

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen
Band: 44 (1999)

Artikel: Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung ins Grundwasser durch Anpassungsmassnahmen in der Landwirtschaft im Klettgau
Autor: Hartnagel, Siegfried / Rennenkampff, Kaj / Freyer, Bernhard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-584913>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung ins Grundwasser durch Anpassungsmassnahmen in der Landwirtschaft im Klettgau¹

von

**Siegfried Hartnagel, Kaj Rennenkampff und
Bernhard Freyer**

1 Steigende Nitratgehalte im Grundwasser

In den zurückliegenden zwanzig Jahren wurden in den für die Trinkwasserversorgung genutzten Grundwasserbrunnen im deutschen und schweizerischen Klettgau (Region um Waldshut und Kanton Schaffhausen) Nitratkonzentrationen von bis zu 50 mg NO₃/l festgestellt. Angestrebt werden für die Zukunft 25 mg NO₃/l. Da keine nitratführenden Gesteine vorhanden sind, stammen die überhöhten Nitratgehalte fast ausschliesslich aus anthropogenen Quellen (Landwirtschaft, Siedlung, Verkehr).

Im Rahmen des INTERREG II Projektes "Entwicklungskonzeption Klettgaurinne" wurde die aktuelle landwirtschaftliche Bewirtschaftung

¹ Zusammenfassung der FiBL-Studie "Erarbeitung von Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung ins Grundwasser durch Anpassungsmassnahmen in der Landwirtschaft im Klettgau" (FREYER et al. 1998)

im deutschen und schweizerischen Klettgau analysiert. Darauf aufbauend wurden grenzüberschreitend acker- und pflanzenbauliche sowie technische Massnahmen diskutiert, mit denen das Risiko der Nitratauswaschung verringert werden kann. Ausgewählte Massnahmen wurden zudem einer ökonomischen Bewertung unterzogen.

2 Beteiligung der Landwirte an der Problemlösung

Für die Projektdurchführung wurde ein partizipativer Ansatz gewählt (Abb. 1), mit dem Ziel, dass die Betriebsleiter von Beginn die Entstehung der Untersuchungsergebnisse mitverfolgen können: In je einem deutschen und einem schweizerischen Arbeitskreis mit jeweils 15 bis 20 Landwirten sowie Beratern und Forschern wurden in mehreren Abendveranstaltungen Massnahmen in den Bereichen Bodennutzung (Untersaaten, Umbruchtermine, Ackerflächenumwandlungen, etc.), Stickstoffmanagement (Düngersplittung, Ausbringungstechnik, etc.) Bodenbearbeitung und Anbaumethoden diskutiert und auf ihre Praktikabilität hin überprüft. Datengrundlagen für die Berechnungen von N-Bilanzen lieferten 155 befragte Betriebsleiter. Für weitergehende detaillierte Untersuchungen (Faktorausstattung, Produktionsprogramm, Erträge und Preise) hatten sich 14 Betriebsleiter zur Verfügung gestellt.

3 Ursachen erhöhter Nitratgehalte

In den zurückliegenden 30 Jahren hat sich ein starker Wandel in der Bodennutzung vollzogen. So hat der Klee grasanteil in der Fruchtfolge stark ab- und der Maisanteil zugenommen. Der Dauergrünlandflächenanteil wurde ebenfalls stark reduziert. Da das Risiko der Nitratauswaschung in der Reihenfolge Dauergrünland < Klee gras < Mais zunimmt (SCHEFFER 1997, LIPPMANN et al. 1995, KRAMER et al. 1987), sind die genannten Veränderungen mitverantwortlich für die erhöhten Nitratwerte im Grundwasser. Verglichen mit den mittleren Stickstoffdüngungsangaben der schweizerischen Agrarforschungsanstalten wurde in 16 von 25 ausgewerteten Pflanzenbauverfahren

