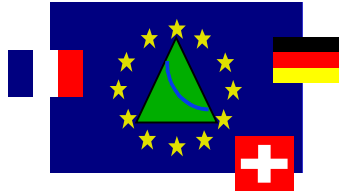


ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft



1996-1999

Abschlussbericht zum Projekt A1.5

Stickstoffversorgung und -dynamik in Fruchtfolgen vieharter Betriebe des ökologischen Landbaus

Projektleiter:	Dr. Vetter, M. Miersch (IfUL)	Müllheim	D
Projektpartner:	J. Weissbart (OPABA)	Schiltigheim	F
	Dr. Freyer, K. Rennenkampff (FiBL)	Frick	CH
Weitere Beteiligte:	J. Schlickerieder (Beratungsdienst ökolog. Landbau)	Emmendingen	D

Projekt gefördert durch die EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II 'Oberrhein Mitte-Süd'

Institut für umweltgerechte Landwirtschaft Müllheim (IfUL)
Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace (OPABA)
Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL)

ITADA-Sekretariat: 2 allée de Herrlisheim, F-68000 COLMAR
Tel.: 00333 89 22 95 50 Fax: 00333 89 22 95 59 eMail: itada@wanadoo.fr

Das Arbeitsprogramm 1996 - 1999 des ITADA stand unter der Projektträgerschaft des Conseil Régional d'Alsace (Regionalrat des Elsass) und wurde kofinanziert von:

- Europäischer Fond für Regionale Entwicklung (Programm INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd)
- Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg
- Kantone der Nordwestschweiz (Aargau, Basel-Landschaft, Basel Stadt, Solothurn)
- Schweizerische Eidgenossenschaft
- Conseil Régional d'Alsace (Regionalrat des Elsass)
- Agence de l'Eau Rhin-Meuse (Wasseragentur Rhein-Maas)
- Französischer Staat (Ministerien für Landwirtschaft und für Umwelt)
- Berufsständische Organisationen des Elsass

Das Projekt A1.5

'Stickstoffversorgung und -dynamik in Fruchtfolgen vieharter Betriebe des ökologischen Landbaus'

wurde ausgeführt von:

Martin Miersch, Dr. Reinhold Vetter (IfUL)	Projektleitung
Joseph Weissbart (OPABA)	Projektpartner
Kai Rennenkampf, Dr. Bernhard Freyer (FiBL)	Projektpartner
Beratungsdienst Ökologischer Landbau Emmendingen	Mitbeteiligter

Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung Müllheim (IfUL)
Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace, Schiltigheim (OPABA)
Forschungsinstitut für Biologischen Landbau, Frick (FiBL)

Abkürzungen

AGÖL	Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau
Ba-Wü	Baden-Württemberg
CH	Schweiz
D	Deutschland
DOK-Versuch	Fruchtfolge-Versuch des Forschungsinstituts für biologischen Landbau in CH-Frick (Vergleich <u>d</u> ynamisch, <u>o</u> rganisch, <u>k</u> onventionell)
DWD	Deutscher Wetterdienst
F	Frankreich
FF	Fruchtfolge
FM	Frischmasse
GV	Großvieheinheit
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LEL	Landesanstalt für Entwicklung Landwirtschaft und der ländlichen Räume Baden-Württemberg
LfL	Landesanstalt für Flurneuordnung Baden-Württemberg
K	Kalium
KG	Kleegras
MEKA	Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich
MLR	Ministerium ländlicher Raum Baden-Württemberg
N	Stickstoff
N _{min}	mineralischer Stickstoff = Nitrat und Ammonium
NWCH	Nordwestschweiz
ÖL	ökologischer Landbau
OPABA	Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace
ORE-D	Oberrheinebene Mitte-Süd; deutscher Teil
ORE-F	Oberrheinebene Mitte-Süd; französischer Teil
P	Phosphor
PSM	Pflanzenschutzmittel
SAU	surface agricole utilisée
SchALVO	Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung des Landes Baden-Württemberg
STH	surface toujours en herbe
TM (TS)	Trockenmasse (Trockensubstanz)
UGB	unité de gros bétail
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
WW	Winterweizen
ZF	Zwischenfrucht

Inhaltsverzeichnis

1 Projektstruktur	6
2 Problemstellung und Projektziele	7
3 Material und Methoden	9
3.1 Auswertung bestehender Daten des Untersuchungsgebietes	9
3.1.1 Baden-Württemberg	9
3.1.2 Elsaß	10
3.1.3 Schweiz	10
3.2 Eigene Erhebungen in vieharmen Betrieben des ökologischen Landbaus	10
3.2.1 Datenerhebung in Südbaden und im Elsaß	10
3.2.2 Nährstoffbilanzierung auf Betriebsebene	12
3.3 Begleitende Versuche	13
3.3.1 Demonstration der Stickstoff-Dynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung am Standort D-Müllheim	13
3.3.2 Versuche mit abfrierenden Zwischenfrüchten am Standort D-Müllheim	14
3.3.3 Versuche mit organischen Düngern und Zwischenfrüchten am Standort F-Herbsheim	16
3.3.4 Versuche mit organischen Düngern und Zwischenfrüchten am Standort F-Volgelsheim	18
3.3.5 Berechnung der Nitratverlagerung im Boden	19
3.4 Systematische Auswertung der Literatur zur Stickstoff-Dynamik im ökologischen Landbau	23
4 Ergebnisse und Diskussion	28
4.1 Flächennutzung und Betriebsstrukturen von Ökobetrieben am Oberrhein	28
4.2 Der Stickstoffhaushalt vieharter Öko-Betriebe	31
4.2.1 N ₂ -Fixierung durch Leguminosen	31
4.2.2 Nährstoffbilanzen von Ökobetrieben am Oberrhein	35
4.3 Stickstoff-Verlagerung mit dem Sickerwasser unter ökologischer Bewirtschaftung	38
4.3.1 Vergleichende Untersuchungen in der Literatur	38
4.3.2 Generelle Überlegungen zur Nitrat-Verlagerung am Oberrhein im Winterhalbjahr	41

4.3.3 Stickstoff-Dynamik und Stickstoff-Verlagerung im Wechselspiel von landwirtschaftlichen Kulturen und ackerbaulichen Maßnahmen	45
4.3.3.1 Klee gras und Klee gras-Umbruch	45
4.3.3.2 Körnerleguminosen	50
4.3.3.3 Getreide und Zwischenfrüchte	53
4.3.3.4 Organische Dünger	59
4.3.3.5 Spät räumende Kulturen und 'Problemkulturen'	62
4.3.3.6 Stickstoff-Austräge am Standort Müllheim: Zusammenfassung	66
4.3.4 Ein Schätzrahmen für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte im ökologischen Landbau	68
4.4 Rentabilität des ökologischen Ackerbaus	70
4.4.1 Erträge und Preise	70
4.4.2 Staatliche Förderung des ökologischen Landbaus	71
4.4.3 Kosten im ökologischen Ackerbau	72
4.5 Grundwasserschutz durch ökologischen Landbau?	73
4.5.1 Förderung des ökologischen Landbaus in Trinkwasserschutzgebieten: Die Situation in Deutschland	73
4.5.2 Szenario: Die Umstellung der Landwirtschaft im Wasserschutzgebiet Weisweil auf ökologischen Landbau	78
4.5.2.1 Die Realität: Sanierung des Trinkwassers der Gemeinde Weisweil durch grundwasserschonenden konventionellen Landbau	78
4.5.2.2 Das Szenario: Sanierung des Trinkwassers der Gemeinde Weisweil durch ökologischen Landbau?	83
5 Zusammenfassung	88
6 Literatur	89
7 Anhang	102

1 Projektstruktur

Beteiligte Organisationen

Projektleitung

Dr. R. Vetter, M. Miersch (ab 17.02.97)
Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung (IfUL)
Auf der Breite 7
D-79379 Müllheim
Tel. 07631/3684-0

Projektpartner

J. Weissbart
Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace (O.P.A.B.A.)
F-Schiltigheim

Dr. B. Freyer, K. Rennenkampff
Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
CH-Frick

Mitbeteiligt

J. Schlickerrieder
Beratungsdienst ökologischer Landbau
D-Emmendingen-Hochburg

Mitarbeit

K. Hansmann, K. Heitz, T. Michaelis, H. Mielke (Feldversuche am IfUL)
J. Heise, B. Mühlhoff (PraktikantInnen am IfUL)
R. Prox (Werkvertragsnehmer am IfUL)
C. Schaub (Chambre d'Agriculture Bas-Rhin, F-Schiltigheim)
Zahlreiche badische und elsässische Ökobetriebe

Koordination und Übersetzungen

ITADA, F-Colmar

Autoren des Abschlußberichtes

M. Miersch, Dr. R. Vetter

Projektlaufzeit

01.09.1996 bis 31.08.1999

Übergeordnete Ziele

Aus der 'Gemeinsamen Erklärung über die Schaffung eines grenzüberschreitenden Instituts zur rentablen umweltgerechten Landbewirtschaftung (ITADA)':

„... Das Land Baden-Württemberg und seine französischen Partner suchen angesichts des bedeutenden Grundwasservorkommens, welches das Gebiet des Oberrheins auszeichnet, die bestmögliche Verträglichkeit zwischen Landwirtschaft und Umweltschutz, besonders in Bezug auf den Schutz und die Qualität von Trinkwasser. Nachdem in unseren Grenzregionen vergleichbare Produktionsbedingungen und wachsende ökologische Forderungen gegenüber der landwirtschaftlichen Produktion bestehen, ist es wünschenswert, daß gemeinsam wirtschaftlich und ökologisch vertretbare Produktionsmethoden untersucht, entwickelt, geprüft und optimiert werden...“

2 Problemstellung und Projektziele

Problemstellung

Wegen des Verzichts auf chemisch-synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie einer bodengebundenen Viehhaltung kann der ökologische Landbau grundsätzlich als grundwasserschonendes Landnutzungssystem angesehen werden. In der aktuellen Marktsituation stellt er außerdem für geeignete Betriebe eine Möglichkeit zur Einkommenssicherung dar. Der ökologische Landbau könnte daher einerseits zu einer Entspannung der Nitratproblematik im Grundwasser der Oberrheinebene beitragen und andererseits die Einkommenssituation in der Landwirtschaft verbessern.

Aber auch in ökologisch wirtschaftenden Betrieben besteht die Gefahr der Nitratauswaschung ins Grundwasser. Die Stickstoff-Versorgung der Kulturen erfolgt überwiegend indirekt durch nur begrenzt steuerbare Bodenprozesse, so daß immer dann Nitrat verlagert werden kann, wenn die Bodennutzung nicht an den Standort angepaßt wird. Untersuchungen über den Einfluß einzelner Faktoren, wie z.B. die Fruchtfolgegestaltung oder Art und Zeitpunkt der Bodenbearbeitung auf die N-Dynamik liegen bereits vor. Es fehlt dagegen eine simultane Betrachtung aller Einflußfaktoren von Bodenbewirtschaftung und Standort mit dem Ziel, Nitratausträge aus den Bodennutzungssystemen des ökologischen Landbaus abzuschätzen.

Außerdem wurden die bisherigen Untersuchungen überwiegend in den traditionellen ökologischen Gemischtbetrieben mit Viehhaltung durchgeführt. Aufgrund der hohen relativen Vorzüglichkeit des Ackerbaus wirtschaften die meisten Landwirte in der Oberrheinebene - auch die ökologisch wirtschaftenden - aber vieharm oder viehlos. Über die Bodennutzungssysteme und Stickstoff-Flüsse dieser Betriebe ist nur wenig bekannt.

Generell unterscheiden sich viehlose oder vieharme Ökobetriebe in N-Versorgung und N-Dynamik deutlich von viehhaltenden:

- Eine direkte Stickstoff-Düngung über den gezielten Einsatz von Wirtschaftsdüngern ist nicht oder nur sehr begrenzt möglich. Daher besteht in diesen Betrieben zunehmendes Interesse am Einsatz von N-haltigen organischen Zukaufsdüngern (z. B. Guano, Horn- und Federmehl), um die 'N-Lücke' beispielsweise bei Getreide im Frühjahr zu schließen.
- Gleichzeitig muß der gesamte von Leguminosen (Kleegrass in Grünbrachen, Körnerleguminosen) akkumulierte Stickstoff bis zum Aufwuchs der Folgekulturen im Boden konserviert werden. Kleegrass-Stickstoff kann in viehlosen Betrieben nicht über den Weg der Verfütterung im Wirtschaftsdünger zwischengespeichert werden. N-Konservierung durch Zwischenfruchtanbau kommt in diesen Betrieben eine besondere Bedeutung zu.

So besteht insbesondere in viehlosen oder vieharmen Ökobetrieben die Gefahr, daß es bei nicht angepaßter Bodennutzung zu einer zeitlichen Verschiebung zwischen N-Bedarf der Kulturen und N-Angebot des Bodens kommt. Eine mangelhafte Stickstoff-Versorgung der Kulturen und entsprechenden Mindererträgen kann die Folge sein. Gleichzeitig ist es, vor allem im Winterhalbjahr, möglich, daß überschüssiges Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen oder denitrifiziert wird.

Stickstoff-Verluste haben für den Ökobetrieb erhebliche wirtschaftliche Konsequenzen, da Stickstoff über Zukaufsdünger nur in engen Grenzen substituiert werden darf. Eine Ausdehnung des Anbaus von Klee- bzw. Luzernegrass aber führt im viehlosen Ökobetrieb zu negativen Deckungsbeiträgen, da eine Verwertung des Aufwuchses in der Regel nicht erfolgt (Grünbrache).

Projektziele

1. Das Stickstoff-Management von Ökobetrieben mit geringem Viehbesatz soll optimiert werden, um die Wirtschaftlichkeit dieser Betriebe zu erhöhen und gleichzeitig Nitrat-Auswaschungen ins Grundwasser weiter zu reduzieren.
2. Für ein Wasserschutzgebiet der Oberrheinebene soll ein Szenario für eine großflächigere Umstellung der Landwirtschaft auf ökologischen Landbau entwickelt werden. Die Umstellung auf ökologischen Landbau soll mit anderen Maßnahmen zur Reduzierung des Nitrat-Austrags verglichen werden.

3 Material und Methoden

3.1 Auswertung bestehender Daten des Untersuchungsgebietes

3.1.1 Baden-Württemberg

Auswertung von MEKA-Daten

Um staatliche Fördergelder für die Einführung oder Beibehaltung ökologischer Anbauverfahren zu erhalten, müssen ökologisch wirtschaftende Betriebe in Baden-Württemberg einen Antrag nach dem Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichsprogramm (MEKA) stellen. Für jedes Antragsjahr sowie jedes bewirtschaftete Flurstück sind von den Landwirten Angaben über die Bodennutzung zu machen. Außerdem ist der Viehbesatz jedes Betriebes anzugeben. Diese Flurstücksverzeichnisse aus den Jahren 1994 bis 1996 wurden dem ITADA Projekt A 1.5 auf dem Wege der Amtshilfe von der Landesanstalt für Flurneuordnung zur Verfügung gestellt (LfL 1997 [546]).

Von allen ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Baden-Württemberg, die einen MEKA-Antrag gestellt haben, lagen folgende Daten vor:

- Antragsjahr
- Gemeindenummer
- Betriebsnummer
- GV-Klasse des Betriebes: kleiner oder größer 0,5 GV/ha LF
- Gemarkungsnummer
- Flurnummer
- Flurstücksnummer
- Unternummer
- Schlagnummer
- Schlaggröße [ha]
- Nutzungscode

Die Daten wurden von der LfL im dBASE-Format übermittelt und durch das IfUL mit Hilfe der Datenbank MS-Access aufbereitet und ausgewertet. Über die Flurstücksnummern lassen sich Daten aus verschiedenen Jahren miteinander verknüpfen.

Gültigkeit der Daten

Für das Jahr 1996 wurden in Baden-Württemberg durch das MEKA-Antragsverfahren 35.109 ha LF, das sind 80 % der ökologisch bewirtschafteten Fläche, erfaßt. Insgesamt wurden 1996 in Baden-Württemberg 43.963 ha LF ökologisch bewirtschaftet (Regierungspräsidium Karlsruhe 1997). **Offensichtlich haben also nicht alle ökologisch wirtschaftenden Betriebe Fördergelder für die Einführung oder Beibehaltung ökologischer Anbauverfahren beantragt.** Vor allem für reine Grünlandbetriebe sind andere Förderprogramme lukrativer als die für den ökologischen Landbau möglichen Förderungen (persönliche Mitteilung Herr Rupp, MLR). Da die MEKA-Daten im Rahmen dieses Projektes vor allem im Hinblick auf den Ackerbau ausgewertet wurden und zudem reine Grünlandbetriebe im Untersuchungsgebiet kaum vorkommen, **sollten die vorgestellten Ergebnisse der MEKA-Auswertung für deutlich mehr als 80 % der betrachteten Flächen Gültigkeit besitzen.**

Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Über die Gemeindenummer ließen sich die Betriebe des Untersuchungsgebietes identifizieren. **Dabei wurde auf deutscher Seite das Untersuchungsgebiet ‘Oberrheinebene Mitte-Süd’ (ORE-D) auf 104 Gemeinden (vgl. auch Übersicht im Anhang) definiert, die gleichzeitig folgenden Kriterien entsprechen:**

1. Die Gemeinden liegen im INTERREG-Gebiet ‘Oberrhein Mitte-Süd’, d. h. in einem der Land- bzw. Stadtkreise Ortenau, Emmendingen, Freiburg, Breisgau-Hochschwarzwald, Lörrach oder Waldshut.
2. Die Gemeinden liegen im Vergleichsgebiet 3 ‘Rheinebene’ des Landes Baden-Württemberg (MLR, 1995 [554]).

3.1.2 Elsaß

Für das Elsaß konnte auf die Daten der OPABA zurückgegriffen werden, die Aufzeichnungen über die Ökobetriebe im Elsaß führt. Die Betriebe im Elsaß wurden vom Projektpartner Herrn Weissbart aufgeteilt in jene, die im Untersuchungsgebiet Rheinebene liegen und solche, die sich außerhalb der Rheinebene (d.h. in der Vorbergzone oder den Vogesen) befinden.

3.1.3 Schweiz

Vorhandene Daten zum ökologischen Landbau in der Schweiz wurden vom FiBL auf der Basis der Daten seines Kontrolldienstes ausgewertet.

3.2 Eigene Erhebungen in vieharmen Betrieben des ökologischen Landbaus

3.2.1 Datenerhebung in Südbaden und im Elsaß

Um genauere Informationen über die Praxis des ökologischen Landbaus in der Oberrheinebene im Hinblick auf den N-Haushalt zu gewinnen, wurden eigene Erhebungen in vieharmen Betrieben des ökologischen Landbaus durchgeführt. Dazu wurden einheitliche, gemeinsame Unterlagen zur Erhebung von Produktionskennziffern im badischen und elsässischen Teil der Oberrheinebene erstellt. Ein Muster des Erhebungsbogens findet sich im Anhang.

Bei zehn badischen und sechs elsässischen Betrieben wurden Daten zu Ein- und Ausfuhr, Standort, Fruchtfolgen, Bodenbearbeitung, Düngung sowie Erträgen erhoben. Die in beiden Ländern gewonnenen Daten wurden einheitlich codiert, um eine gemeinsame, EDV-gestützte Auswertung zu erleichtern. Tabelle 1 zeigt einige mit dem Erhebungsbogen Nr. 9 ‘Arbeitsgänge für das Produktionsverfahren *Winterweizen* nach *Stillegung*’ (vgl. Anhang) gewonnene Daten.

Tabelle 1: Beispiel für die Eingabe von Daten in die EDV, hier: Erhebungsbogen Nr. 9 'Arbeitsgänge für das Produktionsverfahren Winterweizen nach Stilllegung'

Betr.Nr.	Kultur	Code (Kultur)	Vorkultur	Code (Vork.)	Gültigkeit	Monat	Monats-hälfte	Gerät	Arbeiten (m)	Code (Gerät)	Mengen (dt/ha)	Anmerkungen
Exploitation N°	Culture	Code (Kultur)	Préculture	Code (Préc.)	validité	mois	Quinzaine	Outil	L'argent de travail (m)	Code (Outil)	Quantité (qx/ha)	Remarques diverses
27	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	10	2	3-Schar-Beetpflug	1,05	1002		Stilllegung mit Leguminosenmischung
27	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	11	1	Kreiselegge/Drillmaschine	2,5	3022	2,0	Lohnunternehmer
27	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	3	2	Striegel	6	4633		Hatzenbichler; 2 Überfahrten u. Kleegeige
27	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	7	2	Mähdrusch im Lohn		5096		
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	8	1	Grubber	3	1423		
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	9	1	Grubber	3	1423		
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	10	1	Grubber	3	1423		
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	10	1	4-Schar-Voltdrehpflug	1,4	1023		
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	10	2	EGge	4,8	1407		
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	11	1	Saatbettbereitung	4,8	1407		
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	11	1	Aussaat	3	3003	2,3	Drillmaschine im Zwischenanbau
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	2	1	Gesteinsmehl gestreut	10	2602	8	
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	3	1	Biovegetal gedüngt	10	2602	2,5	
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	3	2	Thomaskali gedüngt	10	2602	5	
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	3	2	Hacke	3	4242		
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	4	1	Striegeln	3	4613		
28	Winterweizen	115	Stilllegung	511	1	7	2	Mähdrusch im Lohn	5,2	5097		

Quelle: Eigener Entwurf

3.2.2 Nährstoffbilanzierung auf Betriebsebene

Mit der MS-Excel-Anwendung 'hoftor 2' (Maier 1997 [545]) wurden Hoftor-Bilanzen, auch als Import-Export- oder Input-Output-Bilanzen bezeichnet, berechnet. Die notwendigen Daten wurden bei den eigenen Erhebungen in vieharmen Betrieben des ökologischen Landbaus erhoben.

Das Programm hoftor 2 berechnet aus Angaben zur Tierhaltung die im Betrieb anfallenden Wirtschaftsdüngermengen. **30 % des in den betriebseigenen Wirtschaftsdüngern enthaltenen Stickstoffs gilt als Verlust und wird den Nährstoffexporten zugerechnet.** Dieses Verfahren wird aber nicht auf zugekaufte (= importierte) Wirtschaftsdünger angewandt.

Nährstoffimporte mit dem Saat und Pflanzgut wurden nicht berücksichtigt.

3.3 Begleitende Versuche

3.3.1 Demonstration der Stickstoff-Dynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung am Standort D-Müllheim

Auf den Ackerflächen am Standort D-Müllheim, die seit 1977 unter ökologischer Bewirtschaftung stehen, wird seit 1994 folgendes Fruchtfolgeschema eingehalten:

1. Klee gras (Stilllegung)
2. Winterweizen +
abfrierende Zwischenfrucht
3. Sommerung (Sommergerste, Körnermais, Sonnenblumen)
evtl. abfrierende Zwischenfrucht
4. Körnerleguminosen (Erbsen, Sojabohnen)
5. Winterroggen (Winterweizen) +
abfrierende Zwischenfrucht
6. Sommerung (Sommergerste, Sonnenblumen)

Daten zu Standorteigenschaften und Produktionstechnik befinden sich im Anhang.

Mit Beginn des ITADA-Projektes wurde eine regelmäßige N_{\min} -Beprobung der Flächen initiiert. Die Beprobungen werden mit einer Nitratraupe (Pürckhauer-Bohrstock) durchgeführt. Pro Schlag werden 8 Einstiche vorgenommen, schichtweise (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) zu einer Mischprobe vereint und bei -18 °C tiefgefroren. Durch die LUFA Augustenberg wird der Nitratgehalt an der getrockneten Probe bestimmt.

Um Nitratverlagerungen im Boden quantifizieren zu können, wurden die Bodenproben ab Dezember 1997 auch auf ihren Wassergehalt analysiert.

Auf die Bestimmung von Ammonium wird verzichtet. Da nach Scheffer und Schachtschabel 1992 [555] die Nitrifikation schneller verläuft als die Ammonifikation, kommt Ammonium in der Bodenlösung mitteleuropäischer Böden unter aeroben Verhältnissen kaum vor.

3.3.2 Versuche mit abfrierenden Zwischenfrüchten am Standort D-Müllheim

Versuchsfrage

Prüfung abfrierender Zwischenfrüchte auf

1. N_{\min} -Dynamik und N-Verlagerung im Boden
2. N-Aufnahme der Zwischenfrüchte
3. Ertrag der Nachfrucht

Standorte

1997/98: Winkelmatten West, mittel schluffiger Ton, 4,6 % Humus

1998/99: Hacher Weg West, mittel sandiger Lehm, 1,9 % Humus

Versuchsanlage:

Randomisierte Blockanlage (Versuchsplan siehe Anlage) in vierfacher Wiederholung mit folgenden Faktorstufen:

1. Senf
2. Ackerbohnen
3. Phacelia
4. Sommerzwischenfruchtgemenge (SZF4) *)
5. Selbstbegrünung
6. Schwarzbrache

*) = Gemenge aus 22 % Alexandrinerklee (Trèfle d'Alexandrie, *Trifolium alexandrinum*), 14 % Futtererbsen (Pois des champs, *Pisum arvense*), 14 % Platterbsen (Gesse; *Lathyrus sativus*), 28 % Sommerwicke (Vesce commune; *Vicia sativa*), 2 % Phacelia, 20% Buchweizen (*Sarrasin*; *Fagopyrum esculentum*)

Tabelle 2: Fruchtfolgeausschnitte für Zwischenfruchtversuche am Standort D-Müllheim

	Winkelmatten West	Hacher Weg West
1996	Kleegrass (Stilllegung)	
1997	Winterweizen und <u>Zwischenfruchtversuch</u>	Kleegrass (Stilllegung)
1998	Sonnenblumen	Winterweizen und <u>Zwischenfruchtversuch</u>
1999		Sommergerste

Produktionstechnik Winkelmatten West

05.08.97 Ernte Winterweizen (46 dt/ha)
 07.08.97 Kalkung, 30 dt/ha kohlensaurer Magnesiumkalk
 08.08.97 Stoppelgrubber
 13.08.97 Stoppelgrubber
 18.08.97 Stoppelgrubber
 19.08.97 Aussaat Zwischenfrüchte: Kreisel-egge, Versuchssämaschine, Walze
 30.09.97 nur Variante Schwarzbrache: Stoppelgrubber

Produktionstechnik Hacher Weg West

22.07.98 Ernte Winterweizen (26 dt/ha)
 23.07.98 Stroh mulchen und Stoppelgrubber
 17.08.98 Saatbettbereitung mit Rototiller
 19.08.98 Aussaat Zwischenfrüchte mit Versuchssämaschine
 16.10.98 nur Variante Schwarzbrache: Stoppelgrubber

Untersuchungsmethoden

- **Nitrat/Wassergehalt im Boden:** Bodenprobennahme mit Pürckhauer Bohrstock auf Nitrattraube; pro Parzelle werden 3 Einstiche durchgeführt, schichtweise zu einer Mischprobe vereint und bei -18 °C tiefgefroren. Durch die LUFA Augustenberg wird der Nitratgehalt an der getrockneten Probe bestimmt. Gleichzeitig wird an diesen Proben der Bodenwassergehalt bestimmt.
- **Zwischenfrucht-Aufwuchs:** Auf jeder Parzelle wird der oberirdische Aufwuchs auf 0,5 m² am 03.11.97 geschnitten. Der Wassergehalt des Aufwuchses wird durch Trocknung bis zur Massenkonstanz bei 105 °C bestimmt.
- **N-Gehalt im Zwischenfrucht-Aufwuchs:** 4 Teilproben des Zwischenfrucht-Aufwuchses jeder Variante werden zu einer Mischprobe vereint und durch die LUFA Augustenberg mit Hilfe einer Verbrennungsanalyse auf Gesamtstickstoff untersucht.
- Die **Nitrat-Auswaschung** aus dem 0-90 cm Profil wird nach Rohmann 1996 [322] berechnet (Kapitel 3.3.5.)

3.3.3 Versuche mit organischen Düngern und Zwischenfrüchten am Standort F-Herbsheim

Versuchsfrage

Wie wirken sich die Anwendung von Mist-Kompost und Zwischenfruchtanbau auf die Nitratgehalte im Boden und den Ertrag der Kulturen aus?

Varianten

1. Kontrolle: keine Düngung, keine Zwischenfrucht
2. Keine Düngung, Zwischenfrucht
3. Düngung mit Mist-Kompost, Zwischenfrucht

Versuchsanlage

Praxisversuch auf viehlosem Betrieb des ökologischen Landbaus
je Variante ein Streifen von 9 x 50 m

Standort

Betrieb Raymond Hurstel
67230 Herbsheim
Schlag 'Strengen' (commune de Rossfeld), 1,38 ha
Parzellen 32, 33, 34
Bodenart: sandig-toniger Lehm (limon argilo-sableux)

Kulturen

1994 Erbsen-Hafer-Ackerbohnen-Gemenge (pois-avoine-feverole-en mélange)
1995 Wintergerste mit Zwischenfrucht (Erbsen-Hafer-Ackerbohnen-Gemenge)
1996 Körnermais
1997 Winterweizen mit Zwischenfrucht Senf
1998 Ackerbohnen
1999 Triticale (+ Erbsen)

Bewirtschaftung/Bearbeitung durch den Landwirt

Untersuchungsmethoden

- **Nitrat im Boden:** Bodenprobennahme mit Pürckhauer Bohrstock auf Nitrattraupe, pro Variante werden 10 Einstiche längs einer Diagonalen zu einer Mischprobe vereint, bei -18 °C tiefgefroren und durch die SADEF analysiert. Nitrat und Ammonium werden mit 1-molarer KCL extrahiert und kolorimetrisch bestimmt. Angabe der Ergebnisse bezogen auf getrockneten Feinboden.
- **Kornertrag des Winterweizens:** In jeder Variante werden vier Parzellenschnitte von 100 m² mit einem Mähdrescher geerntet und gewogen.

-
- **Strohertrag des Winterweizens:** Proben werden von Hand genommen, 4 x 0,25 m² je Variante. Der Wassergehalt des Stroh wird durch Trocknung bis zur Massenkonstanz bei 105 °C bestimmt.
 - **Zwischenfrucht-Aufwuchs:** In jeder Variante werden auf 3 x 0,25 m² die Pflanzen mit Wurzeln ausgezogen. Der Wassergehalt wird durch Trocknung bis zur Massenkonstanz bei 105 °C bestimmt.
 - **N-Gehalt im Winterweizen:** Die vier Parzellenschnitte aus der Ermittlung des Korn-ertrages werden zu einer Mischprobe vereint und durch die SADEF nach der Methode DUMAS analysiert.
 - **N-Gehalt im Stroh des Winterweizens:** 4 Teilproben je Variante werden zu einer Mischprobe vereint und durch die SADEF nach der Methode DUMAS analysiert.
 - **N-Gehalt im Zwischenfrucht-Aufwuchs:** 3 Teilproben je Variante werden zu einer Mischprobe vereint und durch die SADEF nach der Methode DUMAS analysiert.
 - **N-P-K-Gehalte im Kompost :** Vor der Ausbringung des Komposts wird ihm an 6 bis 10 Stellen Material entnommen und zu einer Mischprobe vereint. Bis zur Untersuchung durch die SADEF wird die Probe gekühlt. N wird nach Kjeldahl bestimmt. P und K werden nach Veraschung der Probe und Aufnahme der Asche in HCL bestimmt (ICP AEM).

3.3.4 Versuche mit organischen Düngern und Zwischenfrüchten am Standort F-Volgelsheim

Versuchsfrage

Wie wirken sich die Anwendung von Mistkompost und Zwischenfruchtanbau auf die Nitratgehalte im Boden und den Ertrag der Kulturen aus?

Varianten

1. Kontrolle: keine Zwischenfrucht, keine Düngung
2. Zwischenfrucht, keine Düngung
3. Zwischenfrucht, Düngung mit Mist-Kompost
4. Zwischenfrucht, Düngung mit Mist-Kompost und organischem Handelsdünger

Versuchsanlage

Praxisversuch auf viehlosem Betrieb des ökologischen Landbaus
je Variante ein Streifen von 9 x 50 m

Standort

Alfred et Dany Schmidt
Pulvermühle
68600 Volgelsheim
Schlag 'Muehlfeld', 2,34 ha
Bodenart: sandig-toniger Lehm, kalkhaltig (23,4 % CaCO₃)

Kulturen

- 1995 Winterweizen
1996 Dinkel mit Zwischenfrucht (Erbsen-Hafer-Ackerbohnen-Gemenge)
1997 Porree
1998 Gerste-Hafer-Erbsen-Gemenge mit Zwischenfrucht (Hafer-Ackerbohnen-Erbsen-Gemenge)
1999 Winterweizen

Bewirtschaftung/Bearbeitung durch den Landwirt

Untersuchungsmethoden

siehe Kapitel 3.3.3

3.3.5 Berechnung der Nitratverlagerung im Boden

Die **Nitratverlagerungen im Boden** am Standort Müllheim wurden nach Rohmann 1996 [322] berechnet (siehe unten). Dazu wurde ein eigenes BASIC-Programm entwickelt und auf dem Kleincomputer Sharp 1500 A implementiert.

Die **Feldkapazität der Böden** wurde nach AG Boden 1994 berechnet. Dazu wurden Bodenart und Humusgehalt ermittelt (Analyse durch die LUFA Augustenberg). **Niederschläge** wurden durch die eigene Wetterstation des IfUL Müllheim (Standort 'Aussiedlerhöfe') ermittelt. Kurzzeitige Ausfälle der eigenen Wetterstation wurden durch Daten der Landesanstalt für Pflanzenschutz (Wetterstation Müllheim, Standort 'Betrieb Busch') ausgeglichen. Zur Ermittlung der **Evapotranspiration** wurden 1997/98 die Daten der Landesanstalt für Pflanzenschutz für die Station Müllheim übernommen, 1998/99 wurde mit Daten des Deutschen Wetterdienstes gerechnet. **Nitrat- und Bodenwassergehalte** wurden im dreiwöchigen Abstand erhoben (vgl. Kapitel 3.3.1 und 3.3.2).

Nitratverlagerung im Boden nach Rohmann 1996 [322]

Prinzip: Die durch jedes Regenereignis aus der untersten betrachteten Bodenschicht ausgelöste N-Verlagerung wird berechnet. Startwerte für Nitrat- und Wassergehalte im Boden stammen aus Beprobungen im Feld.

Ablauf:

1. Startwerte eingeben
2. Alle Regenereignisse bis zur nächsten N_{\min} -Beprobung im Feld durchrechnen.
3. **Berechnete N_{\min} -Werte mit gemessenen vergleichen.**
4. Stimmen berechnete und gemessene N_{\min} -Werte überein, so ist die berechnete N-Verlagerung aus der letzten Schicht plausibel.
5. Hat sich der gemessene N_{\min} -Gehalt im Profil gegenüber dem vorherigen Termin erhöht, wird angenommen, daß das zusätzliche N_{\min} in der Krume mineralisiert wurde. In diesem Fall wird mit einem entsprechend höheren N_{\min} -Startwert erneut gerechnet.
6. Hat sich der gemessene N_{\min} -Gehalt im Profil gegenüber dem vorherigen Termin stärker verringert, als es nach dem N_{\min} -Austrag mit dem Sickerwasser zu erwarten gewesen wäre, müssen andere Erklärungsmöglichkeiten für den Verbleib des Nitrats geprüft werden. Möglicherweise ist das Nitrat durch Denitrifikation gasförmig entwichen (bei wassergesättigten Böden), wurde durch Bodenbakterien immobilisiert oder durch Pflanzen aufgenommen.

Tabelle 3 und Tabelle 4 beschreiben das Modell im Detail.

Tabelle 3: Die Variablen im Rohmann-Modell

Feste Größen		Vorher		Regenereignis		Nachher	
Schichten	Feldkapazitäten (FK)	Wassergehalte (W)	Nitrat-N-Gehalte (N)	a → b	Regen (P) und Versickerung (S)	Wassergehalte (W)	Nitrat-N-Gehalte (N)
über Boden (0)				↓ P			
Schicht 1	FK1 [mm]	Wa1 [mm]	Na1 [kg/ha]	↓ SW0, SN0	a → b	Wb1 [mm]	Nb1 [kg/ha]
Schicht 2	FK2 [mm]	Wa2 [mm]	Na2 [kg/ha]	↓ SW1, SN1	a → b	Wb2 [mm]	Nb2 [kg/ha]
Schicht 3	FK3 [mm]	Wa3 [mm]	Na3 [kg/ha]	↓ SW2, SN2	a → b	Wb3 [mm]	Nb3 [kg/ha]
		↓	↓	↓ SW3, SN3, cN, NN, WW			

SWi Sickerwassermenge, die die Schicht i verläßt [mm]

SNi Nitrat-N-Fracht, die die Schicht i verläßt [kg/ha]

cN Nitratkonzentration im Sickerwasser aus Schicht 3 im Mittel [mg/l]

NN Nitrat-N-Fracht aus Schicht 3, aufsummiert über alle Regenereignisse

WW Sickerwassermenge aus Schicht 3, aufsummiert über alle Regenereignisse [mm]

Quelle: Eigener Entwurf

Tabelle 4: Der Programmablauf im Rohmann-Modell (Wird für alle Regenereignisse zwischen zwei N_{\min} -Bestimmungen im Feld durchlaufen)

Label	Ablauf	Erklärung und Kommentar
Start	NN = 0 WW = 0	Gesamt-N-Austrag aus letzter Schicht über alle Regenereignisse = 0 setzen Gesamt-Wasser-Austrag aus letzter Schicht über alle Regenereignisse = 0 setzen
Regen	Schleife über alle Regenereignisse $SW0 = P - \text{Evapotranspiration}$	Anteil des Regenwassers, der in den Boden einsickert. „Verdunstungsverluste können entweder mit bekannten Beziehungen berechnet (wie in der vorliegenden <i>Untersuchung geschehen</i>) oder in der vegetationslosen Zeit vor allem bei Ackerböden auch pauschal mit rd. 10 % der Niederschlagsmenge angenommen werden.“ (Rohmann 1996 [322]).
	$SN0 = 0$	Annahme hier: kein Nitrat-N im Niederschlag
Überlauf	Schleife über alle Schichten Wenn $Wa1 + SW0 \leq FK1$, dann gehe zu Kein Überlauf . Sonst weiter $Wb1 = FK1$ $SW1 = Wa1 + SW0 - FK1$ $c = (Na1 + SN0)/(Wa1+SW0)$	Hier: Berechnung beispielhaft für Schicht 1. Für die nachfolgenden Schichten wird analog gerechnet. Erst wenn Bodenschicht wassergesättigt ist, fließt Sickerwasser in die nachfolgende Schicht.
	$Nb1 = c \times Wb1$ $SN1 = c \times SW1$	Schicht 1 ist wassergesättigt Sickerwassermenge, die Schicht 1 verläßt (Überschuß)
Zähler weiter	zurück zu Überlauf und analoge Rechnung für die Schichten 2 und 3. Danach weiter	Rührkessel: In die Schicht einsickerndes Wasser und in der Schicht vorhandenes Wasser wird gemischt. Es entsteht ein Mischwasser mit neuer N-Konzentration c [kg/mm]. neue N-Menge in Schicht 1 N-Menge im Sickerwasser (N-Fracht), die Schicht 1 verläßt

Fortsetzung nächste Seite

Label	Ablauf	Erklärung und Kommentar
	$NIN = NN + SN3$	N-Austräge aus letzter Schicht (Schicht 3) werden aufsummiert
	$WW = WW + SW3$	Wasser-Austräge aus letzter Schicht (Schicht 3) werden aufsummiert
b → a	Schleife über alle Schichten	vor dem nächsten Regenerereignis wird Zustand b zu Zustand a
	$Wa1 = Wb1$	
	$Na1 = Nb1$	
	zurück zu b → a und analoge Rechnung für die Schichten 2 und 3. Dannach weiter	
	zurück zu Regen und analoge Rechnung für alle weiteren Regenerereignisse. Dannach weiter	
	Wenn $WW = 0$, dann gehe zu Ausgabe. Sonst weiter	Wenn es keine Wasser-Austräge aus der letzten Schicht gab, dann kann auch keine Nitrat-Konzentration im Sickerwasser berechnet werden.
	$cN = (NN \times 443) / WW$	Nitrat-Konzentration im Sickerwasser [mg/l]
Ausgabe	Ausgabe von Nb1 ... Nb3, cN, NN und WW	
Ende		

Unterprogramm

Kein Überlauf	$Wb1 = SW0 + Wa1$	Sickerwasser aus der darüberliegenden Schicht zum Wassergehalt der Schicht addieren
	$Nb1 = SN0 + Na1$	N-Fracht aus der darüberliegenden Schicht zum N-Gehalt der Schicht addieren
	$SW1 = 0$	kein Sickerwasser
	$SN1 = 0$	keine N-Fracht im Sickerwasser
	zurück zu Zähler weiter	

Quelle: Eigener Entwurf

3.4 Systematische Auswertung der Literatur zur Stickstoff-Dynamik im ökologischen Landbau

Um Vorwinter- N_{\min} -Werte in der Literatur zum ökologischen Landbau vergleichend darstellen zu können, wurde die verfügbare Literatur systematisch ausgewertet. Es wurden nur solche Autoren zugelassen, die Messungen unter den Produktionsbedingungen des ökologischen Landbaus durchgeführt haben. Ausgewertet wurden Quellen (vor allem Dissertationen und Monographien), in denen neben den Vorwinter- N_{\min} -Werten auch Angaben zu Standort, Fruchtfolge und Produktionstechnik gemacht wurden.

Als Vorwinter- N_{\min} -Werte wurden in der Regel - analog zur Vorgehensweise bei den SchAL-VO-Beprobungen in Baden-Württemberg - Messungen aus dem November gewertet. Lagen für November mehrere Meßwerte vor, so wurde der Mittelwert gebildet. Lagen keine November-Messungen vor, wurden auch Messungen aus der letzten Oktober-Dekade zugelassen, sofern die Böden der Bodenarten-Hauptgruppe 'Sande' (AG Boden 1994) zuzurechnen waren. Messungen aus dem Dezember wurden nur ausnahmsweise zugelassen.

Als ein Vorwinter- N_{\min} -Wert wurde in der Regel der Mittelwert aller Wiederholungen einer Faktorstufe betrachtet. Bei Quellen, in denen nur stärker 'verdichtete' Werte (z.B. Mittelwerte über mehrere Versuchsjahre oder Standorte) angegeben waren, wurden diese übernommen. Eine stärkere Gewichtung 'verdichteter' Vorwinter- N_{\min} -Werte wurde nicht vorgenommen.

Insgesamt wurden folgende 22 Quellen mit insgesamt 294 Vorwinter- N_{\min} -Werten berücksichtigt:

Bachinger 1996 [312], Berg et al. 1997 [201], FAC 1995 [216], Faßbender et al. 1996 [45], Faßbender et al. 1993 [300], Fiegenbaum 1993 [299], Foerster und Meyercordt 1994 [228], Heß 1989 [242], Heß et al. 1994 [243], Justus und Köpke 1995 [157], König 1996 [137], Landwirtschaftskammern 1998 [535], Loges 1998 [541], Michel 1993 [301], Möller und Reents 1995 [12], Peters et al. 1990 [162], Piorr 1992 [266], Reents 1991 [53], Roth 1992 [303], Scheller 1993 [217], Schmidt 1997 [329], Schmidtke und Harrach 1989 [257]

Tabelle 5 beschreibt alle Größen, die bei der Literaturlauswertung berücksichtigt wurden, Abbildung 1 zeigt diese im Zeitablauf. Die Daten wurden mit der Tabellenkalkulation MS-Excel verarbeitet. Die abschließende Auswertung, Mittelwertbildung über Vorwinter- N_{\min} -Werte und Diskussion erfolgte vor allem anhand der in Tabelle 5 fett hervorgehobenen Klassen.

