

Regional differenzierte Abschätzung der Nitratauswaschung über Betriebszählungsdaten

V. PRASUHN und E. SPIESS

Zusammenfassung

Aus amtlich verfügbaren Betriebszählungsdaten wurden anhand von Anteilen an Ackerfläche und Kulturarten für 14'389 Betriebe des Kantons Bern Fruchtfolgen über eine Datenbankabfrage rekonstruiert. Anhand verkaufter Saatgutmengen für Zwischenfutter und Gründüngungen wurde die Anbaufläche von Zwischenkulturen abgeschätzt und den Fruchtfolgen zugeordnet. Diese Fruchtfolgen wurden mit einer Nitratauswaschungsmatrix verknüpft, in der jeder möglichen Kulturkombination (= Vorkultur - Zwischenkultur - Nachkultur) ein hauptsächlich aus Lysimeterversuchen abgeleiteter Nitratauswaschungswert zugewiesen wurde. Der auf den Fruchtfolgen basierende flächengewichtete Nitratauswaschungsmittelwert unter Ackerland aller Betriebe liegt bei 53 kg N/ha. Dieser wird im Stoffflussmodell MODIFFUS anhand von Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren (Boden, Düngung etc.) regional modifiziert.

Abstract

Crop rotations of 14'389 farms in the canton Berne (Switzerland) were reconstructed from percentages of main crops in arable land by means of a database inquiry from official farm census data. Catch crops were integrated into crop rotations after calculating their surfaces on the basis of seed quantities sold to the farmers. Crop rotations were connected to a matrix of standard values for nitrate leaching for all possible crop sequences (= preceding crop - catch crop - succeeding crop) which were derived mainly from lysimeter trials. The area-weighted mean value for nitrate leaching under the arable land of all farms amounts to 53 kg N/ha. This value is modified regionally by cultivation and site-specific factors (soil, fertilisation, etc.) in the model MODIFFUS.

Einleitung

Die Abschätzung von Stoffverlusten aus diffusen Quellen in die Gewässer im regionalen Maßstab (Einzugsgebiete von 50 bis 10'000 km² Grösse) gewinnt nicht zuletzt durch die Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie zunehmend an Bedeutung. Verschiedene Stoffflussmodelle wurden zu diesem Zweck entwickelt (vgl. SCHEER, 1999): z.B. MONERIS (BEHRENDT et al., 1999), MOBINEG (FEHR, 2000), STOFFBILANZ (MANSFELD et al., 1998), MODIFFUS (SCHMID und PRASUHN, 2000). Eingangsdaten für diese Modelle sind einerseits digitale Flächendaten (Landnutzung, Topographie, Boden etc.), andererseits Daten über Tierzahlen und Bodennutzung landwirtschaftlicher Betriebszählungen.

Die Nitratauswaschung unter Ackerland ist der wichtigste Eintragspfad von Stickstoff in die Gewässer. Neben Standortfaktoren (Boden, Topographie, Klima) und Bewirtschaftungsfaktoren (Düngung, Bodenbearbeitung etc.) ist die Kulturart bzw. die Fruchtfolge eine zentrale Einflussgrösse. Dieser Faktor wurde bisher im Modell MODIFFUS über kulturspezifische Nitratauswaschungswerte abgeschätzt (SCHMID und PRASUHN, 2000). Dazu wurden die Anteile der Kulturarten pro Gemeinde aus amtlichen Betriebszählungsdaten mit angenommenen Auswaschungswerten pro Kulturart verrechnet. Wie die Auswertungen von Lysimeterversuchen zeigen (STAUFFER und SPIESS, 2001), spiegeln solche kulturspezifischen Nitratauswaschungswerte die Auswaschungsgefahr oft nur ungenügend wieder. Die Kulturübergänge (Vorkultur - Zwischenkultur - Nachkultur) spielen eine entscheidende Rolle. Angaben zu Fruchtfolgen sind aber in amtlichen Statistiken nicht verfügbar und können nur über Betriebsbefragungen ermittelt wer-

den. Für größere Einzugsgebiete ist dies nicht praktikabel. Daher wurde versucht, die Fruchtfolgen von Betrieben aus verfügbaren Daten zu rekonstruieren und mit einer Matrix zu verknüpfen, die Nitratauswaschungswerte für Kulturkombinationen enthält.

