

Stickstoffdüngung und Grundwasserschutz – Ergebnisse aus dem Feldversuch Hohenzethen

Annegret Fier, Walter Schäfer, Dagmar Matuschek

1 Einführung

Wie wirkt sich eine nitratkonservierende Fruchtfolge auf die Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser aus? Dieser Fragestellung wird seit 1995 auf dem Feldversuch Hohenzethen, einem Beregnungsstandort, nachgegangen. Es werden die Auswirkungen einer konventionellen und einer nitratkonservierenden Fruchtfolge bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung auf den Pflanzenertrag, die N-Salden und die Nitratauswaschung untersucht. Als Vergleichsstandort steht der westlich von Cloppenburg gelegene Feldversuch Thülsfelde zur Verfügung.

Das Projekt wird durch Mittel aus der Wasserentnahmegebühr finanziert. Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen führt die Versuche vor Ort durch und stellt dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) die Daten zur Berechnung des Wasserhaushaltes und der Nitratausträge zur Verfügung. In der Nähe des Wasserschutzversuches Hohenzethen befindet sich eine ackerbaulich genutzte Bodendauerbeobachtungsfläche (BDF) des LBEG, auf der ebenfalls die Nitratausträge erfasst werden. Dort sind eine Klimastation, eine Lysimeterstation und eine Saugsondenanlage installiert.

Im Folgenden werden die Versuchsergebnisse der Jahre 2000 bis 2009 vorgestellt.

2 Der Standort

Das Versuchsfeld Hohenzethen liegt innerhalb eines Wasserschutzgebietes in der Gemeinde Stoetze im Landkreis Uelzen (Abb.1). Die Fläche ist sehr schwach geneigt und befindet sich ca. 80 m über NN. Der Grundwasserspiegel am nördlichen Feldrand bewegte sich im Zeitraum 2005 bis 2010 zwischen 2,2 und 3,8 m unter Geländeoberfläche. Im langjährigen Mittel der Wetterstation Uelzen (1961-1990) fallen in dieser Region 622 mm Niederschlag (DWD 2009).



Abb. 1: Lage Feldversuch

Der Bodentyp ist eine Braunerde aus Geschiebedecksand über glazifluviatilen Sanden mit einer relativ niedrigen Ackerzahl von 26. Die Feldkapazität im effektiven Durchwurzelungsraum ($W_e = 7$ dm) beträgt lediglich 92 mm, der permanente Welkepunkt liegt bei 21 mm.

3 Versuchsaufbau und Varianten

Der Feldversuch wurde als zweifaktorielle Spaltanlage in vierfacher Wiederholung angelegt. Neben der konventionellen (I) und der nitratkonservierenden (II) Fruchtfolge werden zusätzlich verschiedene Düngestufen gefahren. Die Fruchtfolge orientiert sich an regionaltypisch angebauten Kulturen, die in der konservierenden Variante um Zwischenfrüchte erweitert wurde. In Abbildung 2 ist die ungefähre Lage und Verteilung der Messeinrichtungen am Standort Hohenzethen dargestellt.

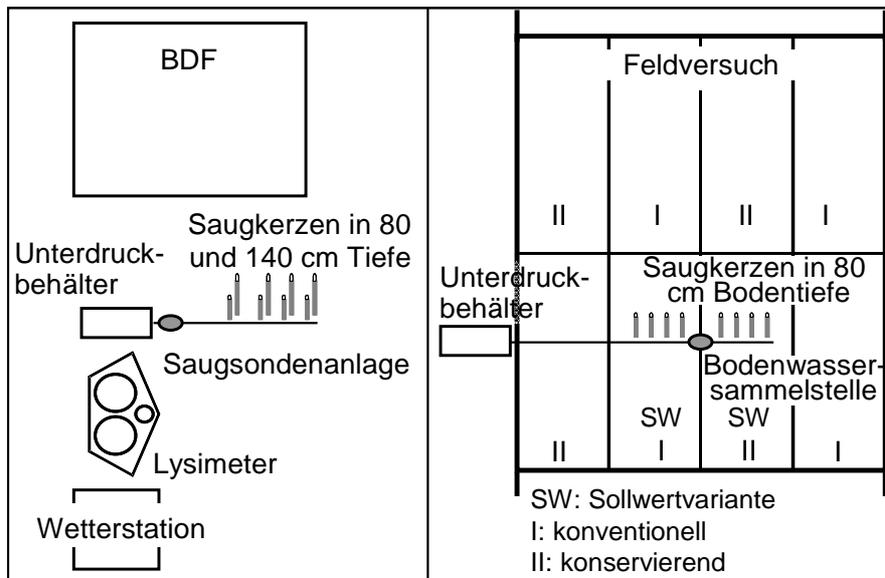


Abb. 2: Messeinrichtungen auf der BDF und dem Feldversuch Hohenzethen (nicht maßstabsgetreu)

Zur Gewinnung des Bodenwassers wurde auf dem Feldversuch eine Saugsondenanlage installiert, sie umfasst 8 Saugkerzen auf den rein mineralisch gedüngten Sollwertvarianten (Pflanzenbedarf minus Frühjahrs-Nmin) in 8 dm Tiefe. Von den 8 Kerzen befinden sich jeweils 4 in einer Wiederholung der konventionellen bzw. nitratkonservierenden Fruchtfolge.

Die in der Nähe des Feldversuches gelegene Bodendauerbeobachtungsfläche gehört zu den 10 Intensiv-Messflächen in Niedersachsen. Sie ist daher mit einer meteorologisch-bodenhydrologischen Messstation, mit einer Lysimeteranlage und einer Saugsondenanlage ausgestattet. Acht Saugkerzen befinden sich neben einer der vier Kernflächen der BDF in 8 und 14 dm Tiefe Die BDF-Fläche wird unabhängig vom Feldversuch ortsüblich bewirtschaftet und mineralisch wie auch organisch gedüngt.