Tabelle 5: Größen, die bei der systematischen Literatursauswertung der Vorwinter-N_{min}-Werte im ökologischen Landbau berücksichtigt wurden

- Falls keine Maßnahme durchgeführt wurde, ist **0** (Null) einzutragen (gilt z. B. für die Spalten Zwischenfrucht oder Düngeart).
- Falls keine Angaben vorliegen, ist **k.A.** einzutragen.

Nr.	Spaltenname	Einheit	Erklärung	Beispiel
1	litnr	Zahl	Literaturnummer entsprechend der Quellenangabe in der Excel-Tabelle 'Literatur'.	170
2	kultur	Text	Name der Kultur, nach der Vorwinter-N _{min} gemessen wurde	Winterroggen
3	Kku	ordinal	Kulturklasse: 1 Klee gras, Luzerne gras 2 Körnerleguminosen 3 Getreide 4 Hackfrüchte, Gemüse 5 Kartoffeln	3
4	ertrag	[dt/ha]	Ertrag der Kultur bei üblichen Wassergehalten, bei Futterpflanzen Angabe der Trockenmasse.	55
5	ertrklasse	ordinal	Bewertung des Ertrags: 1 = überdurchschnittlicher Ertrag an diesem Standort 2 = durchschnittlich 3 = unterdurchschnittlich	1
6	vorwintermin	[kgN/ha]	Für Bodenschicht 0-90 cm an einem Termin im November. Falls Angabe aus anderer Bodenschicht, bitte unter Bemerkungen notieren (z.B. 'Nmin 0-60 cm')	13
7	monatmessung	[Monat]	Monat der N _{min} -Messung. In der Regel 11 = November	11
8	vorfrucht	Text	Name der Vorfrucht	Winterweizen
9	Kvor	ordinal	Vorfruchtklasse: 0 nicht (kein) Klee gras, Luzerne gras 1 Klee gras, Luzerne gras	0
10	letzteleguminosenhauptfrucht	Text	Name der letzten Leguminosenhauptfrucht vor der betrachteten Kultur	Luzerne gras

Fortsetzung nächste Seite

Nr.	Spaltenname	Einheit	Erklärung	Beispiel
11	abstandlegu	[Jahre]	Abstand in Jahren der letzten Leguminosenhauptfrucht zur Kultur (1 = Vorjahr (Vorkultur))	2
12	vorzwischenfrucht	Text	Name der Zwischenfrucht <u>vor</u> der Kultur	0
13	bodenart(typ)	Text	Bodenart des Ap-Horizontes. Falls keine Angabe zur Bodenart, Bodentyp oder sonstige Angaben zum Boden	uL
14	Kbo	ordinal	Bodenartklasse 1 Bodenartenhauptgruppe Sande ('leichte Böden') 2 nicht Bodenartenhauptgruppe Sande ('schwere Böden')	2
15	humusgehalt	[%]	Humusgehalt im Oberboden (Gesamtkohlenstoffgehalt x 1,724)	1,84
16	Khu	ordinal	Humusgehaltsklasse: 1 < 2,5 % Humus 2 ≥ 2,5 % Humus	1
17	herbstwetter	Text	Angaben zum Wetter zwischen Ernte und N _{min} -Probennahme im Hinblick auf die N-Mineralisierung (z.B. 'feucht und warm' oder 'sehr trocken')	keine Besonderheiten
18	stoppelbearbeit	[Anzahl]	Anzahl der Stoppelbearbeitungsgänge	1
19	zeitstoppelbearb	[Monat]	Zeitraum der Stoppelbearbeitung. Falls Stoppelbearbeitung sich über mehrere Monate erstreckt, Angabe des Zeitraums (z.B. 8-9)	8
20	grundbodenbearbtermin	[Monat]	Monat, in dem die Grundbodenbearbeitung erfolgte	10
21	Kumb	ordinal	Klasse 'Bodenbearbeitung zu Klee gras/Luzerne gras' 1. vor Oktober 2. Oktober bis Dezember vor der Nmin-Messung 3. nach der Nmin-Messung oder gar nicht (handelt es sich bei 'kultur' nicht um Klee gras/Luzerne gras, bleibt diese Zelle leer)	2
22	düngear	Text	Name des Düngers, der im Zeitraum zwischen der Ernte der Vorfrucht und der Nmin-Messung ausgebracht wurde	Jauche 1:1,5 und Mistkompost
23	düngermenge	[dt/ha, m ³ /ha]	Düngermenge	20 und 300
24	düngezeitpunkt (raum)	[Monat/Jahr]	00 = Vorjahr, 01 = Probejahr	3/1 und 8/1
25	n-menge	[kg/ha]	Mit dem Dünger insgesamt ausgebrachte N-Menge	k.A.

Fortsetzung nächste Seite

Nr.	Spaltenname	Einheit	Erklärung	Beispiel
26	KDü	ordinal	Düngungsklasse <u>im Spätsommer/Herbst</u> (nach der Ernte der Kultur bis zur Nmin-Messung): 0 ≤ 50 kg N/ha 1 > 50 kg N/ha (Düngergaben nach der Vorkultur oder während der Vegetationszeit bleiben hier unberücksichtigt)	0
27	zwischenfrucht	Text	Nach der Ernte der Kultur ausgebrachte Zwischenfrucht. Falls Zwischenfrucht aus einer Untersaat hervorgeht 'US' voranstellen (z.B. US Weißklee gras). Auch der Folgeanbau von Klee gras/Luzerne gras wird bei Aussaat im Zeitraum Juli bis September als Zwischenfrucht angesehen.	Winterwicke
28	saatmonat	[Monat]	Saatmonat der Zwischenfrucht. Bei Untersaaten Erntemonat der Hauptkultur.	8
29	zwischenfruchterfolg	ordinal	[0 = Mißerfolg, 1 = Erfolg]	k.A.
30	KZF	ordinal	Zwischenfruchterfolgsklasse: 0 keine oder nicht erfolgreiche Zwischenfrucht, Untersaat 1 erfolgreiche Zwischenfrucht, Untersaat	0
31	KZF Art	ordinal	Zwischenfruchtartklasse 1 Zwischenfrucht Körnerleguminose in Reinsaat 2 Zwischenfrucht Klee, Klee gras oder Körnerleguminosen-Nichtleguminosen-Gemenge 3 Zwischenfrucht Nichtleguminose	2
32	bemerkungen	Text	z.B. Versuchsbezeichnung des Autors. Beim DOK-Versuch wurde hier z. B. Düngungsstufe und Jahr notiert	O1 85

Quelle: Eigener Entwurf

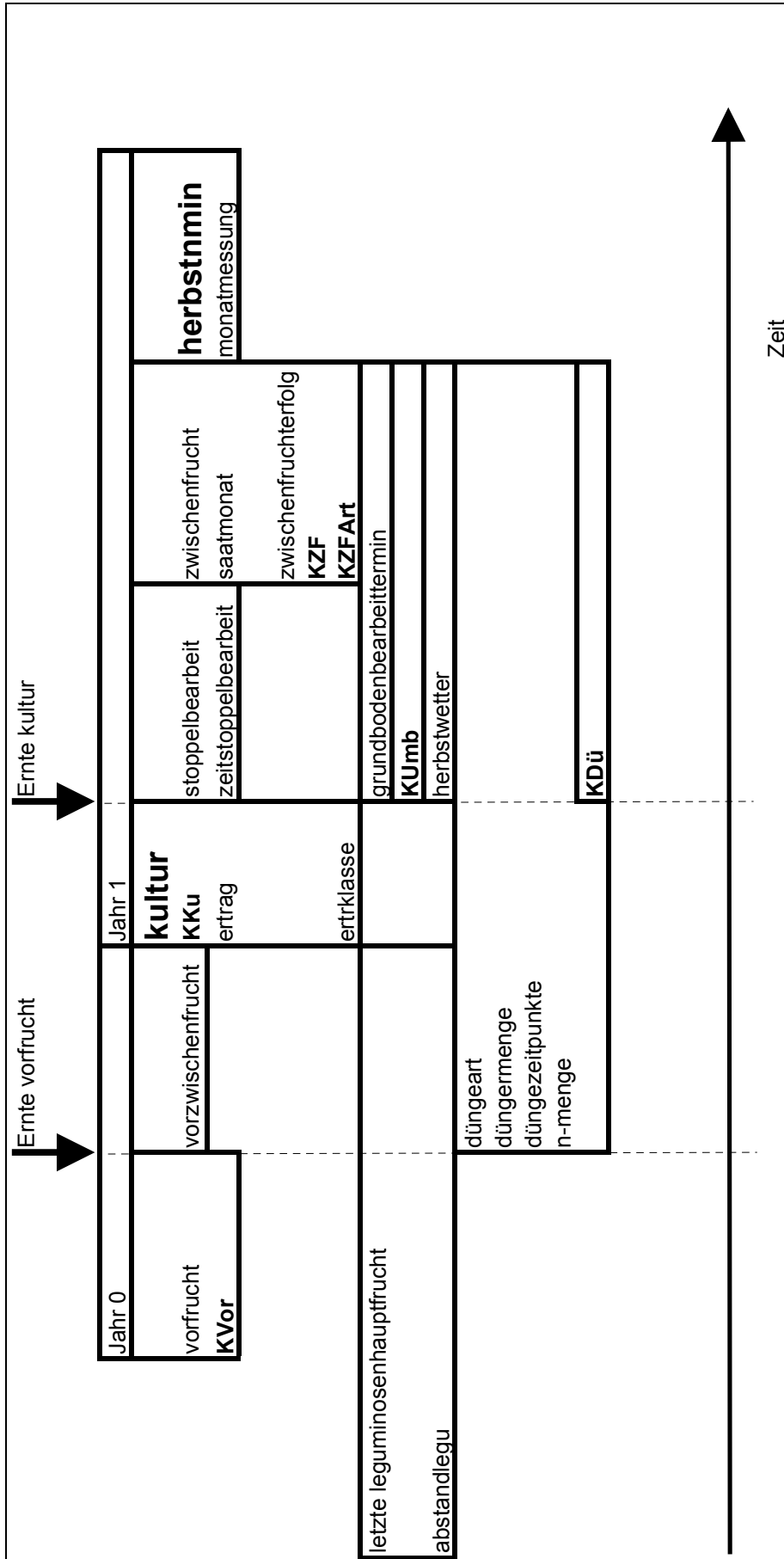


Abbildung 1: Die Größen der Tabelle 5 im Zeitablauf

Quelle: Eigener Entwurf

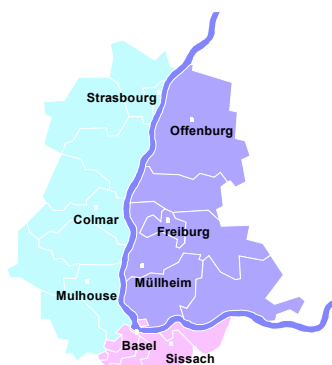
4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Flächennutzung und Betriebsstrukturen von Ökobetrieben am Oberrhein

Das südliche Oberrheingebiet oder die „REGIO“, wie dieses Gebiet grenzüberschreitend in der Nordwestschweiz (NWCH), in Südbaden und im Elsaß genannt wird, bildet eine naturräumliche Einheit innerhalb von zwei Wirtschaftsräumen und drei Nationalstaaten. Der Naturraum am südlichen Oberrhein wird von den Mittelgebirgen Schwarzwald, Vogesen und Jura eingeschlossen. Das zentrale landschaftsprägende Element ist die Oberrheinebene mit ihren heterogenen, meist fruchtbaren Böden und einem milden, zur Sommertrockenheit neigenden Klima. Traditionell ist das Elsaß durch intensiven Ackerbau mit einer dominierenden Maisproduktion, Südbaden durch Ackerbau mit einem hohen Sonderkulturanteil und die Nordwestschweiz durch eine vorrangig extensive Grünlandbewirtschaftung gekennzeichnet.

Trotz ähnlicher naturräumlicher Bedingungen ist der ökologische Landbau in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich entwickelt. So lag der Anteil ökologisch bewirtschafteter Flächen 1997 in der Nordwestschweiz bei 8,4 %, in Südbaden bei 3,2 % (1996) und im Elsaß bei 0,9 % (Tabelle 6). Ökologisch wirtschaftende Betriebe am Oberrhein sind deutlich größer als konventionelle und werden überwiegend im Haupterwerb bewirtschaftet (Tabelle 7).

Tabelle 6: Der ökologische Landbau am südlichen Oberrhein



	Südbaden 1996	Elsaß 1997	NWCH 1997
LF gesamt [ha]	209.795	332.885	43.310
dav. Anteil ökol. bewirtschafteter Flächen [%]	3,2	0,9	8,4
Anteil ökol. wirtschaftender landw. Betriebe [%]	1,9	0,5	6,7

Quellen: LfL 1997 [546], OPABA 1998 [547], Agrarstatistik Schweiz 1997 [548], Bundesamt für Statistik 1997 [549], Hartnagel et al. 1998 [550]

Tabelle 7: Landwirtschaftliche Betriebe am Oberrhein, Vergleich konventionell und ökologisch

Region, Jahr	Betriebstyp	Anzahl Betriebe	Anteil Haupterwerbsbetriebe [%]	Ø LF [ha] (Haupt- und Nebenerwerb)
Südbaden, 1995	alle	21688	24	9,4
Südbaden, 1996	öko	335	ca. 70 ¹⁾	20,1
Elsaß, 1997	alle	16340	57	20,4
Elsaß, 1997	öko	83	93	36,7
NWCH, 1997	öko	171	77	21,2

¹⁾ eigene Schätzung nach Angaben des Beratungsdienstes ökologischer Landbau Breisgau-Schwarzwald e.V.

In den Betrieben der REGIO wird unterdurchschnittlich wenig Vieh gehalten. Dies gilt auch für die Betriebe des ökologischen Landbaus (Tabelle 8 und Tabelle 9). Besonders in der

Ebene ist aufgrund der hohen relativen Vorzüglichkeit des Ackerbaus der Viehbesatz stetig zurückgegangen.

Tabelle 8: Viehbesatz in Ökobetrieben, 1997

Region	Elsaß ohne ORE-F	ORE-F	NWCH	CH
Viehbesatz [GV/ha]	0,60	0,42	0,90	0,97

Tabelle 9: Bewirtschaftung der Ackerflächen durch vieharme und viehstarke Ökoberiebe, 1996

	alle Betriebe	Betriebe ≤ 0,5 GV/ha	Betriebe > 0,5 GV/ha
Gesamt-Baden-Württemberg	16.121 ha 100 %	4.951 ha 31 %	11.170 ha 69 %
Oberrhenebene Mitte-Süd (deutscher Teil)	1.178 ha 100 %	857 ha 73 %	321 ha 27 %

Quelle: Eigene Berechnungen auf der Grundlage von Daten aus dem MEKA-Antragsverfahren (LfL 1997)

Bei der Landnutzung der Ökobetriebe bestehen deutliche Unterschiede zwischen den Regionen (Abbildung 2). In der Nordwestschweiz und in Gesamt-Südbaden überwiegt der Grünlandanteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche deutlich. In der Oberrhenebene dagegen liegt der Grünlandanteil sowohl auf elsässischer als auch auf südbadischer Seite unter 30 %, es dominiert der Ackerbau.

Vergleicht man die Ackernutzung der Ökobetriebe der Oberrhenebene (ORE-D und ORE-F) mit der Ackernutzung aller Ökobetriebe in Gesamt-Baden-Württemberg, so sind deutliche Unterschiede erkennbar: In der Oberrhenebene wird deutlich weniger Klee- und Luzerne-gras und Getreide angebaut. Dafür haben Mais und Gemüse am Oberrhein eine sehr viel höhere Bedeutung als in Gesamt-Baden-Württemberg.

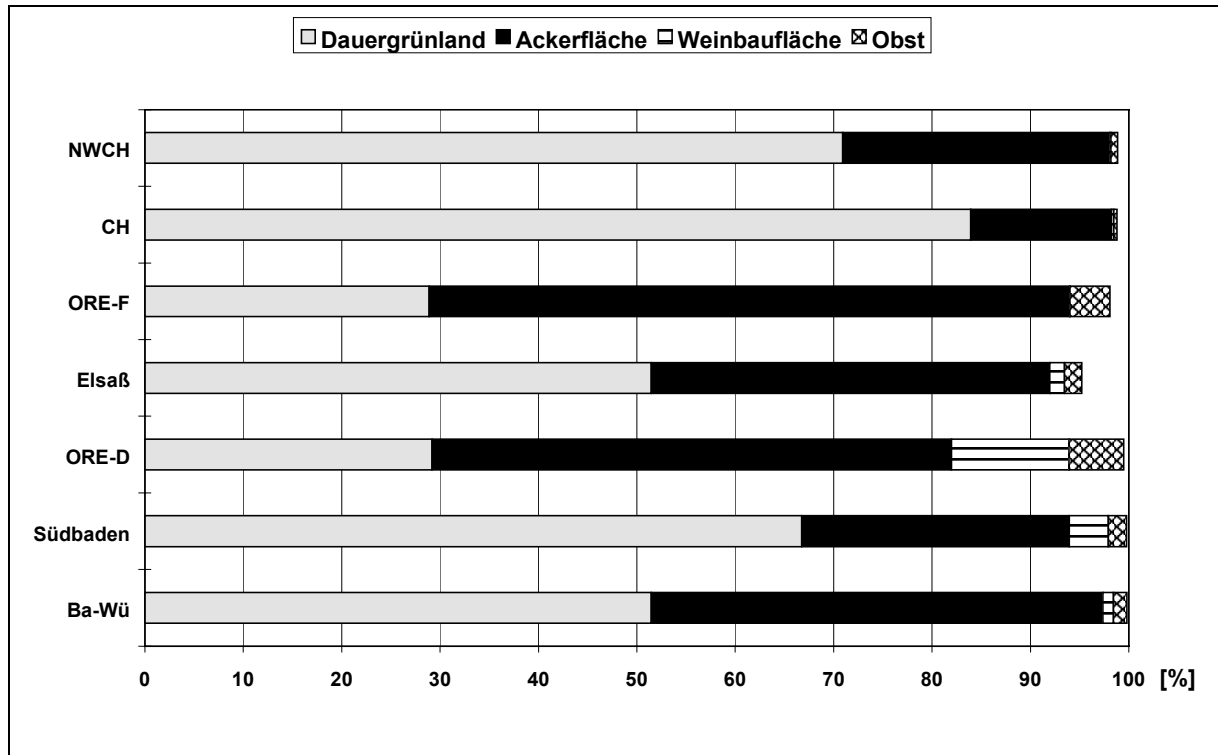


Abbildung 2: Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) der Ökobetriebe 1997 (D 1996) im Vergleich der Regionen

Quellen: Eigene Berechnungen auf der Basis von LfL 1997 [546], OPABA 1998 [547], Agrarstatistik Schweiz 1997 [548], Bundesamt für Statistik 1997 [549], Hartnagel et al. 1998 [550]

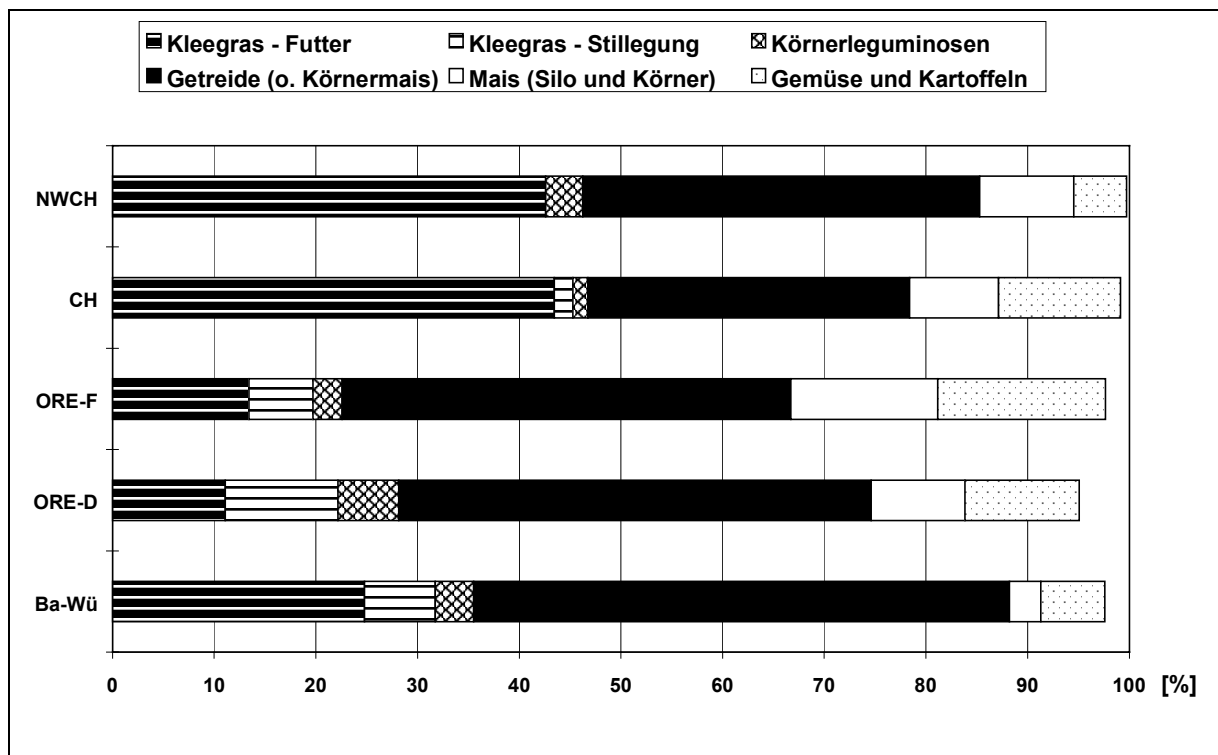


Abbildung 3: Ackerernutzung der Ökobetriebe 1997 (D 1996) im Vergleich der Regionen

Quellen: Eigene Berechnungen auf der Basis von LfL 1997 [546], OPABA 1998 [547], Agrarstatistik Schweiz 1997 [548], Bundesamt für Statistik 1997 [549], Hartnagel et al. 1998 [550]

4.2 Der Stickstoffhaushalt vieharmen Ökobetriebe

4.2.1 N₂-Fixierung durch Leguminosen

Tabelle 10 und Tabelle 11 fassen die Ergebnisse einer Literaturlauswertung zur N₂-Fixierung durch Leguminosen zusammen. Aufgeführt sind die Leguminosen, die in den untersuchten Ökobetrieben am Oberrhein angetroffen wurden.

Hervorzuheben ist, daß Stilllegungen mit Klee gras, die in den vieharmen Betrieben am Oberrhein häufig vorkommen, etwa 60 % weniger N₂ fixieren als Klee gras unter Schnittnutzung. Gründe dafür sind:

- a) Aufliegendes Material nach dem Mulchen der Stilllegung hemmt den Wiederaustrieb des Klee grasses.
- b) Mulchmaterial wird zum Teil mineralisiert und trägt zur N-Versorgung des Klees bei, der darauf - ähnlich wie nach mineralischer Düngung - seine N₂-Fixierung aus der Luft einstellt (Loges 1998 [541]).

Unter gemulchten Stilllegungen mit Klee gras kommt es also - wie häufig vermutet wird - keineswegs zu übermäßigen N-Akkumulationen, die beim Umbruch unkontrolliert mineralisieren könnten.

In viehlosen Betrieben, die Körnerleguminosen aus dem Betrieb exportieren (verkaufen) und nicht verfüttern, ergeben sich aus der Differenz von N₂-Fixierung und N-Export nur leicht positive oder sogar negative N-Flächenbilanzsalden (Mayer und Heß 1997 [145]).

Für die Abschätzung der N₂-Fixierung durch Leguminosen stehen noch keine allgemeingültigen Verfahren zur Verfügung. Viele Autoren haben auch nur die N₂-Fixierungsleistung einzelner, meist oberirdischer, Pflanzenorgane bestimmt. Ein Vergleich der N₂-Fixierungsleistung von Leguminosen muß deshalb neben Angaben zur Methode auch die Pflanzenorgane aufführen, die bei der Bestimmung der N₂-Fixierungsleistung einbezogen wurden. Weiterhin beeinflussen der pH-Wert des Bodens sowie die Kalium- und Phosphorversorgung der Leguminosen ihre Fixierungsleistung entscheidend. Auch hohe Nitratmengen im Boden können die fixierten N₂-Mengen herabsetzen (Schmidtke 1997 [316]).

Tabelle 10: Jährliche N₂-Fixierung der Leguminosen nach verschiedenen Autoren und für die eigenen Untersuchungen verwendete Werte

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kultur	Ertrag (Aufwuchs) [dt/ha]	TM/FM	Literatur, eigen	FIBL	Hoflor 2	verwendete Werte		Quellen/Bemerkungen
jährliche N₂-Fixierung								
			[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/ha]	
Rotklee Stilllegung	90	TM	2,0	-	-	2,0	180	Loges 1998 [541], Loges und Taube 1999 [474]
Rotklee Stilllegung, 5 Jahre	-	-	-	-	-	-	72	wie Klee gras Stilllegung, da sich innerhalb der 5-jährigen Stilllegung Begleitgräser einstellen
Rotklee Schnittnutzung	90	TM	1,3/3,1 ^{*)}	3,7	2,4	3,0	270	Schnotz ohne Jahresangabe [39], Schmidtke 1997 [316], Loges 1998 [541]
Klee gras Stilllegung	90	TM	0,8	-	-	0,8	72	Loges 1998 [541]
Klee gras Schnittnutzung	90	TM	1,5/2,3 ^{*)}	2,1	1,35/1,70 ^{**)}	2,0	180	Schnotz ohne Jahresangabe [39], Schmidtke 1997 [316], Loges 1998 [541], Boller 1988 [107], Boller and Nösberger 1987 [68]
Ackerbohnen/Wicken Stilllegung	-	-	-	-	-	-	178	wie Ackerbohnen
Luzerne Schnittnutzung	90	TM	-	4,1	2,9	3,5	315	

Spalte 2: Erträge aus eigenen Erhebungen am Oberrhein (vgl. Kap. 4.1.1); ansonsten Schätzungen anhand der Literatur zum ökologischen Landbau

Spalte 3: FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse

Spalte 4: Mittelwerte aus der eigenen Literaturswertung

Spalte 5: Werte aus FiBL 1998 [544], Anhang, Übersicht 4

Spalte 6: Werte aus Hoflor_2 1997 [545]

Spalte 9: Quellen der eigenen Literaturswertung

^{*)} N-Bestimmung nur im oberirdischen Aufwuchs/N-Bestimmung in oberirdischem Aufwuchs **und Wurzeln**

^{**)} unterschiedlich, je nach Mischungsverhältnis Klee/Gras: (50:50)/(70:30)

Tabelle 11: Jährliche N₂-Fixierung der Leguminosen nach verschiedenen Autoren und für die eigenen Untersuchungen verwendete Werte

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kultur	Ertrag (Aufwuchs) [dt/ha]	TM/FM	Literatur, eigen	FIBL	Hoflor 2	verwendete Werte		Quellen/Bemerkungen
jährliche N₂-Fixierung								
	[kg/ha]		[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/ha]	
Ackerbohnen, 14 % Feuchte	37	FM (Korn)	5,6	3,9	5,8	5,6	178	Panse et al. 1995 [286], Justus und Köpke 1995 [157], Rennie und Dubetz 1986 [261], Hauser 1987 [220], Schmidtko 1996 [28]
Erbsen, 14 % Feuchte	37	FM (Korn)	4,2	3,3	5,1	4,2	134	Panse et al. 1995 [286], Rennie und Dubetz 1986 [261], Schmidtko 1996 [28]
Soja, 14 % Feuchte	22	FM (Korn)	-	4,4	-	4,4	83	Literaturübersicht in Weitbrecht 1998 [543]
sonstige Hülsenfrüchte, 14 % Feuchte	30	FM (Korn)	-	-	-	4,2	108	kg N ₂ fix/dt TM wie bei Erbsen
Getreide- Körnerleguminosen- Gemenge, 14 % Feuchte	42	FM (Korn)	nur N ₂ fix/ha	-	-	-	65	Mittel aus Justus und Köpke 1995 [157] und Schmidtko 1998 [146]
Zwischenfrucht mit Leguminosen, 82 % Feuchte	150	FM	-	2,0	1,1 - 2,0 ***)	1,5	41	
Grünland	-	-	-	1,0	****)	-	30	

Spalte 2: Erträge aus eigenen Erhebungen am Oberrhein (Kapitel 4.4.1); ansonsten Schätzungen anhand der Literatur zum ökologischen Landbau
 Spalte 3: FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse

Spalte 4: Mittelwerte aus der eigenen Literaturauswertung

Spalte 5: Werte aus FiBL 1998 [544], Anhang, Übersicht 4

Spalte 6: Werte aus hoflor_2 1997 [545]

Spalte 9: Quellen der eigenen Literaturauswertung

***) unterschiedlich zwischen Alexandrinierklee, Klee gras und Leguminosengemenge

*****) pauschal 30 kg N/ha

Beim Anbau von Leguminosen sind Veränderungen im Zeitablauf erkennbar. Vergleicht man den Leguminosenanteil an der Ackerfläche zwischen der dem deutschen Teil der Oberrheinebene (ORE-D) und Gesamt-Baden-Württemberg einerseits und zwischen den Jahren 1994 und 1996 andererseits und unterscheidet zusätzlich zwischen dem Anbau in viehstarken (< 0,5 GV/ha) und viehstarken Betrieben (> 0,5 GV/ha), so lassen sich folgende Feststellungen treffen (Abbildung 4):

- In den viehstarken Betrieben Gesamt-Baden-Württembergs liegt der Leguminosenanteil in beiden Jahren bei ca. 38 %; ebenso in der ORE-D 1996.
- Viehschwache Betriebe haben sowohl in Gesamt-Baden-Württemberg als auch in der ORE-D von 1994 bis 1996 ihren Anteil an Körnerleguminosen erhöht, den Anteil an Klee- und Luzernegras dagegen verringert.
- Die in der ORE-D vorherrschenden viehschwachen Betriebe haben ihren Leguminosenanteil zwischen 1994 und 1996 insgesamt drastisch verringert. Diese Abnahme ist ausschließlich auf die Reduzierung des Anbaus von Klee- und Luzernegras zurückzuführen, da der Anteil von Körnerleguminosen sich in diesem Zeitraum von 3,6 % auf 7,1 % sogar nahezu verdoppelt hat.

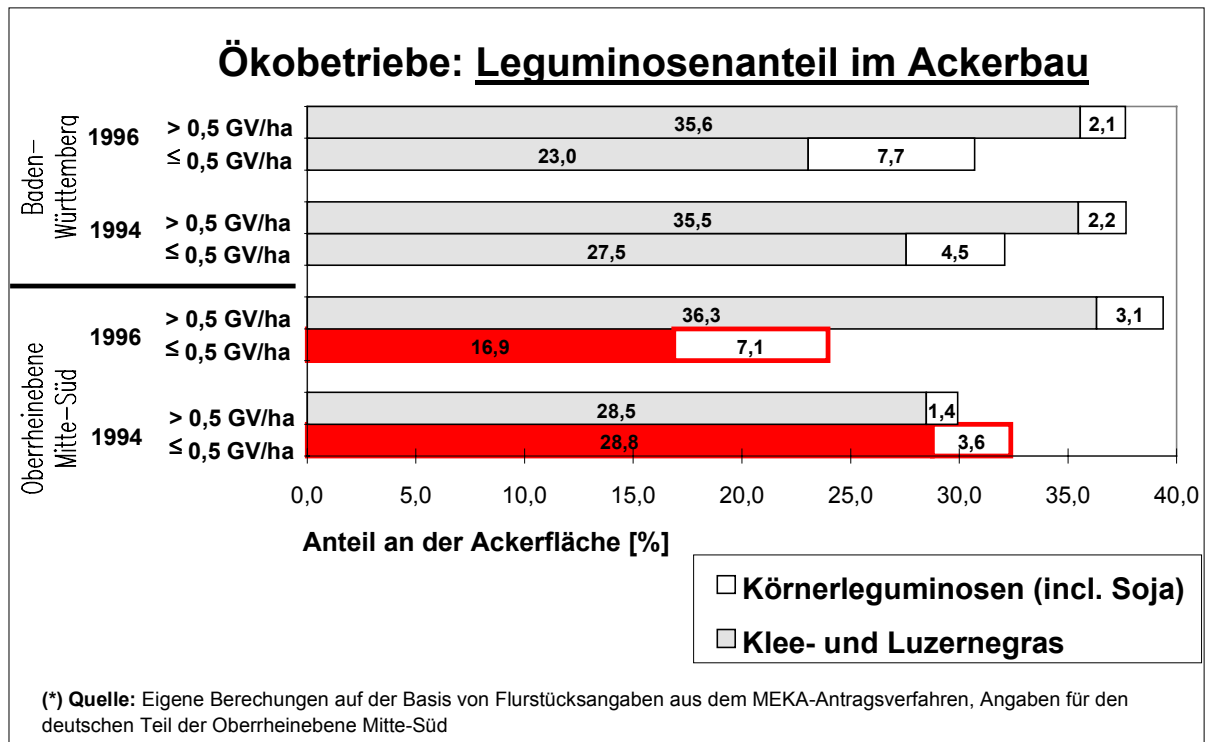


Abbildung 4: Leguminosenanbau in Gesamt-Baden-Württemberg und am Oberrhein

4.2.2 Nährstoffbilanzen von Ökobetrieben am Oberrhein

Abbildung 5 zeigt die Stickstoffbilanz-Salden von 16 vieharmen Ökobetrieben am Oberrhein jeweils ohne und mit Berücksichtigung der N₂-Fixierung durch die angebauten Leguminosen. Die N₂-Fixierung durch Leguminosen wurde mit den Werten aus Tabelle 10 und Tabelle 11 berechnet.

Bleibt die N₂-Fixierung durch Leguminosen unberücksichtigt, so weisen 13 von 16 Betrieben einen negativen N-Bilanz-Saldo auf. Der deutlich positive N-Bilanz-Saldo der Betriebe F-3 und F-5 ist durch deren hohen Düngerzukauf von 1,6 DE/ha LN und Jahr zu erklären (Tabelle 12).

Tabelle 12: Zukauf N-haltiger organischer Dünger in den untersuchten Bio-Betrieben am Oberrhein im Mittel der Untersuchungsjahre

1	2	3	4	5	6
Land	Nr.	Zukauf-N [DE/ha LN]	Vieh eigen [GV/ha]	bio seit	Untersuchungs- jahre
F	1	0,64	0,00	1994	95-97
F	2	1,05	0,02	1972	95-97
F	3	1,59	0,07	1988	95-97
F	4	0,93	0,09	1965	95-97
F	5	1,60	0,27	1995	95-97
F	6	0,08	0,31	1989	95
D	21	0,00	0,02	1988	94-96
D	22	0,00	0,00	1991	94-96
D	23	0,00	0,10	1992	94-96
D	24	0,00	0,09	1988	95-96
D	25	0,00	0,24		94-97
D	26	0,00	0,03	1995	94-96
D	27	0,00	0,00	1993	94-97
D	28	0,26	0,22	1980	94-97
D	29	0,00	0,16	1955	94-97
D	30	0,12	0,15	1991	94-97
F	Mittel	1,05	0,15		
D	Mittel	0,04	0,10		

Spalte 2: Nr. des Betriebes; Spalte 3: 1 DE entspricht 80 kg N

Unter Berücksichtigung der N₂-Fixierung durch Leguminosen ergeben sich für die Mehrheit der Betriebe N-Bilanzen-Salden im Bereich von ca. -20 bis +30 kg N/ha. Vier Betriebe fallen allerdings durch deutlich positive N-Bilanz-Salden bis über 80 kg N/ha auf.

Bei den Salden für P₂O₅ und K₂O (Abbildung 6) ist bemerkenswert, daß die südbadischen Betriebe mit einer Ausnahme (D-28) durchweg negative Werte erkennen lassen, während die Salden der fünf elsässer Betriebe mit hohem Düngerzukauf (F1 bis F5) positiv ausfallen.

Freyer und Pericin 1996 [138] ermittelten für schweizer Ökobetriebe - überwiegend solche mit Viehhaltung - durchschnittliche N-Bilanz-Salden von -20 kg/ha (ohne Berücksichtigung der N₂-Fixierung durch Leguminosen), für P₂O₅ -3,6 kg/ha und für K₂O -2,8 kg/ha. Stein-Bachinger und Bachinger 1997 [18] errechneten im Mittel dreier vieharmen Ökobetriebe vergleichbare Nährstoffbilanz-Salden von -15,8 kg N/ha (ohne Berücksichtigung von Leguminosen), -3,3 kg P₂O₅/ha und -3,7 kg K₂O/ha. Für konventionelle Marktfruchtbetriebe in Baden-

Württemberg geben Horlacher und Gamer 1998 [556] dagegen einen durchschnittlichen N-Bilanz-Saldo von +49 kg N/ha an.

Die Mehrheit der untersuchten Betriebe in der Oberrheinebene weist Nährstoffbilanz-Salden auf, die als umweltverträglich zu bewerten sind. Nach VDLUFA 1998 [534] gibt als Toleranzbereich für N-Bilanz-Salden -50 bis +50 kg N/ha bei einem Optimum von + 20 kg N/ha an. Auch bei einem Leguminosenanteil von über 30% in der Fruchtfolge (D-21 und D-24) entstehen keine problematischen N-Bilanz-Salden. Der N-Bilanz-Saldo des südbadischen Betriebes D-22 von +66,0 kg N/ha ist durch fünfjährige Stilllegung (53 % der Ackerfläche) begründet, die kurz nach dem Untersuchungszeitraum auslief. Die großen N-Überschüsse des elsässischen Betriebes F-4 sind neben dem Zukauf organischer Dünger durch den zusätzlich hohen Anteil von Leguminosen an der Ackerfläche begründet.

Bei den südbadischen Betrieben liegen auch die Bilanz-Salden für K_2O und P_2O_5 innerhalb den von der VDLUFA 1998 [534] angegebenen Toleranzbereichen (-15 bis +15 kg P_2O_5 /ha und -50 bis +50 kg K_2O /ha). Die positiven Salden einiger elsässischer Betriebe lassen sich nur durch den Zukauf großer Mengen organischer Düngemittel erklären. Sofern nicht ein ausgeprägter Mangel im Boden an diesen Nährstoffen vorliegt, ist der Einsatz solch hoher Düngermengen problematisch. Diesen Betrieben wird eine Überprüfung ihrer Düngepraxis empfohlen.

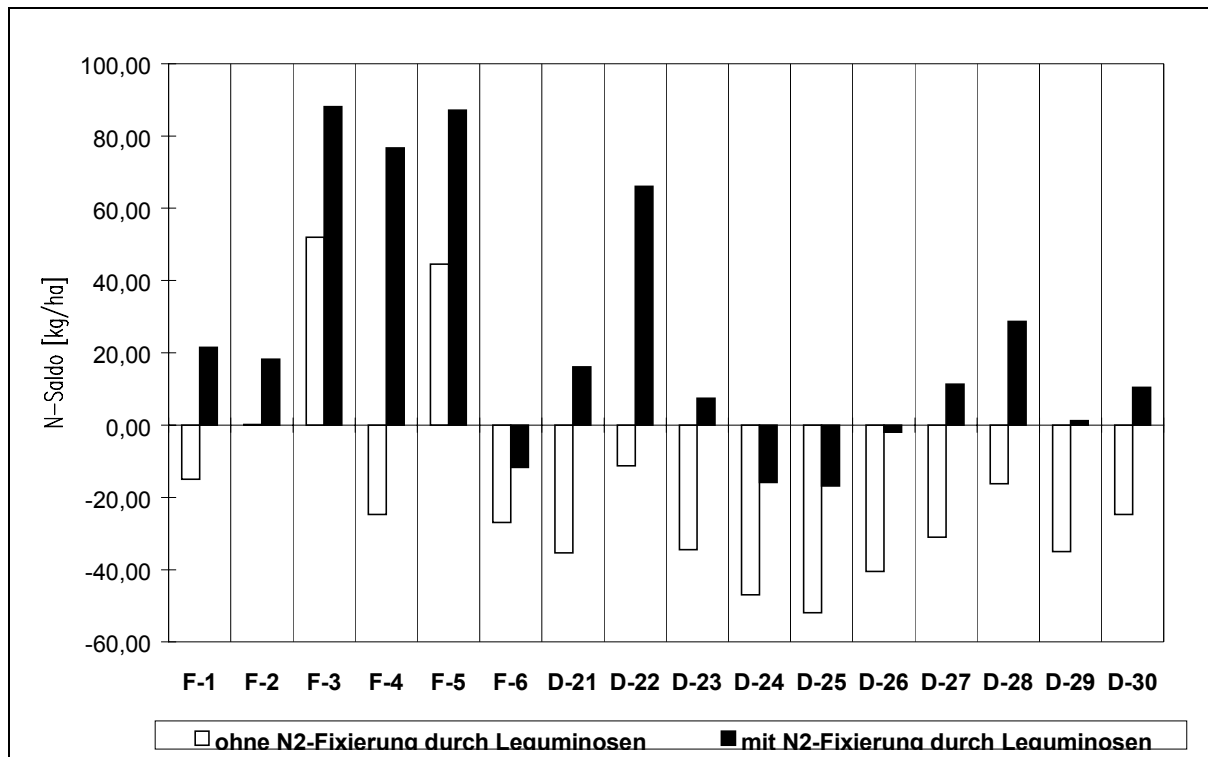


Abbildung 5: N-Bilanz-Salden der untersuchten Ökobetriebe am Oberrhein

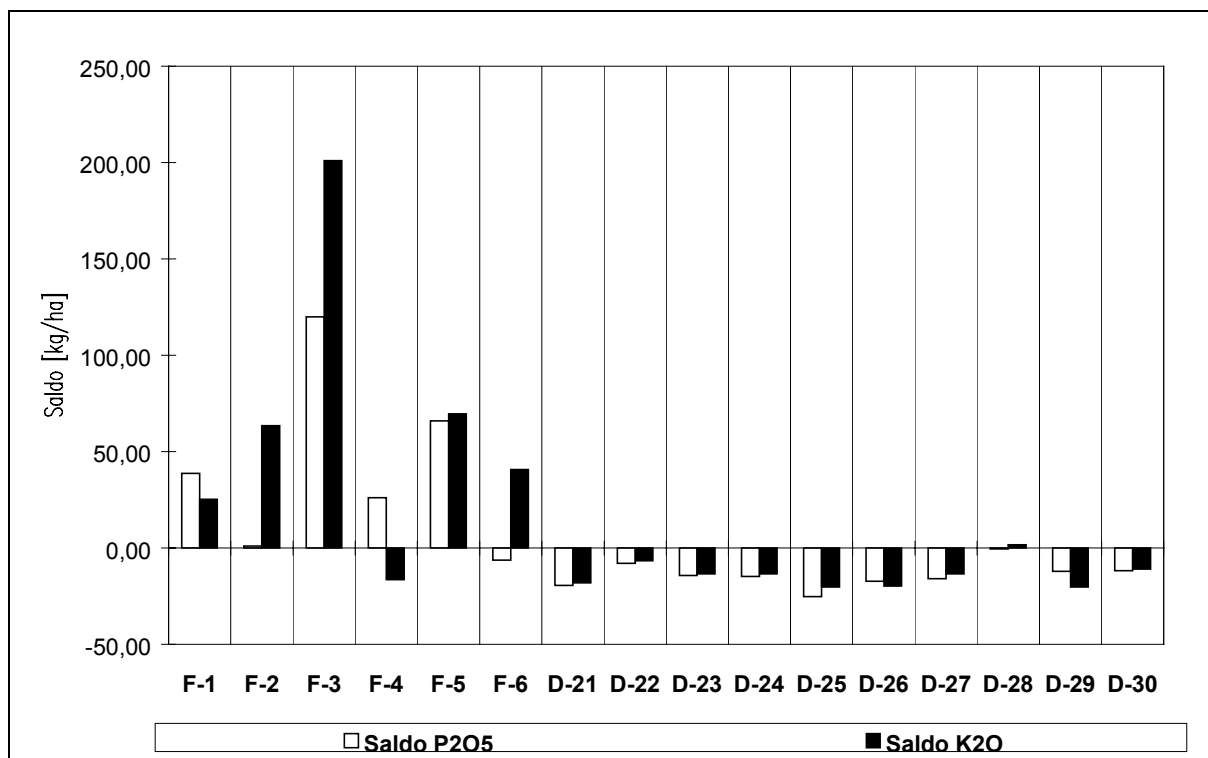


Abbildung 6: Bilanz-Salden für P₂O₅ und K₂O der untersuchten Ökobetriebe am Oberrhein

4.3 Stickstoff-Verlagerung mit dem Sickerwasser unter ökologischer Bewirtschaftung

4.3.1 Vergleichende Untersuchungen in der Literatur

Verschiedene Autoren haben die Nitrat-Austräge unter ökologischen bzw. konventionellen Bewirtschaftungsformen vergleichend untersucht (Tabelle 13). Bei drei Untersuchungen waren die Nitrat-Austräge unter ökologischer Bewirtschaftung deutlich geringer als unter konventioneller. Setzt man die Nitrat-Austräge unter konventioneller Bewirtschaftung gleich 100 %, so lagen die Austräge unter ökologischer Bewirtschaftung bei 56 % (Feige und Röthlingsdörfer 1990 [60]), 70 % (Matthey 1992 [205]) bzw. 53 % (Paffrath 1993 [551]). Peters et al. 1990 [162] ermittelten dagegen in etwa gleiche Nitrat-Austräge bei beiden Wirtschaftsweisen. Hier wurde die ökologisch bewirtschaftete, hofnahe Fläche allerdings auch mit Gemüse bebaut und erhielt im Mittel der Untersuchungsjahre 180 kg N/ha aus Stallmist.