Methodisches Vorgehen

Aus der Datenbank des Bundesamtes für Landwirtschaft stand der detaillierte Datensatz aller Hauptkulturen für alle 14'389 Betriebe des Kantons Bern (mit 191'562 ha Landwirtschaftlicher Nutzfläche und 89'179 ha Ackerland) der Betriebszählung 1999 zur Verfügung. Aus dem Anteil an gesamter Ackerfläche eines Betriebes und dem Anteil der verschiedenen Kulturarten wurde für jeden Betrieb eine Kulturabfolge konstruiert (PRASUHN und MOHNI, 2003). Die wichtigsten praxisüblichen Kulturkombinationen wurden anhand von Daten ausgewählter Betriebsbefragungen und in Absprache mit regionalen Landwirtschaftsberatern bestimmt und in einer Datenbank aufgelistet. Übliche Fruchtfolgeregeln sowie die Kriterien für Anbaupausen aufgrund von Saatterminen, Krankheiten, Schädlingen, Unkraut etc. und maximale Anteile der Kulturen in der Fruchtfolge nach den Richtlinien des ökologischen Leistungsnachweises (DIREKTZAHLUNGSVERORDNUNG, 1998) dienten zur Festlegung der Kulturabfolgen. Eine

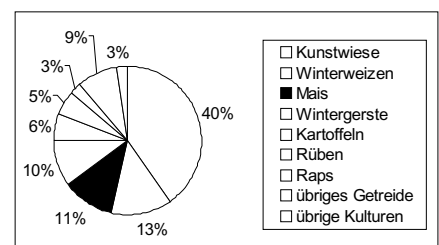


Abbildung 1: Anteile der verschiedenen Kulturen an der Ackerfläche des Kantons Bern.

Autoren: Dr. Volker PRASUHN und Dr. Ernst SPIESS, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Reckenholzstr. 191, CH-8046 ZÜRICH-RECKENHOLZ

Tabelle 1: Die häufigsten Kulturkombinationen (ohne Berücksichtigung der Zwischenkulturen).

Vorkultur - Nachkultur	Fläche (ha)	Anteil an Ackerfläche
Kunstwiese - Kunstwiese	17'514	20%
Wintergerste - Kunstwiese	8'183	9%
Kunstwiese - Mais	6'249	7%
Mais - Winterweizen	4'755	5%
Winterweizen - Wintergerste	3'299	4%
Zuckerrüben - Winterweizen	2'346	3%
Winterweizen - Kunstwiese	2'258	3%
Kunstwiese - Kartoffeln	2'077	2%
Kartoffeln - Winterweizen	1'954	2%
Winterweizen - Zuckerrüben	1'883	2%
Winterweizen - Raps	1'856	2%
Kunstwiese - Winterweizen	1'679	2%
Mais - Mais	1'415	2%

entsprechende Datenbankabfrage wurde installiert und konnte rund 80% aller Fruchtfolgen rekonstruieren. Bei den verbleibenden 20% mussten manuelle Korrekturen vorgenommen werden.

Von Handelsfirmen konnten detaillierte Daten zu den verkauften Saatgutmengen von Zwischenfutter und Gründüngungen - nach 26 Bezirken aufgeteilt - geliefert werden. Anhand der Saatgutmengen wurden die Anbauflächen pro Bezirk berechnet. Für jede Kulturkombination wurde festgelegt, ob eine Zwischenkultur möglich und praxisüblich ist. Anschließend wurden die berechneten Flächen mit Zwischenfrüchten auf die Fruchtfolgen der Betriebe flächenanteilmäßig verteilt.

Es wurde eine Nitratauswaschungsmatrix erstellt, in der jeder der rund 900 möglichen Kulturkombinationen (mit oder ohne Zwischenfrucht) ein Nitratauswaschungswert (in kg/ha) zugeordnet wurde. Dazu wurden die Ergebnisse von Lysimeterversuchen in der Schweiz seit 1980 herangezogen sowie publizierte Daten aus Lysimeterversuchen aus dem Ausland. So konnten diversen Kulturkombinationen gemessene Nitratauswaschungswerte zugeordnet werden, der überwiegende Teil musste aber anhand von Analogieschlüssen abgeschätzt werden. Die Fruchtfolgen der 14'389 Betriebe

Tabelle 2: Zwischenkulturen in den Fruchtfolgen des Kantons Bern.