Das Bodenwasser der Lysimeter und der Saugsondenanlagen wird im Winterhalbjahr ca. 14-tägig diskontinuierlich gewonnen und analysiert. Die Aufzeichnungen der Wetterstation bilden die Datengrundlage zur Berechnung der Sickerwassermenge.

4 Ergebnisse

4.1 Erträge und N-Saldo der Sollwertvarianten und der BDF

In Tabelle 1 und 2 sind die Fruchtfolge und die Erträge in den Jahren 2000 bis 2009 aufgeführt. Die Berechnung hat größere Ertragsschwankungen durch Trockenphasen, wie z.B. im Sommer 2003, vermeiden können.

Tab. 1: Fruchtfolge, Erträge und N-Saldo der Sollwertvariante - Feldversuch Hohenzethen

Jahr	konventionell				konservierend				
	Frucht	Dün- gung kg N/ha	Er- trag dt/ha	N- Saldo kg/ha	Frucht	Dün- gung kg N/ha	Er- trag dt/ha	N- Saldo kg/ha	
2000	Braugerste	104	48	25	Braugerste, ZF Gelbsenf	104	43	31	
2001	Kartoffeln	145	321	33	Kartoffeln, Herbst 2001: Weidelgras als Brache	145	319	34	
2002	Winterroggen	170	86	68	Weidelgras als Brache	0	0	0	
2003	Zuckerrüben	160	714	31	Zuckerrüben	130	687	6	
2004	Braugerste	102	49	38	Braugerste, ZF Gelbsenf	102	50	40	
2005	Kartoffeln	140	562	-57	Kartoffeln	140	597	-69	
2006	Silomais	128	384	-53	Silomais	128	348	-40	
2007	Winterroggen	165	49	83	Winterroggen, ZF Gelbsenf	165	58	72	
2008	Zuckerrübe	165	838	14	Zuckerrübe	100	806	-45	
2009	Kartoffeln	140	420	-7	Kartoffeln, ZF Grünroggen	140	480	-28	
relativer Ertrag			100		relativer Ertrag			101	
Mittelwert Saldo				18	Mittelwert Saldo				0
Summe Saldo				175	Summe Saldo				1

Tab. 2: Fruchtfolge, Erträge und N-Saldo der BDF Hohenzethen

Jahr	Frucht	BDF		
		Düngung kg N/ha	Ertrag dt/ha	N-Saldo kg/ha
2000	Kartoffeln	179	396	74
2001	Mais	226	408	111
2002	Winterroggen	186	80	77
2003	Zuckerrüben	227	689	108
2004	Kartoffeln	196	518	44
2005	Winterroggen, ZF Grün- raps-Ölrettichgemisch	204	59	117
2006	Zwiebeln	80	147	-12
2007	Mais	181	590	-16
2008	Kartoffeln	185	450	26
2009	Wintergerste/Ackergras			
Mittelwert Saldo				59
Summe Saldo				528

Werden die Erträge auf der konventionell bewirtschafteten Sollwertvariante des Feldversuches auf 100 % gesetzt und parallel der relative Ertrag auf der konservierend bewirtschafteten Sollwertvariante gebildet ($\frac{100 \times \text{Ertrag}_{\text{kons.}}}{\text{Ertrag}_{\text{konv.}}}$), unterscheiden sich die Erträge im Mittel der betrachteten Jahre nur geringfügig.

Der Stickstoffsaldo (N-Saldo) beeinflusst die Höhe der Nitratkonzentration im Sickerwasser. Er berechnet sich aus der über Mineral-, Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdünger zugeführten Stickstoffmenge abzüglich der über die Ernte abgeführten Stickstoffmenge:

$$\text{N-Saldo} = \text{Nährstoffzufuhr} - \text{Nährstoffabfuhr}$$

Er wird jedoch von weiteren Größen wie der Stickstofffreisetzung durch Mineralisation, aus organischen Düngern oder die Stickstoffaufnahme in mikrobielle Biomasse überlagert.

Auf der konservierend bewirtschafteten Sollwertvariante des Feldversuches ist die Summe des jährlichen Saldo mit 1 kg/ha deutlich niedriger als auf der konventionell bewirtschafteten Sollwertvariante mit 175 kg/ha. Das hängt unter anderem mit der Berücksichtigung der Wirkung der Zwischenfrucht vor den Zuckerrüben zusammen aber auch mit der einjährigen Brachephase. Zudem ist die zur Zwischenfrucht gegebene Düngermenge, in der Regel 20-35 kg Stickstoff, in dieser Auswertung nicht berücksichtigt.

Auf der BDF ist die Summe des N-Saldos mit 528 kg/ha deutlich höher. Es ist jedoch auch zu beachten, dass die exakte Ermittlung der Düngehöhe und Erträge schwieriger ist, da es sich nicht um einen Exaktversuch handelt.

4.2 Einfluss von Fruchtart und Fruchtfolge auf die Nitratkonzentration

Die Abbildung 3 zeigt die im Sickerwasser der Saugsonden erfassten Nitratkonzentrationen auf der konservierenden und konventionellen Sollwertvariante des Feldversuches in den Jahren 2000 bis 2009.