Heß et al. 1994 [243] zitieren zwei weitere Untersuchungen, die zeigen, daß der ökologische Landbau hinsichtlich der Gefährdung des Grundwassers durch Nitrat günstiger zu beurteilen ist als konventionelle Formen der Landnutzung: In Bayern wurde bei Tiefenbohrungen bis zu 10 m auf konventionell landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Viehhaltung ein mittlerer Nitratgehalt des Sickerwassers von 79 mg/l und ohne Viehhaltung von 42 mg/l festgestellt. Unter ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen wurden im Mittel nur 27 mg Nitrat/l nachgewiesen. Nur bei konventionell genutztem Grünland konnte eine noch geringere Nitratkonzentration im Sickerwasser gemessen werden (Brandhuber und Hege 1991). Ähnliche Ergebnisse wurden auch in einem Vergleich unterschiedlicher Landbausysteme in den Niederlanden ermittelt. In den Dränwässern aus biologisch bewirtschafteten Flächen wurden im Mittel der Fruchtfolge 14 mg Nitrat/l nachgewiesen, in denen aus konventionell bewirtschafteten Flächen 45 mg Nitrat/l und 36 mg/l aus integriert bewirtschafteten Flächen (Vereijken und Wijnands 1990).

Tabelle 13: Vergleichende Untersuchungen zum Nitrat-Austrag bei ökologischer/konventioneller Bewirtschaftung

Quelle	Untersuchungszeitraum	Untersuchungsumfang, Standort	Methode	Austräge im Mittel der Untersuchungsjahre [kg N/ha x Jahr]
Feige und Röhlingdörfer 1990 [60]	1984 - 1989	Vergleichsuntersuchung bio.-dyn. - konventionell, je 4 ha mit typischer Fruchtfolge, Braunerde-Pseudogleye aus Blasen-sandstein	ganzjährige Dränwasseruntersuchung	bio.-dyn.: 28 konvent.: 50
Peters et al. 1990 [162]	1986 -1988	Vergleichsuntersuchung bio.-dyn. - konventionell, je ein Schlag, Podsole aus Geschiebe- bzw. Schmelzwassersanden	Austrag berechnet aus N_{\min} + Wasserhaushalt	bio.-dyn.: 54 ⁽¹⁾ konvent.: 58
Matthey 1992 [205]	1989 - 1991	Dränflächen in Schleswig-Holstein, davon 9 auf Betrieben des ökologischen Landbaus, 88 konventionelle Schläge	Dränwasseruntersuchungen von Anfang Oktober bis Ende März	ökol., alle Flächen: 21 (3 - 26) ⁽²⁾ konv., Getreide und Raps: 30 (10 - 101)
Paffrath 1993 [551]	1988 - 1992	je drei Schläge auf Boshöhehof (bio.-dyn.) und Vergleichsbetrieb (integriert) mit typischer Fruchtfolge	Austrag berechnet aus N_{\min} + Wasserhaushalt	bio.-dyn.: 20 integriert: 38

⁽¹⁾ hofnaher Schlag, Ausbringung von 180 kg N/ha x Jahr Stallmist im Mittel der Untersuchungsjahre, ein Jahr mit Gemüseanbau

⁽²⁾ geringer Stichprobenumfang bei ökologischen Flächen: 6 x Ackerflächen, 3 x Grünland, Flächen verteilt auf drei verschiedene Naturräume

In einem von Haas et al. 1998 [552] untersuchten Fruchtfolgeversuch führte die ökologische Wirtschaftsweise zu einer Reduzierung des Nitrataustragspotentials auf 45 % des Potentials bei konventioneller Wirtschaftsweise (Tabelle 14).

Tabelle 14: Relative Nitrat-Restmenge vor Winter bis 1,50 m Bodentiefe (konventionell = 100) nach Haas et al. 1998 [552], Seite 103, leicht verändert/ergänzt

	organisch	integriert	konventionell
Standort 'Werthhof'			
Zuckerrüben	63	82	100 (= 83 kg N/ha)
Winterweizen	18	92	100 (= 90 kg N/ha)
Kleegras/Ackerbohnen (öko) bzw. Wintergerste (integr. und konv.)	49	60	100 (= 30 kg N/ha)
Mittelwert 'Werthhof'	41	83	100 (= 68 kg N/ha)
Standort 'Rheinfähre'			
Kartoffeln	65	90	100 (= 132 kg N/ha)
Winterroggen	22	75	100 (= 72 kg N/ha)
Kleegras/Erbsen (öko) bzw. Wintergerste (integr. und konv.)	42	100	100 (= 36 kg N/ha)
Mittelwert 'Rheinfähre'	49	87	100 (= 80 kg N/ha)
Mittelwert (Werthhof, Rheinfähre)	45	85	100 (= 74 kg N/ha)

Die beschriebenen Untersuchungen zeigen, daß der ökologische Landbau in der Regel zu deutlich geringeren Belastungen des Grundwassers mit Nitrat führt als der integrierte bzw. konventionelle Landbau.

4.3.2 Generelle Überlegungen zur Nitrat-Verlagerung am Oberrhein im Winterhalbjahr

Da Nitrat wasserlöslich ist und als Anion nicht an die Bodenkolloide sorbiert wird, kann es leicht im Boden verlagert werden. Die Nitratverlagerung im Boden ist eng mit der Sickerwasserbildung verbunden. Nitrat, das nach dem Ende der Vegetationszeit noch im Boden vorliegt, kann daher im hydrologischen Winterhalbjahr (von Oktober bis März) bei abwärts gerichteter Wasserbewegung im Boden leicht aus dem durchwurzelbaren Bodenbereich ausgewaschen werden. Die Höhe der winterlichen Nitratauswaschung hängt ab von

1. der Nitratmenge im Bodenprofil nach dem Ende der Vegetationszeit,
2. der Grundwasserneubildung,
3. der Höhe möglicher Nitratmobilisierung aus dem organischen Stickstoffvorrat des Bodens während der Sickerperiode,
4. der Höhe möglicher gasförmiger N-Verluste durch Denitrifikation während der Sickerperiode,
5. und der Höhe möglicher N-Aufnahme durch Pflanzen während der Sickerperiode.

Die **Grundwasserneubildung** kann auf der Basis empirischer Verfahren berechnet werden. In eine von Renger 1992 [18] entwickelten Gleichung für Ackerböden gehen dazu Winter- und Sommerniederschläge, die nutzbare Feldkapazität des Bodens im Wurzelraum, der kapillare Wasseraufstieg aus dem Grundwasser (nur bei grundwasserbeeinflussten Böden) und die potentielle Evapotranspiration (z.B. nach Haude) in die Berechnung ein.

Für die nachfolgenden **Abschätzungen zur möglichen Nitratverlagerung am Ober- bzw. Hochrhein** wurde die Grundwasserneubildung nach Renger 1992 [18] für grundwasserferne Standorte am Oberrhein berechnet. Diese wurde in das Modell von Rohmann 1996 [322] (Kapitel 3.3.5) eingesetzt, um schließlich Nitratausträge für Böden unterschiedlicher Feldkapazität zu berechnen. Dabei wurde vereinfachend angenommen, daß einerseits die Nitratmenge im Bodenprofil nach Ende der Vegetationszeit nur der Auswaschung unterliegt und andererseits während der winterlichen Sickerperiode kein neues Nitrat aus dem organischen Stickstoffvorrat des Bodens mobilisiert wird. Es wird also unterstellt, daß andere mögliche 'Verlustpfade' für Nitrat, wie dessen Aufnahme durch Pflanzen oder Denitrifikation durch den 'Nitratgewinn' über Nitratmobilisierung aus dem organischen Stickstoffvorrat des Bodens, ausgeglichen werden.

Als **grundwasserschonend** soll im folgenden ein Landnutzungssystem bezeichnet werden, bei dem die Nitratkonzentration im Sickerwasser unter dem EU-Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg Nitrat/l liegt. Ein **grundwassersanierendes** Landnutzungssystem sollte in Anlehnung an Rohmann und Rödelsperger 1994 [445] im Sickerwasser den EU-Richtwert für Trinkwasser von 25 mg Nitrat/l nicht überschreiten¹.

Um am Standort Müllheim (735 mm Jahresniederschlag im langjährigen Mittel) grundwasserschonend zu wirtschaften, darf der Nitratgehalt am Ende der Vegetationszeit auf Böden mit geringer Feldkapazität im Mittel der Jahre ca. 38 kg N/ha nicht überschreiten (Abbildung 7). Auf Böden mit mittlerer Feldkapazität sind ca. 46 kg N/ha tolerierbar. Ein grundwassersanierendes Landnutzungssystem müßte hier im Mittel der Jahre 19 bzw. 23 kg N/ha einhalten (Abbildung 7). Am Standort Rheinfeldern am Hochrhein stellt sich die Situation aufgrund der deutlich höheren Jahresniederschläge (1118 mm im langjährigen Mittel) anders dar (Abbildung 8). Wegen der - im Vergleich zu Müllheim - deutlich größeren Grundwasser-

¹ Bei dieser Festlegung geht man von der vorsichtigen Annahme aus, daß sich die Nitratkonzentration des Sickerwassers auf dem Weg ins Grundwasser nicht mehr verändert. In der Regel verringert sich aber die Nitratkonzentration im Sickerwasser, da durch Denitrifikation weiterer Stickstoff entweicht.

neubildungsraten und der damit verbundenen Verdünnung des Nitrats im Sickerwasser tritt der Einfluß der Feldkapazität des Bodens in den Hintergrund. Um grundwasserschonend zu wirtschaften, darf am Standort Rheinfeldern im Mittel der Jahre und Böden ein Herbstnitratgehalt von ca. 60 kg N/ha nicht überschritten werden, eine grundwassersanierende Wirtschaftsweise muß einen Grenzwert von ca. 30 kg N/ha einhalten.

Neben der **Nitratkonzentration im Sickerwasser**, die vor allem aus wasserwirtschaftlicher Sicht von Bedeutung ist, wird für den Landwirt auch der **absolute Stickstoffverlust** durch Auswaschung interessant. Dies gilt insbesondere für ökologisch wirtschaftende Betriebe, in denen der Ausgleich von N-Verlusten mit deutlich höheren Kosten als im konventionellen Anbau verbunden ist. Am Standort Müllheim gehen je nach Feldkapazität des Bodens zwischen 63 % (bei mittlerer Feldkapazität) bis 91 % (bei geringer Feldkapazität) des Herbstnitrats durch Auswaschung verloren (Abbildung 9). In Rheinfeldern betragen die N-Verluste durch Auswaschung zwischen 85 % (FK mittel) bis 98 % (FK gering) des Herbstnitrats.

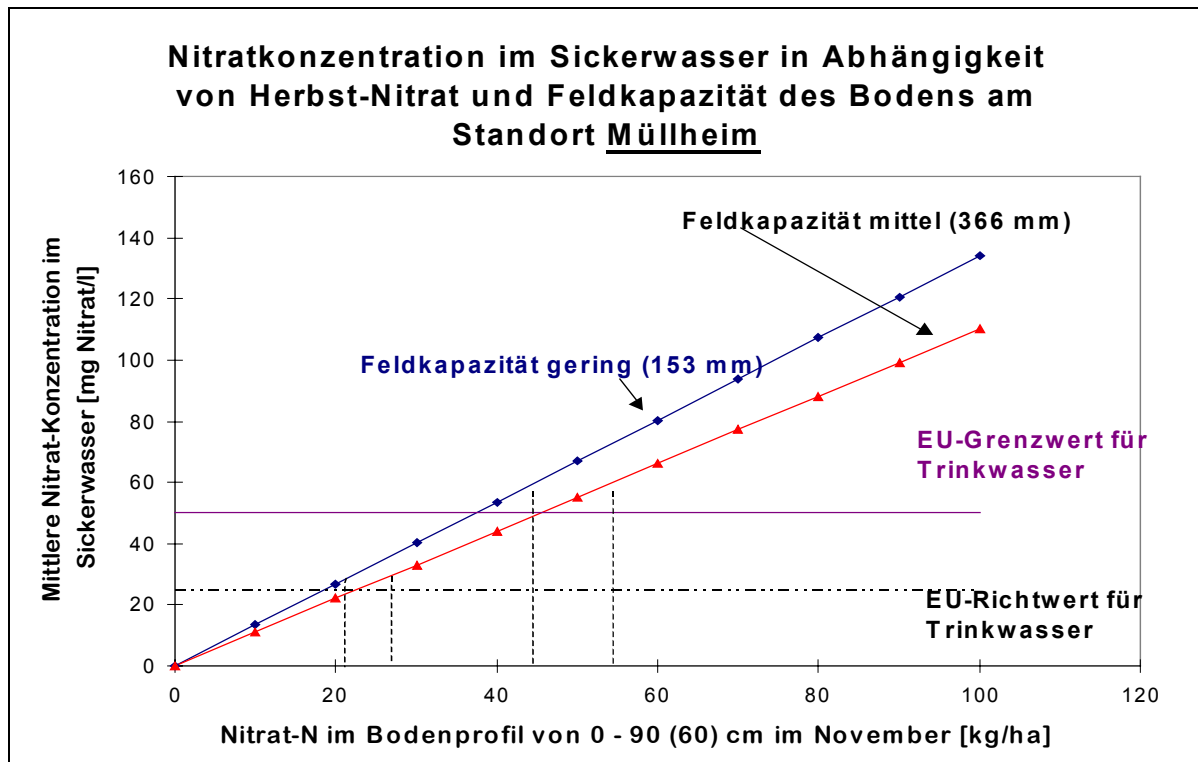


Abbildung 7

Berechnungsgrundlagen: Jahressumme des Niederschlags in Neuenburg im 30-jährigen Mittel (1968 - 1997) = 735 mm (DWD). Grundwasserneubildung berechnet nach Renger 1992 [18] für Ackerböden; Annahmen: 1. grundwasserferne Böden; 2. jährliche Evapotranspiration nach HAUDE = Jahressumme Niederschlag x 0,704. Nitrat-Konzentration im Sickerwasser berechnet nach Rohmann 1996 [322] unter der Annahme gleichmäßiger Nitratverteilung im Profil (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]).

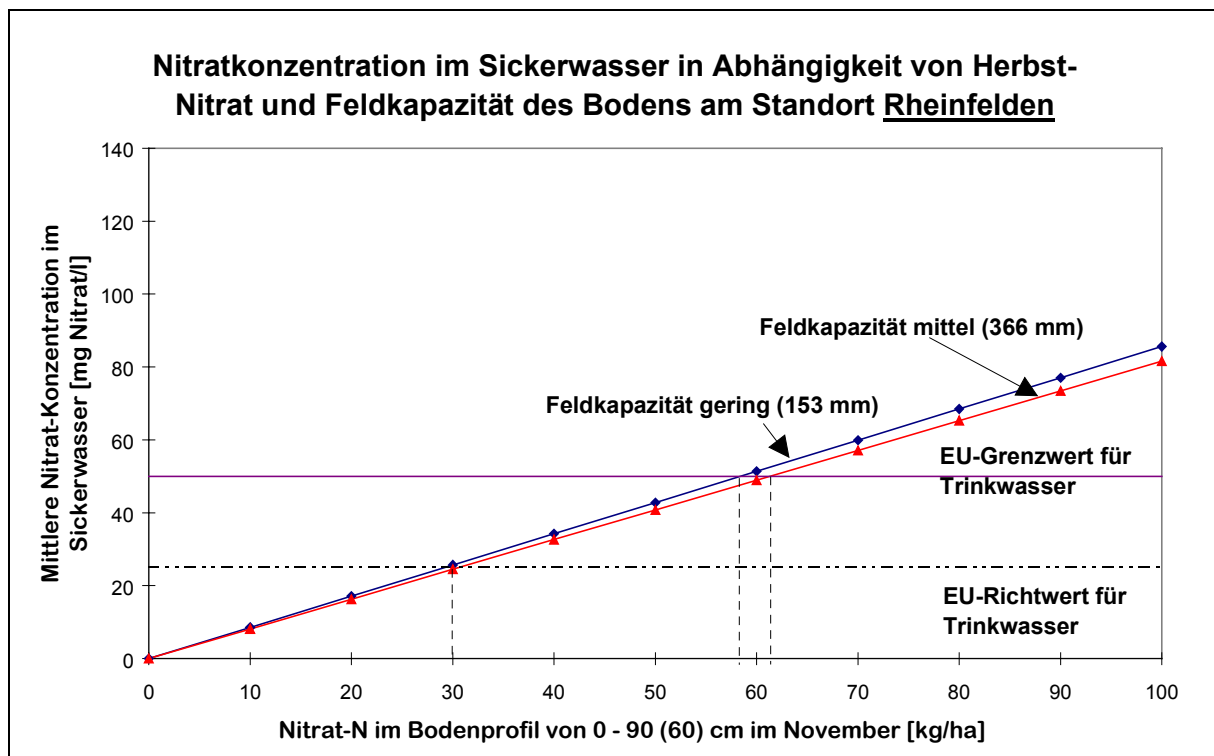


Abbildung 8

Berechnungsgrundlagen: Jahressumme des Niederschlags im 30-jährigen Mittel (1969 - 1998) = 1118 mm (DWD). Grundwasserneubildung berechnet nach Renger 1992 [18] für Ackerböden; Annahmen: 1. grundwasserferne Böden; 2. Evapotranspiration nach WENDLING statt HAUDE. Nitrat-Konzentration im Sickerwasser berechnet nach Rohmann 1996 [322] unter der Annahme gleichmäßiger Nitratverteilung im Profil (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]).

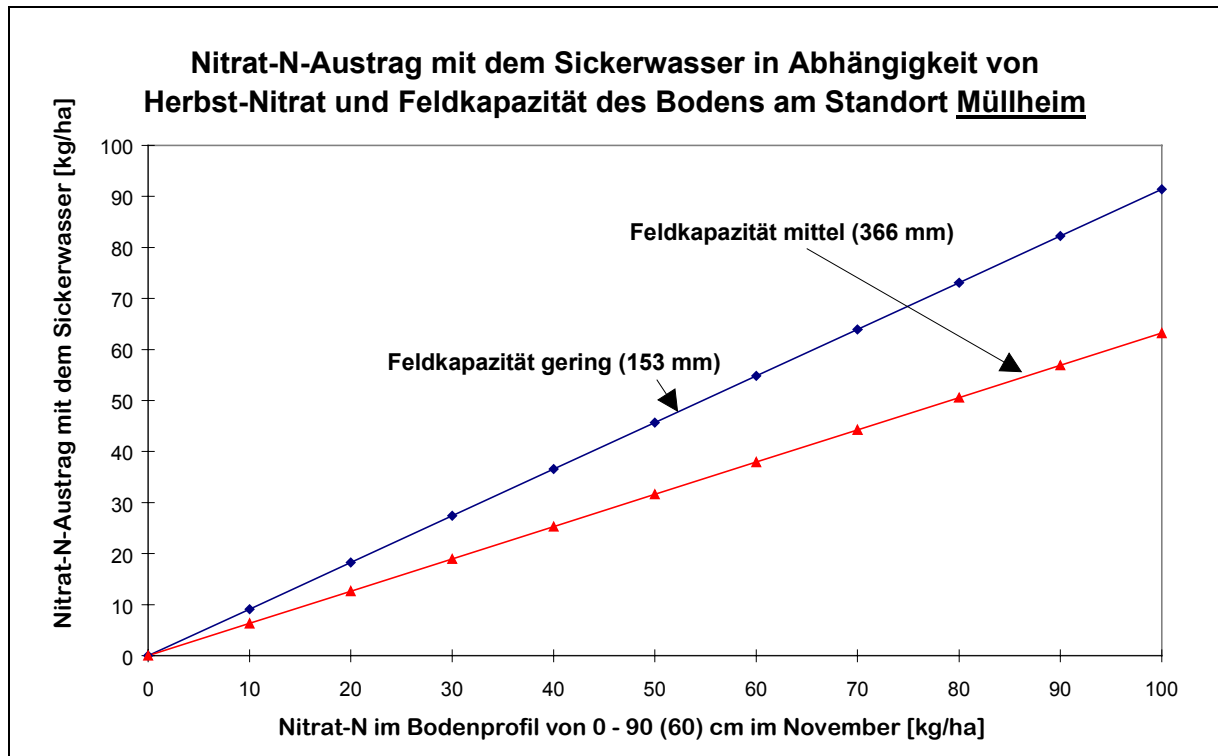


Abbildung 9

Berechnungsgrundlagen: Jahressumme des Niederschlags in Neuenburg im 30-jährigen Mittel (1968 - 1997) = 735 mm (DWD). Grundwassererneubildung berechnet nach Renger 1992 [18] für Ackerböden; Annahmen: 1. grundwasserferne Böden; 2. jährliche Evapotranspiration nach HAUDE = Jahressumme Niederschlag x 0,704. Nitrat-Konzentration im Sickerwasser berechnet nach Rohmann 1996 [322] unter der Annahme gleichmäßiger Nitratverteilung im Profil (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]).

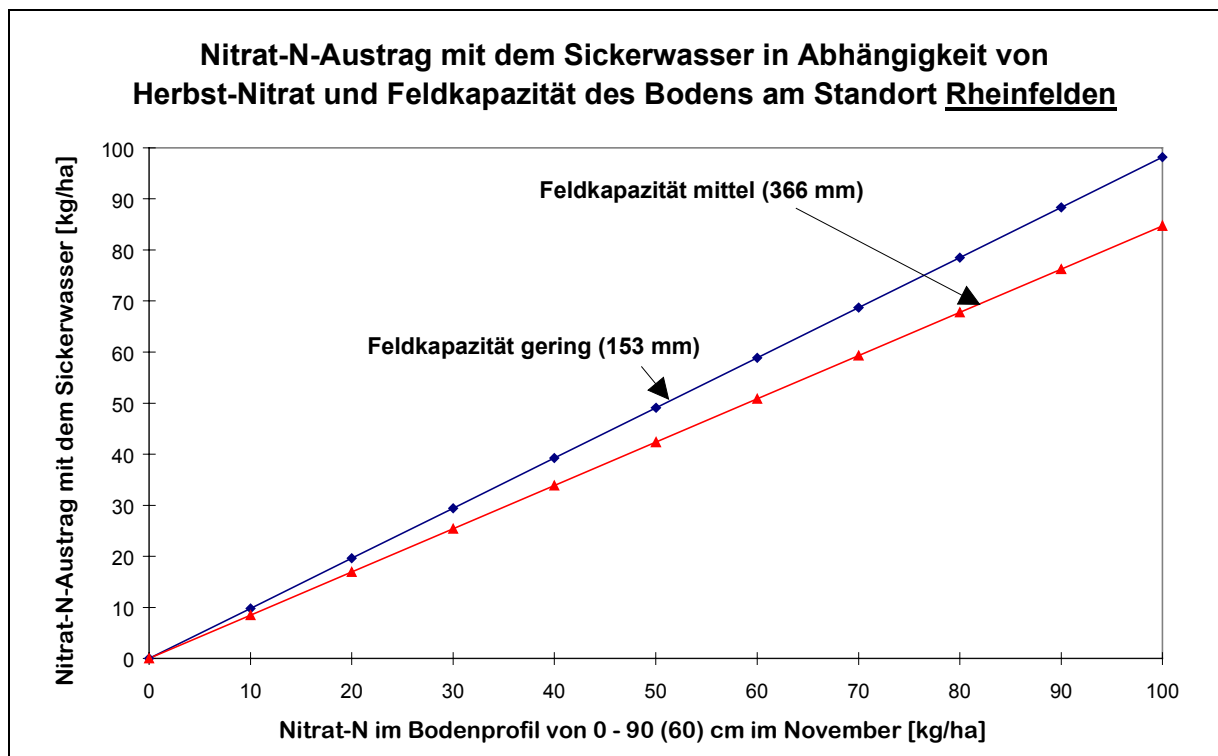


Abbildung 10

Berechnungsgrundlagen: Jahressumme des Niederschlags im 30-jährigen Mittel (1969 - 1998) = 1118 mm (DWD). Grundwassererneubildung berechnet nach Renger 1992 [18] für Ackerböden; Annahmen: 1. grundwasserferne Böden; 2. Evapotranspiration nach WENDLING statt HAUDE. Nitrat-Konzentration im Sickerwasser berechnet nach Rohmann 1996 [322] unter der Annahme gleichmäßiger Nitratverteilung im Profil (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]).

4.3.3 Stickstoff-Dynamik und Stickstoff-Verlagerung im Wechselspiel von landwirtschaftlichen Kulturen und ackerbaulichen Maßnahmen

4.3.3.1 Klee gras und Klee gras-Umbruch

Unter **wachsenden Klee gras-Beständen** wurden bei den eigenen Untersuchungen nur sehr geringe N_{\min} -Mengen, in der Regel unter 10 kg N/ha gefunden (Abbildung 11 und Abbildung 13, jeweils vor dem Klee gras-Umbruch; weitere Werte im Anhang). Diese Werte werden durch Angaben in der Literatur (z.B. Scheller 1993 [217], S. 228) bestätigt.

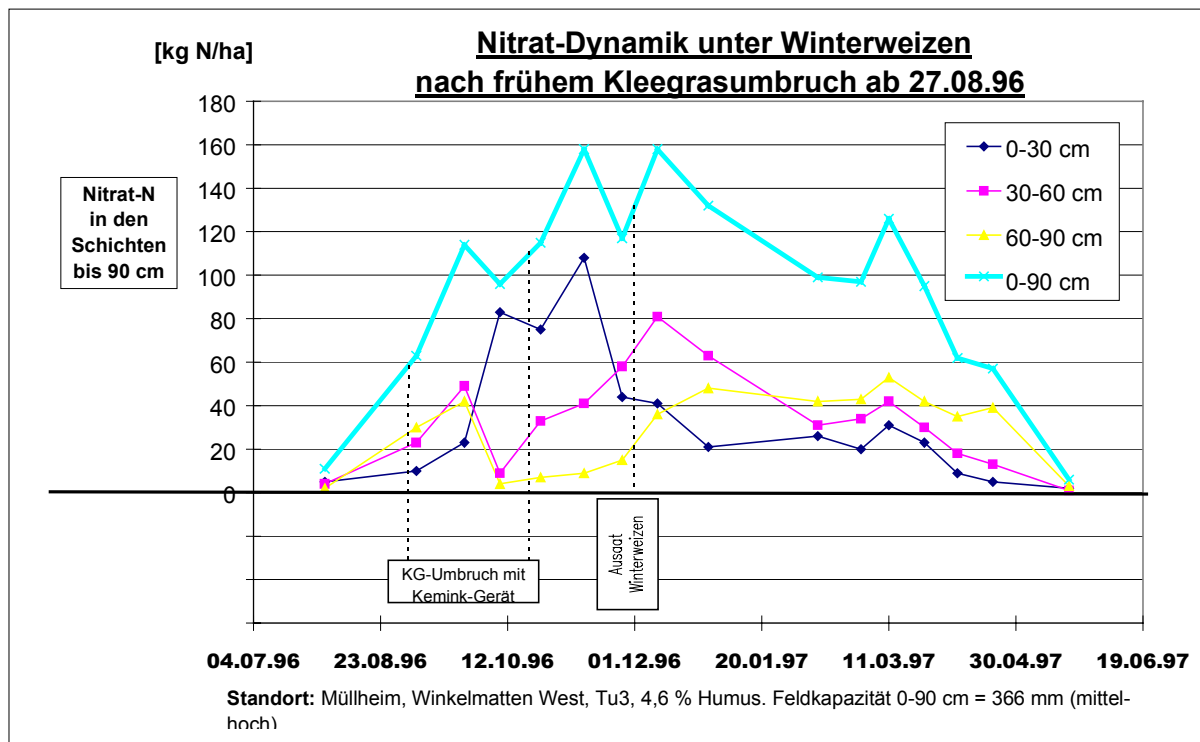


Abbildung 11: Nitrat-Dynamik nach Klee gras-Umbruch am Standort Müllheim in den Jahren 1996/97

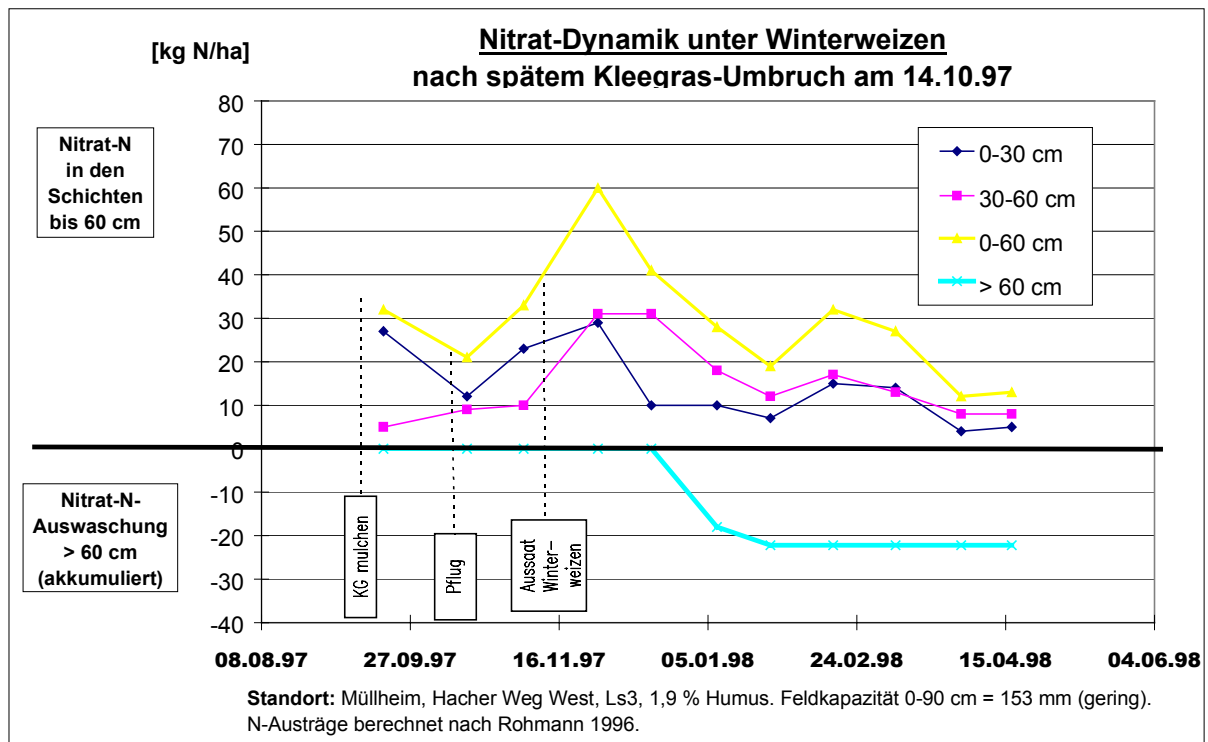


Abbildung 12: Nitrat-Dynamik nach Klee gras-Umbruch am Standort Müllheim in den Jahren 1997/98

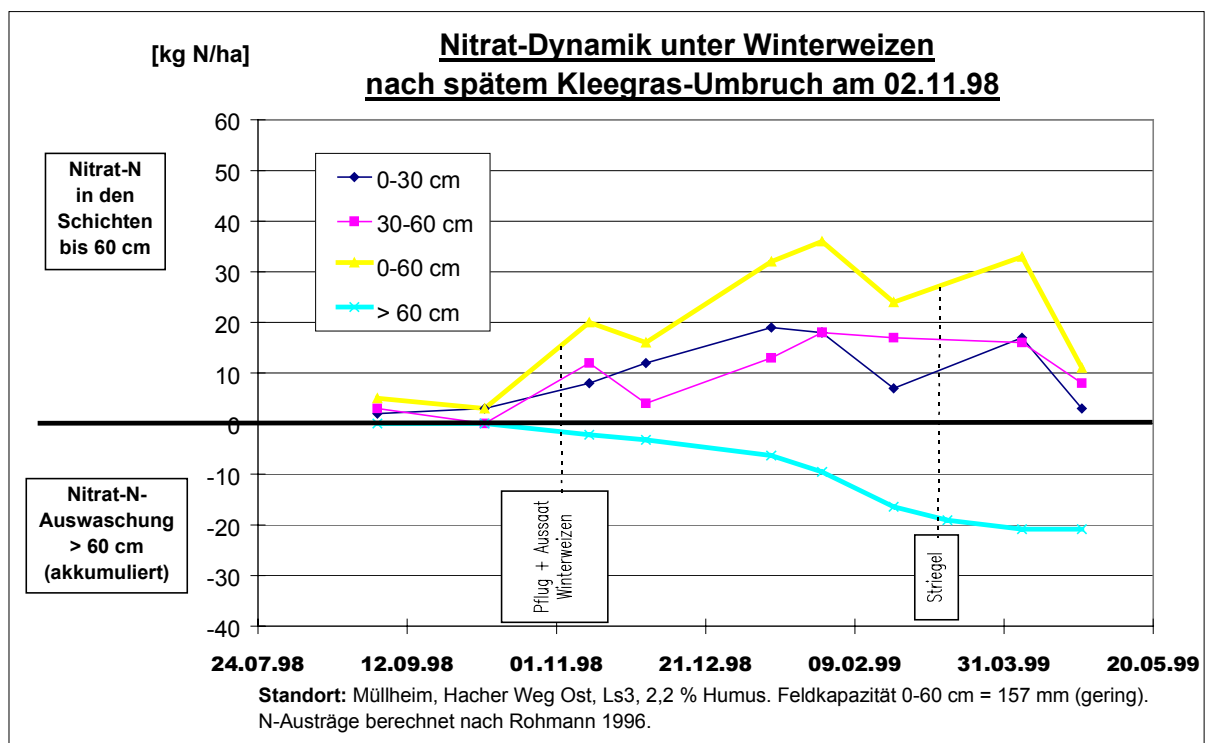


Abbildung 13: Nitrat-Dynamik nach Klee gras-Umbruch am Standort Müllheim in den Jahren 1998/99

Erhöhte N_{\min} -Mengen während der Vegetationszeit können für kurze Zeit nach dem **Mulchen** von Klee gras-Stillegungen auftreten. So wurden bei den eigenen Untersuchungen unter Klee gras am 18.09.97 32 kg N/ha gemessen (Abbildung 12). Dieser Wert kann mit dem Mulchschnitt am 22.08.97 erklärt werden. Die aufliegende Mulchschicht verhinderte zunächst den Wiederaustrieb und die N-Aufnahme des Klee grasses. Gleichzeitig könnten durch starke Regenfälle Anfang September 1997 lösliche niedermolekulare organische Moleküle aus der Mulchschicht ausgewaschen worden sein, die die mikrobielle Biomasse des Bodens zur Mineralisierung angeregt haben. Vergleichbare Beobachtungen finden sich auch bei Scheller 1993 [217], S. 158.

Nach dem Ende der Vegetationszeit kann es unter heilen (= nicht umgebrochenen) Klee gras-Beständen zu einem leichten Anstieg der N_{\min} -Mengen im Bodenprofil kommen. Unter Einbeziehung aller untersuchten Literaturstellen wurde im Mittel **unter heilem Klee gras** ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 19 kg N/ha ermittelt (Tabelle 15).

Erst beim **Umbruch von Klee gras** verstärkt sich die N-Dynamik im Boden deutlich. Der Klee gras-Umbruch mit dem Kemink-Gerät vom 27.08.96 bis zum 14.10.96 (Abbildung 11) mit insgesamt sechs Bodenbearbeitungsgängen führte zu einer sehr starken N-Mineralisierung, so daß am 10.12.96 158 kg N/ha im Profil vorlagen. Der hohe Humusgehalt des Standorts (4,6 %) dürfte in Verbindung mit der intensiven Bodenbearbeitung zur starken N-Mineralisierung beigetragen haben. Aus der Literatur ergab sich im Mittel bei **frühen Klee grasumbrüchen vor Oktober** ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 65 kg N/ha, sofern nach dem Umbruch **keine Zwischenfrucht** nachgebaut wurde. Bei frühem Umbruch und **Nachbau von Zwischenfrüchten** wurden aus der Literatur Vorwinter- N_{\min} -Wert von 40 kg N/ha ermittelt (Tabelle 15).

Bei frühem Umbruch des Klee grasses vor Oktober beeinflussen auch der Humusgehalt des Bodens und das Alter des Klee grasses den Mineralisationsverlauf bis zum Ende der Vegetationsperiode: Bei frühem Umbruch ohne Nachbau einer Zwischenfrucht und einem **Humusgehalt des Bodens unter 2,5 %** wurde im Mittel aller untersuchten Literaturstellen ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 57 kg N/ha ermittelt, bei **Humusgehalten von 2,5 % und darüber** erhöhte er sich auf 74 kg N/ha. Früher Umbruch ohne Nachbau einer Zwischenfrucht führte bei **einjährigem Klee gras** im Mittel aller Literaturstellen zu einem Vorwinter- N_{\min} -Wert von 56 kg N/ha; bei **mehnjährigem Klee gras** wurde unter sonst gleichen Bedingungen ein deutlich höherer Wert von 81 kg N/ha festgestellt (Tabelle 15).

Eine Verschiebung des Umbruch-Termins in den Spätherbst reduziert die vorwinterliche N-Mineralisierung und die damit verbundene potentielle N-Auswaschung aus dem Bodenprofil deutlich. Bei den eigenen Untersuchungen wurden nach Umbrüchen Mitte Oktober bzw. Anfang November (Abbildung 12 und Abbildung 13) im Winter Nitratmengen von 16 bis maximal 60 kg N/ha gemessen. Im Mittel aller untersuchten Literaturstellen wurde bei **späten Klee grasumbrüchen im Zeitraum Oktober bis Dezember** ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 42 kg N/ha ermittelt (vgl. Tabelle 15).

Wieviel Nitrat nach einem Klee grasumbruch tatsächlich ausgewaschen wird, hängt neben der Feldkapazität des Bodens vor allem vom Verlauf der N-Mineralisierung im Boden und der Niederschlagsverteilung ab: Die Ganglinien in Abbildung 12 bzw. Abbildung 13 wurden auf benachbarten Schlägen mit geringer Feldkapazität, jedoch in zwei aufeinanderfolgenden Jahren ermittelt. Auf beiden Schlägen wurden nach spätem Klee grasumbruch in etwa gleiche Nitrat-Stickstoff-Mengen von 22 bzw. 21 kg N/ha ausgewaschen. Im Winter 1997/98 (Abbildung 12) resultierte die Nitratauswaschung aus einer relativ starken N-Mineralisierung direkt nach dem Klee grasumbruch, verbunden mit starken Niederschlägen von November bis Mitte Januar. Anders im Winter 1998/99 (Abbildung 13): Eine mäßige, aber bis zum Frühjahr anhaltende N-Mineralisierung nach dem Klee grasumbruch und durchschnittliche Niederschläge von November bis März führten zu einer länger anhaltenden Nitratauswa-

schung von geringerer Intensität als im Vorjahr. Im Ergebnis wurde jedoch in beiden Jahren die gleiche N-Menge ausgewaschen.

Tabelle 15: Mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte nach oder unter Klee gras/Luzerne gras in der Literatur zum ökologischen Landbau in Abhängigkeit von Standort und ackerbaulichen Maßnahmen

1	2	3	4	5	6	7
n	N _{min}	Vorkultur	Humus	ZF	Umbruch	Bemerkungen
kein Umbruch oder Umbruch im Frühjahr						
15	19	k. D.	k. D.	-	nach 12	N _{min} -Probe unter heilem Bestand
später Umbruch						
22	42	k. D.	k. D.	-	10-12	Umbruch vor N _{min} -Probennahme
früher Umbruch mit und ohne Zwischenfrucht						
50	58	k. D.	k. D.	k. D.	vor 10	
35	65	k. D.	k. D.	nein	vor 10	ohne ZF
15	40	k. D.	k. D.	ja	vor 10	mit ZF
früher Umbruch bei unterschiedlichem Alter des Klee grasses						
20	56	kein KG	k. D.	nein	vor 10	einjähriges Klee grass
14	81	KG	k. D.	nein	vor 10	mehnjähriges Klee grass
früher Umbruch bei unterschiedlichem Humusgehalt im Boden						
18	57	k. D.	< 2,5 %	nein	vor 10	
15	74	k. D.	≥ 2,5 %	nein	vor 10	

k. D. = keine Differenzierung für diesen Parameter.

Spalte 1: n = Anzahl der Fundstellen in der Literatur.

