

Gefährden positive Stickstoffsalden den Rapsanbau?

Henning Kage, Klaus Sieling & Johannes Henke

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Problemstellung

Die gesetzlichen Anforderungen an die landwirtschaftlichen Betriebe im Hinblick auf eine Verminderung von N-Austrägen in das Grundwasser auch außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten werden in Zukunft ansteigen.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit legt die EG-Trinkwasserrichtlinie (80/778/EWG) für Nitrat einen Grenzwert von 50 mg/l fest. Nach der EG-Nitratrichtlinie (91/676/EWG) wird bei einer Konzentration von über 50 mg/l Nitrat im Grundwasser von einem Belastungsgebiet gesprochen. Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EC) orientiert sich hierbei an den Vorgaben der EG-Nitratrichtlinie. Grundwasser ist demnach in einem „schlechten Zustand“, wenn es mehr als 50 mg/l Nitrat enthält.

Nach der im Rahmen der WRRL durchgeführten und im Dezember 2004 abgeschlossenen Bestandsaufnahme von Oberflächengewässern und Grundwasserleitern ist bei bundesweit 52% der Grundwasserleiter die Zielerreichung der Vorgaben zur chemischen Qualität unsicher bzw. unwahrscheinlich, in Schleswig-Holstein ist die Situation nur unwesentlich günstiger (UBA 2005). Wenn im Rahmen der nach WRRL durchzuführenden Monitoringprogramme weiterhin Überschreitungen der Grenzwerte festgestellt werden, sind Maßnahmen zur Verminderung der Nitratbelastung zwingend erforderlich. Prinzipiell denkbar sind dann weitere Verschärfungen gesetzlicher Vorgaben, z.B. der Düngeverordnung oder die verstärkte Verwendung von Modulationsmitteln für gezielte Maßnahmen zur Erhöhung der Stickstoffeffizienz.

Bereits die Novellierung der Düngeverordnung (DüV) zum 13.1.2006 bringt eine Reihe von Veränderungen für die Düngepraxis. Im Hinblick den Ackerbau ist hier die Festlegung von Zielwerten der N-Flächenbilanzsalden von 60 kg N/ha und Jahr für das Jahr 2011 hervorzuheben.

Die größten Probleme bei der Einhaltung dieser Grenzwerte werden zwar in Betrieben mit intensiver Tierproduktion auftreten. Auch in intensiven

Anbausystemen des Ackerbaus sind jedoch Überschreitungen der angestrebten Zielwerte u.U. nicht auszuschließen.

Als eine der ineffizientesten Kulturpflanzen mit gleichzeitig immer größer werdender Anbaubedeutung ist hier der Winterraps zu nennen (Lickfett et al., 1993; Lickfett & Przemeczek, 1995; Sieling et al., 1997). Die besondere Problematik dieser Kultur lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Ungünstiges Verhältnis von Stickstoffentzug im Ernteprodukt zur gesamten Stickstoffaufnahme der Pflanze
- Teile des von der Pflanze aufgenommenen Stickstoffs gehen bereits vor der Ernte durch Blattfall wieder verloren
- Hohe Umsetzbarkeit der Ernterückstände des Rapses
- Früher Erntezeitpunkt, d. h. lange Zeit für die Mineralisation der Ernterückstände
- Typische Nachfrucht Winterweizen nimmt vor Beginn der Auswaschungsperiode nur relativ geringe Stickstoffmengen auf

All diese Faktoren bedingen eine geringe N-Nutzungseffizienz von Winterraps und hohe Stickstoffverluste nach dem Rapsanbau durch Auswaschung (Chalmers & Darby, 1992; Hanus & Sieling 1998).

