel der Tagung:

Böden – eine endliche Ressource

Veranstalter:

DBG

Termin und Ort der Tagung:

05.-13.09.09, Bonn

Berichte der DBG (nicht begutachtete
online-Publikation), <http://www.dbges.de>

Schlüsselworte

Nitrat, Grundwasser, Nitratauswaschung,
Stickstoffverluste, Selbst-Integrierende
Akkumulatoren (SIA)

Einführung

Der Brunnen XIX des Zweckverbandes Gruppenwasserwerk Dieburg (ZVG) liegt nördlich des Odenwaldes in der so genannten Schaafheimer Senke. Seit Beginn der Förderung Anfang der 80er Jahre liegt die Nitratkonzentration im Rohwasser zwischen 80 und 100 mg/L und damit weit über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg/L. Ein Trend ist nicht erkennbar.

Im Einzugsgebiet des Brunnens stehen etwa 20 m mächtige sandige und kiesige pleistozäne und pliozäne Sedimente an, aus denen sich vorwiegend Braunerden entwickelt haben. Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 20 m. Das Sickerwasser benötigt von der Bodenoberfläche bis zum Brunnen etwa 30 – 35 Jahre.

In einer Voruntersuchung zu möglichen Verursachern für die Nitratbelastung wurde die Landwirtschaft als die einzige bedeutende Stickstoff- (N-) Quelle im Einzugsgebiet identifiziert. Aus einer Befragung örtlicher Landwirte ergab sich, dass die N-Überschüsse in den letzten Jahrzehnten zurückgingen. Seit Mitte der 80er Jahre nahm der Eintrag organischer Dünger stark ab. Dieser wurde bis in die 90er Jahre hinein allein als Bodenverbesserer, jedoch nicht als N-Quelle angesehen. Zudem ging der Einsatz von Mineraldünger seit etwa 2000 durch die Berücksichtigung von N_{\min} deutlich zurück. In einem Historischen Szenario wurde berechnet, dass diese auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen 1980 und 2000 von ca. 150 auf 50 kg N/(ha a) sanken (Schwarz & Bischoff, 2007).

In der Hauptuntersuchung sollte geklärt werden, ob und wenn ja, bis wann eine Verringerung der Nitratkonzentration im Brunnenwasser zu erwarten ist. Dazu wurden folgende Fragen bearbeitet:

Einfluss von Witterung und Standortseigenschaften auf die Nitratbelastung des Grundwassers in einem Wasserschutzgebiet

Andreas Schwarz und Wolf-Anno Bischoff

Zusammenfassung

Die Nitratkonzentration in einem Brunnen liegt seit Beginn der Förderung zwischen 80 und 100 mg/L. In dieser Untersuchung sollte geklärt werden, ob und wenn ja, wann die Konzentration unter den Grenzwert von 50 mg/L sinkt. Dazu wurde die derzeitige Nitratauswaschung aus Acker und Wald vier Jahre lang mit Selbst-Integrierenden Akkumulatoren (SIA) gemessen.

Die Nitratverluste sind unter landwirtschaftlichen Flächen höher als unter Stilllegung oder Wald (32; 2 bzw. 4 kg N/(ha a)). Die Nitratauswaschung aus Raps und Mais liegt mit etwa 50 kg N/(ha a) deutlich höher als aus Getreide oder Zuckerrüben (ca. 20 kg N/(ha a)). Während trockener Winter akkumulieren Nitratüberschüsse im Boden, die in Wintern mit hoher Nettosickerung ausgewaschen werden. Daher schwankt die jährliche Nitratverlagerung stark. Die mittlere Nitratkonzentration im neu gebildeten Sickerwasser liegt unter dem Trinkwassergrenzwert von 50 mg/L. Durch die Verweilzeit im Boden wird der Grenzwert im Förderwasser erst in ca. 30 Jahren unterschritten.

Gutachterbüro Terraquat,
Steckfeldstr. 36, 70599 Stuttgart,
e-mail: a.schwarz@terraquat.com

(i) Isotopenuntersuchung zur Ermittlung von Denitrifikation;

(ii) Direkte Messung der aktuellen Nitrat- auswaschung mit Selbst-Integrierenden Akkumulatoren (SIA) auf neun landwirtschaftlich genutzten und drei Waldflächen.

Material und Methoden

Standorte

Zur Bestimmung der Nitratfrachten im Sickerwasser wurden neun Flächen unter landwirtschaftlicher Nutzung ausgewählt, darunter eine Ausgleichsfläche (Flächenstilllegung). Ziel war es, verschiedene für das Gebiet typische Fruchtfolgen sowie unterschiedliche Standortsbedingungen abzudecken.