Spalte 2: Mittlerer Vorwinter-N_{min}-Wert im Profil (i.d.R. 0 - 90 cm) in kg N/ha aus allen Literaturwerten.

Spalte 4: Humusgehalt des Oberbodens.

Spalte 5: erfolgreiche Zwischenfrucht?

Spalte 6: Zeitpunkt der Klee grass-Einarbeitung/des Klee grass-Umbruchs. 10 = Oktober, 12 = Dezember

Quelle: Eigener Entwurf

Die aus der Literatur gewonnenen mittleren Vorwinter-N_{min}-Werte unter bzw. nach Klee grass (Tabelle 15) werden beim Vergleich mit den Werten der **SchALVO-Herbstkontrollen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen** in Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs (Tabelle 16) sehr gut bestätigt: Nach Brache, die im ökologischen Landbau in der Regel mit Klee grass begrünt ist und nach einem Jahr umgebrochen wird, wurde im Mittel der Jahre 1996 bis 1998 ein Vorwinter-N_{min}-Wert in Wasserschutzgebieten von 37 kg N/ha ermittelt (Tabelle 16). Dieser Wert ist zu vergleichen mit dem Literaturwert 'später Umbruch' zwischen Oktober und Dezember von 42 kg N/ha (Tabelle 15), da in Wasserschutzgebieten ein Umbruch von Begrünungen erst nach dem 15. November zulässig ist. Beide Werte stimmen gut überein; der um 5 kg N/ha höhere Literaturwert ist plausibel, da hier auch Klee grassumbrüche von Oktober bis zum 15. November eingehen, die in der Regel zu etwas stärkerer N-Mineralisierung führen als Umbrüche nach diesem Zeitraum.

Auch für Futterleguminosen - im ökologischen Landbau in der Regel Klee grass - lässt sich der SchALVO-Wert (Tabelle 16) aus den Literaturwerten (Tabelle 15) herleiten, wenn man die

Folgekulturen nach Klee gras im ökologischen Landbau Baden-Württembergs (Tabelle 17) berücksichtigt:

71 % Frühjahrsumbruch (da Klee gras oder Sommerung als Folgekultur) x 19 kg N/ha (Tabelle 15)
 + 29 % Herbstumbruch (da Wintergetreide als Folgekultur) x 42 kg N/ha (Tabelle 15)
 = 26 kg N/ha = SchALVO-Wert für Futterleguminosen (Tabelle 16)

Da - wie gezeigt - die Literaturwerte aus Tabelle 15 sehr plausibel erscheinen, sind sie in den Schätzrahmen für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte (Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4) eingeflossen.

Tabelle 16: Mittlerer Vorwinter-N_{min}-Wert aus SchALVO-Beprobungen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen in den Jahren 1996 - 1998:

Kultur	Anzahl Beprobungen	Mittlerer Vorwinter-N _{min} -Wert im Profil
'Futterleguminosen'	337	26
'Brache'	36	37

Quelle: Eigener Entwurf, nach LUFA 1999 [553]

Tabelle 17: Ackernutzung der Ökobetriebe in Baden-Württemberg 1996: Folgekulturen nach Klee- und Luzernegras 1995

Folgefrucht nach Klee gras	Anteil [%]
Klee gras = mehrjähriges KG (d.h. kein Umbruch)	62
Sommerungen (d.h. in der Regel Frühjahrsumbruch)	9
Wintergetreide (d.h. Herbstumbruch)	29

Quelle: Eigener Entwurf, nach LfL 1997 [546]

Am Oberrhein hat sich, wie die eigenen Untersuchungen zeigen, bei den Landwirten auch außerhalb von Wasserschutzgebieten zu Wintergetreide der späte Klee grasumbruch ab Oktober durchgesetzt. Nur zwei der untersuchten Betriebe (einer in Südbaden, einer im Elsaß) brachen Klee gras vor Oktober um. Verbreitet ist der Umbruch zwischen Oktober und Dezember.

4.3.3.2 Körnerleguminosen

Nach der Ernte von **Ackerbohnen oder Erbsen** kommt es aufgrund der leichten Abbaubarkeit der Ernterückstände zu einer starken N-Mineralisierung im Boden. Ohne Nachbau einer Zwischenfrucht wurde im Mittel aller Literaturstellen ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 66 kg N/ha berechnet (Tabelle 18). Bei Ackerbohnen kann der Vorwinter- N_{\min} -Wert durch Verringerung des Reihenabstandes sowie den Nachbau von Zwischenfrüchten aus Unter- oder Stoppelsaaten deutlich reduziert werden (Justus und Köpke 1995 [157], Justus 1996 [280]). Aus der Literatur ergab sich im Mittel nach Ackerbohnen oder Erbsen mit Zwischenfrucht ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 39 kg N/ha (Tabelle 18).

In den Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs wurde nach Körnerleguminosen im Mittel der Jahre 1996 bis 1998 ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 42 kg N/ha gemessen (Tabelle 19). Dieser Wert liegt nahe beim Literaturwert für Ackerbohnen mit Zwischenfrucht von 39 kg N/ha (Tabelle 18). Diese Übereinstimmung ist insofern plausibel, als daß nach Ackerbohnen in der Regel Ausfallackerbohnen als Zwischenfrucht nachgebaut werden.

Tabelle 18: Mittlere Vorwinter- N_{\min} -Werte nach Körnerleguminosen in der Literatur zum ökologischen Landbau mit und ohne Nachbau einer Zwischenfrucht

1	2	
n	N_{\min}	
33	54	alle Fundstellen mit Körnerleguminosen
19	66	keine Zwischenfrucht
12	39	erfolgreiche Zwischenfrucht

Spalte 1: n = Anzahl der Fundstellen in der Literatur

Spalte 2: Mittlerer Vorwinter- N_{\min} -Wert im Profil (i.d.R. 0 - 90 cm) in kg N/ha aus allen Fundstellen in der Literatur.

Quelle: Eigener Entwurf

Tabelle 19: Mittlerer Vorwinter- N_{\min} -Wert aus SchALVO-Beprobungen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen in den Jahren 1996 - 1998 (LUFA 1999 [553]):

Kultur	Anzahl Beprobungen	Mittlerer Vorwinter- N_{\min} -Wert im Profil
Körnerleguminosen	143	42

Quelle: Eigener Entwurf

Bei den **eigenen Untersuchungen** nach Körnererbsen ohne Zwischenfrucht (Abbildung 14) führt der sehr **humose Standort** (4,7 % Humus im Oberboden) zu einer extrem starken N-Mineralisierung nach der Erbsenernte. Auf solchen Ausnahmestandorten ist der Nachbau einer Zwischenfrucht besonders dringlich, um hohe Vorwinter- N_{\min} -Mengen im Boden zu vermeiden. Auf dem Standort in F-Herbsheim (Abbildung 21 in Kapitel 4.3.3.4) wurde nach Ackerbohnen ohne Zwischenfrucht auf einem humosen Boden ein Vorwinter- N_{\min} -Wert vergleichbar denen in der Literatur gemessen (76 kg N/ha am 10.11.1998).

Da - wie gezeigt - die Literaturwerte aus Tabelle 18 sehr plausibel erscheinen, sind sie in den Schätzrahmen für mittlere Vorwinter- N_{\min} -Werte (Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4) eingeflossen.

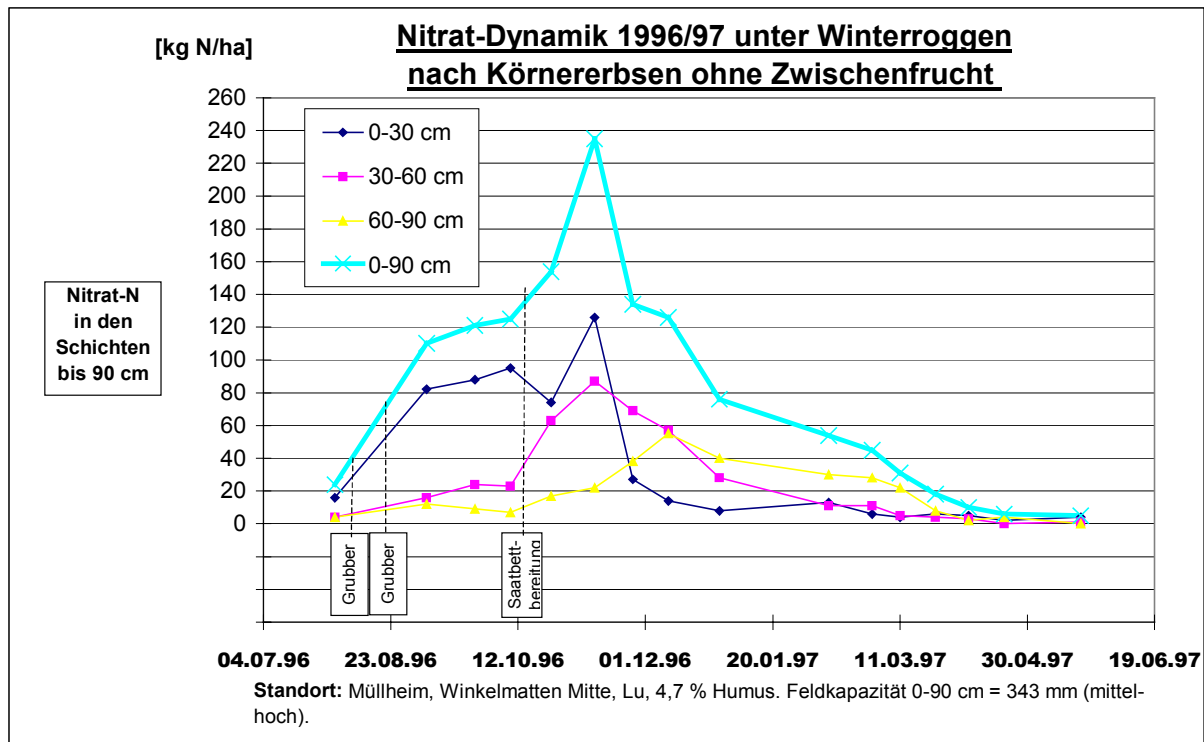


Abbildung 14: Nitratdynamik nach Erbsen am Standort Müllheim in den Jahren 1996/97

Besondere Aufmerksamkeit in Bezug auf die N-Dynamik verdient der **ökologische Sojaanbau am Oberrhein**. Die Nachfrage eines Tofu-Herstellers nach regional erzeugter Ware (Miersch 1998, Miersch 1999) führte im deutschen Teil der Oberrheinebene zu einer starken Ausweitung des Sojaanbaus (1997: ca. 40 ha, 1998: ca. 80 ha, 1999: ca. 120 ha). Anders als bei Ackerbohnen und Erbsen kann nach der Körnerleguminose Soja aufgrund der späten Ernte im Zeitraum September/Oktober keine Zwischenfrucht zur N-Konservierung nachgebaut werden.

Bei den eigenen Untersuchungen wurden nach Sojabohnen Vorwinter-Nitratwerte von 57 kg N/ha auf einem sehr humosen Standort (Abbildung 15) und 49 kg N/ha auf einem Standort mit durchschnittlichem Humusgehalt erzielt (Abbildung 16). Werte in dieser Größenordnung wurden auch 1988 in südbadischen und baden-württembergischen Wasserschutzgebieten ermittelt (Tabelle 20). Bemerkenswert ist auch, daß die Nitratmengen nach Sojabohnen deutlich geringer lagen als nach anderen Körnerleguminosen. Vergleichbare Zahlen aus den Folgejahren liegen nicht vor, da der Sojaanbau in Südbaden, der Ende der 80er Jahre seinen Höhepunkt erreichte (1988: 1200 ha), in den 90er Jahren wegen fallender Weltmarktpreise fast völlig zum Erliegen kam. **Im Schätzrahmen für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte (Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4) werden für Sojabohnen zunächst 45 kg N/ha eingesetzt.** Dieser vorläufige Wert müßte aber durch weitere Untersuchungen bestätigt werden.

Tabelle 20: Nitratreste in Wasserschutzgebieten 1988 in kg N/ha (DSF 1989)

	Südbaden	Baden-Württemberg
Soja	49	42
Getreide	51	63
Körnerleguminosen	73	86

Quelle: Eigener Entwurf

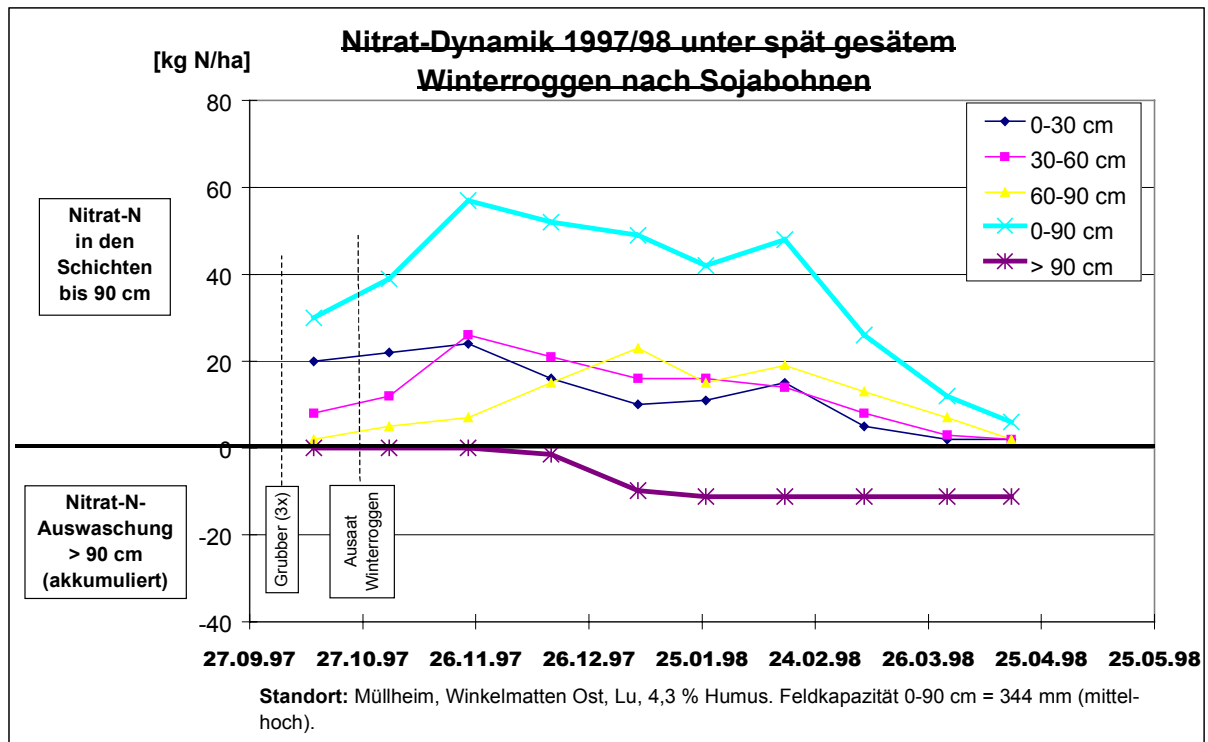


Abbildung 15: Nitratdynamik nach Sojabohnen am Standort Müllheim in den Jahren 1997/98

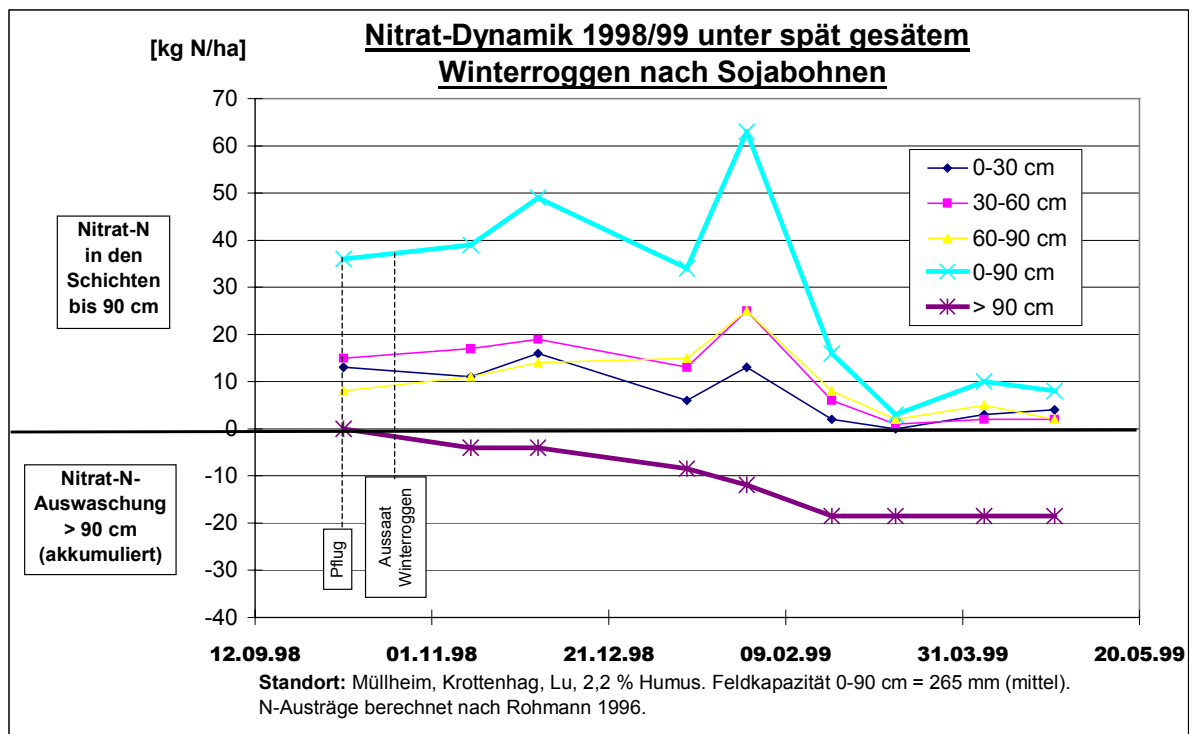


Abbildung 16: Nitratdynamik nach Sojabohnen am Standort Müllheim in den Jahren 1998/99

Nach Sojabohnen wurde bei den eigenen Untersuchungen 11 kg N/ha (Abbildung 15) bzw. 19 kg N/ha (Abbildung 16) ausgewaschen. Zu dieser - gemessen an den Nitratgehalten im Boden während des Winters - geringen Nitrat auswaschung dürfte die Eigenschaft des Roggens beigetragen haben, schon im zeitigen Frühjahr bedeutende N-Mengen aufzunehmen.

4.3.3.3 Getreide und Zwischenfrüchte

Bei den eigenen Untersuchungen mit **abfrierenden Zwischenfrüchten** nach Winterweizen wurden im Mittel aller begrünenden Varianten im Jahr 1997 70 kg N/ha und im Jahr 1998 21 kg N/ha im oberirdischen Aufwuchs aufgenommen (Abbildung 17). In beiden Jahren nahm Phacelia überdurchschnittlich viel Stickstoff auf, Senf dagegen unterdurchschnittlich viel. Die geringere N-Aufnahme des Senf ist nicht auf einen geringeren Massenwuchs, sondern auf eine geringere N-Konzentration in der Trockensubstanz - verglichen mit den anderen Begrünungsvarianten - zurückzuführen. Die auffällig hohe N-Aufnahme der Selbstbegrünung, die in beiden Jahren mit der N-Aufnahme der angesäten Varianten vergleichbar ist, begründet sich vor allem durch den starken Aufwuchs von Hederich (*Raphanus raphanistrum*).

Die deutlich größere **N-Aufnahme** der Zwischenfrüchte im Jahr 1997 - im Mittel aller begrünenden Varianten 49 kg N/ha mehr als 1998 - kann auf das unterschiedliche Nitratangebot im Boden nach Stoppelbearbeitung und Zwischenfruchtaussaat zurückgeführt werden. Im sehr humosen Boden des Jahres 1997 wurde unter den begrünenden Varianten bei der Probennahme am 18.09. die höchsten Nitratwerte - im Mittel 69 kg N/ha - festgestellt (Abbildung 18). Im Jahr 1998 lag das Maximum des Bodennitrats mit 34 kg N/ha am 02.09. nur halb so hoch wie 1997 (Abbildung 19). Analoge Beobachtungen wurden auch am Standort F-Herbsheim im Jahr 1997 gemacht (Tabelle 21 sowie Abbildung 20 in Kapitel 4.3.3.4). Ein um den Faktor 2,2 größeres Stickstoff-Angebot bei der gedüngten Variante gegenüber der ungedüngten führte zu einer 2,6-fach erhöhten N-Aufnahme der Zwischenfrucht Senf.

Tabelle 21: N-Aufnahme der Zwischenfrucht Senf im oberirdischen Aufwuchs vom 10.09.97 - 28.10.97, Düngeversuch Herbsheim 1997

Variante	max N _{min} (25.09.97) [kg N/ha]	N-Aufnahme [kg/ha]	N-Gehalt in der TS [%]
2 keine Düngung, Zwischenfrucht Senf nach der Weizenernte	44	22	2,4
3 Düngung mit Mist-Kompost, Zwischenfrucht Senf nach der Weizenernte	95	57	3,5

Quelle: Eigener Entwurf

Am Standort Müllheim haben in beiden Versuchsjahren alle begrünenden Varianten den **Nitratgehalt im Bodenprofil** bis zum Eintritt der ersten starken Fröste (Anfang November 1997 / Mitte November 1998) deutlich reduziert (Abbildung 18 und Abbildung 19). Signifikante Unterschiede bei den Nitratmengen im Bodenprofil zwischen den begrünenden Varianten konnten bis zu diesem Zeitpunkt nicht festgestellt werden. Nach dem Absterben der Zwischenfrüchte kam es in beiden Versuchsjahren zu einem leichten Wiederanstieg des Bodennitrats. Besonders ausgeprägt war dieser Anstieg unter Ackerbohnen im Winter 98/99. An drei Beprobungsterminen zwischen dem 12.01.99 und dem 22.02.99 war der Nitratgehalt unter Ackerbohnen gegenüber den anderen begrünenden Varianten signifikant erhöht (Abbildung 19). Ein Wiederanstieg des Nitratgehalts nach reinen Körnerleguminosen-Zwischenfrüchten wurde auch von anderen Autoren (z.B. König 1996 [137]) beobachtet.

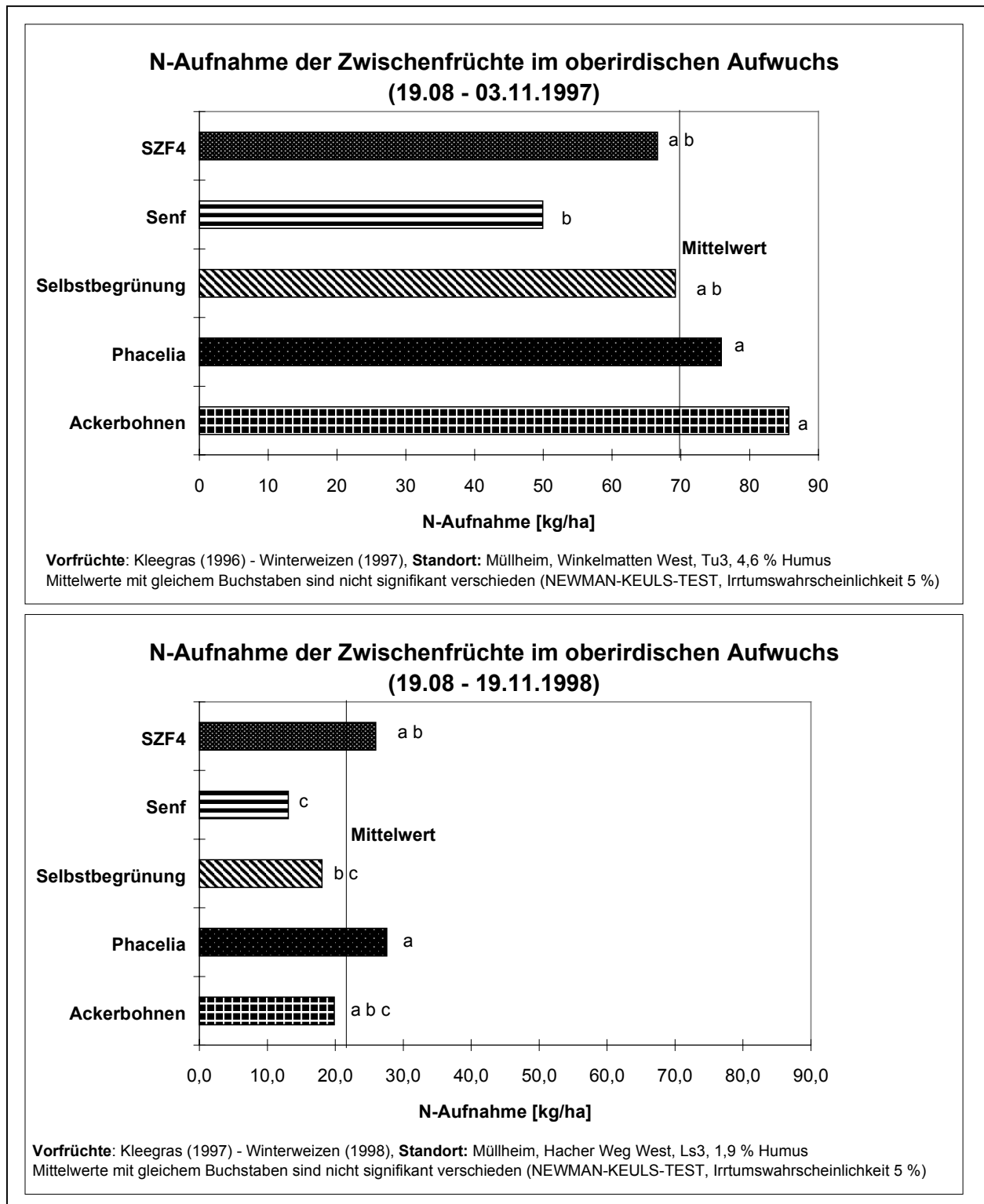


Abbildung 17: N-Aufnahme der Zwischenfrüchte am Standort Müllheim in den Jahren 1997 und 1998

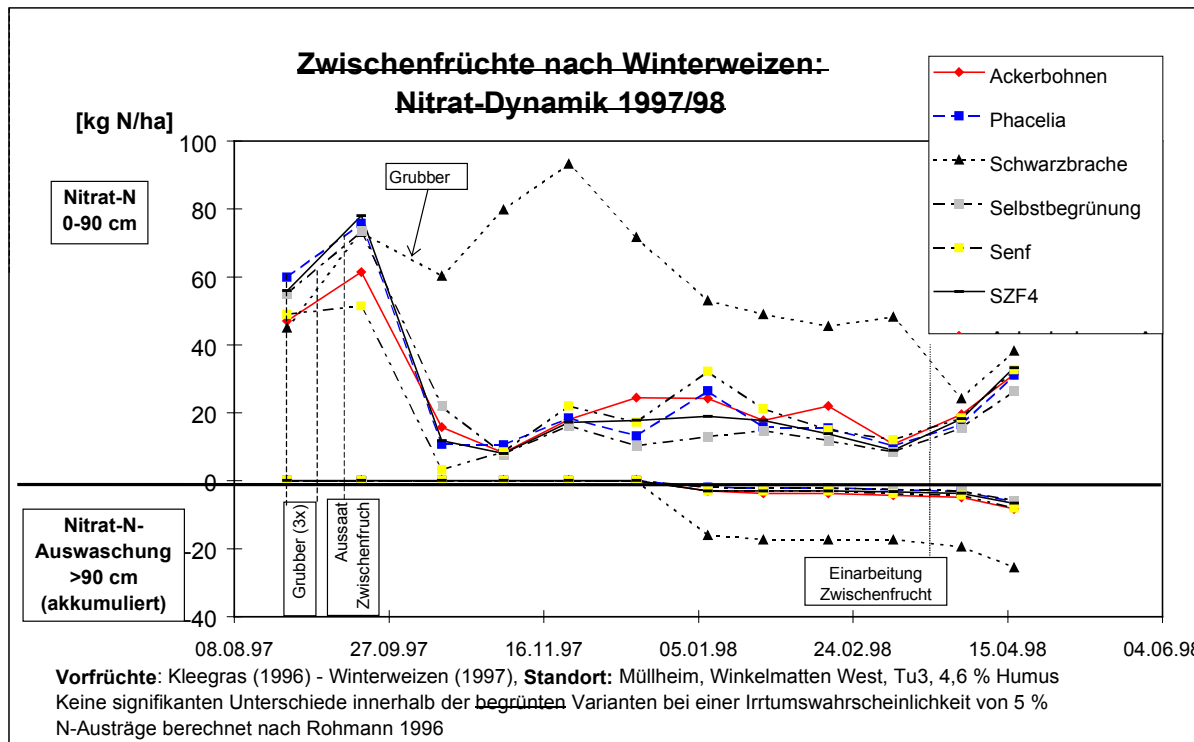


Abbildung 18: Nitrat-Dynamik unter Zwischenfrüchten nach Winterweizen am Standort Müllheim in den Jahren 1997/98

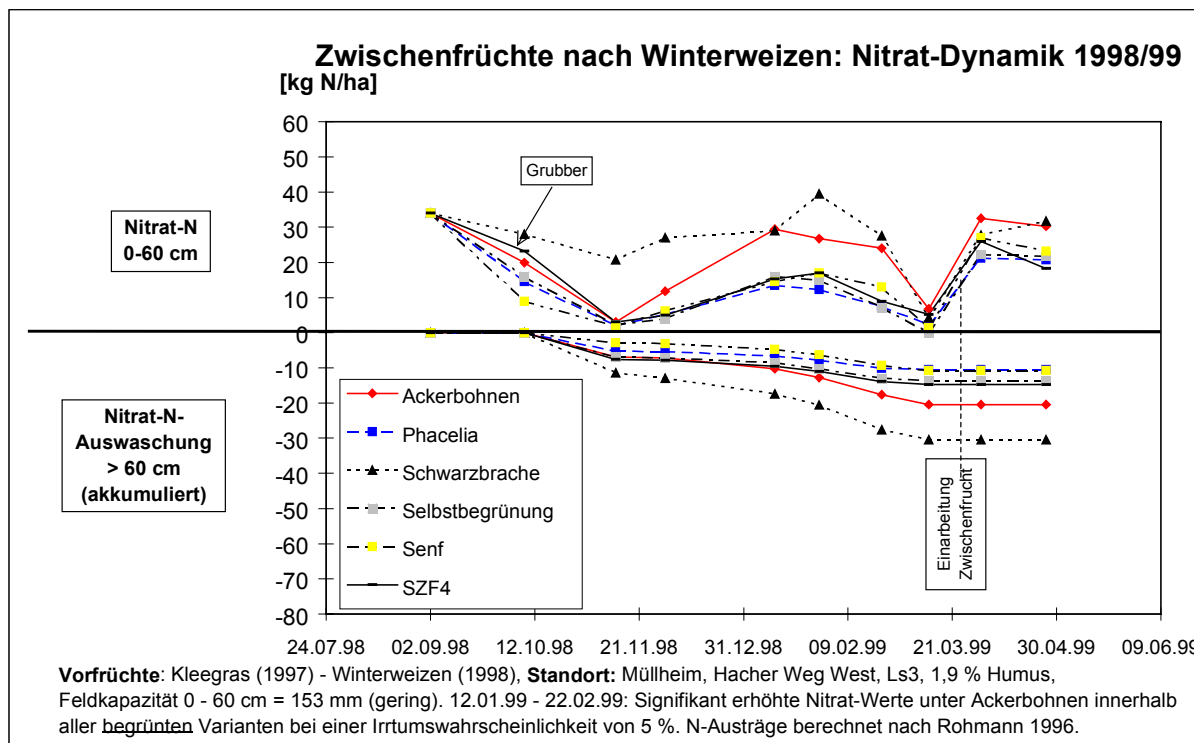


Abbildung 19: Nitrat-Dynamik unter Zwischenfrüchten nach Winterweizen am Standort Müllheim in den Jahren 1998/99

Unter den abgefrorenen Zwischenfrüchten kam es im Winter 1997/98 auf einem Boden mit mittlerer bis hoher Feldkapazität nur zu **geringen Nitratauswaschungen** von 6 bis 8 kg N/ha (Abbildung 18). Im Winter 1998/99 wurden auf einem Boden mit geringer Feldkapazität unter den begrünten Varianten 11 bis 15 kg N/ha, unter Ackerbohnen 20 kg N/ha ausgewaschen (Abbildung 19). Die Nitratauswaschung unter Zwischenfrüchten war deutlich geringer als bei Schwarzbrache, unter der 26 kg N/ha (Winter 1997/98) bzw. 30 kg N/ha (Winter 1998/99) ausgewaschen wurden. Hierin wurden die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen durch die Arbeiten von König 1996 [137] bestätigt. Er fand beim Zwischenfruchtanbau von Körnerleguminosen auf Standorten mit geringer Feldkapazität deutlich höhere Nitratauswaschungen als unter Nichtleguminosen oder Gemengen aus Leguminosen und Nichtleguminosen.

Bei den **Erträgen der Folgekulturen** konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den begrünten Varianten festgestellt werden (Tabelle 21). Bei den Sonnenblumen 1998 könnte der stark humose Standort (4,6 % Humus) mögliche Ertragswirkungen der Zwischenfrucht überlagert haben. Die Sommergerste erzielte nach der Zwischenfrucht Ackerbohnen mit 36,4 dt/ha einen deutlich über dem Mittelwert liegenden Ertrag. Aufgrund von Blockeffekten konnte dieser Unterschied aber nicht statistisch abgesichert werden.

Tabelle 22: Erträge der Folgekulturen nach Zwischenfrüchten am Standort Müllheim

	1998	1999
	Ertrag Sonnenblumen [dt/ha]	Ertrag Sommergerste [dt/ha]
SZF4	31,0	32,0
Senf	33,5	34,3
Selbstbegrünung	31,9	31,9
Phacelia	33,5	28,9
Ackerbohnen	33,7	36,4
Mittel über alle Zwischenfrüchte	32,7	32,7

Keine signifikanten Unterschiede zwischen den begrünten Varianten (NEWMAN-KEULS-TEST, Irrtumswahrscheinlichkeit 5 %)

Quelle: Eigener Entwurf

Bei der **Gesamtauswertung der Vorwinter-N_{min}-Werte nach Getreide in der Literatur** zum ökologischen Landbau zeigt sich die große Bedeutung der Zwischenfrüchte für die N-Konservierung. Nach Getreide ohne Zwischenfrucht wurde ein mittlerer Vorwinter-N_{min}-Wert von 42 kg N/ha ermittelt, nach Getreide mit Zwischenfrucht waren es 28 kg N/ha (Tabelle 23). Wenn Gemenge aus Leguminosen und Nichtleguminosen als Zwischenfrucht angebaut werden, liegt der Vorwinter-N_{min}-Wert deutlich höher (27 kg N/ha) als bei Verwendung von Nichtleguminosen (16 kg N/ha). Körnerleguminosen-Reinsaaten als Zwischenfrucht nach Getreide führen im Mittel der untersuchten Literatur sogar zu Vorwinter-N_{min}-Werten (40 kg N/ha), die ähnlich hoch wie bei Getreide ohne Zwischenfrucht liegen (Tabelle 23). Auf Böden mit **Humusgehalt über 2,5 %** sind Zwischenfrüchte besonders zur Reduzierung von Vorwinter-N_{min}-Werten nach Getreide geeignet: Auf solchen Böden wurden mit Zwischenfrucht im Mittel 26 kg N/ha und damit nur etwa halb soviel wie ohne Zwischenfrucht (48 kg N/ha) gemessen (Tabelle 23).

Tabelle 23: Mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte nach Getreide in der Literatur zum ökologischen Landbau in Abhängigkeit vom Humusgehalt und Nachbau einer Zwischenfrucht

1	2	3	4	5
n	N _{min}	Humus	ZF	Bemerkungen
Getreide ohne Differenzierung				
138	33	k. D.	k. D.	
Einfluß der Zwischenfrucht				
87	28	k. D.	ja	keine Differenzierung der ZF
20	40	k. D.	ja	ZF: Körnerleguminosen
47	27	k. D.	ja	ZF: Klee, Klee gras, Gemenge aus Körnerleguminosen und Nichtleguminosen
19	16	k. D.	ja	ZF: Nichtleguminosen
37	42	k. D.	nein	keine ZF
Einfluß des Humusgehalts				
24	40	< 2,5 %	nein	
11	48	≥ 2,5 %	nein	
69	29	< 2,5 %	ja	
16	26	≥ 2,5 %	ja	

Spalte 1: n = Anzahl der Fundstellen in der Literatur.

Spalte 2: Mittlerer Vorwinter-N_{min}-Wert im Profil (i.d.R. 0 - 90 cm) in kg N/ha aus allen Fundstellen in der Literatur.

Spalte 3: Humusgehalt des Oberbodens.

Spalte 4: erfolgreiche Zwischenfrucht?

Quelle: Eigener Entwurf

Bei den **SchALVO-Herbstkontrollen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen** in Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs wurde im Mittel der Jahre 1996 bis 1998 nach Getreide ein Vorwinter-N_{min}-Wert von 30 kg N/ha gefunden (Tabelle 24). Dieser - auf den ersten Blick recht hohe - Wert ist vor dem Hintergrund der Literaturwerte (Tabelle 23) plausibel, da Ökobetriebe kaum Nichtleguminosen als Zwischenfrüchte anbauen².

Da die Literaturwerte aus Tabelle 23 durch die eigenen Untersuchungen und den Abgleich mit den SchALVO-Werten bestätigt wurden, sind sie in den Schätzrahmen für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte (Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4) eingeflossen.

Tabelle 24: Mittlerer Vorwinter-N_{min}-Wert aus SchALVO-Beprobungen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen in den Jahren 1996 - 1998 (LUFA 1999 [553]):

Kultur	Anzahl Beprobungen	Mittlerer Vorwinter-N _{min} -Wert im Profil
Getreide	1150	30

Quelle: Eigener Entwurf

² Bei dieser Betrachtung wird unterstellt, daß die Praxis des Zwischenfruchtanbaus nach Getreide in Ökobetrieben am Oberrhein (Tabelle 25) vergleichbar ist mit der Praxis aller Ökobetriebe in Baden-Württemberg.

Tabelle 25: Zwischenfruchtanbau nach Getreide in den Ökobetrieben am Oberrhein

Getreide mit Zwischenfrucht Leguminosen oder Leguminosen-Nichtleguminosen-Gemenge	61 %
Getreide mit Zwischenfrucht Nichtleguminose	6 %
Getreide ohne Zwischenfrucht	33 %

Quelle: Eigener Entwurf

Von den in den eigenen Untersuchungen geprüften Zwischenfrüchten können aus Sicht des Grundwasserschutzes Senf, Phacelia und das Sommerzwischenfruchtgemenge SZF4 uneingeschränkt für den ökologischen Landbau am Oberrhein empfohlen werden. Ackerbohnen sollten nicht auf Standorten mit geringer Feldkapazität (leichte Böden) angebaut werden. Senf und Phacelia sind zwar im Saatguteinkauf besonders preiswert (Tabelle 26), sie tragen allerdings - anders als die Leguminosen Ackerbohne und SZF4 - nicht zur Stickstoffversorgung des Betriebes bei.

Tabelle 26: Aussaatmengen und Saatgutkosten für Zwischenfrüchte

Zwischenfrucht	Saatmenge [kg/ha]	Saatgutkosten [DM/ha]
Senf, MAXI, nematodenresistent	25	100,--
Senf, nicht nematodenresistent (nicht getestet)	25	40,--
Ackerbohnen, CONDOR	180	210,--
Ackerbohnen, eigener Nachbau (nicht getestet)	180	90,--
Phacelia	10	55,--
SZF4 ^{*)}	50	155,--
Selbstbegrünung	-	-

^{*)} = Gemenge aus 22 % Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum*), 14 % Futtererbsen (*Pisum arvense*), 14 % Platterbsen (*Gesse; Lathyrus sativus*), 28 % Sommerwicen (*Vesce commune; Vicia sativa*), 2 % Phacelia, 20% Buchweizen (*Sarrasin; Fagopyrum esculentum*)

Quelle: Eigener Entwurf

4.3.3.4 Organische Dünger

Wie in Kapitel 4.2.2 beschrieben, werden **organische Zukaufdünger** vor allem in den Ökobetrieben im Elsaß eingesetzt (Tabellen im Anhang). Bei den eigenen Untersuchungen am Standort F-Herbsheim führte die Ausbringung von 15 t Mistkompost (ca. 89 kg N) nach Winterweizen am 26.08.97 zu einer deutlich höheren N-Mineralisierung als bei den ungedüngten Varianten (Abbildung 20). Durch die am 10.09.97 ausgesäte **Zwischenfrucht Senf** wurden die N_{\min} -Werte bis zum Ende der Vegetationszeit jedoch in der gedüngten Variante ebenso abgesenkt wie in der ungedüngten.

Nachdem die Zwischenfrucht Senf Anfang Januar eingearbeitet worden war und die Düngungsvariante weitere 20 t Mistkompost (ca. 110 kg N) erhalten hatte, stiegen die N_{\min} -Werte bis Anfang April 98 bei der gedüngten Variante auf das 1,6-fache der ungedüngten. Es ist davon auszugehen, daß die Ende März ausgesäten Ackerbohnen auf der gedüngten Variante aufgrund des großen Angebots an Bodenstickstoff im Verlauf der nachfolgenden Vegetationsperiode deutlich weniger Luftstickstoff fixiert haben als die der ungedüngten Variante.

Bei der Düngungsvariante wurde nach der Ernte der Ackerbohnen die nach Körnerleguminosen ohnehin verstärkte N-Mineralisierung (Kapitel 4.3.3.2) durch eine weitere Düngung mit 20 t Mistkompost (ca. 100 kg N) zusätzlich verstärkt (Abbildung 21). Da keine Zwischenfrucht angebaut wurde, stiegen die N_{\min} -Werte im Profil bis zum 10.11.98 auf 102 kg N/ha in der gedüngten und 76 kg N/ha in den ungedüngten Varianten.

Zusammenfassend läßt sich feststellen: In dem vorgestellten Versuch am Standort Herbsheim wurde eine auf diesem Betrieb übliche Düngungsvariante mit zugekauftem Mistkompost geprüft. Vor und nach dem Anbau der Leguminose Ackerbohne wurden insgesamt 55 t/ha Mistkompost mit ca. 290 kg N/ha ausgebracht. Diese Düngungspraxis ist sowohl im Hinblick auf die optimale N-Versorgung eines Ökobetriebes als auch aus Gründen des Grundwasserschutzes strikt abzulehnen. Diese Düngungsmethode ist allerdings auch weit entfernt von der gängigen Praxis der Mehrheit der Ökobetriebe am Oberrhein.

