

# ITADA

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



**1996-1999**

## Abschlussbericht zum Projekt A 1.1

### **Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen**

Projektleitung: F.J. Kansy, Dr. Vetter, Institut f. umweltger. Landbewirtsch. Müllheim (IfUL)

Partner: F. Juncker-Schwing, Ass. Gén. Producteurs de Maïs (AGPM) Colmar  
R. Koller, Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA)

Mitbeteiligte: Staatl. Landw. Untersuchungs- u. Forschungsanstalt Augustenberg (LUFÄ)  
Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW)  
Freiburger Energie- und Wasserversorgungs AG (FEW)  
Regierungspräsidium Freiburg (RPFR)  
Amt für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur Freiburg (ALLB FR)  
Service d'Utilité Agricole et de Développement (SUAD)  
Etablissement Départemental de l'Élevage (EDE) Ober- und Unterelsass

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

Institut für umweltgerechte Landwirtschaft Müllheim (IfUL)  
Association Générale des Producteurs de Maïs (AGPM)  
Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA)

**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

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>3</b>
<b>2. PROBLEMSTELLUNG</b>	<b>3</b>
<b>3. BISHERIGE ERKENNTNISSE</b>	<b>4</b>
<b>4. VERSUCHSFRAGEN UND PROJEKTZIELE</b>	<b>6</b>
<b>5. BESCHREIBUNG DER PROJEKTTEILE</b>	<b>6</b>
<b>Teil A Erhebung zur Tierhaltung in den Projektregionen Elsass und Südbaden</b>	<b>7</b>
A 1 Ziel	7
<i>Teil Baden-Württemberg</i>	
A 2.1 Methodik	7
A 3.1 Ergebnisse	7
A 4.1 Schlussfolgerungen	8
<i>Teil Elsaß</i>	
A 2.2 Ausgangssituation und Zielsetzung einer Regionalen Erhebung	9
A 3.2 Durchführungsmethodik der Erhebung	10
A 4.2 Ergebnisse	11
A 4.2.1 Atlas der Tierhaltung im Elsaß	11
A 4.2.2 Typologie der Produktionssysteme, insbesondere der Systeme der Rinderhaltung	12
A 4.2.3 Technische Erhebung zu Mitteln und Praktiken des Stickstoffeinsatzes in Tierhaltungsbetrieben der sensiblen Zone	12
A 5.2 Schlussfolgerung: Ausblick auf die Nutzenanwendung der regionalen Erhebung	14
A 6 Allgemeine Schlußfolgerung	16
<b>Teil B Stickstoffverwertung unter schwierigen Verhältnissen und Vervollständigung der regionalen Stickstoffnachlieferungstabelle in Tierhaltungsbetrieben</b>	<b>17</b>
B 1 Stickstoffverwertung unter schwierigen Verhältnissen	17
B 1.1 Ziel zur N-Verwertung unter schwierigen Verhältnissen	17
B 1.2 Methodik zur N-Verwertung unter schwierigen Verhältnissen	17
B 1.3 Ergebnisse zur N-Verwertung unter schwierigen Verhältnissen	18
B 1.4 Schlussfolgerungen zur N-Verwertung unter schwierigen Verhältnissen	22
B 2 Vervollständigung der regionalen Stickstoffnachlieferungstabelle in Tierhaltungsbetrieben	23
B 2 Schlussfolgerungen zur Bodenstickstoffnachlieferungstabelle für Tierhaltungsbetriebe	25
<b>Teil C Machbarkeit der Gülleausbringung im Herbst auf Böden von mittlerer und geringer Wasserdurchlässigkeit</b>	<b>26</b>
C 1 Einführung	26
C 2 Ziel	26
C 3 Methodik	26
C 4 Ergebnisse	29
C 5 Schlussfolgerungen	36
<b>Teil D Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen</b>	<b>37</b>
D 1 Ziel	37
D 2 Methodik	37
D 3 Ergebnisse	44
D 4 Schlussfolgerungen	49
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>50</b>
<b>7. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>56</b>
<b>8. ANHANG</b>	<b>59</b>

## 1 EINLEITUNG

Die Landwirtschaft von heute wird entscheidend vom Markt- und Strukturwandel beeinflusst. Zu einem wesentlichen Faktor sind auch die Ansprüche an eine umweltgerechte und nachhaltige Produktion geworden. In Bezug auf die Nachhaltigkeit und umweltgerechte Produktion nehmen die Produktionsfaktoren Boden und Wasser eine herausragende Stellung ein. Diese findet sowohl in der Gesetzgebung der Europäischen Union (EU) als auch in der nationalen Gesetzgebung einzelner Staaten (siehe u.a. in Baden-Württemberg die *Schutz- und Ausgleichsverordnung*; in der Schweiz die *Verordnung über Integrierte Produktion* und in Frankreich der *Code des bonnes pratiques agricoles*) sowie zunehmend in der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit ihren Ausdruck. Oft könnten nationale Alleingänge gar keine vollständigen Problemlösungen in so komplexen Themenbereichen wie u.a. Umwelt, Marktordnung und -entwicklung oder Touristik anbieten. Auf dieser Tatsache fußen auch die grenzüberschreitenden Aktivitäten zum Schutz eines der größten Grundwasservorkommen Europas in der Oberrheinebene zwischen Frankreich und Baden-Württemberg im Rahmen des INTERREG-II-Programms. Zum Leitthema im Themenbereich Umwelt wurde die Stickstoffproblematik gewählt.

Die Stickstoffproblematik nimmt in der Oberrheinebene in mehrfacher Hinsicht eine Sonderstellung ein. Eine umweltgerechte und vor allem grundwasserschützende Landbewirtschaftung wird dem landwirtschaftlichen Berufsstand besondere Anstrengungen abverlangen. Die Landwirte werden vor neue Herausforderungen gestellt.

Diese werden in der Zeit des relativen Nahrungsmittelüberschusses und des wachsenden Umweltbewusstseins des Verbrauchers noch verstärkt an die Landwirtschaft herangetragen. Hier ist auch die Politik und die Wissenschaft gefordert, gemeinsam mit der Landwirtschaft nach Lösungen zu suchen, deren Umsetzungsmöglichkeiten aufzuzeigen und zu fordern bzw. die Umsetzung von praxisreifen Lösungen in geeigneter Form zu fördern.

Einerseits bedeutet eine sachkundige Zufuhr von Nährstoffen über Wirtschaftsdünger eine Schonung von Ressourcen und zum Anderen bedeutet sie auch eine beträchtliche wirtschaftliche Einsparung.

## 2 PROBLEMSTELLUNG

Die Erkundung des regionalen Forschungsbedarfs und die Initialisierung der praxisorientierten Forschung ist eine der vielen Aufgaben des Grenzüberschreitenden Instituts zur rentablen umweltgerechten Landbewirtschaftung (ITADA).

Eines der zahlreichen Projekte, die im Programmgebiet INTERREG Oberrhein Mitte-Süd zum Thema Entwicklung von Verfahren zur umweltgerechten Realisierung des Ertragspotentials mit betriebswirtschaftlicher Bewertung und Erfassung der Auswirkungen auf die Umwelt durchgeführt werden und auf die Belange der Landbewirtschaftung ausgerichtet sind, ist das gemeinsame deutsch-französische

### **Projekt ITADA A 1.1: „Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen“.**

Viehhaltende Betriebe nehmen in Bezug auf die Stickstoffproblematik eine Sonderstellung in zweifacher Hinsicht ein: Eine umweltgerechte, vor allem grundwasserschützende Wirtschaftsdüngerausbringung erfordert einerseits besondere Anstrengungen, andererseits aber bedeutet die Zufuhr von Nährstoffen über Wirtschaftsdünger auch eine beträchtliche wirtschaftliche Einsparung. Es stellt sich die Frage nach einem Anbausystem, das gegenüber den derzeitigen Anbauverfahren eine bessere Verwertung der Wirtschaftsdünger bewirkt und eine geringere Gefährdung des Grundwassers durch Nitrat verursacht. Aus gegebenem Anlass sollen Maisparzellen mit organischer Düngung intensiver untersucht werden, um daraus sichere Anbauempfehlungen ableiten zu können.

### 3 BISHERIGE ERKENNTNISSE

Unter den Pflanzennährstoffen nimmt Stickstoff wegen seiner Bedeutung als ein Grundstoff des pflanzlichen Lebens eine dominierende Stellung ein (33).

Dem wird auch in der Forschung Rechnung getragen. Seit der Errichtung der ersten Höheren Landwirtschaftlichen Lehranstalt in Deutschland im Jahre 1806 wurden zahlreiche Arbeiten zum Thema Stickstoff veröffentlicht. Schon von Anfang an wurde auch die Bedeutung von Wirtschaftsdüngern für den Erhalt der Standortproduktivität erkannt und sehr intensiv erforscht (siehe Arbeiten von A. Thaer, E.A. Mitscherlich, J.v. Liebig u.a.).

Dass der Bedarf an weiterer Forschung besteht liegt nicht zuletzt an den geänderten Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft (25, 28). Die Erforschung der Bedeutung des Stickstoffs als Nährstoff für die Pflanzen gewinnt seit Anfang der achtziger Jahre ein neues Element hinzu. Der Gedanke einer auf Schonung von Ressourcen orientierten umweltverträglichen Landwirtschaft verlangt, dass man sich auch verstärkt mit den Auswirkungen des Stickstoffs auf die Umwelt befasst (5,9,22). Dadurch erhalten die Wirtschaftsdünger und ihre effiziente Verwertung einen sehr hohen Stellenwert (10,21). Diesem wird in besonderem Maße Rechnung getragen bei der Erforschung von Anbausystemen für den ökologischen Landbau, dessen Grundsätze die Verwendung von künstlich erzeugten stickstoffhaltigen Düngern untersagen. Diese Sicht, Wirtschaftsdünger als eine sehr wertvolle Nährstoffquelle für die Pflanzen zu betrachten, gewinnt unter verstärktem Druck der Öffentlichkeit auch in der konventionellen Landbewirtschaftung an Bedeutung. Unter zahlreichen Arbeiten, die seit Anfang der neunziger Jahre nicht nur die Rolle des Stickstoffs als Nährstofflieferant für die Pflanzen, sondern auch als potentielle Belastungsquelle für die Umwelt untersuchen, wären hier die von Brandhuber und Hege (8, 1991) zu erwähnen: Ergebnisse der Tiefenuntersuchungen von konventionell bewirtschafteten Schlägen in Betrieben mit Viehhaltung weisen mit 79 mg/l eine um 37 mg/l höhere Nitratkonzentration im Sickerwasser gegenüber Betrieben ohne Viehhaltung auf. Auch Bach (5,1989) ermittelt einen sehr hohen Überschuss an Stickstoff, den er auf rund 200 kg/ha beziffert. Eine andere Forschergruppe (30-32, Rödelsberger, Rohmann, 1994 und 1995; 27 Quadflieg, 1994) beschäftigt sich aus wasserwirtschaftlicher Sicht mit der Stickstoffproblematik und versucht sehr komplexe Lösungen zur Sanierung von mit Nitrat belastetem Grund- bzw. Trinkwasser zu finden.

#### *Die Bedeutung der Bodenbearbeitung*

Noch eine andere Gruppe von Forschern untersucht den Einfluss verschiedener, langjährig differenzierter Bodenbearbeitungssysteme auf den Boden (19, Kersebaum, 1989; 12, 20, Knittel et al., 1988) und die Stickstoffverlagerung mit dem Sickerwasser (17, 18, Harrach, Richter 1994). Sie stellt in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung in einem Zeitraum von 12 Jahren in der Vorderpfalz eine sehr differenzierte Reaktion verschiedener Kulturen auf den Ertrag fest: Die Zuckerrüben reagierten negativ auf eine reduzierte Bodenbearbeitung, wobei durch die Steigerung der Stickstoffdüngung die negative Reaktion geringer ausfiel. Beim Weizen trat eine Wechselwirkung auf. Während die Ertragsreaktion auf den Pflugvarianten bei niedriger Stickstoffdüngung zugunsten der tiefen Bodenbearbeitung ausging, kehrte sich bei erhöhter Stickstoffdüngung die Ertragsüberlegenheit zugunsten der flachen Bodenbearbeitung um. Schließlich war bei Körnermais und Wintergerste eine Überlegenheit der flachen Bodenbearbeitung auch bei niedrigerer Stickstoffdüngung zu erkennen. Die reduzierte Bodenbearbeitung beeinflusste auch positiv die  $N_{\min}$ -Gehalte des Oberbodens und dadurch dessen Stickstoff- Mineralisierungsvermögen bei gleichzeitig höherer biologischer Aktivität an der Oberfläche, wobei die einhergehende Verringerung der Durchlässigkeit die Verlagerung des Nitrats verzögerte.

#### *Von allgemeinen Modellen zu lokalen Referenzen*

Nicht wenige befassen sich mit der Erarbeitung von effektiven Methoden zur Bewertung der Stoffeintragsgefährdung aus dem Boden ins Grundwasser (6, Biermann et. al. 1985) unter Berücksichtigung von Standort und Bewirtschaftung. Sie stellen fest, dass es vorrangig sein muss, das Ziel der Minimierung der Stickstoffausträge aus der Bodenzone besonders auf Standorten mit geringer Geschützttheit des Grundwassers zu realisieren.

Alle dieser Forscher betonen übereinstimmend, dass die Stickstoffproblematik besonders in Bezug auf die Anwendung von Wirtschaftsdüngern ein langwieriges Thema ist, das nur in langjährigen Untersuchungen unter standortdifferenzierten Bedingungen zu erforschen ist und allgemeine Versuchsergebnisse nur bedingt übertragbar sind. In Folge dessen weisen sie auf den Bedarf einer verstärkt den Standortbedingungen angepassten Forschung hin.

#### *Der Sonderfall Mais*

Parallel zu dieser, in letzter Zeit sehr intensiv geführten wissenschaftlichen Diskussion wurde auch eine ganze Reihe von Untersuchungen vorgenommen, welche die Anwendbarkeit von wissenschaftlichen Forschungsergebnissen in der Praxis überprüfen sollten.

Hierzu sind die Arbeiten aus der Schweiz aus den Jahren zwischen 1990 und 1993 sehr interessant. In einem interdisziplinären Forschungsprojekt der Eidgenössischen Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau in Zürich-Reckenholz wurden vier verschiedene Maisanbauverfahren verglichen. In den Anbauverfahren wurden die Auswirkungen auf:

- ⇒ physikalische und biologische Eigenschaften des Bodens,
  - ⇒ die Grundwasserbelastung durch Stickstoff,
  - ⇒ die Düngung,
  - ⇒ den Pflanzenschutz,
  - ⇒ und den Ertrag
- untersucht.

Auch in der Schweiz ist in den letzten Jahren der Maisanbau sehr stark unter Beschuss geraten, weil er den Anforderungen des umweltschonenden Pflanzenbaus nicht in allen Teilen gerecht wird. Der hohe Maisanteil in der landwirtschaftlichen Fläche, besonders des Silomaises, und die Viehhaltung führten zu ähnlichen Fragestellungen wie in Frankreich und in Deutschland. Eine zusätzliche Bedeutung wurde hier aber auch der Bodenerosion zugemessen. Ungeeignete Anbauverfahren fördern die Bodenerosion, die Bodenverdichtung, die Auswaschung von Nitrat ins Grundwasser, den oberflächlichen Abfluss der Herbizide, resistente Unkräuter und die floristische und faunistische Verarmung der Maisäcker. Somit wurde der Mais zur „Unkultur“ abgestempelt. Dieser Schweizer Versuch erhebt zwar keinen Anspruch auf Vollständigkeit, ist aber einer der wenigen, der eine ganzheitliche Beurteilung von verschiedenen Anbausystemen unternimmt. Gleichzeitig zu ökologischen Aspekten der Versuchsreihen wurden auch Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit unternommen. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit schneiden die konventionellen Anbauverfahren am besten ab. Beim Erosionsschutz und bei der Verminderung der Nitratbelastung der Gewässer sowie anderen ökologischen Aspekten (14) sind die wesentlichen Vorteile auf der Seite der Maisanbauverfahren, die eine reduzierte Bodenbearbeitung bevorzugen. Außerdem gelangten die Forscher zu der Erkenntnis, dass bei den Maisanbauverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung noch ein großer Optimierungsbedarf (3) besteht in Bezug auf Zeitpunkt und Menge der Stickstoffdüngung, und dass ein erhöhter Stickstoffeinsatz (13) erforderlich ist (bis zu 40kg N/ha), um gleiche wirtschaftliche Erträge bei den Maisanbauverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung zu erzielen. Die Schweizer Forscher sind jedoch der Meinung, dass die verbleibenden ökologischen Vorteile überwiegen.

Ergebnisse anderer praktischer Studien, hier auszugsweise zitiert, die im Auftrag des Ministeriums Ländlicher Raum des Landes Baden-Württemberg zu diesem Thema durchgeführt wurden, attestieren ebenso einen weiteren Forschungsbedarf: Trotz gesetzlicher Bewirtschaftungsbegrenzungen lag der Nitratrestwert zum SchALVO-Kontrolltermin im Durchschnitt der Jahre 1991 bis 1996 über alle Flächen der Wasserschutzgebiete Baden-Württembergs über 50 kg N/ha (s. Anlage 3-1 'Kulturen und Jahre'). Wie eine Auswertung aus dem Untersuchungsgebiet zeigt, führten Sondermaßnahmen (z.B.: überbetriebliche Gülleausbringung, Nährstoffbestimmung u.s.w.), die im Rahmen verschiedener Projektvorhaben ergriffen wurden, zwar zum deutlichen Rückgang der Nitratrestwerte von 122 kg N/ha vor dem Projektbeginn bis auf 59 kg N/ha bei Projektende. Durch diese Maßnahmen konnte aber der aus Sicht der Wasserwirtschaft zufriedenstellende Nitratrestwert (s. § 12 SchALVO) von ca. 45 kg N/ha langfristig nicht erreicht werden (s. Anlage 3-2 'Entwicklung des Nitrat- auswaschungspotentials im Schutzgebiet des Wasserwerkes Ebnet/FEW, Fallbeispiel Maisanbauflächen, Arithmetische Mittelwerte für Nitratstickstoff in kg N/ha').

Weitere Untersuchungen (s. Anlage 3-3, 3-4) und auch die anderen durch ITCF in Frankreich (Elsass) erzielten Ergebnisse widersprechen jedoch in ihren Ansätzen der öffentlichen und auch oft durch manche Wissenschaftler vertretenen Meinung (s. Literaturübersicht), die Wirtschaftsdünger und der Mais seien das Übel in Bezug auf einen besseren Schutz der natürlichen Ressourcen.

Vielmehr stellt man fest (s. Anlage 3-5), dass vergleichbar hohe Nährstoffmengen in Form von Wirtschaftsdüngern oft höhere Erträge und in der Praxis keine erhöhte Gefahr gegenüber einer rein mineralischen Düngerform für die Umwelt mit sich bringen, wenn u.a. die Faktoren Zeitpunkt der Ausbringung, Boden- bzw. Pflanzenzustand und -art sowie Bedarfsnähe mit berücksichtigt wurden.

Eine der wichtigsten Erkenntnisse aus diesem Projektvorhaben war, dass die  $N_{\min}$ -Werte des Bodens unter Maisflächen ohne Fruchtfolge gegenüber Maisflächen mit Fruchtfolge in allen Projektjahren immer niedriger waren (s. Anlage 3-6). Das heißt, der hofeigene, billige und vollwertige Wirtschaftsdünger darf nicht entsorgt, sondern muss einer Verwertung zugeführt werden. Dies gilt ganz besonders für Flächen mit durchlässigen Böden.

#### **4 VERSUCHSFRAGEN UND PROJEKTZIELE**

Das Projekt verfolgt als Hauptziel, regionale Referenzen zur umweltverträglichen Handhabung von Wirtschaftsdüngern zu liefern, durch die Untersuchung von zwei technischen Hauptaspekten:

1. die Bewertung des Düngewertes von Wirtschaftsdüngern unter realistischen Anwendungsbedingungen, d.h. bei den Landwirten, mit der Perspektive, regionale Referenzwerte dafür festzulegen, einerseits zwecks Festlegung der Ausbringungstermine und andererseits zwecks der Bemessung der Mineraldüngergaben,
2. Prüfung neuer Anbaumaßnahmen, eingebettet in ein komplettes Anbauverfahren, die vorgeschlagen werden, weil sich mit ihnen die Mineralisierung des Bodenstickstoffs und der Wirtschaftsdünger möglicherweise besser beherrschen läßt.

Im übrigen betrifft eines der Anliegen bei der Tierhaltung das Gewicht dieser Aktivität bei den Nitratverlustrisiken der Landwirtschaft in der Region, den Platz, der der Zielgruppe der Tierhalter bei den Vorsorgeaktionen einzuräumen ist sowie die in der Praxis zu behandelnden Fragen, um zu einer signifikanten Reduktion der spezifischen Risiken zu kommen.

#### **5 BESCHREIBUNG DER PROJEKTTEILE**

Das Projekt wurde in vier Themenbereiche gegliedert um besser die nationalen Schwerpunkte ausarbeiten zu können:

- A Erhebungen zur Tierhaltung der Projektregionen Elsass und Südbaden in Baden- Württemberg.
- B Stickstoffverwertung unter schwierigen Bedingungen (Teil Oberelsass).
- C Möglichkeiten der Gülleausbringung im Herbst auf Böden mittlerer Durchlässigkeit (Teil Unterelsass).
- D Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen (Teil Baden-Württemberg).

Durch diese Gliederung sollte auch erreicht werden, dass keine Duplizierung der Projektarbeiten bei den Partnern stattfindet. Durch die Orientierung an ähnlich gelagerten Problem-bereichen bekamen die einzelnen Projektteile einen komplementären Charakter. Somit ist nicht nur der Austausch der gewonnenen Erkenntnisse möglich geworden, sondern was noch wichtiger erscheint, auch ein gegenseitiges Nutzen im Sinne der ressourcenschonenden und nachhaltigen Landbewirtschaftung und der Umwelt.

## **Teil A Erhebung zur Tierhaltung der Projektregionen Elsass und Südbaden**

### **A 1 Ziele**

1. Ziel ist die Ermittlung des Beitrags der Viehhaltung zum Nitratbelastungsrisiko der regionalen Landwirtschaft für die Gewichtung der verschiedenen Elemente in den Aufklärungsaktionen bzw. die Auswahl der mit den Tierhaltern zu behandelnden praktischen Fragen, um zu einer signifikanten Reduzieren der Risiken dieser Betriebe zu kommen.
2. Ausgehend von den aktuell ungelösten Problemen sollen eventuell erforderliche Versuche zur Gewinnung regionaler Referenzwerte zu dieser Thematik bestimmt werden.

### **Teil Baden-Württemberg (F.J. Kansy, IfUL)**

#### **A 2.1 Methodik**

Die Rahmendaten zur Landnutzung in Bezug auf den deutschen Teil des Projektes basieren auf Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg aus dem Jahr 1995 und auf eigenen Erhebungen nach dem Stand aus dem Jahr 1996.

#### **A 3.1 Ergebnisse**

In Baden-Württemberg (D) bewirtschafteten im Jahr 1995 rund 100 000 landwirtschaftliche Betriebe ca. 1 460 000 ha LF (landwirtschaftlich genutzte Fläche). Im südbadischen Raum (in den Landkreisen: Breisgau- Hochschwarzwald, Emmendingen, Ortenau, Lörrach) bewirtschafteten 18 358 landwirtschaftliche Betriebe ca. 158 680 ha LF, darunter waren rund 10 279 Betriebe mit Viehhaltung. Dies sind rund 57 % aller Betriebe, wobei der Landesdurchschnitt bei rund 39 % liegt.

Von allen landwirtschaftlichen Betrieben werden rund 33 % als Haupterwerbsbetriebe geführt. Deren durchschnittliche Betriebsgröße liegt bei ca. 41 ha LF. Der Anteil des Grünlandes lag landesweit bei rund 40 %. Im Ackerbau waren durchschnittlich 14 % der LF unter Maisanbau (ca. 63 % davon als Silomais). In Südbaden steigt der Anteil unter Grünland stehender Fläche (LF) bis auf 50 % und der Anteil der Maisfläche im Ackerbau steigt bis auf 51 % (Kreis Emmendingen), wobei dann der Anteil des Silomais bis auf 13 % zurückgeht (in den Kreisen Emmendingen und Breisgau-Hochschwarzwald).

Die Viehhaltung in der südlichen Oberrheinebene ist sehr differenziert zu betrachten.

Mit einem Viehbesatz von 67 GV (Großvieheinheiten)/100 ha LF im Vergleich zu 96 GV/100 ha LF im Landesdurchschnitt ist sie zwar unterrepräsentiert. Dieses Verhältnis variiert aber sehr kleinräumig, je näher die Lage zum Schwarzwald erreicht wird; in der Gemeinde Oberried werden rund 64 GV/100 ha LF erreicht, dagegen steigt die Viehdichte in der Gemeinde Stegen-Eschbach bis auf 130 GV/100 ha LF.

In Bezug auf die Betriebe mit Viehhaltung werden dann Viehdichten zwischen 125 GV/100 ha LF in der Gemeinde Kirchzarten und 224 GV/ 100 ha LF in der Gemeinde Stegen-Eschbach erreicht (errechnet nach Angaben der Projektteilnehmer aus dem Jahr 1995). Dementsprechend sehen auch die für das Untersuchungsgebiet aufgestellten Bilanzen des Stickstoffs aus; Die durchschnittlichen Mengen an 'anrechenbarem N' liegen in Baden-Württemberg bei rund 51 kg/ha LF und in Südbaden bei 36 kg/ha LF. In den untersuchten Landkreisen liegen sie dementsprechend zwischen 34 kg im Kreis Breisgau-Hochschwarzwald und 41 kg pro ha LF im Landkreis Emmendingen. In den Gemeinden des Dreisamtales werden zwischen 33 kg pro ha LF in Oberried und 66 kg pro ha LF in Buchenbach bzw. 67 kg in Stegen-Eschbach erreicht. (s. Tabelle A3-3 im Anhang; die Rahmendaten zur Landnutzung in Bezug auf den deutschen Teil des Projektes basieren auf Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg aus dem Jahr 1995 und auf eigenen Erhebungen nach dem Stand aus dem Jahr 1996).

Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass zwischen 20 % und 50 % (Quelle: Angaben der Projektteilnehmer) der landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Gemeinden für die Ausbringung der Wirtschaftsdünger aus verschiedenen Gründen, z. B.

- Steillage,
  - Hofferne,
  - Ausbringungsverbote und -einschränkungen nach SchALVO (Verordnung des Umweltministeriums über Schutzbestimmungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten und die Gewährung von Ausgleichsleistungen, Stand vom 9. Dezember 1991),
- nicht in Frage kommen, darf hier von einem noch höheren realen Anfall an 'anrechenbarem N' je ha düngungsfähiger Fläche als der errechnete Durchschnitt ausgegangen werden.

Daraus ergeben sich rund 46 kg bis 132 kg an 'anrechenbarem N' pro Hektar 'ausbringungsfähiger' Fläche in Betrieben mit Viehhaltung. Umgerechnet in Wirtschaftsdüngern bedeutet dies eine Ausbringung von bis zu 255 dt Mist bzw. 55 m<sup>3</sup> Gülle pro Hektar und Jahr.

Gleichzeitig stehen dann bis zu 85 kg Phosphor, 292 kg Kalium und ca. 33 kg Magnesium, abgesehen von noch anderen Nährstoffen, als Dünger zur Verfügung. Dieses hilft einerseits die Situation der Landwirtschaft vor Ort in Bezug auf die Problematik der Umstellung auf eine umweltgerechte und ressourcenschonende Landbewirtschaftung besser zu verstehen. Andererseits wird dadurch die Bedeutung der Wirtschaftsdünger als ein vollwertiger und preiswerter Nährstoffträger zur Pflanzenernährung verdeutlicht.