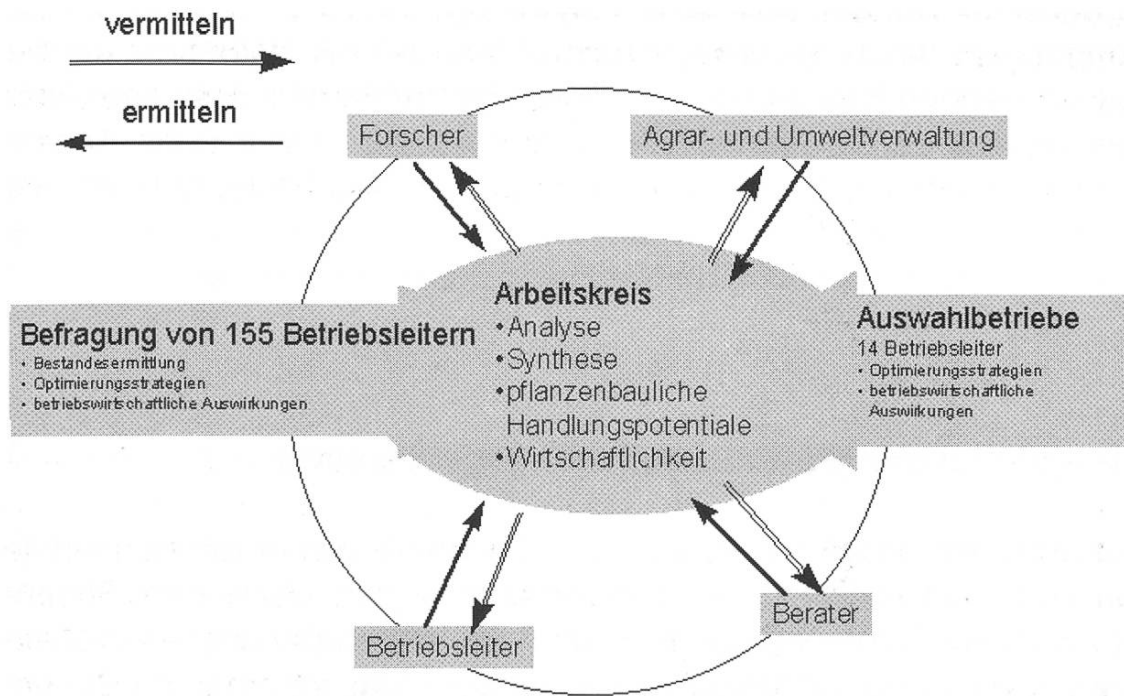


Abbildung 1: Partizipativer Ansatz im Projekt "Klettgau", nach KAULE et al. (1992), zitiert in LUZ (1994), verändert.

die Normdüngung (= Nährstoffmenge, welche bei optimalem Nährstoffgehalt des Bodens (Versorgungsklasse "genügend") notwendig ist) überschritten. Überschreitungen der Normdüngung können als weitere Ursache erhöhter Nitratwerte betrachtet werden. Ursache dafür sind unter anderem sogenannte Sicherheitszuschläge auf ertragsschwachen Standorten (Erhöhung der Ertragssicherheit), qualitätssteigernde Spätstickstoffgaben (besonders bei Weizen zur Erhöhung des Kornproteingehaltes) und Überschätzungen der erzielbaren Erträge. Das Risiko der Nitratauswaschung nimmt dann zu, wenn diese Düngergaben aufgrund ungünstiger Witterungs- und Bodenverhältnisse nicht in Ertrag umgesetzt werden können. Während bei den schweizer Betrieben hohe N-Überschüsse vor allem auf den ertragsschwachen Standorten vorherrschen, finden sich diese auf den deutschen Betrieben eher auf den ertragsstarken Standorten. Überschreitungen der Normdüngung treten auch dann auf, wenn der Düngerwert der organischen Hofdünger nur unzureichend berücksichtigt wird. Hierbei kann festgehalten werden, dass nicht zuviel organischer Dünger-N für N-Überschüsse verantwortlich ist, sondern durch die ungenügende Berücksichtigung der N-Nachlieferung

organischer Dünger aus dem Vorjahr die zusätzliche mineralische Düngung zu hoch bemessen wurde. Die auf 68 Betrieben (44 %) vorkommenden Klee gras-Luzernegras-Bestände (Kunstwiesen) werden gemäss den Ergebnissen der Befragung im Mittel Ende August bis Mitte September umgebrochen. Bei diesem Umbruchtermin ist unter den gegebenen Standort- und Fruchtfolgeverhältnissen mit einem erhöhten Stickstoffauswaschungsrisiko zu rechnen.