Im Wald wurden vier typische Standorte ausgewählt:

- zwei Standorte mit intaktem Wald,
- eine aufgelichtete Fläche mit Brombeeren (*Rubus fruticosus*), die auf starke Mineralisierung hinweisen,
- eine ehemalige Windwurffläche mit einem ca. 15-jährigen Jungwaldbestand.

Isotopenuntersuchung

Für die Isotopenuntersuchung wurden das Eingangssignal in Form von Bodenproben (30 – 60 cm Tiefe) und das Ausgangssignal in Form von Beprobungen am Brunnen XIX und zwei weiteren Grundwassermessstellen erfasst. Die Messungen von $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ wurden von einem zertifizierten Isotopenlabor durchgeführt.

Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA)

Im Oktober 2004 wurden Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA) zur Messung der flächenbezogenen Nitratauswaschung auf diesen Standorten in 1 m Tiefe und damit unterhalb des Hauptwurzelraumes aller Kulturen installiert.

Die Installation erfolgt von einer Grube aus seitlich unter den ungestörten Boden. Nach dem Einbau werden die Gruben verfüllt, so dass keinerlei Einschränkungen für die Bewirtschaftung des Schlags bestehen. Die

SIA entziehen dem Sickerwasser das Nitrat und legen es auf geeigneten Adsorbentien fest. Nach dem Ausbau der SIA erhält man durch Rücktausch des adsorbierten Nitrats die flächenbezogene Nitratauswaschung als Gesamtfracht in kg N/ha.

Um die Heterogenität der Flächen erfassen zu können, wurden die SIA auf den neun landwirtschaftlich genutzten Flächen in zehnfacher Wiederholung installiert. Dies geschah in je drei Profilgruben, die über den Schlag verteilt waren. An den vier Waldstandorten wurden jeweils vier SIA in einer Profilgrube installiert.

Ab Herbst 2004 wurden die SIA in jährlichen Messintervallen ausgetauscht. Der SIA-Wechsel fand im Herbst statt, so dass die angebauten Kulturen nicht oder nur wenig beeinträchtigt wurden. Anfang November 2008 wurde die Messreihe beendet.

Statistik

Die statistischen Analysen wurden mit dem Software-Paket STATISTICA durchgeführt. Es wurden einfaktorielle Varianzanalysen und ein Duncan-Test als Post-hoc-Test durchgeführt. In den Abbildungen bedeuten gleiche Buchstaben, dass kein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen festzustellen ist ($p < 0,05$).

Ergebnisse

Denitrifikation

Der Vergleich der N- und O-Isotopensignaturen im Bodenwasser und im Brunnenwasser zeigt, dass auf dem Weg zum Brunnen keine Denitrifikation zu erwarten ist.

Nitratauswaschung

Die mittlere jährliche Nettosickerung wurde anhand der klimatischen Wasserbilanz auf ca. 150 mm ermittelt. Unter diesen mittleren Bedingungen führt eine Nitratauswaschung von 17 kg N/(ha a) zu einer Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes im neu gebildeten Sickerwasser. Wird die Verdünnung durch nitratärmeres Wasser aus dem Wald berücksichtigt, wird der Trinkwassergrenzwert im gesamten Einzugsgebiet erst

bei einer Auswaschung von mehr als 46 kg N/(ha a) überschritten.

Anhand der Höhe der Nitratverluste können zwei **Kulturgruppen** unterschieden werden: Für Winterraps und Mais ist die jährliche Auswaschung mit ca. 50 kg N/(ha a) deutlich höher als für Zuckerrüben und Getreide mit ca. 20 kg N/(ha a) (*Abbildung 1*). Die Auswaschungen unter Winterraps und Mais liegen über dem kritischen Wert von 46 kg N/(ha a) und sind daher aus Sicht des Grundwasserschutzes bedenklich.