Im Elsass (F) bewirtschafteten im vergleichbaren Zeitraum 15 517 landwirtschaftliche Betriebe rund 334 000 Hektar. Im Untersuchungsgebiet des südlichen Oberrheins waren es 6 660 Betriebe mit rund 230 000 Hektar LN. Darunter befanden sich 1 865 Betriebe mit Viehhaltung, deren Fläche rund 42 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmachte. Diese Betriebe hielten 90 970 Großvieheinheiten (GV), was mit dem Besatz von rund 100 GV/100 ha LF eine mit Baden-Württemberg vergleichbare Größenordnung ergibt. Im Ackerbau des Elsass nimmt der Mais mit rund 60 % der LN eine herausragende Stellung ein. Der Getreideanbau nimmt 17 % bzw. das Grünland rund 14 % der LN ein (s. in der Anlage Auszüge aus der detaillierten Auswertung der Französischen Projektpartnern zum Themenbereich: Erhebungen zur Tierhaltung der Projektregionen, Teil Elsass).

Im konventionellen Ackerbau gehört der Maisanbau neben Körnerleguminosen und Ölfrüchten aufgrund der hohen Nitratwerte im Boden am Ende der Vegetation und seinem sehr hohen Flächenanteil in einigen Gebieten zu den Sorgenkindern in Bezug auf die Belange des Grundwasserschutzes.

Die Ursachen liegen auch darin, dass der Mais einerseits einen sehr hohen Nährstoffbedarf hat, andererseits aber ein guter Nährstoffverwerter ist: bei einem Ertrag von 100 dt Trockenmasse verwertet der Mais u. a. bis zu 220 kg N, 110 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 250 kg K<sub>2</sub>O und 40 kg MgO.

Diese Eigenschaften führten dazu, dass die Maisflächen, bedingt u.a. durch ihren hohen Anteil in der Fruchtfolge und nicht ausreichende Lagerungskapazitäten in den Betrieben, oft als sogenannte Entsorgungsflächen erhalten mussten.

#### **A 4.1 Schlussfolgerungen**

Die durchschnittlichen Größen der landwirtschaftlichen Betriebe unterscheiden sich stark. Punktuell kann es aufgrund einer erhöhten Viehdichte zu Engpässen bei den Lagerkapazitäten oder der verfügbaren Fläche zur Ausbringung der anfallenden Wirtschaftsdünger kommen. Dies gilt besonders für Schutzgebiete, wie z. B. Wasserschutzgebiete.

**Teil Elsaß (R. Koller)**

Durchführung: ARAA und Tierhaltungsinstitut - Abt. Projektabwicklung und Marketing  
 Mitbeteiligte: Landwirtschaftskammern der Departements Ober- und Unterelsaß,  
 Landwirtschaftsämter der beiden Departements (DDAF)

Autoren: Manuel Lenormand, Anne-Charlotte Dockes, Cyrille Mohrain (Inst. Elevage)  
 Rémi Koller, Marie-Line Burtin (ARAA)  
 Lektorat: Florence Kling-Eveillard (Institut de l'Elevage)

## **A 2.2 Eine regionale Erhebung zur Schaffung von Synergien zwischen lokalen Aktionsprogrammen**

Die Tierhaltungsbetriebe stellen innerhalb der regionalen Landwirtschaft eine Betriebsgruppe dar, bei der den Wirtschaftsdüngern eine besondere Stellung in der Düngung der Flächen zukommt. Das Ziel, die Nitratverluste aus landwirtschaftlichen Quellen in Oberflächen- und Grundwasser zu begrenzen, betrifft sie ganz besonders. In der Tat enthalten die Wirtschaftsdünger im Elsaß rund 14.000 t Stickstoff bei einem Mineraldünger-Stickstoffeinsatz von 35.000 t (Stand 1992).

Tierhaltungsbetriebe sind bereits von verschiedenen Programmen betroffen, die Veränderungen der Tierhaltungsanlagen oder der landwirtschaftlichen Praktiken bezwecken, um die Gewässerverschmutzungsgefahren zu reduzieren: Dem nationalen Programm zur Verhinderung von Verschmutzungen aus landwirtschaftlichen Quellen (PMPOA) in seinen lokalen Ausgestaltungen, den Vorschriften des Aktionsprogramms zur Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie, Agrar-Umwelt-Programmen, FERTI-MIEUX-Aktionen zur Verbesserung des Stickstoffeinsatzes auf freiwilliger Basis.

Nachdem die mit den verschiedenen Tierhaltungssystemen und dem Wirtschaftsdüngermanagement verbundenen Probleme im Einzelnen nicht bekannt sind, bleiben Unsicherheiten bezüglich Verknüpfung und Ergänzung dieser unterschiedlichen Maßnahmen.

Verschiedene lokale Erhebungen im Rahmen von Ferti-Mieux-Aktionen oder noch punktueller wie die ersten einzelbetrieblichen Erhebungen zur Vorbereitung der Anpassung der Tierhaltungsanlagen an die gültigen Vorschriften haben gezeigt, daß der Stickstoff aus den Wirtschaftsdüngern in den meisten Fällen durch den Tierhalter besser eingesetzt und verwertet werden könnte und daß die Entwicklung von wünschenswerten Praktiken zahlreiche Aspekte des landwirtschaftlichen Betriebes betreffen würde: Gebäude, Ausbringungsgeräte, Zeitplan und Organisation der Arbeit. Diese Feststellung unterstreicht die Bedeutung einer guten Koordinierung der verschiedenen Programme, um Synergieeffekte zu erreichen.

### *Ziele der regionalen Erhebung 'Tierhaltung und Umwelt'*

Gegenstand des Vorhabens ist, eine regionale Erhebung des Gewässerverschmutzungsrisikos durch Nitrat aus Tierhaltungsbetrieben vorzunehmen und zwar vorrangig in dem Gebiet, das aufgrund der EU-Nitratrichtlinie als sensible Zone ausgewiesen wurde. Ziel ist die Einschätzung der Gesamtheit aller in den verschiedenen Arten von Tierhaltungsbetrieben zur Reduzierung der Belastung erforderlichen Anstrengungen. Die Erhebung soll den Entscheidungsträgern objektive Grundlagen für eine schlüssige Abstimmung der verschiedenen politischen Maßnahmen mit Zielrichtung Tierhaltungsbetriebe liefern.

Die Beschreibung der Ausgangssituation soll es ermöglichen, die Auswirkungen der aktuellen Politiken auf wirtschaftlicher, technischer und ökologischer Ebene zu prognostizieren. Zur Unterstützung der Erhebungsdaten der verschiedenen FERTI-MIEUX-Aktionen können Interventionsszenarien bewertet und vorgeschlagen werden.

Das Ergebnis sollte auch die Ausrichtung der eventuell für die Präzisierung der Ausbringungs- und Verwertungsvoraussetzungen erforderlichen landbaulichen Versuche ermöglichen.

### A 3.2 Durchführungsmethodik der Erhebung

#### *Die Erhebung erfolgte in einer Abfolge von mehreren Etappen*

Diese Etappen berücksichtigen die Notwendigkeit, die betriebsüblichen landwirtschaftlichen Maßnahmen der Tierhaltungsbetriebe durch Informationserhebung im Wege einer direkten Befragung festzustellen. Es handelte sich darum, diese Praktiken in einem räumlichen Maßstab zu erfassen, der eine Beschreibung des diffusen Nitratbelastungsrisikos gestattet, d.h. also auf der Ebene der Parzelle oder des Einzelschlags. Die wichtigsten Anliegen, die die Methodik der Durchführung bestimmt haben, waren die folgenden:

- Ermittlung der Unterschiede zwischen den Tierhaltungsbetrieben innerhalb einer Region: Typen, zahlenmäßige Bedeutung, geographische Schwerpunkte, zur Abgrenzung des Untersuchungsgebiets,
- Erstellung einer für die Diversität der im Gebiet angetroffenen und für diese Untersuchung ausgewählten Situationen repräsentativen Stichprobe,
- Festlegung einer für die Untersuchung der für die diffuse Nitratbelastung relevanten Praktiken von Tierhaltungsbetrieben geeigneten Befragungsmethode,
- Notwendigkeit für eine zusammenfassende Darstellung der Information, die es erlaubt, einerseits die wichtigsten ungelösten praktischen Probleme festzustellen und andererseits realistische Lösungsvorschläge zu machen.

Die Realisierungsstadien der Erhebung waren die folgenden:

- Bestandsaufnahme, um die Rahmenbedingungen der Tierhaltung im Elsaß darzustellen und die in Tierhaltungsbetrieben im Spiel befindlichen Stickstoffmengen unter Berücksichtigung der geographischen Verteilung zu quantifizieren. Für diese Arbeiten wurden hauptsächlich bei der Verwaltung für verschiedene Programme vorliegende Betriebsdaten verwendet, selbstverständlich unter Wahrung des Datenschutzes. Das Ergebnis dieser Arbeit ist der Atlas zur Tierhaltung im Elsaß. Er hat es ermöglicht, für die verschiedenen Typen von Tierhaltungsbetrieben repräsentative Gemeinden für die Befragung auszuwählen.
- Kurzanalyse der natürlichen Standortsbedingungen um die verschiedenen Situationen nach ihrer Empfindlichkeit für die Verschmutzungsrisiken der Tierhaltung (Auswaschung und Oberflächenabfluß) einzuteilen. Sie wurde von der ARAA vorgenommen, wird aber nicht verbreitet. Sie hat dazu beigetragen, die Gemeinden für die Befragung auszuwählen.
- Typologie von Tierhaltungsbetrieben, um die verschiedenen Produktionsarten zu verstehen und die eventuell vorhandenen Verbindungen zwischen Betriebspraxis und System analysieren zu können. Dieses Klassifizierungsschema stellt für sich schon ein Ergebnis dieses Projekts dar. Es wurde gemäß einer vom Tierhaltungsinstitut vorgeschlagenen Methodik unter Einbeziehung der Kenntnis von Tierhaltungsberatern sowie von bereits verfügbaren Daten vom Tierhaltungsinstitut erarbeitet.
- Technische Erhebung zur Beschreibung der riskanten Praktiken und Gerätschaften und zum Verständnis der Denkweise der Tierhalter bezüglich ihrer Tätigkeit. Diese Erhebung beschränkte sich auf die Rindviehhaltung in der sensiblen Zone. Sie wurde auf der Grundlage von direkten Befragungen auf 103 Betrieben im Jahre 1997 mit Verwendung des Erhebungsinstruments DEXEL und unter Anleitung des Tierhaltungsinstituts durchgeführt.

Das Tierhaltungsinstitut hat die Befragungsergebnisse ausgewertet und versucht, die wichtigsten benennbaren Gefahrenquellen aufzudecken, indem mittels statistischer Auswertung der Daten Betriebsklassen in Abhängigkeit von der Art des Umgangs mit Stickstoff gebildet wurden und dort, wo es möglich war, die Ergebnisse auf die gesamte sensible Zone hochzurechnen (Versuch der Quantifizierung). Diese Ergebnisse wurden von den mit der Thematik befassten regionalen technischen Beratern diskutiert und validiert.

Die Verbesserungs- oder Lösungsvorschläge für die wichtigsten Probleme stützen sich ebenfalls auf die Kenntnisse dieser Techniker.

Die Erhebung und die Vorschläge finden sich im Anhang als "Dokument 4, Technische Erhebung über die Mittel und Praktiken der Handhabung von Stickstoff aus der Tierhaltung und die Mineraldüngung in Tierhaltungsbetrieben der sensiblen Zone (43 Seiten)".

## **A 4.2 Ergebnisse**

### **A 4.2.1 Atlas der Tierhaltung im Elsaß: Eine kartographische Darstellung der verschiedenen Situationen in der Region**

Dieses Dokument beinhaltet 12 Karten sowie Beschreibungen und Statistiken zur Bedeutung der Tierhaltung in der Region Elsaß auf der Basis von Informationen aus der Verwaltung, so den 8882 Anträgen auf Ausgleichszahlungen für Feldfrüchte (Kulturpflanzenprämie) ab 1 ha LN. Die gesamte LN dieser Anträge beläuft sich auf 312.650 ha bei einer offiziellen LN von 330.000 ha (Agrarstatistik Agreste 1997). Die wichtigsten Informationen zur Tierhaltung sind (Quelle DDAF 67 und DDAF 68, 1996; IPG 67 und 68 (1997), Erfassungsgenossenschaften, 1997) die folgenden:

- Im Elsaß werden 148.300 GVE gehalten, davon sind 91% Rinder und 60% Milchkühe oder Kalbinnen. Bodenunabhängige Tierhaltungen (Schweine und Geflügel) belaufen sich lediglich auf 9% der GVE.
- Es wurden 3060 Tierhalter erfasst (34% der Landwirte), die 51 der gesamten LN bewirtschaften.
- Der durchschnittliche Viehbesatz beläuft sich auf 0,9 GVE/ha LN. Im Gemeindedurchschnitt liegen die Viehbesätze im Allgemeinen unter 1,5 GVE/ha der LN der Tierhalter. Es gibt keinen strukturbedingten Wirtschaftsdüngerüberschüsse. Lediglich 3 Gemeinden überschreiten die Schwelle von 2,3 RGV/ha (oder 170 kg N/ha LN aus Wirtschaftsdüngern), den Höchstwert der EU-Nitratrichtlinie auf Betriebsebene).
- Mais bedeckt 45% der LN in der Region, mit großen Unterschieden innerhalb der Region. Sein Anteil kann in der Hardt oder in der Rheinebene nördlich von Strassburg bis auf 60 oder 80% der LN ansteigen. In der sensiblen Zone liegt sein Anteil nie unter 40% der LN. In Tierhaltungsbetrieben liegt sein Anteil bei 32% der LN.
- Grünland bedeckt 23% der LN und 39% der LN von Tierhaltungsbetrieben.
- Die Vielfalt und Verteilung der Tierhaltung im Elsaß hat uns dazu gebracht, eine Karte mit den in der sensiblen Zone gelegenen Gemeinden vorzustellen, die, ausgehend von den in der Gemeinde vorherrschenden Tierhaltungssystemen in das folgende Klassifizierungsschema eingeteilt werden:
  - kleinteilige Struktur ohne Rindviehhaltung
  - großflächige Getreideproduktionsstrukturen ohne Rindviehhaltung
  - Milchviehhaltung und viehlose Betriebe
  - Gemischtbetriebe mit Tierhaltung
  - Milchviehhbetriebe mit Grünland
  - Rindermastbetriebe
  - nicht zuordenbare Betriebe ohne hervorstechende Betriebszweige.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung haben uns dazu bewogen, die Erhebung ausschließlich auf rindviehhaltende Betriebe zu konzentrieren. Die flächenunabhängige Tierhaltung spielt im Verhältnis zur Gesamtzahl nur eine bescheidene Rolle. In Anbetracht der Größe der Einzelbetriebe sind sie jedoch meist schon Gegenstand von Auflagen zum Umweltschutz (genehmigungspflichtige Anlagen, Teilnahme am Programm zur Bekämpfung von Umweltbelastungen durch die Landwirtschaft).

#### A 4.2.2 Typologie der Produktionssysteme, insbesondere der Systeme der Rinderhaltung: Ein gemeinsames Werkzeug für vielfältige Anwendungen

Die Typologie der Produktionssysteme erlaubt es, die Diversität der landwirtschaftlichen Betriebe einer Region zu kennzeichnen. Sie stellt ein grundlegendes Werkzeug für die Kenntnis der Landwirtschaft und die Festlegung von gemeinschaftlichen Aktionen dar. Eine Typologie erlaubt es, technische oder wirtschaftliche Referenzdaten zu strukturieren, Beratungsaktionen zielgerecht zu konzipieren, über die Zukunft der Systeme nachzudenken, die Auswirkungen von Politikstrategien öffentlicher Eingriffe zu untersuchen, .... Die hier durchgeführte Typologisierung kann also weit über diese Arbeit hinaus von Nutzen sein, wenn es um die Beziehungen zwischen Tierhaltung und Umwelt im Elsaß geht. Die Klassifizierung von Betrieben beruht auf der Beschreibung von verschiedenen Produktionsweisen in einer Betrachtungsweise der Funktionsweise des landwirtschaftlichen Betriebs. Die aktuelle Betriebsorganisation ist die Konsequenz von zahlreichen Einflußfaktoren: Natürliche Umwelt, Flächenkonkurrenz, lokaler und regionaler wirtschaftlicher Rahmen, Betriebsgeschichte, Kenntnisse und Fähigkeiten des Betriebsleiters und seiner Umgebung, .... Sie stellt außerdem die Grundlage und das Entwicklungspotential des Betriebs im Hinblick auf zukünftige Herausforderungen dar: Familienentwicklung, wirtschaftlicher Rahmen, Politiken der wirtschaftlichen Eingriffe oder der Beratung, .... Die vorliegende Klassifizierung wurde aufgrund von 'Expertenmeinungen' realisiert, alternativ zu anderen Verfahren, die für kleinere Gebietskulissen verwendet werden und auf direkten Befragungen beruhen. Sie konnte jedoch von lokalen Typologien profitieren, die im Elsaß seit 1986 in 9 Kleinregionen mit dieser Methode erstellt wurden.

Sie hat in der Vorstellung von 3 Typologien gemündet, von denen jede einem durch die Umwelt stark geprägten Naturraum zugeordnet ist:

- die Elsässische Ebene und der Sundgau
- das bucklige Elsaß
- die Vogesen

Naturraum	% der Landwirte d. Region	% der Fläche d. Region	% der GVE der Region	% der Tierhalter d. Region	% Grünlandanteil an der LN	% Maisanteil an der LN	gefundene Betriebstypen
Buckliges Elsaß	5	8	11	71	60	13	27 Typen
Elsässische Ebene	90	87	82	30	16	50	9 Milchtypen 11 Rindfl.-T. 2 Flächenunabhängige T. 1 Schaf-Zieg. 2 T. m. wenig /ohne Tierh.
Vogesen	5	5	7	73	95	2	11 Typen

#### **A 4.2.3 Technische Erhebung zu den Mitteln und Praktiken des Stickstoffeinsatzes in Tierhaltungsbetrieben der (grundwasser)sensiblen Zone: Eine Beschreibung der häufigsten Probleme und Vorschläge zu ihrer Behebung**

##### *Die mit Gebäuden und baulichen Anlagen verbundenen Gefahren*

- Festmistsysteme herrschen vor. Güllesysteme finden sich eher in größeren Betrieben. Lediglich in 17,5% der befragten Betriebe dominiert mengenmäßig die Gülle gegenüber dem Mist.
- 18 % der befragten Betriebe wiesen ein mittleres Verschmutzungsrisiko durch weiße (aus der Milchammer) und grüne Abwässer (von Auslaufflächen) auf (fehlende Erfassung). Sie gelangen häufig in die Kanalisation.
- 33% der befragten Betriebe weisen ein mittleres Risiko im Silobereich auf (Fehlende Erfassung von Silosickersäften bei Biertreber und vielleicht Gras)
- Die Gefahren sind gering, was die Feldlagerung angeht (selten an derselben Stelle oder in Verbotszonen (lt. Gemeindefassung, z.B. Wasserschutzgebiete, Gewässernähe).
- Bezüglich Gebäuden bestehen nur geringe Gefahren, insbesondere bei Laufställen. 50% der Tierhaltungsbetriebe haben Anbindehaltung.
- 50% der Mistlagerstätten weisen ein stark erhöhtes Gefahrenpotential auf, da sie zu klein sind (sowie undicht oder keine Erfassung der Oberflächenabflüsse; meist nur 1 Monat Lagerkapazität).
- Güllelagerstätten weisen in 50% der Fälle wegen zu geringer Lagerkapazität ein hohes Gefahrenpotential auf (3 Monate und weniger, im Mittel kaum 2 Monate).
- Programme wie sie seit 1992 im Sundgau laufen, wirken sich signifikant auf die Lagerkapazität aus: 30% der Betriebe haben Lagerkapazitäten zwischen 2 und 6 Monaten, 20% mehr als 6 Monate.

##### *Die Lagerkapazitäten sind im Verhältnis zum Bedarf zu gering*

- In 50% der Fälle stellen die Mistlagerstätten eine große Gefahr da, weil ihre Kapazität nicht ausreicht (Undichtigkeiten, Abflüsse werden nicht aufgefangen, im Durchschnitt 1 Monat Lagerkapazität).
- Die Güllelagerstätten stellen infolge zu geringer Lagerkapazität ebenfalls in 50% der Fälle eine große Gefahr dar (3 Monate oder weniger; im Durchschnitt nur 2 Monate)
- Das im Sundgau seit 1992 laufende Aktionsprogramm zeigt Wirkung: 30% der Betriebe haben Lagerkapazitäten zwischen 2 und 6 Monaten, 20 % sogar mehr als 6 Monate.

##### *Die Handhabung der Ausbringung von stickstoffhaltigen Wirtschaftsdüngern*

- Wenn 80% der Wirtschaftsdünger innerhalb der empfohlenen Zeiträume ausgebracht werden, dann werden 20% außerhalb dieser Zeitspannen ausgebracht. Bei intensiver Tierhaltung liegt dieser Prozentsatz noch höher.
- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen Lagerkapazität und Einhaltung der Empfehlungen des Kodex der guten landwirtschaftlichen Praxis bezüglich Ausbringungstermin (der interdepartementale präfektorale Erlaß mit einen restriktiven Ausbringungskalender war zum Zeitpunkt der Erhebung noch nicht in Kraft).
- Die Wirtschaftsdünger werden nicht auf der Gesamtfläche ausgebracht. Die Ausbringungsmengen je Hektar sind erhöht, insbesondere wiederum in den Intensivbetrieben.
- Schutzgebiete werden nicht berücksichtigt. Glücklicherweise sind die Verbotszonen meist bescheiden.
- Auf Grünland werden häufig keine Wirtschaftsdünger ausgebracht, meist wegen der Entfernung der Parzellen.
- Kleinbetriebe und Milchviehbetriebe mit viel Grünland sowie einige Güllebetriebe bringen Wirtschaftsdünger meistens auch auf Grünland aus. 12% des Stickstoffs tierischer Herkunft der befragten Betriebe wird auf Wiesen ausgebracht, welche im Schnitt 32% der LN dieser Betriebe ausmachen.

### *Mais ist ein sensibler Punkt in Tierhaltungssystemen*

- Im Durchschnitt der befragten Tierhaltungsbetriebe hat er einen Anteil von 38% an der LN. Er wird meist überdüngt.
- Zwei Drittel der Wirtschaftsdünger gehen in den Mais.
- Bei der Mineraldüngung wird weder die Stickstofflieferung des Bodens noch die der Wirtschaftsdünger berücksichtigt. Meist stützt sie sich auf eine örtliche Faustzahl. Im Sundgau scheinen die Tierhalter höhere Faustzahlen zu benützen als anderswo: 180 kg N/ha gegenüber 100 bis 150 kg N/ha bei den Tierhaltern des mittleren und nördlichen Unterelsaß, bei Böden mit ebenbürtigen Stickstofflieferungen und Ertragspotentialen.
- Ein großer Teil der Wirtschaftsdünger zu Mais wird bereits nach der Ernte der Vorfrucht gegeben, vor einer langen Periode ohne Bodenbedeckung über Herbst und Winter.

### *Einteilung der Betriebsleiter von Tierhaltungsbetrieben nach ihrer Praxis im Umgang mit Stickstoff*

Aufgrund ihrer Stickstoffdüngungspraxis lassen sich 5 Kategorien von Tierhaltern unterscheiden. Die drei Hauptkategorien sind die folgenden:

- Kategorie B: Tierhaltungsbetriebe geringer Intensität, die ihre Düngung gut beherrschen (23% der befragten Tierhaltungsbetriebe).
- Kategorie D: Tierhaltungsbetriebe mit ungleichmäßiger Verteilung der Wirtschaftsdünger, hohen Gaben auf kleinen Flächen und Nichtberücksichtigung der Empfehlungen bezüglich Flächen und Ausbringungsterminen des Kodex der guten landwirtschaftlichen Praxis (39% der befragten Tierhaltungsbetriebe). Dies ist die größte Kategorie.
- Kategorie E: Intensive Milchviehbetriebe mit starker Überdüngung (24% der befragten Betriebe).

Die beiden anderen Kategorien bestehen zum einen aus wenig intensiven Betrieben, die ihre Wirtschaftsdünger auf Grünland ausbringen (Kategorie A mit 8% der Betriebe) und zum anderen aus Betrieben aller Art mit wenig Ausbringungsfläche, die deshalb mehr Wirtschaftsdünger in reglementierten Gebieten ausbringen (Kategorie C: 7% der Betriebe).

Diese Klassifizierung macht deutlich, daß es keine systematische Beziehung zwischen dem Produktionssystem (wie in der vorstehenden Typologie beschrieben) und den Kategorien des Stickstoffmanagements gibt. Sie zeigt desweiteren, daß gewisse Probleme in allen Kategorien auftreten, so die Überdüngung des Mais mit mineralischem Stickstoff und die Nicht-Respektierung von Ausbringungsverbotzonen. Sie bestätigt die Tatsache, daß der Viehbesatz im Verhältnis zu den gesetzlichen Grenzen gering ist (ausgedrückt in kg N / ha Ausbringungsfläche), ausgenommen bei einigen intensiven Tierhaltungsbetrieben der Kategorie E.

### **A 5.2 Schlussfolgerung: Ausblick auf die Nutzenanwendung der regionalen Erhebung**

Ausgehend von diesen Feststellungen und unter Berücksichtigung der von den für jede Gruppe als charakteristisch erachteten aufgeworfenen Probleme werden Verbesserungsansätze vorgeschlagen.

In Anbetracht der Vielfalt der angetroffenen Situationen, infolge der Kombinationen von Produktionssystemen und Arten der Handhabung des Stickstoffs aus Wirtschaftsdüngern, ist es unmöglich, Typen von Rinderhaltungsbetrieben unter dem Aspekt der Umweltbelastung zu beschreiben. Es wären zu viele und man müßte der Vielfalt in dieser Region Rechnung tragen.

Deshalb werden allgemeine Schlußfolgerungen für die gesamte sensible Zone gezogen. Die wichtigsten in der landwirtschaftlichen Praxis zu lösenden Probleme und die zu vertiefenden Arbeitsansätze sind die folgenden:

erkannte Probleme (nach Bedeutung)	Zielgruppe	Arbeits-/Lösungsansätze
Konzentrierte Ausbringung der Wirtschaftsdünger	Die Tierhalter sind sich des Problems bereits bewußt, tun aber nichts. Gruppen D und E der Klassifikation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beratungsaktionen haben schon Erfolge gebracht (Fert'III), aber es gibt weitere Verbesserungsmöglichkeiten. Auf der Vergrößerung der Ausbringungsfläche bestehen und <u>zeigen</u>, daß das möglich ist.</li> <li>In einigen Gebieten (z.B. Sundgau) kann auch auf Grünland ausgebracht werden. Das Programm zur Anpassung der Gebäude an die Vorschriften kann eine Gelegenheit sein, diese Botschaft zu vermitteln.</li> </ul>
Stickstoffüberdüngung von Mais	Alle Gruppen. Aber die Methoden müssen an die verschiedenen Gruppen angepaßt werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weitere Verbreitung der Referenzwerte mit einfachen Botschaften. Andere Faustzahlen vorschlagen.</li> <li>Referenzwerte für Fruchtfolgen in Verbindung mit dem Zustand der Bodenstruktur auf verdichtungsanfälligen und zur Vernässung neigenden Böden.</li> </ul>
Nichteinhaltung der Ausbringungszeiträume für Wirtschaftsdünger und ungenügende Lagerkapazitäten	Alle Gruppen, aber D und E sind prioritär. Betroffen sind auch die Betriebe, die wegen Vergrößerung auf Gülle umstellen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Anpassung an die Vorschriften stellt eine Gelegenheit zur Vergrößerung der Lagerkapazität dar. 4 Monate sind das Minimum; mit 6 Monaten kommt man in maisdominierten Fruchtfolgen besser klar.</li> <li>Begleitung dieses Programms durch Information/Ausbildung über die gute Praxis der Wirtschaftsdüngerausbringung unter Verwendung der vorgeannten Referenzwerte.</li> <li>Ausdehnung des Zwischenfruchtanbaus</li> </ul>

Im Übrigen zeigt diese Arbeit auf methodischer Ebene die Möglichkeit, Erhebungen auf regionaler Ebene durchzuführen. Am schwierigsten durchzuführen sind die Abschnitte der Quantifizierung. Sie beruhen teilweise auf der Möglichkeit - unter Kontrolle und Wahrung des Datenschutzes - gewisse Daten landwirtschaftlicher Betriebe der Verwaltung oder öffentlicher Einrichtungen verwenden zu können.