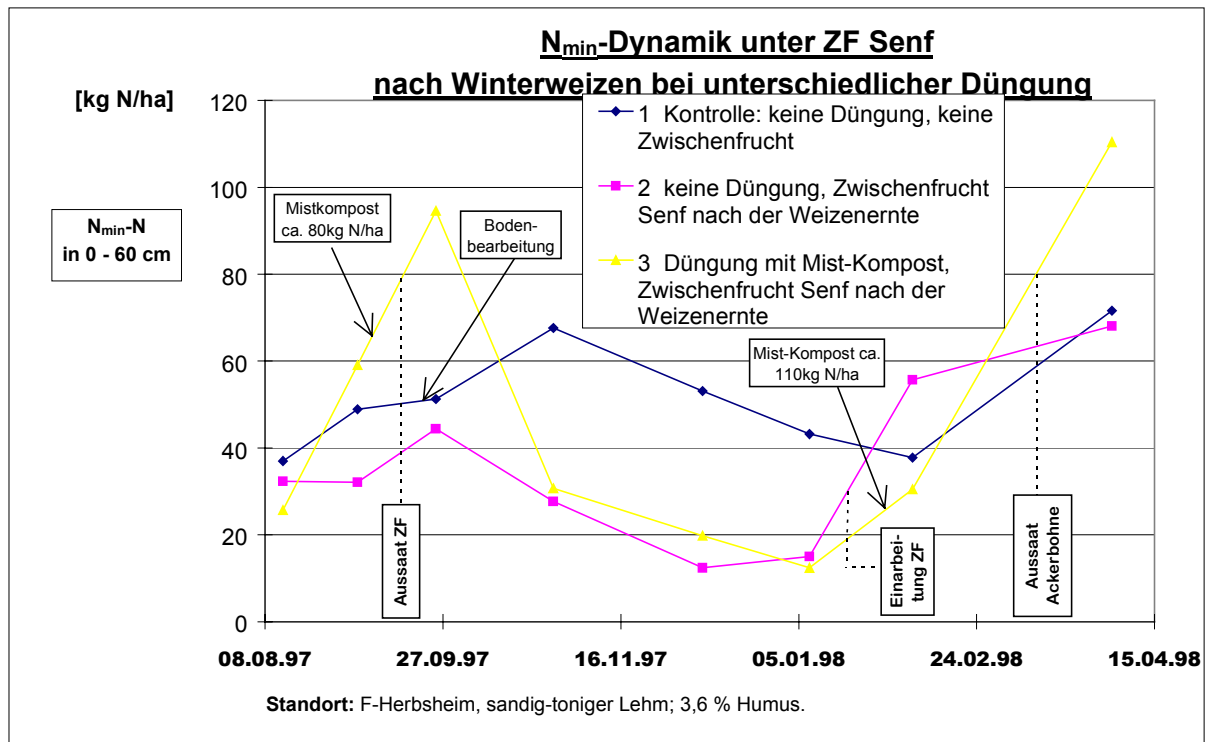


Abbildung 20

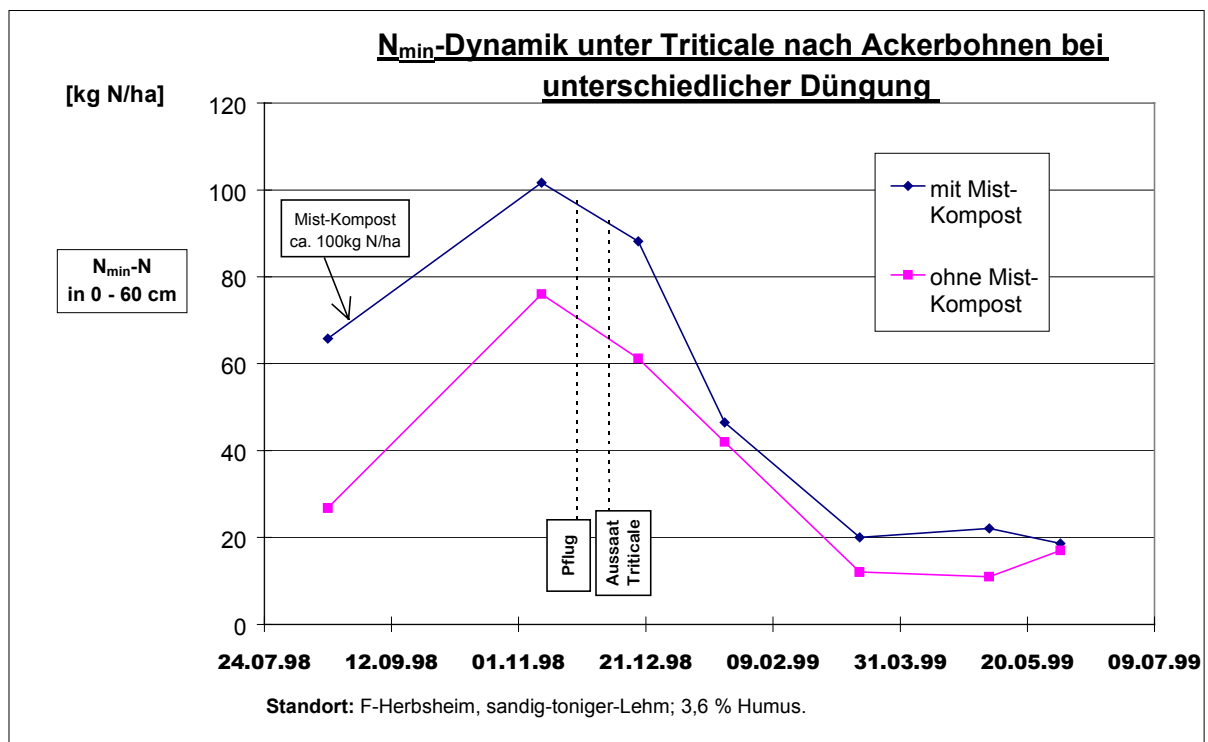


Abbildung 21

Auch am Standort F-Volgelsheim führte eine Düngung mit 20 t/ha Mist-Kompost (ca. 100 kg N/ha) nach der Ernte eines Gersten-Hafer-Gemenges zu unerwünscht hoher N-Mineralisierung (Abbildung 22). Zwar wurde durch die Zwischenfrucht (Hafer-Ackerbohnen-Erbesen-Gemenge) der N_{\min} -Wert im Profil zunächst abgesenkt, doch nach deren Umbruch und der Aussaat von Winterweizen Anfang November stieg der N_{\min} -Wert im Bodenprofil der gedüngten Variante bis zum 18.12.98 auf 105 kg N/ha an. Das Resultat waren 47 kg N/ha mehr als auf der ungedüngten Variante (Abbildung 22).

So konnte mit den eigenen Untersuchungen an den Standorten F-Herbsheim und F-Volgelsheim gezeigt werden, daß die Ausbringung von Mist-Komposten im Spätsommer sich im Sinne des Grundwasserschutzes überwiegend ungünstig auf die vorwinterliche N-Dynamik im Boden auswirkt. **Organische Dünger sollten grundsätzlich im Frühjahr ausgebracht werden, um N-Verluste zu minimieren. Eine Anwendung zu Leguminosen ist nicht zu empfehlen.**

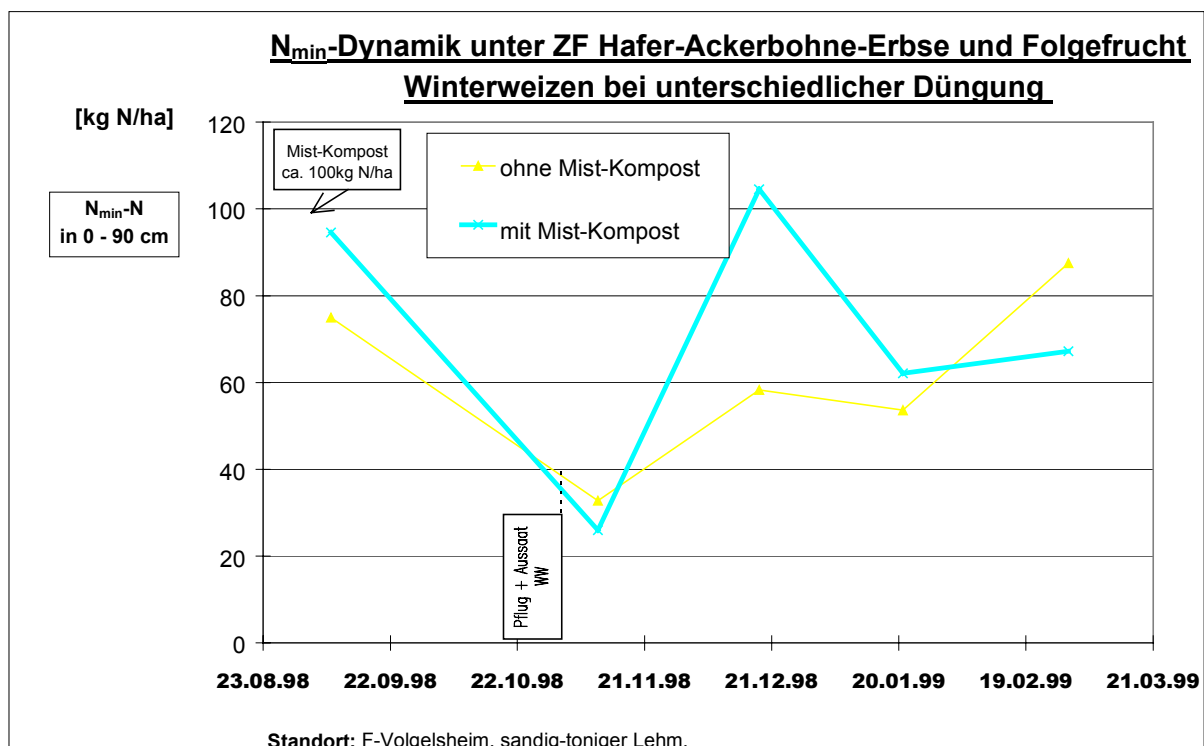


Abbildung 22

4.3.3.5 Spät räumende Kulturen und ‘Problemkulturen’

Von besonderem Interesse für die winterliche N-Dynamik sind auch spät räumende Kulturen, bei denen der Nachbau einer Zwischenfrucht häufig nicht gelingt. Dazu gehören beispielsweise Kartoffeln, Mais oder Sonnenblumen.

Zu **Kartoffeln** wurden keine eigenen Untersuchungen durchgeführt. Die Angaben in der Literatur zeigen, daß nach Kartoffeln regelmäßig sehr hohe Vorwinter- N_{\min} -Mengen gemessen werden (Tabelle 27). Möller und Reents 1995 [12] führen die hohe Nachernte-Mineralisierung bei Kartoffeln im ökologischen Landbau auf folgende Faktoren zurück: häufig Leguminosen-Vorfrüchte zu Kartoffeln, in der Regel hohe organische Düngung sowie starke Belüftung des Bodens durch die Rodung der Kartoffeln.

Über die N-Konservierung mit **Zwischenfrüchten nach Kartoffeln** liegen kaum Erkenntnisse vor (Tabelle 27). Heß et al. 1994 [243] konnten mit der Zwischenfrucht Gelbsenf den Vorwinter-Nitrat-Wert auf 75 kg N/ha gegenüber 150 kg N/ha in der Variante ohne Zwischenfrucht reduzieren. Möller und Reents 1995 [12] maßen unter Weizen nach Kartoffeln, der in einen stehenden Zwischenfruchtbestand (Senf) eingesät worden war, 35 kg/ha Nitrat-N und unter dem unberührten Senfbestand 18 kg Nitrat-N/ha (jeweils im November). Auf den Varianten ohne Zwischenfrucht wurden zum gleichen Zeitpunkt - je nach Saattermin des nachfolgenden Weizens - 45 bis 80 kg N/ha ermittelt.

Tabelle 27: Mittlere Vorwinter- N_{\min} -Werte nach Kartoffeln in der Literatur zum ökologischen Landbau in Abhängigkeit vom Nachbau einer Zwischenfrucht und der Vorfrucht Kleegras

1	2	
n	N_{\min}	
18	93	alle Fundstellen mit Kartoffeln
11	84	keine Zwischenfrucht
3	(42)	erfolgreiche Zwischenfrucht
4	154	Vorfrucht Kleegras, 2,8 % Humus, Zwischenfrucht ohne Erfolgsangabe, Grundbodenbearbeitung nach Kartoffeln im Oktober (FAC 1995 [216])

Spalte 1: n = Anzahl der Fundstellen in der Literatur.

Spalte 2: Mittlerer Vorwinter- N_{\min} -Wert im Profil (i.d.R. 0 - 90 cm) in kg N/ha aus der Literatur

Quelle: Eigener Entwurf

Bei den SchALVO-Herbstkontrollen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen Baden-Württembergs wurde nach Kartoffeln im Mittel der Jahre ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 60 kg N/ha festgestellt (Tabelle 28). In der Praxis des ökologischen Landbaus, wo Zwischenfrüchte nach Kartoffeln eher die Ausnahme denn die Regel bilden, stellen sich also offenbar geringere Vorwinter N_{\min} -Werte ein als die (wenigen) Literaturwerte vermuten lassen. **Im Schätzrahmen für mittlere Vorwinter- N_{\min} -Werte (Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4) sollen aber dennoch eher höhere (pessimistische) Werte eingesetzt werden: Für Kartoffeln ohne Zwischenfrucht wird ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 90 kg N/ha angenommen, mit Zwischenfrucht 50 kg N/ha.**

Tabelle 28: Mittlerer Vorwinter-N_{min}-Wert aus SchALVO-Beprobungen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen in den Jahren 1996 - 1998 (LUFA 1999 [553]):

Kultur	Anzahl Beprobungen	Mittlerer Vorwinter-N _{min} -Wert im Profil
Kartoffeln	135	60
Mais	110	34
Gemüse	113	60

Quelle: Eigener Entwurf

Nach **Mais** wurde auf ökologisch bewirtschafteten Flächen in Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs im Mittel von drei Jahren ein Vorwinter-N_{min}-Wert von 34 kg N/ha ermittelt (Tabelle 28). Eigene Untersuchungen zu Mais liegen nur aus einem Jahr für einen stark humosen Standort vor (Abbildung 23). Dort wurden im November 1996 78 kg Nitrat-N/ha gemessen. In der Literatur zum ökologischen Landbau wurden keine Angaben zur Nitratdynamik nach Mais gefunden.

Auch für **Sonnenblumen** liegt aufgrund ihrer geringen Anbaubedeutung im ökologischen Landbau keine Literatur vor. Eigene Untersuchungen wurden auf einem stark humosen Standort durchgeführt. Im Winter 1998/99 wurden maximal 38 kg Nitrat-N/ha gemessen (Abbildung 24). **Im Schätzrahmen für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte (Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4) sollen bis auf weiteres für Mais und Sonnenblumen 35 kg N/ha angenommen werden.**

Ein sehr unübersichtliches Feld ist die Nitratdynamik nach **Gemüse**. Zum einen liegen kaum Forschungsergebnisse vor, zum anderen verbergen sich unter dem Oberbegriff 'Gemüse' viele Kulturen mit sehr unterschiedlichen Intensitäten bei Art und Zeitpunkt von Bodenbearbeitung und Düngung. Zu differenzieren ist sicherlich auch zwischen dem Feldgemüsebau und dem besonders intensiven gärtnerischen Gemüsebau.

Bei eigenen Untersuchungen am Standort F-Volgelsheim wurden unter unterschiedlich gedüngtem Porree schon während der Vegetationszeit extrem hohe N_{min}-Mengen im Boden gemessen (Abbildung 25). Die gedüngten Varianten hatten allerdings auch Mitte Januar 1997 ca. 308 kg N/ha in Form von 45 t/ha Mistkompost erhalten. Variante 4 erhielt zusätzlich im Mai 1997 noch 69 kg N/ha in Form von organischem Handelsdünger. Der Boden wurde vor der Pflanzung des Porree im Juni mehrmals intensiv bearbeitet. Auch in den Jahren vor dem Porreeanbau wurde der Schlag mit Mistkompost gedüngt.

Beim DOK-Versuch (FAC 1995 [216]) wurde 1987 nach Rote Bete ein Vorwinter-N_{min}-Wert von 38 kg N/ha im Mittel der vier biologischen Varianten gefunden. Nach Möhren ermittelte Bachinger 1996 [312] 33 kg N/ha.

Unter ökologisch bewirtschafteten Gemüseflächen in Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs wurde im Mittel der Jahre 1996 bis 1998 ein Vorwinter-N_{min}-Wert von 60 kg N/ha gemessen (Tabelle 28). **Da dieser Wert über immerhin 113 Beprobungen abgesichert ist, wird er im Schätzrahmen für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte (Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4) verwendet.**

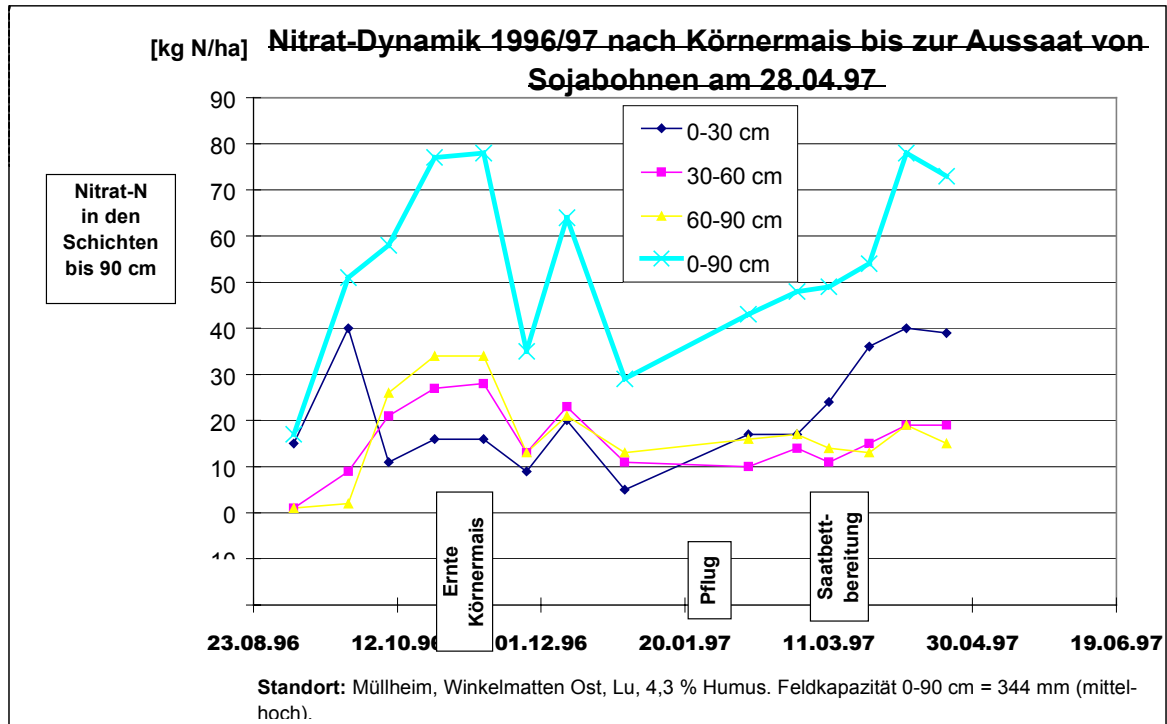


Abbildung 23

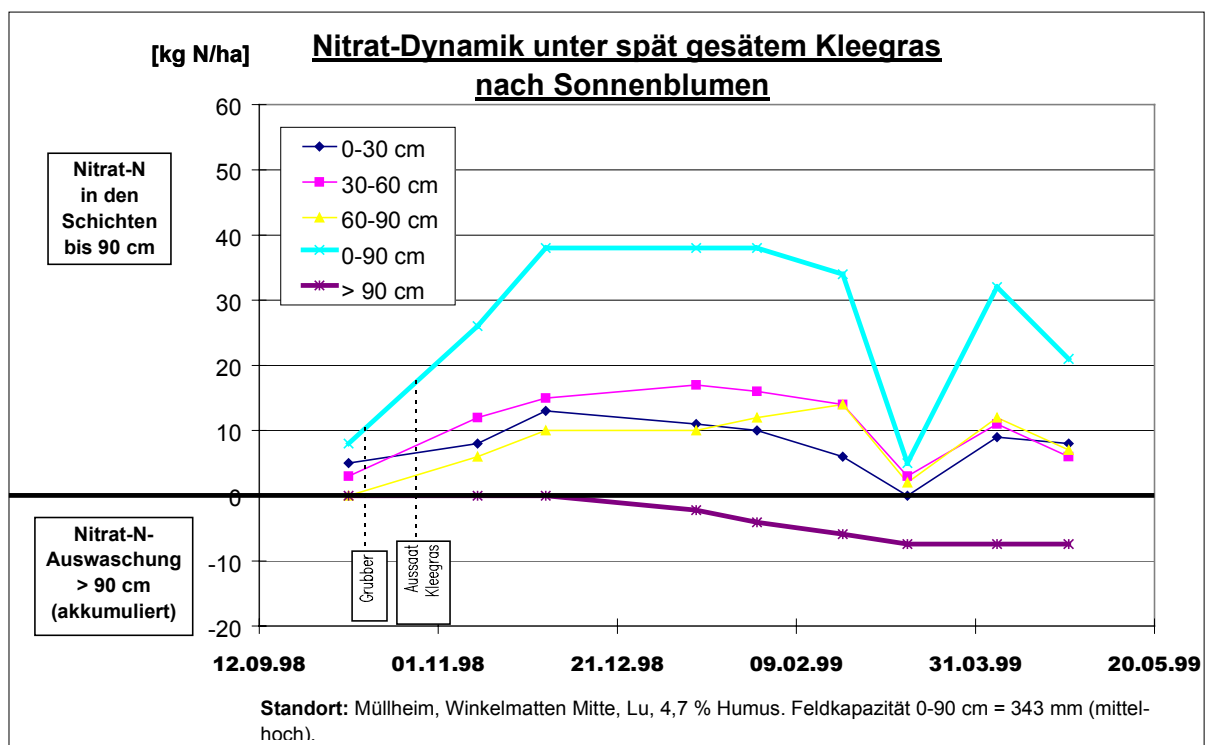


Abbildung 24

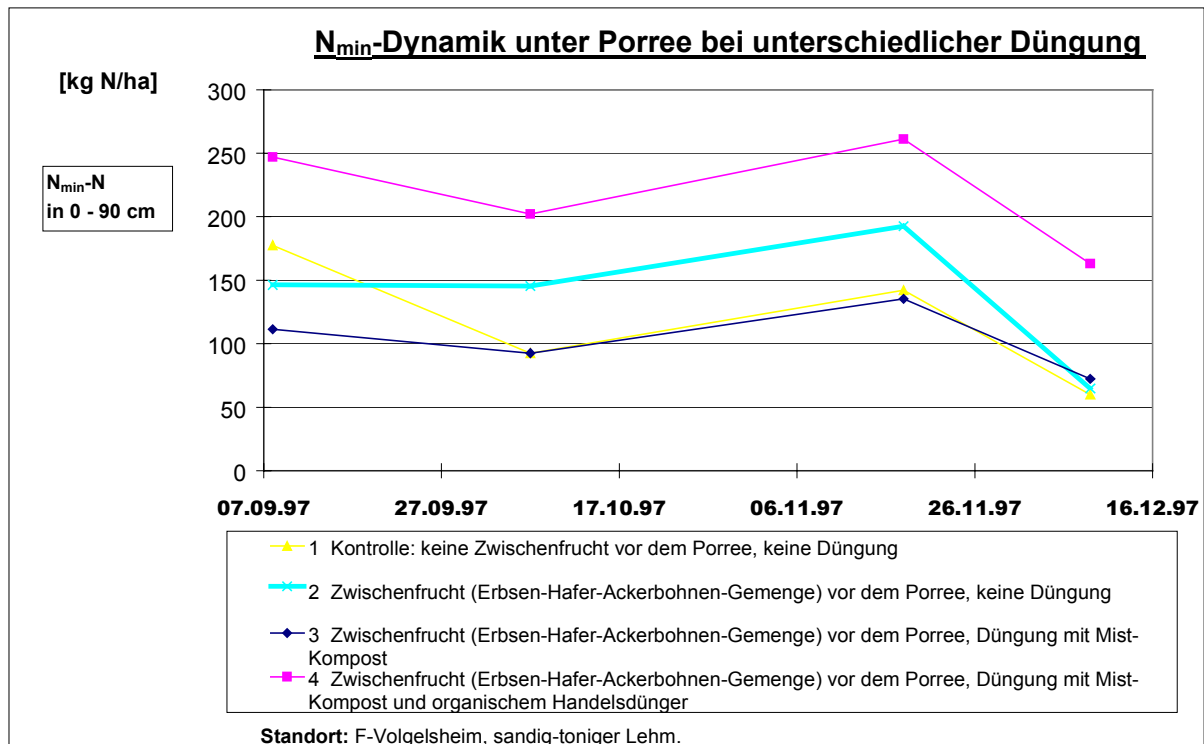


Abbildung 25

4.3.3.6 Stickstoff-Austräge am Standort Müllheim: Zusammenfassung

In Tabelle 29 sind alle Stickstoff-Austräge am Standort Müllheim, die zum Teil schon in den vorangegangenen Kapiteln im Zusammenhang mit der Nitratdynamik nach verschiedenen Kulturen diskutiert wurden, zusammenfassend dargestellt. **Im Mittel über alle Fruchtfolgeglieder und die beiden untersuchten Sickerperioden wurden 10 kg N/ha ausgewaschen.** Diese sehr niedrige Auswaschung liegt weit unter den Werten vergleichbarer Untersuchungen, in denen Auswaschungen von 20 bis 28 kg N/ha ermittelt wurden (Kapitel 4.3.1). Zu berücksichtigen ist hierbei, daß es sich bei den eigenen Untersuchungen um eine Fruchtfolge mit sehr vielen grundwasserschonenden Elementen, wie spätem Kleegrasumbruch, konsequentem Zwischenfruchtanbau mit Nichtleguminosen oder Leguminosen-Nichtleguminosen-Gemengen, Verzicht auf Kartoffel- oder Gemüseanbau, keinem Einsatz organischer Düngemittel sowie Bodenbearbeitung zu Sommerungen erst im Spätwinter oder Frühjahr handelt.

Da in den Untersuchungsjahren überdurchschnittlich viel Niederschlag fiel (Tabelle 30), war der dreiwöchige Probennahmeabstand zur Bestimmung von Bodennitrat und Wassergehalt möglicherweise etwas zu weit gewählt. Daher können gerade bei stark fallenden Nitratwerten zwischen zwei Beprobungsterminen in Verbindung mit hohen Niederschlägen Nitratverlagerungen aufgetreten sein, die nicht durch die Modellrechnungen erfaßt, sondern als Denitrifikationsverluste interpretiert werden müssen. An der Größenordnung der sehr geringen Nitratverlagerung ändert dies aber nichts, wie die folgende Plausibilitätsbetrachtung zeigt: Im Mittel der Schläge und Untersuchungsjahre wurde ein Vorwinter-Nitrat-Wert von 21 kg N/ha gemessen (Tabelle 29). Die mittlere Feldkapazität aller untersuchten Schläge beträgt 271 mm. Unter diesen Bedingungen ist - anknüpfend an die Annahmen in Kapitel 4.3.3 und Abbildung 9, ein winterlicher Nitrataustrag von ca. 15 kg N/ha zu erwarten.

Tabelle 29: Vorwinter-Nitrat-N und winterliche Stickstoff-Austräge am Standort Müllheim über alle Fruchtfolgeglieder während zweier Winterhalbjahre

Schlag	1997/98	(Nitrat-N)	1998/99	(Nitrat-N)
		N-Austrag [kg N/ha]		N-Austrag [kg N/ha]
Hacher Weg West FK = 153 mm 1,9 % Humus	nach Kleegrasumbruch unter Winterweizen	(47) 22	nach Winterweizen unter Zwischenfrucht Phacelia	(2) 11
Winkelmatten West FK = 366 mm 4,6 % Humus	nach Winterweizen unter Zwischenfrucht SZF 4	(14) 7	nach Sonnenblumen	(26) 8
Krottenhag FK = 265 mm 2,2 % Humus	nach Sommergerste unter Zwischenfrucht Phacelia	(10) 3	nach Sojabohnen unter Winterroggen	(39) 19
Winkelmatten Ost FK = 344 mm 4,3 % Humus	nach Sojabohnen unter Winterroggen	(53) 11	nach Winterroggen unter Zwischenfrucht Phacelia	(1) 5
Winkelmatten Mitte FK = 343 mm 4,7 % Humus	nach Winterroggen unter Zwischenfrucht SZF 4	(14) 7	nach Sonnenblumen unter Klee gras	(26) 7
Hacher Weg Ost FK = 157 mm 2,2 % Humus	nach Sommergerste unter Klee gras	(5) 3	nach Klee gras umbruch unter Winterweizen	(20) 21
Mittelwert über alle Schläge		(24) 9		(19) 12
Mittelwert über alle Schläge und zwei Versuchsjahre		(21 kg Nitrat-N/ha im November) 10 kg N/ha Austrag		

- geklammerte Zahl (**Nitrat-N**) = Nitrat im Bodenprofil im November in kg N/ha
- **N-Austrag** = N-Austrag aus dem Bodenprofil in kg N/ha, berechnet nach Rohmann 1996 [322]
- FK = Feldkapazität in 0 - 60 cm bei Hacher Weg Ost und West, sonst in 0 - 90 cm

Quelle: Eigener Entwurf

Tabelle 30: Niederschlagssummen in den hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahren 1997/98 und 1998/99 in Müllheim und im 30-jährigen Mittel im nahegelegenen Neuenburg

Niederschlagssummen in mm	April bis September	Oktober bis März
Müllheim 1997/98	447	378
Müllheim 1998/99	529	350
Neuenburg 1968 – 1997	428	300

Quelle: Eigener Entwurf, z. T. Daten des Deutschen Wetterdienstes für Neuenburg

4.3.4 Ein Schätzrahmen für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte im ökologischen Landbau

Nach der Diskussion der Stickstoff-Dynamik in Abhängigkeit von landwirtschaftlichen Kulturen und ackerbaulichen Maßnahmen im vorangegangenen Kapitel 4.3.3, wird nun ein Schätzrahmen für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte im ökologischen Landbau vorgestellt (Übersicht 1). Die Werte des Schätzrahmens wurden - wie im Detail bereits diskutiert - zunächst durch die systematische Auswertung der Literatur zum ökologischen Landbau entwickelt. Anschließend erfolgte eine Plausibilitätsprüfung anhand eigener Untersuchungen sowie den zahlreichen Beprobungen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen in Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs in den Jahren 1996 bis 1998.

Der vorgeschlagene Schätzrahmen ist kein Prognosemodell für einzelne Jahre und Standorte. Mit dem Schätzrahmen können Vorwinter-N_{min}-Werte geschätzt werden, die sich im Mittel über viele Jahre und ein größeres Gebiet (von der Ackerfläche eines Ökobetriebes aufwärts) unter einer definierten ökologischen Bewirtschaftung voraussichtlich einstellen. Mit dem geschätzten mittleren Vorwinter-N_{min}-Wert kann vor dem Hintergrund der Boden- und Klimaverhältnisse im betrachteten Gebiet entschieden werden, welchen Beitrag zum Grundwasserschutz Landnutzungssysteme des ökologischen Landbaus leisten können. In Kapitel 4.5.2 wird die Anwendung des Schätzrahmens am Beispiel des am Oberrhein gelegenen Wasserschutzgebietes Weisweil demonstriert.

Auch einzelnen Ökobetrieben steht mit dem Schätzrahmen ein Instrument zur Verfügung, mit dem die langfristige Stickstoffeffizienz aller ackerbaulichen Maßnahmen beurteilt werden kann.

Während die mittleren Vorwinter-N_{min}-Werte für die flächenmäßig bedeutenden Kulturen des ökologischen Landbaus wie Klee gras, Ackerbohnen, Erbsen und Getreide schon gut abgesichert sind, besteht bei Kartoffeln, Gemüse, Mais, Sonnenblumen und Sojabohnen noch Forschungsbedarf. Gerade am Oberrhein, wo auf ökologisch bewirtschafteten Flächen überdurchschnittlich viel Gemüse, Mais und inzwischen auch Sojabohnen angebaut werden (Kapitel 4.1), hängt die Genauigkeit des Schätzrahmens stärker als in anderen Regionen von zuverlässigen Vorwinter-N_{min}-Werten für diese Kulturen ab.

Übersicht 1: Schätzrahmen für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte [kg N/ha] im ökologischen Landbau

Annahmen:

- keine Wirtschaftsdüngeranwendung im Spätsommer/Herbst
- Zukauf organischer Dünger max. 0,5 DE/ha x Jahr (entsprechend max 40 kg N/ha x Jahr)
- keine anmoorigen oder moorigen Böden

1. Klee gras/Luzerne gras

- unter Klee gras, kein Umbruch oder Umbruch im Frühjahr 19
- nach Klee gras, später Umbruch (Oktober bis Dezember) 42
- nach Klee gras, früher Umbruch (vor Oktober), keine Zwischenfrucht 65
 - Zuschlag bei mehrjährigem Klee gras + 15
 - Zuschlag bei Humusgehalt > 2,5 % + 20
- nach Klee gras, früher Umbruch (vor Oktober), mit Zwischenfrucht 40

2. Körnerleguminosen

- nach Ackerbohnen/Erbsen ohne Zwischenfrucht oder Untersaat 66
 - Zuschlag bei Humusgehalt > 2,5 % + 20
- nach Ackerbohnen/Erbsen mit Zwischenfrucht oder Untersaat 39
- nach Sojabohnen 45

3. Getreide

- nach Getreide ohne Zwischenfrucht 42
 - Zuschlag bei Humusgehalt > 2,5 % + 10
- nach Getreide mit Zwischenfrucht Körnerleguminosen 40
- nach Getreide mit Zwischenfrucht Klee, Klee gras oder Körnerleguminosen-Nichtleguminosen-Gemenge 27
- nach Getreide mit Zwischenfrucht Nichtleguminosen 16

4. Kartoffeln

- nach Kartoffeln ohne Zwischenfrucht 90
 - Zuschlag bei Humusgehalt > 2,5 % + 20
- nach Kartoffeln mit Zwischenfrucht 50

5. Sonstige

- nach Feldgemüse 60
 - Zuschlag bei Humusgehalt > 2,5 % + 20
 - nach Mais oder Sonnenblumen 35
 - Zuschlag bei Humusgehalt > 2,5 % + 20
-

4.4 Rentabilität des ökologischen Ackerbaus

4.4.1 Erträge und Preise

Bei den eigenen Untersuchungen wurden Erträge und Preise für die bedeutenden Kulturen des Ackerbaus am Oberrhein erhoben (Tabelle 31) und so die Grundlage für Rentabilitätsberechnungen gelegt. Durchschnittserträge und Preise sind vergleichbar mit den Angaben anderer Autoren (z.B. Franzmann und Ebert 1996 [487]). Bemerkenswert ist die große Spanne bei den ermittelten Erträgen. Neben einer erfolgreichen Vermarktung ist also offenbar der Betriebserfolg auch entscheidend vom ackerbaulichen Können der Betriebsleiter abhängig.

Tabelle 31: Erträge und Preise der wichtigsten Kulturen im ökologischen Landbau der Oberrheinebene

1	2	3	4	5
Kultur	n	Durchschnittsertrag (dt/ha)	Spanne (dt/ha)	Preis 1997 (DM/dt, ohne MwSt.)
Ackerbohnen	7	37	25-55	41 - 55
Dinkel	11	35	19-53	
Hafer	7	35	29-40	55
Körnermais	10	63	37-80	58
Roggen	5	33	29-35	52 - 60
Sojabohnen	8	21	15-35	100
Sommergerste	4	41	30-51	55 (Braugerste)
Sommerweizen	7	34	29-45	50 - 60 (Brotweizen)
Sonnenblumen	3	22	19-25	74
Speisekartoffeln	5	197	100-340	65
Wintergerste	6	43	30-51	
Winterweizen	13	41	31-53	50 - 60 (Brotweizen)

Spalte 2: Anzahl untersuchten Betriebe mit dieser Kultur in Südbaden und im Elsaß

Spalte 3: Erträge im langjährigen Mittel der untersuchten Betriebe

Spalte 5: Erzeugerpreise bei Abgabe an deutsche Großhändler am Oberrhein

Neben den staatlichen Förderbeiträgen sind Abstand und Verlauf der Erzeugerpreise für Bioprodukte gegenüber konventionell erzeugten Produkten entscheidend für die Betriebsumstellung. In Abbildung 26 wird die Entwicklung der Preisauflagen für Bioware für die in der Rheinebene bedeutenden Produkte Brotweizen und Körnermais gezeigt. Im Vergleich der Regionen ist der Preisabstand in der Schweiz bei beiden Produkten zwischen konventioneller und Bioware jeweils am geringsten. Der Abstand zum konventionellen Erzeugerpreis hat in der Schweiz daher eine geringere Bedeutung für die Betriebsumstellung als die Direktzahlungen. In allen drei Regionen fielen in den letzten Jahren aufgrund von Angebotsüberhängen sowohl die Preise für konventionell wie auch für ökologisch erzeugte Produkte. Mit Ausnahme des Brotweizens in der Schweiz war der Biopreis in den letzten Jahren kaum an den konventionellen Vergleichspreis gekoppelt und schwankte in Abhängigkeit der jährlichen Absatzsituation auf den jeweiligen Biomärkten. Vor allem beim Körnermais vergrößerte sich der Vergleichsabstand zwischen Bio- und konventionellem Preis - ein Zeichen für die wachsende Nachfrage v.a. im Bio-Futtermittelbereich.

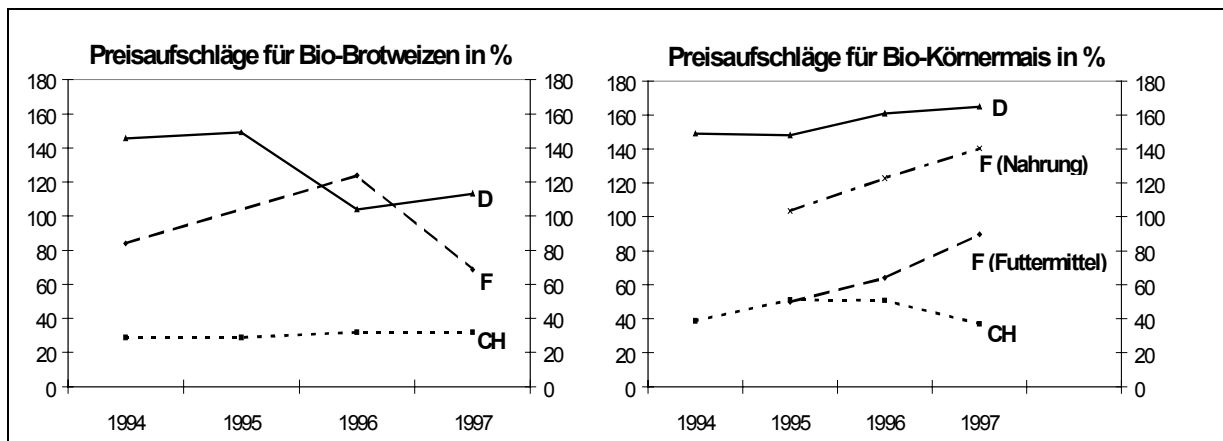


Abbildung 26: Entwicklung der Erzeugerpreise in den Regionen der Oberrheinebene. Preisaufläge für Bio-Produkte gegenüber konventioneller Ware bei Abgabe an den Großhandel (Angaben in %). Quellen: Eigene Erhebungen, LfL 1997, SBV 1996, LBL 1997, FiBL 1997.

4.4.2 Staatliche Förderung des ökologischen Landbaus

Unter den staatlichen Fördermaßnahmen besitzen in allen drei Regionen die flächenbezogenen Direktzahlungen mit Abstand die größte Bedeutung. Mit der Einführung von Agrarumweltprogrammen in der EU (EWG 2078/92) und dem Art. 31b des Landwirtschaftsgesetzes in der Schweiz wurden Anfang der 90er Jahre positive Rahmenbedingungen für ein potentielles Wachstum des Bio-Sektors gelegt.

Ein Vergleich der flächenbezogenen Direktzahlungen für einen angenommenen Öko-Musterbetrieb (12 ha Ackerkulturen, 7 ha Dauergrünland, 1 ha Gemüse) über 5 Jahre ergibt für die Schweiz eine um 46.000 ECU höhere Flächenbeihilfe als für Südbaden und eine um 53.850 ECU höhere als für das Elsaß (siehe Abb. 1). So ist durch die Direktzahlungen vor allem in der Schweiz ein hoher finanzieller Umstellungsanreiz für konventionelle Betriebe gegeben. In Frankreich fällt die Summe der Direktzahlungen so gering aus, weil die Umstellungshilfe nur für zwei Jahre und nicht wie in der Schweiz und Baden-Württemberg für fünf Jahre gezahlt wird.

In Baden-Württemberg wird allen landwirtschaftlichen Betrieben auch eine jährliche Zuwendung von 140 DM je Hektar Zwischenfruchtfläche gezahlt, sofern bis zum 15. September eingesät und nicht vor dem 15. November umgebrochen wird.

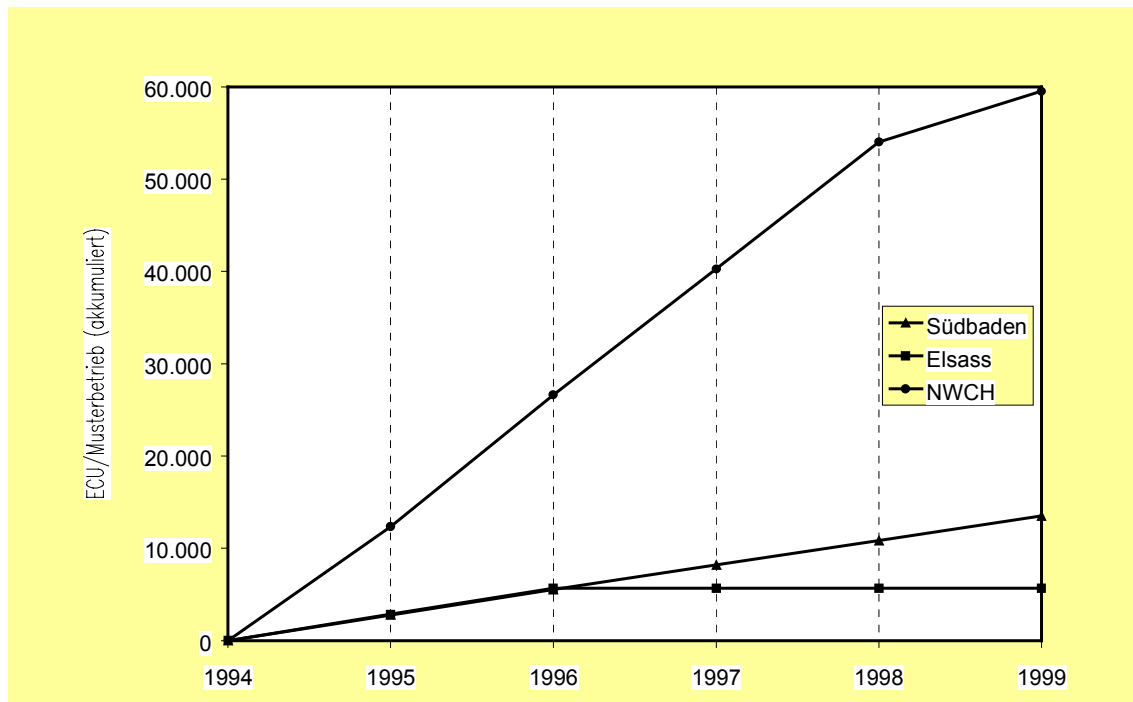


Abbildung 27: Vergleich der akkumulierten staatlichen Zusatzförderung des ökologischen Landbaus durch Flächenprämien für einen Musterbetrieb (12 ha Ackerkulturen, 7 ha Dauergrünland, 1 ha Gemüse), Umstellung ab 1995

4.4.3 Kosten im ökologischen Ackerbau

(Fisel und Lang 1997 [98], Redelberger 1997 [488], Walter 1999 [532], Schulze-Pals [88], Nieberg 1999[530])

Im ökologischen Ackerbau müssen über die Verkaufsfrüchte auch die notwendigen Zwischenfrüchte und Stilllegungen 'mitfinanziert' werden. Es ist daher zweckmäßig, anstelle des Deckungsbeitrages einzelner Kulturen **den durchschnittlichen Deckungsbeitrag der gesamten Fruchtfolge** zu berechnen. Weiter ist zu berücksichtigen, daß nach der EU-Verordnung 2091/92 die Ernten der ersten **zwei Umstellungsjahre** nur als Futterware verkauft werden dürfen.

