

# ITADA

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



1996-1998

Abschlussbericht zum Projekt A1.2

## Optimierung des Zwischenfruchtanbaus

Projektleitung:	M.L. Burtin (ARAA)	Schiltigheim	F
Projektpartner:	H. Nussbaumer (IfuL)	Müllheim	D
	F. Juncker-Schwing (AGPM)	Colmar	F
Weitere Beteiligte:	Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin, ITCF, LEGTA Rouffach		F

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

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

ITADA-Sekretariat: 2 allée de Herrlisheim, F-68000 COLMAR  
Tel.: 0(033)3 89 22 95 50 Fax: 0(033)3 89 22 95 59 eMail: itada@wanadoo.fr

## **INHALTSVERZEICHNIS**

Problemstellung	3
-----------------	---

### **Teilthema 1: Zwischenfrucht zwischen Winterweizen und Mais**

1.0 Einleitung	
1.1 Die verfügbaren Daten	4
1.2 Kann eine Zwischenfrucht zwischen Getreide und Mais den von der Vorfrucht hinterlassenen oder mit Wirtschaftsdüngern im Sommer ausgebrachten Stickstoff verwerten?	4
1.3 Vermindern Zwischenfrüchte die Gefahr der Nitratauswaschung über Winter?	7
1.4 Sind die verschiedenen untersuchten Arten gleichwertig?	10
1.5 Birgt dieses Verfahren keine neuen Gefahren ins sich (Mineralisierung im Winter)?	11
1.6 Gibt es ein Mittel gegen diese neuen Gefahren (Frühjahrsunbruch)?	11
1.7 Welche Wirkungen hat eine Zwischenfrucht auf die Folgefrucht?	12
1.8 Läßt sich die Stickstoffaufnahme von Senf ohne Messung abschätzen?	15
1.9 Schlussfolgerung	17

### **Teilthema 2: Zwischenfrüchte bei Mais in Monokultur**

2.1 Ausgangssituation und Problemstellung	18
2.2 Zielsetzung	18
2.3 Methodik	19
2.4 Ergebnisse	20
2.4.1: Neue Erkenntnisse zur Untersaat von Gräsern in Mais	20
2.4.2: Was können Untersaaten in den beiden Mais-Anbausystemen leisten?	25
2.4.3: Welche Alternativen gibt es und was ist davon zu halten?	31
2.5 Wirtschaftlichkeit	36
2.6 Agronomische Fragen	36
2.7 Weitere Ansätze	37
2.8 Schlussfolgerungen	37
3. Allgemeine Schlussfolgerungen	39
4. Zusammenfassung	40

### **Anhang zum Teilthema 1:**

1	Plan der Versuche mit Zwischenfrüchten zwischen Weizen und Mais im Elsass	49
2	Merkmale der elsässischen Versuche	50
3	Plan des Versuchsnetzes 1998 im Elsass	51
4	Plan der Versuche in Baden-Württemberg	52
5.1	Versuche mit Senf in Elsenheim 1996	53
5.2	Bodenmessungen in Elsenheim 1996/97	53
6.1	Versuche mit Senf in Mussig 1997	54
6.2	Bodenuntersuchungen in Mussig 1997/98	54
7	Angaben zum Parzellennetz 1998	55
8	Ergebnisse aus Efringen-Kirchen 1997/98	57
9	Versuchsdaten Steinenstadt (1998)	61

### **Anhang zum Teilthema 2:**

1	Niederschläge in Rouffach zwischen 01.09 und 31.10. in den Jahren 1997 und 1998	65
2	Mittlere Temperatur in Rouffach vom 01.09. bis 30.11.1998	65
3	Wasserbilanz von Rouffach (1997/98)	66
4	Zusammenfassende Übersicht der elsässischen Ergebnisse	67
5	Nmin-Werte bei verschiedenen Zwischenfrüchten in Rouffach (1997 – 1999)	68
6	Zusammenstellung der Versuchsergebnisse aus dem Dreisamtal	69

## **ABSCHLUSSBERICHT FÜR DIE JAHRE 1996 – 1998**

### **Problemstellung**

Zur Vermeidung von Nitratverlusten in der Landwirtschaft reicht es nicht aus, die Düngung der Kulturen zu justieren. Man muss auch danach schauen, was mit dem Stickstoff in der Zeit zwischen den Anbauperioden passiert. In der Rheinebene gibt es zwei Situationen, bei denen die Gefahr grösserer Nitratverluste besteht:

- der lange Zeitraum zwischen der Ernte einer Winter- oder frühen Sommerfrucht und der Aussaat einer Sommerfrucht. Auch bei ordnungsgemässer Stickstoffdüngung steigt der Gehalt des unbegrüntem Bodens an mineralischem Stickstoff (N<sub>min</sub>) infolge von Mineralisation während des Sommers und Herbsts weiter an und die Gefahr von Auswaschungsverlusten nimmt zu. Dies gilt z.B. für die Abfolge Winterweizen – Mais, deren Umfang auf 40.000 ha im Elsass und 115.000 ha in Baden-Württemberg geschätzt wird.

- der Zeitraum zwischen zwei Sommerfrüchten mit später Ernte. Der im Herbst durch Mineralisierung freigesetzte Stickstoff wurde von der Kultur nicht mehr aufgenommen. Nachdem der Bodenwasservorrat wieder aufgefüllt wurde, kann das Sickerwasser das Nitrat ausserhalb der Reichweite von Wurzeln verlagern. Dies ist hauptsächlich der Fall bei Mais in Monokultur. Die Maisfläche beträgt 126.000 ha in Baden-Württemberg und 150.000 ha im Elsass, wobei in nicht unbedeutendem Umfang Mais auf Mais folgt.

Was die Situation Weizen – Mais (Teilthema 1) angeht, so sind die verschiedenen Verfahren des Anbaus von Zwischenfrüchten (Stoppelbearbeitung, Stroheinarbeitung, Zwischenfrucht-aussaat, ...) und ihre Wirksamkeit bezüglich der Nitratbindung sowohl in Frankreich (insbesondere Arbeiten des ITCF) als auch in Baden-Württemberg (insbesondere Aktion 001 zum optimalen Umbruchtermin) wohlbekannt. Es bleibt jedoch noch zu klären, wie wirksam Zwischenfrüchte sind, wenn auf die Getreidestoppel Wirtschaftsdünger ausgebracht wird und wie der Landwirt den richtigen Umbruchzeitpunkt herausfinden kann.

Was den Zwischenfruchtanbau zwischen Maiskulturen (Teilthema 2) angeht, so sind die Verfahren noch nicht genügend ausgereift, um allgemein empfohlen werden zu können und es stellen sich noch zahlreiche Fragen hinsichtlich einer ausreichend grossen Nitratbindungskapazität.

Die im Rahmen dieses Projekts angelegten Versuche versuchen, auf diese Fragen eine Antwort zu geben. Ihre Ergebnisse werden in Form von zwei Kapiteln, nach Teilthemen, präsentiert.

# TEILTHEMA 1: ZWISCHENFRUCHTANBAU ZWISCHEN WEIZEN UND MAIS

(Redaktion: Marie-Line Burtin, ARAA)

## 1.0 Einführung

Der Zeitraum zwischen der Getreideernte und einer Sommerfrucht wie Mais ist lange und kann die Gefahr der Nitratauswaschung in sich bergen. In Baden-Württemberg und im Elsass wird empfohlen, zur Verminderung dieser Gefahr Zwischenfrüchte anzubauen. Unter gewissen Umständen wird aus dieser Empfehlung eine Verpflichtung: Beispielsweise in der grundwassersensiblen Zone des Elsass, wenn im Juli oder August auf die Getreidestoppel Wirtschaftsdünger ausgebracht werden (Nitratrichtlinie) oder in Wasserschutzgebieten des Landes Baden-Württemberg (SchALVO). Nähere Angaben zu diesem Thema finden sich im ITADA-Projekt B4.

Auf landbaulicher Ebene sind die Wahl der Zwischenfruchtarten nach Weizen, deren Ansaat und Effektivität hinsichtlich der Nitratbindung wohlbekannt. Zu klären sind:

- die Effektivität dieser Arten im Falle von Wirtschaftsdüngerausbringung auf die Getreidestoppel hinsichtlich der Stickstoffbindung,
- die Auswirkungen verschiedener Behandlungen (Umbruchtermin),
- die Ermittlung leicht erkennbarer Merkmale für die Festlegung des Umbruchzeitpunkts durch den Landwirt.

Die Antworten auf diese Fragen wurden in den Jahresberichten festgehalten. Für die Gesamtauswertung haben wir auf die Gesamtheit der verfügbaren Daten zurückgegriffen und sieben allgemeinere Fragen beantwortet:

1. Kann eine Zwischenfrucht zwischen Getreide und Mais den von der Vorfrucht hinterlassenen oder mit Wirtschaftsdüngern im Sommer ausgebrachten Stickstoff aufnehmen?
2. Vermindert der Anbau von Zwischenfrüchten die Gefahr der Nitratauswaschung über Winter?
3. Sind die verschiedenen geprüften Zwischenfrüchte gleichwertig? Gibt es eine leistungsfähigere?
4. Birgt dieses Verfahren nicht neue Gefahren in sich (Wiederfreisetzung von Stickstoff im Winter)?
5. Gibt es ein Mittel um dieser Gefahr zu begegnen (Frühjahrsumbruch)?
6. Wie wirkt sich die Zwischenfrucht auf die Folgekultur aus?
7. Lässt sich die Stickstoffaufnahme von Senf auch ohne Messung abschätzen (Höhe, Dichte, ...)?

## 1.1 Verfügbare Daten

Aus dem Elsass liegen folgende Daten vor:

- Versuch Elsenheim 1996/97 (F-67, westlich von Marckolsheim),
- Versuch Mussig 1997/98 (F-67, östlich von Sélestat),
- Netzwerk von Schlägen im Zorntal und im südlichen Unterelsass 1998/99.

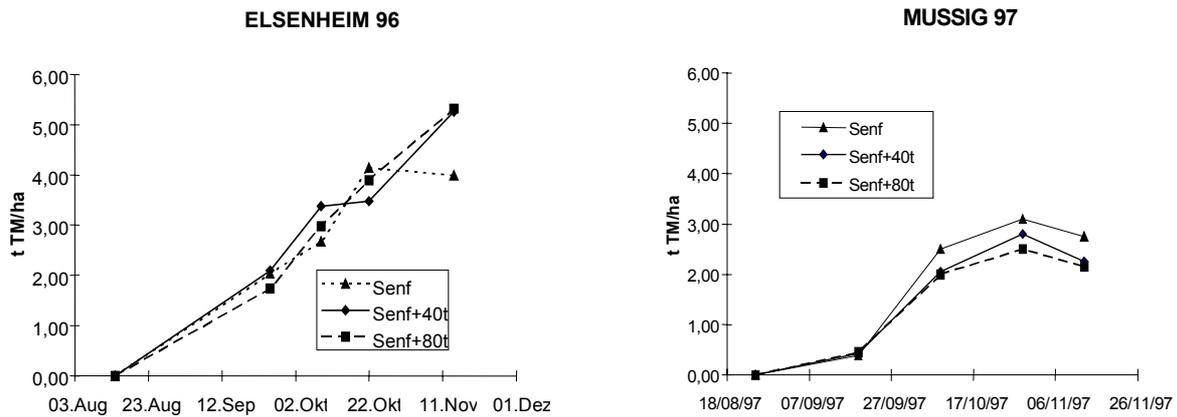
Aus Baden-Württemberg kommen Daten von zwei Versuchen im Jahre 1997/98, der eine in Efringen-Kirchen (nördlich von Basel) und der andere in Stein Stadt (südlich von Müllheim).

Die Versuchspläne und Ergebnisdaten dieser Versuche befinden sich im Anhang.

## 1.2 Kann eine Zwischenfrucht zwischen Getreide und Mais den von der Vorfrucht hinterlassenen oder mit Wirtschaftsdüngern im Sommer ausgebrachten Stickstoff aufnehmen?

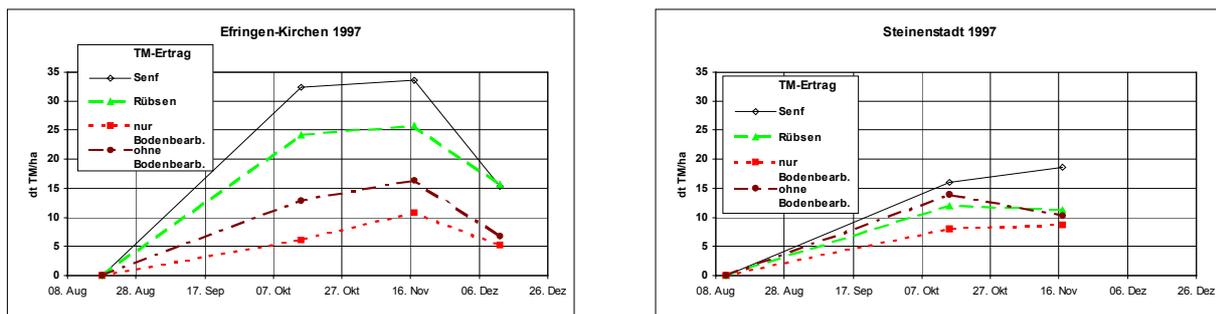
Die Antwort auf diese Frage geben die Beobachtung des Wachstums der Zwischenfrucht (erzeugte Biomasse) und die im Sproß aufgenommene Stickstoffmenge.

**Abb. 1:** Von den Zwischenfrüchten erzeugte Biomasse (Elsenheim 1996, Mussig 1997)



Im Elsass konnte sich der Senf sowohl 1996 als auch 1997 entwickeln. Im Jahr 1996 war das Wachstum schnell und auf den mit Mist gedüngten Varianten wurden 5 t/ha Biomasse erzeugt. Im Jahre 1997 war der Start schwieriger, da es bei der Aussaat trocken war. Es wurden höchstens 3 t/ha Biomasse erzeugt, wobei der Mist zu keinem Mehrertrag führte.

**Abb. 2:** Biomasseproduktion von Zwischenfrüchten 1997 (Efringen-Kirchen, Steinstadt)



In Efringen-Kirchen haben sowohl der Senf als auch die Winterrübsen fast ihre gesamte oberirdische Biomasse innerhalb von 8 Wochen nach der Saat produziert (3,2 bzw. 2,4 t/ha TM).

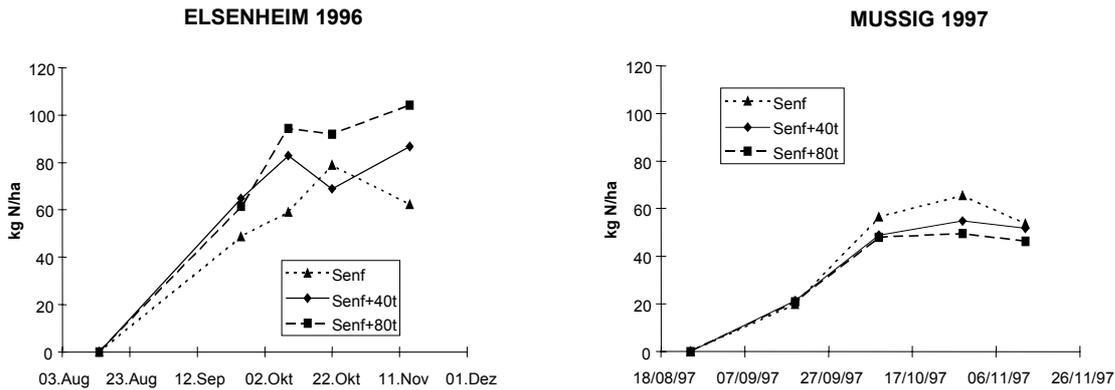
Nachdem der Senf Ende Oktober abgefroren ist, lässt sich Mitte November nur noch ein Zuwachs von 200 kg/ha seit der letzten Messung (Mitte Oktober) feststellen. Mitte Dezember findet man nur noch die Hälfte der Mitte November gemessenen Menge wieder.

Bei Winterrübsen konnte man im November noch eine Zunahme bei den Wurzeln feststellen, während die oberirdischen Teile (Blätter + Stengel) nur noch einen bescheidenen Zuwachs aufwiesen, der im Dezember dann noch auf 1,6 t/ha TM abnahm.

Die Selbstbegrünung bestand hauptsächlich aus Ausfallgetreide und wies gegenüber den Kreuzblütlern einen Entwicklungsrückstand auf, der dazu führte, daß nur halb so viel Biomasse wie bei jenen produziert wurde.