Der Nutzen allgemeiner Erhebungen wie der vorliegenden ist, den sozio-ökonomischen Entscheidungsträgern eine globale Darstellung der zu lösenden Probleme einer vorgegebenen Fragestellung zu präsentieren und einen Beitrag zur Ermöglichung eines Dialogs und zur Wahl der zu ergreifenden Maßnahmen zu leisten. Eine spätere Wiederholung einer ähnlichen Erhebung würde außerdem ermöglichen, die Effekte der beschlossenen und durchgeführten Maßnahmen zu messen. Insbesondere im Umweltbereich bleibt die Erarbeitung von Werkzeugen zur Abschätzung der diffusen landwirtschaftlichen Emissionen in verschiedenen Gebietskulissen (Wassereinzugsgebiet, Region, ...) ein Ziel das erreicht werden muß, um zur Suche nach Lösungen, die von allen von der Problemstellung Betroffenen akzeptiert werden können, beizutragen.

#### Weitere verfügbare Unterlagen:

- Dokument N° 1: Methodik
- Dokument N° 2: Atlas der Viehhaltung im Elsaß (46 S.)
- Dokument N° 3: Typologie der Produktionssysteme, insbes. der Systeme der Rindviehhaltung (57 S.)
- Dokument N°4: Technische Erhebung über die Mittel und Praktiken des Einsatzes von Stickstoff tierischer Herkunft und aus Mineraldünger in Tierhaltungsbetrieben der sensiblen Zone (43 S.)
- Dokument N°5: Zusammenfassung der Ergebnisse (16 S.)

## A 6 Allgemeine Schlußfolgerung

Die verfügbaren statistischen Daten der beiden Länder sind schwer zu vergleichen. So unterscheiden sich die methodischen Grundlagen (3 verschiedene Quellen) genauso wie die verfügbaren administrativen Unterteilungen. Letztgenannte umfassen in den beiden Regionen unterschiedliche Anteile von Ebene und Gebirge, wobei dieser geographische Faktor für die Verteilungsstruktur der Tierhaltung maßgeblich ist: Die Tierhaltungsbetriebe finden sich viel mehr im Gebirge als in der Rheinebene.

Auf der Ebene der Gemeindestatistik sind die Fälle mit strukturbedingtem Wirtschaftsdüngerüberschuß (über 2,3 GV/ha LN, d.h. über 170 kg N/ha aus Wirtschaftsdünger) wirklich marginal. Der Viehbesatz liegt bezogen auf die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche des Elsaß und Badens zwischen 0,4 und 0,7 GV/ha. Die zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Flächen reichen für eine optimierte Ausbringung der Wirtschaftsdünger aus.

In beiden Regionen hat der Mais in die Anbausysteme der Tierhaltungsbetriebe Einzug gehalten und einen großen Beitrag zur Verwertung der Wirtschaftsdünger geleistet. Im Elsaß erhält er 2/3 der Wirtschaftsdünger (lt. Erhebung im sensiblen Gebiet) und es wird zuviel stickstoffhaltiger Mineraldünger zusätzlich gedüngt.

Die Erstellung von landwirtschaftlichen Faustzahlen bezüglich des Düngewerts von Wirtschaftsdüngern ist vollkommen gerechtfertigt, genauso wie die Suche nach ergänzenden Anbauverfahren, die der Gefahr der Nitratauswaschung in den beiden Anbausystemen begegnen sollen.

Die im Elsaß durchgeführte Erhebung zeigt demgegenüber die Notwendigkeit, im Kontakt mit den Landwirten neue Schemata für die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern zu erstellen, die eine bessere Verwertung des in ihnen enthaltenen Stickstoffs gestattet. Für die Ausbringung auf zusätzlichen Flächen und zu geänderten Zeiten müssen neue Organisationsformen für die Lagerung und Ausbringung gefunden werden. Auch muß auf zur Verdichtung neigenden Böden Acht gegeben werden und in bestimmten Fällen evtl. auch an eine Rückumwandlung in Grünland nachgedacht werden. Somit ist die gesamte Arbeitsorganisation des Tierhaltungsbetriebs betroffen und seine Beteiligung bei der Konzipierung neuer Verfahren ist unerlässlich.

## **Teil B Stickstoffverwertung unter schwierigen Verhältnissen und Vervollständigung der regionalen Stickstoffnachlieferungstabelle in Tierhaltungsbetrieben**

Dieser auf französischer Seite durchgeführte Projektteil umfaßt zwei Unterthemen, von denen das erste in zwei Teile untergliedert ist:

- B 1 Stickstoffverwertung unter schwierigen Verhältnissen.
- B 2 Vervollständigung der regionalen Stickstoffnachlieferungstabelle in Tierhaltungsbetrieben.
- C Machbarkeit der Gülleausbringung im Herbst auf Böden mittlerer und geringer Durchlässigkeit.

### **B 1 Stickstoffverwertung unter schwierigen Verhältnissen.**

#### **B 1.1 ZIEL**

Die Versuche auf französischer Seite sollten dazu dienen, den landbaulichen Wert von Wirtschaftsdüngern unter zwei Gesichtspunkten zu betrachten, für die bisher nur wenig Datenmaterial vorlag:

- Abschätzen und Verstehen der Stickstoffwirkung von Mist vor Mais auf schwierigen Böden, insbesondere sauren und hydromorphen Lehmen, die spät im Frühjahr gepflügt werden müssen (Sundgau, hinterer Kochersberg, Hanauer Land). Es wird angenommen, daß diese auf Strukturprobleme zurückzuführen sind.  
Wegen ungenügender Lagerkapazität wird zum Pflügen häufig frischer Mist ausgebracht, der über Winter auf dem Betrieb angefallen ist.
- Für viehhaltende Betriebe die regionale Stickstoffnachlieferungstabelle zu ergänzen, welche den Düngungsempfehlungen in Ferti-Mieux-Aktionen zugrunde liegt. Diese Tabelle wurde auf der Grundlage zahlreicher Ergebnisse von 'Nullparzellen' erstellt, die auf verschiedenen Bodentypen und unter verschiedenen, gut beschriebenen Verhältnissen im ganzen Elsaß seit 1987 gewonnen wurden. Sie gibt in Abhängigkeit vom Boden an, mit welcher Stickstofflieferung des ungedüngten Bodens gerechnet werden kann.

#### **B 1.2 METHODIK**

Die Referenzwerte wurden in zwei Arten von Netzwerken ermittelt:

1. Parzellenpaare, bei denen auf demselben Schlag zwei Streifen von Mais miteinander verglichen werden, von denen einer Rindermist oder -gülle erhalten hat und der andere nicht. Der Vergleich erfolgt mit Schlägen, die im Untersuchungsjahr keine mineralische Stickstoffdüngung erhalten haben. Diese wurden insbesondere dort angelegt, wo die in der Tabelle angegebenen Werte widerlegt wurden, vor allem auf sauren, vernäßten Böden des Sundgaus sowie im Hinteren Kochersberg. Die untersuchten Schläge erhalten regelmäßig Wirtschaftsdünger. Die Menge entspricht der im Tierhaltungsbetrieb üblichen Menge.

Versuchsanlage:

- Größe der Nullparzelle ohne Stickstoffdüngung: eine Mineraldüngerstreuerbreite x 30 m Länge in jedem Teil (mit bzw. ohne Mist). Diese beiden Schläge liegen nahe beieinander oder grenzen aneinander an.
- Beschreibung des Bodentyps durch Beprobung mit dem Bohrstock und Bodenuntersuchung bei der SADEF.

- Nmin-Untersuchung des Bodens in drei Schichten (0-30, 30-60, 60-90cm) in jeder der Nullparzellen bei der Ernte.
  - Ernte im Stadium der Siloreife auf 4 Beprobungsflächen von 10 m Länge und 4 nebeneinanderliegenden Reihen Breite: Wiegung, Bestimmung der Trockensubstanz und des Gesamtstickstoffgehalts in Kolben, Blättern und Stengeln, für die Messung der Wirksamkeit der Mistgabe in jeder einzelnen Parzelle (durch SADEF-Labor).
  - Auf einzelnen Parzellen wurden ein Durchwurzelungsprofil angelgt und Bodenstrukturbeobachtungen vorgenommen, um eventuell vorhandene Durchwurzelungshemmnisse entdecken und die schlechte Miststickstoffverwertung durch den Mais erklären zu können. Wegen der Arbeitsbelastung der verschiedenen Partner und dem mit der Grabung eines Bodenprofils verbundenen Aufwand wurde nur ein Bodenprofil ausgeführt.
2. Nullparzellen in Schlägen von Tierhaltungsbetrieben mit Wirtschaftsdüngereinsatz entweder im Untersuchungsjahr für die Direktwirkung oder im Vorjahr für die Nachwirkung. Diese Parzellen ergänzen das Netz von 'Nullparzellen' aus dem ITADA-Projekt N°4. Die Versuchsanlage erfolgt folgendermaßen:
- Auswahl eines Schlages mit organischer Düngung (Wirtschaftsdüngereinsatz) in der Fruchtfolge.
  - Größe: Eine oder zwei Düngerstreuerbreiten x 30 - 40 m.
  - Optimal geführte Kultur, d.h. ohne ertragsbegrenzenden Faktor (mit Ausnahme von Stickstoff; dies wird durch verschiedene Beobachtungen (Verunkrautung, Zünslerdruck, etc.).
  - Sorte: Unerheblich.
  - Physikalisch-chemische Bodenuntersuchung und Abklärung des Bodentyps durch Profil oder Bohrstockbeprobung.
  - Messung des Nitratgehalts im Boden im 6-Blatt-Stadium vom Mais (und nicht zur Saat). Auf steinigten Böden ist diese Messung nicht obligatorisch.
  - Ertrag in Tonnen Trockenmasse pro Hektar und Stickstoffgehalt der Pflanzen (getrennt nach Stengel + Blätter einerseits und Kolben andererseits: Dies gestattet die Berechnung der Stickstoffaufnahme je Hektar (wobei der in den Wurzeln enthaltene Anteil auf 10% geschätzt wird).

## **B 1.3 ERGEBNISSE**

### **B 1.3.1 Stickstoffausnutzung unter schwierigen Bedingungen**

Während der Laufzeit des Projekts von 1996-1998 wurden 12 Parzellenpaare angelegt, welche von den beiden Landwirtschaftskammern in Zusammenarbeit mit der ARAA betreut wurden.

Die angegebenen Mist- oder Güllemengen wurden nicht exakt gemessen. Es handelt sich dabei also um ungefähre Angaben, was jedoch der Praxis im Gebiet entspricht.

Desgleichen wurden die Wirtschaftsdünger nicht untersucht, so dass deren genaue Zusammensetzung nicht bekannt ist.

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 1 aufgeführt:

**Tabelle 1: Stickstoffverwertung unter schwierigen Verhältnissen mit und ohne Mist bzw. Gülle**

Ort und Bodentyp (gemäß regionaler Typologie)	Behandlung	Ertrag TM t/ha	Stickstoff- aufnahme der Pflanze kg N/ha -	Stickstoff- aufnahme der Pflanze kg/t TM -	Nmin nach der Ernte kg N/ha (N total)	Effekt von Mist/Gülle (Nabs Mist - Nabs 0 N) kg N/ha	Erhöhung der Nmin-Werte bei der Ernte i. Vergl. mit ohne Mist/Gülle
<b>1996</b>							
Seppois le bas (68) hydromorpher Lehm	0 N	10.9	118	10.8	37.3		
	Mist (60t/ha)	14.4	190	13.2	66.3	+ 72	+29
Fulleren(68) hydromorpher Lehm	0 N	14.5	165	11.4	38.6		
	Mist (60t/ha)	16	205	12.8	102.1	+ 40	+63.5
Schwenheim (67) hydromorpher Lehm	0 N	13	141	10.8	117.2		
	Mist (100t/ha)	12.1	140	11.6	90.3	0	- 26.9
Menchhoffen Boden nicht bestimmt	0 N	13.3	117	8.8	nicht gemessen		
	Mist	12.9	126	9.8		+ 9	
<b>1997</b>							
Seppois le bas (68) Lehm hydromorphe	0 N	13,1	165	12.6	49		
	Mist (35t/ha)	12,2	133	11	43	- 32	- 6
Altkirch (68) Loess	0 N	17.4	175	10	26.8		
	Mist (40t/ha)	14.3	146	10.2	26.5	- 29	0
Michelbach haut (68) Lehm auf Loess	0 N	14	162	11.6	38.5		
	Gülle (40m <sup>3</sup> /ha)	14.8	166	11.2	37.3	+ 4	- 1
Schwenheim (67) hydromorpher Lehm	0 N	14.3	124	8.7	24.6		
	Mist (50t/ha)	13	105	8	30.9	- 19	+ 6.3
<b>1998</b>							
Obermorschwiller (68) gut dränierter Lehm	0 N	18	181	10	32		
	dicke Gülle (50m <sup>3</sup> /ha)	17	162	9.5	88	- 19	+ 56
Ballersdorf (68) gut dränierter Lehm	0 N	19	190	10	76		
	strohiger Mist (50t/ha)	20	249	12.4	122	+ 59	+ 46
Gommersdorf (68) gut dränierter Lehm	0 N	18	178	9.9	54		
	strohiger Mist (50t/ha)	20	222	11.1	98	+ 44	+ 44
Michelbach haut (68) gut dränierter Lehm auf Loess	0 N	10	95	10.2	22		
	verdünnte Gülle (50m <sup>3</sup> /ha)	13	118	13	22	+ 23	0

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt:

- Das Ertragsniveau der Nullparzellen, die im Anbaujahr keine Wirtschaftsdünger erhalten haben, ist respektabel und manchmal sogar hoch. Dies belegt eine hohe Stickstoffnachlieferung des Bodens auf Schlägen, die regelmäßig Mist oder Gülle erhalten. Diese Praxis trägt zu einer Anreicherung der organischen Substanz im Boden bei, welche unter dem Einfluß der Witterungsbedingungen mineralisiert und Nitrat freisetzt. Dieses ist für die Stickstoffernährung der Kultur verfügbar. Diese Situationen illustrieren die Stickstofflieferung aus Nachwirkung.
- Die direkte Wirkung der Wirtschaftsdüngung auf die Biomasseproduktion von Mais ist gering, in manchen Fällen sogar ertragsmindernd, im Vergleich mit dem Ertrag der Parzelle ohne Wirtschaftsdüngung (im Anbaujahr).  
Von den 12 in der Tabelle aufgeführten Fällen gab es in
  - 5 Fällen eine positive Wirkung von Mist/Gülle mit einem Mehrertrag von mindestens einer Tonne Trockenmasse je Hektar.
  - 3 Fällen praktisch keinen Effekt.
  - 4 Fällen einen negativen Effekt, wobei die Einbusse jedoch nur in zwei Fällen höher als 1 Tonne Trockenmasse je Hektar ist.

Man ist dennoch angenehm überrascht, wenn es Fälle von guter Verwertung des Stickstoffs aus Wirtschaftsdüngern gibt, wo man in allen Fällen schlechte Ergebnisse erwartete.

- In den Fällen mit Nachwirkung und den Fällen ohne positiven Effekt der Mistdüngung lag die Stickstoffaufnahme des Mais in der Größenordnung von 10 kg je Tonne Trockenmasse, während sie in bestimmten Fällen bei Mistdüngung ansteigt und um 13 kg/t TM liegt, was eine günstigere Versorgungssituation belegt.
- Das Jahr 1997 scheint sich von den beiden anderen zu unterscheiden: der Mist-Stickstoff wird nicht verwertet, obwohl die Standorte nicht immer hydromorphe Böden aufweisen.
- Die schlechte Verwertung des Stickstoffs aus Wirtschaftsdüngern läßt sich nicht nur auf hydromorphen Böden feststellen.. Im Gegenteil: Es gibt Situationen mit hydromorphen Böden, wo der Stickstoff verwertet wird.
- Erhöhte Nitratwerte bei der Ernte treten nur in der Hälfte der Fälle mit Wirtschaftsdünger- ausbringung auf.
- In den Fällen, wo die Wirtschaftsdünger nur zum Teil verwertet wurden oder hohe Nitratwerte nach der Ernte hinterliessen läßt sich eine Bilanz ziehen 'Stickstoffaufnahme aus Mist + Zunahme des Nmin-Werts zur Ernte in den Parzellen mit Mist' und sich dies vergleichen mit dem theoretischen Düngerwert, wie ihn die vom ITCF/ITEB/ITP in der Broschüre 'Wirtschaftsdünger' aus dem Jahre 1991 (s. Anhang) herausgegebenen Tabellen angeben. Von diesem Wert ist nicht alles für die Kultur verwertbar; der Ausnutzungskoeffizient wird auf 0,6 geschätzt.

Ort - Jahr	Stickstoffaufnahme aus Mist kg N/ha	Differenz beim Nmin nach Ernte im Vergleich zu oh. Wirtsch.düng.	wiedergefund. Gesamt-N aus Mist kg N/ha	Theoretischer* Düngerwert x CAU (N-Ausn.Koeff. = 0.6) kg N/ha
Seppois le bas - 96	72	29	101	99
Fulleren - 96	40	63.5	103.5	99
Obermorschwiller - 98	-19	56	37	91
Ballersdorf - 98	59	46	105	83
Gommersdorf - 98	44	44	88	83

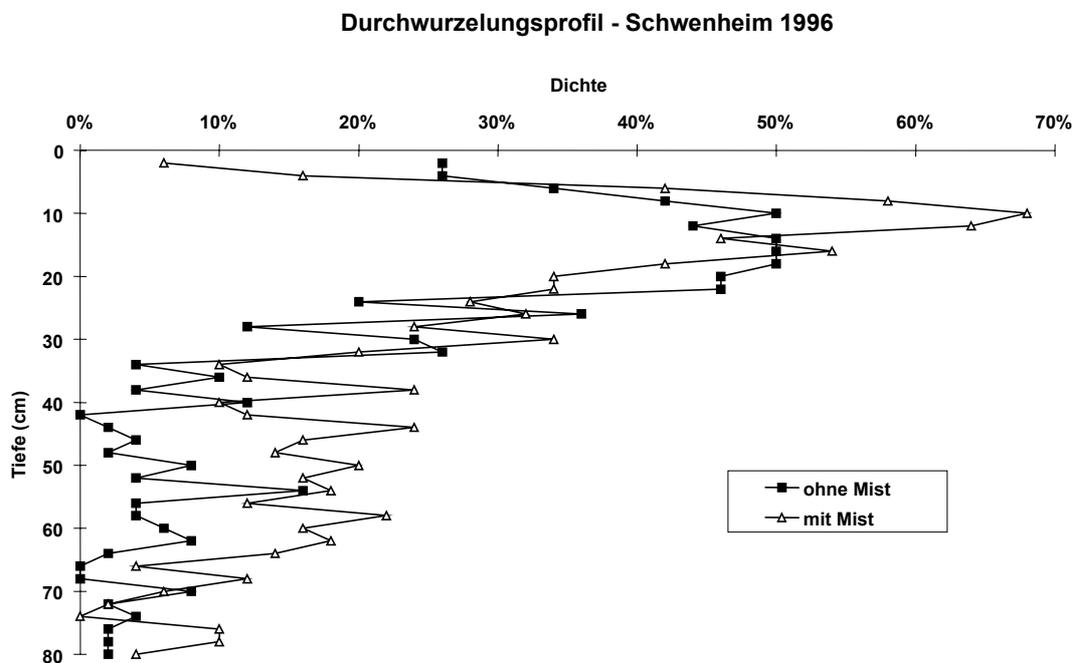
\* : Für die Berechnung des theoretischen Werts wird angenommen, daß eine Mistgabe alle 2 Jahre im Frühjahr erfolgt.

In diesen 5 Fällen findet man wieder die theoretische Größenordnung, außer 1998 in Obermorschwihr. Der Mist-Stickstoff findet sich entweder in der Pflanze oder nach der Ernte als Nitrat im Boden wieder. In Anbetracht der geringen Präzision der Messungen (grobe Ausbringungsmenge, Zusammensetzung der Miste nicht genau bekannt) erscheint diese Bilanz durchaus positiv.

Unglücklicherweise gilt dies nicht für die anderen Fälle, in denen die Wirtschaftsdünger nicht verwertet werden oder wo man manchmal ein großes Defizit in der Bilanz feststellt.

- Die Beobachtungen des Wurzelsystems zu einem Zeitpunkt, wo die Vegetation voll entwickelt ist (um die Blüte oder während der Reifung), zeigen deutlich eine Verdichtungszone entlang der Pflugsohle, was zu einer oberflächlichen Durchwurzelung, hauptsächlich der oberen 30 cm führt. Unterhalb des Pflughorizontes ist der Boden also sehr schwach durchwurzelt.

Diese Durchwurzelung ist im allgemeinen schlechter auf den Mistparzellen (vgl. Wurzelprofil von Schwenheim 1996). In diesen Parzellen findet man im unteren Bereich des Pflughorizontes Ansammlungen von unverrottetem Mist, die für das Tiefenwachstum der Wurzeln ein zusätzliches Hindernis darstellen.



- Auf manchen Parzellen im Sundgau wurden die Versuche durch Stickstoffsteigerungsvarianten ergänzt. Es wurden dieselben Messungen, also Ertrag, Stickstoffaufnahme und Bodennitratgehalt nach der Ernte durchgeführt (s. Bericht 1997).

Auch hierbei stellt man eine schlechte Verwertung des Düngerstickstoffs fest. Man könnte meinen, daß bei Mistdüngung eine starke Erhöhung der Mineraldüngung erforderlich sei, damit dieser verwertet werden könne. Es sieht so aus, als ob der Mist für seine Umsetzung einen Teil des Düngers verbraucht und ihn somit für die Kultur schlechter verfügbar macht.

Diese Annahme verlangt nach einer Verifizierung durch zusätzliche Versuche, erscheint jedoch plausibel, nachdem die zu Ende des Winters ausgebrachten Miste häufig strohig und wenig umgesetzt sind.

Dies Hypothese würde auch die Feststellungen von schlechter Mistverwertung stützen. Diese Mist sind zu frisch, als das sie der Kultur zum Zeitpunkt deren Bedarfs mineralisierten Stickstoff liefern könnten.

Zu erwähnen ist weiterhin ein Problem der Einarbeitung, nachdem sich der Mist batzenweise am Fuße des Pflughorizontes wiederfindet.

Außerdem ist die Struktur der untersuchten Böden schlecht mit Perioden von Staunässe und Verhärtung bei Trockenheit, was einer guten Durchwurzelung auch nicht dienlich ist.

### B 1.4.1 SCHLUSSFOLGERUNG

Die im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Versuche haben gezeigt, daß es, wie auch schon früher festgestellt, Fälle gibt, in denen der Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern auf zur Verschlämmung neigenden und manchmal hydromorphen Lehmböden des Sundgau und des hinteren Kochersberg schlecht verwertet wird.

Dieses Phänomen tritt jedoch nicht systematisch auf und ist nicht unbedingt an Hydromorphie gebunden; es wurde auch in gut drainierten Situationen gefunden. Die Ergebnisse scheinen zufällig zu sein und lassen sich nicht erklären.

Nachdem sich keine eindeutigen Erklärungen finden lassen sieht es so aus, daß die gemeinsamen Punkte zwischen den Untersuchungsparzellen eine Antwort geben.

- ⊖ Ein Verdichtungshorizont in 30 cm Tiefe und eine schlechte Durchwurzelung unterhalb davon.
- ⊖ Eine späte Pflugfurche (April) und späte Gaben von wenig umgesetzten Wirtschaftsdüngern.

Der im Mist oder in der Gülle enthaltenen Stickstoff ist nicht genügend mineralisiert, um vom Mais in dessen Hauptbedarfszeitraum aufgenommen werden zu können. Zu einem Mais, der nur die Bodennachlieferung zur Verfügung hat, bestehen deshalb keine Unterschiede.

Der im Frühjahr schlecht eingearbeitete, wenig zersetzte Mist, kann ebenfalls ein Hindernis für das Vordringen der Wurzeln in größere Tiefen darstellen.

Weitere Versuche zu diesem Thema mit einem Vergleich von frischem und umgesetztem Mist sollten sich anschließen.

Eine Frage bleibt aber weiterhin unbeantwortet: Wann wird der Miststickstoff mineralisiert? Dieser Stickstoff, der zum Teil in der organischen Substanz des Bodens festgelegt ist, kann in einem milden Winter mineralisiert werden und läuft dann Gefahr, ins Grundwasser ausgewaschen zu werden.

Diese Versuche zeigen die Grenzen des klassischen Ansatzes der Stickstoffdüngungsberatung auf.

In diesen Gebieten kann sich diese in Tierhaltungsbetrieben nicht mit der Multiplikation des 'Düngerwerts' mit der Ausbringungsmenge begnügen, sondern muß weitere Parameter, insbesondere die Bodenstruktur und den Ausbringungstermin berücksichtigen

Derartige Versuche sollten deshalb weitergeführt werden, unter Einbeziehung der Arbeitsorganisation, um die Beratungsempfehlungen in solchen Situationen abzusichern.

Gegenwärtig sind viele Landwirte in diesen Tierhaltungsgebieten aufgrund ihrer Betriebsorganisation dazu gezwungen, spät im Frühjahr zu pflügen und dazu frischen Mist auszubringen.

In diesen Gebieten wäre die Lösung zweifellos eine Änderung der Praxis: Lagerung und Reifung des Mist über den Sommer sowie früheres Pflügen für eine bessere Struktur.

Diese Veränderungen würde Verbesserungen der Lagerkapazität sowie Ausrüstungen für das Umsetzen und Wiederaufladen des Mists voraussetzen und zu Mehrarbeit führen, die einige Landwirte sicher nicht auf sich zu nehmen bereit sind.

Was den Ausbringungstermin angeht, so läßt das Fehlen von Daten zur Ausbringung von kompostiertem Mist keine Schlußfolgerung zu.

## **B 2 Komplettierung der regionalen Bodenstickstoffnachlieferungstabelle für Tierhaltungsbetriebe**

Im Rahmen der Erhebung von Referenzwerten für eine bessere Steuerung der Stickstoffdüngung von Mais im Elsaß betreut die ARAA seit 1987 ein 'Nullparzellenprogramm'. Diese Parzellen werden im Jahr des Versuchs nicht gedüngt, so daß dort in einer Vielzahl von klar beschriebenen Situationen die Stickstoff-Bodennachlieferung gemessen werden kann und so eine Reihe von Referenzwerten für diese Lieferung gewonnen werden kann. Unter anderem dienen sie als Beratungsgrundlage für verschiedene FERTI-MIEUX-Aktionen. Dieser Aspekt wurde im ITADA-Projekt A1.4 näher beleuchtet.