Die **variablen Kosten** liegen im ökologischen Landbau in der Regel deutlich niedriger als im konventionellen Landbau. Kosteneinsparungen ergeben sich durch den Verzicht auf mineralische N-Dünger und chemischen Pflanzenschutz. Die Kosten für Saatgut aus ökologischer Erzeugung liegen dagegen höher als bei konventioneller Ware. Die variablen Maschinenkosten sind vergleichbar mit dem konventionellen Anbau.

Die jährlichen **Festkosten** verändern sich bei Ackerbau-Betrieben meist nicht, wenn Neuananschaffungen (z.B. Striegel) mit dem Verkauf von nicht mehr benötigten Maschinen und Geräten (z.B. Pflanzenschutzspritze) verrechnet werden können. Allerdings kommen die Kontrollgebühren und die Mitgliedsbeiträge beim jeweiligen Anbauverband hinzu.

Mit der Umstellung auf ökologischen Landbau verändert sich auch der **Arbeitszeitbedarf**. Zwar nimmt er bei Getreide trotz des Striegelns in der Regel ab, dafür verursachen aber die Zwischenfrüchte und das mehrmalige Mulchen der Grünbrache einen erhöhten Arbeitsaufwand. So ist für einen Betrieb mit Mähdruschfruchtfolge eine Erhöhung des Arbeitsaufwandes um etwa 1,5 Akh/ha zu erwarten. Wo keine Untersaaten ausgebracht werden, kann sich zudem durch die Zwischenfruchtaussaat nach der Ernte eine starke Arbeitsspitze ergeben. Darüber hinaus muß mit einem höheren Aufwand für Verwaltungsarbeiten, z. B. die Erstellung der Kontrollunterlagen, gerechnet werden.

4.5 Grundwasserschutz durch ökologischen Landbau?

4.5.1 Förderung des ökologischen Landbaus in Trinkwasserschutzgebieten: Die Situation in Deutschland

Im Folgenden wird die Förderung des Ökologischen Landbaus in Trinkwasserschutzgebieten durch einige Wasserversorgungsunternehmen in der Bundesrepublik Deutschland dargestellt. Grundlage hierfür ist eine Erhebung der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau, bei der bundesweit 146 Unternehmen erfaßt wurden, von denen 26 über verschiedene Maßnahmen den Ökologischen Landbau fördern (AGÖL u. BUND 1997 [407], S. 88).

Zunächst wird zusammenfassend die unterschiedliche Ausgangssituation einiger Wasserversorgungsunternehmen beschrieben. Daran folgend wird die Frage nach den Motiven für eine Förderung des ökologischen Landbaus beantwortet. Anschließend werden die unterschiedlichen von den Unternehmen betriebenen Maßnahmen zum Trinkwasserschutz dargestellt. Abschließend werden die bereits durch den ökologischen Landbau erzielten Erfolge im Trinkwasserschutz aufgezeigt.

a) Ausgangssituation

Von den ca. 1100 Wasserversorgungsunternehmen (WVU) in der Bundesrepublik Deutschland (BGW 1995) förderten im Jahr 1997 26 Unternehmen aktiv den Ökologischen Landbau, weitere 98 bekundeten Interesse an einer künftigen Förderung. Die Ausgangssituation der Wasserversorgungsunternehmen, die bereits den ökologischen Landbau fördern, stellt sich unterschiedlich dar. Genauere Daten liegen zu den zehn folgenden, überwiegend städtischen Unternehmen vor:

- Stadtwerke Göttingen
- Stadtwerke Dortmund
- Kommunale Wasserwerke Leipzig
- Stadtwerke Osnabrück
- Stadtwerke München
- Stadtwerke Augsburg
- Stadtwerke Regensburg (REWAG)
- Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband
- Interessengemeinschaft der Wasserversorgungsunternehmen Weser
- Zweckverband Zornedinger Gruppe (München)

(AGÖL u. BUND 1997 [407], S.89)

Die **Belastung des Grundwassers mit Nitrat oder Pflanzenschutzmitteln** ist an den Standorten der genannten Wasserversorgungsunternehmen sehr unterschiedlich: Während sich der Nitratgehalt im Grundwasser bei einigen WVU dem Grenzwert von 50 mg/l schon annähert, liegt er bei anderen auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Der Nitratgehalt im Rohwasser des Wasserwerks Düstrup der Stadtwerke Osnabrück kommt mit 40 mg/l dem Grenzwert nahe; der Höhepunkt der Nitratfracht wird in den nächsten Jahren erwartet. Ähnlich hohe Werte wurden im oberflächennahen Grundwasser sowie im Rohwasser einzelner Förderbrunnen des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbands gemessen. Im Wasserschutzgebiet 'Schotterebene' im Südosten Münchens (Zornedinger Gruppe) wurde der Grenzwert für Desethylatrazin, einem Pflanzenschutzmittelabbauprodukt, im Jahr 1990 überschritten.

Deutlich unterhalb des Grenzwertes liegen dagegen die Nitratwerte in dem von den Münchener Stadtwerken geförderten Rohwasser (15 mg/l). Ähnlich ist die Situation bei den Stadtwerken Regensburg (28 mg/l).

Der Anteil landwirtschaftlicher Nutzflächen an der Gesamtfläche der Wasserschutzgebiete ist sehr unterschiedlich und schwankt zwischen 34 % (Zornedinger Gruppe) und 64 % (Stadtwerke Regensburg).

b) Motive für die Förderung des ökologischen Landbaus

Aufgrund der verschiedenen Ausgangssituationen der Wasserversorgungsunternehmen unterscheiden sich auch die Motive für die Förderung des ökologischen Landbaus. Hauptmotiv für dessen Förderung ist jedoch in allen Fällen der aktive Grundwasserschutz durch eine erwartete Verminderung der Stickstoffeinträge ins Grundwasser.

Zu den Motiven für die Förderung des ökologischen Landbaus im Wassereinzugsgebiet der Wasserwerke Leipzig führt deren Leiter, Dr. D. Wummel, aus: „*Von allen Landwirtschaftsformen bietet der ökologische Landbau mit seiner naturgemäßen Verfahrensweise die beste Gewähr für eine umwelt- und gewässerschonende Bodennutzung. [...] Die restriktiven Bewirtschaftungsmethoden [...] bewahren die Böden und somit das Trinkwasser weitgehend vor Einträgen von Nitrat und Agrogiften.*“ (Wummel 1997 [414], S. 4).

Diese Einschätzung wird auch durch Wismeth und Neuerburg 1997 [417] gestützt. Danach werden ökologisch wirtschaftende Betriebe den Auflagen in Wasserschutzgebieten weitgehend gerecht (Tabelle 32).

Tabelle 32: Anforderungen des Grundwasserschutzes an die Landwirtschaft und deren Zielerfüllung durch den ökologischen Landbau

AUFLAGEN IN WASSERSCHUTZGEBIETEN	ZIELERFÜLLUNG DURCH ÖKOLOGISCHEN LANDBAU
Pflanzenschutzmittelanwendung	
• Beschränkung des Einsatzes von PSM	++
• Verbot des Einsatzes von PSM	++
Düngung	
• Verbot / Beschränkung N-haltiger Mineraldünger	++
• Zeitliches Ausbringungsverbot von organischen Düngern	+
• Beschränkung der organischen Düngermenge	+
• Begrenzung des Viehbesatzes auf max. 2 GV/ha	++
• Verbot der Ausbringung org. Düngemittel in Zone II	-
• Verbot der Klärschlammasbringung	++
Fruchtfolge	
• Beschränkung / Verbot des Anbaus von Leguminosen	-
• Anbau von Zwischenfrüchten	+
• Umbruch von Zwischenfrüchten, Leguminosen u.ä. unmittelbar vor Anbau einer stickstoffzehrenden Folgefrucht	+
• Möglichst lange / durchgehende Bodenbedeckung (Verminderung von Bodenerosion)	+ / ++

++: Anforderungen voll erfüllt +: Anforderungen teilweise erfüllt (bei richtiger Anwendung)
-: entgegen der Anforderungen

Quelle: Wismeth und Neuerburg 1997 [417], S.146

Besonders von Wasserversorgern mit bisher noch geringer Nitratbelastung im Rohwasser wird ökologischer Landbau auf Grundlage des Vorsatzes „Vorsorge statt Nachsorge“ geför-

dert. Die Kosten einer nachträglichen technischen Aufbereitung des Rohwassers könnten so umgangen werden (Wummel 1997 [414], S. 2).

Aus Sicht der Wasserversorger ist eine Förderung des ökologischen Landbaus auch deshalb vorteilhaft, da eine externe Kontrolle der Landwirte durch die Anbauverbände erfolgt. Die Kontrolle der landwirtschaftlichen Maßnahmen werde komplett an Dritte abgegeben und so das Verhältnis zwischen Wasserversorger und Landwirt entlastet (AGÖL u. BUND 1997 [407], S.91).

c) Maßnahmen zur Förderung des Ökologischen Landbaus

Bei der Förderung des ökologischen Anbaus durch Wasserversorgungsunternehmen sind fünf Schwerpunkte erkennbar: Förderung der Vermarktung ökologisch erzeugter Produkte, Ankauf von Flächen innerhalb des Wasserschutzgebietes und deren Verpachtung an ökologisch wirtschaftende Betriebe, flächengebundene Direktzahlungen (Flächenförderung), die Umstellung unternehmenseigener Betriebe auf ökologischen Landbau sowie die Öffentlichkeitsarbeit. Tabelle 33 zeigt, von welchen Maßnahmen die Wasserversorger Gebrauch machen.

Tabelle 33: Maßnahmen zur Förderung des ökologischen Landbaus durch verschiedene Wasserversorgungsunternehmen

	Vermarktungs-förderung	Verpachtung unternehmens-eigener Flächen	Flächen-förderung	Umstellung unter-nehmenseigener Betriebe	Öffentlichkeits-arbeit
Stadtwerke Augsburg	X		X		X
Stadtwerke Göttingen	X				X
Wasserwerke Leipzig	X		X	X	X
Stadtwerke München	X		X		X
Stadtwerke Osnabrück	X	X			X
Stadtwerke Regensburg	X	X	X		X
IG Weser	X				X
Zweckverband Zorneding			X		X
Stadtwerke Dortmund				X	X
Oldenburgisch - Ostfriesischer Wasserverband				X	X

Quelle: Eigener Entwurf, nach AGÖL u. BUND 1997 [407]

Während einige WVU, wie die Stadtwerke Osnabrück oder Regensburg, erworbene Flächen in Wassereinzugsgebieten teilweise **kostenlos** an ökologisch wirtschaftende Landwirte **verpachten**, zahlen andere, wie die Stadtwerke Augsburg oder Leipzig bei der Umstellung auf ökologischen Landbau über mehrere Jahre hinweg **Förderprämien**. Die Prämien schwanken bei fünf- bis sechsjährigen Förderungszeiträumen von 280 DM/ha (Wasserwerke Leipzig) über 350 DM/ha (Stadtwerke Augsburg) zu 650 DM/ha (Zweckverband Zorneding). Während eine zusätzliche Förderung durch staatliche Programme (Doppelförderung) in Sachsen nicht möglich ist, wird sie im Münchener Raum nicht ausgeschlossen (AGÖL u. BUND 1997 [407], S. 89ff). Neben der Flächenförderung werden auch Finanzierungshilfen bei der Anschaffung von Geräten, wie z.B. Unkrautstriegeln, gewährt.

Im Bereich der **Vermarktungsförderung** gibt es verschiedene Ansätze: Einige WVU unterstützen den Einsatz ökologischer Produkte in werkseigenen Kantinen oder anderen öffentlichen Einrichtungen wie Krankenhäusern, Seniorenheimen oder Kindertagesstätten. Andere fördern regionale Vermarktungsprojekte, wie zum Beispiel den Ökologischen Kurort Bad Laer (Stadtwerke Osnabrück). Die Stadtwerke Göttingen haben eine Marktanalyse zur Nachfrage von ökologisch erzeugten Produkten in Auftrag gegeben.

Auch **ökologische Pilotbetriebe** wie das „Wassergut Canitz“ bei Leipzig, der „Lettenhof“ und die „Ohler Mühle“ im Dortmunder Raum oder das „Projekt Ökologischer Landbau Thülsfelde“ im Landkreis Cloppenburg werden durch Wasserversorger gefördert. Auf diesen, in der Regel städtischen oder unternehmenseigenen, ökologischen Betrieben wird auch verstärkt **Öffentlichkeitsarbeit** betrieben. Schautafeln und Lehrpfade zu den Themen Grundwasserschutz und ökologischer Landbau wurden angelegt, um sowohl Landwirte als auch Verbraucher anzusprechen. Alle vorgestellten Wasserversorgungsunternehmen gaben an, Öffentlichkeitsarbeit für den ökologischen Landbau im Wasserschutzgebiet zu betreiben (AGÖL u. BUND 1997 [407], S. 89ff).

d) Erfolge

Systematische Angaben darüber, ob durch die Etablierung des ökologischen Landbaus in den Wasserschutzgebieten die Nitratgehalte in Boden und Grundwasser reduziert werden konnten, liegen noch nicht vor. Die Wasserwerke Leipzig geben lediglich an, daß sich „die Rohwasserqualität verbessert“ hätte. Auf die Investition in Wasseraufbereitungsverfahren zur Nitrateliminierung konnte verzichtet werden. Die Kosten zur Förderung der Ökobetriebe (drei Pfennig pro m³ Trinkwasser) wurden auf die Verbraucher umgelegt. Die Wasserwerke Leipzig planen, die Zusammenarbeit mit ökologisch wirtschaftenden Betrieben zukünftig auszuweiten (Wummel 1997 [414], S. 2; AGÖL u. BUND 1997 [407], S.100f).

Der Oldenburgisch-Ostfriesische Wasserverband gibt an, einen erheblichen Rückgang der Nitratbelastung im oberflächennahen Grundwasser im Abstrom der Projektflächen zu verzeichnen. So sei die Nitratkonzentration an einer Meßstelle von 125 mg/l im Oktober 1993 auf 18 mg/l im April 1997 gesunken (AGÖL u. BUND 1997 [407], S. 100,106).

Das Wassergewinnungsgebiet Mangfalltal, aus dem 80 % des Trinkwassers der Stadt München gewonnen wird, wurde im großen Stil auf ökologische Landwirtschaft umgestellt. Rund 70 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Wassereinzugsgebiet werden mittlerweile ökologisch bewirtschaftet (AGÖL u. BUND 1997 [407], S.103ff).

In Göttingen wurde der Schwerpunkt auf die Vermarktung von Öko-Produkten gelegt. Neue Vermarktungsstrukturen konnten erfolgreich erschlossen werden. Auf die vielfältigen Verbraucheraktionen gab es sehr positive Resonanzen, die den eingeschlagenen Weg bestätigten hätten. In Zukunft sind weitere verkaufsfördernde Aktivitäten im Lebensmitteleinzelhandel, die Entwicklung eines „Öko-Führers“ sowie ein Umwelterziehungsprogramm für Kinder im Grundschulalter geplant.

Tabelle 34 faßt die Erfolge hinsichtlich der Nitratverminderung im oberflächennahen Grundwasser, in der Ausweitung der ökologisch bewirtschafteten Flächen sowie in der Öffentlichkeitsarbeit und Vermarktung zusammen. Alle Wasserversorgungsunternehmen äußerten sich durchweg positiv zu den durchgeführten Projekten und planen zukünftig eine Ausweitung der Förderungsprogramme.

Tabelle 34: Erfolge der Wasserversorgungsunternehmen durch die Förderung des ökologischen Landbaus

WVU	Erfolge durch die Förderung des ökologischen Landbaus
Stadtwerke Augsburg	10 ha im WSG ökologisch bewirtschaftet; Einrichtung eines gemeinsamen Vermarktungsfonds
Stadtwerke Göttingen	erfolgreiche Vermarktung ökologischer Produkte durch Zusammenschluß verschiedener Institutionen zu einer gemeinsamen Initiative (nexus)
Wasserwerke Leipzig	1300 ha im WSG ökologisch bewirtschaftet
Stadtwerke München	70 % der LF (= 1.699 ha) des WSG Mangfalltal ökologisch bewirtschaftet
Stadtwerke Osnabrück	54 ha im WSG ökologisch bewirtschaftet, Reduzierung der Nitratgehalte in Boden und Rohwasser
Stadtwerke Regensburg	39 ha im WSG ökologisch bewirtschaftet
IG Weser	erfolgreiche Erschließung neuer Vermarktungswege
Zweckverband Zorneding	100 ha ökologisch bewirtschaftet
Stadtwerke Dortmund	200 ha im WSG ökologisch bewirtschaftet
Oldenburgisch - Ostfriesischer Wasserverband	240 ha im WSG ökologisch bewirtschaftet; Nitrat im oberflächennahen Grundwasser deutlich gesunken; Entwicklung von Informations-, Fortbildungs- und Beratungsleistungen

Quelle: Eigener Entwurf, nach AGÖL u. BUND 1997 [407], S.89 ff

4.5.2 Szenario: Die Umstellung der Landwirtschaft im Wasserschutzgebiet Weisweil auf ökologischen Landbau

4.5.2.1 Die Realität: Sanierung des Trinkwassers der Gemeinde Weisweil durch grundwasserschonenden konventionellen Landbau

a) Anlaß der Sanierung

Im Trinkwasser der nördlich des Kaiserstuhls gelegenen Gemeinde Weisweil lassen sich seit dem Jahr 1980 Nitratkonzentrationen von über 50 mg/l nachweisen, inzwischen liegen die Werte recht konstant bei 60 mg/l (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445], S. 1; ALLB Emmendingen 1999). Damit wird der in der Trinkwasserverordnung vom 22.05.1986 vorgegebene Grenzwert von 50 mg/l permanent überschritten, so daß die Gemeinde Weisweil ihren Brunnen nur mit einer Ausnahmegenehmigung (gemäß § 4 Trinkwasserverordnung) betreiben darf. Die Erteilung dieser befristeten Ausnahmegenehmigung war u.a. an die Erstellung und Durchführung eines Sanierungskonzeptes geknüpft. Mit der Erstellung eines Konzeptes zur grundwassersanierenden Landbewirtschaftung sowie der Bestandsaufnahme und der erforderlichen Analytik hat die Gemeinde Weisweil das DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) in Karlsruhe beauftragt.

Das alte Wasserschutzgebiet wurde im Jahr 1993 von 7,5 ha auf rund 553 ha erweitert. Die Schutzzonen I und II umfassen seitdem ca. 4 ha, die Zone IIIa 211 ha und die Zone IIIb etwa 338 ha (Landratsamt Emmendingen 1995 [422], S.2). Für die Sanierung wurde eine Kernsanierungszone von 105 ha, entsprechend dem Haupteinzugsgebiet des Förderbrunnens, festgelegt (Landratsamt Emmendingen 1995 [42], S.2).

b) Standortbeschreibung und Sanierungsziele

Die Fläche des Wasserschutzgebietes ist durch die LWS überwiegend klein parzelliert, Flurstücke mit einer Größe von über einem Hektar sind die Ausnahme (Landesvermessungsamt Baden-Württemberg 1996 [455]).

Insgesamt besitzen mehr als 100 Landwirte die Flächen in den Schutzzonen des Wasserschutzgebietes.

Die landwirtschaftliche Nutzung im WSG Weisweil vor Beginn der Sanierung im Frühjahr 1995 wurde auf der Grundlage einer Gebietsbegehung wie folgend geschätzt (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445], S.8):

Mais	ca. 50 %
Getreide	ca. 25 %
Sonnenblumen	ca. 10 %
Stillegung	ca. 7 %
Kartoffeln	ca. 4 %
Baumschulen	ca. 4 %

Die Böden im WSG sind als sandige Lehme anzusprechen (AG Boden 1994, S. 301) und erreichen eine mittlere Feldkapazität von ca. 330 mm für 90 cm Profiltiefe (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445], S.17). Der mittlere Jahresniederschlag von rund 700 mm jährlich (Tabelle 35) entspricht dem für die Region Oberrheinebene zu erwartenden Wert (REKLIP 1995). Die jährliche Grundwasserneubildung beträgt etwa 160 mm (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445], S.7).

Tabelle 35: Mittlere monatliche Niederschlagsverteilung der Jahre 1984 bis 1993 für die Gemeinde Weisweil

Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Mm	31	35	36	56	86	73	88	60	75	56	46	54	696

Quelle: Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]

Vor der Sanierung waren die Böden durch hohe NO₃-Restgehalte im Herbst gekennzeichnet. In Tabelle 36 sind Meßergebnisse für verschiedene agrarische Nutzungen im Jahr 1993 angegeben.

Tabelle 36: Nitratstickstoff-Restgehalte 1993 im WSG Weisweil vor der Sanierung

Profiltiefe	Baumschulen	Hackfrucht	Mais	Stillegung	Sonnenblumen	Getreide
0-30 cm	29	23	21	21	12	13
30-60 cm	65	24	22	k.A.	11	11
60-90 cm	131	24	25	k.A.	11	9
0-90 cm	225	71	68	37	34	33

Quelle: Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]

Legt man die oben angeführten geschätzten Flächenanteile der verschiedenen Hauptnutzungen zu Grunde, so ergibt sich ein flächengewichteter Gebietsmittelwert für den Bodenbereich von 0 - 90 cm von 60 kg N/ha (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445], S.15). Dies führt nach Modellberechnungen zur Nitratauswaschung (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445], S.18) unter der gegebenen Grundwasserneubildungsrate von 160 mm/a **zu einer mittleren Nitratkonzentration von 75 mg/l im Sickerwasser**. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (50 mg/l) wird damit deutlich überschritten.

Zur Sanierung des Grundwassers wird für die festgelegte Kernsanierungszone ein Zielwert von ≤ 20 kg NO₃/ha Reststickstoffgehalt (entsprechend einer mittl. Konzentration von 25 mg/l im Sickerwasser) angestrebt (Nauwerck 1997 [463], Rohmann 1995 [447]).

Die zu erwartende Sanierungszeit bis zum Unterschreiten des Nitratgrenzwertes im Trinkwasser wurde vom TZW Karlsruhe (1998 [460], S.6) auf eine Zeitspanne von 8 bis 11 Jahren geschätzt.

c) Sanierungsmaßnahmen und Ausgleichszahlungen

Grundsätzlich müssen Landwirte im 553 ha großen **Wasserschutzgebiet** Weisweil die in allen Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs geltenden Regelungen der SchALVO beachten. Zusätzlich gelten im gesamten Wasserschutzgebiet **ergänzende Regelungen zur Stickstoffdüngung**. Im Rahmen einer amtlichen Untersuchungsaktion („Intensiv-NID“) werden im Frühjahr Nitratwerte im Boden parzellenscharf ermittelt, um die Höhe der Stickstoffdüngung exakt der Stickstoffmineralisierung im Boden anpassen zu können.

Darüber hinaus können Landwirte, die in der 105 ha großen **Kernsanierungszone** des Wasserschutzgebietes wirtschaften, Sanierungsverträge mit dem Land Baden-Württemberg abschließen. Für diese Landwirte gilt dann:

SchALVO-Regelungen + Zusatzmaßnahmen = Sanierungsfruchtfolgen³ (TZW Karlsruhe 1998 [460], Anlage 6)

Die für die Sanierung verbindlich festgelegten **Sanierungsfruchtfolgen** sehen folgende Maßnahmen vor (TZW Karlsruhe 1998 [460], Anlage 8):

- Mittelspäte Kartoffeln, Zwischenfruchtanbau mit eingeschränkter Bodenbearbeitung, Bodenruhe (keine Winterfurche/keine Winterung), Bodenbearbeitung/ZF-Einarbeitung im Frühjahr zu einer Sommerung
- Zuckerrüben, Bodenruhe = Blatt liegen lassen, keine Bodenbearbeitung, keine Winterung, Bodenbearbeitung im Frühjahr zu einer Sommerung
- Frühe Maissorte, abfrierende Zwischenfrucht (Senf, Sommergerste), Bodenruhe (keine Winterfurche/ keine Winterung), Bodenbearbeitung/ZF-Einarbeitung im Frühjahr zu einer Sommerung, wenn irgend möglich mit Mulchsaat
- Frühe Maissorte mit Untersaat (Weidelgras), Bodenruhe (keine Winterfurche/keine Winterung), Bodenbearbeitung/ZF-Einarbeitung im Frühjahr zu einer Sommerung
- Frühe Maissorte, winterharte Zwischenfrucht (Rübsen), Bodenruhe (keine Winterfurche/keine Winterung), Bodenbearbeitung/ZF-Einarbeitung im Frühjahr
- Bodenbearbeitung nach Möglichkeit mit konservierenden oder minimalen Bearbeitungsverfahren

Bei Beachtung:

- Gülle nur als sachgerechte Startdüngung sowie in aufwachsende Pflanzenbestände
- Frühester Bodenbearbeitungstermin für die Sommerungen ist der 15. Februar. Dabei ist zu beachten, daß die Bodenbearbeitung nicht früher als 4 Wochen vor der beabsichtigten Feldbestellung für die Sommerfrucht erfolgt. (Landratsamt Emmendingen 1998 [457])

Bei Einhaltung der Sanierungsfruchtfolgen erhält der Landwirt für seine wirtschaftlichen Nachteile einen gesonderten **finanziellen Ausgleich**, sofern er keine Ausgleichsleistungen nach SchALVO (= DM 310/ha x Jahr) beantragt. Ausgleichsleistungen zur Förderung von Bewirtschaftungsmaßnahmen im Rahmen des MEKA bleiben von diesem Verfahren unberührt.

Als **Sanierungsgrundbetrag** wurden 350,- DM/ha festgelegt. Die jährlich über den Grundbetrag hinausgehenden wirtschaftlichen Nachteile werden durch eine Schätzkommission (aus Vertretern des TZW Karlsruhe, des Landwirtschaftsamtes, des Regierungspräsidiums sowie des BLHV) ermittelt und vom Land Baden-Württemberg ausbezahlt.

Der **pauschalierte Ausgleich**, der jährlich neu festgelegt wird, errechnet sich wie folgt:
pauschalierter Ausgleich = Grundbetrag + Bewirtschaftungsmaßnahmen + Sorteneinfluß

³ Streng genommen handelt es sich nicht um 'Fruchtfolgen' im ackerbaulichen Sinn, sondern um Ausschnitte von Fruchtfolgen und die mit ihnen verbundenen ackerbaulichen Maßnahmen.

Beispielhaft ist eine solche Berechnung des pauschalierten Ausgleichs 1998 hier für die frühe Maissorte HELIX durchgeführt worden:

Sanierungsgrundbetrag	350,- DM
Unterfußdüngung	30,- DM
zusätzliche Hacke	25,- DM
Mehraufwand Ernte (Erfassung, Wiegen)	40,- DM
sortenbedingter Ausgleich (HELIX)	275,- DM

P-Ausgleich insgesamt (HELIX)	720,- DM

Die Verringerung der Erntemenge durch den Anbau einer frühen statt einer späten Maissorte wird u.a. anhand einer im WSG gelegenen Vergleichsfläche mit einer späten Maissorte quantifiziert. Im Jahr 1998 betrug der ermittelte Unterschied 12 dt/ha, der zum sortenbedingten Ausgleich von DM 275/ha führte (IfuL 1999 [470]).

Statt des pauschalierten Ausgleichs kann auch ein **betriebsspezifischer Ausgleich** gewährt werden. Dazu muß der Landwirt allerdings Nachweise (Wiegescheine) über erzielte Erntemengen der frühen sowie der späten Sorte, erzielte Preise und entstandene Trocknungskosten liefern (Kansy 1998 [468]). Der betriebsspezifische Ausgleich ist also mit deutlichem Aufwand für den Landwirt verbunden.

Auf diese Weise wurden für die Bewirtschaftungsauflagen in der Kernsanierungszone im Jahr 1998 pauschalierte Ausgleiche in der Höhe von DM 111.000,- (1997: DM 56.000) vom Land an die Landwirte ausbezahlt (ALLB Emmendingen 1999).

d) Verlauf der Sanierung in den Jahren 1995 - 1997

Während der Sanierung kam es zu keinen wesentlichen Änderungen bei der Flächennutzung im WSG. Lediglich der Anbau von Sonnenblumen (1993 noch ca. 10 % der LF) wurde nahezu vollständig eingestellt. Mais ist mit 61 % Anteil an der LF weiterhin die dominierende Kultur, gefolgt von Getreide mit 18 % (Tabelle 37).

Tabelle 37: Flächennutzung im Wasserschutzgebiet Weisweil im Mittel der Jahre 1995 und 1996

Kultur	Fläche [ha]	Fläche [%]
Mais	338,5	61,2
Getreide	97,1	17,6
Stillegung	30,8	5,6
Kartoffeln	19,2	3,5
Baumschulen	14,0	2,5
Obst, Streuobst	13,2	2,4
Grünland	12,5	2,3
Sonstige	27,5	5,0
Summe	552,7	100

Quelle: Eigene Berechnung auf der Basis von IfUL 1996 [442] und IfUL 1997 [435]

Ab dem Jahr 1996 wurden alle Sanierungsmaßnahmen angewandt: Wasserschutzgebietsverordnung mit Intensiv-NID im gesamten Wasserschutzgebiet und zusätzlich in der Kernsanierungszone der Abschluß von Sanierungsverträgen. In der Kernsanierungszone lagen die Nitratstickstoff-Restgehalte in den Jahren 1996 und 1997 stets deutlich niedriger als im übrigen Wasserschutzgebiet (Tabelle 38). Die Zielgröße von 20 kg N/ha wurde in der Kernsanierungszone für die Hackfrucht- und Getreideflächen schon fast erreicht oder unter-

schritten (Tabelle 39). Bei der Hauptkultur Mais lagen die Werte dagegen noch deutlich höher.

Tabelle 38: Mittlere Nitratstickstoff-Restgehalte (kg N/ha) im Wasserschutzgebiet Weisweil

Jahr	Nitratstickstoff-Restgehalte in kg N/ha					
	Kernsanierungszone		übriges WSG		gesamtes WSG	
	Ø	davon Mais	Ø	davon Mais	Ø	davon Mais
1995	35	39	43	45	42	44
1996	22	27	36	36	33	34
1997	28 (24)	33 (27)	46	47	41	43
1998	21 (20)	24 (21)	39	43	35	38
Ø 1996-98	24	28	40	42	36	38

- Werte in () = Vertragsflächen. 27 von 32 Landwirten in der Kernsanierungszone haben z. B. 1997 Sanierungsverträge abgeschlossen.
- 1995: erstes Jahr mit „Intensiv-NID“. Die neue WSG-Verordnung tritt im Dezember 1995 in Kraft.
- 1996: zweites Jahr mit „Intensiv-NID“ und erstes Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen
- 1997: drittes Jahr mit „Intensiv-NID“ und zweites Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen
- 1998: viertes Jahr mit „Intensiv-NID“ und drittes Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen

Quelle: Eigener Entwurf, nach TZW Karlsruhe 1998 [460] und Kansy 1999 [557]

Tabelle 39: Mittlere Nitratstickstoff-Restgehalte (kg N/ha) in der Kernsanierungszone des Wasserschutzgebietes Weisweil

Profiltiefe	Nitratstickstoff-Restgehalte in kg N /ha											
	Hackfruchtflächen			Maisflächen			Getreideflächen			Gesamtmittelwert		
	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1995	1996	1997
0-30 cm	18	8	9	15	8	11	11	6	7	13	7	10
30-60 cm	17	8	9	13	10	13	10	9	6	12	9	10
60-90 cm	16	6	4	11	9	9	6	5	2	10	7	7
0-90 cm	51	22	22	39	27	33	27	20	15	35	22	27

- 1995: erstes Jahr mit „Intensiv-NID“. Die neue WSG-Verordnung tritt im Dezember 1995 in Kraft.
- 1996: zweites Jahr mit „Intensiv-NID“ und erstes Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen
- 1997: drittes Jahr mit „Intensiv-NID“ und zweites Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen

Quelle: Eigener Entwurf, nach TZW Karlsruhe 1998 [460]

4.5.2.2 Das Szenario: Sanierung des Trinkwassers der Gemeinde Weisweil durch ökologischen Landbau?

Nachfolgend soll in Form eines Szenarios abgeschätzt werden, inwieweit eine Bewirtschaftung des Wasserschutzgebietes Weisweil nach den Regeln des ökologischen Landbaus als Maßnahme zur Grundwassersanierung geeignet wäre. Dazu wurden zunächst vier typische Fruchtfolgen für viehlose Ökobetriebe am Oberrhein aufgestellt (Übersicht 2). Alle vier Fruchtfolgen haben einen Anteil von je 1/6 Körnerleguminosen und 1/6 Klee gras als Stille gung. Zwei Fruchtfolgen (A und B) sind für Standorte konzipiert, auf denen ein Klee gras-Umbruch im Frühjahr relativ problemlos durchgeführt werden kann (sogenannte 'leichtere Standorte'). Zwei weitere Fruchtfolgen sind für tonreiche bzw. weniger gut dränierte Standorte gedacht, auf denen ein Frühjahr-Umbruch von Klee gras zu Strukturschäden führen könnte.

Während die Fruchtfolgen A und C nur 'klassische' Druschfrüchte enthalten, sind in den anderen beiden auch ökonomisch besonders interessante Kulturen, wie Kartoffeln und Sojabohnen in Fruchtfolge B sowie Körnermais in Fruchtfolge D integriert.

Die Leguminosen-Kulturen Klee gras, Ackerbohnen und Zwischenfrucht-Gemenge aus Körnerleguminosen und Nicht-Leguminosen fixieren - berechnet aus den Fixierungsleistungen aus Tabelle 10 und Tabelle 11 in Kapitel 4.2.1 - ausreichend Stickstoff, um die langfristige Stickstoff-Versorgung bei den Fruchtfolgen A und C zu gewährleisten. Bei den Fruchtfolgen B und D dagegen muß langfristig ein Zukauf von 16 kg N/ha über organische Dünger (Stallmist, kommunale Komposte, organische Handelsdünger) eingeplant werden (Tabelle 40). Auf der Basis des Schätzrahmens für mittlere Vorwinter-N_{min}-Werte (Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4) läßt sich nun das Nitratauswaschungspotential der vorgestellten Fruchtfolgen abschätzen, indem für jede Kultur und anschließend für jede Fruchtfolge die mittleren Vorwinter-N_{min}-Mengen im Bodenprofil berechnet werden (Tabelle 40). Die vorgestellten Fruchtfolgen würden zu Vorwinter-N_{min}-Mengen führen, die im Mittel der Fruchtfolgen zwischen 26 kg N/ha (Fruchtfolge A) und 36 kg N/ha (Fruchtfolge B) liegen. Hervorzuheben ist, daß bei der Berechnung dieser Werte auch das Nichtgelingen von Zwischenfrüchten berücksichtigt wurde (Annahmen zu Tabelle 40).

Unter der Annahme, daß die Fruchtfolgen A bis D zu je 25 % angewandt werden, würde sich im Wasserschutzgebiet Weisweil ein Kulturartenverhältnis (Tabelle 41) einstellen, das der Realität der ökologischen Ackernutzung am Oberrhein nahe kommt. **Unter dem so gebildeten 'Szenario Ökolandbau' würde sich im Mittel der Jahre ein Vorwinter-N_{min}-Wert von 32 kg N/ha einstellen (Tabelle 42).** Dieser geschätzte Wert liegt über dem Vorwinter-N_{min}-Wert in der Kernsanierungszone im Mittel der Jahre 1996 bis 1998 von 24 kg N/ha und unter dem im übrigen Wasserschutzgebiet Weisweil im gleichen Zeitraum gefundenen Mittelwert von 40 kg N/ha (Tabelle 42). Das vorgeschlagene Szenario Ökolandbau würde zu einer Nitratkonzentration im Sickerwasser von 40 mg/l führen, wenn die im vorangegangenen Kapitel 4.5.2.1 ausgeführten Randbedingungen von Rohmann 1995 [447] zugrunde gelegt werden. **Damit wäre das Szenario Ökolandbau am Standort Weisweil mit seiner vergleichsweise geringen Grundwasserneubildungsrate als grundwasserschonendes, nicht aber grundwassersanierendes Landnutzungssystem anzusprechen.** Am deutlich niederschlagsreicheren Standort Rheinfeldern (Kapitel 4.3.2) dagegen auch zur Sanierung von Grundwasser geeignet. Das Szenario wäre den herkömmlichen Wasserschutzmaßnahmen nach SchALVO überlegen. Um die in der Kernsanierungszone erzielten Erfolge zu erreichen müßte das Szenario Ökolandbau noch im Sinne des Grundwasserschutzes optimiert werden.

Tabelle 40: Typische Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus am Oberrhein: Stickstoffbilanz-Salden und Nitratauswaschungspotential

	FF A	FF B	FF C	FF D
Standorte (Böden)	leichtere	leichtere	schwerere	schwerere
Besonderheiten	klassische Druschfrüchte	Druschfrüchte mit Kartoffeln und Soja	klassische Druschfrüchte	Druschfrüchte mit Körnermais
N-Export [kg/ha x Jahr]	54	53	62	69
N-Import über Leguminosen [kg/ha x Jahr]	53	37	58	53
N-Import über Zukaufdünger [kg/ha x Jahr]	0	16	0	16
N-Bilanz-Saldo [kg/ha x Jahr]	-1	0	-4	0
mittlere Vorwinter-N_{min}-Menge im Profil [kg N/ha]	26	36	32	33
<p>Annahmen:</p> <p>N_{min}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berechnung des Vorwinter-N_{min}-Wertes nach Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4 • In zwei von zehn Jahren gelingt die Zwischenfrucht nach Getreide nicht. • In einem von 10 Jahren gelingt die Zwischenfrucht nach Ackerbohnen nicht (weder Unter- noch Stoppsaat). • In fünf von zehn Jahren gelingt die Zwischenfrucht nach Kartoffeln nicht. <p>Nährstoffbilanzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auf schwereren Standorten wird der langjährige Durchschnittsertrag von Ökobetrieben am Oberrhein erzielt (vgl. Kap. 4.4.1); auf den leichteren Standorten werden 90 % des Durchschnittsertrages erzielt. <p>N₂-Fixierung der Leguminosen Berechnung nach Tabelle 10 und Tabelle 11 in Kapitel 4.2.1</p>				

Quelle: Eigener Entwurf

Beim Szenario Ökolandbau handelt es sich - vom sehr konsequenten Zwischenfruchtanbau abgesehen - um ein praxisübliches Verfahren des ökologischen Landbaus. Das ist insofern bemerkenswert, als die vorgestellten konventionellen Maßnahmen zum Grundwasserschutz mit hohen Zusatzkosten wie SchALVO-Ausgleich, Sanierungsausgleich, Intensiv-NID und der Bezahlung von Wasserschutzgebietsberatern verbunden sind. Das Szenario Ökolandbau wäre - aufnahmefähige Märkte für Bioprodukte vorausgesetzt - ein Landnutzungssystem, das in den vieharmen bis viehlosen Betrieben der Oberrheinebene auch als kostengünstiges Instrument für großflächigen Grundwasserschutz eingesetzt werden könnte.

Übersicht 2: Typische Fruchtfolgen für viehlose Betriebe des ökologischen Landbaus am Oberrhein

I. Leichtere Standorte (Klee grasumbruch im Frühjahr möglich)

Fruchtfolge A: Nur klassische Druschfrüchte

1. Stilllegung mit Klee gras, Frühjahrsumbruch
2. Hafer mit Zwischenfrucht Phacelia
3. Winterweizen mit Zwischenfrucht Phacelia
4. Ackerbohnen mit Untersaat Weidelgras
5. Roggen mit Zwischenfrucht-Gemenge aus Körnerleguminosen und Nichtleguminosen
6. Sommergerste mit Zwischenfrucht Klee gras (= Folgekultur)

Fruchtfolge B: Druschfrüchte sowie Kartoffeln und Sojabohnen

1. Stilllegung mit Klee gras, Umbruch im Frühjahr
2. Kartoffeln mit Zwischenfrucht
3. Roggen mit Zwischenfrucht Phacelia
4. Sojabohnen
5. Winterweizen mit Zwischenfrucht-Gemenge aus Körnerleguminosen und Nichtleguminosen
6. Sommergerste mit Zwischenfrucht Klee gras (= Folgekultur)

Zukauf von 16 kg Stickstoff je ha und Jahr in Form organischer Düngemittel und Einsatz vor allem zu Kartoffeln

II. Schwerere Standorte (Klee grasumbruch im Frühjahr ungünstig)

Fruchtfolge C: Nur klassische Druschfrüchte

1. Stilllegung mit Klee gras, Umbruch Ende Oktober/Anfang November
2. Winterweizen mit Zwischenfrucht-Gemenge aus Körnerleguminosen und Nichtleguminosen
3. Sommergerste mit Zwischenfrucht Phacelia
4. Ackerbohnen mit Untersaat Weidelgras
5. Roggen mit Zwischenfrucht-Gemenge aus Körnerleguminosen und Nichtleguminosen
6. Sommergerste mit Zwischenfrucht Klee gras (= Folgekultur)

Fruchtfolge D: Druschfrüchte sowie Körnermais

1. Stilllegung mit Klee gras und Umbruch im November/Dezember
2. Körnermais
3. Sommergerste mit Zwischenfrucht Phacelia
4. Ackerbohnen mit Untersaat Weidelgras
5. Winterweizen mit Zwischenfrucht-Gemenge aus Körnerleguminosen und Nichtleguminosen
6. Sommergerste mit Zwischenfrucht Klee gras (= Folgekultur)

Zukauf von 16 kg Stickstoff je ha und Jahr in Form organischer Düngemittel und deren Einsatz vor allem zu Körnermais

Tabelle 41: Kulturartenverhältnis im Wasserschutzgebiet Weisweil unter ökologischer Bewirtschaftung bei gleichberechtigter Anwendung der Fruchtfolgen A bis D aus Übersicht 2

Kulturartenverhältnis Ø Fruchtfolgen A bis D	Anteil in %
Getreide	58,3
Körnerleguminosen	16,7
Stillegung	16,7
Körnermais	4,2
Kartoffeln	4,2

Tabelle 42: Vorwinter-N_{min}-Werte im Wasserschutzgebiet Weisweil. Vergleich des Szenarios Ökolandbau mit den tatsächlichen Verhältnissen.