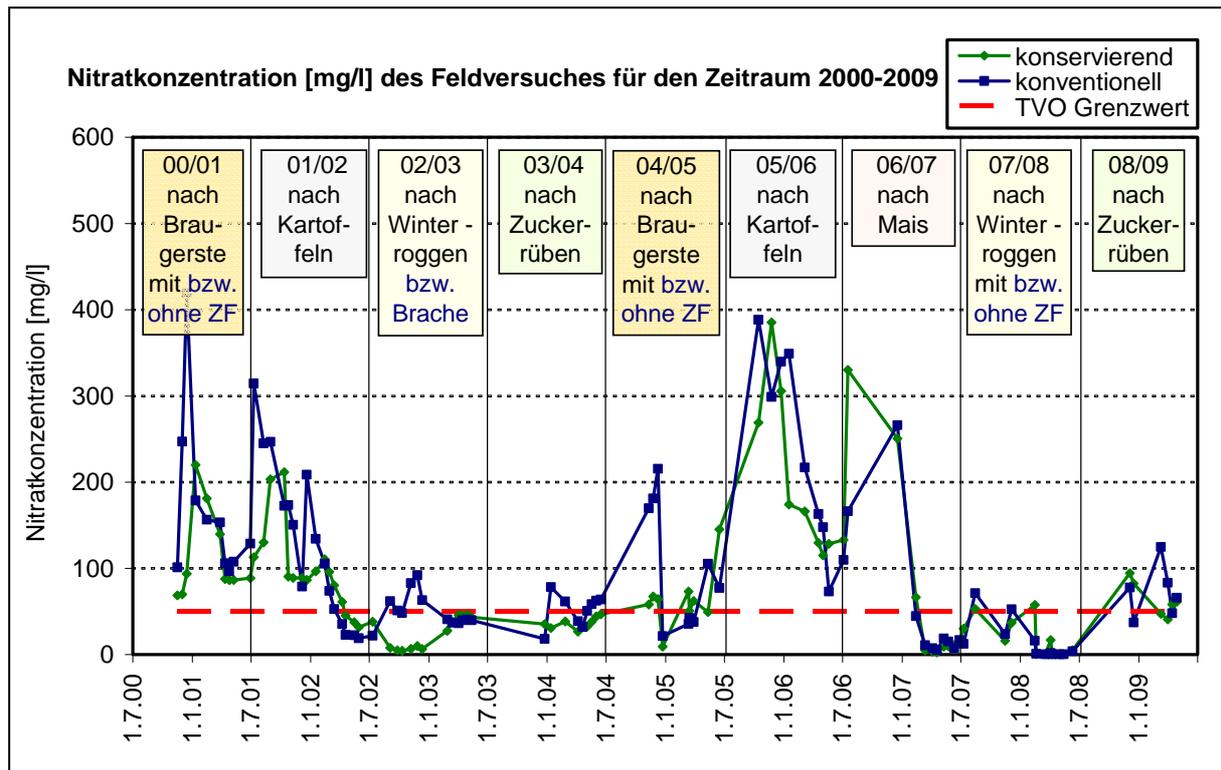


Abb. 3: Einfluss der Fruchtart auf die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der Sollwertvariante (konventionell und konservierend bewirtschaftet) - Feldversuch

Der Verlauf der Nitratkonzentration ist starken Schwankungen unterworfen, aus denen sich folgende Aussagen ableiten lassen:

- Die höchsten Nitratkonzentrationen treten im Herbst auf.
- Auf der konservierend bewirtschafteten Variante sind die Nitratkonzentrationen in der Regel etwas niedriger als auf der konventionell bewirtschafteten Variante.
- Es bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren. Das ist in erster Linie fruchtartenbedingt, aber auch Witterungseinflüsse sind einzubeziehen.
- Hohe Konzentrationen werden nach Kartoffeln, Mais und Braugerste gemessen.
- Niedrige Konzentrationen treten nach Zuckerrüben, Winterroggen und während der Bracheperiode auf.
- Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg NO₃/l (TRINKWV 2001) wird häufig deutlich überschritten.

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse übersichtlich zusammengefasst.

Tab. 3: Mittlere NO₃-Konzentrationen (Zeitraum: Beginn der Sickerwasserbildung bis zum 30.04. des Folgejahres) im Sickerwasser des Feldversuchs

Mittlere NO ₃ -Konzentrationen	Braugerste	Kartoffeln	Mais	Winterroggen	Zucker- rüben	Bra- che	Mittel- wert 00-09
Anzahl Wiederholungen konventionell bewirtschaftet	2	2	1	2	2		9
	146	196	117	42	62		112
Anzahl Wiederholungen konservierend bewirtschaftet	2	2	1	1	2	1	9
	98	160	144	28	50	18	90

Bislang liegen für eine Fruchtart maximal zwei Messjahre vor. Daher können hier vorläufig nur Trends beschrieben werden. Um Witterungseinflüsse zu minimieren und Aussagen statistisch abzusichern, sind mindestens 3 Messjahre erforderlich.

In Abbildung 4 sind die auf der BDF gemessenen Nitratkonzentrationen in 8 und 14 dm Tiefe dargestellt.