Die seit 1987 und insbesondere von 1996 bis 1998 durchgeführten Versuche umfaßten auch Tierhaltungsbetriebe, in denen im Versuchsjahr oder im Jahr davor Wirtschaftsdünger ausgebracht wurden, so daß ein direkter Effekt bzw. eine Nachwirkung gemessen werden und in die Düngungsberatung integriert werden konnte

Eine Auswertung der von der ARAA zwischen 1987 und 1998 aufgebauten Datenbank, speziell dieser Situationen, d.h. der 210 Fälle mit Wirtschaftsdüngereinsatz, davon 116 Fälle mit Wirtschaftsdünger direkt zur untersuchten Kultur und 88 Fälle mit organischer Düngung im Laufe der Fruchtfolge wurde vorgenommen. In den Jahren 1996 bis 1998 waren es 25 Versuche (6 anno 96, 10 anno 1997 und 9 anno 1998, s. Anhang zu Bericht A1.4).

154 Versuche konnten nach Bodentypen ausgewertet werden, da genügend Ergebnisse je Bodentyp vorlagen. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 2 dargelegt, welche in Abhängigkeit vom Bodentyp die Stickstoffnachlieferung angibt sowie Auskunft darüber gibt, ob es sich um Direkt- oder Nachwirkung handelt. In den Fällen, wo die Anzahl Ergebnisse ausgereicht hat, wurden die Ergebnisse quintilweise ausgewertet. Die gefundenen Werte wurden mit den Medianen der regionalen Bodenstickstoffnachlieferungstabelle für Betriebe ohne Wirtschaftsdüngereinsatz verglichen, um deren Effekt zu quantifizieren.

Die Ergebnisse sind repräsentativ für 5 Bodentypen (mehr als 10 Ergebnisse) und für 3 davon, Loess, Lehm und Lehm auf Loess lassen sich die Situationen des Ober- und des Unterelsaß unterscheiden.

Die Bodentypen sind weniger zahlreich als bei der Gesamtheit der 'Nullparzellen'. Sie sind jedoch repräsentativ für die Tierhaltungsgebiete in der elsässischen Ebene.

Die Fälle mit speziellen Vorfrüchten (Kohl, Tabak, Zuckerrüben, ...) wurden nicht berücksichtigt (zu wenig Ergebnisse); wir beschränkten uns auf Getreidefruchtfolgen (Getreide, Körner- und Silomais).

Die Nachwirkung (NW) wird gemessen über die Stickstoffaufnahme auf einer 'Nullparzelle', die im Versuchsjahr weder Wirtschafts- noch Mineraldünger erhält, jedoch auf einem Schlag liegt, der regelmäßig (alle zwei Jahre) Wirtschaftsdünger erhält. Sie errechnet sich über die Bodennachlieferung eines Schlages der im Jahr vor der Kultur oder im Vorvorjahr Mist erhalten hat abzüglich der Bodennachlieferung eines Schlages, der nie Mist erhalten hat.

Die Direktwirkung (DW) wird über die Stickstoffaufnahme einer 'Nullparzelle', die im Versuchsjahr zwar Wirtschaftsdünger, aber keinen Mineraldünger erhält, gemessen. Sie errechnet sich folglich aus der Bodennachlieferung eines Schlages, der im Anbaujahr mit Mist gedüngt wurde abzüglich der Bodennachlieferung eines Schlages, der regelmäßig Mist erhält, im Anbaujahr jedoch keinen erhalten hat.

Auswertung von Nullparzellen (ohne Mineral-N im Betrachtungsjahr) 1987 - 1998 mit Wirtschaftsdüngereinsatz (WD) im Getreidebau (incl. Mais):

**Tabelle 2: Werte der Stickstofflieferung des Bodens in einjährigen Nullparzellen (kg N/ha):**

Bodentyp	örtl. Boden code	Nachwirkung (NW) bzw. Direktwirkung (DW)	Anzahl Ergebnisse	Minimum	Q1	Median	Q4	Mittel	Standardabweichung	DW Median	Medianwert der Tabelle f. Betriebe ohne WD	NW Median d. Tab. für Betriebe ohne WD	NW + DW Median d. Tab. für Betr. ohne WD
kiesiges braunes Ried	111	DW	15	108	153	171	225	186	53	+5	130	+36	+41
		NW	3	153		166		185	45				
tiefere Rheinebene	120	DW	12	69	130	174	230	174	51	+16	126	+32	+48
		NW	6	69		158		155	71				
Loess Unterelsass	210	DW	22	138	150	179	206	183	34	-10	151	+38	+28
		NW	8	169	170	189		190	26				
Loess Oberelsass	210	DW	3	84		110		113	31	-17	103	+24	+7
		NW	6	86		127		126	32				
Lehm/Loess Unterelsass	214	DW	6	206		210		217	16	+32	175	+3	+35
		NW	7	147		178		183	24				
Lehm/Loess Oberelsass	214	DW	4	111		140		139	29	+41	123	-24	+17
		NW	5	95		99		126	42				
Lehme Unterelsass	220	DW	8	52	77	140		134	46	+16	107	+17	+33
		NW	5	92		124		128	38				
Lehme Oberelsass	220	DW	17	96	126	189	222	179	46	+49	107	+33	+82
		NW	27	70	108	140	174	142	38				
<b>Mittel</b>												+20	+36
<b>Median</b>												+29	+34

- Die erhöhten Standardabweichungswerte weisen auf eine große Variabilität der Ergebnisse hin, die auf das grobe Meßinstrument zurückzuführen sind: Miste und Güllen wurden als gleichwertig betrachtet. Unterschiedliche Ausbringungstermine blieben unberücksichtigt. Manchmal liegen nur wenige Meßwerte vor und die Unterschiede zwischen den gemessenen Werten sind noch größer.
- Die Direktwirkung ist im allgemeinen größer als die Nachwirkung, außer auf den Loessböden des Unterelsaß, wo der Stickstoff aus den Wirtschaftsdüngern langsamer freigesetzt zu werden und länger verfügbar zu sein scheint
- Mit Ausnahme der Lehm auf Löß- und Loessböden des Oberelsass, wo die Wirtschaftsdünger nicht gut verwertet werden, was einige Ergebnisse des vorigen Kapitels bestätigt, kann man mit mindestens 30 kg N/ha rechnen, wenn die Düngung kurz vor der Kultur auf Schlägen, die regelmäßig Wirtschaftsdünger erhalten, ausgebracht wird. Umgekehrt bringen die oberlesässischen Lehme unter denselben Umständen hohe Stickstofflieferungen und bestätigen damit einige 'gute Verwertungen' von Mist, von denen im vorigen Kapitel berichtet wurde (z.B. Seppi und Fulleren 96). Diese unterschiedlichen Ergebnisse für die Böden des Sundgaus bestätigen die Unterschiede zwischen den weiter oben beschriebenen Parzellenpaaren 'mit und ohne Mist' (s. Tab. 1)
- Die Nachwirkung ist weniger variabel wie die Direktwirkung. Mit Ausnahme der Fälle von Lehm auf Loess, wo offensichtlich kein Stickstoff aus den Wirtschaftsdüngern mehr verfügbar ist und den Lehmen des Unterelsaß, kann man ebenfalls mit 30 kg N/ha als Nachwirkung rechnen.
- Die Tierhaltungsbetriebe, die regelmäßig Mist oder Gülle auf ihre Schläge ausbringen, können also gegenüber dem Medianwert der regionalen Tabelle mit 35 kg N/ha Stickstoff zusätzlich rechnen. Dies ist die Stickstoffmenge, die bei der Berechnung der auszubringenden Düngermenge abgezogen werden muß, um keine Überdüngung und Verluste, die das Grundwasser gefährden, zu produzieren.

## **B 2 Schlussfolgerungen**

Die zu Mais ausgebrachten Wirtschaftsdünger stellen eine Stickstoffquelle für diese Kultur dar. Viele Landwirte tragen dem bei der Berechnung der Stickstoffdüngung noch nicht in ausreichendem Maße Rechnung und tragen so zur Nitratbelastung des Grundwassers bei.

Die Auswertung der Datenbank, die dank der im Elsaß seit 1987 durchgeführten Versuche erstellt wurde, ermöglicht eine bessere Beratung in Tierhaltungsbetrieben. Die Ergebnisse belegen eine höhere Stickstoffnachlieferung des Bodens in Tierhaltungsbetrieben. Mit genaueren Bewertungsinstrumenten (Wirtschaftsdüngeruntersuchung, Ausbringungsdaten, ...), die hier nicht verfügbar waren, ließe sich Tendenz beziffern.

Die große Variabilität der Ergebnisse gestattet keine allgemeine Empfehlung. Diese müßte in Richtung einer reduzierten Mineraldüngung gehen, aber es ist noch schwierig und mit Unsicherheiten behaftet, diese Reduktion zu beziffern.

Die aktuell gültige Beratungsempfehlung, die Mineraldüngung um 35 kg N/ha zu reduzieren, wenn mit einer Nachwirkung von Wirtschaftsdüngern zu rechnen ist und um 40 kg N/ha bei einer direkten Wirtschaftsdüngerwirkung, wurde auf Daten aus dem braunen Ried gegründet, indem der Mittelwert abzüglich Standardabweichung genommen wurde.

Die voranstehende Tabelle berücksichtigt eine größere und bezüglich der Standortverhältnisse vielfältigere Datenbasis und ändert die bisherige Beratungsempfehlung teilweise ab. Diese Ergebnisse geben Anlass, die Ferti-mieux-Empfehlungen in einigen Situationen zu überarbeiten. Um zu Fallgruppen von kleinerer Variabilität zu kommen, müßte der Zustand der Bodenstruktur der Nullparzellen beschrieben werden. Dies ist eine große und schwierige Aufgabe, die nicht voll bewältigt werden konnte, so wie im Versuchsplan vorgesehen.

In den verschiedenen Problemsituationen müßte die Datenerhebung in verfeinerter Form weitergeführt werden, um angepasste und besser abgesicherte Beratungsempfehlungen erteilen zu können.

## **Teilthema C: Machbarkeit der Gülleausbringung im Herbst auf Böden von mittlerer und geringer Wasserdurchlässigkeit**

### **C 1 Einführung**

Die Zulässigkeit der Gülleausbringung im Herbst vor Sommerkulturen wird von Regelwerken wie dem Kodex der guten landwirtschaftlichen Praxis auf französischer oder der Düngeverordnung auf deutscher Seite in Frage gestellt.

So gestattet der Kodex der guten landwirtschaftlichen Praxis die Ausbringung von Stickstoffdüngern der Kategorie II (C/N < 8, Gülle) zu Sommerkulturen erst ab dem 15. Januar. Unterstellt man ein semi-kontinentales, kaltes Klima mit geringen Niederschlägen anfangs des Winters und Böden mit unterschiedlicher Auswaschungsneigung, so kann man sich fragen, ob erhöhte Nitratauswaschungen bei einer Gülleausbringung im Herbst zwangsläufig sind. Der elsässische landwirtschaftliche Berufsstand hat deshalb eine Ausnahmegenehmigung für eine Vorverlegung dieses Termins auf den 01. November beantragt und erhalten.

### **C 2 Ziel**

Ziel der Versuchsanstellung war es, nachzuweisen, dass die Ausnahmeregelung die Nitratauswaschungsgefahr gegenüber der grundsätzlichen Regelung nicht erhöht. Verschiedene Verfahren zur Abklärung einer eventuell verstärkten Nitratauswaschung durch Gülleausbringung im November wurden geprüft. Da die Arbeitskapazität und die Finanzen nicht erlaubt haben, alle im Elsass vorkommenden Standortverhältnisse zu berücksichtigen, erschien es uns bedeutsam, das Gefahrenpotential unter sehr gegensätzlichen Standortverhältnissen zu ermitteln, weshalb wir die Ausbringung von Gülle auf Böden mittlerer bis erhöhter Auswaschungsgefährdung einerseits sowie sehr begrenzter Auswaschungsgefährdung andererseits untersucht haben.

### **C 3 Methodik**

#### *C 3.1 Die Auswahl der Situationen und die Begründung dafür*

Da die Arbeitskapazität und die Finanzen nicht erlaubt haben, alle im Elsass vorkommenden Standortverhältnisse zu berücksichtigen, erschien es uns bedeutsam, das Gefahrenpotential unter sehr gegensätzlichen Standortverhältnissen zu ermitteln, weshalb wir die Ausbringung von Gülle auf Böden mittlerer bis erhöhter Auswaschungsgefährdung einerseits sowie sehr begrenzter Auswaschungsgefährdung andererseits untersucht haben.

- Wir entschlossen uns schließlich, Böden von mittlerer bis erhöhter Nitratauswaschungsgefährdung zu untersuchen (anstelle von sehr stark gefährdeten), weil
  - im Elsass die Böden mit stark erhöhter Auswaschungsgefährdung hauptsächlich sehr kiesige und geringmächtige Böden sind, bei denen die Bodenprobenahme praktisch unmöglich ist und damit auch die Messungen. Die ganz sandigen Böden mit ebenfalls sehr starker Auswaschungsgefährdung sind in der sensiblen Zone selten (Sande des Tiefgestades am Rhein entlang oder Pliozäne Sande von Haguenaue); außerdem ist dort die Mineralisation der organischen Substanz sehr speziell, nämlich ganz schnell, und damit nicht repräsentativ für andere Böden.
  - Bei den auswaschungsgefährdeten Böden lassen sich genügend tiefgründige Böden (mindestens 60 cm) für signifikante Messungen finden.
  - Der Anteil auswaschungsgefährdeter Böden innerhalb der sensiblen Zone läßt sich auf 15-20% schätzen; die Böden mit sehr starker Auswaschungsgefährdung machen ungefähr ebenso viel aus.

Die Böden mit eher geringer Auswaschungsgefährdung, d.h. Böden mit einer nutzbaren Feldkapazität von mehr als 180 mm, wurden ausgewählt, um die Hypothese zu prüfen, wonach hier die Gefahr der Nitratverluste geringer ist.

### *C 3.2 Die Versuchsanordnung bei Böden mittlerer bis hoher Auswaschungsgefährdung*

Bei Böden mittlerer bis hoher Auswaschungsgefährdung werden verschiedene Gülleausbringungstermine in Verbindung mit unterschiedlichen Modalitäten der Bodenbedeckung und Bodenbearbeitung miteinander verglichen.

#### 1) Auswahl des Schlages:

Der Schlag muß eine nutzbare Feldkapazität zwischen 80 und 120 mm haben, was eine mittlere Auswaschungsgefährdung in Verbindung mit einer Nachweismöglichkeit bedeutet. Auf Böden mit einer deutlich geringeren nutzbaren Feldkapazität besteht die Gefahr, daß die Auswaschung massiv und sehr plötzlich auftritt, so daß sie den Messungen entgeht. Es ist wünschenswert, daß der Boden so homogen wie möglich ist: Ein tiefgründiger, sandig-lehmiger bis lehmig-sandiger Boden wäre gut geeignet.

Die Versuchsparzelle ist im Jahr der Versuchsanlage und im Folgejahr mit Mais bepflanzt. Der Schlag erhält alle 2-3 Jahre Wirtschaftsdünger.

#### 2) Miteinander zu vergleichende Behandlungen

- a) Kontrolle ohne Gülle (unbedeckter Boden, Maisstroh abgefahren); Pflug im November
- b) Gülleausbringung auf unbedeckten Boden am 01.11.; Pflug im November
- c) Gülleausbringung auf Maisstroh am 01.11.; Pflug im November
- d) Kontrolle ohne Gülle mit Maisstroh; Pflug im November
- e) Gülleausbringung auf Maisstoppel nach dem 15.01. und nach Pflug im November
- f) Gülleausbringung auf Maisstoppel nach dem 15.01., gefolgt von später Pflugfurche
- g) Kontrolle ohne Gülle mit Maisstoppel und später Pflugfurche (nach 15.01.)

#### 3) Versuchsanlage

Jede Variante besteht aus einem Streifen über die gesamte Schlaglänge in der Breite der Gülleausbringung (oder eines vielfachen davon).

Vor der Ausbringung wird die Gülle im Güllebehälter homogenisiert.

Die Güllemenge wird so gewählt, daß etwa 200 kg N/ha ausgebracht werden. Die Bestimmung des Stickstoffgehalts der Gülle zum Zeitpunkt der Ausbringung erfolgt mit dem Quantifix-Gerät. Außerdem wird eine Gülleprobe zur Untersuchung an die SADEF geschickt. Die ausgebrachte Menge wird dann im Nachhinein durch Wiegen des Güllefasses vor und nach der Ausbringung berechnet.

Bei den Varianten mit Maisstroh wird dieses gehäckselt.

#### 4) Versuchsbegleitung

Ein Messung des Mineralstickstoffgehalts im Boden erfolgt am 01.11., 01.12., 15.01. und 15.03. in allen Streifen, die vor dem Zeitpunkt der Beprobung eine unterschiedliche Behandlung erfahren haben (s. Übersichtstabelle).

Im Folgejahr wird auf jedem der Streifen eine Nullparzelle (ohne N-Mineraldünger-Zufuhr) angelegt, um die Gülleverwertung durch den Mais zu messen.

Alle Boden- und Maispflanzenproben von diesen Nullparzellen werden zur Untersuchung an die SADEF gesandt.

Übersichtstabelle 3:

Variante N°	1	2	3	4	5	6	7
Bodenbedeckung	unbedeckt	unbedeckt	gehäckselte Maisstoppel				
Gülleausbringung	nein	ja	ja	nein	ja	ja	nein
Ausbringetermin	-	1/11	1/11	-	15/01	15/01	-
Pflügetermin	10/11	10/11	10/11	10/11	10/11	16/01	16/01
Nmin am 01.11. vor Gülleausbr.		X	X				
Nmin am 01.12.	X	X	X	X			X
Nmin am 15.01.	X	X	X	X	X	X	X
Nmin am 16.03.	X	X	X	X	X	X	X
Nullparzelle	X	X	X	X	X	X	X

### C.3.3 Die geplante Versuchsanordnung bei Böden mit mittlerer bis erhöhter Auswaschungsgefährdung

Auf tiefgründigem Boden mit geringer Nitratauswaschungsgefahr wurde versucht, die Ausbringungsmenge zu ermitteln, die im Herbst nicht überschritten werden darf, wenn sich die Nitratverluste nicht signifikant erhöhen sollen.

#### 1) Auswahl des Schlages

Man wird einen Schlag mit Mais-Monokultur auf tiefgründigem lehmigen Boden, der alle zwei oder drei Jahre Gülle erhält auswählen. Zu stark begüllte Flächen sind zu vermeiden.

#### 2) Zu vergleichende Behandlungsvarianten

- Kontrolle ohne Gülle
- geringe Güllemenge im November
- mittlere Güllemenge im November
- hohe Güllemenge im November

Die Höhe der geringen, mittleren und hohen Güllemenge wird durch deren Zusammensetzung und das verfügbare Ausbringungsgerät bestimmt. Das können 20-40-60 oder 30-45-60 m<sup>3</sup>/ha sein. Der Mittelwert sollte in etwa einer Ausbringungsmenge von 200 kg N/ha entsprechen.

#### 3) Versuchsanlage

Jede Variante besteht aus einem Streifen über die gesamte Schlaglänge in der Breite der Gülleausbringung (oder eines vielfachen davon).

Vor der Ausbringung wird die Gülle im Güllebehälter homogenisiert.

Die Güllemenge wird so gewählt, daß etwa 200 kg N/ha ausgebracht werden. Die Bestimmung des Stickstoffgehalts der Gülle zum Zeitpunkt der Ausbringung erfolgt mit dem Quantifix-Gerät. Außerdem wird eine Gülleprobe zur Untersuchung an die SADEF geschickt. Die ausgebrachte Menge wird dann im Nachhinein durch Wiegen des Güllefasses vor und nach der Ausbringung berechnet.

#### 4) Versuchsbegleitung

Ein Messung des Mineralstickstoffgehalts im Boden erfolgt am 01.11., 01.12., 15.01. und 15.03. in allen Streifen, die vor dem Zeitpunkt der Beprobung eine unterschiedliche Behandlung erfahren haben (s. Übersichtstabelle).

Im Folgejahr wird auf jedem der Streifen eine Nullparzelle (ohne N-Mineraldünger-Zufuhr) angelegt, um die Gülleverwertung durch den Mais zu messen.

Alle Boden- und Maispflanzenproben von diesen Nullparzellen werden zur Untersuchung an die SADEF gesandt.

Übersichtstabelle 4:

Variante N°	1	2	3	4
Bodenbedeckung	gehäckselte Maisstoppel	gehäckselte Maisstoppel	gehäckselte Maisstoppel	gehäckselte Maisstoppel
Gülleausbringung	nein	ja	ja	ja
Ausbringetermin	-	Anfang November	Anfang November	Anfang November
Gülmengen	null	gering	mittel	hoch
Nmin am 01.11. vor Gülleausbr.	X			
Nmin am 01.12.	X	X	X	X
Nmin am 15.01.	X	X	X	X
Nmin am 16.03.	X	X	X	X
Nullparzelle	X	X	X	X

## C 4 Ergebnisse

### C 4.1 Das Versuchsjahr 1996/97 bei mittlerer bis hoher Bodendurchlässigkeit.

Ort: Friesenheim (F-67)

Bodentyp: tiefgründiger sandiger Boden mit 80 mm nutzbarer Feldkapazität

Art des Wirtschaftsdüngers: Schweinegülle

Gesamt-N-Gehalt: 5,3 kg N/m<sup>3</sup>, davon 3 kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup> bei Novemborgülle

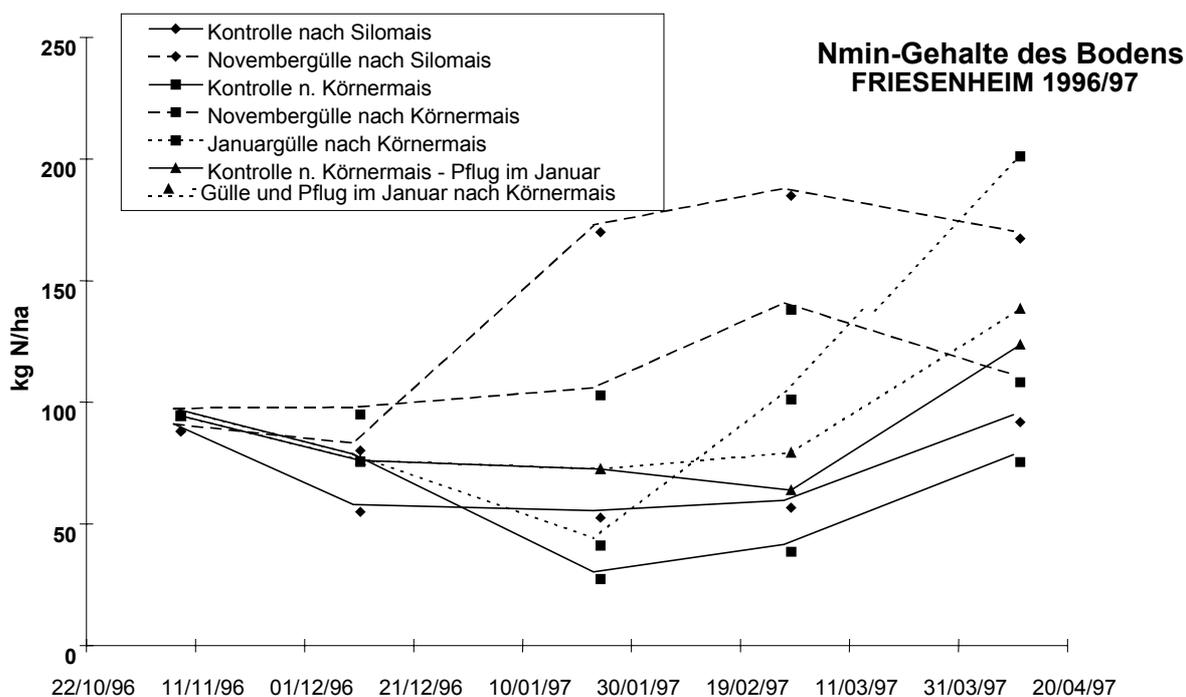
3,6 kg N/m<sup>3</sup>, davon 1,7 kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup> bei Januargülle

Ausbringungsmenge: 65 m<sup>3</sup>/ha mit 344 kg Nges. im November und 234 kg Nges. im Januar

Ausbringungsdatum: 07. November 1996 und 24. Januar 1997

Anmerkung: Wegen einer Fehlinterpretation der Quantofix-Messung wurden im November 344 kg N/ha anstelle von 200 kg N/ha ausgebracht.

Abb. 1:



Die ausführlichen Ergebnisse befinden sich in Anhang C1.

### *Die Kontrollparzellen ohne Gülledüngung*

Man beobachtet eine Abnahme der Nitratgehalte im Boden zwischen November und Januar. Im November kam es wahrscheinlich zu Nitratauswaschungsverlusten: In den beiden Kontrollparzellen mit Silo- bzw. Körnermais fällt der Nitratgehalt von 91 auf 58 bzw. von 97 auf 78 kg N/ha. Der November war sehr niederschlagsreich (141mm bei der Station Dieboldsheim), insbesondere während der zweiten Dekade (85mm) und der Boden des Schlages ist eher durchlässig. Die durchgerechnete Wasserbilanz (Anhang C2) bestätigt diese Hypothesen: Die Sickerwasserbildung beginnt Anfang November und kann von da an Nitrat auswaschen.

Im weiteren Verlauf des Winters verhalten sich die beiden Kontrollparzellen unterschiedlich: Nach Körnermais ist eine Abnahme des Nitratgehalts im Boden festzustellen, obwohl die Niederschlagsmengen gering und die Temperaturen im Januar sehr niedrig sind, so daß die Nitratgehalte sich eigentlich kaum verändern dürften.

Insgesamt beobachtet man bei Kontrollparzelle Silomais im Zeitraum 07.11 bis 23.01. Nitratauswaschungsverluste im November in einer Größenordnung von 30 kg N/ha, während sie in der anschließenden kalten und trockenen Periode gleich Null sind. Bei den Körnermais-Kontrollparzellen sind die Auswaschungsverluste geringer, möglicherweise infolge einer Stickstofffestlegung durch das Stroh.

In den beiden Kontrollparzellen ohne Gülle steigen die Nitratwerte nach einem warmen März mit günstigen Bedingungen für die Mineralisierung der organischen Substanz im April signifikant an.

Auf der im Januar gepflügten Kontrollparzelle stellt man zuerst eine Abnahme der Nitratwerte fest, zweifellos wegen der Stickstofffestlegung durch das Stroh, und später dann einen Anstieg. Im April ist der Nitratwert auf dieser Parzelle am höchsten.

### *Die Varianten mit Gülle*

Man stellt fest, daß ein großer Teil des in der Gülle enthaltenen Stickstoffs sich unmittelbar nach der Ausbringung nicht im Boden finden läßt. Nachdem diese auf die Oberfläche aufgebracht wurde, müßte sich wenigstens in den oberen Bodenschichten mehr Stickstoff finden lassen. Kam es zu Verlusten in die Atmosphäre?

Nichtsdestotrotz findet sich ab Januar ein großer Teil des Güllestickstoffs in den verschiedenen Horizonten wieder, wo er ausgewaschen werden kann. Dies muß auch im Zeitraum zwischen der Februar- und der April-Messung eingetreten sein.

Auch hier hat sich das Maisstroh im Vergleich zur unbedeckten Parzelle günstig auf die Stickstoffbindung ausgewirkt: In der Variante nach Körnermais findet sich zu den verschiedenen Beprobungszeitpunkten weniger Nitrat als in der Variante nach Silomais.

Die Gülleausbringung im Januar läßt die Bodennitratgehalte sehr deutlich ansteigen, jedoch in einem Zeitraum mit geringerer Auswaschungswahrscheinlichkeit. Die Ausbringung mit anschließendem Einpflügen erhöht die Nitratwerte langsamer: Der Stickstoff wird zum Abbau des frisch eingepflügten Strohs verwendet.