Landnutzungssystem	Vorwinter-N _{min} -Wert im Profil [kg N/ha]
Szenario Ökolandbau (Ø A bis D)	32
Kernsanierungszone Weisweil (Ø 1996-98)	24
übriges Wasserschutzgebiet Weisweil (Ø 1996-98)	40

5 Zusammenfassung

Ziele

Mit der vorliegenden Arbeit sollte das Stickstoff-Management der vieharmen Ökobetriebe am Oberrhein optimiert werden, um die Wirtschaftlichkeit dieser Betriebe zu erhöhen und gleichzeitig Nitratauswaschungen ins Grundwasser weiter zu reduzieren. Außerdem sollte geprüft werden, inwieweit der ökologische Landbau als Instrument zum Grundwasserschutz in einem Trinkwasserschutzgebiet der Region eingesetzt werden könnte.

Vorgehen

Es wurden zunächst bestehende Daten des Untersuchungsgebietes ausgewertet. Außerdem wurden auf zehn badischen und sechs elsässischen Ökobetrieben Daten zu Ein- und Ausfuhr, Standort, Fruchtfolgen, Bodenbearbeitung, Düngung sowie Erträgen erhoben und Hoftorbilanzen für die Nährelemente Stickstoff, Phosphor und Kalium berechnet. In begleitenden Versuchen wurde der Einfluss von Zwischenfrüchten und organischen Düngern auf die Nitratsdynamik der Böden und die Erträge der Folgekulturen geprüft. Für eine typische Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung wurden in zwei hydrologischen Winterhalbjahren die Nitratausträge berechnet. Aus einer systematischen Auswertung der Literatur zur Stickstoffdynamik im ökologischen Landbau und den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen wurde ein Schätzrahmen für mittlere Vorwinter- N_{\min} -Werte entwickelt. Die Anwendung dieses Schätzrahmens wurde am Beispiel des Wasserschutzgebietes Weisweil demonstriert. Die hypothetische Umstellung des Wasserschutzgebietes auf ökologischen Landbau wurde mit bestehenden Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratausträge verglichen.

Ergebnisse

1. Trotz ähnlicher naturräumlicher Bedingungen ist der ökologische Landbau in den Regionen Südbaden (D), Elsass (F) und Nordwestschweiz (CH) sehr unterschiedlich ausgeprägt. Unterschiede bestehen vor allem
 - im Anteil ökologisch bewirtschafteter Flächen ($CH > D > F$),
 - in der Höhe der staatlichen Zusatzförderung durch Flächenprämien ($CH > D > F$) und
 - dem Preisaufschlag für Bioprodukte gegenüber konventioneller Ware ($D > F > CH$).
2. Während die Hoftorbilanz für Stickstoff in den südbadischen Ökobetrieben in der Regel ausgeglichen ist, wurden in drei von sechs elsässischen Ökobetrieben positive Stickstoff-Bilanz-Salden um 80 kg N/ha festgestellt. Diesen Betrieben, die regelmäßig bedeutende Mengen organischer Düngemittel zukaufen, wird eine Überprüfung ihrer Düngepraxis dringend empfohlen.
3. Bei den eigenen Untersuchungen in einer Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung wurde im Mittel über alle Fruchtfolgeglieder und zwei Sickerperioden eine Stickstoff-Auswaschung aus dem effektiven Wurzelraum von 10 kg N/ha festgestellt. Andere Autoren haben unter den Produktionsbedingungen des ökologischen Landbaus Auswaschungen von 20 bis 28 kg N/ha ermittelt. Die sehr geringe Stickstoff-Auswaschung der eigenen Untersuchungen ist plausibel, da viele grundwasserschonende Elemente eingesetzt wurden: später Kleegrasumbruch, konsequenter Zwischenfruchtanbau, Verzicht auf Kartoffel- oder Gemüsebau, kein Einsatz organischer Düngemittel und Bodenbearbeitung zu Sommerungen erst im Spätwinter oder Frühjahr.
4. Es wird ein Schätzrahmen für mittlere Vorwinter- N_{\min} -Werte, die sich unter den Produktionsbedingungen des ökologischen Landbaus in Abhängigkeit von angebauten Kulturen

und ackerbaulichen Maßnahmen im Bodenprofil bilden, vorgeschlagen. Mit dem Schätzrahmen können Vorwinter- N_{\min} -Werte geschätzt werden, die sich im Mittel über viele Jahre und ein größeres Gebiet unter einer definierten ökologischen Bewirtschaftung voraussichtlich einstellen. Mit dem geschätzten mittleren Vorwinter- N_{\min} -Wert kann vor dem Hintergrund der Boden- und Klimaverhältnisse im betrachteten Gebiet entschieden werden, welchen Beitrag zum Grundwasserschutz Landnutzungssysteme des ökologischen Landbaus leisten können. Auch einzelnen Ökobetrieben steht mit dem vorgeschlagenen Schätzrahmen ein Instrument zur Verfügung, mit dem die langfristige Stickstoffeffizienz aller ackerbaulichen Maßnahmen beurteilt werden kann.

5. Unter einer hypothetischen Bewirtschaftung des am Oberrhein gelegenen Wasserschutzgebietes Weisweil mit praxisüblichen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus wurde mit Hilfe des Schätzrahmens ein Vorwinter- N_{\min} -Wert von 32 kg N/ha berechnet. Damit wäre das Szenario Ökolandbau am Standort Weisweil mit seiner vergleichsweise geringen Grundwasserneubildungsrate als grundwasserschonendes, nicht aber grundwasseranienrendes Landnutzungssystem anzusprechen.
6. Der geschätzte Vorwinter- N_{\min} -Wert von 32 kg N/ha im Szenario Ökolandbau liegt über dem Wert in der Kernsanierungszone im Mittel der Jahre 1996 bis 1998 von 24 kg N/ha und unter dem im übrigen Wasserschutzgebiet Weisweil im gleichen Zeitraum gefundenen Mittelwert von 40 kg N/ha. Das Szenario wäre der SchALVO-Praxis mit herkömmlichen Wasserschutzmaßnahmen überlegen. Um die in der Kernsanierungszone erzielten Erfolge zu erreichen müsste das Szenario Ökolandbau dagegen noch im Sinne des Grundwasserschutzes optimiert werden.
7. Konventionelle Maßnahmen zum Grundwasserschutz, wie sie in der Kernsanierungszone des Wasserschutzgebietes Weisweil durchgeführt werden, sind mit hohen Zusatzkosten wie SchALVO-Ausgleich, Sanierungsausgleich, Intensiv-NID und der Bezahlung von Wasserschutzgebietsberatern verbunden. Der ökologische Landbau dagegen wäre - aufnahmefähige Märkte für Bioprodukte vorausgesetzt - ein Landnutzungssystem, das in den vieharmen bis viehlosen Betrieben der Oberrheinebene auch als kostengünstigeres Instrument für großflächigen Grundwasserschutz eingesetzt werden könnte.

6 Literatur

AG Boden, 1994: Bodenkundliche Kartieranleitung 1994 der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland. 4. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

AGÖL und BUND, 1997 [407]: Wasserschutz durch Ökologischen Landbau - Leitfaden für die Wasserwirtschaft. Herausgeber: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau e.V..

Agrarstatistik Schweiz, 1997 [548]: Kantonale Agrarstatistiken der Kantone Baselland, Aargau, und Solothurn.

ALLB Emmendingen, 1999: Protokoll über die Feldbegehung durch das Wasserschutzgebiet Weisweil am 14.07.1999. Amt für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur, Emmendingen.

ALLB Emmendingen, 1996 b [454]: Nitrat-Informationen-Dienst (ausgefüllte Erhebungsbögen für die Untersuchung). Amt für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur, Emmendingen.

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau (Hrsg.), 1996 [526]: Rahmenrichtlinien für den ökologischen Landbau. SÖL-Sonderausgabe Nr. 17, Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim.

Aufhammer A., A. Fiegenbaum und E. Kübler, 1994 [211]: Zur Problematik der Stickstoffrückstände von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.). Die Bodenkultur, 45 und 46.

Bach, M., 1993 [164]: Stickstoff-Bilanz nach PARCOM-Richtlinien für die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland (westl. Länder) bzw. im Rhein-Einzugsgebiet (deutscher Teil). Hrsg.: Institut für Landeskultur, Justus-Liebig-Universität Giessen.

Bachinger, J., 1996 [312]: Der Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten (min., org., bio.-dyn.) auf die zeitliche Dynamik und räumliche Verteilung von bodenchem. und -mikrobiolog. Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Schriftenreihe Inst. f. biologisch-dynamische Forschung, Darmstadt, Band 7.

Berendonk, C., 1998 [485]: Maisanbau im ökologischen Landbau. *mais*, 26. Jg. (4), 144-146.

Berg, M., G. Haas und U. Köpke, 1997 [201]: Wasserschutzgebiete: Vergleich des Nitrataustrages bei Organischem, Integriertem und konventionellem Anbau. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn., 28-34.

Berg, M., Haas, G. und U. Köpke, 1997 [418]: Wasserschutzgebiete: Vergleich des Nitrataustrages bei Organischem, Integriertem und Konventionellem Ackerbau. In: Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn; Hrsg.: U. Köpke u. J.-A. Eisele., 28-34.

Berg, M., Haas, G. und U. Köpke, 1999 [480]: Flächen- und produktbezogener Nitrataustrag bei Integriertem und Organischem Landbau in einem Wasserschutzgebiet am Niederrhein. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 239-242.

Bergersen, F. J., G. L. Turner, R. R. Gault, D. L. Chase und J. Brockwell, 1985 [311]: The Natural Abundance of ^{15}N in an Irrigated Soybean Crop and its Use for the Calculation of Nitrogen Fixation. *Austr. J. Agric. Res.*, 36, 411-423.

Berner, A., D. Scherrer und T. Alföldi, 1997 [199]: Stickstoffeffizienz von unterschiedlich aufbereiteten Misten in einer Ackerfruchtfolge auf Lößlehm. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn., 136-142.

Berner, A., Heller, S. und P. Mäder, 1999 [477]: Nährstoffbilanzen im biologischen Landbau. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 226-229.

Besson, J.-M., E. Spiess und U. Niggli, 1995 [155]: N Uptake in Relation to N Application during Two Crop Rotations in the DOC Field Trial. In: A B Academic Publishers (Eds.): Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture., 69-75.

BGW, 1995: Jahrbuch Gas und Wasser '95/96. Herausgegeben vom Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft, R. Oldenbourg Verlag München.

Bioland und Ökoring Niedersachsen, 1995 [409]: Ökologischer Landbau und Wasserschutz - Ergebnisse einer Fachtagung vom 21.2.1995 in Hannover. Bioland Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen, Ökoring Niedersachsen (Hrsg.).

Boller, B., 1988 [107]: Biologische Stickstoff-Fixierung von Weiss- und Rotklee unter Feldbedingungen. Landwirtschaft Schweiz, 1/4, 251-253.

Boller, B.C. and J. Nösberger, 1987 [68]: Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ¹⁵N-fertilization. Plant and Soil, 104, 219-226.

Bonin, G. von, 1998 [512]: Rapsöl für Feinschmecker. bio-land, 1/98, 16.

Brandhuber, R. und U. Hege, 1992 [22]: Tiefenuntersuchungen auf Nitrat unter Ackerschlägen des ökologischen Landbaus. Landwirtschaftliches Jahrbuch, 69/1, 111-119.

Brandhuber, R. und U. Hege, 1991: Nitratbelastung des Sickerwassers unter Acker- und Grünlandnutzung viehhaltender Betriebe. In: VDLUFA-Kongreßband 1991, 203-208.

Brunner, H., F.X. Maidl und E. Sticksei, 1996 [26]: Ansätze zur Verbesserung des flächendeckenden Grundwasserschutzes in Bayern auf der Grundlage standortspezifischer Boden- und Klimabedingungen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 9, 187-188.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), 1996 [533]: Die neue Düngeverordnung.

Claupein, W., 1994 [195]: Zwischenfruchtanbau und Untersaaten zur Verminderung des Stickstoffaustrages - Möglichkeiten und Grenzen. KTBL 1994, 51-60.

Dabbert, S., 1990 [57]: Betriebswirtschaftliche Beurteilung alternativ bewirtschafteter Betriebe. Agrarwirtschaft, 39/2, 30-37.

Dambroth, M. und T. Forche, 1993 [61]: Einfluß der Begrünung von Stilllegungsflächen auf die Nitratkonzentration im Bodenwasser. Landbauforschung Völkenrode, 43/4, 204-210.

Debruck, J., 1997 [167]: Alternativ und konventionell im Vergleich. Was verschiedene Anbau- und Fruchtfolgesysteme leisten. dlz, 6, 32-34.

Debruck, J., 1997 [472]: Wie wirken Vinasse, Expeller, Hornspäne und Co? dlz, 6, 35-37.

Debruck, J., 1981 [230]: Der Einfluß der Fruchtfolge auf die Bodenfruchtbarkeit. Die Bodenkultur, 32, 207-225.

Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, AG Bodennutzung in Wasserschutz- und -schongebieten (Hrsg.), 1992 [19]: Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft.

DSF, 1989: Protokoll von der Mitgliederversammlung des Deutschen Sojaförderings 1989 am 09.12.1989 in Karlsbad/Langensteinbach

Eltun, R., 1990 [154]: Comparison of Nitrogen Leaching in Ecological and Conventional Cropping Systems. In: A B Academic Publishers (Eds.): Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture, 103-114.

FAC: Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene und FiBL, Oberwil, (Hrsg.), 1995 [216]: DOK-Versuch: Vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell, 1. und 2. Fruchtfolgeperiode.

- Faßbender, K., J. Heß und H. Franken, 1996 [1]:** Die Nitratdynamik gezielt beeinflussen. bio-land, 5, 24-25.
- Faßbender, K., J. Heß und H. Franken, 1996 [45]:** Nitratdynamik nach Klee grasumbruch auf verschiedenen Standorten. Langfassung bio-land-Artikel, 5.
- Faßbender, K., J. Heß und H. Franken, 1993 [300]:** Sommerweizen - grundwasserschonende Alternative zu Winterweizen auf leichten Böden - N-Dynamik, Ertrag und Qualität. Uli Zerger (Hrsg.): Forschung im ökologischen Landbau, SÖL-Sonderausgabe Nr. 42, 139-144.
- Feige, W. und R. Röthlingshöfer, 1990 [60]:** Nitratauswaschung aus zwei unterschiedlich bewirtschafteten Ackerböden. Kulturtechnik und Landentwicklung, 31, 89-95.
- FH Osnabrück, Fachbereich Agrarwissenschaften, Studiengang Landwirtschaft (Hrsg.), 1997 [493]:** Ergebnisberichte 1997, 91-114.
- FiBL, 1998 [544]:** Erarbeitung von Maßnahmen zur Reduktion von Nitratauswaschungen ins Grundwasser durch Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft im Klettgau. Vorstudie 1988, Teil 1: Pflanzenbau. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick.
- FiBL, 1997:** Forschungsinstitut für biologischen Landbau, diverse Preiserhebungen 1994-1997.
- Fiengenbaum, A., 1993 [299]:** Die Wirkung pflanzenbaulicher Maßnahmen auf die Stickstoffdynamik im System Boden-Pflanze nach Ackerbohnen. Dissertation Universität Hohenheim.
- Fisel, T. und G. Lang, 1997 [98]:** Wenn Ackerbaubetriebe auf Öko-Landbau umstellen. BLW, 47, 32-34.
- Fleischer, H., 1996 [410]:** Das Gut Canitz der Wasserwerke Leipzig. Lebendige Erde, 47. Jahrg., 5/1996, 313-317.
- Foerster, P. und A. Meyercordt, 1994 [228]:** Stickstoff-Dynamik nach Klee grasumbruch. Ökologie & Landbau, 92, 50/51.
- Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (Hrsg.), o.J. [509]:** Beratungsordner Biolandbau, Bioberatungszentrale FiBL, CH-5070 Frick.
- Franzmann A. und U. Ebert, 1996 [487]:** Höhere Gewinne durch Umstellen auf Öko-Landbau? top agrar, 11/96, 30-34.
- Frei Ming, U., T. Candinas und J.-M. Besson, 1997 [97]:** Kompost - ein wertvoller Dünger und Bodenverbesserer. Agrarforschung, 4/11-12, 463-466.
- Freyer, B. und C. Pericin, 1996 [138]:** Nährstoffhaushalt in biologisch bewirtschafteten Betrieben. Agrarforschung, 3 (1), 29-32.
- Friedel, J. K., E. Dierenbach und D. Gabel, 1997 [143]:** Öko-Äcker sind umsatzaktiver und können Stickstoff effizienter speichern. Ökologie & Landbau, 3, 14-15.
- Furrer, O. J. und W. Stauffer, 1986 [227]:** Stickstoff in der Landwirtschaft. Sonderdruck aus Gas-Wasser-Abwasser, 66(7), 460-472.
- Gabel, D., J. K. Friedel und K. Stahr, 1997 [226]:** Die Stickstoffmineralisierung im Ökologischen Landbau - Ein Vergleich zwischen Messungen in situ und unter Laborbedingungen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft.
- Germeier, C. U., 1997 [495]:** Erste Erfahrungen mit Weitreihenverfahren für Winterweizen mit Leguminosen- und Kräuterbeisaaten. In: Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn; Hrsg.: U. Köpke u. J.-A. Eisele., 288-294.

Germeier, C. U., 1999 [515]: Weitreihenverfahren und Lebendmulch - neue Anbaukonzepte für den ökologischen Landbau? Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 82-85.

Görlitz, H. und F. Asmus, 1978 [223]: Einfluß organischer und mineralischer Düngung auf Pflanzenertrag und Stickstoffausnutzung auf einer Tieflehm-Fahlerde. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk., Berlin, 22, 109-129.

Görlitz, H. und F. Asmus, 1991 [225]: Stickstoffdynamik und -wirkung von Stallmist- und Gülleüngung auf diluvialen sandigen Böden. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongreßband 1991, 33, 164-169.

Götze, K., 1997 [412]: Ökologische Bewirtschaftung des Wassergutes Canitz mit dem Ziel des Trinkwasserschutzes. In: Ökologischer Landbau in Trinkwasserschutzgebieten, Tagungsband der wissenschaftl. Tagung 27.-28.05.1997 in Nischwitz.

Granstedt, A., 1995 [21]: The mobilization and immobilization of soil nitrogen after green-manure crops at three locations in Sweden. In: Cook, H.F., H.C. Lee (Eds.): Soil Management in Sustainable Agriculture, Proceedings of the Third International Conference on Sustainable Agriculture Wye College, Universität of London, 31 August to 4 September 1993, 265-275.

Granstedt, A., 1992 [153]: Case Studies on the Flow and Supply of Nitrogen in Alternative Farming in Sweden. I. Skilleby.Farm 1981-1987. In: A B Academic Publishers (Eds.): Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 9, 15-63.

Gruber, H., 1994 [520]: Wie wirtschaftlich ist Sommergetreide im ökologischen Landbau? Landpost, 24.12.1994, 82/83.

Gruel, A., 1999 [513]: Getreideprojekt Bioland Baden-Württemberg Rundbrief, 1/99, 8/9.

Grundmann, J., 1986 [218]: Einfluß langjähriger konventioneller und biologisch-dynamischer Bewirtschaftung sowie differenzierter Bodenbearbeitung auf den Humuskörper einer Rendzina (Schwäbische Alb, Enzmad) während der Vegetationsperiode der Feldfrucht Hafer. Diplomarbeit, Inst. f. Bodenkunde und Standortlehre, Universität Hohenheim, Prof. Otto.

Haas, G., 1999 [482]: Stickstoffeffizienz von Winterweizen: Sortenwahlkriterium im Organischen Landbau? Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 513-516.

Haas, G. und L. Kramer, 1995 [514]: Ölsaaten im Organischen Landbau: Perspektiven in Anbau und Ökonomie Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 209-212.

Haas, G., M. Berg und U. Köpke, 1998 [552]: Grundwasserschonende Landnutzung. Verlag Köster, Berlin.

Häflinger, M. und J. Maurer, 1996 [492]: Umstellung auf Biolandbau - Motivation und Hemmnisse. Agarforschung, 3 (11-12), 531-534.

Hampl, U., 1998 [521]: Die Bodenlebewesen gut im Futter halten. BW agrar, 24/1998, 13/14.

Hartmann, C. und R. Aldag, 1989 [221]: N₂-Fixierung und Ertragsstruktur der Weißen Lupine (*lupinus albus* L.) im Vergleich zu *Vicia faba* L und *Glycine max* (L.) Merr. auf verschiedenen Standorten. J. Agronomy & Crop Science, 63, 201-211.

Hauser, S., 1987 [220]: Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Dissertation, FB Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen.

Heckemeier, K. Homburg, M. Stubbe, B. Schmidtke, K. und R. Rauber, 1999 [481]: Einfluß des Umbruchtermines von Rotkleegras-Grünbrache auf Kenngrößen des Boden-N-Haushaltes sowie Sproß- und Wurzelwachstum von vier Kartoffelsorten unterschiedlichen

Reifezeitpunktes. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 492-495.

Heldt, S. und K.-J. Hülsbergen, 1997 [413]: Untersuchungen zum Humus- und Nährstoffhaushalt im Wassergut Canitz - Forschungskonzept und erste Ergebnisse. In: Ökologischer Landbau in Trinkwasserschutzgebieten, Tagungsband der wissenschaftl. Tagung 27.-28.05.1997 in Nischwitz.

Heldt, S., Hülsbergen, K.-J., Götze, K. und W. Diepenbrock, 1997 [408]: Ökologischer Landbau im Trinkwasserschutzgebiet Canitz/Thallwitz - Untersuchungen zum Humus- und Nährstoffhaushalt. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen (Hrsg.), 10, 255-256.

Hermanowski, R., 1997 [144]: Wasserschutz durch Umstellung auf ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau, 3, 16-17.

Heß, J., 1990 [63]: Acker- und pflanzenbauliche Strategien zum verlustfreien Stickstofftransfer beim Anbau von Klee gras im Organischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 3, 241-244.

Heß, J., 1997 [141]: Systemimmanenter Zwang zu möglichst geschlossenen Nährstoffkreisläufen. Ökologie & Landbau, 3, 10-13.

Heß, J., 1989 [242]: Klee grasumbruch im Organischen Landbau: Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied Klee gras-Klee gras-Weizen-Roggen. Dissertation, Inst. f. Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Prof. Franken.

Heß, J. K., Schmidtke und A. Piorr, 1994 [243]: In: Ökologischer Landbau in Wasserschutzgebieten. SÖL-Sonderausgabe, 58, 114-137.

Heß, J. und H. Franken, 1988 [241]: Über die Reduzierung von Nitratverlusten nach Leguminosen durch den Anbau von Cruciferen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 57, 55-60.

Heß, J., A. Piorr und K. Schmidtke, 1992 [66]: Grundwasserschonende Landbewirtschaftung durch Ökologischen Landbau? Veröffentlichungen des Instituts für Wasserforschung GmbH Dortmund und der Stadtwerke AG, 45.

Heuwinkel, H., 1997 [42]: N₂-Bindung von Leguminosen in Abhängigkeit von Standort und Nutzung. In: v. Lützow, M., J. Filser, M. Kainz und J. Pfadenhauer (Hrsg.): Forschungsverbund Agrarökosysteme München, Jahresbericht 1996, Fam-Bericht 13.

Heuwinkel, H. und R. Gutser, 1997 [44]: Bestimmung der N₂-Bindung zur N-Bilanzierung von Klee-Luzerne-Gras. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökolog. Landbau, Bonn, 272-278.

Höllein, K., 1995 [415]: Förderung des Ökologischen Landbaus im Einzugsbereich des Wassergewinnungsgebietes Mangfall der Wasserwerke München. In: Ökologischer Landbau und Wasserschutz - Ergebnisse einer Fachtagung vom 21.2.1995 in Hannover, Hrsg.: Bioland Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen, Ökoring Niedersachsen.

Horlacher, D. und W. Gamer, 1998 [556]: Nährstoffbilanzen Baden-Württemberg. landinfo, 1/98, 9-12.

Hydro Agri Dülmen GmbH (Hrsg.), 1993 [531]: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Verlagsunion Agrar.

IfUL, 1997 [435]: Ergebnisbericht Intensiv-NID 96 Weisweil. Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung.

IfUL, 1996 [442]: Intensiv-NID im WSG Weisweil. Bericht für das Jahr 95. Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung.

IfUL, 1999 [470]: Protokoll Sitzung Arbeitskreis Trinkwasserschutz am 19.01.1999 in Weisweil. Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung.

Institut Technique de L'Agriculture Biologique (ITAB) (Hrsg.), 1995 [489]: Guide des matières organiques.

Janinhoff, A., 1995 [528]: Gehört Biobetrieben wirklich die Zukunft? top agrar, 1/95, 2426.

Jensen, E.S., 1987 [310]: Seasonal Patterns of Growth and Nitrogen Fixation in Field-Grown Pea. Plant and Soil, 101, 29-37.

Jordan, K., 1995 [416]: Förderung des Ökolandbaus durch die Stadtwerke Osnabrück AG. In: Ökologischer Landbau und Wasserschutz - Ergebnisse einer Fachtagung vom 21.2.1995 in Hannover, Hrsg.: Bioland Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen, Ökoring Niedersachsen.

Justus, M., 1996 [280]: Optimierung des Anbaues von Ackerbohnen: Reduzierung von Nitratverlusten und Steigerung der Vorfruchtwirkung zu Sommergetreide. Dissertation, Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Bonn.

Justus, M. und U. Köpke, 1991 [52]: Ackerbohnen: Eine Gefahr für das Trinkwasser? Lebendige Erde, 2, 81-87.

Justus, M. und U. Köpke, 1995 [157]: Strategies to Reduce Nitrogen Losses via Leaching and to Increase Precrop Effects when Growing Faba Beans. In: A B Academic Publishers (Eds.): Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture, 145-155.

Kage, H., 1990 [67]: Zur Entstehung hoher Restnitratmengen im durchwurzelten Bodenraum während der Vegetationszeit von Ackerbohnen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 3, 183-186.

Kalk, W.-D., K.-J. Hülsbergen und S. Biermann, 1997 [163]: Zur Stickstoffbilanzierung in Landwirtschaftsbetrieben. Landtechnik, 52,1, 44-45.

Kansy, G., 1999 [557]: Schriftliche Mitteilung über die Nitratwerte im WSG Weisweil 1994-1998. Regierungspräsidium Freiburg.

Kansy, G., 1999 [465]: Kurzbericht WSG Weisweil. Regierungspräsidium Freiburg.

Kansy, 1998 [468]: Kurzbericht WSG Weisweil. Regierungspräsidium Freiburg.

Kaul, H.-P., 1996 [29]: Menge, Zusammensetzung und Abbau von Ernterückständen öl- und eiweißreicher Körnerfrüchte. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 9, 41-42.

Kersebaum, K.C., 1999 [494]: Simulation standortspezifischer Effekte unterschiedlicher Fruchtfolge- und Anbausysteme im ökologischen und konventionellen Landbau auf den Wasser- und Stickstoffhaushalt als Grundlage für regionale Szenariorechnungen. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 337-340.

Kersebaum, K.C. und G. M. Richter, 1992 [65]: Wieviel Nitrat im Winter auswäscht. DLG-Mitteilungen/agrar inform, 1, 28-30.

Kiefer, J., 1996 a [444]: Intensiv-NID Baumschulen 95 im WSG Weisweil. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.

Kiefer, J., 1996 c [452]: Intensiv NID Getreideflächen 96 im WSG Weisweil. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.

Kleint, 1995 [446]: Düngeempfehlungen für Baumschulbetrieb Ganter. Regierungspräsidium Freiburg.

Koller, M., Peter, M. und A. Berner, 1999 [475]: N-Mineralisierung organischer Handelsdünger und ihr Effekt auf den Ertrag von Kopfsalat und Blumenkohl im Frühjahr. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 105-108.

König, U. J., 1996 [137]: Zwischenfruchtanbau von Leguminosen. Schriftenreihe des Instituts für biologisch-dynamische Forschung e.V., Darmstadt, 6.

König, U.J., 1995 [287]: Optimierung des N-Umsatzes beim Leguminosen-Zwischenfruchtanbau. Beitr. 3. Wiss.-Tagung ökol. Landbau, Kiel, 181-184.

- Köpke, U., 1989 [232]:** Körnerleguminosen: N₂-Fixierung, Vorfruchtwirkung und Fruchtfolgegestaltung. Raps, 7 (2), 90-92.
- Köpke, U., 1990 [251]:** Pflanzenbauliche Strategien für einen umweltverträglichen und standortgerechten Landbau. Vorträge der 42. Hochschultagung der landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn vom 20. Februar 1990 in Münster, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 17-39.
- Köpke, U., 1987 [304]:** Symbiotische Stickstoff-Fixierung und Vorfruchtwirkung von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.). Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Köpke, U., 1996 [518]:** Stickstoff zum Nulltarif. dlz, 2/96, 28-30.
- Köster, W., K. Severin, D. Möhring und H.-D. Ziebell, [231]:** Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanzen landwirtschaftlich genutzter Flächen der Bundesrepublik Deutschland von 1950 - 1986. Landwirtschaftskammer Hannover, Landwirtschaftl. Untersuchungs- und Forschungsanstalt Hameln, 48-53.
- Kreuz, B. und K. Steinbrenner, 1990 [174]:** Richtige Einordnung des Getreides in die Fruchtfolge - ökologieorientierte Produktion und volle Nutzung der Gratisfaktoren der Natur. Feldwirtschaft, 31, 6, 256-257.
- Künsemöller, H., 1998 [511]:** Raps bereitet den Boden. bio-land, 1/98, 8/9.
- Kunz, P., Beers, A., Buchmann, M. und J. Rother, 1995 [497]:** Backqualität bei Weizen aus ökologischem Landbau. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 97-100.
- Ladd, J.N., J.M. Oades and M. Amato, 1981 [70]:** Distribution and recovery of nitrogen from legume residues decomposing in soils sown to wheat in the field. Soil Biol. Biochem., 13, 251-256.
- Landesanstalt für Pflanzenbau (Hrsg.), 1999 [506]:** Sortenratgeber für den Anbau von Sommerweizen in Baden-Württemberg.
- Landesanstalt für Pflanzenbau (Hrsg.), 1999 [507]:** Sortenratgeber für den Anbau von Winterweizen in Baden-Württemberg.
- Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, 1996 [455]:** Flurkarte des Wasserschutzgebietes Weisweil.
- Landratsamt Emmendingen, 1995 [422]:** Verordnung des Landratsamtes Emmendingen zum Schutz des Grundwassers im Einzugsbereich der Wassergewinnungsanlage Tiefbrunnen Weisweil der Gemeinde Weisweil. Landratsamt Emmendingen.
- Landratsamt Emmendingen, 1998 [457]:** Entwurf zur Änderung der Rechtsverordnung des Landratsamtes Emmendingen zum Schutz des Grundwassers im Einzugsbereich der Wassergewinnungsanlage Tiefbrunnen Weisweil. Landratsamt Emmendingen, Untere Wasserbehörde.
- Landwirtschaftskammern Westfalen-Lippe und Rheinland/Institut für Organischen Landbau der Universität Bonn (Hrsg.), 1998 [535]:** Versuchs- und Demonstrationsvorhaben auf Leitbetrieben 1997. Zusammenfassung der Ergebnisse.
- LAP (Hrsg.), 1996 [334]:** Qualitätsuntersuchungen an Ernteproben aus den Landessortenversuchen 1996. Informationen für die Pflanzenproduktion, Landesanstalt für Pflanzenbau, Forchheim, Baden-Württemberg, 14/1996, 96.
- LBL, 1997:** Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau, Preiskatalog 1994-1997.
- LaRue, T. A. and T. G. Patterson, 1981 [369]:** How much nitrogen do legumes fix? Advances in Agronomy, 34, 15-38.
- Leithold, G. und K.-J. Hülsbergen, 1998 [94]:** Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau, 1/26/105, 32-35.

LfL, 1997 [546]: Daten des Gemeinsamen Antrags, Auszug Ökobetriebe. Übermittelt als elektronischer Datensatz vom Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg.

LfL, 1997: Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft mit Landesstelle für Landwirtschaftliche Marktkunde in Baden-Württemberg (Hrsg.): Agrarmärkte, Jahresheft 1997, ISSN 0931-5055.

Lindloff, V., 1998 [527]: Im "Nischenmarkt" fallen die Preise. top agrar, 4/98, 34/35.

Loges, R., 1998 [541]: Ertrag, Futterqualität, N₂-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleeergrasbeständen. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Band 9.

Loges, R. und F. Taube, 1999 [474]: Ertrag und N₂-Fixierungsleistung unterschiedlich bewirtschafteter Futterleguminosenbestände. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 100-104.

Loges, R., F. Taube und A. Kornher, 1997 [290]: Ertrag, N-Fixierungsleistung sowie Ernterückstände verschiedener Rotklee- und Rotkleeergrasbestände. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn, 265-271.

LUFA, 1999 [553]: Auswertung ökologisch bewirtschafteter SchALVO-Flächen 1996 - 1998. Übermittelt als elektronischer Datensatz für den Dienstgebrauch. Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt des Landes Baden-Württemberg, Karlsruhe-Augustenbergr.

Lünzer, I. und H. Vogtmann (Hrsg.), o.J. [510]: Ökologische Landwirtschaft, med-inform Verlagsgesellschaft mbH, Düsseldorf.

Lütke Entrup, N. und G. Stemann, 1990 [17]: Biologische Stickstoffbindung durch Ackerbohnen und Stickstoffsicherung mit Untersaaten. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 3, 285-288.

Lütke Entrup, N., K.H. Blome und G. Stemann, 1989 [14]: Körnerleguminosen ohne Nitratprobleme anbauen. DLG-Mitteilungen, 4, 182-191.

Magid, J. und P. Kolster, 1995 [156]: Modelling Nitrogen Cycling in an Ecological Crop Rotation - an Explorative Trial. In: A B Academic Publishers (Eds.): Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture, 77-87.

Maier, A., 1997 [545]: hofor 2. Excel-Anwendung zur Erstellung von Nährstoffvergleichen. Bezug über LEL, D-73525 Schwäbisch-Gmünd.

Makowski, N., 1998 [522]: Winterraps ökologisch angebaut. Raps, 16. Jg. (4), 160.163.

Mattey, J., 1992 [205]: Nährstoffe im Dränwasser. In: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Hrsg.): Versuchsbericht alternativer Landbau, 1991, 36-39.

Mayer, J., 1997 [524]: Ist die Kaliumversorgung ausreichend und gesichert? Ökologie & Landbau, 101, 30-33.

Mayer, J. und J. Heß, 1997 [145]: Welchen Beitrag zur Stickstoffversorgung leisten Körnerleguminosen? Ökologie & Landbau, 3, 18-22.

Mayer, R., 1987 [49]: Die Zufuhr von Stickstoffen zum Boden durch trockene Ablagerung und mit den Niederschlägen. In: Arbeitsgemeinschaft für ländliche Entwicklung (Hrsg.): Arbeitsergebnisse, 3, 13-19.

Meissner, R., J. Seeger, H. Rupp und P. Schonert, 1993 [273]: Der Einfluß von Flächenstilllegung und Extensivierung auf den Stickstoffaustrag mit dem Sickerwasser. Vom Wasser, 81, 185-196.

Michel, D., 1992 [244]: Stickstoff- und Humusreproduktionsleistung von Luzerne und Kleeergras in Fruchtfolgen eines 30jährigen Dauerfeldversuches im Mitteldeutschen Trockengebiet. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongreßband 1992, 35, 645-648.

- Michel, D., 1993 [301]:** Humus- und Stickstoffreproduktionsleistung von Luzerne in einem Dauerfeldversuch sowie Nmin-Dynamik während der Nutzungsdauer und nach Umbruch der Bestände. Uli Zenger (Hrsg.): Forschung im ökologischen Landbau, SÖL-Sonderausgabe Nr. 42, 145-152.
- Miersch, M., 1998:** Soja in Öko-Qualität gesucht. bio-land (1), 12-13.
- Miersch, M., 1999:** Soja auf Deutschlands Feldern. dlz (3), 74-76.
- Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, 1992 [62]:** SchALVO - Leitfaden für die praktische Umsetzung.
- MLR (Hrsg.), 1995 [554]:** Betriebsverhältnisse und Buchführungsergebnisse, Wirtschaftsjahr 1994/95, Heft 44, Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg.
- Mohn, R. und H. Lukas, 1996 [529]:** Bei jeder Dezitonne Getreide fehlen im Schnitt neun Mark. LW BW, 50/96, 14-16.
- Mokry, M., 1991 [160]:** Vergleich einer Betriebs- und Flächenbilanz eines viehlosen und eines viehhaltenden Betriebes im Kraichgau. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongreßband 1991, 33, 690-696.
- Möller, D. (Hrsg.: Fachbereich Agrarwissenschaften und Umweltsicherung der Justus-Liebig-Universität Gießen), 1995 [215]:** ECOSIM - ein dynamisches Systemsimulationsmodell für Betriebe des ökologischen Landbaus. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt a. M..
- Möller, K. und H.J. Reents, 1995 [12]:** Stickstoffdynamik im Boden nach Kartoffeln im organischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 8, 245-248.
- Möller, K. und H.J. Reents, 1999 [476]:** Einfluß verschiedener Zwischenfrüchte nach Körnererbsen auf die Nitratgehalte im Boden und das Wachstum der Folgefrucht (Kartoffeln, Weizen). Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 109-112.
- Mortiz, H., 1997 [180]:** 3 Artikel: Getreide erzeugen ohne Düngersack und Spritze, Die Verunkrautung habe ich mir schlimmer vorgestellt, Qualitätsprobleme beim Weizen. top agrar, 4/97, 102-107.
- Müller, K.-J., 1999 [502]:** Kriterien für die Entwicklung von Qualitätsweizen für leichte Standorte. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 165-168.
- Müller, M.M. and V. Sundman, 1988 [71]:** The fate of nitrogen (¹⁵N) released from different plant materials during decomposition under field conditions. Plant and Soil, 105, 133-139.
- Nauwerck, 1997 [463]:** Protokoll über Besprechung der Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Kernsanierungszone Weisweil. Regierungspräsidium Freiburg.
- Nieberg, H., 1999 [530]:** Wirtschaftlichkeit der Umstellung auf ökologischen Landbau in Deutschland: Empirische Ergebnisse aus den Jahren 1990 - 1997. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 455-458.
- Niedersächsische Landesanstalt für Ökologie, 1996 [420]:** Entwicklung von Modellen zur Förderung eines gewässerschonenden ökologischen Landbaus in den Wassereinzugsgebieten der IG Weser. Niedersächsische Landesanstalt für Ökologie.
- Olbrich-Mayer, M und P. Förster, 1996 [411]:** Biologisch-Dynamische Landwirtschaft im Wassereinzugsgebiet (Interview). Lebendige Erde, 47. Jahrg. 5/1996, 318 f.
- OPABA, 1998 [547]:** Eigene Erhebungen bei den Mitgliedsbetrieben.
- Opitz von Boberfeld, W. und U. Schultheiss, 1994 [85]:** Zum Einfluß von Untersaaten zur Begrünung von Ackerbrachen auf die Vegetationsentwicklung und die Nitratdynamik. J. Agronomy & Crop Science, 172, 52-61.

- Paffrath, A., 1993 [551]:** N-Dynamik auf ausgewählten Flächen des Boschheide Hofes und des konventionellen Vergleichsbetriebes. In: Abschlußbericht Forschungs- und Entwicklungsvorhaben "Alternativer Landbau Boschheide Hof" 1979-1992. Forschung und Beratung. Wissenschaftliche Berichte über Land- und Ernährungswirtschaft in NRW, Reihe C, 49, 108-115.
- Panse, A., F. X. Maidl, F. X. Haunz und G. Fischbeck, 1995 [286]:** Umsatz von Körnerleguminosenstickstoff in einer Fruchtfolge mit Winterweizen und Wintergerste. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 8, 253-256.
- Peoples, M. B., D. F. Herridge und J. K. Ladha, 1995a [306]:** Biological Nitrogen Fixation: An Efficient Source for Sustainable Agricultural Production. Plant and Soil, 174, 3-28.
- Peoples, M. B., D. F. Herridge und J. K. Ladha, 1995b [307]:** Enhancing Legume N₂ Fixation through Plant and Soil management. Plant and Soil, 174, 83-101.
- Peoples, M. B., R. R. Gault, B. Lean, J. D. Sykes und J. Brockwell, 1995 [308]:** Nitrogen Fixation by Soybean in Commercial and Southern New South Wales. Soil Biol. Biochem., 27, 553-561.
- Peters, M., H.-P. Blume, H. Gompel und B. Sattelmacher, 1990 [162]:** Nährstoffdynamik und -bilanz eines Podsolis unter konventioneller und alternativer Ackernutzung. J. Agronomy & Science, Hrsg.: Paul Parey Scientific Publishers, Berlin, Hamburg, 165, 289-296.
- Piorr, A., 1992 [266]:** Zur Wirkung von residualem Klee gras- und Wirtschaftsdüngerstickstoff auf die N-Dynamik in ökologisch bewirtschafteten Böden und die N-Ernährung von Getreide. Dissertation, Agrikulturchemisches Institut, Uni Bonn.
- Pommer, G., 1993 [284]:** Fruchtfolgegestaltung und Nährstoffversorgung in viehlosen ökologischen Betrieben. Schule und Beratung, 2 (3), 12-16.
- Pommer, G., 1999 [517]:** Sortenempfehlungen für ökologisch wirtschaftende Betriebe 1989/99, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur.
- Pommer, G., 1994 [519]:** Backweizen aus Öko-Landbau. BLW, 39, 23/24.
- Preuße, T., 1991 [486]:** Ein neues Bild vom Bio-Betrieb. DLG-Mitteilungen/agrar.inform, 11/91, 56-60.
- Raderschall, R. und H. Gebhardt, 1990 [188]:** Feldversuche zur Nmin-Dynamik eines stauwasserbeeinflussten Plaggeneschs unter Winterzwischenfrüchten nach Anbau von Körnerleguminosen (*Vicia faba* L.). Z. Pflanzenernähr. Bodenk., VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 153, 75-80.
- Redelberger, H., 1997 [488]:** Soll Ackerbauer Fritz Korn seinen Betrieb umstellen? dlz, 5/97, 46-51.
- Reents, H.-J., Möller, K. und F. X. Maidl, 1997 [503]:** Nutzung des Bodennitrats durch differenzierte Anbaustrategien von Getreide als Nachfrucht von Kartoffeln. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn, Verlag Dr. Köster, Berlin, 129-135.
- Reents, H.J., 1991 [23]:** Nitratverlagerung nach Leguminosenumbruch in biologisch-dynamisch geführten Betrieben. Lebendige Erde, 6, 303-313.
- Reents, H.J., 1991 [53]:** Nitratverlagerung nach Leguminosenumbruch in biologisch-dynamisch geführten Betrieben. Lebendige Erde, 6, 303-312.
- Reichart, K., J. Heß und H. Franken, 1996 [27]:** Auswirkungen einer fünfjährigen Dauerbrache auf Bodeneigenschaften sowie Ertrag und Qualität der Nachfrüchte - im Vergleich zur Rotationsbrache. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 9, 39-40.
- REKLIP, 1995:** Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd, Kartenband. Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regio-Klima-Projekt (Hrsg.). vdf Hochschulverlag AG, Zürich.
- Renger, M., 1992 [18]:** Bestimmung der Bodenwasserhaushaltskomponenten. DVGW-Schriftenreihe Wasser, 72, 283-298.