Zwischenkulturen	(ha)	(%)
Total	9'449	100
Zwischenfutter	6'119	65
Gründüngung	3'330	35
überwinternd	3'014	32
abfrierend	6'435	68

be wurden mit dieser Matrix verknüpft. Dadurch wurde jeder Kulturkombination in der Fruchtfolge ein Nitratauswaschungswert zugeordnet. Die Nitratauswaschungswerte aller Fruchtfolgeglieder wurden aufsummiert und durch die Dauer der Fruchtfolge geteilt.

Ergebnisse

Kulturarten und Fruchtfolgen

Mit 40% sind die Kunstwiesen die wichtigste Kultur, gefolgt von Winterweizen (13%), Silo- und Körnermais (11%) sowie Wintergerste (10%; *Abbildung 1*). Kartoffeln und Zuckerrüben weisen ebenfalls noch bedeutende Anteile auf.

Die häufigste der rund 450 Kulturkombinationen ist Kunstwiese vor Kunstwiese (= mehrjährige Kunstwiese) mit durchschnittlich 17'514 ha bzw. 20% der Ackerfläche (*Tabelle 1*). In den weiteren bedeutenden Kulturkombinationen sind fast immer Kunstwiese und Winterweizen als Vor- oder Nachkultur beteiligt. Wintergerste ist die häufigste Vorkultur vor Kunstwiese (9% der Ackerfläche), Mais die wichtigste Nachkultur (7%). Bedeutende Vorkulturen von Winterweizen sind Mais (5%), Zuckerrüben (3%),

Tabelle 3: Häufigste Kulturkombinationen mit Zwischenkulturen (ZK).

Vorkultur - ZK - Nachkultur	Fläche (ha)	Anteil an Fläche mit ZK
Winterweizen - ZK - Zuckerrüben	1'691	18%
Winterweizen - ZK - Mais	992	11%
Winterweizen - ZK - Kartoffeln	905	10%
Wintergerste - ZK - Mais	329	3%
Mais - ZK - Mais	319	3%
Winterweizen - ZK - Wintergerste	297	3%
Wintergerste - ZK - Kartoffeln	252	3%
Raps - ZK - Winterweizen	245	3%
Wintergerste - ZK - Zuckerrüben	239	3%
Kartoffeln - ZK - Winterweizen	219	2%

Kartoffeln (2%) und Kunstwiese (2%), wichtige Nachkulturen Wintergerste (4%), Kunstwiese (3%) und Kartoffeln (2%).

Zwischenkulturen

Die berechnete Fläche mit Zwischenkulturen beträgt 9'449 ha (*Tabelle 2*). Dies entspricht 11% der Ackerfläche bzw. 17% der offenen Ackerfläche (= Ackerfläche ohne Kunstwiese). 65% waren Zwischenfutter (z.B. Chinakohlrüben und Kunstwiesenmischungen mit Nutzungen im Herbst und eventuell im darauffolgenden Frühling), 35% Gründüngungen (z.B. Phacelia, Gelbsenf). 32% waren winterharte Kulturen (z.B. Grünschnittroggen, Wickehafergemenge), 68% abfrierende (z.B. Phacelia, Sonnenblumen).

Zwischenkulturen werden am häufigsten zwischen Winterweizen und Zuckerrüben angebaut (18% der Fläche mit Zwischenkulturen, *Tabelle 3*). Dies entspricht rund 90% bei dieser Kulturkombination. Weitere wichtige Kombinationen mit Zwischenkulturen sind Winterweizen vor Mais bzw. Kartoffeln.