Unter den Witterungsverhältnissen des Winters 1996 und Frühjahrs 1997 scheint eine Gülleausbringung auf gehäckselte Maisstoppel dem Boden einen Stickstoffvorrat einzubringen, der umso eher mineralisiert und folglich auswaschungsgefährdet ist, wenn er im Herbst eingebracht und gleich eingepflügt wird.

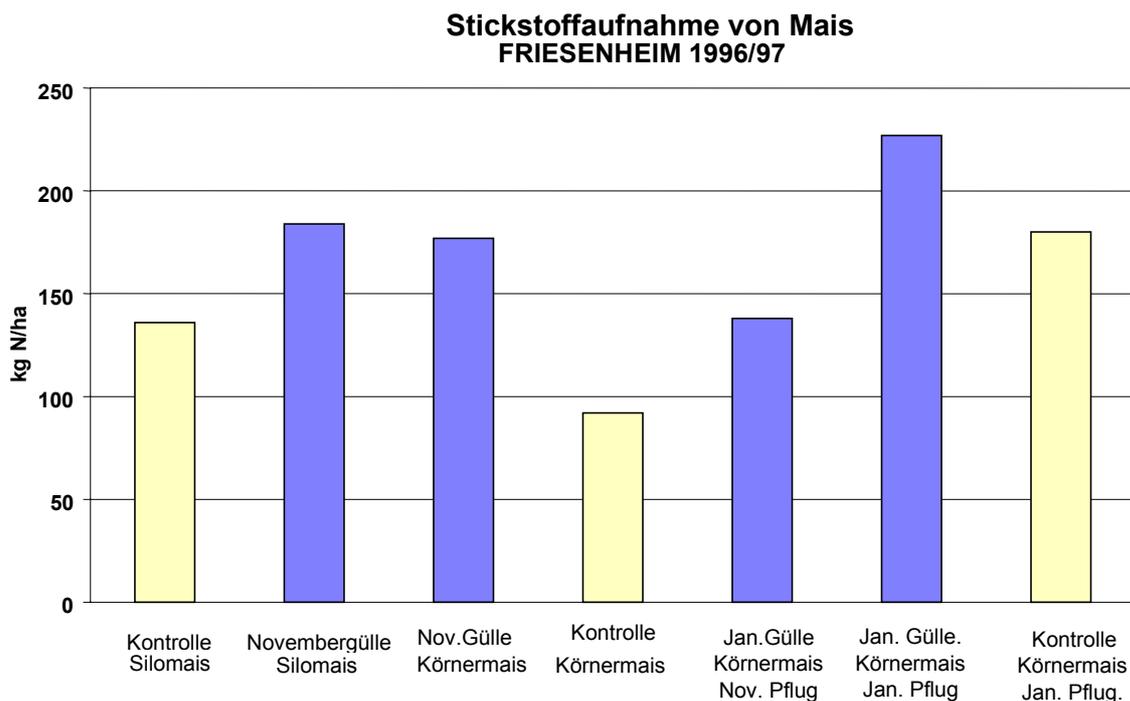
Wird die Gülle im Januar ausgebracht, scheint das Pflügen im Herbst erst einmal die Stickstofffestlegung zu begünstigen, im Frühjahr wird dieser dann jedoch massiv freigesetzt. Wird jedoch erst im Januar, gleich nach der Ausbringung gepflügt, scheint ebenfalls eine Stickstofffestlegung stattzufinden, jedoch zeitlich verzögert, so daß im Frühjahr, wenn die Temperaturen ansteigen, ein Teil dieses Stickstoffs noch in organischer Bindung vorliegt und so weniger der Auswaschungsgefahr ausgesetzt ist.

### *Ergebnisse bei der nachfolgenden Maiskultur*

Die nachstehende Abbildung zeigt die von einem ohne Mineraldünger nach jeder der Varianten angebauten Mais aufgenommene Stickstoffmenge. Man stellt fest, daß die beiden Kontrollparzellen nach Silo- und Körnermais die niedrigsten Werte aufweisen. Die im Januar gepflügte Kontrollparzelle bringt fast 90 kg N/ha mehr als die im November gepflügte Schwesterparzelle.

Dort wo Gülle ausgebracht wurde, ist die Bodennachlieferung größer als auf der entsprechenden Vergleichsfläche. Dies bedeutet, daß der Mist zum Teil vom Mais genutzt wurde. Die Ausbeute liegt zwischen 45 und 85 kg N/ha. Dies entspricht 14 - 25% des mit dem Mist ausgebrachten Gesamtstickstoffs.

Abb. 2:



Die Einzelergebnisse befinden sich im Anhang C3

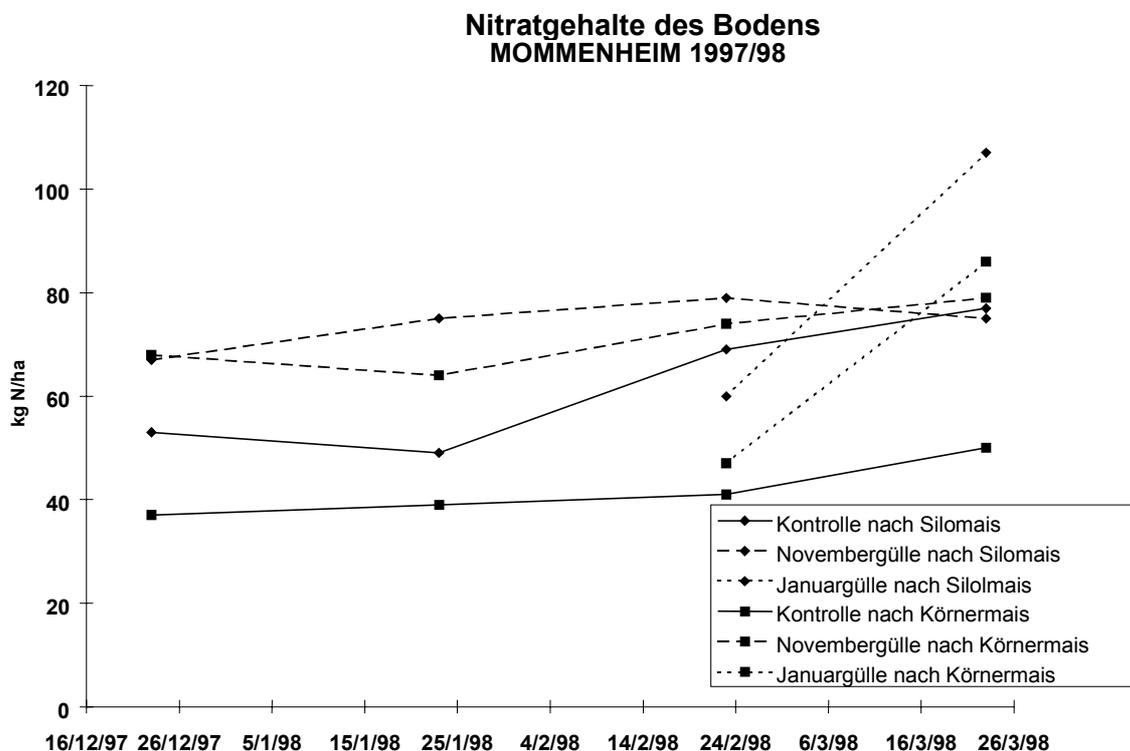
## C 4.2 Das Versuchsjahr 1997/98 bei Böden mittlerer bis hoher Auswaschungsgefährdung

### Der Versuch

Ort: Mommenheim (F-67)  
 Boden: lehmig-tonig-sandig, wasserbeeinflusst, nutzbare Feldkapazität 130mm  
 Art des Wirtschaftsdüngers: 50 m<sup>3</sup> Rindergülle mit 2,1 kg Nges/m<sup>3</sup>, davon 1,0 kg NH<sub>4</sub>-N, macht insgesamt 105 kg N/ha.  
 Ausbringungsdaten: 24.11.1997 und 23.01.1998

Anmerkung: Der Versuchsplan wurde geändert indem die Varianten g (Gülle nach Körnermais mit Pflug im November) und e (Kontrolle nach Körnermais und Pflug im Januar) entfielen und eine Variante f2 mit Gülle im Januar nach Silomais eingefügt wurde

Abb. 3:



Die ausführlich Ergebnisse befinden sich in Anhang C4.

### Die Kontrollparzellen ohne Gülle

Die Werte 'Kontrolle nach Körnermais' liegen auf unterstem Niveau und sind über den Winter relativ stabil. Die Verteilung des mineralischen Stickstoffs in den 3 Schichten ändert sich in dieser Zeit wenig. Man kann vermuten, daß während des Winters wenig Auswaschung gab. Diese Hypothese wird gestützt durch die Auswertung der Wasserbilanz dieser Parzelle (Anhang C5), die einen Überschuß von 105 mm ausweist. In dem untersuchten Boden sagt das Burns-Modell hierfür einen Verlust von 25% des im Profil verteilten und 6% des auf die Oberfläche ausgebrachten Nitrats voraus. Relativ milde Wintertemperaturen, insbesondere im Februar, haben die Mineralisation ermöglicht.

Die Werte 'Kontrolle nach Silomais' liegen darüber und weisen einen parallelen Verlauf auf.. Die Differenz von rund 20 kg N/ha zwischen den beiden Verlaufslinien ist auf die Festlegung eines Teils des Bodenstickstoffs durch die Mikroorganismen, welche das Maisstroh abbauen,

zurückzuführen. Festzustellen ist, daß sich in dieser Variante zwischen Dezember und Februar die Verteilung über die Schichten zugunsten der tieferen Schichten ändert, und im März der Wert in der obersten Bodenschicht ansteigt. Das bestätigt eine mäßige Nitratauswaschung während des Winters und eine Mineralisation im Februar.

#### *Die Varianten mit Gülle*

Nach Gülleausbringung im November nach Körnermais beobachtet man, daß der Mineralstickstoffgehalts des Bodens gegenüber der Kontrolle um etwa 30 kg N/ha ansteigt und einen ähnlichen Verlauf aufweist. Der relativ trockene Winter hat zweifellos zu recht geringen Nitratverlusten geführt. Zu beachten ist weiterhin, daß die gesamte Stickstoffdüngungsmenge relativ bescheiden ist (100 kg N/ha).

Die Auswertung des Kurvenverlaufs für 'Gülle im November nach Silomais' zeigt einen ungünstigeren Verlauf des Nitratprofils im Boden mit einer Anreicherung in der Tiefe, was eine Nitratverlagerung nach Unten andeutet. Dies wäre zu erklären mit einer abweichenden Wasserbilanz (mehr Versickerung nach Silomais als nach Körnermais) und mit der fehlenden Stickstofffestlegung durch Strohabbau.

Die Gülleausbringung im Januar führt zu einem starken Anstieg beim Nitratgehalt des Bodens: Ende März werden 100 kg N/ha erreicht. Wenn es im April und Mai keinen Niederschlagsüberschuß gibt, steht dieser Stickstoff unmittelbar für die Versorgung der Kultur zur Verfügung.

### **Schlußfolgerungen**

Auf dieser Parzelle zeigt sich, daß die Einarbeitung des Maisstrohs etwa 20 kg/ha Stickstoff festgelegt hat und daß die Ausbringung einer stickstoffarmen Gülle den N<sub>min</sub>-Gehalt des Bodens zum Winteranfang erhöht hat.

Der Winter 1997/98 war nicht sehr niederschlagsreich. Die nutzbare Feldkapazität dieses Bodens wurde auf 130 mm geschätzt; die Dränwassermenge betrug höchstens 105 mm, was nur zu einer bescheidenen Nitratauswaschung führt.

Ende Februar weisen die Parzellen mit Novemborgülle höhere N<sub>min</sub>-Gehalte auf als diejenigen, die im Januar mit Gülle gedüngt wurden. Die Gülleausbringung auf das Maisstroh ist weniger gefährlich als die Gülleausbringung nach Silomais.

#### *Auswirkungen auf den nachfolgenden Mais*

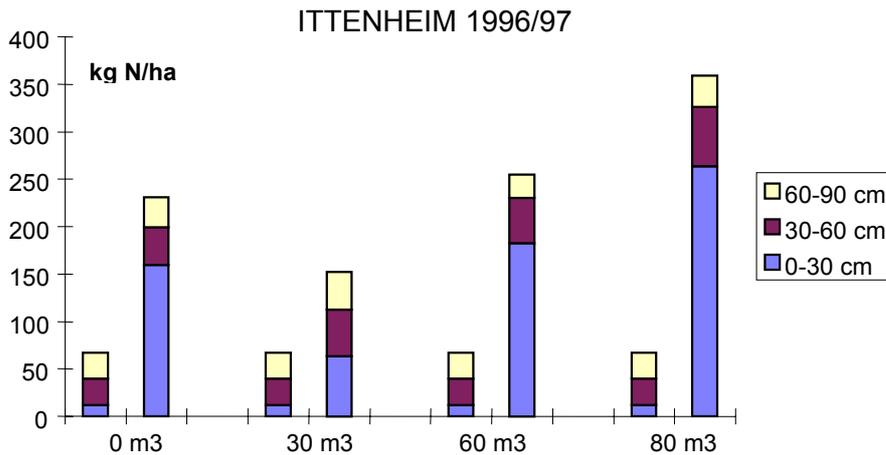
Die Versuchsparzelle wurde am 01.05.1998, einige Tage nach der Maisaussaat, durch ein Gewitter erheblich in Mitleidenschaft gezogen. Dieses Gewitter hat teilweise auch das Maisaatgut herausgeschwemmt, so daß der Landwirt einen Teil des Schlages nachsäen mußte, was zu Reihen mit normaler und doppelter Saatstärke führte. Dies hatte zur Folge, daß die Messungen des Aufwuchses nicht sehr vertrauenswürdig waren und der Versuch deshalb nicht ausgewertet werden konnte.

### **C 4.3 Versuchsjahr 1996/97 auf einem Boden von sehr begrenzter Auswaschungsgefährdung**

Ort: Ittenheim (F-67)  
 Bodentyp: tiefgründiger Lehm Boden mit 180 mm nutzbarer Feldkapazität  
 Wirtschaftsdüngerart: Schweinegülle mit 2,4 kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup>  
 Ausbringungsmenge: 0, 30, 60 und 80 m<sup>3</sup>/ha  
 Ausbringungsdatum: 10. Dezember 1996.

Anmerkung: Die Messung des Bodennitratgehalts über Winter wurde nicht realisiert.

**Abb. 4: Nmin-Gehalte im Boden am 10.12.96 und 16.06.97**



Die Einzelheiten der Messungen befinden sich in Anhang C6.

Zwischen den beiden Terminen stellt man eine starke Zunahme der Bodennitratgehalte fest, insbesondere im Oberboden: Dies ist hauptsächlich auf die Frühjahrsmineralisierung zurückzuführen.

Der relativ stabile Nitratgehalt im Unterboden läßt vermuten, daß wohl keine große Nitratauswaschung stattgefunden hat. Diese Hypothese wird von der Wasserbilanz unterstützt (Anhang C7), die für den Winter einen Überschuß von 74 mm ausweist, was bei diesem Bodentyp zu einer sehr geringen Auswaschung führt. Es ist zu beachten, daß der Winter 1996/97 eher feucht war: Von Oktober bis Februar fielen in Wiwersheim 300 mm Niederschlag während der Mittelwert für Entzheim 204 mm beträgt.

**Tab. 5: Ergebnisse bei der nachfolgenden Maiskultur (Ittenheim 1996/97)**

Variante	0 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>	80 m <sup>3</sup>
<b>Kornertrag (dt/ha)</b>	109,7	120,8	124,2	120,0
<b>Wassergehalt (%)</b>	26,8	27,0	26,4	25,7
<b>erzeugte Biomasse</b>	20,19	-	-	-
<b>Stickstoffaufnahme (kg N/ha)</b>	225	-	-	-
<b>kg N/dt Korn</b>	2,05	-	-	-
<b>kg N/t MS</b>	11,15	-	-	-

Die Biomasse wurde nur auf der Kontrollparzelle gemessen, der Kornertrag jedoch bei allen vier Varianten.

Ohne Gülle wird ein Ertrag von 110 dt/ha gebildet; die Stickstofflieferung des Bodens ist mit 225 kg N/ha sehr hoch. Die Ausbringung von 30 m<sup>3</sup>/ha Gülle erlaubt einen Mehrertrag von 11 dt/ha. Ein zusätzlicher Mehrertrag von 3 dt/ha bei 60 m<sup>3</sup>/ha Gülle ist wohl nicht signifikant, so daß in diesem Versuch die maximale Güllemenge zweifellos nahe bei 30 m<sup>3</sup>/ha liegt.

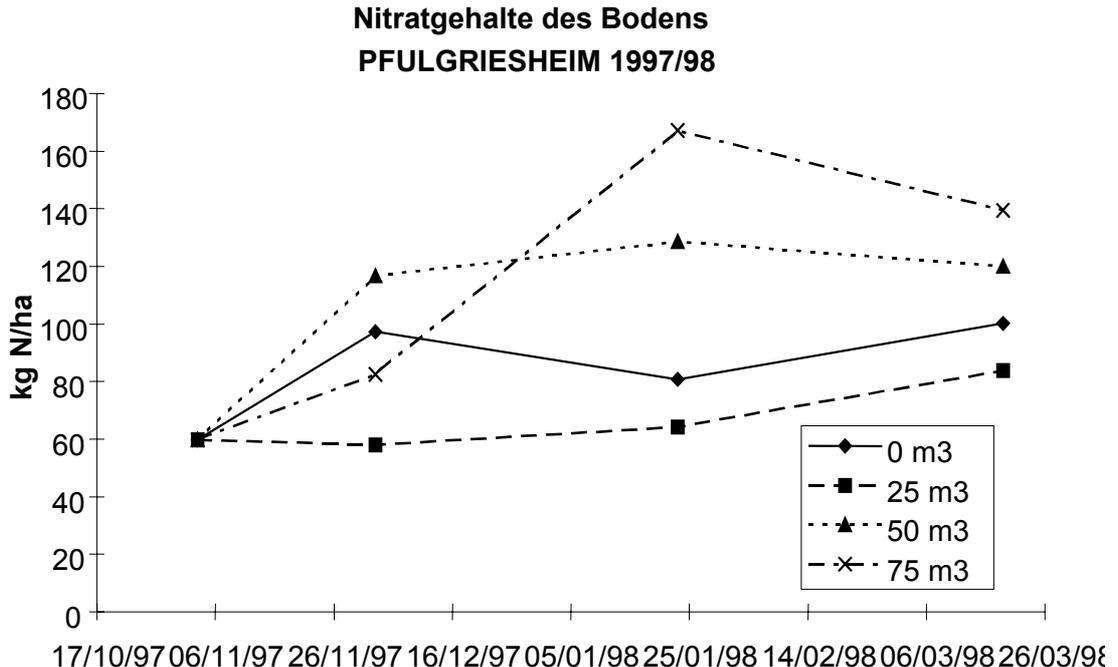
Dieser Versuch hat, obwohl unvollständig, gezeigt, dass eine mäßige Güllegabe im Herbst auf einem tiefgründigen Boden die Nitratauswaschungsverluste nicht wesentlich erhöht. Diese Gülle wird vom nachfolgenden Mais verwertet.

### C 4.4 Versuchsjahr 1997/98 mit Boden von sehr begrenzter Auswaschungsgefährdung

#### Der Versuch:

Ort: Pfulgriesheim (F-67)  
 Bodentyp: tiefgründiger Lehm mit nutzbarer Feldkapazität von 180 mm.  
 Wirtschaftsdüngertyp: Schweinegülle mit 4,2 kg Nges/m<sup>3</sup>, davon 2,3 kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup>.  
 Güllegaben: 0, 25, 50 und 75 m<sup>3</sup>/ha mit 0, 105, 210 oder 315 kg Nges/ha  
 (davon 0, 57, 114 bzw. 172 kg NH<sub>4</sub>-N/ha)  
 Ausbringungsdatum: 03. November 1997

Abb. 5:



Im Verlaufe des Winters nehmen die Nitratgehalte im Boden tendenziell zu, was sicher auf die Mineralisation der organischen Substanz im Boden sowie der Gülle zurückzuführen ist. Die Tatsache, daß die 25m<sup>3</sup>/ha-Kurve unterhalb der Kontrolle liegt läßt sich schwer erklären. Die Analyse der Verteilung der Nmin-Gehalte in den verschiedenen Schichten (s. Anhang C8) zeigt eine Verlagerung der Nitrats in die tieferen Schichten, aber nur bis zu einer Tiefe, wo sie die Wurzeln der Folgekultur noch aufnehmen können. Der Winter war relativ trocken und die Auswaschung gering (Anhang C9): Es kam zu keiner Nitratauswaschung.

Tab. 6: Ergebnisse bei der nachfolgenden Maiskultur (Pfulgriesheim 1997/98)

Variante	Kornertrag (dt/ha)	Ganzpflanzenertrag (t TM/ha)
0 m <sup>3</sup> Gülle	115	21,6
25 m <sup>3</sup> Gülle	96	18,2
50 m <sup>3</sup> Gülle	111	18,7
75 m <sup>3</sup> Gülle	115	18,0

Die Kontrolle ohne Güllegabe erbringt den Maximalertrag, sowohl beim Kornertrag als auch beim Ganzpflanzenertrag (TM). Eine Güllegabe führt zu keinem Mehrertrag. Bereits bei einer schwachen Güllegabe von 25 m<sup>3</sup>/ha macht sich ein deutlich negativer Effekt auf die Nitratgehalte bemerkbar.

Der mit der Gülle ausgebrachte Stickstoff scheint nicht ausgewaschen worden zu sein, hat der Folgekultur aber auch nichts genützt. Gab es Abgasungsverluste? Das ist wahrscheinlich, erklärt aber zweifellos nicht die gesamte Differenz.

## **C 5 Schlussfolgerungen**

Bei Böden mittlerer bis starker Nitratauswaschungsgefährdung führt eine Gülleausbringung im November in der Tendenz zu einer Erhöhung des Nmin-Gehalts im Boden. Dieser Vorrat kann teilweise durch Auswaschung verloren gehen, wenn der Winter niederschlagsreich ist. In derartigen Situationen wird das Risiko also signifikant erhöht.

Die Ausbringung auf Maisstroh ist weniger ungünstig als die Ausbringung nach Silomais, da bei der Strohumsatzung Stickstoff gebunden wird. Die Menge lässt sich dabei auf 30 kg N/ha beziffern.

Bei Böden mit sehr geringer Nitratauswaschungsgefährdung erhöht eine Gülleausbringung im November oder Dezember unter den Bedingungen eines durchschnittlichen elsässischen Winters mit Niederschlägen zwischen Oktober und Februar im Bereich von 200 bis 300 mm die Nitratverluste nicht signifikant.

Es ist nur darauf zu achten, dass die Güllemenge so begrenzt wird, dass die Aufnahmekapazität der Folgekultur nicht überschritten wird. Bei Schweinegülle, dem hier vorliegenden Fall, scheinen 30 m<sup>3</sup> mit 100 - 120 kg Gesamtstickstoff eine empfehlenswerte Menge zu sein.

## Teil D Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen (Teil Baden-Württemberg)

### D 1 Ziel

- ⇒ Vervollständigung agronomischer Daten zur Optimierung der Wirtschaftsdüngernutzung bei ungünstigen Standortbedingungen.
- ⇒ Einführung evtl. vorteilhafter Maisanbauverfahren wie Direktsaat, Reihenfrässaat bzw. Mulchsaat.
- ⇒ Einbettung der o.g. Aussaatverfahren in ein neues Silomaisanbausystem.
- ⇒ Erforschung der Stickstoffdynamik des Bodens durch sog. Zeitreihenuntersuchungen; Gewinnung gesicherter Erkenntnisse (durch mehrjährige Fortführung) über die Stickstoffdynamik organisch gedüngter Maisflächen.
- ⇒ Untersuchung des Bodengefüges unter geänderten Anbauverhältnissen im Vergleich zu herkömmlichen Anbauverfahren.
- ⇒ Verankerung eines umweltschonenden Silomaisanbaus in Wasserschutzgebieten.

### D 2 Methodik

Für die Durchführung der Untersuchungen zum Themenbereich Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen des ITADA-Projektes (Teil Baden-Württemberg) wurde das östlich von Freiburg direkt an die Gemarkung anschließende 3 385 ha große Wasserschutzgebiet Dreisamtal ausgesucht.

Ausschlaggebend für die Wahl waren mehrere Gründe:

1. Relativ hohe Viehdichte; örtlich über 2,0 GV/ha LF.
2. Enge Fruchtfolge (Mais, Getreide, Feldfutter) mit sehr hohem Maisanteil zwischen 42 % und 77 %.
3. Bodenphysikalische Eigenschaften; mittlere bis tiefe Braunerde über wurmeiszeitlichen Schwarzwaldschotter, schwach staunass mit mittlerer bis hoher nutzbarer Feldkapazität und hoher vertikaler Durchlässigkeit (detaillierte Standortbeschreibung in Form eines bodenkundlichen Gutachtens aus dem Jahr 1996 befindet sich im Anhang).
4. Vorhandene Datenbasis; aus dem Projekt „Überbetriebliche Maisflächenbewirtschaftung“ bzw. aus den NID-Programmen des Landes Baden-Württemberg, die in diesem Wasserschutzgebiet in den Jahren von 1992 bis 1995 durchgeführt wurden.
5. Bedeutung des Wasserschutzgebietes Dreisamtal für die Trinkwassergewinnung zur Versorgung von ca. 220 000 Einwohnern Freiburgs und der Umgebung.
6. Sehr starke Frequentierung durch den Fremdenverkehr.
7. Räumliche Nähe zu Freiburg, der „ökologischen Hauptstadt Deutschlands“, die das Dreisamtal als Naherholungsgebiet nutzt.
8. Hohe Akzeptanz des landwirtschaftlichen Berufsstandes für die Belange der Ökologie und die Bereitschaft zur Teilnahme an praxisbezogener Forschung.
9. Ein vor Ort vorhandenes Team, bestehend aus Behördenvertretern und Unternehmen und auch von projekterfahrenen Landwirten, das die Durchführung eines langjährigen Projektes mit sehr vielfältigen Fragenstellungen sichern konnte.

Für die Anlage von Versuchen wurde in jeder der sieben Gemarkungen des Dreisamtales ein Betrieb mit Silomaisanbau und organischer Düngung ausgewählt. In diesen Betrieben wurden Dauermaisstandorte ausgesucht, auf denen nachstehende Bereiche untersucht wurden:

- ⇒ Verschiedene Anbauverfahren Direktsaat: Reihenfrässaat, Aussaat nach Pflugfurche.
- ⇒ N-Dynamik (Zeitreihen) des Bodens.
- ⇒ Bodenart.

- ⇒ Grundnährstoffgehalte des Bodens.
- ⇒ Nährstoffzufuhr durch organische Düngung (zur genauen Erfassung der Nährstoffgehalte sollte die Gülle untersucht werden und die Ausbringung mit landeseigenem Pumptankwagen mit Schleppschlauchvorrichtung überbetrieblich erfolgen).
- ⇒ Nährstoffabfuhr über den Ertrag.

Außerdem sollten die positiven Erfahrungen aus bisherigen Pilotprojekten, u. a. Untersaat, Bandspritzung, biologische Maiszünslerbekämpfung, überbetrieblicher Maschineneinsatz eine Umsetzung finden.