4 Reduktion der Nitratauswaschungsgefährdung

Von den Autoren werden landwirtschaftliche Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschungsgefährdung in den Bereichen Bodennutzung, Stickstoffmanagement und Bodenbearbeitung empfohlen (Tabelle 1). In der Bodennutzung zielen die Massnahmen darauf ab, eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung anzustreben sowie Markt- und Hackfrüchte durch Kunstwiese zu ersetzen. Dies wird damit begründet, dass dem durch Klee grasanbau (und Dauergrünland) geförderten Humusanteil eine massgebliche Speicher- und Lenkungsfunktion für den Stickstoff- und Wasserhaushalt im Boden zukommt. Ebenso wird die Bodenstruktur verbessert, damit eine Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität ermöglicht und die für die Ertragsbildung relevanten Grössen Wasser- und Nährstoffaufnahme verbessert. Im Bereich Stickstoffmanagement kann durch

- Senkung der Gesamtdüngergaben,
- splitten der Düngergaben (Vorbeugung vor Auswaschungen bei Starkregen auf Böden mit Schrumpfrissen oder hohem Anteil an Makroporen; vgl. BOUWER et al. 1994:208) und
- eine Verbesserung der Ausbringungstechnik der organischen und mineralischen Dünger (Reduzierung von N-Verlusten und damit Reduzierung der Gesamtdüngermenge) das Auswaschungsrisiko vermindert werden.

Neben Minimalbodenbearbeitungsverfahren (Verbesserung der Bodenstruktur und effizientere N-Nutzung) kann die Auswaschungsgefährdung weiterhin durch einen frühzeitigen oder in den Winter verlegten Umbruchtermin der Klee grasbestände reduziert werden. Entscheidend dabei ist, mit welcher Technik umgebrochen wird und ob nach dem Umbruchtermin eine Bodenerwärmung erfolgt und

gleichzeitig sich ein Pflanzenbestand etabliert, welcher die mineralisierten N-Mengen aufnehmen kann. Der Nutzen isoliert voneinander durchgeführter Massnahmen fällt in der Regel gering aus, da ihre positive Wirkung durch andere fehlerhafte Nutzungen aufgehoben werden kann. Erst die Kombination einzelner Massnahmen kann zu einer massgeblichen Reduktion der potentiellen Nitratauswaschung beitragen (vgl. ROHMANN & SONTHEIMER 1985:204f).

5 Die wichtigsten Ergebnisse der Betriebswirtschaft

Betriebswirtschaftlich überprüft wurden Massnahmen im Stickstoffmanagement, der Bodennutzung und der Kombination von verschiedenen Massnahmen. Die Berechnungen bei der Umsetzung von Massnahmen im N-Management (regelmässige Nmin-Untersuchungen, Schleppschlauchtechnik, Gülleverdünnung, Mistaufbereitung, Exaktstreuer) haben gezeigt, dass vor allem die Einführung einer verbesserten Ausbringungstechnik hohe Kosten für den landwirtschaftlichen Betrieb verursacht. So führte die Ausbringung der Gülle mit Schleppschlauchtechnik anstatt dem Güllefass zu einer Verringerung des durchschnittlichen Deckungsbeitrages² um 500 Fr./ha. Demgegenüber erhöht sich der durchschnittliche Deckungsbeitrag um 30 Fr./ha, wenn die mineralische Stickstoffmenge um 20 % reduziert wird (Annahme: durch effiziente Ausbringungstechnik keine Ertragsverringerung). Veränderungen in der Bodennutzung (Zwischenfruchtanbau mit Abfuhr des Schnittgutes, Erhöhung des Kunstwiesenanteils, Umwandlung von Acker und Grünland zu extensiv genutztem Grünland) führen teilweise zu erheblichen Deckungsbeitragsverlusten gegenüber der Ausgangssituation. Ökonomisch lukrativ ist aufgrund von Ausgleichszahlungen in Höhe von 3000 Fr./ha lediglich die Umwandlung von Acker zu extensiv genutztem Grünland beim kombinierten Milchvieh-Ackerbaubetrieb.