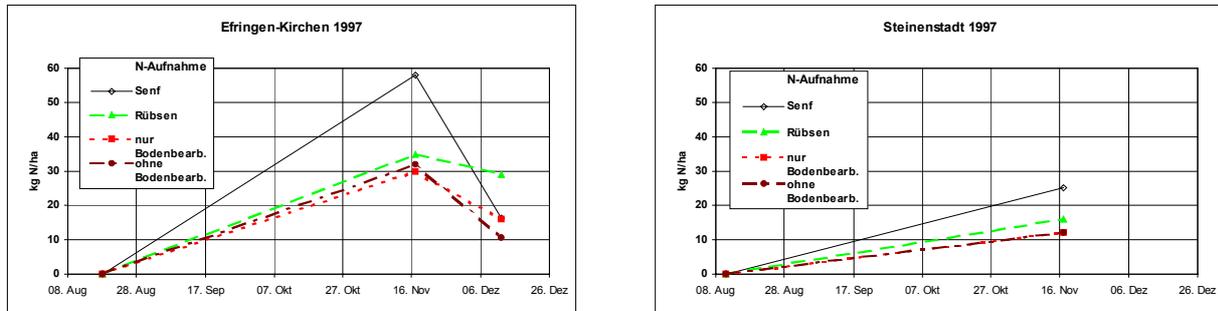
In Steinstadt haben sich die geringen Nitratgehalte im Boden als begrenzender Faktor für das Wachstum der Zwischenfrüchte erwiesen. Senf und Winterrübsen erreichten dort bis Mitte Oktober nur die Hälfte der Erträge von Efringen-Kirchen. Dagegen hat das Ausfallgetreide trotz der geringen Nitratgehalte genauso viel Biomasse erzeugt wie in Efringen-Kirchen. Der Senf ist noch weiter gewachsen und hat bis Mitte November 1,9 t TM/ha erreicht, während die anderen Varianten praktisch unverändert blieben. Da es zu keiner signifikanten Weiterentwicklung mehr kam, unterblieb die Dezemberbeprobung.

**Abb. 3:** Stickstoffaufnahme im Sproß der Zwischenfrüchte (erntbarer Aufwuchs)



Im Elsass schwankte die Stickstoffaufnahme 1996 in den oberirdischen Teilen zwischen 60 und 100 kg N/ha, je nach ausgebrachter Mistdüngung. Im Jahre 1997 lag die Aufnahme niedriger (50 bis 60 kg/ha) und die Unterschiede zwischen den Varianten waren geringer.

**Abb. 4:** Stickstoffaufnahme im Spross von Zwischenfrüchten (Efringen-Kirchen, Steinensstadt)



In Efringen-Kirchen lag die maximale Stickstoffaufnahme mit Senf bei 58 kg N/ha im November, während Winterrübren und Ausfallgetreide nur 30-35 kg N/ha binden konnten. Im Dezember fanden sich in dem abgefrorenen Senf noch 16 kg N/ha, genausoviel wie in einer Selbstbegrünung nach Bodenbearbeitung. Bei Winterrübren, der nicht abgefroren war, fand man noch 29 kg N/ha, also deutlich mehr wie bei den anderen Varianten.

In Steinensstadt wurde eine Stickstoffaufnahme von 25 kg N/ha bei Senf, von 16 kg bei Rübren und 12 kg bei Ausfallgetreide gemessen.

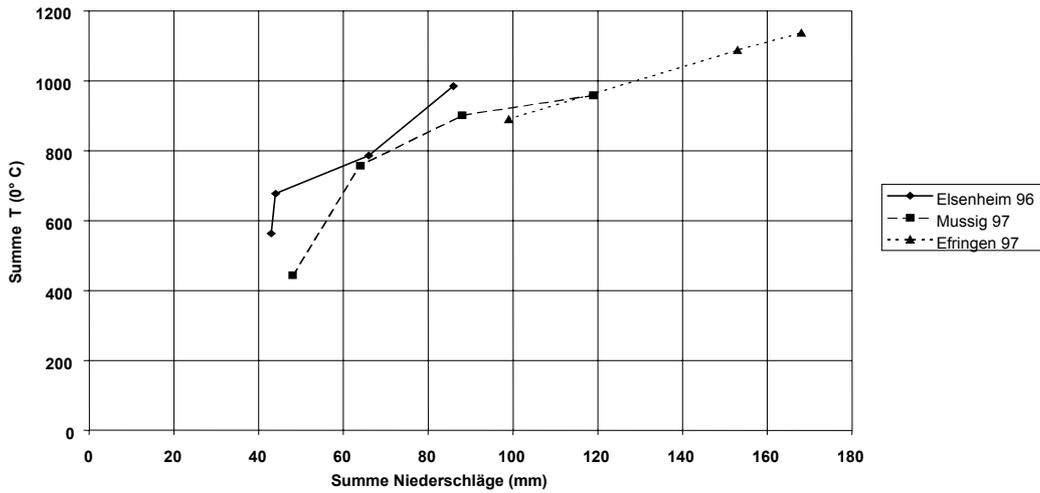
Die an den beiden Standorten gemessenen Stickstoffaufnahmen zeigen, daß Senf bis Ende Oktober etwa die doppelte Menge einer hauptsächlich aus Ausfallgetreide bestehenden Selbstbegrünung aufnehmen kann.

Die Unterschiede zwischen den Jahren und Standorten scheinen, mit Ausnahme der Feuchteverhältnisse zur Saat, nicht auf größere klimatische Unterschiede zurückzuführen zu sein: Während der Senf 1996 in feuchten Boden gesät wurde, war es 1997 trocken.

Für den Rest der Wachstumszeit waren die Niederschlags- und Temperatursummen recht ähnlich, wie es die nachstehende Abbildung der Niederschlags- und Temperatursummen (Basis 0°C) von der Aussaat des Senfes bis zu seinem Abmulchen belegt. In Efringen scheint es etwas mehr geregnet zu haben. Dies ist jedoch auf spätere Messtermine zurückzuführen.

Die Wachstumsunterschiede lassen sich, neben den Aussaatbedingungen, auch mit den Nitratgehalten zu Beginn erklären: Während sie in Elsenheim bei 114 kg N/ha und in Mussig bei 50 kg N/ha lagen, wiesen Efringen-Kirchen nur 29 kg N/ha und Steinensstadt gar nur 10 kg N/ha auf.

**Abb. 5:** Summen von Niederschlägen und Temperaturen (Basis 0°C)



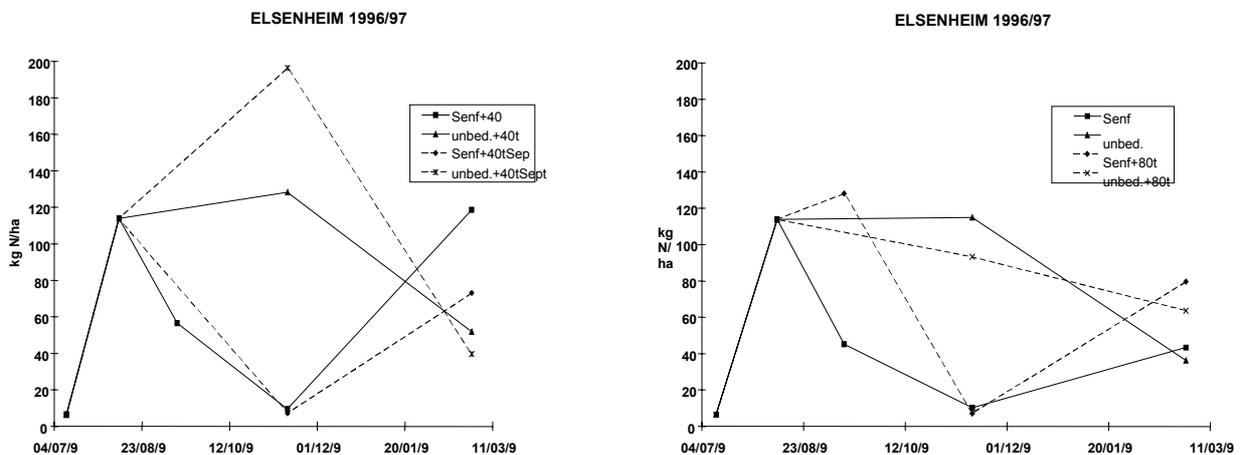
Das elsässische Netz des Jahres 1998 bestätigt diese Wachstumsmöglichkeiten des Senfes, insbesondere nach Wirtschaftsdüngerausbringung im Sommer: Auf 14 Schlägen wurden Biomasseproduktionen zwischen 1,5 und 5,9 t/ha TM gemessen und Stickstoffaufnahmen im Sproß von 34 bis 182 kg N/ha.

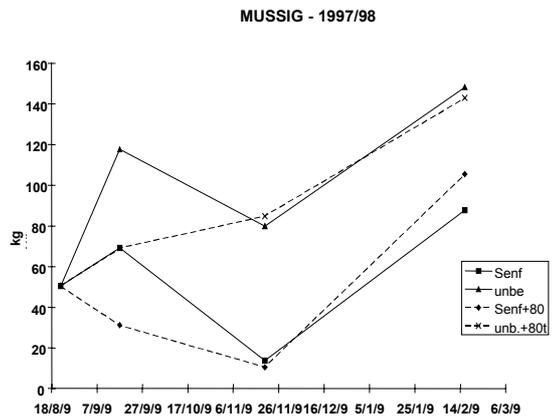
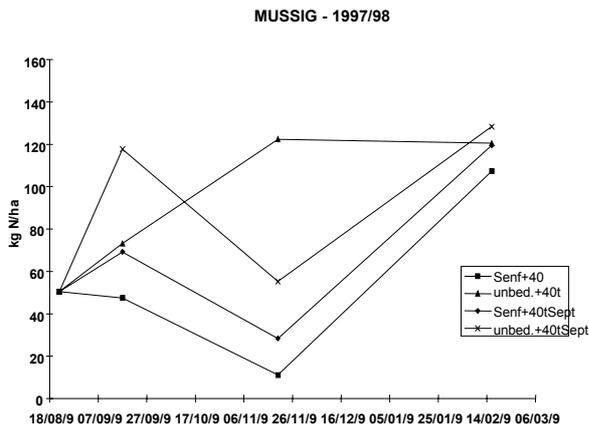
Aus den gewonnenen Ergebnissen läßt sich schlußfolgern, daß Zwischenfrüchte in der Lage sind, sich im Spätsommer und Herbst zu entwickeln und Stickstoff aufzunehmen, insbesondere den Stickstoff aus im Sommer ausgebrachten Wirtschaftsdüngern. Das Beispiel Steinenstadt zeigt, daß es auch Schläge mit Stickstoffgehalten gibt, die für die schnelle Entwicklung einer Zwischenfrucht zu niedrig sind. Solche Schläge sollte man im Voraus ausfindig machen können.

### 1.3 Vermindert der Anbau von Zwischenfrüchten die Gefahr der Nitratauswaschung über Winter?

Für die Beantwortung dieser Frage haben wir die Entwicklung des Nitrat-Stickstoffs im Boden von der Aussaat der Zwischenfrucht bis zum Ende des nachfolgenden Winters untersucht.

**Abb.6:** Entwicklung der Bodennitratgehalte - Elsass



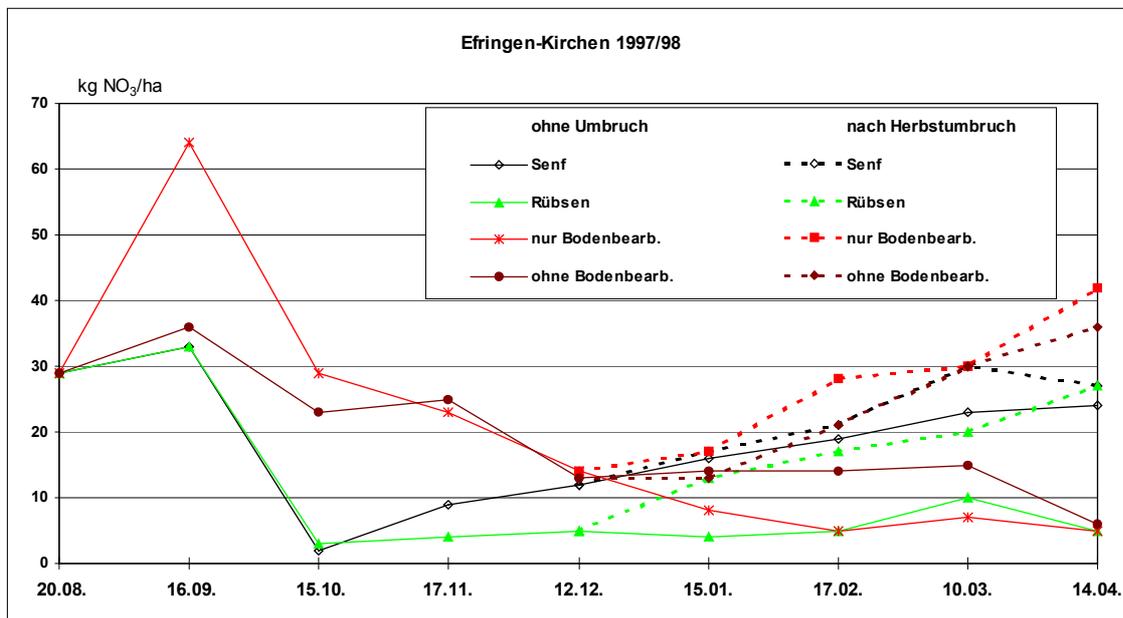


Vergleicht man jeweils die beiden Varianten, die sich nur durch die Art der Begrünung unterscheiden (z.B. unbegrünt + 40 t/ha und Senf + 40 t/ha Mist), so stellt man fest, daß Ende November die Nitratgehalte im Boden bei den Varianten mit Senf systematisch niedriger liegen und sehr gering sind: Der Nitratstickstoff wurde von der Kultur aufgenommen.

Im Winter gibt es gegensätzliche Ergebnisse, je nach Standort: In Elsenheim sinken die Nitratgehalte bei unbedecktem Boden von Ende November bis Ende Februar, während sie bei Senf ansteigen. In Mussig steigen die Nitratgehalte über Winter in allen Varianten an. Diese Unterschiede lassen sich zum größten Teil mit der Wasserbilanz der Schläge erklären.

In Elsenheim war der Winter 1996/97 relativ niederschlagsreich: Die Sickerwassermenge, die bei unbedecktem Boden auf 138 mm geschätzt wurde, nach Auffüllung des Bodenwasservorrats von 70 mm, hat zu Auswaschung geführt (61% des in den obersten 60 cm des Bodens vorhandenen Nitrats wurden nach Burns ausgewaschen). Nach Senf ist die Wasser-versickerung geringer (123 mm), verursacht aber ebenfalls Auswaschung (57%). Diese bezieht sich aber auf eine sehr niedrige Ausgangsbasis an Nitrat. Im übrigen war der Monat Februar 1997 sehr mild, so daß organische Substanz mineralisiert werden konnte. Dies erklärt die Zunahme der Nitratgehalte unter Senf zwischen Ende November und Ende Februar. In Mussig war der Winter eher trocken. Ausserdem ist der Boden weniger anfällig für Nitratauswaschung als der von Elsenheim. Die milden Wintertemperaturen haben dagegen zweifellos eine mehr oder weniger durchgängige Mineralisierung von organischer Substanz zugelassen, was im Anstieg der Kurven von Ende November bis Ende Februar zum Ausdruck kommt.

Abb. 7: Entwicklung der Bodennitratgehalte - Efringen-Kirchen 1997/98



In Efringen-Kirchen wurden nach der Weizenernte 29 kg N/ha gemessen. In den Varianten ohne Zwischenfrucht steigen die Nitratwerte bis Mitte September auf 64 kg N/ha, was wohl auf die Bodenbearbeitung zurückzuführen ist.

Die Differenz von 30 kg N/ha zwischen Varianten mit und ohne Zwischenfrucht ist signifikant. Die angesäten Kreuzblütler sind von Anfang ihrer Entwicklung an in der Lage, wesentlich mehr Stickstoff aufzunehmen als die hauptsächlich aus Ausfallgetreide bestehende Selbstbegrünung.

Im Oktober liegen die Nitratwerte unter Zwischenfrucht signifikant tiefer als unter Selbstbegrünung. Die deutliche Abnahme der Nitratgehalte bei Selbstbegrünung nach Bodenbearbeitung zwischen der September- und der Oktobermessung lässt sich nur mit der Stickstoffaufnahme durch das Ausfallgetreide erklären, zumal der Boden zu diesem Zeitpunkt noch nicht wassergesättigt und eine Auswaschung von daher nicht plausibel ist.

In den Varianten ohne Bodenbearbeitung steigen die Nitratgehalte in den Parzellen mit Senf nach dessen Abfrieren langsam an und erreichen Mitte April 24 kg N/ha. Bei Winterrübsen bleiben sie konstant unter 10 kg N/ha und bei Selbstbegrünung fallen sie von 24 auf 5 kg N/ha ab.