- Rennie R. J. and S. Dubetz, 1986 [261]:** Nitrogen-15-Determined Nitrogen Fixation in Field-Grown, Chickpea, Lentil, Fababean and Field Pea. *Agron. J.*, 78, 654-660.
- Rohmann, U., 1996 [322]:** Nitratgehalte von Böden unter verschiedenen Nutzungsbedingungen und standortabhängige Nitratauswaschung. TZW-Kolloquium Nitratrestgehalte in Böden und Nitratauswaschung, 4.12.1996.
- Rohmann, U., 1995 [447]:** Rundschreiben: Sanierung des nitratbelasteten Grundwassers durch landw. Maßnahmen. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.
- Rohmann, U. und M. Rödelberger, 1994 [445]:** Maßnahmenkombinationen und Varianten zur Sanierung des nitratbelasteten Trinkwassers der Gemeinde Weisweil. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.
- Roth, A., 1992 [303]:** Stoppelbearbeitung bei Klee grasumbruch. Diplomarbeit Universität Bonn.
- RP Freiburg, 1995 [464]:** Vertrag über die Durchführung von Sanierungsfruchtfolgen innerhalb der Kernsanierungszone des WSG für den Tiefbrunnen Weisweil. Regierungspräsidium Freiburg.
- SBV, 1996:** Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung, 1994-1996. Schweizerischer Bauernverband.
- Scheffer, B., 1996 [20]:** Abschätzung des Nitrataustrages über Bodenuntersuchungen und N-Bilanzen. Reduzierung der Nitratbelastung - Maßnahmen und Kosten.
- Scheffer, F. und P. Schachtschabel, 1992 [555]:** Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart.
- Scheller, E., 1993 [217]:** Die Stickstoff-Versorgung der Pflanzen aus dem Stickstoff-Stoffwechsel des Bodens: Ein Beitrag zu einer Pflanzenernährungslehre des organischen Landbaus. ISBN 3-8236-1228-X, Verlag Josef Margraf, Weikersheim.
- Scheller, E., 1994 [490]:** Agro-Dossier "Luzerne und Trinkwasser". Schweizer Bauer, 03.12.1994, 15-19.
- Scheller, E., 1999 [501]:** Proteinqualität bei Weizen, Dinkel und Einkorn. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 121-125.
- Scheller, E., 1991 [523]:** Die Düngungspraxis im ökologischen Landbau - unverantwortlich oder wissenschaftlich fundiert? *Ökologie & Landbau*, 78, 12-15.
- Schenke, H. und U. Köpke, 1995 [498]:** Jauche: Effizienter Einsatz eines betriebseigenen Düngemittels. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 101-104.
- Schirmer, G. und H. Fleischer, 1995 [419]:** Förderung des ökologischen Landbaus in Wasserschutzgebieten durch die Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH. In: *Ökologischer Landbau und Wasserschutz - Ergebnisse einer Fachtagung vom 21.2.1995 in Hannover*, Hrsg.: Bioland Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen, Ökoring Niedersachsen, 30-33.
- Schmidt, H., 1997 [329]:** Viehlose Fruchtfolge im Ökologischen Landbau - Auswirkungen systemeigener und systemfremder Stickstoffquellen auf Prozesse im Boden und die Entwicklung der Feldfrüchte. Dissertation an der Universität Gesamthochschule Kassel am Fachbereich Landwirtschaft, internationale Agrarentwicklung und ökologische Umweltsicherung.
- Schmidt, H., Fragstein, P. von und E. Kölsch, 1999 [473]:** Stickstoffflüsse im System Boden-Pflanze in einer viehlosen Fruchtfolge des Ökologischen Landbaus. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 97-100.

- Schmidt, H., P. v. Fragstein, E. Kölsch und P. Rakete, 1995 [64]:** Grünbrache - Grundlage von Fruchtfolgen auf viehlosen/viehharmen Betrieben. Berater-Rundbrief, Stiftung Ökologie & Landbau, 2, 3-7.
- Schmidtke, K und R. Rauber, 1990 [256]:** Gefährdet der Leguminosenanbau im ökologischen Landbau die Grundwasserqualität? bio-land, 5, 15-16.
- Schmidtke, K und T. Harrach, 1989? [257]:** Nitratverlagerung im Boden nach Kleeerasumbruch. Inst. f. Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Schmidtke, K., 1996 [28]:** Methodik zur Ermittlung der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 9, 43-44.
- Schmidtke, K., 1996 [40]:** Methodik zur Ermittlung der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 9, 43-44.
- Schmidtke, K., 1998 [146]:** Selbstregulierung der Stickstoffzufuhr im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau, 2, 33-37.
- Schmidtke, K., 1997 [316]:** Einfluß von Rotklee (*T. pratense* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen auf symbiotische N₂-Fixierung, bodenbürtige N-Aufnahme und CaCl₂-extrahierte N-Fractionen im Boden. Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Professur für Organischen Landbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, 201 S.
- Schmidtke, K., 1999 [479]:** N-Flächenbilanz beim Anbau von Futter- und Körnerleguminosen. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 234-238.
- Schmitt, L. und Dewes, T., 1997 [496]:** N-Effizienz verschiedener, unterschiedlich terminierter Wirtschaftsdüngung im Backweizenanbau. In: Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn; Hrsg.: U. Köpke u. J.-A. Eisele, 295-301.
- Schmitt, L., Trinks, K., Overmeyer, U. und T. Dewes, 1995 [499]:** Einfluß von Leguminosen-Untersaaten auf die Leistung von Winterweizenbeständen des Ökologischen Landbaus. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 105-108.
- Schneider, U., 1997 [505]:** Rizinusschrot: - Alternativen vorhanden? bio-land, 2/97, 18/19.
- Schneider, U. und K. Haider, 1990 [255]:** Denitrifikationsmessungen im Feld und Bestimmung der Auswaschungsverluste von Dünge- und Boden-N. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongreßband 1990, 32, 295-300.
- Schnotz, G., [39]:** TM-Ertrags- und N-Bindungsvermögen einer Klee-Gras-Mischung im Vergleich mit deren Einzelkomponenten im Reinbestand. Versuchsbereich über das Jahr 1992 aus dem Institut für Pflanzenbau und Grünland der Universität Hohenheim.
- Schulte, G., 1996 [525]:** Nährstoffverarmung durch ökologischen Landbau? bio-land, 3/96, 26/27.
- Schulz-Marquardt, J., Weber, M. und U. Köpke, 1995 [500]:** Streifenanbau mit Sommerweizen im Wechsel mit Futterleguminosen zur Erzeugung von Qualitäts-Backweizen im Organischen Landbau. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 109-112.
- Schulze Pals, L., 1993 [58]:** Auch für reine Ackerbaubetriebe eine Alternative? top agrar, 2, 26-30.
- Schulze-Pals, L., 1993 [88]:** Auch für reine Ackerbaubetriebe eine Alternative? top agrar, 2, 26-30.
- Spohn, L. u. W. Neuerburg, 1992 [24]:** Wie wirtschaften viehlose Bio-Betriebe? bio-land, 6, 16-18.

- Spohn, L. und W. Neuerburg, 1993 [46]:** Viehloser ökologischer Landbau. *Ökologie & Landbau*, 85, 43-45.
- Stein-Bachinger, K. und J. Bachinger, 1997 [516]:** Nährstoffbilanzen als Grundlage von Optimierungsstrategien für ökologisch wirtschaftende Großbetriebe Nordost-Deutschlands. *Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau*, Bonn, Verlag Dr. Köster, Berlin, 109-114.
- Steinbrenner, K., 1990 [78]:** Vorfruchtparameter für die Getreidearten. *Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd.*, 11, 765-772.
- Steinbrenner, K., 1991 [173]:** Schaderregerbekämpfung durch richtige Fruchtfolgegestaltung. *Feldwirtschaft*, 32, 1, 24-26.
- Stopes, C. und L. Woodward, 1997 [142]:** Nitratauswaschung geringer. *Ökologie & Landbau*, 3, 13.
- TZW Karlsruhe, 1998 [460]:** Grundwassersanierende Landbewirtschaftung im WSG Weisweil, Statusbericht 1997. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.
- Unkovich, M. J., J. S. Pate und J. Hamblin, 1994 [309]:** The Nitrogen Economy of Broadacre Lupin in Southwest Australia. *Aust. J. Agric. Res.*, 45, 149-164.
- van der Ploeg, R.R., G. Machulla und H. Ringe, 1995 [55]:** Ein Mischzellenmodell zur Abschätzung der Nitratauswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Böden im Winterhalbjahr. *Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 158, 365-373.
- VDLUFA (Hrsg.), 1998 [534]:** Standpunkt: Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung.
- Vereijken, P. und F. Wijnands (Hrsg.), 1990:** Geïntegreerde akkerbouw naar de praktijk, strategie voor bedrijf en milieu - proefstation voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond.
- Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau Niedersachsen e.V. (Hrsg.), o.J. [508]:** Ökoring-Beratungsordner, Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau Niedersachsen e.V. (Hrsg.), Walsrode.
- Vullioud, P. und A. Maillard, 1998 [484]:** Optimale Fruchtfolgen im Feldbau (2. Auflage). *Agrarforschung*, 5 (4).
- Walter, K., 1999 [532]:** Von konventionell auf ökologisch. *dlz*, 5/99, 50-54.
- Westphal, D., 1996 [47]:** Fruchtbarer Boden auch ohne Vieh. *bio-land*, 3, 8-9.
- Wismeth, D. und W. Neuerburg, 1997 [417]:** Grundwasserschutz durch ökologischen Landbau - Warum sich Wasserversorgungsunternehmen und Landwirte mit dieser umweltschonenden Form der Landwirtschaft "so schwer tun". *Wasser -Abwasser*, 1997 (3), 144 - 149.
- Wummel, J., 1997 [414]:** Wasserwirtschaft und Landwirtschaft im gemeinsamen Bestreben zum Schutz der Trinkwasserressourcen. In: *Ökologischer Landbau in Trinkwasserschutzgebieten*, Tagungsband der wissenschaftl. Tagung 27.-28.05.1997 in Nischwitz.
- Zebarth, B.J., V. Alder and R.W. Sheard, 1991 [72]:** In situ labeling of legume residues with a foliar application of a 15N-enriched urea solution. *Commun. in soil sci. plant anal.*, 22, 437-447.

7 Anhang

SCHLAG	VERSUCHSFRAGE
Hacher Weg Ost	Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung

VERSUCHSORT: **D- Müllheim** Höhe: **230** m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): **730** mm/a
 FLURSTÜCK: **085695-000-09166/000** Ø Jahrestemperatur: **9,5** °C
 FLÄCHE: **7500** m²

BODEN	Typ: Diluvialboden	Art:	Ls3	Boden-/Ackerzahl:	38/42	pH:	7,1
1998	Skelettanteil 0 - 30 cm: 16 % Skelettanteil 30 - 60 cm: 46 %						
	Humus: 2,2 %	P ₂ O ₅ : 14	K ₂ O: 21	Mg: 9 mg/100g		Ges-N: 0,13 %	

KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Sommergerste mit Zwischenfrucht Senf	32,8
1995	Körnererbsen	26,0
1996	Winterroggen mit Zwischenfrucht Phacelia	30,5
1997	Sommergerste mit Stoppelsaat Klee gras	27,0
1998	Klee gras (Stillegung)	-
1999	Winterweizen	44,0

ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
06.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.96	"	Stoppelgrubber
27.08.96	Aussaat Phacelia	Kombination Rototiller-Drillmaschine
05.02.97	Einarbeitung Phacelia	Grubber, 2 x, 15 cm tief
04.03.97	Bodenbearbeitung	Kultiege, 8 cm tief
10.03.97	Aussaat Sommergerste	Kombination Rototiller-Drillmaschine
14.03.97	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
04.04.97	"	Striegel (BBCH 13)
09.07.97	Distelkontrolle	von Hand
30.07.97	Ernte Sommergerste	
13.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
19.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.97	Aussaat Klee gras	Kombination Rototiller-Drillmaschine
28.05.98	Mulchen 1. Aufwuchs	Schlegelmulcher
08.07.98	Mulchen 2. Aufwuchs	
29.09.98	Mulchen 3. Aufwuchs	
02.11.98	Umbruch Klee gras	Pflug, 25 cm
02.11.98	Aussaat Winterweizen	Kombination Rototiller-Drillmaschine
22.03.99	Unkrautregulierung	Striegel
12.04.99	Unkrautregulierung	Ampfer ausstechen
16.04.99	Unkrautregulierung	Striegel

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m ²]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Sommergerste Steffi	10.03.97	20.03.97	320	158	48,6	98	12,5
Klee gras (80 % Rotklee, 20 % Welsches Weidelgras)	22.08.97	05.09.97		25			
Winterweizen Astron	02.11.98	26.11.98	420	199	45	95	12,5

SCHLAG Hacher Weg West	VERSUCHSFRAGE Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung
--------------------------------------	---

VERSUCH-SORT: **D- Müllheim** Höhe: **230** m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): **730** mm/a
 FLURSTÜCK: **085695-000-09167/000** Ø Jahrestemperatur: **9,5** °C
 FLÄCHE: **7500** m²

BODEN 1998	Typ: Diluvialboden Skelettanteil 0 - 30 cm: 17 % Skelettanteil 30 - 60 cm: 31 %	Art: Ls3	Boden-/Ackerzahl: 38/42	pH: 6,9
	Humus: 1,9 % P ₂ O ₅ : 15 K ₂ O: 16 Mg: 10 mg/100g	Ges-N: 0,11 %		

KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Körnererbsen	24,0
1995	Winterweizen mit Zwischenfrucht Phacelia	26,9
1996	Sommergerste mit Stoppelsaat Klee gras	32,3
1997	Klee gras (Stilllegung)	-
1998	Winterweizen mit Zwischenfrucht Phacelia	26,0
1999	Sommergerste	32,0

ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
06.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.96	"	Stoppelgrubber
27.08.96	Aussaat Klee gras	Kombination Rototiller-Drillmaschine
13.06.97	Mulchen 1. Aufwuchs	Schlegelmulcher
22.08.97	Mulchen 2. Aufwuchs	Schlegelmulcher
13.10.97	Mulchen 3. Aufwuchs	Schlegelmulcher
14.10.97	Umbruch Klee gras	Pflug, 25 cm
20.10.97	Aussaat Winterweizen	Kombination Rototiller Drillmaschine
22.07.98	Ernte Winterweizen	
23.07.98	Stroh mulchen	Schlegelmulcher
23.07.98	Stoppelbearbeitung	Grubber
19.08.98	Aussaat Zwischenfrucht	Kombination Rototiller-Drillmaschine
16.03.99	Einarbeitung Zwischenfrucht	Kultiegge
18.03.99	Saatbettbereitung	Kultiegge 2x
18.03.99	Aussaat Sommergerste	Kombination Rototiller-Drillmaschine
22.03.99	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
12.04.99	Unkrautregulierung	Ampfer ausstechen
16.04.99	Unkrautregulierung	Striegel

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m ²]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Klee gras (80 % Rotklee, 20 % Welsches Weidel gras)	27.08.96	10.09.96		25			
Winterweizen Astron (A6)	20.10.97	12.11.97	420	187	41,9	94	12,5
Phacelia	19.08.98			10			
Sommergerste Steffi	18.03.99	02.04.99	320	156	46,2	95	12,5

SCHLAG Krottenhag	VERSUCHSFRAGE Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung
-----------------------------	---

VERSUCHSORT: **D- Müllheim** Höhe: **226** m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): **730** mm/a
 FLURSTÜCK: **085670-000-08474/000** Ø Jahrestemperatur: **9,5** °C
 FLÄCHE: **8324** m²

BODEN	Typ: Diluvialboden	Art: Lu	Boden-/Ackerzahl: 61/71	pH: 6,4
1998	Humus: 2,2 %	P ₂ O ₅ : 8	K ₂ O: 20	Mg: 11 mg/100g
				Ges-N: 0,13 %

KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Sommergerste	34,4
1995	Kleegras (Stillegung)	-
1996	Winterweizen mit Zwischenfrucht Phacelia	54,0
1997	Sommergerste mit Zwischenfrucht Phacelia	32,0
1998	Sojabohnen	8,0
1999	Winterroggen	

ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
06.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
27.08.96	Aussaat Phacelia	Kombination Rototiller-Drillmaschine
05.02.97	Einarbeitung Phacelia	Grubber, 15 cm tief
12.02.97	" "	Grubber, 15 cm tief
04.03.97	Saatbettbereitung	Kultiegge, 8 cm tief
10.03.97	Aussaat Sommergerste	Kombination Rototiller-Drillmaschine
14.03.97	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
04.04.97	"	Striegel (BBCH 13)
24.07.97	Ernte Sommergerste	
13.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
18.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.97	Aussaat Phacelia	Kombination Rototiller-Drillmaschine
18.03.98	Einarbeitung Phacelia	Stoppelgrubber, 4 cm tief
01.04.98	Bodenbearbeitung	Kultiegge, 2 Durchgänge
23.04.98	Bodenbearbeitung	Kultiegge
24.04.98	Saatbettbereitung	Kreiselegge
24.04.98	Aussaat Sojabohne	pneumatische Sämaschine
05.05.98	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
13.05.98	Unkrautregulierung	Maschinenhacke mit Hohlschutzscheiben
29.05.98	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
18.06.98	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
25.09.98	Ernte Sojabohnen	
	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
07.10.98	Bodenbearbeitung	Pflug
09.10.98	Saatbettbereitung	Kultiegge
15.10.98	Aussaat Winterroggen	Kombination Rototiller-Drillmaschine
12.04.99	Unkrautregulierung	Ampfer ausstechen

DÜNGUNG UND KALKUNG

Datum	Art	Menge [dt/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	Kalkwert [dt CaO/ha]
08.01.97	Thomasphosphat (17 %)	4	68	-	10	1,8
08.01.97	Kalimagnesia	3	-	90	30	-
07.08.97	kohlensaurer Magnesiumkalk	30	-	-	576	15,9
08.12.98	Thomasphosphat	2,8	45	-	7	1,3
09.12.98	Kalimagnesia	2	-	60	20	-

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m ²]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Sommergerste Steffi	10.03.97	20.03.97	320	159	48,6	98	12,5
Zwischenfrucht Phacelia	22.08.97			10			
Sojabohne Batida	24.04.98	08.05.98	70	150	210	98	50,0
Sojabohne Sonja	24.04.98	08.05.98	70	94	130	97	50,0
Winterroggen Motto	15.10.98		330	119	33,7	94	12,5

SCHLAG Winkelmatten Ost	VERSUCHSFRAGE Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung
-----------------------------------	---

VERSUCHSORT: **D- Müllheim** Höhe: **231** m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): **730** mm/a
 FLURSTÜCK: **085670-000-08331/000** Ø Jahrestemperatur: **9,5** °C
 FLÄCHE: **5177** m²

BODEN	Typ: Lößboden	Art: Lu	Boden-/Ackerzahl: 75/87	pH: 6,0
1998	Humus: 4,3 %	P ₂ O ₅ : 3	K ₂ O: 5	Mg: 12 mg/100g
				Ges-N: 0,24 %

KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Kleegras (Stillegung)	-
1995	Winterroggen mit Zwischenfrucht Phacelia	20,0
1996	Körnermais	74,8
1997	Sojabohnen 1)	5,8
1998	Winterroggen mit Zwischenfrucht Phacelia	48,0
1999	Sonnenblumen	

ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
05.11.96	Ernte Körnermais	
08.01.97	Grunddüngung	
28.01.97	Grundbodenbearbeitung	Pflug
07.03.97	Saatbettbereitung	Kultiegge
17.03.97	"	Kreiselegge
28.04.97	"	Kreiselegge
28.04.97	Aussaat Sojabohnen	Pneumatisches Einzelkornsägerät
07.05.97	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
27.05.97	"	Maschinenhacke
11.06.97	"	Maschinenhacke
30.09.97	Ernte Sojabohnen	Schwadleger
06.07.97	"	Mähdrescher (aus Schwad)
07.10.97	Zerkleinerung Sojastroh	Schlegelmulcher
08.10.97	Stoppelbearbeitung	Grubber (3x)
08.10.97	Unkrautwurzeln (Winden) absammeln	von Hand
09.10.97	Unkrautwurzeln abschleppen	Anbauegge
13.10.97	Unkrautwurzeln abschleppen	Anbauegge
20.10.97	Aussaat Winterroggen	Kombination Rototiller Drillmaschine
22.07.98	Ernte Winterroggen	
23.07.98	Stroh mulchen	Schlegelmulcher
23.07.98	Stoppelbearbeitung	Grubber
17.08.98	Aussat Zwischenfrucht Phacelia	Kombination Rototiller-Drillmaschine
18.03.99	Einarbeitung Phacelia	Grubber
22.03.99	Bodenbearbeitung	Striegel
25.03.99	Bodenbearbeitung	Kultiegge 2x
23.04.99	Saatbettbereitung	Kultiegge 2x
23.04.99	Aussaat Sonnenblumen	Pneumatisches Einzelkornsägerät
03.05.99	Unkrautregulierung	Striegel
10.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke mit Hohlschutzscheiben
17.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
27.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
10.06.99	Unkrautregulierung + häufeln	Maschinenhacke

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m ²]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Sojabohne, Sortengemenge	24.04.97	16.05.97	70				50
Winterroggen Motto	20.10.97	10.11.97	330	124	33,5	89	12,5
Phacelia	17.08.98			10			
Sonnenblume Alinka	23.04.99	07.05.99	7,5				50

DÜNGUNG UND KALKUNG

Datum	Art	Menge [dt/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	Kalkwert [dt CaO/ha]
08.01.97	Thomasphosphat (17 %)	4	68	-	10	1,8
08.01.97	Kalimagnesia	3	-	90	30	-
18.08.98	Kohlensaurer Mg-Kalk	40	-	-	576	22
08.12.98	Thomasphosphat	2,8	45	-	7	1,3
09.12.98	Kalimagnesia	2	-	60	20	-

Bemerkungen

1) Starke Verunkrautung der Sojabohnen mit Melde und Winden-Knöterich

SCHLAG Winkelmatten Mitte	VERSUCHSFRAGE N-Dynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung
---	---

VERSUCHSORT: **D- Müllheim** Höhe: **231** m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): **730** mm/a
 FLURSTÜCK: 085670-000-08329/000 (Teilstück) Ø Jahrestemperatur: **9,5** °C
 FLÄCHE: **8500** m²

BODEN	Typ: Lößboden	Art: Lu	Boden-/Ackerzahl: 76/88	pH: 6,6
1998	Humus: 4,7 %	P ₂ O ₅ : 8	K ₂ O: 8 Mg: 17 mg/100g	Ges-N: 0,25 %

KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Winterroggen mit Zwischenfrucht Phacelia	39,0
1995	Sommergerste	50,5
1996	Körnererbsen	33,2
1997	Winterroggen mit Zwischenfruchtgemenge SZF 4 ¹⁾	49,4
1998	Sonnenblumen	27,0
1999	Stillegung	-

ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
06.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.96	"	Stoppelgrubber
30.09.96	"	Kultiegge (2x)
12.10.96	Aussaat Winterroggen	Kombination Rototiller-Drillmaschine
05.08.97	Ernte Winterroggen	
12.08.97	Zerkleinerung Roggenstroh	Schlegelmulcher
13.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber (2x)
18.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.97	Aussaat Zwischenfrucht	Kombination Rototiller Drillmaschine
20.03.98	Einarbeitung Zwischenfrucht	Stoppelgrubber (4cm tief)
26.03.98	Bodenbearbeitung	Kultiegge
23.04.98	Saatbettbereitung	Kultiegge
24.04.98	Saatbettbereitung	Kreiselegge
24.04.98	Aussaat Sonnenblumen	Pneumatisches Einzelkornsäegerät
12.05.98	Unkrautregulierung	Maschinenhacke mit Hohlschutzscheiben
02.06.98	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
22.09.98	Ernte Sonnenblumen	
29.09.98	Stoppeln mulchen	Schlegelmulcher
09.10.98	Stoppelbearbeitung	Grubber
16.10.98	Saatbettbereitung	Kultiegge
16.10.98	Aussaat Klee gras	Kombination Rototiller-Drillmaschine
09.06.99	Aufwuchs mulchen	Schlegelmulcher

DÜNGUNG UND KALKUNG

Datum	Art	Menge [dt/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	Kalkwert [dt CaO/ha]
08.01.97	Thomasphosphat (17 %)	4	68	-	10	1,8
08.01.97	Kalimagnesia	3	-	90	30	-
07.08.97	kohlensaurer Magnesiumkalk	30	-	-	576	15,9
08.12.98	Thomasphosphat	2,8	45	-	7	1,3
09.12.98	Kalimagnesia	2	-	60	20	-

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m ²]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Winterroggen Danko	12.10.96	22.10.96	310	131	38,9	92	12,5
Zwischenfrucht SZF 4 ¹⁾	22.08.97			50			
Sonnenblumen Alinka	24.04.98	05.05.98	7,5				50
Klee gras	15.10.98	26.10.98		25			

Bemerkungen

¹⁾ SZF 4: Gemenge aus 22 % Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum*), 14 % Futtererbsen (*Pisum arvense*) 14 % Platterbsen (*Gesse; Lathyrus sativus*), 28 % Sommerwicke (*Vesce commune; Vicia sativa*), 2 % Phacelia, 20% Buchweizen (*Sarrasin; Fagopyrum esculentum*)

SCHLAG Winkelmatten West	VERSUCHSFRAGE Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung
------------------------------------	---

VERSUCHSORT: D- Müllheim Höhe: 231 m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): 730 mm/a
 FLURSTÜCK: 085670-000-08328/000 Ø Jahrestemperatur: 9,5 °C
 085670-000-08329/000 (Teilstück) FLÄCHE: 8500 m²

BODEN 1998	Typ: Lößboden	Art: Tu3	Boden-/Ackerzahl: 76/88	pH: 6,1
	Humus: 4,6 %	P ₂ O ₅ : 5	K ₂ O: 9	Mg: 18 mg/100g
				Ges-N: 0,25 %

KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Winterweizen mit Zwischenfrucht Phacelia	37,6
1995	Sommergerste	50,5
1996	Kleegrass (Stilllegung)	-
1997	Winterweizen mit Zwischenfruchtgemenge SZF 4 ¹⁾	45,9
1998	Sonnenblumen	27,0
1999	Sojabohnen	

ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
27.08.96	Grundbodenbearbeitung	Kemink 1
06.09.96	"	Kemink 2
19.09.96	"	Kemink 3
30.09.96	"	Kemink 4
04.10.96	"	Kemink 5
14.10.96	"	Kemink 6
25.10.96	Saatbettbereitung	Kultiegge, 2 x
29.10.96	Aussaat Winterweizen	Kombination Rototiller Drillmaschine
10.02.97	Unkrautregulierung	Striegel
14.03.97	"	Striegel
18.-26.03.97	Ampferkontrolle	von Hand
04.04.97	Unkrautregulierung	Striegel (Bestockung)
08.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
13.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
18.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.97	Aussaat Zwischenfrucht	Kombination Rototiller Drillmaschine
20.03.98	Einarbeitung Zwischenfrucht	Stoppelgrubber (4cm tief)
26.03.98	Bodenbearbeitung	Kultiegge
23.04.98	Saatbettbereitung	Kultiegge
24.04.98	Saatbettbereitung	Kreiselegge
24.04.98	Aussaat Sonnenblumen	Pneumatisches Einzelkornsägerät
12.05.98	Unkrautregulierung	Maschinenhacke mit Hohlschutzscheiben
02.06.98	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
22.09.98	Ernte Sonnenblumen	
29.09.98	Stoppeln mulchen	Schlegelmulcher
09.10.98	Bodenbearbeitung	Grubber
28.12.98	Grundbodenbearbeitung	Pflug
18.03.99	Bodenbearbeitung	Kultiegge
22.03.99	Bodenbearbeitung	Striegel
23.04.99	Saatbettbereitung	Kultiegge 2x
23.04.99	Aussaat Sojabohnen	pneumatisches Einzelkornsägerät
03.05.99	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
19.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
27.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
17.06.99	Unkrautregulierung + häufeln	Maschinenhacke

DÜNGUNG UND KALKUNG

Datum	Art	Menge [dt/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	Kalkwert [dt CaO/ha]
08.01.97	Thomasphosphat (17 %)	4	68	-	10	1,8
08.01.97	Kalimagnesia	3	-	90	30	-
07.08.97	kohlensaurer Magnesiumkalk	30	-	-	576	15,9
08.12.98	Thomasphosphat	2,8	45	-	7	1,3
09.12.98	Kalimagnesia	2	-	60	20	-

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m²]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Winterweizen Astron	29.10.96	19.11.96	400	186	43,3	94	12,5
Zwischenfrucht SZF 4 ¹⁾	22.08.97			50			
Sonnenblumen Alinka	24.04.98	05.05.98	7,5				50
Sojabohnen Sonja/Batida	23.04.99	04.05.99	60				50

Bemerkungen

1)SZF 4: Gemenge aus 22% Alexandrinerklee (Trifolium alexandrinum), 14% Futtererbsen (Pisum arvense), 14% Platterbsen (Gesse; Lathyrus sativus), 28% Sommerwicke (Vesce commune; Vicia sativa), 2 % Phacelia, 20% Buchweizen (Sarrasin; Fagopyrum esculentum); 2)Rohproteingehalt bei 14 % Feuchte: 11,4 %

Tabelle 43: Nitratgehalte im Boden (kg N/ha)

Schlag	Hacher-Weg Ost			Hacher-Weg West			Winkelmatten West				Krottenhag				Winkelmatten Ost				Winkelmatten Mitte					
	0-30 cm	30-60 cm	0-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm		
19.07.96								15	16	5	36													
01.08.96	19	8	27	14	3	17	5	4	2	11	12	2	4	18					16	4	4	24		
06.09.96	33	9	42	24	9	33	10	23	30	63	38	11	9	58	15	1	1	17	82	16	12	110		
25.09.96	18	16	34	29	20	49	23	49	42	114	46	-110	29	-185	40	9	2	51	88	24	9	121		
09.10.96	13	7	20	17	10	27	83	9	4	96	23	20	9	52	11	21	26	58	95	23	7	125		
25.10.96	5	1	6	4	11	15	75	33	7	115	5	5	8	18	16	27	34	77	74	63	17	154		
11.11.96	3	2	5	3	5	8	108	41	9	158	5	4	8	17	16	28	34	78	126	87	22	235		
26.11.96	2	1	3	1	1	2	44	58	15	117	5	1	2	8	9	13	13	35	27	69	38	134		
10.12.96	3	4	7	2	2	4	41	81	36	158	5	2	1	8	20	23	21	64	14	57	55	126		
30.12.96	2	2	4	2	1	3	21	63	48	132	9	2	2	13	5	11	13	29	8	28	40	76		
11.02.97	12	3	15	4	1	5	26	31	42	99	11	6	1	18	17	10	16	43	13	11	30	54		
28.02.97	4	1	5	2	1	3	20	34	43	97	15	7	4	26	17	14	17	48	6	11	28	45		
11.03.97	21	5	26	4	3	7	31	42	53	126	25	7	1	33	24	11	14	49	4	5	22	31		
25.03.97	20	9	29	3	2	5	23	30	42	95	36	12	6	54	36	15	13	54	6	4	8	18		
07.04.97	28	7	35	2	1	3	9	18	35	62	37	12	9	58	40	19	19	78	5	3	2	10		
21.04.97	10	6	16	4	3	7	5	13	39	57	21	9	6	36	39	19	15	73	2	0	4	6		
21.05.97	2	0	2	0	0	0	2	1	3	6	1	1	3	5	96	43	25	164	4	1	0	5		
25.07.97											8	3	2	13										
08.08.97							18	4	1	23									34	8	4	46		
25.08.97	32	7	39				49	6	1	56	54	22	6	82	25	5	7	37	43	12	6	61		
18.09.97	12	10	22	27	5	32	53	21	4	78	39	31	10	80					42	48	9	99		
14.10.97							7	3	2	12					20	8	2	30	3	1	1	5		
16.10.97				12	9	21					3	2	2	7										
03.11.97							6	1	1	8					22	12	5	39	11	4	12	17		
04.11.97	2	2	4	23	10	33																		
10.11.97											3	3	2	8										
24.11.97							11	4	2	17					24	26	7	57	5	3	2	10		
27.11.97	3	3	6								5	4	2	11										
29.11.97				29	31	60																		
16.12.97							7	6	5	18					16	21	15	52	12	9	5	26		
17.12.97	3	1	4	10	31	41					5	5	3	13										
08.01.98	6	4	10	10	18	28	8	6	5	19	6	4	4	14	10	16	23	49	11	11	7	29		
26.01.98	4	3	7	7	12	19	9	5	4	18	4	4	3	11	11	16	15	42	8	9	7	24		
16.02.98	8	5	13	15	17	32	7	4	3	14	21	9	8	38	15	14	19	48	24	17	9	50		
09.03.98	3	3	6	14	13	27	3	3	3	9	7	7	5	19	5	8	13	26	5	5	4	14		
31.03.98	3	1	4	4	8	12	11	4	4	18	14	9	5	28	2	3	7	12	11	5	4	20		
17.04.98	2	2	4	5	8	13	18	10	6	33	13	13	9	35	2	2	2	6	17	17	10	44		
11.05.98							40	16	8	64	28	10	13	51					27	13	9	49		
31.07.98				10	5	15									9	2	2	13						
02.09.98	2	3	5	24	10	34									28	9	3	40						
07.10.98							5	3	1	9	13	15	8	36	5	10	5	20	5	3	0	8		
08.10.98	3	0	3	4	11	15																		
12.11.98	8	12	20	2	2	4	10	11	5	26	11	17	11	39	1	0	0	1	8	12	6	26		
01.12.98	12	4	16	4	2	5	12	16	9	37	16	19	14	49	8	3	2	13	13	15	10	38		
12.01.99	19	13	32	8	6	14	32	21	13	66	6	13	15	34	12	9	3	24	11	17	10	38		
29.01.99	18	18	36	6	6	12	20	23	21	64	13	25	25	63	16	9	2	27	10	16	12	38		
22.02.99	7	17	24	3	5	8	16	20	9	45	2	6	8	16	6	7	1	14	6	14	14	34		
12.03.99				1	2	2	10	18	10	38	0	1	2	3	0	1	0	1	0	3	2	5		
06.04.99	17	16	33				39	26	18	83	3	2	5	10	14	5	4	23	9	11	12	32		
26.04.99	3	8	11				47	30	19	96	4	2	2	8	29	10	5	44	8	6	7	21		

Tabelle 44: Wasser in Gewichtsprozent

Bodenschicht	Hacher-Weg Ost		Hacher-Weg West		Winkelmatten West			Krottenhag			Winkelmatten Ost			Winkelmatten Mitte		
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
24.11.97											33,1	22,7	20,13	31,2	25,75	19,9
27.11.97																
29.11.97																
16.12.97											33	25,9	20,5	29,7	25,9	19,3
17.12.97																
08.01.98	18,1	15,4	19,7	16,5				22,2	18,2	17,2	33,1	23,4	20,9	33,5	23,6	20,3
26.01.98	17,7	15,8	18,8	16,2				24,5	19,6	18,1	34	23,5	20,7	31,5	23,9	21,2
16.02.98	16,6	13,4	16,2	13,9				20,2	17,1	16,6	29,1	20,7	19,6	28	22,2	21
09.03.98	18,7	16,4	18,6	15,3				22,2	17,8	16,4	32,8	23,9	21,8	31,2	23,1	20,3
31.03.98	15,2	13,9	15,7	14,6				19,8	17,5	15	30,2	21,9	19,9	29,6	23,7	20,5
17.04.98	18,9	15,6	20,2	16,8				22,4	18,9	17,6	37,8	34	40,7	31,6	26,2	22,1
11.05.98								18,7	15,3	15,9				28,5	22,9	21
31.07.98																
02.09.98	5,8	5,3	14,3	10,7							26,4	17,6	14,1			
07.10.98					29,7	20,8	13,2	21,2	15,9	12,7	31,7	22,1	19,4	27,2	20,9	12,4
08.10.98	15,4	9														
12.11.98	18,3	15,5	19,1	16,7	33,1	24,8	20,1	21,5	18,1	15,4	33,2	23,1	20,8	28,4	22,3	20
01.12.98	20,6	15,4			38,4	26,5	21,5	24,4	18,3	17,6	35,1	25,9	21,3	32,5	23,6	21,5
12.01.99	21,6	17			38,7	26,2	20,8	26	20,3	18,5	38,9	26,7	23,4	32,8	25,5	22,6
29.01.99	20,5	17			34,4	25,2	21,5	23,5	18,8	17,5	34,7	24,1	20,8	30,1	25,5	20,7
22.02.99	19,8	17,5			35,1	26	21,5	24	18,2	15,7	34,9	24,3	21,2	32,3	24,7	22,7
12.03.99					32,3	23,8	21,2	23,1	18,4	17,1	33,3	23,1	20,7	29,1	24,5	20,9
06.04.99	18,7	14,7			30	24,5	21,4	23,6	19,9	17,3	32,6	22,9	20,4	26,5	24,2	20
26.04.99	20,4	15,8			34	24,9	20,9	24,4	20,3	17,3	30,9	22,7	20,6	29,1	23,5	20,2

Tabelle 45: Bodenwasser [mm/Schicht]

Bodenschicht	Hacher-Weg Ost		Hacher-Weg West		Winkelmatten West			Krottenhag			Winkelmatten Ost			Winkelmatten Mitte		
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
FK berechnet	86,9	51,1	89,3	65,4	156	109,5	100,5	118,9	90,8	69,6	139,5	109,5	100,5	139,5	109,5	100,5
FK korrigiert	80	77	77	76	150	119	97	95	91	79	140	110	95	127	115	101
24.11.97											129	102	91	122	116	90
27.11.97																
29.11.97																
16.12.97											129	117	92	116	117	87
17.12.97																
08.01.98	71	69	77	74				87	82	77	129	105	94	131	106	91
26.01.98	69	71	73	73				96	88	81	133	106	93	123	108	95
16.02.98	65	60	63	63				79	77	75	113	93	88	109	100	95
09.03.98	73	74	73	69				87	80	74	128	108	98	122	104	91
31.03.98	59	63	61	66				77	79	68	118	99	90	115	107	92
17.04.98	74	70	79	76				87	85	79	147	153	183	123	118	99
11.05.98								73	69	72				111	103	95
31.07.98																
02.09.98	23	24									103	79	63			
07.10.98					116	94	59	83	72	57	124	99	87	106	94	56
08.10.98	60	41														
12.11.98	71	70			129	112	90	84	81	69	129	104	94	111	100	90
01.12.98	80	69			150	119	97	95	82	79	137	117	96	127	106	97
12.01.99	84	77			151	118	94	101	91	83	152	120	105	128	115	102
29.01.99	80	77			134	113	97	92	85	79	135	108	94	117	115	93
22.02.99	77	79			137	117	97	94	82	71	136	109	95	126	111	102
12.03.99	0	0			126	107	95	90	83	77	130	104	93	113	110	94
06.04.99	73	66			117	110	96	92	90	78	127	103	92	103	109	90
26.04.99	80	71			133	112	94	95	91	78	121	102	93	113	106	91

Tabelle 46: Einsatz der zugekauften organischen N-Dünger in den untersuchten Bio-Betrieben am Oberrhein

1	2	3	4	5	6
Land	Nr.	Monat	Kultur/Dünger	dt/ha	kg N/ha
Winterweizen					
F	1	Feb	dynater's 10 % N	2	20
F	2	Feb	guano 14-7-1	6	84
F	3	Feb	Kompost aus Pferdemist und Hühnergülle 0,6 % N	150	90
F	3	März		dynater's 10 % N	3
F	4	Jan	Kompost 0,46 % N	250	115
F	6	März	guano 14-7-1	1,5	21
F	6	Apr	guano 14-7-1	1,5	21
D	28	März	Biovegetal 9-6-4	2,5	23
D	30	März	Biovegetal 9-6-4	4,5	41
Dinkel					
F	1	Feb	dynater's 10 % N	2	20
F	2	Feb	farine de plumes (Federmehl) 10 % N	2,5	25
F	3	Feb	Kompost aus Pferdemist und Hühnergülle 0,6 % N	150	90
F	3	März		dynater's 10 % N	3
F	4	Jan	Kompost 0,46 % N *)	250	115
D	30	März	Biovegetal 9-6-4	4,5	41
Wintergerste					
F	2	Feb	guano 14-7-1	6	84
F	3	Feb	Kompost aus Pferdemist und Hühnergülle 0,6 % N	150	90
F	3	März		dynater's 10 % N	3
Sommerweizen					
D	28	März	Biovegetal 9-6-4	5	45
D	30	März	Biovegetal	4,5	41
Sommergerste					
F	6	Apr	guano 14-7-1	1,5	21

Spalte 2: Nr. des Betriebes; *) Einsatz nicht in jedem Jahr

(Fortsetzung)

1	2	3	4	5	6
Land	Nr.	Monat	Kultur/Dünger	dt/ha	kg N/ha
Körnermais					
F	1	März	fientes de poules (Hühnermist) 1,6 % N	100	160
F	2	Dez	Kompost aus Rinder und Pferdemist (0,46 % N)	100	46
F	2	März	mélasse de betteraves (Vinasse) 3 % N	25	75
F	3	Dez	Kompost aus Pferdemist und Hühnergülle 0,6 % N	150	90
F	3	Mai	dynater's 10 % N	3	30
D	28	Apr	Sonnenblumenextraktionsschrot 2,8 % N	5	14
D	28	Mai	Sonnenblumenextraktionsschrot 2,8 % N	5	14
D	30	Apr	Biovegetal 9-6-4	2,5	23

Hafer-Gersten-Erbesen-Gemenge					
F	4	Feb	Kompost 0,46 % N *)	150	69

Hafer-Gersten-Gemenge					
D	30	März	Biovegetal	4,5	41

Kartoffeln					
F	1	Apr	Phénix 6 % N	2,65	16
F	2	Jan	Kompost aus Rinder und Pferdemist	150 - 200	81
F	2	März	mélasse de betteraves (Vinasse) 3 % N	25	75
F	4	Dez	Kompost 0,46 % N	500	230
F	4	März	guano 15-9-5	2	30
F	4	März	engrais 3-7-15	2	6
F	6	Nov	compost grand savay 0,4 % N	40	16

Futterrüben					
F	2	Jan	Kompost aus Rinder- und Pferdemist (0,46 % N)	150 - 200	81
F	2	März	mélasse de betteraves (Vinasse) 3 % N	25	75

Möhren					
F	6	Sep	compost grand savay 0,4 % N	40	16

Spalte 2: Nr. des Betriebes; *) Einsatz nicht in jedem Jahr

(Fortsetzung)

1	2	3	4	5	6
Land	Nr.	Monat	Kultur/Dünger	dt/ha	kg N/ha
Weißkohl					
F	2	Jan	Kompost aus Rinder- und Pferdemist (0,46 % N)	150 - 200	81
F	2	März	mélasse de betteraves (Vinasse) 3 % N	25	75
F	2	Mai	farine de plumes (Federmehl) 10 % N *)	5	50
Sellerie					
F	4	Dez	Kompost 0,46 % N	500	230
F	4	Apr	engrais (3-7-15)	3	9
F	4	6	engrais (15-9-5)	4	60
Spargel					
F	6	Jan	compost grand savay 0,4 % N	40	16

Spalte 2: Nr. des Betriebes; *) Einsatz nicht in jedem Jahr