² Der Deckungsbeitrag für eine Kultur errechnet sich aus dem Verkaufspreis mal der Verkaufsmenge plus Ausgleichszahlungen abzüglich der Kosten für Saatgut, Düngung, Pflanzenschutz und Maschinen. Der durchschnittliche Deckungsbeitrag errechnet sich aus dem Deckungsbeitrag der einzelnen Kulturen (Winterweizen, Zuckerrüben, Kunstwiese, etc.) dividiert durch die Anbaufläche.

Tabelle 1: Spezifische Handlungspotentiale / Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung im Klettgau und erste Schätzung der damit verbundenen Folgekosten (vorläufige Annahmen).

Handlungspotentiale / Massnahmen	Anzahl Betriebe, in denen ein Handlungspotential besteht	Beitrag zur Reduktion der Nitrat- auswaschung *	Kosten- schätzung von Anpassungs- massnahmen
- = keine, bzw. Einsparung + = gering; ++ = mittel; +++ = hoch			
Bodennutzung			
Silomais mit Untersaatenanbau (soweit geeignete Sorten und Wasserversorgung gegeben)	++	+	+
Reduktion der Silomaisfläche zugunsten des Klee-grasanbaus, Futtergrasanbaus	++	++	++/+++
Erhöhung des Zwischenfruchtanteils als Untersaat und Stoppelsaat mit Futternutzung	++	++	+
Umbruch der mehrjährigen Klee-gras- und Stilllegungs- flächen im Spätwinter mit nachfolgender Sommerung oder im Sommer mit nachfolgender stickstoffzehrenden Zwischenfrucht	++	++	++
Umbruch der einjährigen Klee-gras- und Futtergrasflächen inkl. Stilllegungsflächen im August mit nachfolgendem Winterraps	++	++	+
Rückführung von Acker zu Dauergrünland	+ (?)	+++	+++
Umwandlung von Acker zu ökologischen Ausgleichsflächen	++	+++	-**/++
Stickstoffmanagement			
(a) Allgemeine Massnahmen			
Senkung der Gesamtdüngergaben auf den ertrags- schwachen Standorten	++	++	++
Senkung der Gesamtdüngergaben vorrangig bei Winter- raps, Kartoffeln (CH), Winterweizen, Wintergerste, Mais (BRD)	++	++	++
Splitten der Düngergaben und Reduktion der Einzelgabe	++	++	+
Reduktion der Stickstoffgaben zu den Aufwüchsen 2 bis 4 im Kunstwiesenanbau (soweit gedüngt wird)	+	+	+
Senkung der Gesamtdüngergaben vorrangig bei Grünland	++	+(+)	+/-
Düngerplanung in Anlehnung an die SchALVO (1992) / (Differenzierung der Stickstoffbindungswerte der Leguminosen im Grünland)	+++	++	+
Nmin-Untersuchungen bei den kritischen Kulturen und deren Nachfrüchten (Abklärung der Zweckmässigkeit)	+++	++	+
Verzicht auf eine Stickstoffdüngung von Zwischenfrüchten	+++	++(+)	-
Verzicht auf eine Stickstoffdüngung zu Strohrückständen	+++	++(+)	-
Keine Ausbringung von Düngern zwischen Okt. und Feb.	++	+++	+
Begrenzung der Ausbringungsmengen im März (keine Totallehrung der organischen Düngerlager).	+++	++	+
Ausgeglichenes N-Saldo	+	+	+

Tabelle 1: Spezifische Handlungspotentiale / Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung im Klettgau und erste Schätzung der damit verbundenen Folgekosten (vorläufige Annahmen).