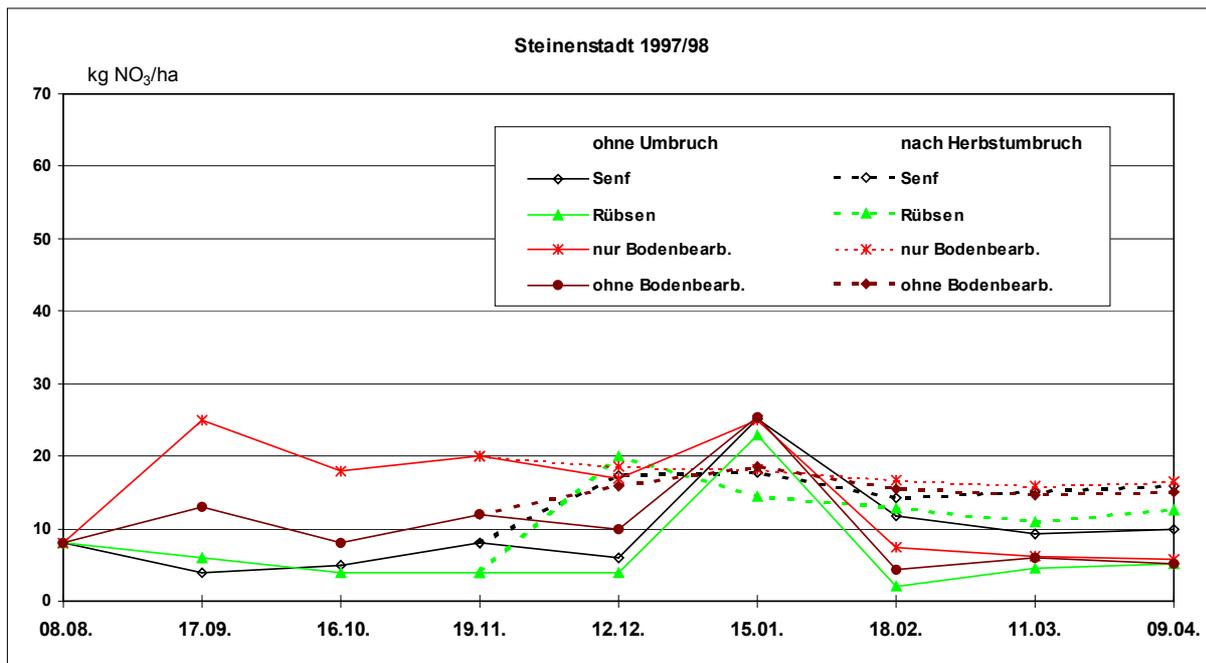
Nach dem Umbruch Mitte Dezember steigen die Bodennitratgehalte auf allen Parzellen bis Anfang April kontinuierlich an.

Unter Würdigung der Witterungsverhältnisse des Winters 1997/98 kam es spätestens Anfang Januar zur Wassersättigung des Bodens und zu Nitratverlusten durch Auswaschung. Nach dem Burns-Modell betrug die Wasserversickerung 100 mm, wobei 38% des Nitratvorrats in die Tiefe verlagert wurden. Nachdem die Nitratgehalte in den Varianten ohne Herbstumbruch der Zwischenfrucht unter 25 kg N/ha blieben, kann man annehmen, daß die absoluten Nitratverluste gering blieben.

Auf den Parzellen mit Pflügen im Winter steigen die Nitratgehalte bis April auf 35 kg N/ha an, so daß die Nitratverluste etwas höher gewesen sein müssten.

Gleichzeitig kam es wohl zu Mineralisierung von organischer Substanz, was den Anstieg der Messwerte bei Senf ohne Bodenbearbeitung sowie bei allen Parzellen mit Winterfurche erklären würde.

**Abb. 8:** Entwicklung der Bodennitratgehalte – Steinengstadt 1997/98



In Steinenstadt bleiben die Nmin-Messwerte unter 25 kg N/ha und verändern sich während der gesamten Beobachtungsperiode kaum. Diese Ergebnisse erlauben keine Antworten auf die gestellten Fragen.

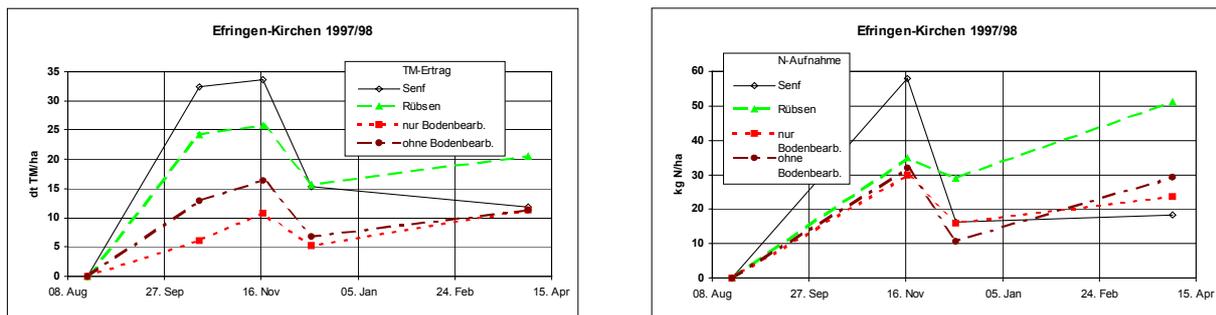
Das Netzwerk elsässischer Parzellen im Jahre 1998 bestätigt die Wirksamkeit von Senf hinsichtlich der Absenkung des Nitratgehaltes im Boden vor Winterbeginn: Die 14 durchgeführten Messungen reichen von 10 bis 58 kg N/ha, wobei die 58 kg N/ha einen Ausnahmewert darstellen, da der nächstfolgende Wert bereits bei 36 kg N/ha liegt.

Als Schlussfolgerung lässt sich ziehen, daß die erzielten Ergebnisse bestätigen, daß gut entwickelte Zwischenfrüchte den Bodennitratgehalt schnell absenken und so die Gefahr der Nitratauswaschung ab dem Herbst vermindern können.

#### 1.4 Sind die geprüften Zwischenfrüchte gleichwertig?

Auf diese Frage können nur die baden-württembergischen Versuche Auskunft geben. Im Versuchsjahr 1997/98 gibt es deutliche Unterschiede zwischen den geprüften Zwischenfrüchten. Laut Auskunft von Handel und Genossenschaften ist die Zwischenfrucht nach Getreide in 80% der Fälle Senf. Die Gründe dafür liegen in der raschen Entwicklung dieser Art, die eine gute Unkrautunterdrückung und Stickstoffbindung zur Folge hat. Ausserdem friert sie bereits bei  $-5^{\circ}\text{C}$  sicher ab. Diese Eigenschaften wurden in unserem Versuch bestätigt.

**Abb. 9:** Biomasseproduktion und Stickstoffaufnahme von Zwischenfrüchten



In Efringen-Kirchen nahm die Biomasse von Winterrübsen und Ausfallgetreide von Anfang Dezember 1997 bis Anfang April 1998 um 0,5 t TM/ha zu.

Die Stickstoffbindung von Winterrübsen ist mit 50 kg N/ha im Sproß zu Frühjahrsbeginn am besten.

In der Senfvariante wurde der frostbedingte Verlust an Pflanzen durch Ausfallgetreide teilweise kompensiert.

Die Winterrübsen entwickeln sich im Herbst vergleichsweise langsam, frieren jedoch nicht ab und können so in milden Wintern weiteren Stickstoff binden. Die Nmin-Werte im Boden bleiben den ganzen Winter über konstant niedrig. Bei Senf kann man gegen Winterende einen konstanten Anstieg der Nmin-Werte im Boden feststellen, was sich mit der frühzeitigen Mineralisierung des vom Senf gebundenen Stickstoffs erklären lässt (s. Kap. 1.6).

**Aus den Ergebnissen dieses Versuchsjahres lassen sich folgende Empfehlungen ableiten:**

- Muß ein Schlag bis zum Beginn des Winters umgebrochen werden, so weist Senf die größten Vorteile auf.
- Wird erst im Frühjahr umgebrochen, empfehlen sich dagegen Winterrübsen.

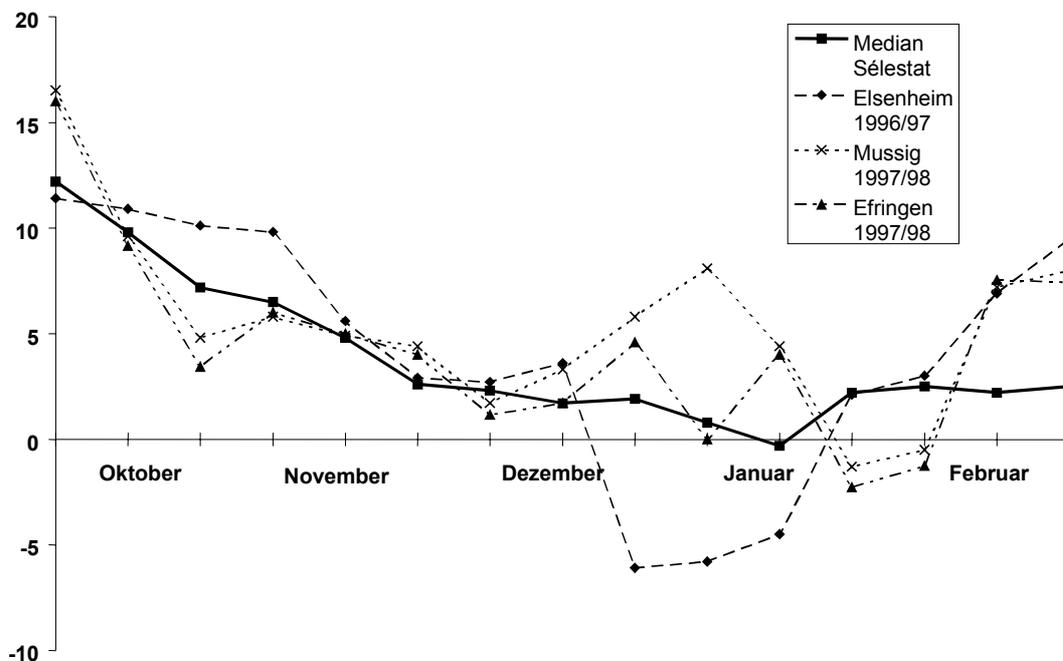
### 1.5 Birgt dieses Verfahren nicht neue Gefahren ins sich (Mineralisierung im Winter)?

Der Kurvenverlauf der Bodennitratgehalte zeigt, daß es im Winter zur Mineralisierung von organischer Substanz kommen kann.

Dies zeigte sich in Elsenheim im Februar, während der restliche Winter 1996/97 sehr kalt war. In Mussig war der Winter 1997/98 dagegen ziemlich mild (s. nachstehende Abbildung) und es kam zur Mineralisierung von organischer Substanz im Dezember und Januar.

In Baden-Württemberg lagen die Bodennitratgehalte unter Winterrübsen niedriger als bei Selbstbegrünung mit Ausfallgetreide. Auf den mit Senf bestellten stiegen sie den ganzen Winter über an. Die in Efringen-Kirchen gemessenen Temperaturen sind denen von Mussig sehr ähnlich (s. Abb. 10) und bestätigen, daß es im Winter zu Mineralisierung kommen kann.

**Abb. 10:** Durchschnittstemperaturen (Median) nach Dekaden von Oktober bis Februar (°C)



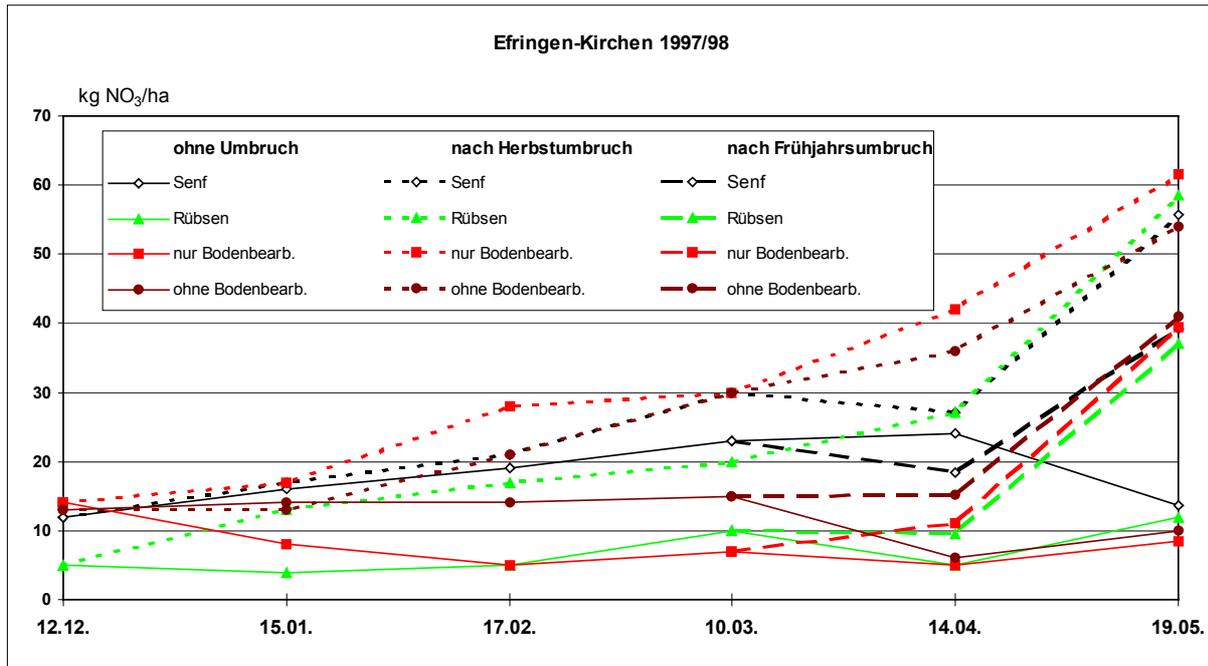
Die im elsässischen Parzellennetz 1998 durchgeführten Messungen bestätigen den Anstieg der Bodennitratgehalte ab dem Ende des Winters. Am 23.03.1999 lagen die Werte zwischen 37 und 139 kg N/ha.

**Der von den Zwischenfrüchten gebundene Stickstoff kann also ziemlich schnell wieder mineralisiert werden: Ab Februar oder über den ganzen Winter, wenn dieser mild ist.**

### 1.6 Gibt es ein Mittel gegen diese neuen Gefahren (Frühjahrsunbruch)?

Auf diese Frage können nur die baden-württembergischen Versuche Auskunft geben, dank der Variante 'Frühjahrsunbruch'.

**Abb. 11:** Entwicklung der Nitratgehalte im Boden – Efringen-Kirchen 1997/98



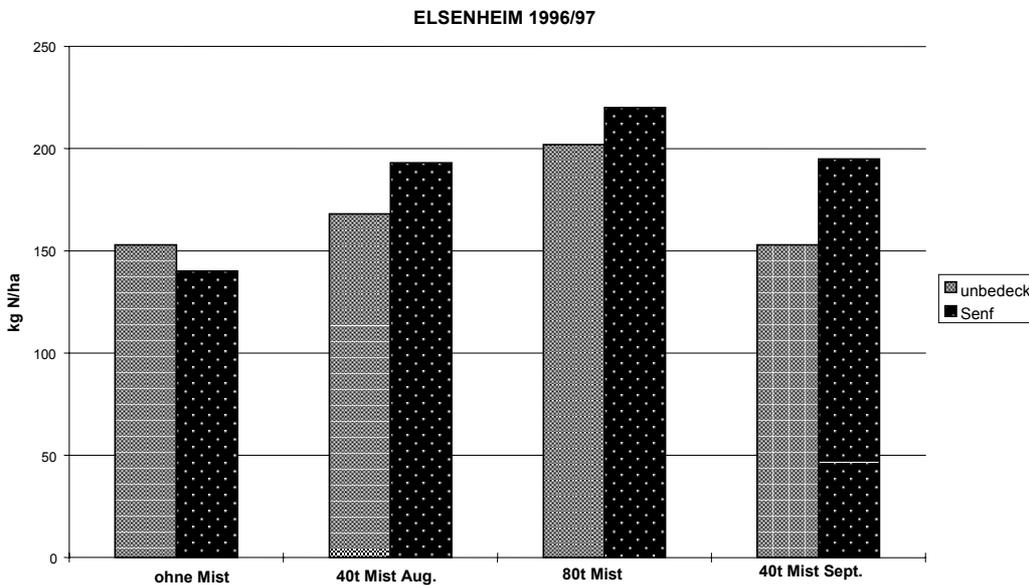
Die Frühjahrsfurche verzögert die Mineralisierung und die Bodennitratgehalte bleiben etwa 20 kg N/ha unter denen der im Dezember gepflügten Parzellen.