Diese besondere Problematik von Rapsfruchtfolgen soll durch folgende Analyse der N-Effizienz/-Salden in Rapsfruchtfolgen am Beispiel Hohenschulener Versuchsdaten verdeutlicht werden. Ausgewertet wurden Daten aus dem Versuchszeitraum 1996 bis 2002, wobei zwei Versuchskomplexe verwendet wurden. Es wurden Daten aus einer Raps-Weizen-Gerste Fruchtfolge (SFB 192) analysiert und zusätzlich aus einem weiteren Fruchtfolgeversuch mit der Folge Raps-Raps-Raps-Weizen-*Weizen*-Weizen (Versuch Bockberg) Daten zur N-Wirkung in Stoppelweizen verwendet. In beiden Versuchen wurde die N-Düngung mit Kalkammonsalpeter in 3 Gaben und insgesamt 32 N-Düngungsvarianten durchgeführt. An die Daten wurden quadratische Funktionen angepasst, die die Wirkung des Stickstoffs auf Ertrag und N-Entzug beschrieben. Mit Hilfe dieser Funktionen wurde die im Mittel aller Jahre optimale Düngermenge bestimmt, wobei als Zielkriterium die Summe der maximalen N-Kosten freien Leistungen (NKfL), definiert als Erlös abzüglich der N-Kosten, dienten. Die N-Bilanzsalden wurden als einfache Flächenbilanz aus der Düngermenge abzüglich dem N-Entzug mit dem Erntegut berechnet. Als Marktpreise wurde 20 Euro/dt Raps, 10 Euro/dt Weizen, 9 Euro/dt Gerste und 0,6 Euro/kg N angenommen. Die Jahre 2000 und 2001 wurden bei den Berechnungen aufgrund fehlender Daten vernachlässigt.

Ohne die Berücksichtigung von Preiseffekten des Proteingehaltes bei Winterweizen ergibt sich im Mittel einer Raps-Weizen-Gerste-Fruchtfolge im Düngungsoptimum ein N-Saldo von 45 kg N/ha, wobei in den Winterrapsanbaujahren im Mittel ein N-Saldo von 93 kg N/ha auftrat (Tabelle 1).

Tabelle 1: Optimale N-Düngungshöhe, N-kostenfreie Leistung und N-Bilanzsaldo in einer Raps-Weizen-Gerste Fruchtfolge ohne Berücksichtigung von Preiseffekten des Proteingehaltes bei Winterweizen

	Opt. Düngung [kg N/ha]	N-Kosten freie Leistung [€/ha]	N-Bilanzsaldo [kg N/ha]
Raps	222	775	93
Weizen	184	795	15
Gerste	145	552	26
∅		707	45

Bei der vergleichsweise geringen N-Düngungsintensität zu Winterweizen lagen jedoch die Proteingehalte auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau (12,5%), bei dem in der Mehrzahl der Jahre keine Backweizenqualität erreicht werden konnte.

Durch die Berücksichtigung eines Qualitätseffektes auf den Weizenpreis mit einer angenommenen Basis von 10 €/dt bei 12,5 % Protein und einem linearen Zu-/Abschlag für den Rohproteingehalt von 5 €(t u. % Protein) erhöhte sich sowohl die optimale N-Düngungshöhe zu Winterweizen als auch das N-Saldo zu Winterweizen und für die gesamte Fruchtfolge (Tabelle 2).

Tabelle 2: Optimale N-Düngungshöhe, N-kostenfreie Leistung und N-Bilanzsaldo in einer Raps-Weizen-Gerste Fruchtfolge mit Berücksichtigung von Preiseffekten des Proteingehaltes bei Winterweizen

	Opt. Düngung [kg N/ha]	N-Kosten freie Leistung [€/ha]	N-Bilanzsaldo [kg N/ha]
Raps	222	775	93
Weizen	243	879	54
Gerste	145	552	26
∅		735	58

Der Anteil von Wintergerste in den Fruchtfolgen hat jedoch in den letzten Jahren deutlich abgenommen; Stoppelweizen hat weitgehend diese Position in den dreigliedrigen Rapsfruchtfolgen übernommen. Aufgrund der negativen Vorfruchteffekte zeichnet sich Stoppelweizen im Vergleich mit Rapsweizen jedoch durch niedrigere Erträge bei gleichzeitig höherem N-Düngungsaufwand aus. In einem weiteren Szenario haben wir aus den zur Verfügung stehenden Daten daher die Wintergerste durch einen Stoppelweizen ersetzt, wobei jedoch hier als Produktionsziel Futterweizen angenommen wurde.

Trotz dieser Einschränkung ergaben sich deutliche Effekte auf die N-kostenfreien Leistungen und auch in merklichem Umfang auf das mittlere N-Bilanzsaldo der Fruchtfolge (Tabelle 3).