Handlungspotentiale / Massnahmen	Anzahl Betriebe, in denen ein Handlungspotential besteht	Beitrag zur Reduktion der Nitrat- auswaschung *	Kosten- schätzung von Anpassungs- massnahmen
- = keine, bzw. Einsparung + = gering; ++ = mittel; +++ = hoch			
(b) Mineralische Düngung			
Ersatz der Volldünger durch Einzelnährstoffdünger	++	+	-
Einsatz von feinverteilenden Mineraldüngerstreuern (gezielte Düngerablage entlang der Pflanzreihe)	+++	+(+)	++
(c) Organische Düngung			
Höhere Verdünnung der Gülle mit Wasser	++	+(+)	+ / +++
Herstellung von Stallmistkompost	+++	+(+)	+
Stalltechnische Massnahmen zur Vermeidung von Ammoniakemissionen ***	+++	++	+
Ausbau der Güllelager in Betrieben mit weniger als 4.5 Monaten Lagerungsdauer	++	++	+++
Analyse der Nährstoffgehalte der Flüssigdünger	+++	+	++
Begrenzung der organischen Flüssigdüngergaben auf max. 40 kg NH ₄ -N/ha und Gabe	++	+	+
Einsatz von Schleppschlauchgeräten zur Flüssigdüngerausbringung	+++	++	+++
Einsatz von feinverteilenden Festmiststreuern	+	+	++
Bodenbearbeitung			
Minimalbodenbearbeitung im Herbst (Vermeidung von Mineralisierungsschüben)	+++	++(+)	++
Anbaumethode			
Umstellung auf den ökologischen Landbau	?	+++	+ / +++

Quelle: FiBL

Legende: Symbole in Klammern geben Bereiche zwischen gering, mittel bzw. hoch an

* bezogen auf die einzelne Massnahme;

** kann auf nährstoffreichen Böden in der Etablierungsphase zu Nitratauswaschungen führen;

*** diese Massnahme steht im Widerspruch zur artgerechten Tierhaltung, da eine Vermeidung von Ammoniakemissionen am besten in einem geschlossenen Anbindestall mit Mist zu erreichen ist (STADELMANN et al. 1996). / = situationsabhängig; weitere Massnahmen siehe dazu allgemeine Grundsätze zur Bewirtschaftung von Wasserschutzgebieten (ROHMANN & SONTHEIMER 1985)

Berechnungen der Kombination von Massnahmen im N-Management und der Veränderung der Bodennutzung wurden für drei verschiedene Betriebstypen durchgeführt. Die höchsten Einkommensverluste zeigen sich auf dem viehlosen Ackerbaubetrieb in der Schweiz. Auf den kombinierten Milchvieh-Ackerbaubetrieben in der Schweiz und Deutschland kann das anfallende Futter aus der Kunstwiesennutzung

in der Tierhaltung eingesetzt werden, so dass auf diesen Betriebstypen lediglich mittlere Einkommensverluste resultieren.

6 Die Sicht der Landwirte

Von Seiten der Landwirte werden die hohen Kosten, unzureichende Direktzahlungen und Qualitätsvorschriften als Hindernisse für die Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen aufgeführt. Auch pflanzenbauliche und anbautechnische Schwierigkeiten in Zusammenhang mit der Witterung werden genannt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Kommentare aus den Arbeitskreisen CH und BRD zu Massnahmen zugunsten der Reduktion der Nitratauswaschungsgefährdung

Massnahme	Ausgewählte Kommentare aus den Arbeitskreisen
Flächenstillegung	<i>Statt Flächenstillegung der Bodenbewirtschaftung den Vorrang geben und am Markt produzieren.</i>
Ausgeglichene Nährstoffbilanz	<i>Düngungspläne sollten vermehrt eingesetzt werden, was effizienter ist als die Berechnung von N-Bilanzen.</i>
Reduzierung und Splitten der Düngergaben	<i>Wenn die letzte N-Gabe reduziert wird, verringert sich der Proteingehalt im Korn. Problem in trockenen Witterungsperioden: Dünger liegt wochenlang auf dem Acker.</i>
Optimierung der Düngertechnik	<i>Schleppschlauchtechnik ist zu teuer.</i>
Termingerechte Ausbringung der organischen Düngung	<i>In den letzten beiden Jahren war der Frühling sehr trocken, viele hatten Angst, dass bald Regen kommt und sie dann nicht mehr aufs Feld können - deshalb wurde vielerorts eine Vorratsdüngung gegeben.</i>
Anbau von Zwischenfrüchten zur Futternutzung	<i>Im MEKA (1998) ist zwingend vorgeschrieben, dass die Zwischenfrüchte nur gefördert werden, wenn sie nicht als Futter genutzt werden. Zwischenfrucht und Klee gras kann nicht verfüttert werden, da kein Vieh vorhanden ist.</i>
Fruchtfolgeumstellung	<i>Da die Anpassung des Bodens bei Fruchtfolgeumstellungen sehr lange dauert, und in der Zwischenzeit neue Erkenntnisse kommen können, wird der Nutzen angezweifelt.</i>
Erhöhung der Klee- und Luzerne-Grasanteile bei Verringerung der Silomaisanteile	<i>Silomais bekommt den Ackerbaubeitrag und erzielt hohe Energieleistungen, Klee gras bekommt lediglich die geringeren Grünlandbeiträge und erzielt geringere Energieerträge. Klee grasanbau funktioniert nur im Milchviehbetrieb. Die Milchviehhaltung geht jedoch im Gebiet stark zurück. Silomaisflächen werden als Entsorgungsflächen für die Gülle (Juli) benötigt.</i>
Umnutzung von Acker zu Dauergrünland (Naturwiese)	<i>Nicht lukrativ, da zur Zeit keine Prämien für die Grünlandnutzung gezahlt werden.</i>
Umstellung auf den ökologischen Landbau	<i>kaum erwünscht</i>