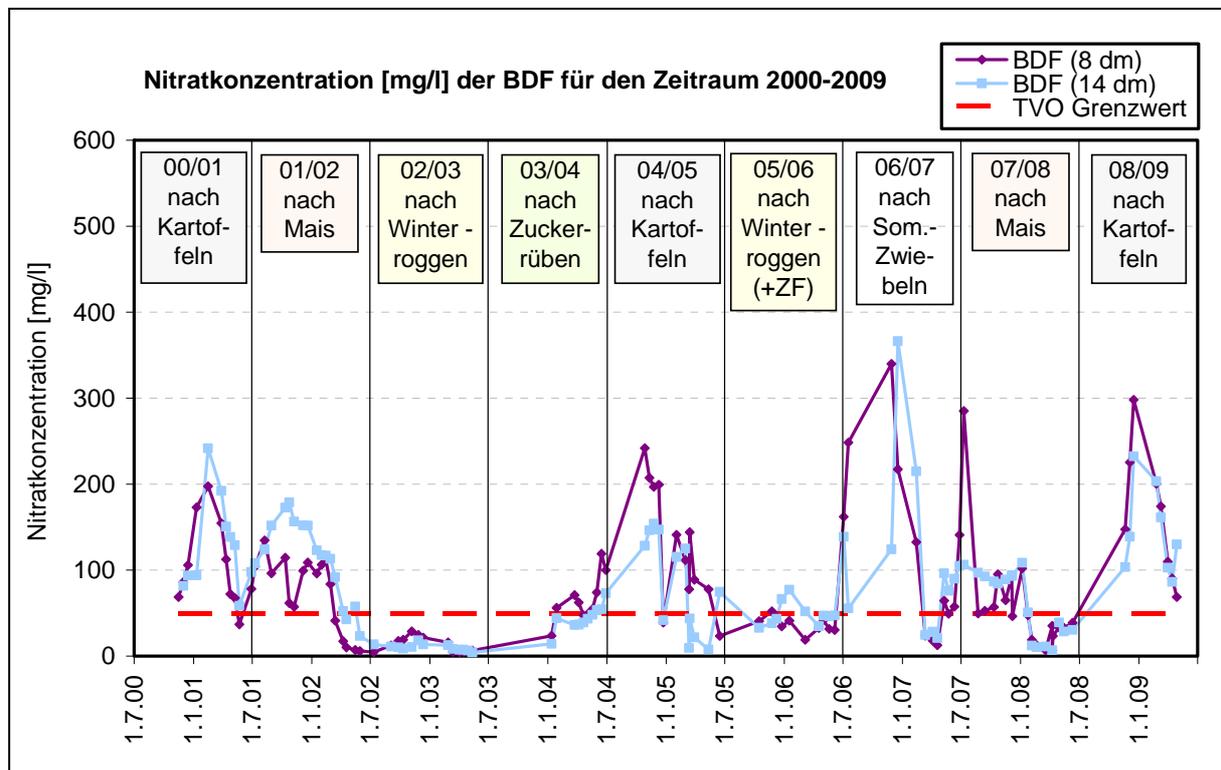


Abb. 4: Einfluss der Fruchtart auf die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der BDF Hohenzethen

Auch auf dieser Fläche sind fruchtartenspezifische Unterschiede zu erkennen. Erhöhte Gehalte wurden nach Mais, Kartoffeln und nach Zwiebeln gemessen (vgl. auch Tab. 4). Nach Winterroggen blieben die Konzentrationen im Jahr 2002 sogar unter dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung. Es ist zu erkennen, dass die in 8 dm erfassten Nitratkonzentrationen mit einigen Wochen Verzögerung auch in 14 dm Tiefe gemessen werden. Das hängt mit der Verlagerungsgeschwindigkeit von Nitrat zusammen, das sich in Sandböden im Mittel um ca. 1,2 m pro Jahr in die Tiefe bewegt.

Tab. 4: Mittlere NO₃-Konzentrationen (Zeitraum: Beginn der Sickerwasserbildung bis zum 30.04. des Folgejahres) im Sickerwasser der BDF

Mittlere NO ₃ -Konzentrationen	Sommer-zwiebeln	Kartoffeln	Mais	Winterroggen	Zuckerrüben	Mittelwert 2000-2009
Anzahl Wiederholungen	1	3	2	2	1	9
8 dm Tiefe	129	152	62	26	51	90
14 dm Tiefe	169	136	91	30	33	95

Die Gründe, warum die einzelnen Fruchtarten unterschiedliche hohe Nitratkonzentrationen im Herbst im Boden hinterlassen, sind vielfältig. Ein Faktor ist der Abreifezeitpunkt einer Pflanze, je früher er einsetzt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass danach noch Stickstoff mineralisiert wird, insbesondere wenn hohe Temperaturen und ausreichend Feuchte aufeinander treffen. Erfolgt keine Aufnahme des Stickstoffs durch eine Zwischenfrucht, besteht die Gefahr der Auswaschung. Dies trifft häufig auf Wintergerste zu, die zudem nur über ein relativ schwaches Wurzelsystem (geringe N-Effizienz) verfügt. Auch das Düngenniveau spielt eine Rolle und ist bei Winterroggen und Zuckerrüben vergleichsweise niedrig. Mais bezieht einen hohen Anteil seines Stickstoffbedarfs aus der Mineralisation, so dass die im Boden vorhandenen N-Vorräte gut ausgenutzt werden. Geht die zugeführte Düngemenge jedoch über den Entzug hinaus, besteht eine hohe Gefahr der N-Auswaschung. Im Feldversuch Thülsfelde stieg die N-Auswaschung bei einer Düngermenge von 150 kg N/ha und mehr rapide an (FIER et al. 2009).

4.3 Sickerwassermenge

Wie viel von dem im Herbst im Boden vorhandenen Nitrat ausgewaschen wird, hängt von der gebildeten Sickerwassermenge eines Winterhalbjahres ab. Die tägliche Sickerwassermenge wird auf Grundlage der Daten der Wetterstation und bodenkundlicher Parameter nach WENDLING et al. (1991) und WENDLING et al. (1984) berechnet. Die täglichen Werte werden vom Zeitpunkt der Ernte bis zum 30.04. des Folgejahres aufsummiert und sind in den Tabellen 5 bis 7 dargestellt.

Tab. 5: Sickerwassermenge auf der konventionell bewirtschafteten Sollwertvariante

Winterhalbjahr	Sickerwasserbeginn (ab Ernte)	Sickerwassermenge [mm]	Austauschhäufigkeit	Austauschhäufigkeit von 1 wurde erreicht am:
2000/2001	10.11.00	186	2,0	03.01.01
2001/2002	08.10.01	292	3,2	23.12.01
2002/2003	01.08.02	305	3,3	10.08.02
2003/2004	26.11.03	220	2,4	18.01.04
2004/2005	28.08.04	224	2,4	26.12.04
2005/2006	08.10.05	213	2,3	02.01.06
2006/2007	06.11.06	287	3,1	08.01.07
2007/2008	14.08.07	532	5,8	01.10.07
2008/2009	01.11.08	188	2,0	25.01.09
Mittelwert		272	3,0	