Tabelle 3: Optimale N-Düngungshöhe, N-kostenfreie Leistung und N-Bilanzsaldo in einer Raps-Weizen-Weizen Fruchtfolge mit Berücksichtigung von Preiseffekten des Proteingehaltes bei Winterweizen nach Raps

	Opt. Düngung [kg N/ha]	N-Kosten freie Leistung [€/ha]	N-Bilanzsaldo [kg N/ha]
Raps	222	775	93
Q-Weizen	243	879	54
St-Weizen	200	764	43
∅		822	63

Anhand der gezeigten Daten wird deutlich, dass in Rapsfruchtfolgen selbst bei bekannten Produktionsfunktionen und auf einem Standort mit einem vergleichsweise hohen Ertragsniveau bei ökonomisch optimaler Düngung die Zielwerte der DüV erreicht bzw. überschritten werden können. Auf leichteren Standorten mit geringerem Ertragspotential und höheren Ertragsschwankungen sowie unter Praxisbedingungen sind eher höhere Werte zu vermuten.

Insbesondere am Beispiel der Effekte des Stoppelweizenanbaus wird jedoch deutlich, dass der Winterraps nicht isoliert im Anbaujahr betrachtet werden darf. Seine positiven Vorfruchteffekte machen sich in einer höheren N-Effizienz der folgenden Getreidefrüchte bemerkbar.

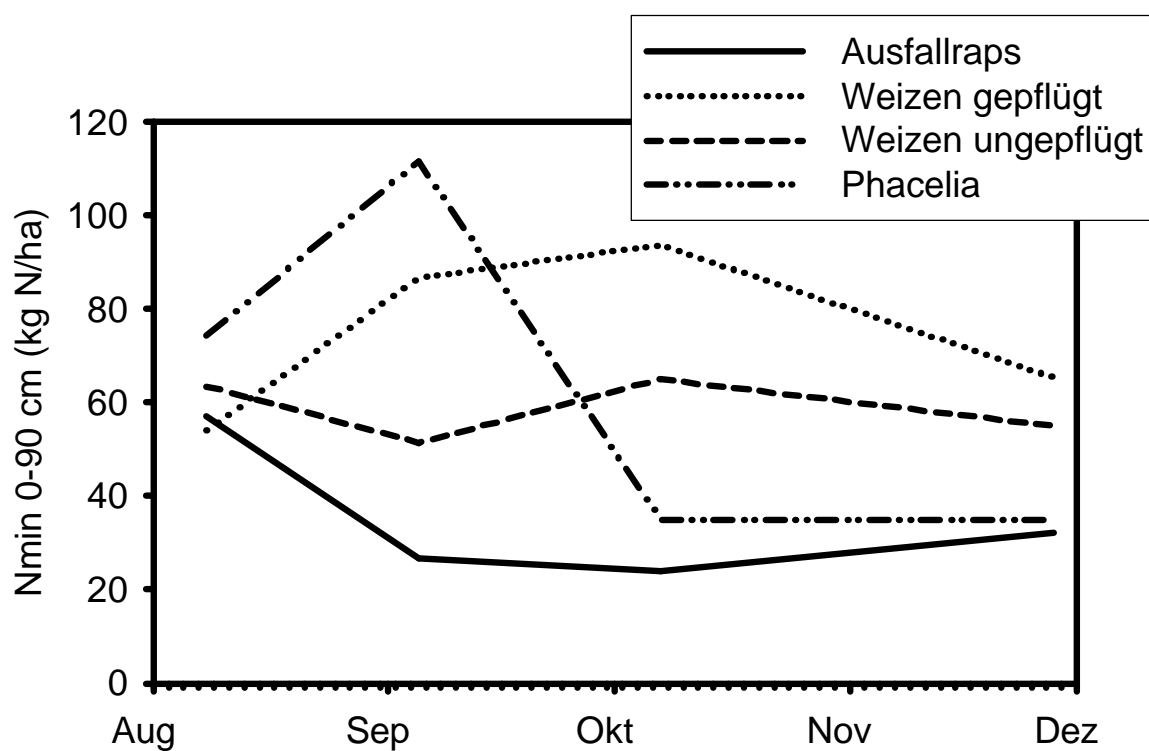
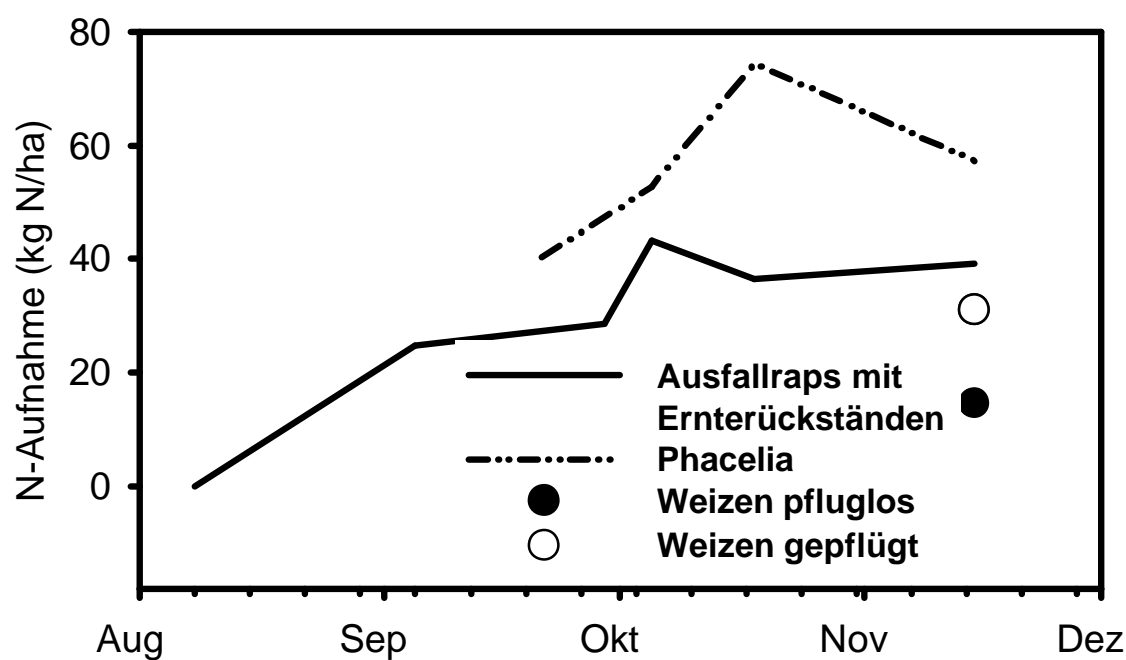