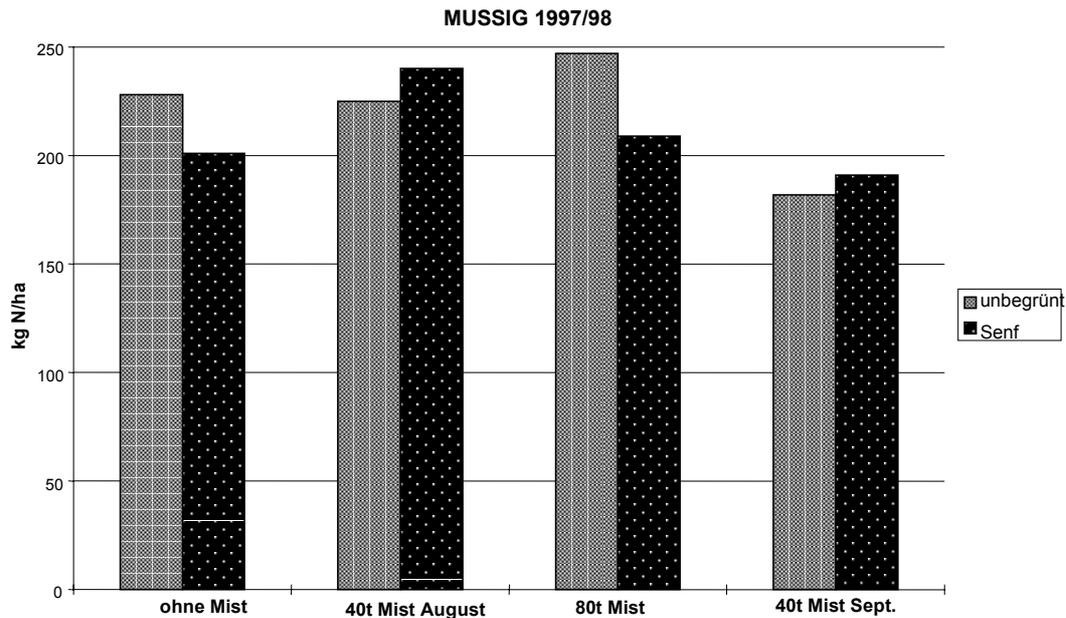
**Die Gefahr der Nitratauswaschung im Frühjahr scheint durch eine späte Pflugfurche vermindert zu werden.**

### 1.7 Welche Wirkungen hat eine Zwischenfrucht auf die Folgefrucht?

Eine Antwort auf diese Frage können die im auf die Zwischenfrucht folgenden Jahr ohne Düngung angebaute Maisparzellen geben.

**Abb. 12:** Stickstoffaufnahme von im Erntejahr ungedüngtem Mais (kg N/ha)





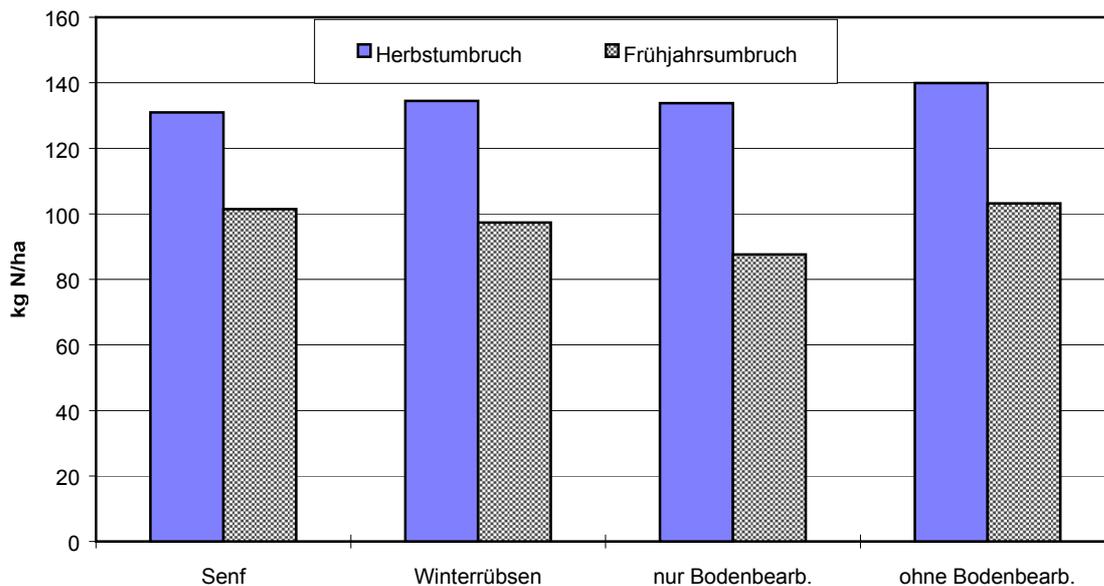
In 5 von 8 elsässischen Nullparzellen lag die Stickstofflieferung des Bodens nach Senf höher. In drei Fällen war es umgekehrt. In Elsenheim, wo es über Winter zu merklichen Nitratverlusten kam, zeigt sich mehrheitlich ein positiver Effekt des Senfes in Höhe von 20 – 30 kg N/ha. Dies entspricht etwa 20 – 25% des von den oberirdischen Teilen des Senfs aufgenommenen Stickstoffs. Dagegen zeigt sich in Mussig, wo es ohne Zweifel nur zu geringen Auswaschungsverlusten kam, eher ein umgekehrter Trend.

Dies führt uns zu folgender Interpretation: Kommt es tatsächlich zu Nitratverlusten durch Auswaschung, so kann eine Zwischenfrucht dadurch, daß sie diese Auswaschung verhindert, der Folgefrucht einen Teil des gebundenen Stickstoffs zur Verfügung stellen. Kommt es hingegen nicht zu Auswaschung, so 'fehlt' der von der Zwischenfrucht aufgenommene Stickstoff der Folgekultur, weil die Zwischenfrucht bis zur Folgefrucht nicht hundertprozentig mineralisiert wird. Von daher muß man sich nach dem Langzeiteffekt regelmäßigen Zwischenfruchtanbaus fragen: Wird dadurch nicht das Niveau der Stickstofflieferung des Bodens angehoben?

In Efringen-Kirchen unterscheiden sich die vier Varianten der Bodenbedeckung bei Herbstfurche nicht bezüglich der Stickstofflieferung an die Folgekultur. Bei Frühjahrsumbruch fällt lediglich die Selbstbegrünung nach Stoppelbearbeitung etwas ab.

Die Zwischenfrüchte bringen also unter den Bedingungen dieses Versuchs (Standort und Jahr) dem Mais keine besonderen Vorteile gegenüber einer Selbstbegrünung mit Ausfallgetreide. Als Gründe lassen sich anführen, daß die Selbstbegrünung wegen des guten Auflaufs bis im November immerhin 30 kg N/ha in den oberirdischen Teilen des Ausfallgetreides binden konnte und daß die Wassersättigung des Bodens und damit die Nitratauswaschung erst einsetzte, als die Unterschiede zwischen den Nmin-Werten der verschiedenen Varianten minimal waren (Nmin-Werte zwischen 5 und 15 kg N/ha).

**Abb. 13:** Stickstoffaufnahme von Körnermais auf Nullparzellen – Efringen-Kirchen 1998



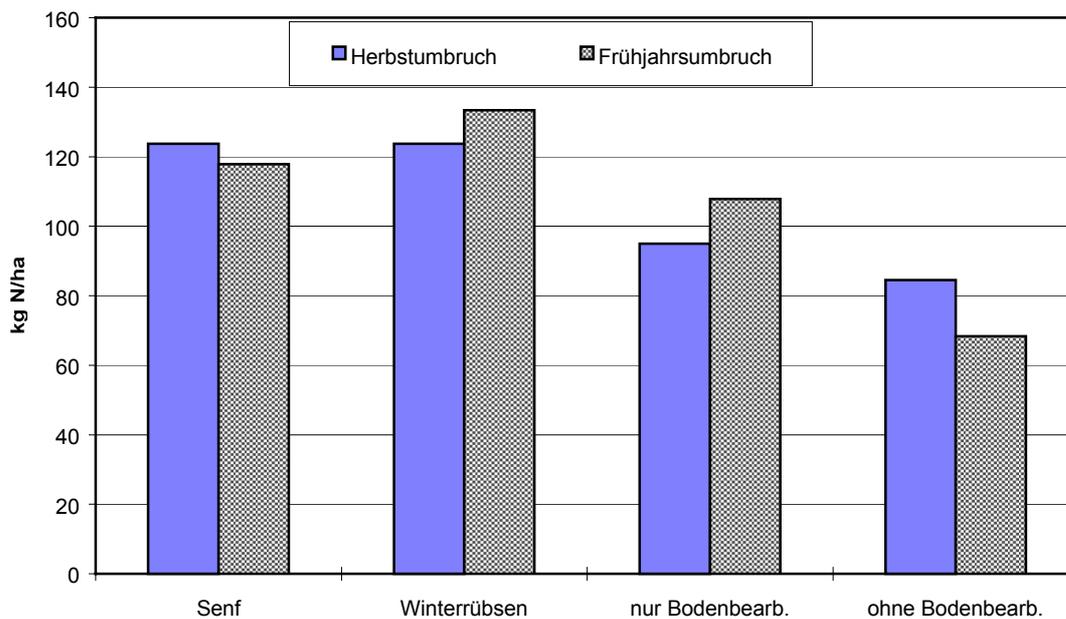
Bei allen geprüften Varianten lagen die Stickstoffaufnahmen des Körnermais nach Herbstfurche (Mitte Dezember) um 25 – 40 kg N/ha höher als nach Frühjahrsfurche. Ab Mitte April 1998 liegen die Nmin-Werte des Bodens nach Herbstfurche um rund 20 kg N/ha höher als nach Frühjahrsfurche.

Die Ergebnisse des ITADA-Projekts A1.1 zeigen, daß die Mineralisierung nach Frühjahrsfurche nur in zwei von drei Jahren dasselbe Niveau wie nach Herbstfurche erreicht, insbesondere dann, wenn genügend Wasser verfügbar ist.

In Steinenstadt wurden große Unterschiede bei der Stickstoffaufnahme des Mais registriert. Bei Herbstfurche sind Senf und Rüben der Selbstbegrünung überlegen. Bei Frühjahrsfurche ist Rüben den anderen deutlich überlegen. Insbesondere der Wert bei Selbstbegrünung ohne Stoppelbearbeitung fällt stark ab.

Gründe könnten im positiven Effekt der Zwischenfrüchte auf die Bodenstruktur liegen, da bezüglich der Nmin-Werte praktisch keine Unterschiede zu verzeichnen waren und sich die Zwischenfrüchte infolge Stickstoffmangels nur schwach entwickelt hatten.

**Abb. 14:** Stickstoffaufnahme von Körnermais auf Nullparzellen – Steinenstadt 1998



Vergleicht man die Höhe der Stickstoffaufnahme nach Senf und Rübsen in den beiden Versuchen, so stellt man fest, daß nach Winterfurche die Werte von Steinenstadt nur ganz knapp unter denen von Efringen-Kirchen liegen. Nach Frühjahrsumbruch der Zwischenfrüchte hat der Mais in Steinenstadt jedoch mehr Stickstoff aufgenommen als in Efringen, obwohl die Nmin-Werte im Frühjahr niedriger lagen.

Eine Erklärung hierfür liegt möglicherweise in den Unterschieden bei den Niederschlägen im Zeitraum Mai bis September: Während Steinenstadt 365 mm bekam, fielen in Efringen-Kirchen nur 297 mm. Beide Versuche waren nicht beregnet.

Nach der Maisernte Mitte Oktober wurden alle Parzellen auf Nmin-beprob. In Efringen-Kirchen blieben die Werte bis Anfang Dezember unter 30 kg N/ha. Anschliessend wurden die Parzellen umgebrochen und der Versuch beendet.

**Als Schlussfolgerung läßt sich ziehen, daß die Auswirkungen einer Zwischenfrucht auf die nachfolgende Kultur nicht einheitlich sind: Es kommt zumindest darauf an, wieviel Nitratverluste durch die Zwischenfrucht vermieden werden konnten, wieviel Stickstoff diese aufnehmen konnte, sowie auf die Bedingungen der Bodenbearbeitung (Effekt der Zwischenfrucht auf die Bodenstruktur). Der Einfluss auf die Stickstofflieferung des Bodens kann zwischen -20 und +20 kg N/ha betragen.**

### 1.8 Läßt sich die Stickstoffaufnahme von Senf ohne Messung abschätzen?

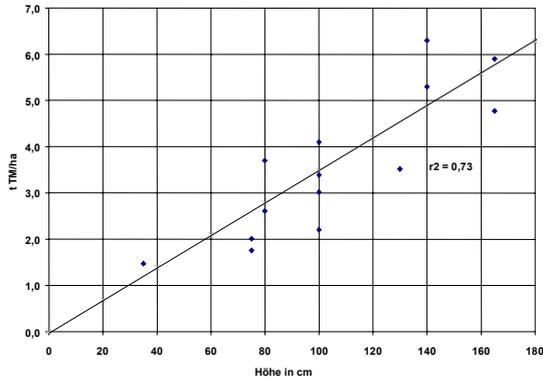
Ziel dieser Auswertung ist es, den Zeitpunkt zu bestimmen, wo der Senf seine Aufgabe als 'Nitratpumpe' erfüllt hat und zu vermeiden, daß er zu einer 'Wasserpumpe' wird.

Momentaufnahmen in Mussig zeigen, daß der Senf bei 10 cm Höhe, wenn er den Boden bedeckt, etwa 5 dt/ha TM produziert und rund 20 kg N/ha aufgenommen hat. Erreicht die

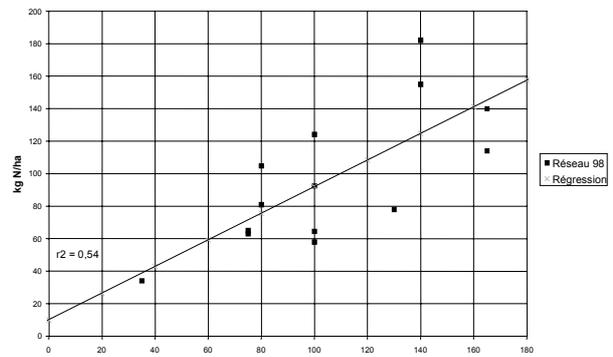
Bestandeshöhe 80cm bis 1m, so liegt die Trockenmasse zwischen 20 und 25 dt/ha und die Stickstoffaufnahme bei rund 50 kg N/ha.

Ähnliche Untersuchungen wurden 1998 bei dem Parzellennetzwerk durchgeführt. Demnach besteht eine ziemlich enge Beziehung zwischen der gemessenen Bestandeshöhe von Senf und der Trockenmasseproduktion ( $r^2 = 0,73$ ). Die Beziehung zwischen Bestandeshöhe und Stickstoffaufnahme ist dagegen etwas lockerer ( $r^2 = 0,54$ ).

**Abb. 15:** Trockenmasse und Höhe von Senf

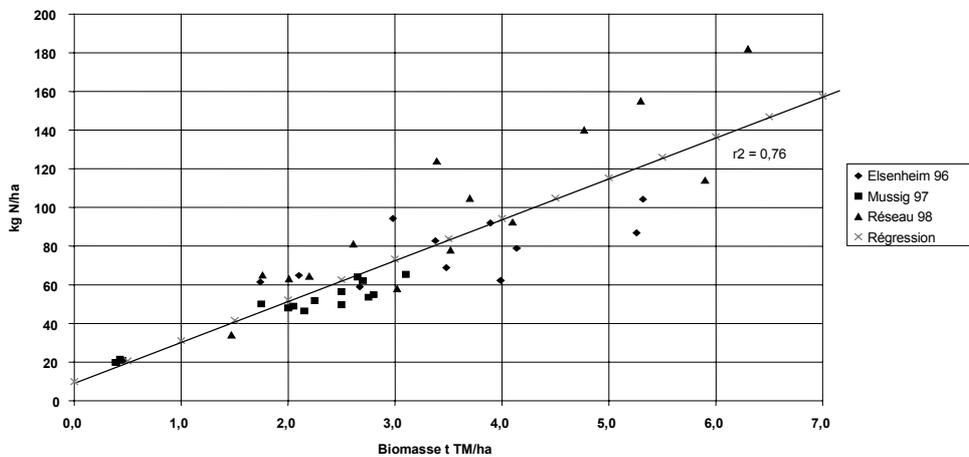


Stickstoffaufnahme und Höhe von Senf



Betrachtet man die Gesamtheit der Messungen bei Senf, so findet man eine gute Beziehung zwischen Biomasse und Stickstoffaufnahme.