Tab. 6: Sickerwassermenge auf der konservierend bewirtschafteten Sollwertvariante

Winterhalbjahr	Sickerwasserbeginn (ab Ernte)	Sickerwassermenge [mm]	Austauschhäufigkeit	Austauschhäufigkeit von 1 wurde erreicht am:
2000/2001	10.11.00	184	2,0	03.01.01
2001/2002	08.10.01	294	3,2	23.12.01
2002/2003	01.08.02	256	2,8	13.08.02
2003/2004	19.11.03	222	2,4	18.01.04
2004/2005	27.08.04	209	2,3	02.01.05
2005/2006	08.10.05	221	2,4	22.12.05
2006/2007	06.10.06	305	3,3	05.01.07
2007/2008	15.08.07	510	5,5	31.10.07
2008/2009	01.11.08	190	2,1	21.01.09
Mittelwert		266	2,9	

Tab. 7: Sickerwassermenge auf der BDF

Winterhalbjahr	Sickerwasserbeginn (ab Ernte)	Sickerwassermenge [mm]	Austauschhäufigkeit	Austauschhäufigkeit von 1 wurde erreicht am:
2000/2001	12.10.2000	162	1,8	28.01.2001
2001/2002	29.09.2001	301	3,3	07.12.2001
2002/2003	03.08.2002	255	2,8	03.11.2002
2003/2004	14.12.2003	219	2,4	19.01.2004
2004/2005	18.11.2004	189	2,0	04.01.2005
2005/2006	07.08.2005	207	2,2	02.01.2006
2006/2007	22.11.2006	256	2,8	20.01.2007
2007/2008	12.09.2007	461	5,0	11.11.2007
2008/2009	22.11.2008	162	1,8	12.02.2009
Mittelwert		246	2,7	

Den Tabellen ist zu entnehmen, dass der Beginn der Sickerwasserbildung und die Sickerwassermenge starken jährlichen Schwankungen unterworfen ist. Beides wird in erster Linie von der Verteilung und der Menge der Niederschläge bestimmt, aber auch die unterschiedlichen Feldfrüchte auf den einzelnen Varianten/Flächen beeinflussen die Sickerwassermenge. Der Beginn der Sickerwasserbildung kann durch eine späte Beregnung einige Tage früher als auf unberegneten Flächen einsetzen. Die Austauschhäufigkeit (Sickerwassermenge durch Feldkapazität im effektiven Wurzelraum) gibt an, wie oft das Wasser im effektiven Durchwurzelungsraum im Jahr durch das zugeführte Niederschlagswasser ausgetauscht wird. Der Durchschnitt liegt zwischen 2,7 und 3,0 und ist als extrem hoch einzustufen (MÜLLER 2004). Der Standort ist somit stark auswaschungsgefährdet.

4.4 Einfluss der N-Düngung auf die Nitratauswaschung

Die tägliche Nitratfracht ergibt sich aus der Multiplikation der Sickerwassermenge mit der Nitratkonzentration und wird in NO₃-N angegeben:

$$\text{Nitratfracht [kg NO}_3\text{-N/l]} = \text{Sickerwasser [mm bzw. l/m}^2\text{]} \times \text{NO}_3\text{-N [mg/l]} \times 0,01$$

Die täglichen Nitratfrachten eines Winterhalbjahres werden aufsummiert. Die Summe bildet die Nitratauswaschung eines Winterhalbjahres und ist in den Abbildungen 5 und 6 dargestellt.