Abb. 1: N-Aufnahme von Ausfallraps, Zwischenfrucht (Phacelia) und Weizen (gepflügt bzw. ungepflügt) nach Winterrapsanbau sowie Nmin-Gehalt von 0-90 cm im Herbst 2005 in einem Fruchtfolgeversuch auf Hohenschulen.

Lösungsansätze

Da ökonomische Alternativen zum Rapsanbau weitgehend fehlen, ist daher eine Lösung des Problems in einer Steigerung der Stickstoffeffizienz in Fruchtfolgen mit Winterraps zu suchen. Hierbei sind verschiedenen Ansätze denkbar, z.B. eine reduzierte Bodenbearbeitung nach Winterraps, eine geänderte Fruchtfolge, die Entwicklung und Nutzung N-effizienterer Genotypen sowie eine bedarfsgerechtere N-Düngung.

Im Herbst 2005 wurden in einem Fruchtfolgeversuch verschiedene Optionen zur Minderung der N-Verluste nach Winterraps geprüft. Nach Raps mit anschließender Pflugfurche zu Winterweizen wurde ausgehend von Nmin-Restmengen zur Ernte von ca. 50 kg N/ha eine weitere Zunahme der Nmin-Mengen auf ca. 90 kg N/ha festgestellt (Abb. 1). Die im Dezember gemessene Abnahme der Nmin-Werte ist dann bereits auf die beginnende N-Auswaschung zurückzuführen. Durch eine verzögerte Stoppelbearbeitung und pfluglose Bestellung des Weizens konnten bereits deutliche Verringerungen der N-Freisetzung nach Raps erreicht werden.