Matrix mit Nitratauswaschungswerten

Tabelle 4 zeigt einen Ausschnitt der verwendeten Nitratauswaschungsmatrix für die wichtigsten Kulturkombinationen. Kombinationen mit Kartoffeln als Vorkultur und ohne Zwischenkulturen zeigen die höchsten Nitratauswaschungswerte von 140-160 kg N/ha. Diese können durch den Anbau von Zwischenkulturen auf 100-110 kg N/ha reduziert werden. Ebenfalls hohe Werte mit über 100 kg N/ha zeigen Kombinationen mit Körnerleguminosen (z.B. Eiweißerbsen) als Vorkultur. Die geringsten Auswaschungswerte werden für Kombinationen mit Raps als Vorkultur angenommen (20-50 kg N/ha). Bei Getreide ohne Zwischenkultur liegen die Werte zwischen 70 und 100 kg N/

Tabelle 4: Nitratauswaschungswerte für ausgewählte Kulturkombinationen (in kg N/ha und Jahr)

Nachkultur	Vorkultur (und Zwischenkultur)												
	KW1	KW2+	Getr	Getr + ZK	Ra	Ra + ZK	Ka	Ka + ZK	EE	EE + ZK	ZR	SM	KM
Ra	70	80	70	---	40	20	140	---	120	80	30	50	---
WiGe	90	100	90	50	50	20	140	100	120	80	30	50	40
SoGe	40	50	90	40	20	20	150	100	130	80	40	60	50
EE	40	50	90	40	20	20	150	100	130	80	40	60	50
Ka	40	50	90	40	20	20	150	100	130	80	40	60	50
ZR	40	50	90	40	20	20	150	100	130	80	40	60	50
KW1*	---	---	90	40	20	20	150	100	130	80	40	60	50
Mais	50	60	100	50	30	30	160	110	140	90	50	70	60

EE = Eiweißerbsen; Getr = Getreide; Ka = Kartoffeln; KM = Körnermais; KW1 = Kunstwiese im 1 Hauptnutzungsjahr; KW2+ = Kunstwiese im 2. oder einem folgenden Hauptnutzungsjahr; Ra = Raps; SM = Silomais; SoGe = Sommergetreide; WiGe = Wintergetreide; ZR = Zuckerrüben; ZK = Zwischenkultur (Gründüngung oder Zwischenfutterbau)

* Vorkultur - KW1: Kunstwiesenansaat im Frühling nach Winterbrache;
Vorkultur + ZK - KW1: Kunstwiesenansaat im Herbst

ha, bei Getreide mit Zwischenkulturen bei 40-50 kg N/ha. Die Kombination Kunstwiese - Kunstwiese weist einen Nitratauswaschungswert von 25 kg N/ha auf.

Berechnete Nitratauswaschungswerte für die Betriebe

37% aller Betriebe (alles Tierhaltungsbetriebe) haben keine Ackerflächen oder Ackerflächen von deutlich weniger als einem Hektar, so dass ihnen keine Fruchtfolge und entsprechend kein Nitratauswaschungswert zugeordnet werden konnte (Abbildung 2). Der berechnete flächengewichtete Nitratauswaschungsmittelwert unter Ackerland aller Betriebe liegt bei 53 kg N/ha. Betriebe mit niedrigen Nitratauswaschungswerten haben meist geringe Anteile an Ackerflächen (überwiegend Tierhaltungs- und kombinierte Betriebe). Bei den 92 Betrieben mit Auswaschungswerten von über 100 kg N/ha handelt es sich fast ausnahmslos um Gemüsebaubetriebe oder Betriebe mit Spezialkulturen.

Regional ergeben sich deutliche Unterschiede bezüglich der Nitratauswa-

schungswerte (Abbildung 3). Tierhaltungsbetriebe, die 62% aller Betriebe ausmachen, überwiegend im Berggebiet liegen, wenig Ackerfläche und hohe Anteile an Kunstwiese in der Fruchtfolge haben, weisen im Mittel die geringsten Nitratauswaschungsverluste unter Ackerland (41 kg N/ha) auf. Es folgen die kombinierten Betriebe (55 kg N/ha), die 30% aller Betriebe ausmachen, dann die vor allem im Talgebiet liegenden Ackerbaubetriebe (6% aller Betriebe, 59 kg N/ha) und Betriebe mit Spezialkulturen (1% aller Betriebe, 61 kg N/ha). Gemüsebetriebe (2% aller Betriebe) haben mit 89 kg N/ha deutlich die höchsten Nitratauswaschungsverluste.