Quelle: FiBL

Die Reaktionen der Landwirte zeigen, dass für eine Umsetzung nicht radikale Massnahmen gefordert werden konnten. So wird auch der ökologische Landbau nur von einzelnen Landwirten als Alternative gesehen. Favorisiert wird hingegen ein schrittweises Vorgehen und einzelne Aspekte des ökologischen Landbaus. Die Umsetzung von einzelnen Massnahmen in Problemzonen wird dabei als vordringlich erachtet.

7 Beitrag des ökologischen Landbaus

Der ökologische Landbau unterscheidet sich im Pflanzenbau von anderen Anbaumethoden im wesentlichen durch die Fruchtfolge, den Verzicht auf mineralischen Stickstoffdünger und weitgehend auch auf Pflanzenbehandlungsmittel sowie in einer standortabhängigen Obergrenze der Düngungsintensität (maximaler Tierbesatz). Die mechanische Bodenpflege zur Unkrautregulierung und Steuerung der N-Mineralisierung im Pflanzenbestand kann als eine typische ackerbauliche Massnahme des ökologischen Landbaus angesehen werden, auch wenn diese zunehmend in integrierten Betrieben praktiziert wird. Gegenüber der konventionellen und integrierten Produktion stellen die nachfolgend genannten Merkmale spezifische Leistungen des ökologischen Landbaus dar, welche zugunsten des Grundwasserschutzes wirken: höhere Kulturartenvielfalt, geringere Hackfruchtanteile, höhere Kunstwiesenanteile, höhere Futterzwischenfruchtanteile und Verzicht auf mineralische N-Dünger. Da in der Region bisher lediglich zwei biologisch wirtschaftende Betriebe angesiedelt sind, welche sich für die Untersuchung eignen, wurden stellvertretend 10 Referenzökobetriebe aus anderen Regionen der Schweiz, welche unter vergleichbaren Standortbedingungen wirtschaften, im Hinblick auf ihre Bodennutzung und Stickstoffbilanz untersucht (Modellbetriebe). Das N-Saldo der Modellbetriebe des ökologischen Landbaus beträgt im Durchschnitt -4 kg N/ha (im Vergleich - 155 befragte konventionell wirtschaftende Betriebe: 33.2 kg N/ha). Auch das N-Input-Output-Niveau liegt im Vergleich zur konventionellen Produktion in den untersuchten Betrieben deutlich niedriger (vgl. auch HAAS & KÖPKE 1994, sowie PERICIN & FREYER 1996). Fruchtfolgen mit Untersaaten und hohen Futterbauanteilen,

wie sie im ökologischen Anbau üblich sind, weisen in anderen Untersuchungen geringere Anteile an Nitratverlusten auf, als marktfreudbetonte Fruchtfolgen (HANSEN & KJELLERUP 1989; UHLEN 1989:111; SOEGAARD 1988). Anpassungen der Hauptfruchtfolge mit der Integration von Klee gras, einem Umbruch im Spätwinter oder sehr frühzeitig mit nachfolgender Winterzwischenfrucht und darauffolgender Sommerung werden somit in Wasserschutzgebieten auch als erfolgreiche Strategien des ökologischen Landbaus zur Minderung des Nitrat auswaschungsrisikos diskutiert (Anonym 1997). Diverse Untersuchungen zeigen, dass die Nitratbelastung über das Bewirtschaftungssystem des ökologischen Landbaus erheblich reduziert werden kann (u.a. BRANDHUBER & HEGE 1992; HESS et al. 1992; ELTUN 1995). Im Projekt wurde deshalb der Beitrag einer Umstellung auf den ökologischen Landbau zur Reduktion der Nitrat auswaschungsgefährdung in der höchsten Bewertungsstufe (+++) berücksichtigt. Der ökologische Landbau ist für das Klettgau auch eine ökonomische Alternative, wenn