**Abb. 16:** Stickstoffaufnahme und Biomasse von Senf



Daraus kann geschlossen werden, daß die Höhe eines Senfbestandes einen groben Anhaltspunkt für die Stickstoffaufnahme gibt. Das aufzunehmende Stickstoffangebot ist noch zu bestimmen: Dieses kann sehr hoch sein, insbesondere wenn Vorfrüchte überdüngt oder Wirtschaftsdünger ausgebracht wurden.

## 1.9 Schlussfolgerung

Diese Versuche mit sich gegenseitig ergänzenden Versuchsplänen haben gemeinsame Überlegungen zur Handhabung von Zwischenfrüchten nach Getreide und vor Mais am Oberrhein mit dem Ziel einer Verminderung von Nitratverlusten durch Auswaschung ermöglicht.

Wir konnten zeigen, daß unter unseren Standortverhältnissen eine nach der Getreideernte im August gesäte Zwischenfrucht sich entwickeln und Stickstoff aufnehmen kann, unter der Voraussetzung, daß genügend Stickstoff, sei es von der Vorfrucht, sei es durch Mineralisation von organischer Substanz im Spätsommer und Herbst, vorhanden ist. Bei Senf läßt sich mit einer Messung der Bestandeshöhe die aufgenommene Menge an Stickstoff abschätzen. Darüberhinaus sollte die aufzunehmende Stickstoffmenge in Abhängigkeit von der Düngung der Vorfrucht und der organischen Düngung des Schlages eingeschätzt werden.

Das Wachstum von Zwischenfrüchten führt zu einer starken Abnahme des Gehaltes an mineralischem Stickstoff im Boden bis zu Beginn des Winters, was die Nitratverluste durch Auswaschung über Winter einschränkt. Senf führt dank seines schnellen Wachstums zur schnellsten Absenkung des Bodennitratgehaltes, doch Winterrübsen, die nicht abfrieren und über Winter weiter wachsen haben einen nachhaltigeren Effekt, wenn sie nicht vor dem Winter umgebrochen werden. Auch Ausfallgetreide nimmt Stickstoff auf, doch seine Kapazitäten reichen für größere Stickstoffmengen nicht aus (z.B. im Falle von Wirtschaftsdüngerausbringung).

Im Herbst eingearbeitete Zwischenfrüchte können in einem einigermaßen milden Winter schnell wieder mineralisiert werden. Mit einem Umbruch im Frühjahr läßt sich diese Mineralisierung verzögern. Dies ist jedoch nicht bei allen Böden möglich.

Der Einfluß von Zwischenfrüchten auf die nachfolgende Maiskultur wurde über die Stickstofflieferung von ungedüngten Parzellen erfasst. Er ist unterschiedlich und hängt stark von der tatsächlich stattfindenden Nitratauswaschung im Laufe des Winters, von der Entwicklung der Zwischenfrucht sowie von den Bedingungen der Bodenbearbeitung und der Maisaussaat ab (Auswirkung der Zwischenfrucht auf die Bodenstruktur).

Der Anbau einer Zwischenfrucht zwischen Getreide und Mais kann den Landwirten am Oberrhein empfohlen werden. Diese Maßnahme bereichert den Katalog der Möglichkeiten, über die der Landwirt verfügt, wenn er die Nitratverluste auf seinen Schlägen reduzieren will.

## **TEILTHEMA 2: ZWISCHENFRÜCHTE BEI MAIS IN MONOKULTUR**

(Redaktion: Françoise Juncker-Schwing, AGPM)

### **2.1 Ausgangssituation und Problemstellung**

Die Oberrheinebene ist in weiten Teilen mit Mais bewachsen, insbesondere auf der elsässischen Seite, wo er rund 50% der landwirtschaftlichen Nutzfläche bedeckt (ca. 150.000 ha). Häufig steht Mais nach Mais. Die Maismonokultur lässt den Boden über Winter unbedeckt, insbesondere in diesem semi-kontinentalen Gebiet, wo schon ab Ende November gepflügt wird.

Der Herbst ist eine Jahreszeit, in der die Kombination zweier Faktoren dazu beiträgt, daß die Gefahr der Nitratauswaschung entsteht:

- eine starke Mineralisierung im Boden führt zur Anreicherung von Nitrat,
- es kommt zu Überschüssen bei der Klimabilanz, da die Niederschläge über der Evapotranspiration liegen, so daß in den Böden zunehmend Sickerwasser auftritt.

Die Auswaschungsgefahr kann erhöht werden, wenn

- der Boden im Herbst keine Vegetation aufweist und die gesamte Nitratmenge des Bodens für die Auswaschung zur Verfügung steht,
- wenn nach einer überhöhten Stickstoffdüngung der Vorfrucht die Nitratreste im Boden erhöht sind. Dieses Nitrat kann durch die Herbstniederschläge ins Grundwasser ausgewaschen werden, insbesondere bei durchlässigen Böden und bei hoch anstehendem Grundwasser.

Referenzwerte aus verschiedenen Versuchen der ARAA im Elsass zwischen 1987 und 1994 zeigen, daß bei ordnungsgemäßer Maisdüngung nach der Ernte 43 kg N/ha Nitrat im Boden verbleiben. War die Stickstoffdüngung nicht ertragsbegrenzend, erhöht sich dieser Wert auf 75 kg N/ha.

Auf der badischen Seite betrifft die Frage der Zwischenfrüchte insbesondere die Tierhaltungsbetriebe mit Silomais, welcher früher als Körnermais geerntet wird, den Boden somit früher freimacht, und mit Wirtschaftsdüngern gedüngt wird.

Unsere Versuche betreffen nicht den Saatmais, der auf einigen Hektaren (ca. 1500) in Baden-Württemberg angebaut wird und einen Sonderfall darstellt (frühes Entfernen der Vaterreihen).

In Baden-Württemberg schreibt die Schutzgebiets- und Ausgleichsleistungsverordnung (SchALVO) in Wasserschutzgebieten bei Mais in Monokultur sowie bei Saatmais den Anbau einer Zwischenfrucht vor. Darüberhinaus fördert das Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichsprogramm (MEKA) den Anbau von Zwischenfrüchten im restlichen Land, insbesondere wenn nach Mais eine Sommerfrucht folgt.

Die französischen und deutschen Partner haben sich deshalb darauf verständigt, dieselbe Problematik zu untersuchen, jedoch in zwei ganz verschiedenen Situationen.

Der Abschlussbericht versucht auf die folgenden gezielten Fragen, die gleichzeitig die Gliederung bilden, Antworten zu geben:

1. Welche neuen Erkenntnisse zur Untersaat von Gräsern in Mais gibt es?
2. Was können Untersaaten in den beiden Mais-Anbausystemen leisten?
3. Welche Alternativen gibt es und was ist davon zu halten?

### **2.2 Ziele**

Die im Elsass und in Baden-Württemberg in den Jahren 1996 bis 1998 durchgeführten Versuche haben zum Ziel, die Machbarkeit des Anbaus von Zwischenfrüchten zwischen zwei Körner- oder Silomaiskulturen zu prüfen und deren Eignung für die Nitratbindung nach der Maisernte einzuschätzen.

Auf französischer Seite finden die Versuche in Betrieben der Rheinebene auf Schlägen mit Körnermais in Monokultur statt, 1996 in Marckolsheim und 1997 sowie 1998 auf dem Betrieb des Landwirtschaftsgymnasiums Rouffach.

Auf deutscher Seite liegen sie in Tierhaltungsbetrieben mit Silomais in Monokultur und Wirtschaftsdüngereinsatz im Dreisamtal, östlich von Freiburg i.Br., also einem ganz anderen Anbausystem mit anderen Standortbedingungen wie im Elsass. Darüber hinaus befinden sich die Versuchsflächen im Wasserschutzgebiet, wo der Anbau von Zwischenfrüchten vorgeschrieben ist und seitens der SchALVO die Vorgabe besteht, im November einen Nitratgehalt von 45 kg N/ha im Boden nicht zu überschreiten. Dies ist in Anbetracht der regelmäßigen Wirtschaftsdüngergaben nicht immer ganz einfach.

## 2.3 Methodik

### Versuchsplan im Elsass:

Auf einem Schlag mit Boden von mittlerer Durchlässigkeit wird eine frühe Maissorte (FAO 250 – 270) ausgesät. Darin werden 8 Streifen von 5 m Breite und 30 m Länge ausgesteckt. Der Mais wird zu zwei unterschiedlichen Terminen geerntet: Mitte September und Mitte Oktober. Die Variante 'frühe Ernte' ist maßgeblich für die Sortenwahl.

Im Teil 'frühe Ernte' werden geprüft:

- unbedeckter Boden,
- Aussaat einer Gräsermischung mit 25 kg/ha zum spätesten Befahrbarkeitstermin (20.06.),
- Aussaat von Senf (15 kg/ha) oder Senf (6 kg/ha) mit Ölrettich (6 kg/ha) nach der Maisernte,
- Aussaat von Roggen (100 kg/ha) nach der Maisernte mit normalem Umbruch (01.12.),
- Aussaat von Roggen (100 kg/ha) nach der Maisernte mit spätem Umbruch (15.03.).

Im Teil 'späte Ernte' werden verglichen:

- unbedeckter Boden,
- Aussaat einer Gräsermischung mit 25 kg/ha zum spätesten Befahrbarkeitstermin (20.06.),
- Aussaat von Roggen (100 kg/ha) nach der Maisernte mit spätem Umbruch (15.03.).

Bei den verschiedenen Varianten werden am 15.09., 15.10., 01.12. und 15.03., also zu den verschiedenen Ernte- und Umbruchterminen, Nmin-Proben untersucht.

Weiterhin werden am 15.10., 01.12. und 15.03. die Biomasse und die Stickstoffaufnahme der Zwischenfrüchte gemessen.

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Varianten und die vorgesehenen Erhebungen:

**Tab. 1:** Übersicht der verschiedenen Varianten und durchzuführenden Erhebungen im Elsaß

Variante	1	2	3	4	5	6	7	8
Maisernte	15.10.	15.10.	15.10.	15.09.	15.09.	15.09.	15.09.	15.09.
Bodenbedek- kung	Roggen	unbe- deckt	Weidel- gras	Weidel- gras	unbe- deckt	Senf + Ölrettich	Roggen	Roggen
Saattermin	16.10.	-	20.06.	20.06.	-	16.09.	16.09.	16.09.
Umbruchtermin	März	01.12.	01.12.	01.12.	01.12.	01.12.	01.12.	März
Nmin 15.09.				X	X			
Nmin 15.10.		X	X	X	X	X	X	
Nmin 01.12.	X	X	X	X	X	X	X	
Nmin 15.03.	X	X	X	X	X	X	X	X
Biomasse + N- Aufnahme 15.10.						X		
Biomasse + N- Aufnahme 01.12.	X		X	X		X	X	
Biomasse + N- Aufnahme 15.03.	X							X

Anmerkung: Die angegebenen Termine sind theoretisch und konnten in der Durchführung nicht immer eingehalten werden.

Zusammenfassend versuchen die Versuche auf der französischen Seite die Machbarkeit und Wirksamkeit von zwei Verfahren der Bodenbedeckung bei Körnermais in Monokultur zu prüfen:

1. Untersaat von Weidelgras oder einem Gräsergemenge in Mais im Frühsommer;
2. Stoppelsaat einer Zwischenfrucht nach der Maisernte im Herbst.

Im Jahre 1996 wurde der Versuch vom ITCF in Zusammenarbeit mit der AGPM und den Beratungsdiensten der Landwirtschaftskammern der beiden elsässischen Departements bei Herrn Peterschmitt in Marckolsheim durchgeführt. In den Jahren 1997 und 1998 führte ihn die AGPM auf dem Betrieb des Landwirtschaftsgymnasiums Rouffach in Zusammenarbeit mit dessen Betriebsleiter, Herrn Birgaentzle, sowie mit dem ITCF durch.

In beiden Fällen handelte es sich um Körnermais in Monokultur seit mehr als 10 Jahren, ohne Zufuhr von Wirtschafts- oder anderen organischen Düngern.

Die umfassende Beschreibung dieser Versuche mit Terminen der verschiedenen Bewirtschaftungsmaßnahmen und den Ergebnissen der Messungen wird in Anhang 4 dargestellt.

## **Versuchsplan in Baden-Württemberg**

Es wurde nur die Untersaat von Mais untersucht. Sie gilt als bezüglich Saatgut und Anbaumaßnahmen wirtschaftliches Verfahren.

Die Untersaat von Weidelgräsern in Mais wurde auf mehreren Silomais schlägen in Monokultur mit sauren, relativ flachgründigen und humosen (> 3% O.S.), lehmig-sandigen Böden, die häufig Wirtschaftsdünger erhalten, näher untersucht. Diese Schläge befinden sich in sieben Gemarkungen des Dreisamtals, einer Talschaft östlich von Freiburg i.Br. in 320 – 450 m ü. NN. mit relativ hohen Niederschlägen von 1000 – 1200 mm, also etwa doppelt so viel wie in Rouffach. 87% der Niederschläge fallen im Zeitraum März – November. Alle Schläge liegen im Wasserschutzgebiet, wo eine Zwischenfrucht zwischen Mais und Sommerfrucht vorgeschrieben ist. Die Flächen sind identisch mit denen des ITADA-Projekts A1.1 zur Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen, wo insbesondere sich hinsichtlich der Bodenbearbeitung unterscheidende Anbausysteme geprüft werden. Deshalb gibt es für jeden Standort mehrere Ergebnisse, die sich auf die folgenden Anbausysteme beziehen: Direktsaat, Reihenfrässaat, Pflugfurche Herbst, Pflugfurche Frühjahr.

Im Jahre 1996 gab es 15 Standorte mit insgesamt 47 Versuchspartzellen.

1997 und 1998 waren es 14 Standorte mit 55 Versuchspartzellen, wovon im Jahr 1998 aber nur 35 mit Untersaat versehen waren.

Die Bonituren umfaßten die Wuchshöhe sowie den Grad und die Gleichmäßigkeit der Bodenbedeckung (s. Anhang 6). Mit Ausnahme von 1996 wurden die Messungen der Biomasse und Stickstoffaufnahme und Herbst- Nmin-Werte nicht auf allen Partzellen durchgeführt.

Das Weidelgras blieb bei einigen Partzellen bis in den April hinein stehen. Im April 1997 wurden Biomasseproduktion und Stickstoffaufnahme bestimmt, um den Nutzen einer Überwinterung zu ermitteln.

## **2.4 Ergebnisse**

### **2.4.1. Welche neuen Erkenntnisse zur Untersaat von Gräsern in Mais gibt es?**

Diese Frage wurde auf beiden Seiten des Rheins in beiden Anbausystemen bearbeitet.

Bereits im ersten Arbeitsprogramm des ITADA (1994 – 1996) wurden sowohl im Elsass als auch in Baden-Württemberg Versuche zur Zwischenfruchtthematik durchgeführt. Sie haben die Auswahl von geeigneten Kombinationen von Pflanzenarten und Saatterminen zur Bindung von Nitratresten nach der Maisernte ermöglicht.

Ziel des zweiten Programms ist, dieses zu verifizieren und deren Wirksamkeit zu messen.

### Artenwahl:

Unter Berücksichtigung anderer Versuche zu diesem Thema wurde eine Gräsermischung für die Untersaat in Mais ausgewählt. Diese Arten können tatsächlich unter einem Maisbestand überleben, was bei Senf und Phacelia nicht der Fall ist. Sobald sie nach der Maisernte ans Licht kommen, können sie sich entwickeln und den Boden bedecken.

Folgende beiden Gräsermischungen wurden geprüft:

- Sedamix der Fa. Nungesser (70% dt. und 30% welsches Weidelgras) mit 25 kg/ha an den Standorten im Dreisamtal sowie 1996 und 1997 im Elsass;
- JD-Mischung 'Chlorofiltre 3' (60% Roggen mit guter Bestockung und 40% schattenresistentes Hybridweidelgras) der Firma Jouffray-Drillaud im elsässischen Versuch 1998. Dadurch hofft man, der Zwischenfrucht bessere Entwicklungschancen zu geben.