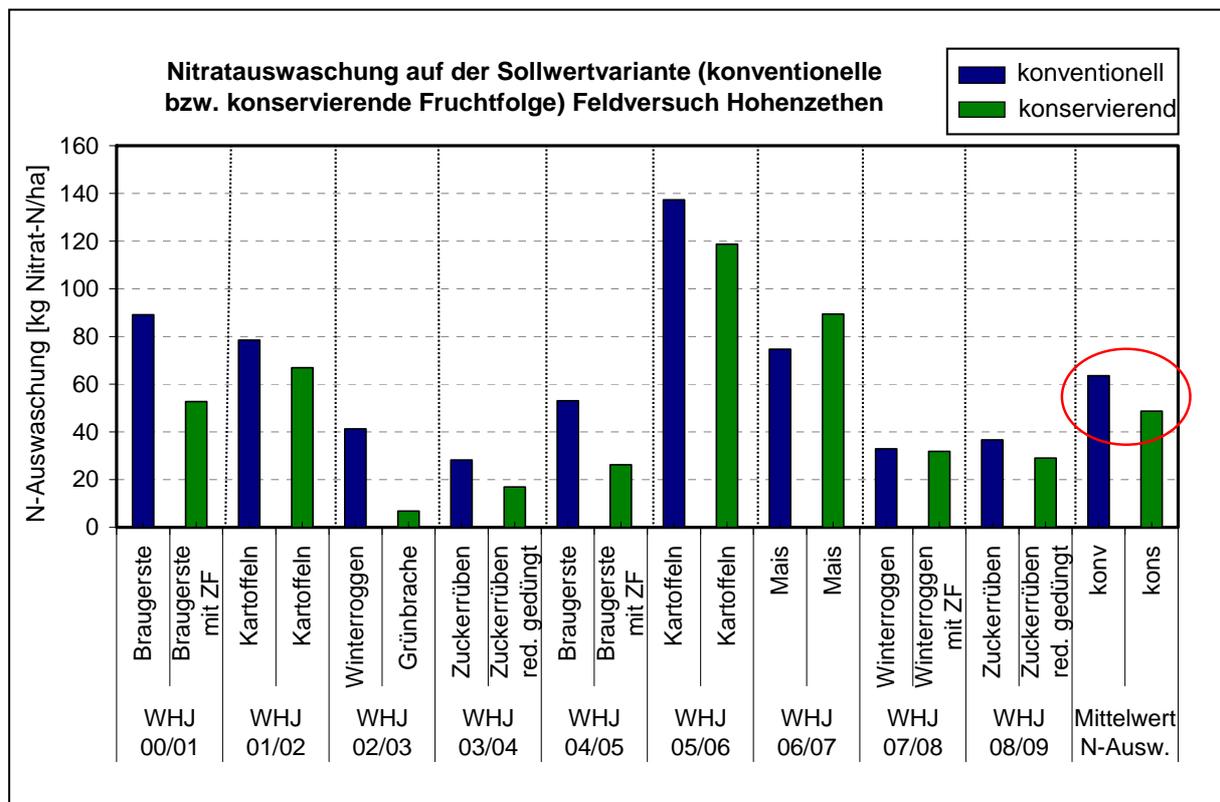


Abb. 5: Nitratauswaschung auf der Sollwertvariante des Feldversuchs - konventionell bzw. konservierend bewirtschaftet in den Jahren 2000-2009

Trotz der jährlich schwankenden Sickerwassermenge wird auch die Nitratauswaschung stark von der jeweiligen Feldfrucht beeinflusst. Die Feldfrüchte Kartoffeln, Mais und Braugerste zeigten gegenüber Zuckerrüben, Winterroggen und Brache eine erhöhte Nitratauswaschung. Im Mittel der betrachteten Jahre wurden auf der konventionellen Sollwertvariante 64 kg Nitrat-N pro Hektar und Jahr ausgewaschen und auf der konservierenden Variante 49 kg Nitrat-N pro Hektar und Jahr. Durch den Anbau von Zwischenfrüchten in den Winterhalbjahren 00/01 und 07/08 (die Zwischenfruchtwirkung wurde auf die Folgefrucht angerechnet) und durch die Grünbrache im Jahr 02/03 wurde die Nitratauswaschung im Durchschnitt um 15 kg Nitrat-N pro Hektar und Jahr reduziert.

Diese verhältnismäßig geringe Menge erklärt sich dadurch, dass eine Zwischenfrucht fruchtfolgebedingt nur alle 2 bis 3 Jahre angebaut werden konnte. Zudem wuchs diese auf Grund der geringen Niederschläge häufig schlecht/spät an und musste ange düngt werden.

Auch auf der BDF zeigt die Nitratauswaschung fruchtartenspezifische Unterschiede wie sie bereits bei den Nitratkonzentrationen deutlich wurden (Abb. 6). Nach Mais, Kartoffeln und Zwiebeln traten erhöhte Nitratausträge mit dem Sickerwasser auf, nach Winterroggen und Zuckerrüben wurde deutlich weniger Nitrat ausgewaschen.

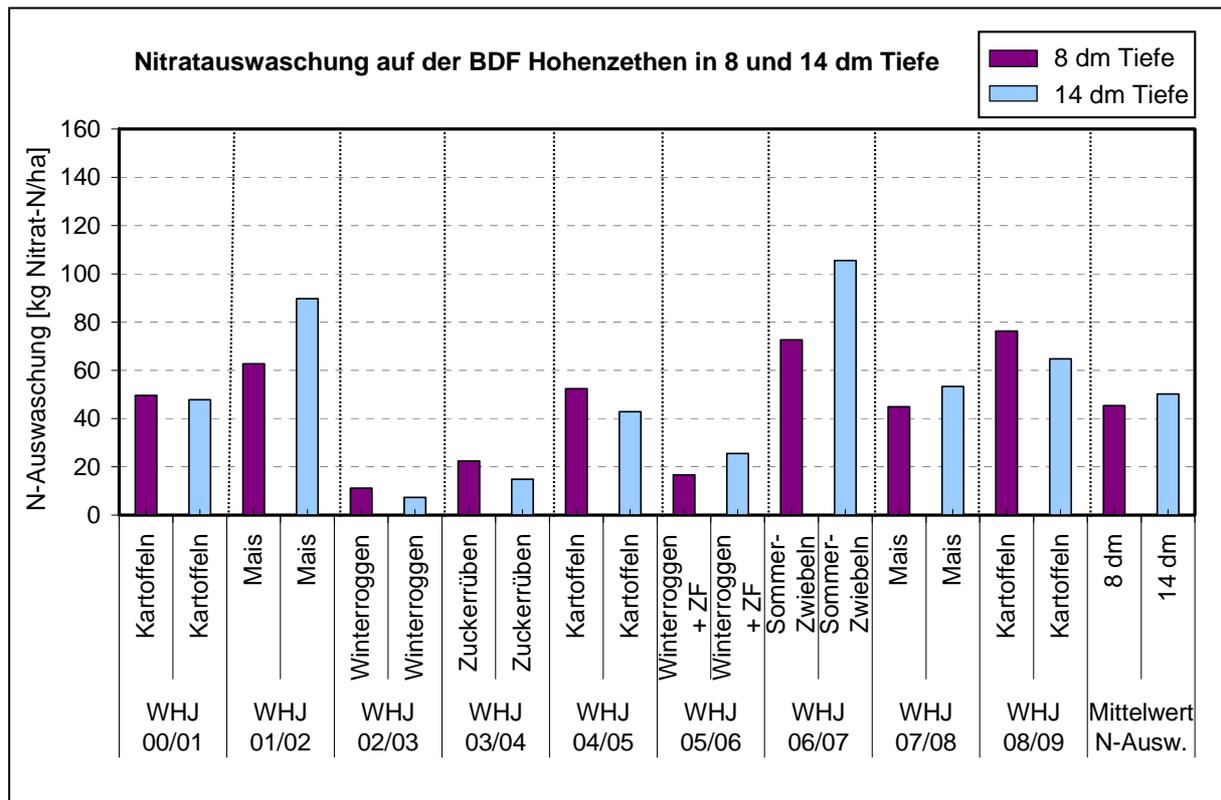


Abb. 6: Nitratauswaschung auf der BDF Hohenzethen in 8 und 14 dm Tiefe in den Jahren 2000-2009

Im Durchschnitt der betrachteten Winterhalbjahre wurden 45 kg Nitrat-N pro Hektar und Jahr ausgewaschen. In 14 dm Tiefe liegt der Wert mit 50 kg Nitrat-N pro Hektar und Jahr etwas höher, dies kann durch den festen Betrachtungszeitraum und durch die zeitliche verzögert Nitratverlagerung erklärt werden.