- die Betriebe Bio-Beiträge während und nach der Umstellung erhalten,
- der Zuckerrübenanbau durch Feldgemüse (und/oder z.B. auch Soja) ersetzt werden kann (Mechanisierung, Vermarktung),
- die Tierbestände aufgestockt werden (Förderung von Stall-Um- und Stall-Neubauten),
- Bioprämien für Milch und Fleisch realisiert werden (separate Milchsammlung bei genügend Biobetrieben) und
- eine regionale Vermarktung aufgebaut werden kann.

Ohne Monetarisierung der mit dem ökologischen Landbau erzielbaren Umwelteffekte (z.B. In-Wert-Setzung der Wasserqualität) oder anderer wirtschaftlicher Effekte (z.B. Sicherung von Absatzmärkten und Preisvorteilen durch eine ausgewiesene Nischenproduktion; Einkommenspotential Naherholung im Klettgau für den Grossraum Zürich) kann eine sachgerechte Bewertung dieser Variante jedoch nicht erfolgen (Gegenstand eines Folgeprojektes durch das FiBL 1999).

8 Schlussfolgerungen und Ausblick

Es bleibt festzuhalten, dass die Massnahmen zur Nitratreduktion grundsätzlich bekannt sind. Die Umsetzung wird davon abhängen, inwieweit es gelingt, in einem partizipativen Prozess zwischen Landwirten, Beratern und Forschern grenzübergreifende gemeinsame Zielsetzungen zu formulieren. Der Ausbildung und Beratung kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die grenzüberschreitende Problematik der Grundwasserbelastung erfordert eine besondere Bereitschaft der Länder zur Zusammenarbeit. Hierbei sind Landwirte, Berater, behördliche Vertreter und Forscher einzubinden. In einem Folgeprojekt sollen 1999 konkrete Massnahmen auf Risikostandorten im Gebiet in Zusammenarbeit mit den betroffenen Landwirten erarbeitet und umgesetzt werden.

9 Literatur

Anonym (1997): Wasserschutz durch ökologischen Landbau. Leitfaden für die Wasserwirtschaft. Hrsg.: AGÖL - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau e. V. und BUND-Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.

BOUWER, W., S. GÄTH & H.-G. FREDE (1994): Sanierungskonzept für ein Wasserschutzgebiet im nordwestlichen Niedersachsen. In: KTBL (Hrsg.) (1994): Strategien zur Verminderung der Nitratauswaschung in Wasserschutzgebieten. KTBL Arbeitspapier 206, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 202-212.

BRANDHUBER, R. & U. HEGE (1992): Tiefenuntersuchungen auf Nitrat unter Acker-schlägen des ökologischen Landbaus. In: Bayer. Landwirtsch. Jahrb. 69, 111-119.

ELTUN, R. (1995): Comparisons of nitrogen leaching in ecological and conventional cropping systems, 103-114. In: HODGES, R. D.: Nitrogen leaching in Ecological Agriculture. Volume 11. Biological Agriculture & Horticulture. Academic publishers.

FREYER, B., S. HARTNAGEL, K. RENNENKAMPFF & O. SCHMID (1998): Erarbeitung von Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung ins Grundwasser durch Anpassungsmassnahmen in der Landwirtschaft im Klettgau. Interner Bericht, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (CH).

HAAS, G. & U. KÖPKE (1994): Vergleich der Klimarelevanz ökologischer und konventioneller Landbewirtschaftung. Studienprogramm Landwirtschaft der Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre", Deutscher Bundestag (Hrsg.), Economica, Bonn.