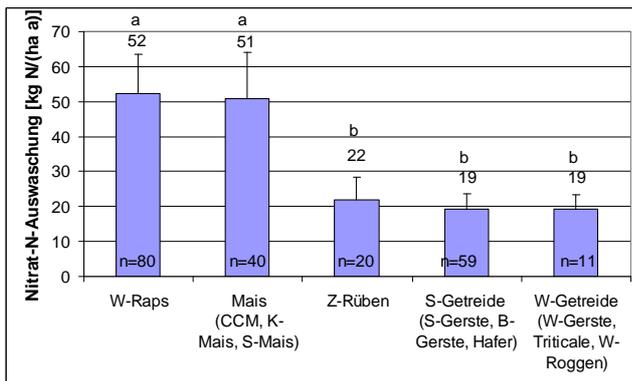


Abbildung 1: Mittlere jährliche Nitrat-N-Auswaschung nach Kulturgruppen

Auch die verschiedenen **Waldstandorte** unterscheiden sich deutlich in der Höhe der Nitratverlagerung. Unter Norm-Wald und Jungwald werden maximal 1 kg N/(ha a) ausgewaschen (*Abbildung 2*). Aus dem stark mineralisierenden Standort unter Brombeergestrüpp beträgt der N-Verlust mit dem Sickerwasser hingegen 15 kg N/(ha a). Die Nitrat-N-Auswaschung aus Wald ist deutlich niedriger als aus Acker. Höhere Auswaschungen treten nur punktuell auf.

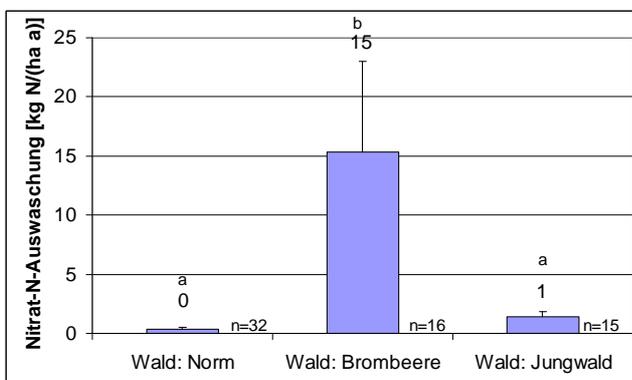


Abbildung 2: Mittlere jährliche Nitrat-N-Auswaschung nach Waldstandort

In den ersten drei **Messperioden** 2004/05 – 2007/08 wurden aus der Ausgleichsfläche und den Waldstandorten nur geringe Nitrat-N-Austräge gemessen (*Abbildung 3*). Die Austräge aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen lagen mit 20 – 24 kg N/(ha a) deutlich unter dem kritischen Wert von 46 kg N/(ha a). Die Nitratkonzentration im neu gebildeten Sickerwasser für das Gesamteinzugsgebiet liegt daher unter dem Grenzwert von 50 mg/L. Während der Messperiode 2007/08 lagen die Nitratverluste für alle Nutzungsformen deutlich höher. Für die landwirtschaftlich genutzte Fläche überstieg die Nitrat-N-Auswaschung mit 61 kg N/(ha a) den kritischen Wert, so dass von einer Überschreitung des Grenzwertes im neu gebildeten Grundwasser auszugehen ist.

In den ersten drei Untersuchungsjahren wurde während der Sickerperiode im Winterhalbjahr ein deutliches Niederschlagsdefizit von 72 – 84 mm beobachtet (*Abbildung 4*). Dies dürfte zu einer geringen Sickerwasserneubildung geführt haben. Die Stickstoffüberschüsse wurden nicht vollständig ausgewaschen, sondern akkumulierten teilweise im Boden. Erst als die Niederschläge im Winter 2007/08 etwas höher als im langjährigen Mittel lagen, wurde der Boden durchgespült, wobei diese Überschüsse zum Teil als Nitrat ausgewaschen wurden.

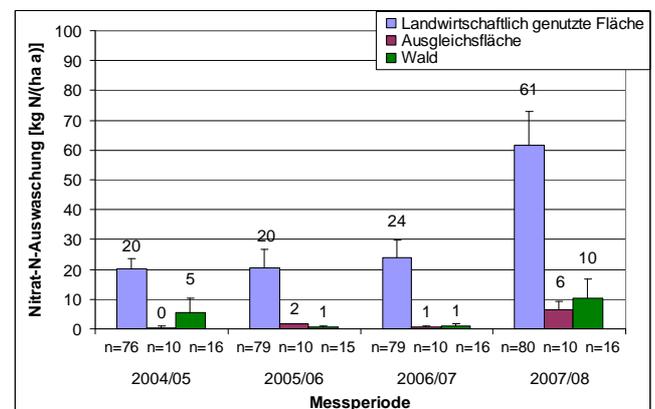


Abbildung 3: Mittlere jährliche Nitrat-N-Auswaschung nach Nutzung

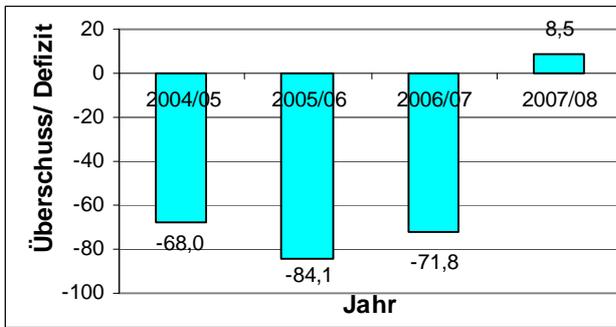


Abbildung 4: Niederschlagsüberschuss bzw. -defizit während der Sickerperiode im Vergleich zum 30-jährigen Mittel

Während des **gesamten Untersuchungszeitraumes** liegen die Nitrat-N-Verluste aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit 32 kg N/(ha a) unter dem kritischen Wert von 46 kg N/(ha a) (Abbildung 5).