4.5 Herbst-Nmin-Werte

Die Nmin-Werte, insbesondere die Herbst-Nmin-Werte, dienen der Wasserschutzberatung als Erfolgskontrolle. Mit Hilfe der berechneten Nitratfrachten auf Basis der Saugsondenergebnisse können beide Methoden miteinander verglichen werden. In Abbildung 7 und 8 sind die höchsten im Herbst gemessenen Nmin-Werte eines Winterhalbjahres in 0-90 cm Tiefe dargestellt.

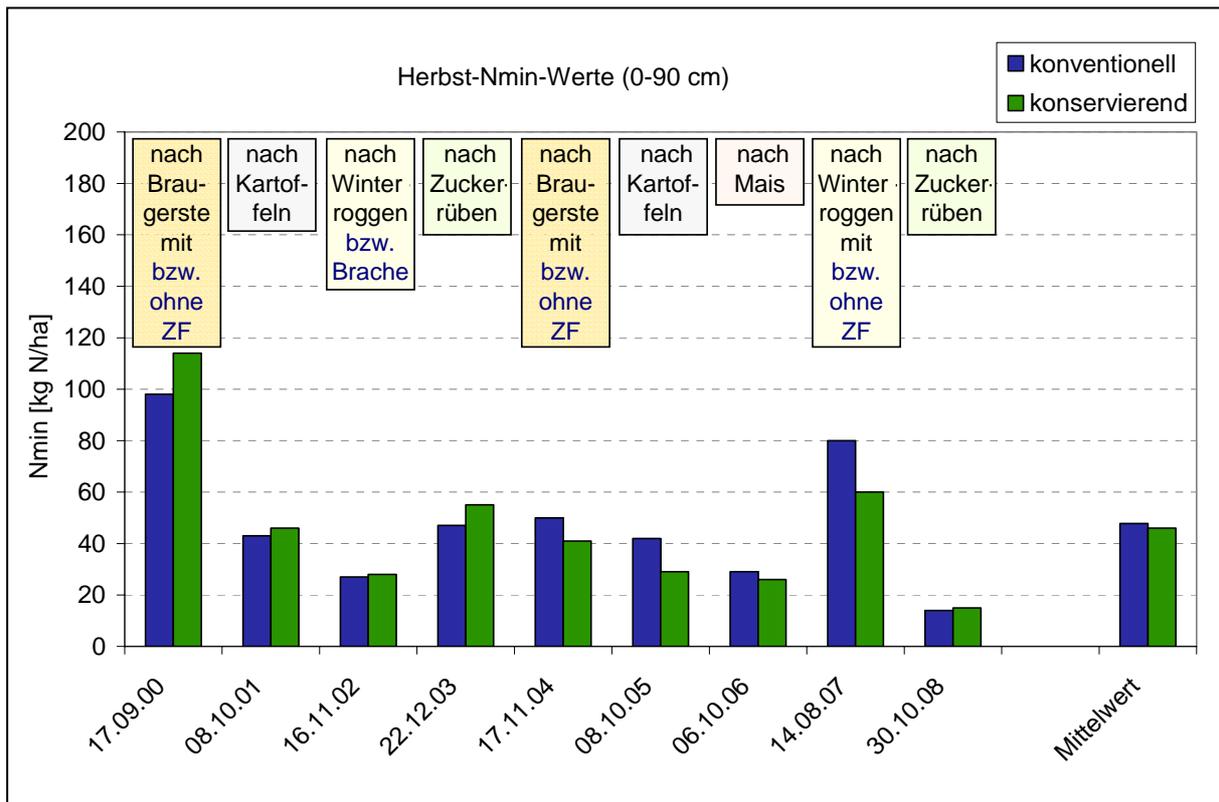


Abb. 7: Herbst-Nmin-Werte in 0-90 cm Tiefe auf der Sollwertvariante des Feldversuchs - konventionell bzw. konservierend bewirtschaftet in den Jahren 2000-2008