### Saatermin:

Zu diesem Thema gibt es zwei Schulmeinungen:

- Eine frühe Aussaat zu einem Zeitpunkt, wo der Mais noch viel Licht zwischen die Reihen lässt (6-8-Blatt-Stadium), so daß das Weidelgras noch gute Etablierungschancen hat. Dies gilt jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die Unkrautbekämpfung darauf Rücksicht nimmt, mit selektiven Herbiziden bzw. durch Bandspritzung. Einer frühen Untersaat kann die Unkrautbekämpfung mit Gräsermitteln kurz nach der Maissaat, d.h. weniger als 2 Monate vor der Untersaat, so daß noch Nachwirkungen auftreten können, entgegen stehen. Auch kann es noch zu späten Bekämpfungsmassnahmen kommen und eine ganzflächige Behandlung, beispielsweise mit Sulfonylharnstoff, kann auch das Weidelgras zerstören. Deshalb ist in diesem Fall eine kombinierte Nachauflaufbehandlung mit Bandspritzung in der Reihe und Hacke zwischen den Reihen vorzuziehen. Wenn das Weidelgras früh gesät wird, kann es auch zur Konkurrenz der jungen Maiskultur werden und diese in ihrem Ertrag beeinträchtigen.
- Eine spätere Untersaat, zu einem Zeitpunkt, wo der Traktor gerade noch durchfahren kann, die Maisreihen aber noch nicht ganz geschlossen sind, was eine Etablierung der Gräser verunmöglichen würde. Dieses 10-11-Blatt-Stadium wird auch Stadium der Kniehöhe genannt und normalerweise um den 20. Juni erreicht. Zu diesem Zeitpunkt neigt sich die Wirkung der Voraufherbizide theoretisch ihrem Ende zu. Um das Weidelgras aber nicht zu gefährden, empfiehlt es sich, ein wenig persistentes Nachauflauf-Blatt-Herbizid anzuwenden. Dies kann dann breitflächig eingesetzt werden, so daß es keine Anpassung der Applikationstechnik braucht und das Weidelgras bereits wenige Tage nach den letzten Herbizidbehandlungen eingesät werden kann.

Eine Graseinsaat in diesem Stadium minimiert auch das Konkurrenzrisiko für den Mais.

Für die grenzüberschreitenden Versuche wurde das Stadium des kniehohen Mais für die Untersaat ausgewählt. In Rouffach erfolgte die Aussaat von Hand, da es sich um kleine Parzellen handelte. In Baden-Württemberg wurde, da es sich um größere Streifen handelte, ein pneumatischer Düngerstreuer verwendet.

Wenn ein Landwirt dieses Verfahren in der Praxis auf einer größeren Fläche einsetzen möchte, würde sich von den betriebsüblichen Maschinen am besten der pneumatische Düngerstreuer vom Typ DP 12 mit Pendelstreuorganen eignen.

### Anpassung der Unkrautbekämpfung

Es ist klar, daß wenig selektive Gräsermittel, die zum Zeitpunkt der Untersaat noch wirken, zu vermeiden sind, wenn eine Grasuntersaat eine Chance haben soll.

- Auf französischer Seite wurde dieser Punkt im Jahr 1996 in Marckolsheim, wo der Landwirt breitflächig eine Mischung von Alachlor und Atrazin einsetzte, nicht beachtet. Dieser Fehler in Verbindung mit einer zu schnellen Anlage des Versuchs hat wohl nicht unwesentlich zum Scheitern der Sedamix-Untersaat beigetragen. Wie bereits oben gesagt wurde, hängt das Gelingen einer Weidelgrasuntersaat davon ab, daß eine Nachauflaufbehandlung wenige Tage vor der Grassaat auf eine kombinierte

Bandspritzung in der Reihe mit Hacke zwischen den Reihen oder eine Behandlung mit wenig persistenten Mitteln beschränkt bleibt.

Um die Fortsetzung des Versuchs sicherzustellen wurde beschlossen, ihn in einen Betrieb mit für die Bandspritzung ausgerüsteter Pflanzenschutzspritze und Hacke zu verlegen. Dabei fiel die Wahl für die Jahre 1997 und 1998 auf den Betrieb des Landwirtschaftsgymnasiums Rouffach, auf den auch die übrigen Voraussetzungen zutreffen (Böden mittlerer Durchlässigkeit, Beregnung).

Bei der Unkrautbekämpfungsstrategie handelte es sich um Nachauflaufbehandlung gegen Gräser und breitblättrige Unkräuter mit Milagro+Mikado in der Reihe, kombiniert mit einer Hacke dazwischen. Diese Art der Unkrautbekämpfung, rund drei Wochen vor der Untersaat, stellt überhaupt keine Gefahr für diese dar und verbessert sogar noch die Bedingungen für die nachfolgende Untersaat.

- Auf deutscher Seite stellt sich die Frage nach Atrazin und Alachlor nicht mehr, da diese Mittel verboten sind und sich die Praxis in Richtung Nachauflauf orientiert. So wurde eine Nachauflaufbehandlung mit Ungras- und -krautmittel (Cato+Duogranol = Titus+Instant) durchgeführt. 1996 gab es eine kombinierte Behandlung mit zweimaliger Hacke zwischen den Reihen. Aus wirtschaftlichen und Gründen der Arbeitsbelastung wurde 1997 und 1998 breitflächig gespritzt, z.T. mit Zusatzbehandlung von Windennestern, und einmal gehackt. In Tierhaltungsbetrieben kollidiert die Unkrautbekämpfung bei Mais mit der Heubergung, die im Zweifelsfall Vorrang hat. Diese Unkrautbekämpfung erfolgte, wie in Frankreich, drei Wochen vor der Sedamix-Aussaart, beim 4-Blatt-Stadium des Mais.
- Trotz der Vorkehrungen gelang die Ansaat des Sedamix in Rouffach 1997 nicht, so daß eine Biomasse nicht messbar war. Die Aussaat des JD-Gemenges gelang 1998 etwas besser, war aber auch schwach und ungleichmäßig. Der schlechte Erfolg der Unkrautbekämpfung 1998 mit später, wenig erfolgreicher Hacke, hat zu dieser Ungleichmäßigkeit beigetragen. Unter diesen Umständen wäre eine breitflächige Behandlung mit Milagro+Mikado wohl besser gewesen und hätte drei Wochen vor der Untersaat diese auch nicht mehr beeinträchtigt. Hier werden die Grenzen des Hackens deutlich, dessen Erfolg vom Entwicklungsstadium der Unkräuter abhängt und das sehr stark von der Befahrbarkeit des Bodens abhängt. In jedem Fall, egal ob mit Sedamix oder JD, entwickelt sich die Untersaat nicht, solange der Mais steht, und das trotz Beregnung. Im besten Fall bleiben einzelne fädige Blätter übrig, wenn der Mais seine Blätter lichtet. Ein signifikante Ergrünung der Untersaat erfolgt erst, wenn der Mais abgeerntet ist.
- Im Dreisamtal sind einige Misserfolge der Untersaat auf eine mangelhafte Unkrautbekämpfung zurückzuführen: Falsches Mittel, zu späte Behandlung, ungünstige Witterungsbedingungen. In Kirchzarten stellten 1998 die Direkt- und Frässaatparzellen ein Hindernis für die Untersaat dar, während auf den Pflugparzellen, wo die Unkrautbekämpfung besser war, sich die Zwischenfrucht besser entwickelte.

#### Andere Erfolgsfaktoren: Licht und Niederschlag

Im Laufe der 3 Versuchsjahre ist deutlich geworden, daß die Beschattung durch den Mais (Lichtmangel) ein Entwicklungshindernis für die Zwischenfrucht darstellt und diese nicht wächst, solange der Mais steht. Beobachtungen von 1996 in Marckolsheim, wo sich das Weidelgras in den Spuren der Beregnungseinrichtungen entwickelt hat, weisen auf die große Bedeutung des Lichts hin und scheinen diese Vermutung zu bestätigen. Auch hat sich 1998 im Dreisamtal die Untersaat bei einem verhagelten Maisbestand viel besser entwickelt als bei unbeschädigten Maisbeständen.

Sobald die Untersaat nach der Maisernte Licht bekommt, hängt das Wachstum der Gräser von den Witterungsbedingungen, insbesondere den Niederschlägen ab.

- Im Elsaß lassen es die sehr gegensätzlichen Witterungsbedingungen in den Monaten September und Oktober der Jahre 1997 und 1998 klar erkennen: 1997 hat sich die Weidelgrasuntersaat trotz früher Freistellung (23.09.) infolge relativ trockener Verhältnisse (vom 10.09. – 10.10.97 fielen 19,7 mm Niederschlag) mit sommerlichen Temperaturen, die zur Austrocknung des Oberbodens führten, nicht entwickelt. Im deutlich feuchteren Herbst 1998 (86,3 mm Niederschlag von 10.09. – 10.10.98) hat sich die JD-Untersaat bei gleichem Erntetermin hingegen besser entwickelt.

Im Jahr 1998 wurde Sedamix nicht geprüft, so daß unklar bleibt, ob der bessere Erfolg auf die Zusammensetzung der Untersaat zurückzuführen ist. Nachdem aber das Weidelgras unter anderen Umständen sehr gut entwickelt war, nehmen wir an, daß die Niederschläge den wichtigsten Einflußfaktor darstellen.

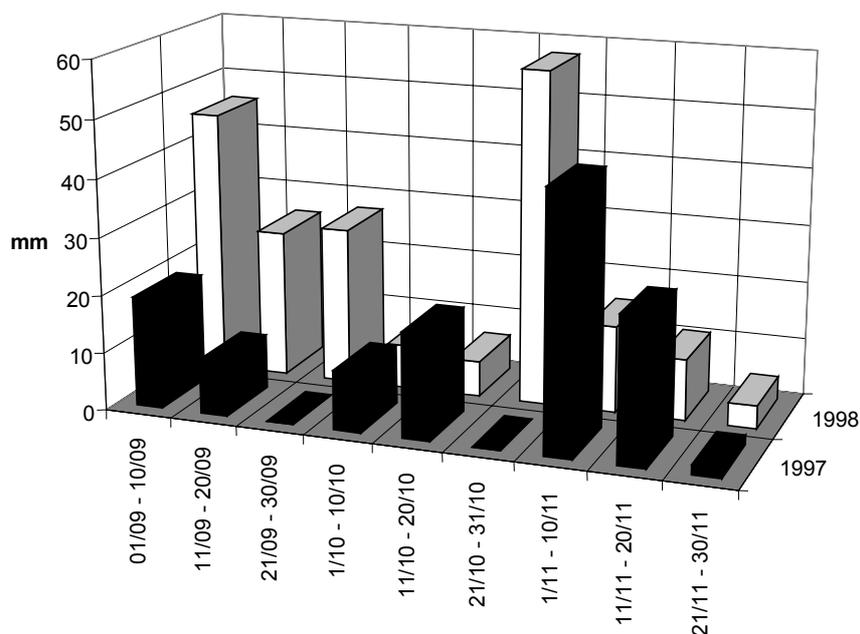
Eine Untersuchung der Niederschlagsverhältnisse im Zeitraum 10.09. – 10.10. an der Wetterstation Meyenheim, die auch für Rouffach repräsentativ ist, zeigt, daß es im Schnitt der Jahre in diesem Zeitraum 44 mm regnet.

**Tab. 2:** Niederschlagssummen (mm) Meyenheim vom 10.09. – 10.10. im Mittel der Jahre 1957–1998 (42 Jahre)

Minimum	mm
1. Quintil (= Mittel der trockensten 20% der Jahre)	4 mm
Median	2 mm
4. Quintil (= Mittel der feuchtesten 20% der Jahre)	8 mm
Maximum	16 mm

Die in diesem Zeitraum in den Jahren 1997 und 1998 gemessenen Niederschlagswerte sagen aus, daß es im Jahr 1997 deutlich trockener und im Jahr 1998 deutlich feuchter war, als im Mittel.

**Abb. 17:** Herbstniederschläge (01.09. - 31.11.) in Rouffach in den Jahren 1997 und 1998



Es ist darauf hinzuweisen, daß auch eine gelungene Untersaat nur auf einem Teil der Bodenoberfläche wirkt. Nach der Ernte von Körnermais verbleiben große Mengen an Ernterückständen auf der Fläche und bedecken dort einen nicht unerheblichen Teil der Bodenoberfläche, wodurch das Wachstum der (zugedeckten) Gräser behindert wird. Im Rahmen dieser Versuche haben wir deshalb absichtlich auf das Häckseln der Ernterück-

stände verzichtet, weil dadurch der Boden vollständig zugedeckt wird und eine Zwischenfrucht keine Chance mehr hätte.

Im übrigen ist die Wachstumsperiode für eine Zwischenfrucht unter den Bedingungen dieser Gegend, d.h. bei Herbstpflugfurche Ende November, Anfang Dezember, kurz. Wenn diese nicht gleich nach der Maisernte etabliert ist, sind die Chancen für eine spätere Entwicklung sehr schlecht.

Vergessen wir nicht, daß es sich um ein kontinentales Klima handelt und daß ungünstige Wachstumsbedingungen für Gräser (niedrige Temperaturen) bereits früh, im November, eintreten können.

- Im Dreisamtal stellt Wassermangel, wegen höherer Niederschläge als im Elsass, kein so großes Problem für die Entwicklung der Zwischenfrüchte dar. Auf der anderen Seite stellen dort jedoch im Herbst die niedrigere Temperatursumme und insbesondere relativ früh auftretende Fröste das Wachstum der Zwischenfrüchte begrenzende Faktoren dar (s. Tab. 3).

Das Jahr 1997 unterscheidet sich deutlich von den beiden anderen (insbesondere was die Niederschläge in Buchenbach betrifft) durch einen eher trockenen und warmen Herbst. In diesem Jahr sind die Temperatursummen reichlich, doch hat ein sehr früher Frost das Wachstum des Weidelgrases begrenzt.

Während der 3 Jahre insgesamt war das Wachstum der Untersaat auf 5 – 7 Wochen nach der Maisernte beschränkt. Unter diesen Bedingungen verwundert es nicht, daß das Gelingen der Untersaat dem Zufall überlassen bleibt und von den Witterungsbedingungen unmittelbar nach der Maisernte abhängt.

**Tab. 3:** Niederschläge (mm) und Temperatursummen (°C) im Dreisamtal von der Maisernte bis Mitte Dezember in den Jahren 1996 – 1998

Wetterstation Buchenbach

Jahr	Niederschläge (mm)	Temperatursummen (°C)	Datum 1. Frost
1996	346	446	22. Nov. (- 2°C)
1997	226	696	30. Okt. (- 4°C)
1998	326	399	06. Nov. (-1°C) *

\* : vom 17. November an 10 Tage mit Frost bis -10°C

Wetterstation Ebnet

Jahr	Niederschläge (mm)	Temperatursummen (°C)	Datum 1. Frost
1996	262	412	(ab 23. Okt. 3 Mal -1°C) 21. Nov. (- 2°C)
1997	210	628	24. Okt. (- 4°C)
1998	291	416	05. Nov. (-1°C) **

\*\* : vom 16. November an 14 Tage mit Frost bis -10°C

Schlussfolgerungen für die Praxis:

Bei Maismonokultur, sowohl Körner- als auch Silomais, hängt das Gelingen einer Untersaat von zahlreichen Bedingungen ab, die in der Praxis nicht immer erfüllbar sind:

- Aussaat in den kniehohen Maisbestand. Welches Gerät steht dafür auf dem Betrieb zur Verfügung?
- Unkrautbekämpfung im Nachauflauf, evtl. in Kombination mit Hacke. Höherer Arbeitszeitbedarf bei Hacke und von der Befahrbarkeit zum optimalen Bekämpfungszeitpunkt abhängiger Erfolg. Derzeit verfügen nur wenige Landwirte über die Ausrüstung. Die Nachauflaufbehandlung ist schwieriger und führt manchmal zu Kulturschäden beim Mais.
- Wahl einer früheren Sorte, die bereits früh im September geerntet wird. Diese Bedingung stört vor allem beim Körnermais, weil damit in der Regel Mindererträge einher gehen. Aber auch beim Silomaisanbau in ungünstigeren Lagen, wo wie im Dreisamtal erst Ende September – Anfang Oktober siliert wird, kann dies nachteilig sein.

- Bei früherer Körnermaisernte ergeben sich in der Regel höhere Feuchtegehalte und damit höhere Trocknungskosten.
- Günstige Witterungsbedingungen nach der Maisernte sind unter den kontinentalen Klimabedingungen der Oberrheinebene nicht garantiert.

Darüber hinaus kann man sich fragen, was es wirklich für die Grundwasserqualität bringt?