Die oben gemachten Aussagen bezüglich der Nitratauswaschung beziehen sich ausschließlich auf die Nitratauswaschung aufgrund der Kulturkombinationen unter standardisierten Bedingungen bezüglich Standortbedingungen und Düngung. Weitere Faktoren (Boden, Düngung, Denitrifikation, Sickerwassermenge, Drainage, etc.) fließen in das verwendete Stoffflussmodell MODIF-

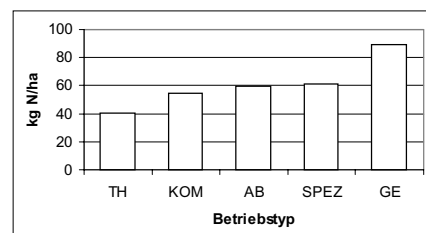


Abbildung 3: Durchschnittliche Nitratauswaschungswerte aufgrund der zusammengesetzten Fruchtfolgen nach Betriebstypen im Kanton Bern (TH = Tierhaltungsbetrieb; KOM = kombinierter Betrieb; AB = Ackerbaubetrieb; SPEZ = Betrieb mit Spezialkulturen (vor allem Reben und Obstbau); GE = Gemüsebaubetrieb).

FUS ein und modifizieren diese Werte regional noch erheblich (PRASUHN und MOHNI, 2003).

Literatur

BEHRENDT, H., P. HUBER, M. KORNMILCH, D. OPITZ, O. SCHMOLL, G. SCHOLZ und R. UEBE, 1999: Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. Umweltbundesamt, Forschungsvorhaben Wasser, Forschungsbericht 296 25 515, UBA-Texte 75/99, Berlin, 288 S.

DIREKTZAHLUNGSVERORDNUNG, 1998: Verordnung vom 7. Dezember 1998 über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Stand 2002). www.bk.admin.ch/ch/d/sr/c910_13.html

FEHR, G., 2000: Modelling attempts for small catchment areas in Lower Saxony. - In: HERATA, H: Nitrogen and phosphorus discharges / losses into surface waters - Umweltbundesamt, UBA-Texte 30/00, Berlin, 107-127.

MANNSFELD, K., K. GRUNEWALD, M. GEBEL und H. FRIESE, 1998: Methoden zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge in Gewässer. Beispielbearbeitungen in den Flussgebieten Grosse Röder und Schwarzer Schöps. Landesamt für Umwelt und Geologie, Materialien zur Wasserwirtschaft, Dresden, 53 S.

PRASUHN, V. und 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 (FAL), Zürich-Reckenholz, 250 S.

SCHEER, C., 1999: Bewertung verschiedener Verfahren zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer. - DVWK-Materialien 5/99, Bonn, 90 S.

SCHMID, C. und V. PRASUHN, 2000: GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Zürich. FAL-Schriftenreihe Nr. 35, Zürich-Reckenholz, 114 S.

STAUFFER, W. und E. SPIESS, 2001: Einfluss unterschiedlicher Fruchtfolgen und nachwachsender Rohstoffe auf die Nitratauswaschung. - Bericht über die 9. Gumpensteiner Lysimetertagung "Gebietsbilanzen bei unterschiedlicher Landnutzung", BAL Gumpenstein, Irdning, 47-50.

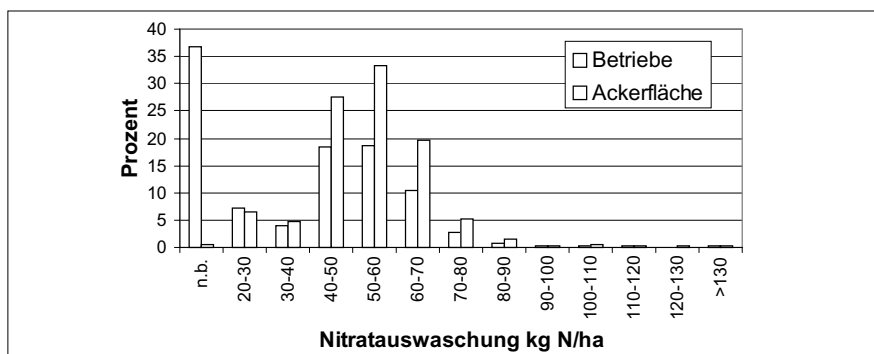


Abbildung 2: Anteil der Betriebe und der Ackerfläche in den verschiedenen Nitratauswaschklassen (n.b. = nicht berechnet)