Insgesamt wurden 14 Dauermaisstandorte ausgesucht, je zwei Standorte auf einer Gemarkung. Die natürliche Größe der Standorte lag zwischen 0,5 ha und 1,44 ha. Auf jedem Standort wurden direkt nebeneinander vier Versuchsvarianten von je 12 m Breite eingemessen. Die Einmessung der Versuchsvarianten erfolgte in einfachen Langstreifenparzellen ohne Wiederholungen über die natürliche Schlaglänge. Die Parzellengröße lag zwischen 12 und 30 ar. Die Anlage erfolgte in folgender Anordnung:

1. Direktsaat
2. Reihenfrässaat
3. Pflugfurche-Frühjahr
4. Pflugfurche-Herbst.

Diese Versuchsanordnung wurde über die ganze Projektdauer beibehalten. Die Einsaat, die Pflege und die Beerntung der Versuchsstandorte erfolgte über alle Projektjahre mit den an die Anbauverfahren angepassten handelsüblichen landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten unter Einsatz von handelsüblichen Produktionsmitteln und unter Einhaltung von Auflagen der Düngeverordnung und der SchALVO. Alle diese Maßnahmen wurden unter der Aufsicht des IfUL von Lohnunternehmern überbetrieblich auf allen Standorten durchgeführt.

Die Maßnahmen des biologischen und chemischen Pflanzenschutzes wurden nach Vor Ort Terminen und in Abstimmung mit dem Pflanzenschutzdienst des Regierungspräsidiums Freiburg getroffen.

Im Jahr 1997 musste ein Versuchsstandort aufgegeben werden aufgrund eines Fehlers durch den Versuchsansteller bei der Durchführung der Pflegemaßnahmen. Somit wurden bis Ende der Projektlaufzeit nur 13 Versuchsstandorte ausgewertet.

Ab dem 09.04.1998 wurde die Entnahme der Bodenproben für die Zeitreihen auf je einen Standort pro Gemarkung reduziert. Auf den übrigen Standorten fand die Entnahme der Bodenproben zum Zeitpunkt der Nachdüngung im 4- bis 6-Blatt des Maises bzw. zur Ernte und zum SchALVO-Kontrolltermin statt.

Die Grundlage für die statistische Auswertung der Situation der Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet bildeten die Daten des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg aus dem Jahr 1995, die in den Schriftenreihen Statistik von Baden-Württemberg veröffentlicht wurden. Diese Daten wurden in Form einer Excel-Datei bezogen und mit Hilfe eigener Datenverarbeitungssysteme verarbeitet und ausgewertet.

Ein Teil der Angaben zum Untersuchungsgebiet bezüglich der Größe der landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetriebe und derer Anzahl basiert auf der Veröffentlichung „Agrardaten '95“ des Ministeriums Ländlicher Raum Baden-Württemberg, die wiederum auf Daten des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg fußt.

Ein weiterer Teil der Aussagen in Bezug auf die Stickstoffbilanz wurde anhand der Auswertung der bereits erwähnten Daten des Statistischen Landesamtes getroffen. Hierzu wurden diese Daten mit den in den Beratungsgrundlagen für die Düngung im Ackerbau und auf Grünland der Landesanstalt für Pflanzenbau in Forchheim veröffentlichten Richtwerten für Stickstoffgehalte und anrechenbaren N-Mengen im Anwendungsjahr in Form einer Excel-Datei zusammengestellt und miteinander verrechnet.

Zur Begründung der Bedeutung der Nitratproblematik in Baden-Württemberg wurden die im Beratungsinformationssystem (BIS) veröffentlichten Auswertungen der LUFA Augstenberg aus dem Jahr 1997 über die flächengewichteten Nitratwerte des Bodens zum SchALVO-Kontrolltermin bei verschiedenen Kulturen zwischen dem Jahr 1991 und 1996 herangezogen.

Weitere Aussagen zur Situation der Landwirtschaft im Dreisamtal fanden auf der Grundlage der Auswertungen des Technologiezentrums Wasser (TZW) Karlsruhe aus dem Jahr 1994 in Bezug auf die Entwicklung des Nitratauswaschungspotentials im Schutzgebiet des Wasserwerkes Ebnet/FEW statt. Diese wurden im Auftrag des Ministeriums Ländlicher Raum Baden-Württembergs im Rahmen eines durch das IfUL Müllheim in den Jahren 1992 - 1994 betreuten Pilotprojektes zur überbetrieblichen Maisflächenbewirtschaftung durchgeführt.

### **Eigene Erhebungen und Aufzeichnungen im Projektgebiet**

Diese Erhebungen beziehen sich einerseits auf bereits in schriftlicher Form existierende und im IfUL Müllheim archivierte Schlagkarteien (nach dem Muster der Anlage 4 zu §§ 4, 5 und 9 SchALVO) aus den Jahren 1992 bis 1994 und andererseits auf mündliche Aussagen der Projektteilnehmer. Sie fanden ihre Verwertung in der Beschreibung der Situation der Landwirtschaft im statistischen Teil bzw. im Teil A 3 des Abschlussberichtes.

#### *Schlagkarte zur Versuchsvariante*

Zu jeder Versuchsvariante wurde über die Projektjahre eine Schlagkarte (nach eigenem Entwurf) geführt. In dieser Schlagkarte wurden aktuelle Daten zu den durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen festgehalten. Sie wurde nach Rücksprache mit den Versuchsanstellern verwaltet, aktualisiert und in Form einer Excel-Datei als Einzelblatt archiviert. Diese Schlagkarten wurden benutzt zur Erstellung eines Feldversuchsführers, der dann an die Teilnehmer von Feldbegehungen des IfUL Müllheim ausgeteilt wurde.

#### *Betriebsspiegel der Projektbetriebe*

Zum Beginn des Projektes wurden in den Betrieben der Projektteilnehmer die Betriebsdaten erhoben. Diese basieren zum Einen auf eigenen schriftlichen Unterlagen der Projektteilnehmer und zum Anderen auf deren mündlichen Aussagen. Sie wurden in sog. Betriebsspiegeln in schriftlicher Form zusammen gefasst, ausgewertet und archiviert. Die Ergebnisse wurden im statistischen Teil des Abschlussberichtes verarbeitet.

#### *Protokoll zur Entnahme von Bodenproben*

Zu den im 14-tägigen Rhythmus statt findenden Terminen wurde immer ein in schriftlicher Form geführtes Protokoll (nach eigenem Entwurf) angefertigt, in dem Vermerke zum augenblicklichen Wetter, Bodentemperatur (nur an drei Standorten), Reihenfolge der Bodenprobenentnahme, Boden- bzw. Pflanzenzustand, Entwicklung der Untersaat und evtl. andere Auffälligkeiten festgehalten wurden. Diese Protokolle wurden dann als sog. Gedankenstütze bei der Erstellung der Zwischenberichte für die Jahre 1996 und 1997 und des Abschlussberichtes benutzt.

#### *$N_{min}$ -Werte des Bodens und Erträge von Maisflächen aus den Jahren 1992 bis 1994*

Im Rahmen eines Pilotprojektes des Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg wurden die Auswertungen vorliegender Daten vorgenommen und zu Excel-Diagrammen verarbeitet (s. Anlage 3-3, 3-4, 3-5, 3-6). Die Auswertungen greifen in Bezug auf die  $N_{min}$ -Werte und Erträge auf 55 bzw. 216 und 172 Datensätze aus den Jahren 1992 bis Jahr 1994 zurück. Der Vergleich von Maisflächen mit unterschiedlicher Dauer des Anbaus bezieht sich auf einen Datensatz von 31 Flächen die über alle Projektjahre unter Mais standen gegenüber 172 und 185 bzw. 156 Maisflächen mit einem einmaligen bzw. zweimaligen Anbau.

### *Begleitende Untersuchungen und Gutachten*

Zur Absicherung der Aussagekraft der Projektergebnisse wurde eine ganze Reihe von Untersuchungen und Gutachten an landeseigene Untersuchungs- und Forschungsanstalten vergeben, die zu Beginn bzw. bei Bedarf auch im Laufe des Projektes erstellt wurden.

#### *Grunduntersuchung des Bodens*

Die Entnahme von Bodenproben für diese Untersuchung erfolgte jährlich vor Beginn der Vegetation auf jeder Versuchsparzelle (ausgenommen für das Jahr 1996, da dort der Versuchsaufbau noch nicht abgeschlossen war). Hierzu wurde an mindestens zehn gleichmäßig über die Versuchsparzelle verteilten Stellen aus einem Profil von 30 cm Tiefe mit einem Spezialbohrstock Bodenmaterial entnommen, homogenisiert in witterungsbeständige Behältnisse verpackt, gekennzeichnet und mit einem Begleitprotokoll versehen zum Labor gebracht. Es wurden folgende Parameter untersucht: pH-Wert, Phosphor( $P_2O_5$ )-, Kalium( $K_2O$ )-, Magnesiumgehalt(Mg), Gesamt-N, und Humus. Zusätzlich wurde noch die jeweilige Bodenart, das C/N-Verhältnis, der Bedarf an Kalk und die sog. Nährstoffgehaltsstufen bestimmt. Diese Untersuchungsergebnisse wurden in Form eines Bodenuntersuchungsbefundes schriftlich übermittelt (s. Anlage D 2-1). Die Werte dienten dann als Basis für die Berechnung der Höhe der Kalk- und Grundnährstoffgaben. In Bezug auf die Grundnährstoffe fand ab dem Jahr 1997 die Düngeverordnung bzw. SchALVO in der jeweils geltenden Fassung ihre Anwendung. Dies bedeutet eine Begrenzung der Höchstmengen an Nährstoffgaben nach den sog. Gehalts- und Versorgungsstufen des Bodens und eine Anrechnung von Nährstoffgehalten der eingesetzten organischen und mineralischen Mehrnährstoffdünger an die gesamte Düngemenge. (s. Anlage D 2-2)

#### *$N_{min}$ - und $H_2O$ - Untersuchungen des Bodens*

Mit Beginn des Projektes wurde auf allen Versuchsvarianten regelmäßig alle vierzehn Tage Bodenmaterial zur Untersuchung auf  $N_{min}$ - und  $H_2O$ -Gehalt entnommen. Diese Entnahme wurde mit dem System „Nitratraupe“ Oehler Anbaugerät durchgeführt, das mit einem Spezialbohrstock aus Stahl (Vollmaterial mit runder, glatter Nut) ausgerüstet eine Bodenprofiltiefe von 90 cm erreicht. Das Bodenmaterial wurde in mindestens zehn Einstichen aus dem Kern jeder Versuchsvariante entnommen, nach den Richtlinien der LUFA Augustenberg direkt vor Ort behandelt und bis zur Untersuchung im tiefgefrorenen Zustand in luftdichten Behältnissen aufbewahrt. Die Fläche des Kerns wurde über die ganze Projektdauer beibehalten und betrug die Größe von 6m x 80m. Somit konnten Randeinflüsse von direkt nebeneinander liegenden Versuchsparzellen verhindert werden.

Das Untersuchungsergebnis gibt den Nitrat- und  $H_2O$ -Gehalt des Bodens wieder. Auf die Bestimmung des Ammoniumstickstoffes wird verzichtet mit dem Hinweis, dass in der Bodenlösung mitteleuropäischer Böden unter aeroben Verhältnissen die Nitrifikation schneller verläuft als die Ammonifikation. Daher kommt dort diese Stickstoffform kaum vor (Scheffer und Schachtschabel, 1992).

Die Untersuchungsergebnisse wurden dann in sog. Zeitreihen integriert, um u. a. den Verlauf der Nitrat- und  $H_2O$ -Gehalte des Bodens in Form eines Excel-Diagrammes bildlich darzustellen. Außerdem dienten sie als Grundlage für die Berechnung des Düngedarfs bzw. fanden im Gutachten des Technologiezentrums Wasser (s. Anlage D 2-3) ihre Verwendung.

#### *Gülle-Untersuchungen*

Im Jahr 1996 wurden aus Zeitgründen Gülleproben mit dem sog. „NITROCHECK“ der Firma AGROS aus Schweden untersucht. Es ist ein Schnellverfahren, das nur den Ammonium-N bestimmt. Dieses Schnellverfahren (der Messvorgang dauert ca. 10 Minuten) basiert auf der Bestimmung des Drucks, der durch Gasbildung in einem Stahlzylinder erzeugt wird, in dem zuvor eine Gülleprobe mit Chlorkalk versetzt wurde. Dieser Druck wird von einem geeichten Manometer in  $kg\ NH_3N/m^3$  Gülle angezeigt.

In den beiden darauffolgenden Jahren wurden direkt vor jeder Ausbringung aus den Lagerbehältern Gülleproben entnommen. Diese zuvor gut gerührten, homogenisierten Proben wurden dann in luftdichten Behältnissen sofort zum Labor gebracht. Folgende Parameter wurden untersucht: pH-Wert, Trockensubstanz(TS)- und Nährstoffgehalt, darunter Ammoni-

um-N, Gesamt-N, Kalium(K<sub>2</sub>O), Magnesium (MgO) und Phosphat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Der Befund diene als Grundlage zur Berechnung der Stickstoffdüngung und zur Bilanzierung der Nährstoffzufuhr über das ganze Jahr (laut der Düngeverordnung bzw. SchALVO muss Stickstoffdüngung nach verschiedenen Kriterien ab einer bestimmten Menge in mehrere Gaben unterteilt werden). (s. Anlage D 2-4)

#### *Pflanzenuntersuchungen*

Zum Zeitpunkt der Ernte wurden aus dem Kern jeder Versuchsvariante vier Probeschnitte genommen. Die Fläche variierte, durch das Fassungsvermögen des Schnittgutbehälters des Maishäckslers bedingt, zwischen 1,5m x 7.1m und 1,5m x 11,2m. Daraus wurde dann jeweils eine gut homogenisierte Schnittgutprobe entnommen, in einen etikettierten luftdichten Beutel gesteckt und anschließend im eigenen Labor für die weitere Untersuchung aufbereitet. Bei dieser Untersuchung wurde dann der TS- und Gesamt-N- Gehalt in % bestimmt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden integriert in die Berechnungen des Stickstoffentzugs durch die Maispflanzen und weiter in die Stickstoffbilanzierung (s. Anhang: Stickstoffbilanzen).

#### *Gutachten des Geologischen Landesamtes Baden-Württembergs (GLA)*

Zum Beginn des Projektes wurden alle 14 Versuchsstandorte von Mitarbeitern des GLA in Augenschein genommen und darauf hin drei von ihnen für eine bodenkundliche Untersuchung ausgewählt.

Diese Untersuchung wurde dann im Frühjahr 1996 gemacht. Die Ergebnisse beinhalten sowohl die auf dem jeweiligen Versuchsstandort vorherrschende Bodenform als auch ergänzend dazu die Ergebnisse der bodenchemischen und -physikalischen Analysen der Bodenprofile. Die umfangreichen Ergebnisse fanden ihre Verwertung bei der Standortbeschreibung und in den eigenen Auswertungen zur Nitratverlagerung bzw., -auswaschung.

Ein bebildertes Gutachten befindet sich im Anhang. (s. Anlage D 2-5)

#### *Gutachten des Technologie Zentrums Wasser (TZW) Karlsruhe*

Nach Abschluss des ersten Projektjahres wurde ein Versuch unternommen, Modellberechnungen zur Nitratverlagerung und -auswaschung anzustellen. Für diese Modellberechnungen wurde das vom TZW Karlsruhe (Dr. Rohmann) entwickelte sog. „Integrale Nitrat-Verlagerungs- und Auswaschungs-Modell“ (INVAM) eingesetzt.

Dieses Modell beruht im wesentlichen auf der vereinfachenden Annahme, dass eine Bodenschicht wie ein Rührkessel zu betrachten ist, in dem sich immer wieder nach einer erneuten Wasserzufuhr eine neue Nitratkonzentration ergibt. Diese wird dann durch eine klassische Mischungsrechnung mit Zuhilfenahme eines Algorithmus, der für jeweils ein Niederschlagsereignis schrittweise die Verlagerung von Sickerwasser und Nitrat von einer Bodenschicht in die nächst darunterliegende berechnet, quantifiziert. Grundlage für die Berechnungen bildeten die Werte der N<sub>min</sub>- und H<sub>2</sub>O-Untersuchungen des Bodens und diverse Wetterdaten zweier vor Ort liegender Wetterstationen. Nach der Sichtung der zur Verfügung stehenden Daten wurden 29 Modellrechnungen für die Auswaschungsperioden 1995 und 1996 durchgeführt.

Diese Modellberechnungen betreffen alle Versuchsvarianten eines Versuchsstandortes zum gleichen Zeitpunkt. Somit ist es möglich, eine Antwort auf die Frage zu bekommen, wie „risikoreich“ in Bezug auf die Gefährdung des Grundwassers durch Nitrat in der vegetationslosen Zeit ein Aussaatverfahren sein kann.

Die Besprechung der Ergebnisse findet in Teil D 3 statt.

Ein zweites Gutachten, das nach Beendigung des Projektes 1998 in Auftrag gegeben wurde, konnte nicht erstellt werden. Nach Sichtung der vom IfUL Müllheim zur Verfügung gestellten Datensätze führte der Gutachter in seiner schriftlichen Stellungnahme folgende Gründe zu dem Beschluss an:

- Die Werte liegen auf sehr niedrigem Niveau, so dass die Schwankungsbereiche durch Probenahme und Analytik verhältnismäßig groß ausfallen.
- Die Profiländerungen sind zu gering, um Interpretationen daraus ableiten zu können.

### *Allgemeines*

Die Entnahme des Bodenmaterials für die  $N_{\min}$ - und  $H_2O$ - bzw. Grunduntersuchungen wurde durch Mitarbeiter eines darauf spezialisierten Lohnunternehmens unter Aufsicht des IfUL Müllheim als Auftraggeber vorgenommen.

Die Techniken der Entnahme von Bodenproben sind im Merkblatt Bodenprobenahme SchALVO-Kontrollaktion beschrieben, das die Koordinierungsgruppe Wasserschutzgebiete (KGW) der LUFA Augustenberg in Zusammenarbeit mit den Regierungspräsidien des Landes Baden-Württemberg erarbeitete (Stand: August 1995).

Mit der Untersuchung aller Bodenproben wurde das Bodenlabor der LUFA Augustenberg beauftragt.

Die Bestimmungsmethodik zu den einzelnen Untersuchungsparametern befindet sich im Band I „Die Untersuchung von Böden“ des Methoden-Buches des Verbandes Deutscher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) herausgegeben vom VDLUFA-Verlag Darmstadt (4 Auflage vom 1991, aktualisierte Fassung vom 1997).

Die Untersuchung von Gülleproben wurde ab dem Jahr 1997 im Pflanzenlabor der LUFA Augustenberg vorgenommen.

Die Bestimmungsmethodik zu den einzelnen Untersuchungsparametern befindet sich im Band II „Die Untersuchung von Düngemitteln“ des Methoden-Buches des Verbandes Deutscher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) herausgegeben vom VDLUFA-Verlag Darmstadt (4 Auflage vom 1991, aktualisierte Fassung vom 1997).

Die Gülleproben aus dem Jahr 1996 (zum Projektanfang) wurden vom IfUL Müllheim entnommen und mit dem o. g. Schnelltest durch einen geschulten Mitarbeiter des Amtes für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur in Freiburg untersucht.

Die exakte Dosierung der vorausberechneten Düngemengen war nicht immer möglich, besonders in Bezug auf organische Dünger, die mit praxistauglichen Gerätschaften ausgebracht wurden. Es wurden Abweichungen bis  $1m^3$  Gülle/ha festgestellt.

Alle Untersuchungen von Pflanzenmaterial wurden im Pflanzenlabor der LUFA Augustenberg durchgeführt.

Die Bestimmungsmethodik zu den einzelnen Untersuchungsparametern befindet sich im Band III „Die chemische Untersuchung von Futtermitteln“ des Methoden-Buches des Verbandes Deutscher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) herausgegeben vom VDLUFA-Verlag Darmstadt (4 Auflage vom 1991, aktualisierte Fassung vom 1997).

### **Sonstige Erhebungen und Datenbezug**

#### *Ertragsfeststellung*

Die Beerntung der Versuchspartellen wurde immer zur Silomaisreife durchgeführt. Hierzu wurden im Kern jeder Versuchsvariante jeweils vier Probeschnitte mit einem Partellenhäcksler vorgenommen. Das Gewicht jeder Probe wurde durch eine im Partellenhäcksler integrierte Digitalwaage direkt festgestellt. In einem weiteren Arbeitsvorgang, während der Probebeerntung, wurden vom selben Pflanzenmaterial Proben entnommen, in luftdichte Tüten gesteckt, im eigenem Labor aufbereitet, und zur weiteren Untersuchung auf Trockensubstanz und Gesamt-N zum Pflanzenlabor der LUFA Augustenberg gebracht. Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden dem IfUL Müllheim auf digitalen Datenträgern in Form Excel-Dateien übermittelt und dienten als Grundlage für weitere Berechnungen von flächengewichteten Erträgen und Stickstoffentzügen. Zusätzlich wurden auf jeder Versuchspartelle vier Wiegunen von gesamten Maispflanzen von je  $1 m^2$  vorgenommen. Danach wurden die Maiskolben von den Pflanzen getrennt und auch gewogen. Anhand dieser Ergebnisse wurden dann die Kolbenanteile in Prozent des gesamten Trockenmasse (TS)-Ertrages errechnet.

### *Messungen der Bodentemperatur*

Auf zwei in der Nähe der Wetterstationen liegenden Versuchsstandorten wurden Messungen der Bodentemperatur in 5 cm Tiefe getätigt. Diese Messungen fanden in unregelmäßigen Abständen über die gesamte Projektlaufzeit statt, hauptsächlich zum Zwecke der Bestimmung des Zeitpunktes der Maisaussaat. Die Ergebnisse dieser Temperaturmessungen wurden in den Protokollen zur Entnahme von Bodenproben aufgeschrieben und in den eigenen Auswertungen verwertet.

### *Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und der Freiburger Energie und Wasserversorgungs AG (FEW)*

Über die gesamte Laufzeit des Projektes wurden kontinuierlich Wetterdaten von zwei im Projektgebiet liegenden Stationen bezogen. Die Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes befindet sich in Buchenbach und die von der FEW Freiburg steht in Ebnet. Somit konnten Wetterdaten gewonnen werden, die eine sehr hohe Sicherheit der Aussagen zum Witterungsverlauf im gesamten Dreisamtal garantieren. Diese Wetterdaten wurden in die Ergebnisbesprechung zu den  $N_{\min}$ -Untersuchungen bzw. in ein Gutachten des TZW Karlsruhe zur Modellberechnung über die Stickstoffverlagerung im Boden in der vegetationslosen Zeit integriert.

Zusätzlich wurden, soweit vorhanden, langjährige Wetterdaten vom DWD (ab 1992) und der FEW (ab 1985) der oben genannten Standorte bezogen und in Form von Diagrammen (s. Anlage D 2-6) verwertet.

### *Berechnungen vom Hydrologischen Institut der Universität Freiburg*

In eigene Überlegungen zu den Risiken einer Stickstoff(N)-Verlagerung bzw. Auswaschung im Projekt Gebiet wurden Berechnungen zur vertikalen Durchlässigkeit ( $k_f$ -Wert) von drei Versuchsstandorten einbezogen. Die sogenannte vertikale Durchlässigkeit beschreibt die Geschwindigkeit der Bewegung des Sickerwassers im Boden in Zentimetern pro Tag (cm/d), und erlaubt Rückschlüsse auf die eventuellen Auswirkungen von Niederschlagsereignissen auf kurzfristige Veränderungen im Stickstoffdepot des Bodens bzw. mittelbar, als einer von vielen Faktoren, auf die Einschätzung der „Güte“ (der Eignung) eines Bodenbearbeitungsverfahrens.

Für die sehr freundliche und unbürokratische Überlassung dieser Berechnungen sei an dieser Stelle Herrn Stephen Schrempf vom Hydrologischen Institut der Universität Freiburg herzlich gedankt.

### *Eigene Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit der Anbauverfahren*

Die Kosten aller Maßnahmen die im Zusammenhang mit der Durchführung des Projektes standen, wurden von der Buchhaltung aufgeschrieben. Anhand von Bewirtschaftungsprotokollen fand dann eine Auftrennung nach den Anbauverfahren bis auf den einzelnen Versuchsstandort statt. Diese Kosten wurden den fiktiven Erlösen vom Verkauf der Ernte einer konventionell bestellten Silomaisfläche, hier der Pflugfurche-Herbst-Variante, auf dem freien Futtermittelmarkt des Projektgebietes, gegenüber gestellt. Dieser Basispreis lag während der gesamten Projektzeit bei DM 2500,-(inklusive 9 % Mehrwertsteuer). In einem weiteren Schritt wurden die fiktiven Erlöse der übrigen Anbauverfahren, nach dem Verhältnis deren Erträge in 'umsetzbarer Energie' zum entsprechenden Ertrag der jeweiligen Pflugfurche-Herbst-Variante errechnet.

In Anlehnung an die, im Beratungsinformationssystem (BIS) veröffentlichten, Rechenmodelle zur Vollkostenrechnung wurden dann eigene Berechnungen angestellt. Die Besprechung der Ergebnisse findet im weiteren Teil dieses Berichtes statt.

### D 3 Ergebnisse

#### *Erträge*

Die Trockenmasse(TM)-Erträge unterscheiden sich über alle Projektjahre nur unwesentlich voneinander (s. Anlage. D 3-1:Ertragsauswertungen, Mediane der Erträge , TS-Gehalte, umsetzbare Energie MJ/ha und Kolbenanteile). Auf den Direktsaat-Varianten lagen sie bei 131 dt/ha, auf den Reihenfrässaat-Varianten bei 138 dt/ha, auf den Pflugfurche-Frühjahr-Varianten bei 142 dt/ha und auf den Pflugfurche-Herbst-Varianten bei 145 dt/ha. Somit beträgt die maximale Differenz 14 dt TS/ha.

Auch in den einzelnen Versuchsjahren variieren die TS-Erträge gering. Im Jahr 1996 liegt die Differenz zwischen 117 dt/ha auf den Pflugfurche-Herbst-Varianten und 123 dt/ha auf den Direktsaat-Varianten nur bei 6 dt/ha. Die TS-Erträge auf den Pflugfurche-Frühjahr-Varianten und Reihenfrässaat-Varianten waren mit 121 dt/ha gleich hoch.

Mit einer Differenz von 20 dt/ha im Jahr 1997 wurden ähnlich geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten über alle Standorte festgestellt. Hier lagen die Erträge bei den Pflugfurche-Herbst-Varianten bei 206 dt/ha, bei den Pflugfurche-Frühjahr-Varianten bei 195 dt/ha, bei den Reihenfrässaat-Varianten bei 186 dt/ha und bei den Direktsaat-Varianten bei 201 dt/ha.

Größer variieren die TS-Erträge zwischen den einzelnen Versuchsvarianten im Jahr 1998. Hier beträgt der Unterschied zwischen den Pflugfurche-Herbst-Varianten (mit 121 dt/ha die höchsten TS-Erträge) und den Direktsaat-Varianten (mit 95 dt/ha die niedrigsten) rund 26 dt/ha. Auf den anderen Versuchsvarianten lagen die Erträge gleich hoch bei 112 dt/ha.

Auffallend ist das besonders hohe Ertragsniveau im Jahr 1997. Dieses Niveau wurde auf allen Versuchsvarianten erreicht. Die TS-Erträge des Jahres 1997 liegen um 92 dt/ha auf den Direktsaat-Varianten bzw. um rund 79 dt/ha auf den Pflugfurche-Frühjahr-Varianten über denen der Versuchsjahre 1996 bzw. 1998. Auf den Reihenfrässaatvarianten und auf den Pflugfurche-Herbst-Varianten liegen sie auch höher, und zwar um rund 71 dt/ha bzw. 87 dt/ha.

Die Ergebnisse von Untersuchungen der Trockensubstanz (TS) im Erntegut weisen kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten in den einzelnen Projektjahren auf. So lag der Unterschied im Jahr 1996 und 1998 bei nur einem Prozent. Im Jahr 1997 war er mit rund 2 % etwas größer. Ausgeprägte Unterschiede wiesen die Untersuchungen der Kolbenanteile aus. Mit der Dauer des Projektes wurden diese Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten immer größer.