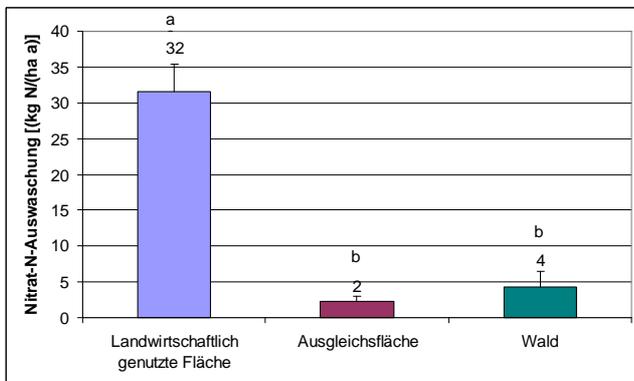


Abbildung 5: Mittlere Nitrat-N-Auswaschung nach Nutzung

Konzentration im Sickerwasser

Die direkte Messung der Nitrat-N-Austräge aus den landwirtschaftlich genutzten bzw. Waldflächen stützt die Ergebnisse des vorangegangenen Historischen Szenarios: Die Nitratüberschüsse in der Landwirtschaft sind so weit zurück gegangen, dass im Einzugsgebietsweit neu gebildeten Sickerwasser der Trinkwassergrenzwert von 50 mg Nitrat/L unterschritten wird (Abbildung 6). Aufgrund der Verweilzeit des Wassers wird die Nitratkonzentration im Brunnen erst in etwa 30 – 35 Jahren unter 50 mg/L sinken.

Schlussfolgerungen

Die Höhe der Nitrat-N-Auswaschung ist abhängig von der Nutzungsform: Unter Wald und Stilllegung ist sie gering, während unter

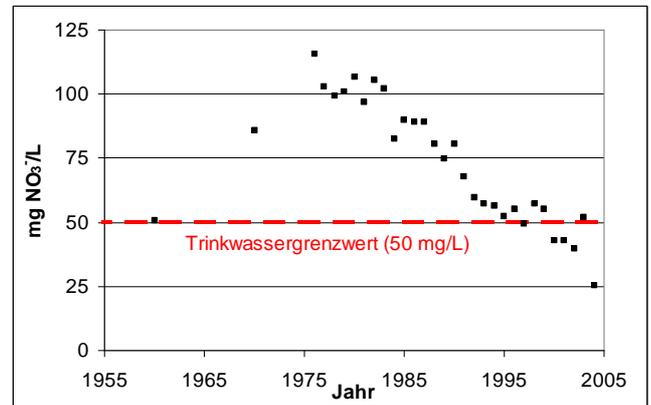


Abbildung 6: Konzentration im neu gebildeten Sickerwasser (historisches Szenario)

landwirtschaftlicher Nutzung bis zu 61 kg N/(ha a) verlagert werden. Aus Raps und Mais ist die Auswaschung deutlich höher als aus Getreide oder Zuckerrüben. Die N-Auswaschung im Wald findet überwiegend unter N-reichen Standorten statt. Während trockener Winter werden Stickstoffüberschüsse nicht vollständig ausgewaschen und akkumulieren teilweise im Boden. In Wintern mit hoher Nettosickerung werden diese Überschüsse dann zum Teil als Nitrat ausgetragen. Daher schwankt die jährliche Nitratverlagerung stark.

Im Mittel liegt die Nitratkonzentration im neu gebildeten Sickerwasser unter von 50 mg/L, so dass eine Sanierung des Brunnens möglich ist. Aufgrund der langen Verweilzeit des Wassers wird der Grenzwert im Förderwasser erst in etwa drei Jahrzehnten unterschritten.

Dank

Herr Merkel und Herr Höreth (Landwirte); Christoph Puschner (ZVG Dieburg)

Literatur

Schwarz, A. & W.-A. Bischoff (2007): Beurteilung der Nitratbelastung des Grundwassers in einem Wasserschutzgebiet: Vergangenheit - Gegenwart - Zukunft. Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 110:627-628.