#### 2.4.2 Was leisten Untersaaten in den beiden Anbausystemen (Körner- und Silomais)?

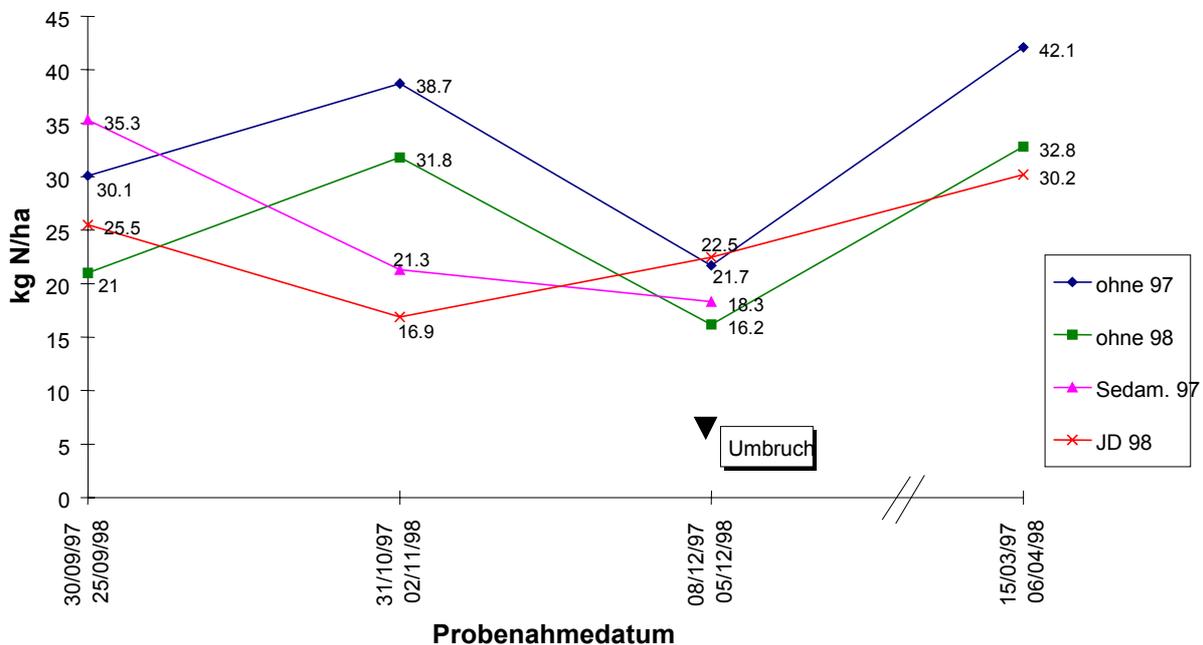
Das Ziel dieses Vorhabens ist eine gelungene Untersaat, um das nach der Maisernte im Boden verbliebene Nitrat zu binden.

- Auf französischer Seite wollen wir vor allem die Ergebnisse der Jahre 1997 und 1998 betrachten (1996 ist der Versuch mißraten). 1998 ist das einzige Jahr, in dem sich die Nitrataufnahme mit einer Biomasseproduktion abgleichen läßt.

**Tab. 4:** Niederschläge (mm) zwischen den Probenahmeterminen in Rouffach

1997		1998	
30.09. – 31.10.	28,4 mm	25.09. – 02.11.	105,8 mm
01.11. – 08.12.	87,2 mm	03.11. – 04.12.	22,4 mm
09.12. – 15.03.	139,6 mm	05.12. – 06.04.	149,0 mm

**Abb. 18:** Nmin-Gehalte im Boden (0 - 60cm) mit und ohne Untersaat bei Maisernte Ende September - Rouffach 1997 und 1998



Die Analyse von Abb. 18 zeigt:

Bei unbedecktem Boden:

- Die Kurven verlaufen 1997 und 1998 nahezu parallel und belegen damit einen bis auf wenige kg/ha gleichen Verlauf der Bodennitratgehalte.
- Relativ niedrige Nmin-Gehalte nach der Maisernte, was auf eine gute Anpassung der N-Düngung schließen lässt. Es war in der Tat so, daß nach der im Rahmen der laufenden

Ferti-Mieux-Aktionen empfohlenen vereinfachten Bilanzmethode, im Jahre 1997 für einen Ertrag von 93 dt/ha 144 kg N/ha auszubringen waren und im Jahre 1998 für einen Ertrag von 104 dt/ha 170 kg N/ha. Der Landwirt brachte jedoch 139 bzw. 191 kg N/ha aus.

Das 1997 gegenüber 1998 um rund 10 kg/ha höhere Niveau kann man mit einer erneuten Mineralisation infolge der milden Witterungsbedingungen erklären.

- Eine Mineralisation im Oktober.
- Das Verschwinden von etwa fünfzehn kg/ha im Laufe des Monats November. Hierfür kommt wohl Auswaschung in Betracht. Für jeden Zeitraum zwischen zwei Beprobungen wurde das Burns-Modell gerechnet. Demnach kam es im nassen November 1997 (71 mm) zu einer Auswaschung von 5% des Bodennitrats, wenn man annimmt, daß der Boden zu Beginn des Betrachtungszeitraums ausgetrocknet war, nachdem der September und Oktober mit 28,5 und 28,4 mm bei 100 mm nFK eher trocken waren. 1998 dagegen war der November viel trockener (29,6 mm) und selbst wenn man von einem aufgefüllten Wasservorrat des Bodens ausgeht, sagt das Modell, daß es keine Auswaschung gab. Auch wenn man eine Wasserbilanz über den Betrachtungszeitraum rechnet (s. Anhang 3) führen die Verhältnisse des Jahres 1997 zu keiner Wasserversickerung, also auch keiner Nitrat- auswaschung. 1998 kam es zu 6 mm Sickerwasser im November, sofern man den Bodenvorrat, nach 42 mm im September, am 1. Oktober als halb voll unterstellt. Die Auswaschungshypothese läßt sich also nicht wirklich bestätigen. Unter diesen Umständen kann man davon ausgehen, daß die 15 kg N/ha im Rahmen der Mineralisierung von Ernterückständen in die organische Substanz eingebaut wurden. Es bleibt festzuhalten, daß der Unterschied in jedem Fall gering ist.
- Ein Wiedereinsetzen der Mineralisierung nach dem Winter mit einer positiven Nettobilanz (Mineralisierung – Auswaschung).

Bei Untersaat:

- Eine Abnahme um 20 kg N/ha gegenüber unbegrünt im Laufe des Monats Oktober 1997 und um nur 10 kg N/ha im Oktober 1998. Das Gras nimmt für sein Wachstum mit Nitrat befruchtetes Wasser auf und begrenzt somit vorübergehend die Auswaschung.
- Ein Ende der N-Aufnahme im November. Das läßt vermuten, daß sich der für die Nitrataufnahme geeignete Zeitraum auf etwa einen Monat beschränkt. Im Jahr 1998 läßt sich gar eine leichte Mineralisierung unter der Untersaat beobachten. Der Zeitraum, während dem es bei unbedecktem Boden zu Mineralisierung kam, wurde von der Untersaat genutzt, um zu wachsen und Stickstoff aufzunehmen. Das in der Zwischenfrucht gebundene Nitrat kann von den Novemberriederschlägen nicht ausgewaschen werden. Auch der Beginn der Sickerwasserbildung wurde hinausgezögert  
????
- Ein klar erkennbarer Beginn der Mineralisation nach Winter, die 1998/99 früher einsetzt als auf unbedecktem Boden.
- Schließlich, gerade zur Maisaussaat, ein gleich hoher Bodennitratgehalt wie ohne Zwischenfrucht (einjähriges Ergebnis 1998).
- Biomasseproduktion und Stickstoffaufnahme: Hierüber kann nur das Jahr 1998 Auskunft geben, da in den Vorjahren nicht genügend Biomasse gebildet wurde, um Proben für Untersuchungen zu ziehen.

Bei einer frühen Maisernte im September ergeben sich folgende Werte:

<i>JD-Untersaat</i> gesät am 20.06.98	
Maisernte am 22.09.98	
oberirdische Biomasse bis zum Umbruchtermin (08.12.98) 0,30 t TM/ha	Stickstoffaufnahme des <i>JD</i> -Gemenges (im Sproß) 7,63 kg N/ha, d.h. 25 kg N/t TM N-Gehalt der oberirdischen Pflanzenteile = 2,5%

Diese Werte sind niedrig und liegen unter den in anderen Fällen gemessenen (n. ITADA-Projekt B4 kann Weidelgras bei Maisernte am 20. September unter nicht limitierenden Be-

dingungen bei vollständiger Bodenbedeckung 1 t TM/ha bilden). Unter diesen Bedingungen kann der Stickstoffgehalt in den oberirdischen Teilen von Weidelgras 4% betragen (Chapot, INRA Colmar 1990) gegenüber 2,5% hier (im Gemenge mit Roggen).

Die vom Mais hinterlassenen Nitratreste sind 1998 mit 20 kg N/ha gering. Sie haben vielleicht das Wachstum der Untersaat begrenzt.

Die Stickstoffaufnahme der Untersaat (7,6 kg N/ha) stimmt mit der Abnahme des Nitratgehalts im Boden ( $25,5 - 16,9 = 8,6$  kg N/ha) überein. Rechnet man die Aufnahme in den Wurzeln (20 – 30% der Menge im Sproß) hinzu, so geht die Bilanz auf.

Im Jahr 1998 wurden dieselben Messungen für ein normales Datum der Maisernte, Mitte Oktober, also einen Monat nach dem frühen Erntetermin vorgenommen. Diese Messungen konnten nur 1998 erfolgen. Die Ergebnisse finden sich in der folgenden Übersicht:

JD-Gemenge gesät am 20.06.98	
Mais geerntet am 19.10.98	
oberirdische Biomasse bis zum Umbruchtermin (08.12.98) 0,22 t TM/ha	Stickstoffaufnahme des JD-Gemenges (im Sproß) 5,84 kg N/ha, d.h. 26 kg N/ t TM N-Gehalt der oberirdischen Pflanzenteile = 2,6%

Diese Ergebnisse sind kohärent mit den voranstehenden. Es ist normal, daß bei einem um einen Monat kürzeren Entwicklungszeitraum weniger Trockenmasse produziert und weniger Stickstoff aufgenommen wird. Die Stickstoffaufnahme bezogen auf die Trockenmasse ist jedoch gleich. In diesem Versuch hatte die Verschiebung der Maisernte wenig Einfluß auf die Leistungen der JD-Untersaat. Der geringe Unterschied ist wohl darauf zurückzuführen, daß Stickstoff wohl der ertragsbegrenzende Faktor war. An dieser Stelle sei daran erinnert, daß Mais bei ordnungsgemäßer Düngung normalerweise 43 kg N/ha hinterlässt (27 Messergebnisse im Elsass seit 1987).

*Zur Beachtung: Auf der Roggen- und JB-Untersaat in Rouffach wurden ab November Wildschäden festgestellt. Das kann dazu beigetragen haben, daß die Erreichung unseres Ziels gestört wurde und der gemessene Aufwuchs reduziert wurde.*

- Bei den baden-württembergischen Versuchen gab es keine Varianten 'unbedeckter Boden', da sich die Flächen im Wasserschutzgebiet befinden, wo bei Mais-Monokultur eine Begrünung vorgeschrieben ist. Die Entwicklung der Weidelgrasuntersaat und deren Aufwuchs und Stickstoffbindung waren sehr unterschiedlich. Diese Unterschiede betreffen sowohl diejenigen zwischen Parzellen im gleichen Jahr, als auch die zwischen den Jahren. Auf einigen Flächen war gar nichts messbar, weil sich das Weidelgras nicht richtig entwickelte. Der durchschnittliche Aufwuchs lag zwischen 0,7 und 1 t TM/ha und die durchschnittliche Stickstoffaufnahme bewegte sich zwischen 10 und 20 kg N/ha (s. Abb. 19). Die Unterschiede lassen sich nicht alleine mit den Witterungsverhältnissen erklären. Hier ist zu berichten, daß in den Versuchen der Jahre 1992 bis 1994 die Stickstoffaufnahme der Untersaaten deutlich höher lag, nämlich bei 20 – 35 kg N/ha. In den Versuchen des ersten ITADA-Arbeitsprogramms (Projekt N°4, 1994-1995) lag die Stickstoffaufnahme an 5 Standorten zwischen 7 und 32 kg N/ha. Bei dieser Datenreihe ist keine enge Korrelation zwischen Aufwuchsmenge und Stickstoffaufnahme festzustellen.

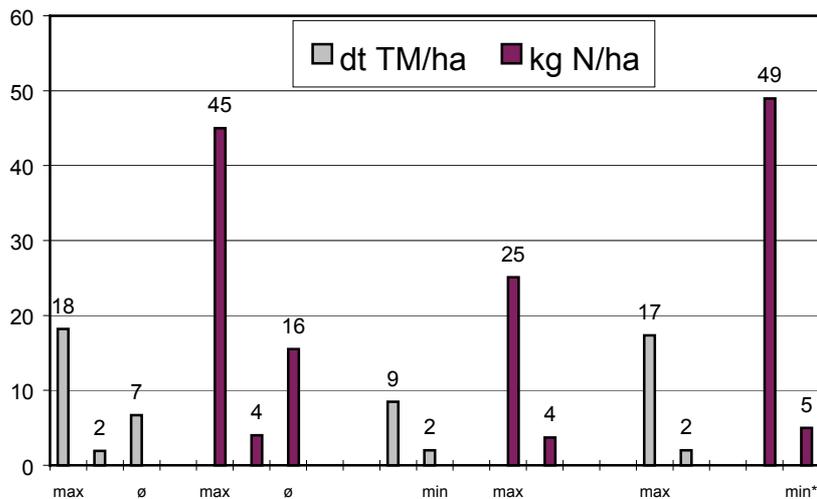
Trotz der Unterschiedlichkeit der Ergebnisse wird das Ziel erreicht, wenn der Nitratgehalt im November deutlich unter dem SchALVO-Grenzwert von 45 kg N/ha liegt. In zahlreichen Fällen lagen die Nitratwerte jedoch schon bei der Maisernte unter 20 kg N/ha. Wie auf der französischen Seite scheint auch hier auf bestimmten Flächen Stickstoff der das Wachstum begrenzende Faktor gewesen zu sein. Im Gegenteil wurden auch 1,5 bis 1,8 t TM/ha mit 45 kg N/ha Stickstoffaufnahme auf Schlägen gemessen, die nach der Ernte

nur 10 kg N/ha aufwiesen, was auf eine ausgeprägte herbstliche Mineralisierung schließen lässt.

Dennoch liegt die Stickstoffaufnahme im Sproß von Weidelgras in der Mehrzahl der Fälle unter 25 kg N/ha.

Ein anderer, das Wachstum der Zwischenfrucht begrenzender Faktor, ist wohl in der Erntetechnik zu sehen. Wenn die Landwirte den Silomais mit 1-reihigen Maishäckseln ernten, wird der Acker praktisch ganzflächig befahren und verdichtet, was einhergeht mit einer Zerstörung der Bodenstruktur, sobald die Witterungsbedingungen bei der Ernte nicht optimal sind (nasser Boden). Diese Verdichtung ist einer optimalen und gleichmäßigen Entwicklung der Begrünung nicht förderlich.

**Abb. 19:** Oberirdischer Aufwuchs (dt TM/ha) und Stickstoffaufnahme (kg N/ha) von Weidelgras im Dezember – Dreisamtal 1996 - 1997 - 1998



Im Jahr 1996 haben zahlreiche Messergebnisse die Bildung eines Mittelwertes erlaubt (0,7 t TM/ha; 16 kg N/ha). 1997 und 1998 wurden lediglich die gemessenen Minimal- und Maximalwerte angegeben, da weniger Messwerte vorlagen.

Zur Erklärung der Unterschiede zwischen den Ergebnissen ist auch auf die Witterungsbedingungen zum frühsummerlichen Zeitpunkt der Aussaat der Zwischenfrucht zwischen die Maisreihen hinzuweisen. Meist wird das Saatgut auf den Boden ausgebracht, ohne vorherige Bodenbearbeitung oder nachträgliche Einarbeitung, wenn der Mais nicht rund drei Wochen vor der Ausbringung der Untersaat zwecks Unkrautbekämpfung gehackt wird. Die kleinen Weidelgrassamen sind deshalb einer eventuellen Trockenheit während der Keimung schutzlos ausgesetzt.

Der Nutzen einer überwinternden Zwischenfrucht wurde 1996/97 auf allen Parzellen durch Ermittlung von Biomasse und Stickstoffaufnahme gemessen. Abb. 20 zeigt die Ergebnisse dieser Anfang April durchgeführten Messungen.

Die folgenden Abbildungen 21 und 22 vergleichen die Werte von April 1997 mit denen von Dezember 1996. Die Lage der Punkte in Bezug auf die Diagonale spricht für sich.