Im Jahr 1996 lagen die Kolbenanteile bei den Direktsaat-Varianten bei 49 %, bei den Reihenfrässaat-Varianten bei 50 % und bei den Pflugfurche-Frühjahr- und Pflugfurche-Herbst-Varianten bei rund 51 %. Im Jahr 1997 wurden auf den Direktsaat- und Reihenfrässaat-Varianten Kolbenanteile von rund 41 % und auf den Pflugfurche-Frühjahr- und Pflugfurche-Herbst-Varianten von rund 39 % festgestellt. Im Jahr 1998 wurden mit 47 % die höchsten Kolbenanteile auf den Direktsaat-Varianten und mit 39 % die niedrigsten Kolbenanteile auf den Pflugfurche-Herbst-Varianten festgestellt. Auf den Reihenfrässaat-Varianten lagen die Kolbenanteile bei 43 % und auf den Pflugfurche-Frühjahr-Varianten bei rund 42 %.

Als ein Hilfsmittel für die Beurteilung der Vorzüglichkeit der Aussaatverfahren wurde in die Ertragsauswertungen die Kenngröße „umsetzbare Energie“ aufgenommen. Diese gibt, in Megajoule pro Hektar (MJ/ha), den energetischen Wert des Futters aus, mit dem bei der Erstellung von Futterrationen in der Tierernährung zu rechnen ist.

Die Berechnungen wurden durchgeführt nach der DLG-Formel.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen relativieren den „Ertragsvorteil“ (bis zu 14 Prozent) des TS-Ertrages der beiden Pflugfurche-Varianten gegenüber den Direkt- bzw. Reihenfrässaat-Varianten.

In umsetzbarer Energie gerechnet erreichten, im Durchschnitt der Mediane über alle Versuchsjahre, die beiden Pflugfurche-Varianten nur einen „Ertragsvorteil“ von maximal 5,3 % (Pflugfurche-Herbst gegenüber Reihenfrässaat). Bei den Pflugfurche-Frühjahr-Varianten lag er aber nur um rund ein Prozent über dem der Direktsaat-Varianten.

Mit Werten zwischen 131 396 MJ/ha auf den Direktsaat- bzw. 129 470 MJ/ha auf den Reihenfrässaat-Varianten und 129 363 MJ/ha auf den Pflugfurche-Frühjahr- bzw. 123 799 MJ/ha auf den Pflugfurche-Herbst-Varianten unterschieden sich die Aussaatverfahren im Jahr 1996 kaum voneinander.

Im zweiten Projektjahr wurden die Unterschiede größer. So erzielten die Pflugfurche-Herbst-Varianten 214 135 MJ/ha gegenüber „nur“ 193 660 MJ/ha der Reihenfrässaat-Varianten.

Noch größere Unterschiede in der umsetzbarer Energie traten im dritten Projektjahr hervor. Hier erreichten die Pflugfurche-Herbst-Varianten mit 125 670 MJ/ha den höchsten Ertrag an umsetzbarer Energie. Es war ein Ertragsvorteil von rund 21 % gegenüber dem niedrigsten Ertrag bei den Direktsaat-Varianten.

Da im Jahr 1998 die Düngung auf allen Versuchsvarianten das gleiche Niveau hatte, ist dieser Ertragsvorteil auf den höheren TM-Ertrag der Pflugfurche-Herbst-Varianten gegenüber den anderen Aussaatverfahren zurückzuführen.

Auf den Direktsaat-Varianten konnte er auch nicht durch deren um rund 8% höheren Kolbenanteil im TM-Ertrag ausgeglichen werden, was nach den aus der Fachliteratur bekannten Ergebnissen von zahlreichen anderen Untersuchungen zur Energiedichte verschiedener Pflanzenteile zu erwarten gewesen wäre.

Im Projekt selbst wurden die Energiedichten der Pflanzenteile nicht ermittelt.

Man muss vielmehr von einer Korrelation zwischen der Höhe der Stickstoffdüngung und dem Ertrag an umsetzbarer Energie ausgehen: Im Jahr 1996 wurde auf den Direktsaat-Varianten der höchste Ertrag an umsetzbarer Energie mit einer um 68 kg N/ha höheren Stickstoffdüngung und mit anderen Aussaatverfahren bei vergleichbaren TM-Erträgen bzw. TS-Gehalten und Kolbenanteilen erreicht.

Inwieweit diese Ergebnisse auf ein pflanzenspezifisches Verhalten bzw. auf das Aussaatverfahren selbst zurückzuführen sind, lässt sich hier mit voller Sicherheit nicht beurteilen.

### *N<sub>min</sub>-Untersuchungen*

Die Ergebnisse der N<sub>min</sub>-Untersuchungen wurden graphisch in Form von Zeitreihen dargestellt (s. Anlage D 3-2). Diese Graphiken zeigen das aus dem konventionellen Maisanbau bekannte (u. a. Vetter und Kansy, 1992 - 1994) Bild des Nitrat-Ganglinien-Verlaufs unter Maisflächen: Ein kontinuierlicher Anstieg des Nitratvorrats im Boden bis in die Blütezeit hinein, dann die Abnahme bis zum Ende der Maisreife und der Wiederanstieg nach der Mäusernte bis zum Ende der Vegetationsperiode. Darauf folgt eine Phase der Zunahme der N<sub>min</sub>-Werte durch die Auswirkungen von verhältnismäßig warmen Temperaturen im Herbst und dadurch bedingte Mineralisation des Bodenstickstoffs. Das spätere Absinken der N<sub>min</sub>-Werte gegen Ende des Jahres ist vermutlich auf die Denitrifizierung bzw. auf die Verlagerungs- oder Auswaschungsvorgänge in Folge von starken Niederschlägen zurückzuführen. Der sich ab Mitte Mai bis Ende Juni abzeichnende starke Anstieg der N<sub>min</sub>-Werte über alle Varianten ist auf die Mineralisation durch zunehmende Bodenerwärmung und Düngung sowie auf die Bodenbearbeitungsmaßnahmen zurückzuführen. Es dürften Auswirkungen der Vordüngung mit Gülle Anfang bis Mitte April und der Düngung zur Saat bzw. der Spätdüngung, die zwischen Anfang und Mitte Juni jeden Jahres stattfand, sein. Im Wesentlichen gibt es aber Unterschiede zwischen den Zeitreihen der Aussaatverfahren.

Die Bodenerwärmung lässt die N<sub>min</sub>-Werte der Pflug-Herbst-Varianten schon im Frühjahr ansteigen. Dieser Anstieg hält bis Ende April an. Besonders ausgeprägt war der Anstieg im Jahr 1996, als zum Zeitpunkt der Saat bereits 80 kg Stickstoff im Boden der Pflugfurche-Herbst-Varianten festgestellt wurde. In diesem Jahr wurde der Anstieg auch auf den Pflug-Frühjahr-Varianten, zwar nicht so ausgeprägt (der Wert lag dort nur bei 51 kg Stickstoff), festgestellt. Zudem fand er zu einem späteren Zeitpunkt statt, und zwar erst nachdem die

Variante Anfang April gepflügt wurde. Die Direktsaat- und Reihenfrässaat-Varianten wiesen zum gleichen Zeitpunkt  $N_{\min}$ -Werte von 5 kg bzw. 7 kg Stickstoff pro Hektar auf. Auch im weiteren Verlauf der Zeitreihen unterscheiden sich die  $N_{\min}$ -Werte der Direktsaat- und Reihenfrässaat-Varianten von den Pflug-Frühjahr- und Pflug-Herbst-Varianten, mit Ausnahme des Jahres 1998, wesentlich. Zum Zeitpunkt der Blüte erreichen die  $N_{\min}$ -Werte auf den beiden Pflugfurche-Varianten rund 120 kg Stickstoff gegenüber 51 kg bzw. 54 kg Stickstoff pro Hektar auf den Direktsaat- bzw. Reihenfrässaat-Varianten.

Ein besonders auffälliges Verhalten, mit einem gegenläufigen Trend, zeichnet sich auf den Pflugfurche-Herbst- und Pflugfurche-Frühjahr-Varianten gegenüber den Direktsaat- und Reihenfrässaat-Varianten in den Niederschlagsereignis reichen Perioden ab. Hier gingen die  $N_{\min}$ -Werte der beiden Pflugfurche-Varianten im Jahr 1996 in der Zeit zwischen 12. Juli und 26. Juli, in Folge eines Niederschlags von 156 mm, von rund 120 kg auf rund 50 kg Stickstoff pro Hektar zurück. Sie blieben auch in den nächsten drei Wochen auf fast gleichem Niveau, wogegen die  $N_{\min}$ -Werte auf den Direktsaat- und Reihenfrässaat-Varianten von 54 kg Stickstoff auf rund 28 kg Stickstoff in der gleichen Zeit zurückgingen und in der darauf folgenden Zeit (drei Wochen) bis auf 47 kg N/ha (Reihenfrässaat-Varianten) bzw. auf 70 kg N/ha (Direktsaat-Varianten) wieder angestiegen sind. Eine ähnliche Entwicklung in der vergleichbaren Zeitperiode, jedoch nicht so stark ausgeprägt, wurde auch im Jahr 1997 festgestellt. Hier fielen die  $N_{\min}$ -Werte nach einem Niederschlag von rund 101 mm auf den Pflug-Herbst-Varianten von 114 kg bis auf 76 kg Stickstoff bzw. auf den Pflugfurche-Frühjahr-Varianten von 55 kg Stickstoff bis auf 43 kg Stickstoff pro Hektar. Zeitgleich war auf den Reihenfrässaat-Varianten und den Direktsaat-Varianten keine Abnahme der  $N_{\min}$ -Werte zu verzeichnen. In der darauf folgenden Zeit (zwei Wochen) blieben die  $N_{\min}$ -Werte auf den Direktsaat-Varianten konstant. Auf den Reihenfrässaat-Varianten war sogar eine leichte Zunahme um 13 kg Stickstoff zu verzeichnen.

Dieses Verhalten der Zeitreihen konnte auch im Jahr 1998, besonders in der Zeit zwischen 11 und 25 September nach einem Niederschlag von rund 79 mm mit einer weit geringeren Ausprägung beobachtet werden, weil zu diesem Zeitpunkt die  $N_{\min}$ -Werte im Boden infolge Aufnahme des Stickstoffs durch die Pflanzen auf einem niedrigen Niveau lagen.

Es lässt sich nicht ganz sicher sagen, ob die zur Hauptaufnahmezeit zur Verfügung stehenden Stickstoffmengen vollständig in den Ertrag umgesetzt werden konnten. Da keine wesentlichen Ertragsunterschiede (siehe D 2-1 u.a.) zwischen den Anbauverfahren zu finden sind, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass die Niederschlagsereignisse von 79 mm bis 156 mm eine Rolle dabei spielten.

Die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) des Landes Baden-Württemberg schreibt vor, dass in Wasserschutzgebieten am Ende der Vegetationsperiode eine Bodenprobe zur Ermittlung des Nitratrestwertes entnommen wird. Je nach Bodenart und Bodenbedeckung soll die Bodenprobe zur Ermittlung des Herbst- $N_{\min}$ -Wertes zwischen dem 1. Oktober und dem 15. Dezember entnommen werden.

Die Nitratgehalte des Bodens am Ende der Vegetationsperiode werden in folgender Tabelle dargestellt:

SchALVO-Nitratrestwerte nach Aussaatverfahren				
Median über alle Standorte in kg N/ha				
Stand 31. Oktober				
Jahr	DS	RS	PF	PH
1996	14	10	7	8
1997	17	19	17	14
1998	34	28	17	16

Hierzu werden die Ergebnisse mit einem vom Gesetzgeber bestimmten  $N_{\min}$ -Restwert, dem sogenannten Grenzwert, zur Zeit 45 kg N/ha, verglichen.

Demnach zu urteilen, sind alle im Projekt angewandten Aussaatverfahren als umweltkonform zu bezeichnen: Die  $N_{\min}$ -Werte am Ende der Vegetationsperiode eines jeden Projektjahres blieben auf einem sehr niedrigen Niveau.

### Stickstoff (N)-Entzug

Die Fähigkeit der Kulturpflanze zur Stickstoffaufnahme ist für die Belange des Grundwasserschutzes von enormer Bedeutung.

Die Stickstoffentzüge der Maispflanzen (erntefähiger Teil) werden in folgender Tabelle dargestellt.

Stickstoffentzug der Maispflanzen nach Aussaatverfahren								
über alle Standorte								
Variante	DS		RS		PF		PH	
in kg N/ha in % (arithmetisches Mittel)								
Jahr		%		%		%		%
1996	145	107	163	120	151	111	136	100
1997	208	93	215	96	213	95	224	100
1998	148	93	150	94	149	94	159	100
Mittelwert	167	97	176	102	171	99	173	100

Werden die einzelnen Aussaatverfahren unter dem Aspekt des N-Entzuges betrachtet, dann sind die Reihenfrässaat-Varianten mit einem durchschnittlichen Entzug von 176 kg N/ha das „bessere Verfahren“ über alle Standorte und Versuchsjahre. Mit einem Entzug von 173 kg N/ha nehmen die Pflugfurche-Herbst-Varianten den zweiten Platz ein. Auf Platz 3 und 4 folgen dann mit 171 kg bzw. 167 kg Stickstoff Entzug pro Hektar die Pflugfurche-Frühjahr-Varianten bzw. die Direktsaat-Varianten. Diese Unterschiede der einzelnen Varianten sind allerdings innerhalb eines Versuchsjahres so gering, dass keine signifikanten Unterschiede festzustellen sind, daher auch nur bedingt von einem „besseren Verfahren“ gesprochen werden darf.

Ergänzend dazu soll noch auf die Untersaat eingegangen werden.

Der Untersaat wird hinsichtlich der Fähigkeit zur Bindung des nach der Ernte der Hauptkulturpflanze im Boden vorhandenen Stickstoffs und dessen sogenannten Konservierung über die Winterzeit auf den Projektflächen ein Potential von max. 25 kg N/ha beigemessen. Die Ergebnisse in Bezug auf Stickstoffgehalte der Untersaat wurden übernommen aus den Auswertungen zum ITADA-Projekt A 1.2, das auf den Flächen des Dreisamtals in den Jahren 1996 bis 1998 durchgeführt wurde.

In Anbetracht der niedrigen  $N_{\min}$ -Werte nach der Ernte der Hauptkulturpflanze und dem damit verbundenen geringen Stickstoffangebot für die Untersaat ist ihre Fähigkeit zur Bindung des Stickstoffs als mittelmäßig bis schwach zu bezeichnen. Durch die Durchführung der winterlichen Pflugfurche auf den Pflugfurche-Herbst-Varianten nach dem 15. Dezember wurde dort die, wenn auch nur schwache Stickstoff konservierende Wirkung der Untersaat unterbrochen.

### Stickstoff (N)-Nachlieferung des Bodens

Diese Kenngröße wird aus einer einfachen Gegenüberstellung des Stickstoff-Input ( $N_{\min}$ -Frühjahr + N-Düngung) und des Stickstoff-Output ( $N_{\min}$ -Herbst + N-Entzug in Haupt- und Nebenfrucht) berechnet und graphisch in einem Diagramm dargestellt (s. Anlage D3-3).

Die Differenz entspricht der über den N-Entzug errechneten Stickstoffnachlieferung des Bodens. Sie erlaubt Rückschlüsse auf das Mineralisierungsverhalten. So gesehen wiesen alle Versuchsvarianten in den Jahren 1997 und 1998 eine Mineralisierung des Bodenstickstoffs auf. Im Jahr 1998 lag die Mineralisierungsrate zwischen 14 kg auf den Pflug-Herbst-Varianten und 33 kg auf den Pflugfurche-Frühjahr-Varianten bzw. 44 kg und 45 kg Stickstoff pro Hektar auf den Reihenfrässaat- bzw. Direktsaat-Varianten. Eine besonders hohe positive Mineralisierungsrate wiesen alle Versuchsvarianten im Jahr 1997 auf. Sie erreichte mit 93 kg Stickstoff pro Hektar ihren höchsten Wert auf den Direktsaat-Varianten. Danach folgten die Pflugfurche-Frühjahr-Varianten mit 89 kg und die Reihenfrässaat-Varianten mit 84 kg bzw. die Pflugfurche-Herbst-Varianten mit rund 70 kg Stickstoff pro Hektar. Diese Mineralisie-

rungsraten aller Standorte in den Jahren 1997 und 1998 sind sehr gut vergleichbar, da auch die erfolgte Düngung zu allen Varianten auf fast gleichem Niveau lag; mit einer Ausnahme im Jahr 1997 auf den Pflugfurche-Herbst-Varianten. Diese bekamen eine um rund 13 kg N/ha geringere Düngung als die übrigen Versuchsvarianten. Diese Anpassung war notwendig, weil zum Zeitpunkt der Nachdüngung der  $N_{\min}$ -Wert des Bodens schon bei 55 kg N/ha lag. Dadurch wurde eine vergleichbare Stickstoffversorgung des Maises zu Beginn der Stickstoff-Hauptaufnahmeperiode ab dem 6-Blatt-Stadium auf allen Versuchsvarianten erreicht; von dem unterschiedlichen Mineralisierungsverhalten des Bodens unter den verschiedenen Aussaatverfahren zu einem späteren Zeitpunkt und dem Einfluss von Witterungsverhältnissen abgesehen. Das Mineralisierungsverhalten im Jahr 1996 wies eine ganz andere Tendenz auf. Nur die Pflug-Frühjahr-Varianten erreichten mit rund 7 kg N/ha eine positive Mineralisierungsrate. So gesehen ist das Mineralisierungsverhalten des Bodens im Jahr 1996 als sehr „träge“ zu bezeichnen. Dies trifft besonders auf die Reihen-Fräs- und Direktsaat-Varianten zu. Hier kann die negative Mineralisierung auf Immobilisierungsvorgänge im Boden während der Umstellungsphase von Bodenbearbeitungsverfahren auf die Direktsaat bzw. Reihenfräs- in der Krume (0 - 30 cm) zurück zu führen sein. Nach Lawane, G. (23, 1984) kann diese Immobilisierung bis zu 60 kg N/ha und Jahr betragen.

In Bezug auf die Pflug-Herbst-Varianten dürfte der negative Saldo auf das Niederschlagsereignis von 156 mm zurück zu führen sein, das kurz nach der erfolgten Nachdüngung stattfand. Die Gründe dafür lassen sich nicht bestimmen, da es keine Berechnungen zu Auswaschungsvorgängen während der Vegetationszeit gibt, und keine exakten Untersuchungen des Boden- und Nährhumus vorliegen.

#### *Stickstoff (N)-Auswaschung*

In Anbetracht der  $N_{\min}$ -Zeitreihen erscheint sehr plausibel, dass auch während der Vegetationszeit eine Auswaschungsgefahr besteht (s. Anlage D 3-2). Ab der ersten Bodenbearbeitung im Frühjahr bis zum 6- bis 8-Blattstadium des Maises, verstärkt durch die organische bzw. mineralische Andüngung vor bzw. zur Saat, existiert ein Überangebot an Stickstoff im Boden. In Folge von hohen Niederschlägen kann es zu einer Umweltbelastung kommen. Das Ausmaß der Belastung ist u. a. von der Sickerwasserrate und dem Anteil der Makroporensickerung abhängig.

Da es nicht möglich war in diese Praxisversuche eine Lysimeteranlage zur exakten Erfassung der Nitratkonzentration im Sickerwasser einzubauen bzw. keine zuverlässigen Modelle zur Quantifizierung der Nitratauswaschung in der Vegetationszeit existieren, lässt sich die verlagerte Nitratmenge nicht quantifizieren.

Eigene Überlegungen zu dieser Problematik basieren auf einem eigenen sehr vereinfachten Rechenmodell (s. Anlage: D 3-4). Es fußt auf dem Prinzip der schrittweisen Aufsummierung der Differenzen zwischen den  $N_{\min}$ -Werten eines aktuellen Probenahmetermins und seines direkten Vorgängers. Parallel dazu wurden, auf gleichem Prinzip basierend, die Differenzen der  $H_2O$ -Gehalte des Bodens errechnet. Die Ergebnisse wurden dann in Form eines Diagramms dargestellt.

Die Ergebnisse unterstützen die Vermutung, dass im Jahr 1996 zumindest auf den Pflugfurche-Herbst-Varianten nach kurzfristigen starken Niederschlagsereignissen ein Teil des in Form von mineralischer Düngung verabreichten und zu diesem Zeitpunkt sehr mobilen Stickstoffs infolge der Sättigung des Bodenprofils in eine von den Maispflanzen unerreichbare Tiefe verlagert oder sogar in das Grundwasser ausgewaschen wurde.

Die Gefahr einer Verlagerung bzw. Auswaschung vom Stickstoff ist besonders in der Zeit außerhalb der Vegetationsperiode sehr groß: Der im Boden vorhandene Stickstoff kann von der Zwischenfrucht kaum aufgenommen werden. Wenn in Folge von Niederschlägen der Prozess der Grundwasserneubildung in Gang gesetzt wird, ist die Kontamination des Grundwassers mit Nitrat unvermeidbar.

Im Gutachten des TZW Karlsruhe wurden diese Vorgänge beschrieben.

In zahlreichen Modellrechnungen wurden berechnete und gemessene Nitratstickstoffprofile für verschiedene Zeiträume erstellt. Im Folgenden werden Ergebnisse aus dem Zeitraum zwischen dem 30. Oktober 96 und dem 15. November 96 besprochen.

Mehrere Gründe sprachen für diesen Untersuchungszeitraum:

- ⇒ Vollständige Datensätze zu diesem Zeitraum,
- ⇒ Gute Sättigung des Bodenprofils,
- ⇒ Ein Niederschlag von 73 mm im Untersuchungszeitraum.

Sofern im Untersuchungszeitraum keine Mineralisierung statt fand, ist mit einer Auswaschung zwischen 3 kg N/ha (Pflugfurche-Herbst- und Pflugfurche-Frühjahr-Variante) und rund 10 kg N/ha (Direktsaat-Variante) zu rechnen. Für die Reihenfrässaat-Variante wurde keine Auswaschung errechnet.

Die Annahme einer parallel ablaufenden Mineralisierung führte zu einer guten Übereinstimmung zwischen Messprofil und Modellprofil. Allerdings kann bei einer Größenordnung von 2 bis 12 kg N/ha nicht von einer bedeutenden Netto-Nitratfreisetzung gesprochen werden.

Bei dem Niederschlag von 73 mm ergab sich eine Sickerwasser-Menge von 66 mm. Die darin enthaltene 'Mittlere Nitratkonzentration' lag zwischen 13 mg NO<sub>3</sub>/l bei der Reihenfrässaat-Variante und 67 mg NO<sub>3</sub>/l bei der Direktsaat-Variante. Die beiden Pflugfurche-Varianten wiesen 20 mg NO<sub>3</sub>/l auf.

Die hohe Konzentration in der Direktsaat-Variante ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf zusätzliche, sehr späte Stickstoffnachdüngung von 68 kg N/ha zurückzuführen. Dieser Stickstoff konnte von den Pflanzen nicht mehr aufgenommen werden.

#### *Eigene Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit der Anbauverfahren*

Im Durchschnitt der Projektjahre erwiesen sich die Pflugfurche-Herbst-Varianten als die wirtschaftlichsten Anbauverfahren. Deren Deckungsbeitrag lag um rund DM 314,- über dem der Direktsaat- und um DM 111,- bzw. um DM 109,- über dem der Reihenfrässaat- und Pflugfurche-Frühjahr-Varianten(s. Anlage D 3-5). Zu diesem Ergebnis trugen vor allem höhere Erlöse (bis zu 10 %) sowie geringere Kosten des Pflanzenschutzes (bis zu 11 %) und der Aussaat, bzw. die durch eine höhere Pflanzendichte bei den Direktsaat-Varianten verursachten höheren Saatgutkosten bei.

Die geringeren variablen Maschinenkosten im Bereich der Pflegemaßnahmen (rund 12 %) auf den Direktsaat- und Reihenfrässaat-Varianten konnten diese finanziellen Nachteile nicht ausgleichen.

## **D 4 Schlussfolgerungen**

Eine Einschätzung der untersuchten Verfahren gibt die eingefügte Tabelle wieder.

	<b>DS</b>	<b>RS</b>	<b>PF</b>	<b>PH</b>
<b>+</b>	• bessere Befahrbarkeit	• bessere Befahrbarkeit	• geringere Verfahrenskosten	• geringere Verfahrenskosten
	• Erosionsschutz	• Erosionsschutz		
<b>0</b>	• TM-Erträge			
	• N-Entzüge			
<b>-</b>	• erhöhter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	• erhöhter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	• erhöhtes Risiko für eine Nitratverlagerung im Sommer	• erhöhtes Risiko für eine Nitratverlagerung im Frühjahr und Sommer
			• erhöhte Auswaschungsfracht	• erhöhte Auswaschungsfracht

Für die Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung - Reihenfrässaat und Direktsaat - ist der Zeitraum von drei Jahren für eine endgültige Beurteilung noch zu kurz. Aus anderen Untersuchungen zur Minimalbodenbearbeitung ist bekannt, dass die Umstellungsvorgänge im Boden über ein Jahrzehnt und länger ablaufen.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

### Beschreibung der Projektteile

Das Projekt wurde in vier Themenbereiche gegliedert, um besser die nationalen Schwerpunkte ausarbeiten zu können:

- A Erhebungen zur Tierhaltung in den Projektregionen Elsass und Südbaden
- B Stickstoffverwertung unter schwierigen Bedingungen (Teil Oberelsass).
- C Möglichkeiten der Gülleausbringung im Herbst auf Böden mittlerer Durchlässigkeit (Teil Unterelsass).
- D Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen (Teil Baden-Württemberg).

Durch diese Gliederung sollte auch erreicht werden, dass keine Duplizierung der Projektarbeiten bei den Partnern stattfindet. Durch die Orientierung an ähnlich gelagerten Problem-bereichen bekamen die einzelnen Projektteile einen komplementären Charakter. Somit ist nicht nur der Austausch der gewonnenen Erkenntnisse möglich geworden, sondern was noch wichtiger erscheint, auch ein gegenseitiges Nutzen im Sinne der ressourcenschonenden und nachhaltigen Landbewirtschaftung und der Umwelt.

### Teil A Erhebung zur Tierhaltung in den Projektregionen Elsass und Südbaden

Ziel ist die Ermittlung des Beitrags der Viehhaltung zum Nitratbelastungsrisiko der regionalen Landwirtschaft für die Gewichtung der verschiedenen Elemente in den Aufklärungsaktionen bzw. die Auswahl der mit den Tierhaltern zu behandelnden praktischen Fragen, um zu einer signifikanten Reduzierung der Risiken dieser Betriebe zu kommen.

Ausgehend von den aktuell ungelösten Problemen sollen eventuell erforderliche Versuche zur Gewinnung regionaler Referenzwerte zu dieser Thematik bestimmt werden.

Die Erhebung erfolgte durch Auswertung von statistischen Daten, die im Elsaß durch eine vertiefende Befragung ergänzt wurde.

Allgemein gilt die Feststellung, daß sich die durchschnittlichen Größen der landwirtschaftlichen Betriebe stark unterscheiden.

Punktuell kann es aufgrund einer erhöhten Viehdichte zu Engpässen bei den Lagerkapazitäten oder der verfügbaren Fläche zur Ausbringung der anfallenden Wirtschaftsdünger kommen. Dies ist von besonderer Relevanz in Schutzgebieten, wie z. B. in Wasserschutzgebieten. Die Tierhaltungsbetriebe im Elsaß wurden in Gruppen mit relativ ähnlichen Problemsituationen eingeteilt.

Ausgehend von diesen Feststellungen und unter Berücksichtigung der von den für jede Gruppe als charakteristisch erachteten aufgeworfenen Probleme werden Verbesserungsansätze vorgeschlagen.