Wesentlich stärkere Verringerungen der Nmin-Werte im Herbst konnten jedoch bei vollständiger Bodenruhe und spontan etablierten Ausfallraps bzw. bei Aussaat einer Zwischfrucht (Phacelia) beobachtet werden. Durch die Bodenbearbeitung zur Etablierung der Zwischenfrucht wurden zwar zunächst zusätzliche Stickstoffmengen mobilisiert, diese konnten jedoch im Herbst 2005 von der Zwischenfrucht vollständig aufgenommen werden (Abb. 1).

Diese Alternativen zur Minderung von N-Austrägen nach Winterraps sind jedoch mit wesentlichen Nachteilen behaftet. Ein „stehen lassen“ von Ausfallraps über Winter bringt vermutlich ernsthafte phytosanitäre Probleme mit sich, zumindest wenn diese Strategie über längere Jahre verfolgt wird. Die als Nachfrucht für einen überwinterten Ausfallraps in Frage kommenden Sommerungen sind Winterweizen ökonomisch in der Regel unterlegen. Ein Zwischenfruchtanbau vermeidet zwar die angesprochenen phytosanitären Probleme, ist jedoch durch die erhöhten Kosten mit einer weiteren Verschlechterung der ökonomischen Leistung verbunden. Diese im Hinblick auf die Vermeidung von N-Austrägen effizienten aber teuren Maßnahmen werden daher vermutlich nur durch entsprechende finanzielle Anreize in besonders gefährdeten Gebieten in Frage kommen.

Die hier vorgestellten einjährigen Ergebnisse sollen durch weitere Versuchsjahre untermauert und durch Simulationsrechnungen ergänzt werden.

Durch Züchtungsfortschritt sind Erträge und N-Entzüge im Rapsanbau kontinuierlich gesteigert worden, ohne dass gleichzeitig das Düngungsniveau in der Praxis angestiegen ist. Hierdurch sind bereits deutliche Verbesserungen der

N-Effizienz erreicht worden (Alpmann, 2001). Weitere Verbesserungen der N-Effizienz werden von der Einführung neuer sogenannter Halbzwerghybriden erwartet, die sich durch ein deutlich vermindertes Längenwachstum auszeichnen. Erste Ergebnisse zeigen jedoch, dass die zur Zeit auf dem Markt befindlichen Halbzwerghybriden sich (noch) nicht wesentlich im Stickstoffharvestindex von konventionellen Hybridsorten unterscheiden, d.h. ähnlichen N-Mengen in den Ernterückständen auf dem Feld hinterlassen.

Durch eine bessere Anpassung der Düngung an den tatsächlichen Bedarf könnten weitere, signifikante Steigerungen der N-Effizienz erreicht werden. Im Fokus laufender Projekte im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung stehen dabei die verbesserte Berücksichtigung der N-Aufnahme der Rapsbestände und des Ertragspotentials bei der Stickstoffdüngung zu Winterraps (Förderung durch die UFOP) und die Entwicklung von Verfahren zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung in Winterraps (Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt).

Literatur

Lickfett T., Kreikenbohm G., Goebel C. & Przemec E. (1993) Über den Anstieg des Rest-Nmin nach Winterraps und Maßnahmen zu seiner Verminderung. VDLUFA Schriftenreihe 36, 91-94.

Lickfett T. & Przemec E. (1995) Ausnutzungsgrad von Mineraldünger-Stickstoff in Rapsfruchtfolgen unterschiedlicher Produktionsintensität. VDLUFA Schriftenreihe Kongressband 1995, 40, 833-836.

UBA (2005): Die Wasserrahmenrichtlinie -Ergebnisse der Bestandsaufnahme 2004 in Deutschland. <http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-1/2888.pdf>

Hanus, H., Sieling, K., 1998: Einfluß unterschiedlicher Produktionsintensitäten in der Fruchtfolge Raps-Weizen-Gerste auf die Erträge und NO₃-Belastungen des Sickerwassers. Schriftenreihe der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel 86, 47-55.

Sieling K., Günther-Borstel O. & Hanus H. (1997) Effects of slurry application and mineral nitrogen fertilization on N leaching in different crop combinations. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 128, 79-86.

Chalmers A.G. & Darby R.J. (1992) Nitrogen application to oilseed rape and implications for potential leaching loss. Aspects of Applied Biology, 30, 425-430.