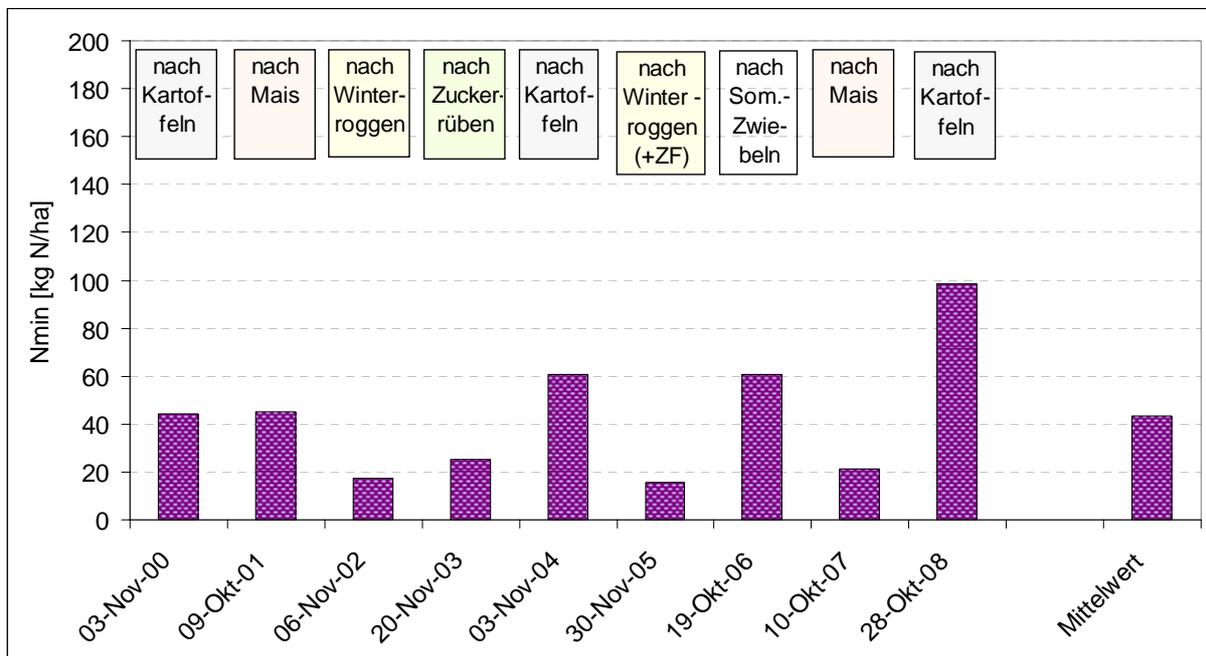


Abb. 8: Herbst-Nmin-Werte in 0-90 cm Tiefe auf der BDF Hohenzethen in den Jahren 2000-2008

Der Herbst-Nmin-Wert stellt die potentiell verlagerbare Stickstoffmenge mit dem Sickerwasser dar. Wird er zum optimalen Zeitpunkt genommen, sollte der Wert nach Abzug des Frühjahrs-Nmin (sofern noch keine Mineralisation eingesetzt hat) in etwa mit dem gemessenen Nitrat-Austrag eines Winterhalbjahres übereinstimmen. Erfolgt

die Nmin-Probenahme zu früh, kann anschließend noch Stickstoff mineralisiert werden, erfolgt sie zu spät, kann bereits Nitrat mit dem Sickerwasser verlagert worden sein.

Die Herbst-Nmin-Werte insbesondere auf dem Feldversuch geben die fruchtartenspezifischen Unterschiede nur sehr bedingt wieder. Sie korrelieren wenig mit den mittels Saugsondenmethode festgestellten N-Austrägen. Die Differenz zwischen der konventionellen und konservierenden Variante fällt mit 48 bzw. 46 kg N/ha nur sehr gering aus. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen ist, dass die Zwischenfrucht ange düngt wurde. Erfolgte die Nmin-Probenahme kurz nach der Andüngung, konnte der Stickstoff noch nicht von der Pflanze aufgenommen und somit dem Boden entzogen werden.

Soll die Nmin-Methode zur Erfolgskontrolle z.B. einer Wasserschutzberatung eingesetzt werden, sind daher Einflussgrößen wie eine Düngung zur Zwischenfrucht zu beachten und der optimale Beprobungszeitpunkt für die jeweilige Fläche zu bestimmen. Mit Hilfe der internetgestützten Fach-Anwendung Infodienst Grundwasserschutz (<http://memas01.lbeg.de/Lucidamap/igw/InfodienstGW/index.asp>) kann der Beginn der Sickerwasserbildung für Flächen innerhalb Niedersachsens ermittelt werden.

5 Fazit und Zusammenfassung

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass die Wahl der Feldfrucht einen großen Einfluss auf die Nitratkonzentration im Boden und auf die Nitratauswaschung hat. Nach Kartoffeln, Mais und Braugerste wurden tendenziell höhere Konzentrationen im Boden gemessen als nach Zuckerrüben, Winterroggen und Brache. Da auf dem Feldversuch bislang jede Frucht maximal zweimal angebaut wurde, sind statistisch gesicherte Aussagen noch nicht möglich.

Die nitratkonservierende Fruchtfolge zeigt eine tendenziell geringere Nitratauswaschung. Die Nitratfracht wurde im Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2009 um 15 kg N/ha/a reduziert. Der Herbst-Nmin war in diesem Versuch, unter anderem wegen der Andüngung der Zwischenfrucht, nicht geeignet diesen Unterschied aufzuzeigen.

Die auf dem Feldversuch nach Winterroggen und Mais gemessene Nitratauswaschung der Sollwertvariante bewegt sich in derselben Größenordnung wie die Nitratauswaschung dieser beiden Feldfrüchte auf der Sollwertvariante des Feldversuchs Thülsfelde (FIER et al. 2009).

Eine bedarfsgerechte Beregnung kann als positiv in Hinblick auf die Nitratauswaschung gesehen werden. Durch die Vermeidung von trockenheitsbedingte Ertragsdepressionen, kann der gedüngte Stickstoff von der Pflanze aufgenommen werden und unterliegt nicht der Auswaschung.

Literatur

- DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (2009): Tabellarische Aufführung der mittleren Monatssummen der Niederschlagshöhen der Stationen für den Zeitraum 1961-1990 im Excel-Format. Link:
http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_start&_nfls=false am 04.05.2009
- FIER, A; SCHÄFER, W; UHLMANN, J; EILER, T. (2009): Stickstoffdüngung und Grundwasserschutz – Ergebnisse aus dem Feldversuch Thülsfelde. Internetresource, Download unter:
<http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/197/article/12030.html>
- MÜLLER, U (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS[®]. Arbeitshefte Boden 2004/2, 7. Auflage, Hannover.
- TRINKWASSERVERORDNUNG (TRINKWV) (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 21. Mai 2001. BGBl I, S. 959ff.
- WENDLING, U.; MÜLLER, J.; SCHWEDE, K. (1984): Ergebnisse von Verdunstungsmessungen über Gras mit einem Off-line-Datenerfassungssystem (2. Mitteilung). Z. Meteorol. 34, 190-202.
- WENDLING, U.; SCHELLIN, H.-G.; THOMÄ, M. (1991): Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung. Z. Meteorol. 41, 468-475.