In Anbetracht der Vielfalt der angetroffenen Situationen, infolge der Kombinationen von Produktionssystemen und Arten der Handhabung des Stickstoffs aus Wirtschaftsdüngern, ist es unmöglich, Typen von Rinderhaltungsbetrieben unter dem Aspekt der Umweltbelastung zu beschreiben. Es wären zu viele und man müßte der Vielfalt in dieser Region Rechnung tragen.

Deshalb werden allgemeine Schlußfolgerungen für die gesamte sensible Zone gezogen. Die wichtigsten in der landwirtschaftlichen Praxis zu lösenden Probleme und die zu vertiefenden Arbeitsansätze sind die folgenden:

erkannte Probleme (nach Bedeutung)	Zielgruppe	Arbeits-/Lösungsansätze
Konzentrierte Ausbringung der Wirtschaftsdünger	Die Tierhalter sind sich des Problems bereits bewußt, tun aber nichts. Gruppen D und E der Klassifikation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beratungsaktionen haben schon Erfolge gebracht (Fert'III), aber es gibt weitere Verbesserungsmöglichkeiten. Auf der Vergrößerung der Ausbringungsfläche bestehen und <u>zeigen</u>, daß das möglich ist.</li> <li>In einigen Gebieten (z.B. Sundgau) kann auch auf Grünland ausgebracht werden. Das Programm zur Anpassung der Gebäude an die Vorschriften kann eine Gelegenheit sein, diese Botschaft zu vermitteln.</li> </ul>
Stickstoffüberdüngung von Mais	Alle Gruppen. Aber die Methoden müssen an die verschiedenen Gruppen angepaßt werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weitere Verbreitung der Referenzwerte mit einfachen Botschaften. Andere Faustzahlen vorschlagen.</li> <li>Referenzwerte für Fruchtfolgen in Verbindung mit dem Zustand der Bodenstruktur auf verdichtungsanfälligen und zur Vernässung neigenden Böden.</li> </ul>
Nichteinhaltung der Ausbringungszeiträume für Wirtschaftsdünger und ungenügende Lagerkapazitäten	Alle Gruppen, aber D und E sind prioritär. Betroffen sind auch die Betriebe, die wegen Vergrößerung auf Gülle umstellen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Anpassung an die Vorschriften stellt eine Gelegenheit zur Vergrößerung der Lagerkapazität dar. 4 Monate sind das Minimum; mit 6 Monaten kommt man in maisdominierten Fruchtfolgen besser klar.</li> <li>Begleitung dieses Programms durch Information/Ausbildung über die gute Praxis der Wirtschaftsdüngerausbringung unter Verwendung der vorgeannten Referenzwerte.</li> <li>Ausdehnung des Zwischenfruchtanbaus</li> </ul>

Im Übrigen zeigt diese Arbeit auf methodischer Ebene die Möglichkeit, Erhebungen auf regionaler Ebene durchzuführen. Am schwierigsten durchzuführen sind die Abschnitte der Quantifizierung. Sie beruhen teilweise auf der Möglichkeit - unter Kontrolle und Wahrung des Datenschutzes - gewisse Daten landwirtschaftlicher Betriebe der Verwaltung oder öffentlicher Einrichtungen verwenden zu können.

Der Nutzen allgemeiner Erhebungen wie der vorliegenden ist, den sozio-ökonomischen Entscheidungsträgern eine globale Darstellung der zu lösenden Probleme einer vorgegebenen Fragestellung zu präsentieren und einen Beitrag zur Ermöglichung eines Dialogs und zur Wahl der zu ergreifenden Maßnahmen zu leisten. Eine spätere Wiederholung einer ähnlichen Erhebung würde außerdem ermöglichen, die Effekte der beschlossenen und durchgeführten Maßnahmen zu messen. Insbesondere im Umweltbereich bleibt die Erarbeitung von Werkzeugen zur Abschätzung der diffusen landwirtschaftlichen Emissionen in verschiedenen Gebietskulissen (Wassereinzugsgebiet, Region, ...) ein Ziel das erreicht werden muß, um zur Suche nach Lösungen, die von allen von der Problemstellung Betroffenen akzeptiert werden können, beizutragen.

Die verfügbaren statistischen Daten der beiden Länder sind schwer zu vergleichen. So unterscheiden sich die methodischen Grundlagen (3 verschiedene Quellen) genauso wie die administrativen Unterteilungen. Letztgenannte umfassen in den beiden Regionen unterschiedliche Anteile von Ebene und Gebirge, wobei dieser geographische Faktor für die Verteilungsstruktur der Tierhaltung maßgeblich ist: Die Tierhaltungsbetriebe finden sich viel mehr im Gebirge als in der Rheinebene.

Auf der Ebene der Gemeindestatistik sind die Fälle mit strukturbedingtem Wirtschaftsdüngerüberschuß (über 2,3 GV/ha LN, d.h. über 170 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern) wirklich marginal. Der Viehbesatz liegt bezogen auf die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche des

Elsaß und Badens zwischen 0,4 und 0,7 GV/ha. Die zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Flächen reichen für eine optimierte Ausbringung der Wirtschaftsdünger aus.

In beiden Regionen hat der Mais in die Anbausysteme der Tierhaltungsbetriebe Einzug gehalten und einen großen Beitrag zur Verwertung der Wirtschaftsdünger geleistet. Im Elsaß erhält er 2/3 der Wirtschaftsdünger (lt. Erhebung im sensiblen Gebiet). Es wird jedoch zuviel stickstoffhaltiger Mineraldünger zusätzlich gedüngt.

Die Erstellung von landwirtschaftlichen Faustzahlen bezüglich des Düngewerts von Wirtschaftsdüngern ist vollkommen gerechtfertigt, genauso wie die Suche nach ergänzenden Anbauverfahren, die der Gefahr der Nitratauswaschung in den beiden Anbausystemen begegnen sollen.

Die im Elsaß durchgeführte Erhebung zeigt die Notwendigkeit, im Kontakt mit den Landwirten neue Schemas für die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern zu erstellen, die eine bessere Verwertung des in ihnen enthaltenen Stickstoffs gestattet. Für die Ausbringung auf zusätzlichen Flächen und zu geänderten Zeiten müssen neue Organisationsformen für die Lagerung und Ausbringung gefunden werden. Auch muß auf zur Verdichtung neigende Böden Acht gegeben werden und in bestimmten Fällen evtl. auch an eine Rückumwandlung in Grünland nachgedacht werden. Somit ist die gesamte Arbeitsorganisation des Tierhaltungsbetriebs betroffen und seine Beteiligung bei der Konzipierung neuer Verfahren ist unerlässlich.

### **Teil B Stickstoffverwertung unter schwierigen Verhältnissen und Vervollständigung der regionalen Stickstoffnachlieferungstabelle in Tierhaltungsbetrieben**

Die auf französischer Seite durchgeführten Versuche sollten dazu dienen, den landbaulichen Wert von Wirtschaftsdüngern unter zwei Gesichtspunkten zu betrachten, für die bisher nur wenig Datenmaterial vorlag:

- Abschätzen und Verstehen der Stickstoffwirkung von Mist vor Mais auf schwierigen Böden, insbesondere sauren und hydromorphen Lehmen, die spät im Frühjahr gepflügt werden müssen (Sundgau, hinterer Kochersberg, Hanauer Land). Es wird angenommen, dass auf diesen Böden Strukturprobleme vorliegen.  
Wegen ungenügender Lagerkapazität wird zum Pflügen häufig frischer Mist ausgebracht, der über Winter auf dem Betrieb angefallen ist.
- Ergänzung der regionalen Stickstoffnachlieferungstabelle für viehhaltende Betriebe, welche den Düngungsempfehlungen in Ferti-Mieux-Aktionen zugrunde liegt.

Diese Versuche zeigen die Grenzen des klassischen Ansatzes der Stickstoffdüngungsberatung auf.

In diesen Gebieten kann sich diese in Tierhaltungsbetrieben nicht mit der Multiplikation des 'Düngerwerts' mit der Ausbringungsmenge begnügen, sondern muss weitere Parameter, insbesondere die Bodenstruktur und den Ausbringungstermin berücksichtigen.

Gegenwärtig sind viele Landwirte in diesen Tierhaltungsgebieten aufgrund ihrer Betriebsorganisation dazu gezwungen, spät im Frühjahr zu pflügen und dazu frischen Mist auszubringen.

In diesen Gebieten wäre die Lösung zweifellos eine Änderung der Praxis: Lagerung und Reifung des Mist über den Sommer sowie früheres Pflügen für eine bessere Struktur.

Diese Veränderungen würden Verbesserungen der Lagerkapazität sowie Ausrüstungen für das Umsetzen und Wiederaufladen des Mistes voraussetzen und zu Mehrarbeit führen, die einige Landwirte sicher nicht auf sich zu nehmen bereit sind.

Was den Ausbringungstermin angeht, so lässt das Fehlen von Daten zur Ausbringung von kompostiertem Mist keine Schlussfolgerungen zu.

Die zu Mais ausgebrachten Wirtschaftsdünger stellen eine Stickstoffquelle für diese Kultur dar. Um diese bei der Berechnung der Stickstoffdüngung zu berücksichtigen muss man deren Düngewirkung unter verschiedenen Standortbedingungen kennen. Die bisher gewonnenen Ergebnisse gestatten jedoch nicht, eine allgemeine Empfehlung zu geben, da die Variabilität groß ist.

In der Tendenz müsste die Stickstoff-Mineraldüngung bei Wirtschaftsdüngeranwendung reduziert werden, was sich aber nicht genau beziffern lässt. Dafür wären feinere Bewertungsinstrumente nötig.

Die aktuell gültige Beratungsempfehlung, die Mineraldüngung um 35 kg N/ha zu reduzieren, wenn mit einer Nachwirkung von Wirtschaftsdüngern zu rechnen ist und um 40 kg N/ha bei einer direkten Wirtschaftsdüngerwirkung, wurde auf Daten aus dem braunen Ried gegründet, indem der Mittelwert abzüglich Standardabweichung genommen wurde.

Die gefundenen Ergebnisse erschüttern zum Teil die gegenwärtig im Rahmen von Ferti-Mieux-Aktionen erteilten Beratungsempfehlungen, welche auf günstigen Standortverhältnissen beruhen (+35 kg N/ha Nachwirkung, +40 kg N/ha Direktwirkung). Unter wechselnden und ungünstigen Bedingungen muss die Datengewinnung demnach noch detaillierter fortgesetzt werden, um angepasste und besser fundierte Ratschläge erteilen zu können.

Derartige Versuche sollten deshalb weitergeführt werden, unter Einbeziehung der Arbeitsorganisation, um die Beratungsempfehlungen in solchen Situationen abzusichern.

### **Teil C: Machbarkeit der Gülleausbringung im Herbst auf Böden von mittlerer und geringer Wasserdurchlässigkeit**

Ziel der Versuchsanstellung war es, nachzuweisen, dass die im Elsaß bis 2000 geltende-Ausnahmeregelung die Nitratauswaschungsgefahr gegenüber der grundsätzlichen Regelung nicht erhöht. Verschiedene Verfahren zur Abklärung einer eventuell verstärkten Nitratauswaschung durch Gülleausbringung im November wurden geprüft. Da die Arbeitskapazität und die Finanzen nicht erlaubt haben, alle im Elsass vorkommenden Standortverhältnisse zu berücksichtigen, erschien es uns bedeutsam, das Gefahrenpotential unter sehr gegensätzlichen Standortverhältnissen zu ermitteln, weshalb wir die Ausbringung von Gülle auf Böden mittlerer bis erhöhter Auswaschunggefährdung einerseits sowie sehr begrenzter Auswaschunggefährdung andererseits untersucht haben.

Nach Abschluß der Untersuchungen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

Bei Böden mittlerer bis starker Nitratauswaschunggefährdung führt eine Gülleausbringung im November in der Tendenz zu einer Erhöhung des Nmin-Gehalts im Boden. Dieser Vorrat kann teilweise durch Auswaschung verloren gehen, wenn der Winter niederschlagsreich ist. In derartigen Situationen wird das Risiko also signifikant erhöht.

Die Ausbringung auf Maisstroh ist weniger ungünstig als die Ausbringung nach Silomais, da bei der Strohumsatzung Stickstoff gebunden wird. Die Menge lässt sich dabei auf 30 kg N/ha beziffern.

Bei Böden mit sehr geringer Nitratauswaschunggefährdung erhöht eine Gülleausbringung im November oder Dezember unter den Bedingungen eines durchschnittlichen elsässischen Winters mit Niederschlägen zwischen Oktober und Februar im Bereich von 200 bis 300 mm die Nitratverluste nicht signifikant.

Es ist nur darauf zu achten, dass die Güllemenge so begrenzt wird, dass die Aufnahmekapazität der Folgekultur nicht überschritten wird. Bei Schweinegülle, dem hier vorliegenden Fall, scheinen 30 m<sup>3</sup> mit 100 - 120 kg Gesamtstickstoff eine empfehlenswerte Menge zu sein.

## Teil D Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen

Die Ziele dieses im Dreisamtal, östlich von Freiburg an der Westseite des Schwarzwalds in einem Trinkwassergewinnungsgebiet auf eher durchlässigen Böden durchgeführten Vorhabens waren:

- Vervollständigung agronomischer Daten zur Optimierung der Wirtschaftsdüngernutzung bei ungünstigen Standortbedingungen
- Einführung evtl. vorteilhafterer Aussaatverfahren wie Direktsaat, Reihenfrässaat bzw. Mulchsaat und Einbettung dieser Verfahren in ein neues Silomaisanbausystem
- Erforschung der Stickstoffdynamik organisch gedüngter Maisflächen durch mehrjährige Zeitreihenuntersuchungen
- Untersuchung des Bodengefüges unter geänderten Anbauverhältnissen im Vergleich zu herkömmlichen Anbauverfahren
- Verankerung eines umweltschonenden Silomaisanbaus in Wasserschutzgebieten.

Die Trockenmasseerträge bei den verschiedenen Anbauverfahren unterscheiden sich im Mittel der drei Versuchsjahre mit 131 dt/ha bei Direktsaat, 138 dt/ha bei Reihenfrässaat, 142 dt/ha bei Pflugfurche Frühjahr und 145 dt/ha bei Pflugfurche Herbst um maximal 14 dt/ha. In den einzelnen Jahren betragen sie 6 (1996 bei  $\bar{\sigma}$  = 121 dt/ha), 20 (1997; 197 dt/ha) und 26 dt/ha (1998; 110 dt/ha). Während die Unterschiede beim Trockensubstanzgehalt lediglich 1-2% ausmachten unterschieden sich die Kolbenanteile immer mehr: 1998 betrug der Kolbenanteil bei der Direktsaat 47%, Reihenfrässaat 43%, Pflugfurche-Frühjahr 42% und bei Pflugfurche-Herbst 39%. Bei entsprechend den N<sub>min</sub>-Werten angepasster Düngung mit 68 kg N/ha mehr bei Direktsaat lagen die Energieerträge im Jahr 1996 mit 131.400 MJ/ha bei Direktsaat, 129.500 bei Reihenfrässaat, 129.400 bei Pflugfurche-Frühjahr und 123.800 bei Pflugfurche-Herbst relativ nahe beieinander. Bei einheitlicher Düngung im Jahr 1998 lag die Pflugfurche-Herbst jedoch mit 125.700 MJ/ha an der Spitze und um 21% über der Direktsaat. Dies macht deutlich, daß mit dem Aussaatverfahren auch das Düngungssystem geändert werden muß.

Die N<sub>min</sub>-Werte lagen Ende Oktober in der Regel unter 20 kg N/ha. Lediglich im Jahr 1998 wurden bei Reihenfrässaat 28 und bei Direktsaat 35 kg N/ha gemessen. Sie lagen damit in allen Fällen deutlich unter dem 45 kg/ha-Grenzwert der bad.-württ. SchALVO. Eine Modellrechnung zur Sickerwasserbelastung ergab für den Herbst 1996 Nitratkonzentrationen von rund 20 mg N/l bei den Pflugvarianten. Dort ist auch mit Auswaschungsverlusten bei größeren Niederschlagsereignissen im Anschluß an die N-Düngung zu rechnen.

Beim Deckungsbeitrag lag die Pflugfurche-Herbst-Variante im Durchschnitt der drei Versuchsjahre um 109 bzw. 111 DM/ha über der Pflugfurche-Frühjahr bzw. Reihenfrässaat-Variante und um 314 DM/ha über der Direktsaatvariante, die insbesondere durch höhere Verfahrenskosten belastet war (Sätechnik, Saatstärke, Pflanzenschutz, Düngung).

Eine vorläufige Einschätzung der untersuchten Verfahren gibt die folgende Tabelle wieder:

	DS	RS	PF	PH
+ 0 -	• bessere Befahrbarkeit	• bessere Befahrbarkeit	• geringere Verfahrenskosten	• geringere Verfahrenskosten
	• Erosionsschutz	• Erosionsschutz		
	• TM-Erträge			
	• N-Entzüge			
	• erhöhter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	• erhöhter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	• erhöhtes Risiko für eine Nitratverlagerung im Sommer	• erhöhtes Risiko für eine Nitratverlagerung im Frühjahr und Sommer
			• erhöhte Auswaschungsfracht	• erhöhte Auswaschungsfracht

Hierzu ist jedoch anzumerken, daß für die Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung - Reihenfrässaat und Direktsaat - der Zeitraum von drei Jahren für eine endgültige Beurteilung noch zu kurz ist. Aus anderen Untersuchungen zur Minimalbodenbearbeitung ist bekannt, dass die Umstellungsvorgänge im Boden über ein Jahrzehnt und länger dauern.

Die Analyse der vielfältigen Untersuchungsergebnisse beweist, dass die Stickstoffdynamik organisch gedüngter Maisflächen ein sehr komplexes Thema ist. Je nach Betrachtungsweise, ergeben sich Vor- oder Nachteile von verschiedenen Anbauverfahren. Ein eindeutig unter allen Gesichtspunkten vorteilhaftes Anbauverfahren gibt es zur Zeit nicht. Es bedarf immer einer Abwägung von eventuellen Auswirkungen, besonders auf die Umwelt. Die finanziellen Folgen für den landwirtschaftlichen Betrieb sind aber genauso in Betracht zu ziehen. Dies setzt voraus, dass solche Überlegungen in einer an der Praxis orientierten Forschung unter relativ kleinräumigen regionalen Standortverhältnissen erprobt werden. Dadurch können die manchmal sehr wechselhaften Einwirkungen verschiedener Untersuchungsparameter gut eingegrenzt und somit die Übertragbarkeit von vorteilhaften Lösungen in die praktische Anwendung beschleunigt und von einer gut geschulten Beratung in die Praxis getragen werden. Wichtig ist, dass die Ergebnisse solcher Untersuchungen in die Entwicklung von Anbausystemen einfließen, die schon im Vorfeld mögliche Risiken einer Umweltbelastung, wenn auch nicht ganz, dann jedoch mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit ausschließen können. Das bedarf wiederum der Kenntnis solcher Risiken und begründet einen weiteren Einsatz in der Erforschung der Stickstoffproblematik in den Regionen.

## 7 LITERATUR

- [1] Ammann, H.; Ammon, H.-U.; Anken, Th.; Bohren, Ch.; Monchet, P. A.; Stauffer, W.; Sturny, W. (1994): Maisbau à la carte. Merkblatt LBL
- [2] Ammon, H.-U.; Anken, Th.; Bohren, Ch.; Ryter, H.; Sturny, W. (1993): Maiswiese-Konzept für einen umweltschonenden Maisanbau. UFA-Revue 3, Sonderdruck
- [3] Ammon, H.-U.; Bigler, F.; Waldburger, M. FAP Zürich (CH) (1995): Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Die Verfahren im Vergleich. In: Agrarforschung '95.
- [4] Asums; Görlitz (1991): Stickstoffdynamik und -wirkung von Stallmist und Gülledüngung auf diluvialen sandigen Böden. VDLUFA-Schriftenreihe Kongressband
- [5] Bach, M. (1987): Die potentielle Nitratbelastung des Sickerwassers durch die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Göttinger Bodenkundliche Berichte 93, S. 1 - 186
- [6] Biermann, S.; Michel, R.-J.; Remus, M.; Schulz, P.; Voigt, H.-J.: Ein Konzept zur großmaßstäbigen Bewertung der Stoffeintragsgefährdung aus dem Boden in das Grundwasser unter Berücksichtigung von Standort und Bewirtschaftung. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 85, III 1395-1398.
- [7] Blevins, R. L.; Frye, W. W.; Kitur, B. K.; Smith, M. S. (1984): Fate of N<sup>15</sup>-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage and conventional tillage corn. Agron J. 76, S. 240 - 242
- [8] Brandhuber; Hege (1991): Nitratbelastung des Sickerwassers unter Acker- und Grünlandnutzung viehhaltender Betriebe. VDLUFA (Hrsg.) S. 203-208
- [9] Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (1992): Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. AG Bodennutzung in Wasserschutz- und Schongebieten. S. 42
- [10] Döhler, H.; Schultheiß, U.: Grundwasserschonender Einsatz von Wirtschaftsdüngern. KTBL-Arbeitspapier 206
- [11] Dosch, P., Gutser, R., 1992: Strategien zur Optimierung der Stickstoffwirkung von Flüssigmist. Pirkelmann, H. (Hrsg)
- [12] Dressel, J.; Knittel, H.; Lang, H.: Einfluss der Stickstoffdüngung auf Ertrag und N-Mineralisierungen einer Ackerbraunerde bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung.
- [13] FAP Zürich (CH); Jäggli, F.; Waldburger, M.; Walther, U.: N<sub>min</sub>-Gehalte des Bodens in vier Maisanbauverfahren 1990 - 1993.
- [14] FAP Zürich (CH); Waldburger, M.; Weisskopf, P.; Zihlmann, U. (1995): Bodenphysikalische Parameter in vier Maisanbauverfahren 1990 - 93. In: Agrarforschung
- [15] Fruchtenicht und Heyn: Bilanz des Stickstoffs und der organischen Substanz in kg bei Lagerung von Stapelmist und Gülle. Neu bearbeitet nach Schmid und Vetter. In: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 12. Auflage
- [16] Fruchtenicht; Heyn; Kuhlmann; u. a.: Stalldüngenanfall bei verschiedener Stallhaltung und Einstreu (Festmist und Jauche). In: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau, Auflage 12
- [17] Harrach, T.; Richter, U. (1994): Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitungssysteme auf die Durchwurzelbarkeit des Bodens und die Stickstoffverlagerung mit dem Sickerwasser. In: Tebrügge, F.; Dreyer, M. (Hrsg.): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristige Auswirkungen auf den Boden, S. 129 - 176
- [18] Harrach, T.; Richter, U. (1994): Einfluss von Bodenbearbeitungsverfahren auf die Nitratverlagerung.

- [19] Kersebaum, K. S. (1989): Die Simulation der Stickstoffdynamik von Ackerböden. Dissertation, Universität Hannover
- [20] Knittel, H.; Lang, H. (1998): Results from Long-Term Experiments with Agricultural crops Measuring the Effects of Various Amounts of Nitrogen and Different tillage Systems on yield and Nitrogen Mineralisation of Soil. International Soil Tillage Research Organization. 11<sup>th</sup> International Conference Edinburgh, Scotland, July '88
- [21] Köpke; Schenke (1995): Jauche: Effizienter Einsatz eines betriebseigenen Düngemittels. Wiss.-Tagung Ökologischer Landbau, Kiel, Beitrag 3
- [22] Landesamt für Bodenforschung, Bodentechnologisches Institut, Bremen; Scheffer, B.: Abschätzung des Nitrataustrages über Bodenuntersuchungen und Bilanzen.
- [23] Lawane, G., (1984): Mengenveränderung der organischen Substanz bei unterschiedlicher Bearbeitungsintensität. UNI Göttingen, Diss.
- [24] Lorenz, F. (1992): Gülledüngung mit ergänzenden Mineral-N-Gaben zur Erzielung optimaler Erträge bei niedrigem Nitrataustrag. Dissertation, Göttinger Bodenkundliche Berichte 99, S. 1 - 172
- [25] LUFA Augustenberg (1996): Nitratbericht. In: Beratungsinformationssystem des Landes Baden-Württemberg
- [26] Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg (1998): Richtwerte für Nährstoffgehalte und anrechenbare N-Mengen im Anwendungsjahr von Flüssigmist, Festmist und Jauche.
- [27] Paffrath (1993): N-Dynamik auf ausgewählten Flächen des Boschheide Hofes und des konventionellen Vergleichsbetriebes. Wissenschaftliche Berichte über Land- und Ernährungswirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Reihe C, S. 49, 108 - 115
- [28] Quadflieg, A.: zum Thema „Strategien zur Vermeidung und Verminderung der Nitratauswaschung in Wasserschutzgebieten“ am Rande des KTBL/HMUB-Fachgesprächs am 15./16. März 1994 in Duderstadt/Westerode. KTBL-Arbeitspapier 206
- [29] Regierungspräsidium Freiburg (1995): Vertrag über die Durchführung von Sanierungsfruchtfolgen innerhalb der Kernsanierungszone
- [30] Rödelberger; Rohmann (1994): Maßnahmenkombinationen und Varianten zur Sanierung des nitratbelasteten Trinkwassers der Gemeinde Weisweil, TZW
- [31] Rohmann, U. (1995): Rundschreiben „Sanierung des nitratbelasteten Grundwassers durch landwirtschaftliche Maßnahmen“. TZW
- [32] Rohmann, U.; et. al. (DVGW Technologiezentrum Wasser) (1994): Veröffentlichung im Rahmen des Projektes „Überbetriebliche Maisflächenbewirtschaftung“ des Landes Baden-Württemberg.
- [33] Rohmann, U.; Sontheimer, H. (1985): Nitrat im Grundwasser, Karlsruhe. Einfluss von Bodennutzung und Düngung in Wasserschutzgebieten auf den Nitratintrag in das Grundwasser. Fachinformation des DVGW/LAWA-Ausschusses „Wasserschutzgebiete“. Wasser-Information Nr. 35 - 3/93
- [34] Rüegg, W. (1994): Verfügbarkeit von Stickstoff für Silomais bei Mulchsaat in abgestorbene Zwischenfruchtbestände. Dissertation ETH Nr. 10708, S. 1 - 149
- [35] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Agrardaten '95
- [36] Stiftung Ökologie und Landbau: Rahmenrichtlinien für den ökologischen Landbau. 14. vollständig überarbeitete Auflage. Sonderausgabe Nr. 17.
- [37] Vetter, R.; et. al. (Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung Müllheim): Diverse Abschlussberichte über Ergebnisse aus Projekten des Landes Baden-Württemberg aus den Jahren 1992 bis 1994.

**F :**

- [1] Benoît, Marc (1992) : un indicateur des risques de pollution azotée nommée “ bascule ” (Balance Azotée Spatialisée des Systèmes de Culture de l’exploitation) – Revue Fourrages n°129, p 95-110
- [2] Benoît, Marc et al (1995) : mesures en parcelles d’agriculteurs des pertes en nitrates. Variabilité sous divers systèmes de culture et modélisation de la qualité de l’eau d’un bassin d’alimentation – Comptes rendus de l’Académie d’Agriculture de France – volume 81, n°4 – p 175 à 188
- [3] Besançon T (1998) – Estimation des risques de lixiviation nitrique sous différents systèmes de culture lorrains à partir de dispositifs de suivi in-situ des eaux de percolation – Mémoire de fin d’étude –ISARA 90 p

## 8 Anhang

aufgrund des Umfanges wurde auf die Darstellung des Anhanges im über das Internet angebotene Dokument verzichtet. Zum Erhalt eines Projektberichtes A 1.1 mit Anhang wenden Sie sich bitte an folgende Adresse:

Secrétariat ITADA  
Bâtiment Europe, 2 allée de Herrlisheim  
F-68000 COLMAR

Tél: 0(0.33)3.89.22.95.50  
Fax: 0(0.33)3.89.22.95.59

e-mail: [itada@wanadoo.fr](mailto:itada@wanadoo.fr)