HANSEN, J. F. & V., KJELLERUP (1989): Nitratnedvaskning i relation til sadskiftet. NJF seminar, 159, 3 pp.

HESS, J., A. PIORR & K. SCHMIDTKE (1992): Grundwasserschonende Landbewirtschaftung durch Ökologischen Landbau?! - Eine Bewertung des Leguminosenanbaus und des Wirtschaftdüngereinsatzes im Anbausystem. Ökologischer Landbau, Inst. Wasserforsch. und Stadtwerke Dortmund AG, 45 pp.

KAULE, G., G. ENDRUWEIT, A. FEIFEL, F. LUZ, B. OPPERMAN & G. WEINSCHENCK (1992): Abschlussbericht für das Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben "Ausrichtung von Extensivierungs-, Flächenstillegungs- und sonstigen agrarischen Massnahmen auf Ziele des Natur- und Umweltschutzes mittels der Landschaftsplanung. Institut für Landschaftsplanung, Universität Stuttgart (unveröff.)

KRAMER, D. et al. (1987): Protection of drinking water resources in the GRD. Proceedings. Internationales Symposium Dresden. In: KÜNKEL, K. & K. STEINBRENNER (1988): Anbauplanung und Fruchtfolgegestaltung in Trinkwasserschutzgebieten. Landwirtschaft 29, 8, 369-371.

LIPPMANN, R., K.-J. HÜLSBERGEN & W. DIEPENBROCK (1995): Die Nmin-Dynamik in Abhängigkeit von Fruchtarten, Düngung und Beregnung auf einem sandigen Lehm-boden der Leipziger Tieflandsbucht. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 8, 257-260.

LUZ, F. (1994): Zur Akzeptanz landschaftsplanerischer Projekte, Europäische Hochschulschriften, Reihe XLII, Band 11, Frankfurt am Main.

MEKA (1998): Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich. Richtlinie des Ministeriums Ländlicher Raum zur Förderung der Erhaltung und Pflege der Kulturlandschaft und von Erzeugungspraktiken, die der Marktentlastung dienen, Stuttgart, AZ 65-8872.50

PERICIN, C. & B. FREYER (1996): Biologischer Landbau im Jahr 1994, in: Nationale Projektgruppe Ökopilotbetriebe (Hrsg.): Stand und ökologische Entwicklung der Pilotbetriebe. Jahresbericht der Nationalen Projektgruppe Ökopilotbetriebe 1994, FAT, Tänikon, Schweiz. Im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft, Bern.

ROHMANN, U. & H. SONTHEIMER (1985): Nitrat im Grundwasser. Ursachen, Bedeutung, Lösungswege. DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe (TU). 468 pp.

SchALVO (1992): Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung des Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Stuttgart.

SCHEFFER, B. (1997): Einfluss der Flächennutzung und Düngung auf die Grundwasserqualität, N-Flächenbilanzen als Kontrollinstrument. Wasserwirtschaft 87, 2, 72-75.

SOEGAARD, K. (1988): Nitratudvaskning fra sandjord - hvad betyr sadskifte og vandforsdyning? Gron Viden, landbrug, 22, 4.

STADELMANN, F., B. ACHERMANN, H. LEHMANN, H. MENZI, S. PFEFFERLI, U. SIEBER & A. ZIMMERMANN (1996): Ammoniak-Emissionen Schweiz, Stand, Entwicklung, technische und betriebswirtschaftliche Möglichkeiten zur Reduktion, Empfehlungen, Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL), Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon.

UHLEN, G. (1989): Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. Nutrient balances 1974-81. Norwegian Journal of Agricultural Science, 3, 33-46.

Adresse der Autoren:

Siegfried Hartnagel, Dipl.-Ing. Agr., Forschungsinstitut für
biologischen Landbau, Postfach, 5070 Frick.
siegfried.hartnagel@fibl.ch

Kaj Rennenkampff, Dipl.-Ing. Agr. ETH, Forschungsinstitut für
biologischen Landbau, Postfach, 5070 Frick.
kaj.rennenkampff@fibl.ch

Bernhard Freyer, Univ. Prof., Institut für ökologischen Landbau
Universität für Bodenkultur (BOKU), Gregor-Mendelstr. 33,
A-1180 Wien.
bfreyer@edv1.boku.ac.at