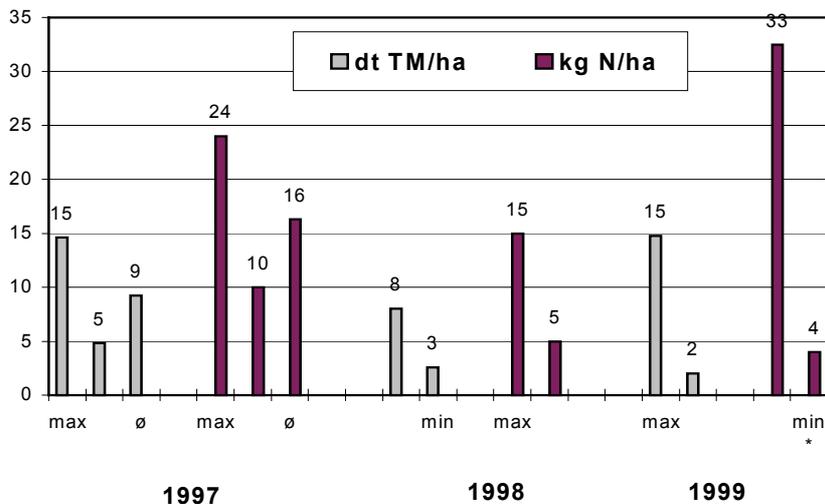
Im Winter 1996/97 hat sich das Weidelgras gehalten oder ist in der Mehrzahl der Fälle weiter gewachsen. Dabei ergaben sich Aufwüchse zwischen 0,4 und 1 t TM/ha und eine zusätzliche Stickstoffaufnahme von 4 bis 17 kg N/ha. Dies ist vor allem dort der Fall, wo der Aufwuchs bis Dezember gering war. Daneben ist in den Fällen mit der höchsten Biomasseproduktion im Herbst, über Winter ein Verlust an Trockenmasse festzustellen, der mit einer gewissen 'Degeneration' einher geht.

Betrachtet man andererseits die Unterschiede bei Aufwuchs und Stickstoffaufnahme über die gesamte Zeitspanne (Abb. 19 und 20), so wird deutlich, daß das Weidelgras im Mittel über Winter praktisch nicht wächst und folglich auch keinen Stickstoff aufnimmt.

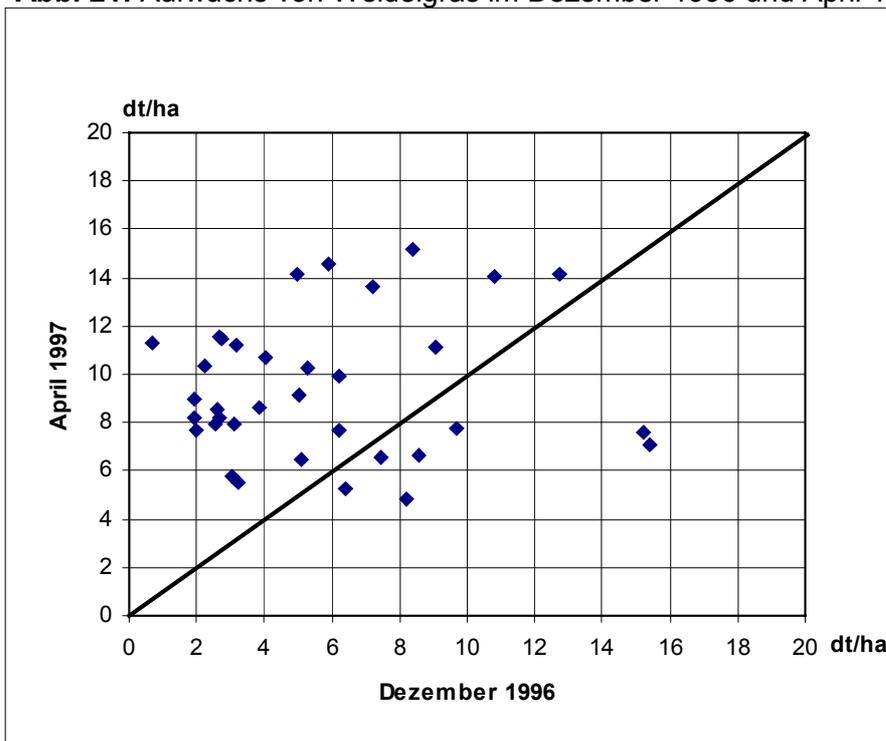
Unter dem Aspekt der Stickstoffaufnahme besteht also kaum Anlass, die Zwischenfrucht über die kalten Wintermonate des kontinental geprägten Dreisamtales stehen zu lassen.

*Zur Beachtung: Die Ergebnisse der baden-württembergischen Aktion 001 zum Umbruchtermin einer Zwischenfrucht wurden nicht berücksichtigt, da diese in höheren Lagen (600 – 800 m) durchgeführt wurde, welche für die Rheinebene nicht repräsentativ sind.*

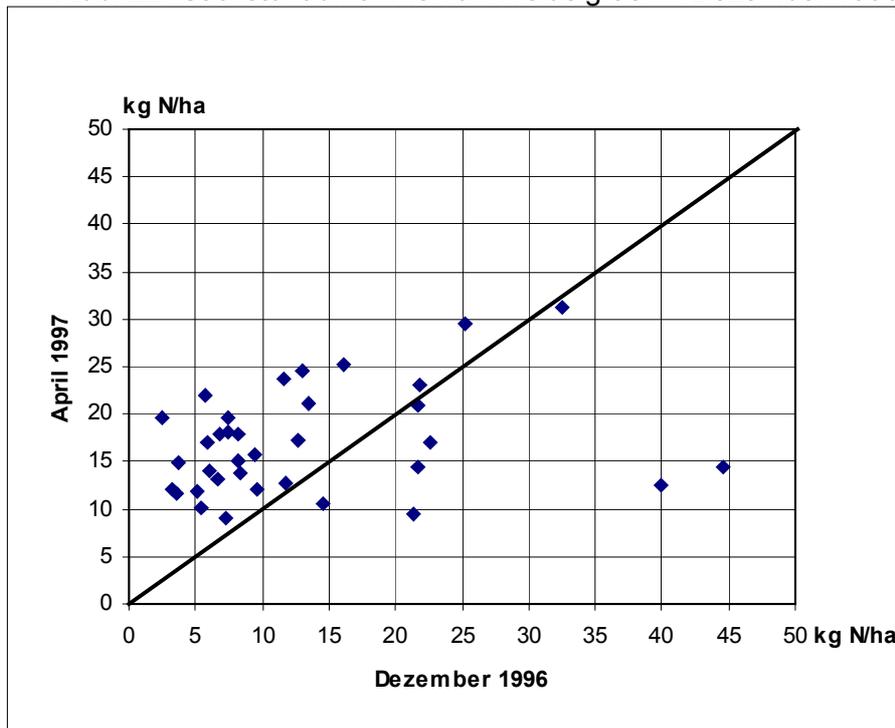
**Abb. 20:** Aufwuchs (dt TM/ha) und Stickstoffaufnahme (kg N/ha) von Weidelgras im April; Dreisamtal 1997 – 1998 – 1999



**Abb. 21:** Aufwuchs von Weidelgras im Dezember 1996 und April 1997 (dt TM/ha)



**Abb. 22:** Stickstoffaufnahme von Weidelgras im Dezember 1996 und April 1997 (kg N/ha)



### Schlussfolgerung

Diese Versuche bestätigen:

- eine Kohärenz der auf beiden Seiten des Rheins in unterschiedlichen Anbausystemen (Produktionsverfahren Silo- bzw. Körnermais) und klimatischen Verhältnissen festgestellten Ergebnisse und Beobachtungen.
- den zufälligen Charakter erfolgreichen Zwischenfruchtanbaus zwischen zwei Maishauptfrüchten in einem semi-kontinentalen Klima wie dem der Oberrheinebene. Insbesondere im Dreisamtal gibt es in Anbetracht der ähnlichen Standortverhältnisse nur schwerlich zu erklärende Unterschiede bei den Ergebnissen.
- eine begrenzte Fähigkeit der Zwischenfrucht zur Stickstoffbindung. Diese bewegt sich nach den Ergebnissen anderer Versuche gewöhnlich zwischen 10 und 30 kg N/ha (s. Bericht B4). Die französischen Versuchsergebnisse liegen im unteren Bereich dieser Spanne, was wohl auf den ertragsbegrenzenden Faktor Stickstoff zurückzuführen ist. Auch die deutschen Versuchsergebnisse tendieren, obwohl zahlreicher, zum unteren Bereich der Spanne. In zahlreichen Fällen läßt sich das mit einem zu niedrigen Nitratgehalt im Boden zum Zeitpunkt des Hauptbedarfs für die Entwicklung der Zwischenfrucht erklären.
- nichtsdestotrotz waren die Versuche soweit erfolgreich, als daß die, wenn auch spärlichen Aufwüchse, den Nitratgehalt im Boden doch kurzfristig abgesenkt haben und damit zu einer Verminderung der Nitrat auswaschungsverluste beigetragen haben. Dies wird lediglich in den französischen Versuchen im Vergleich mit den Kontrollparzellen 'unbedeckter Boden' deutlich. Im Dreisamtal wurde das Ziel erreicht, da die Nitratwerte unter dem Grenzwert der SchALVO lagen.
- im Elsass zeigte sich zum Zeitpunkt der Maisaussaat Anfang April 1999 kein Unterschied im Nitratgehalt zwischen 'unbedeckter Boden' und 'JD-Gemenge'. Dieses Ergebnis überrascht nicht, da die Untersaat schwach entwickelt war und sich somit nach deren Einarbeitung auch nicht viel mineralisieren konnte. Was wäre passiert, wenn mehr Biomasse eingebracht worden wäre?  
Auf den Flächen im Dreisamtal scheint über Winter noch etwas Stickstoff aufgenommen worden zu sein (s. N<sub>min</sub>-Werte in den Tabellen von Anhang 6).

Diese Feststellungen bedürfen noch einer Bestätigung.

### 2.4.3 Welche Alternativen gibt es und was ist davon zu halten?

Diese Frage kann nur mit den Ergebnissen der elsässischen Versuche beantwortet werden.

#### 2.4.3.1 Das Ansaatverfahren

##### Artenwahl:

Im Bestreben den Boden zwischen zwei Körnermaiskulturen zu bedecken wurde auch eine Zwischenfrucht als Stoppelsaat nach der Maisernte erprobt.

Zwei Arten wurden ausgewählt: Senf und Roggen.

- Senf ist bekannt dafür, daß er sich schnell entwickeln und den Nitratgehalt schnell absenken kann. Er ist jedoch frostempfindlich und übersteht in der Regel keine Fröste unter  $-5^{\circ}\text{C}$ . In früheren Versuchen, insbesondere im Jahr 1997, wo er mit Ölrettich kombiniert war, hat sich Senf im Gemenge gegenüber Arten mit langsamerer Entwicklung durchgesetzt. Unter den örtlichen Verhältnissen mit Herbst-Pflugfurche war es also ratsam, ihn alleine einzusetzen.

- Roggen steht im Ruf, robust zu sein, den Boden schnell zu bedecken und nicht abzufrieren. Um den Nutzen einer Bodenbedeckung über Winter zu prüfen, sah der Versuchsplan eine Variante vor, bei der der Roggen über Winter stehen blieb und erst durch eine Frühjahrsfurche umgebrochen wurde.

##### Saattermin:

Die Saat erfolgte unmittelbar nach einer frühen Körnermaisernte am 24. September der Jahre 1997 und 1998.

Wie das Weidelgras und das JD-Gemenge wurden auch diese Arten nach einer oberflächlichen Bearbeitung mit dem Grubber von Hand ausgesät.

##### Witterungsbedingungen und Entwicklung der Zwischenfrucht:

- Senf:

Das Gelingen der Senfzwischenfrucht 1998 und das Scheitern derselben im Jahr 1997 steht im Zusammenhang mit den Herbstniederschlägen (s. Abb. 1). Wie bei dem JD-Gemenge hat sich die oberflächliche Wiederbefeuchtung des Bodens nach der Ernte als entscheidend für den Aufgang der Stoppelsaat erwiesen.

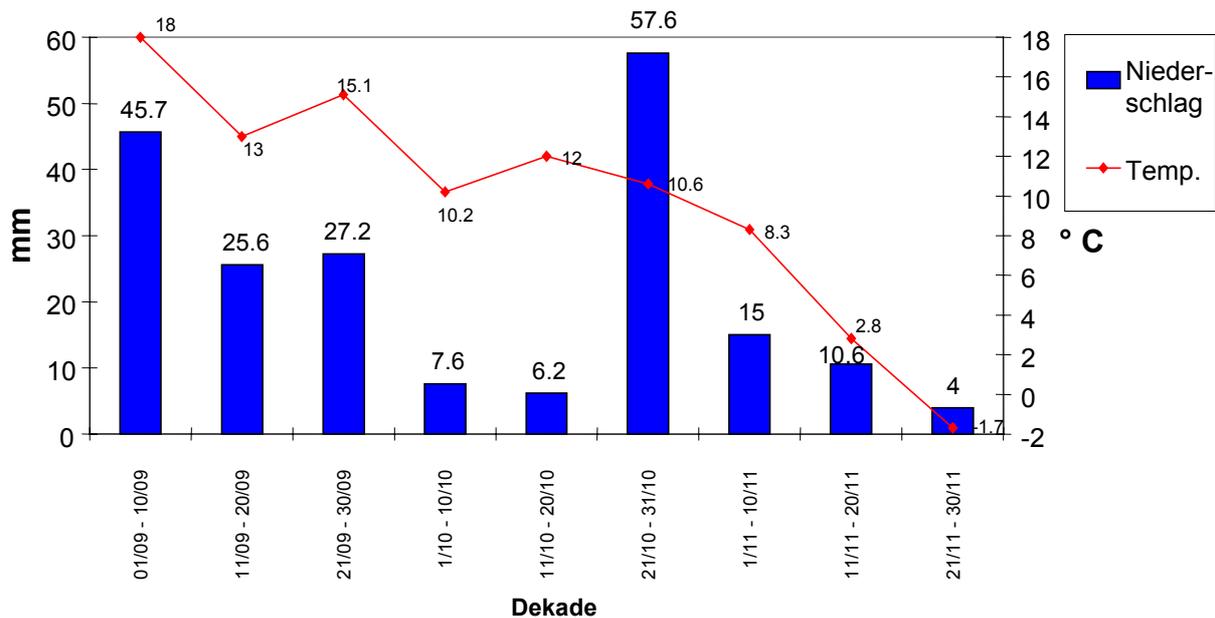
Wie aus Abbildung 7 ersichtlich wird, haben relative frühe Fröste im November (ab 19.11.) das Wachstum des Senfs gestoppt. Derartige Witterungsverhältnisse sind am Oberrhein nicht außergewöhnlich: Jedes zweite Jahr kommt es zwischen dem 21. und 28. Oktober im Oberelsass zu Frühfrösten. Eine Häufigkeitsanalyse des ersten Frosts mit  $-5^{\circ}\text{C}$  weist im Median der Jahre für das Oberelsass den 17. November aus (Wetterstation Meyenheim). Betrachtet man diesen Tag als Vegetationsende für Senf (Wachstum eingestellt, auch wenn Pflanze noch nicht vollständig zerstört), so ergibt sich eine für dessen Wachstum verfügbare Temperatursumme von  $630^{\circ}\text{C}$  bei Saat am 20. September und von lediglich  $470^{\circ}\text{C}$  bei Saat am 01. Oktober.

So gab es in Rouffach im Jahr 1998 zwischen dem 24. September und dem 19. November, an dem ein fataler Frost mit  $-4,5^{\circ}\text{C}$  auftrat, eine Temperatursumme von  $562,5^{\circ}\text{C}$ . Dies reicht nicht, aus um eine größere Biomasse zu bilden. So braucht es für 1,5 t TM/ha beispielsweise  $680^{\circ}\text{C}$ .

**Tab. 5:** Tag des ersten Frostes von  $-5^{\circ}\text{C}$  im Zeitraum 01.09. bis 20.04.

Wetterstation Colmar-Meyenheim (Werte von 42 Jahren)	
Minimum	05.11.
1. Quintil	15.11.
Median	26.11.
4. Quintil	14.12.
Maximum	05.01.

**Abb. 23:** Niederschläge und Temperaturen im Herbst 1998 – Rouffach



- Roggen:

Im Gegensatz zum Senf hat sich der Roggen 1997 nicht entwickelt. Die Austrocknung des Oberbodens hat einen homogenen und gleichmäßigen Aufgang vereitelt. Zum Umbruchtermin waren nur einzelne 'Nester' zu sehen. Auch der über Winter verbleibende Roggen hat sich nicht weiter entwickelt, so daß es keinen Aufwuchs zu messen gab.

Trotz höheren Herbstniederschlägen hat sich der Roggen auch 1998 nur schwach entwickelt. Im Gegensatz zur Keimung war die Verankerung unbefriedigend. Dies kommt daher, daß das Gelingen einer Getreidesaat ohne vorherige Bodenbearbeitung und leichte Einarbeitung sehr ungewiss ist.

Zusammenfassend kann man zur Aussaat einer Zwischenfrucht als Stoppelsaat nach der Körnermaisernte sagen, daß der Monat Oktober entscheidend ist. Keimt das Saatgut nicht oder verwurzelt sich der Bestand nicht richtig, so besteht kaum mehr eine Chance, dies nachzuholen, da die Witterungsbedingungen die Entwicklung stark begrenzen.

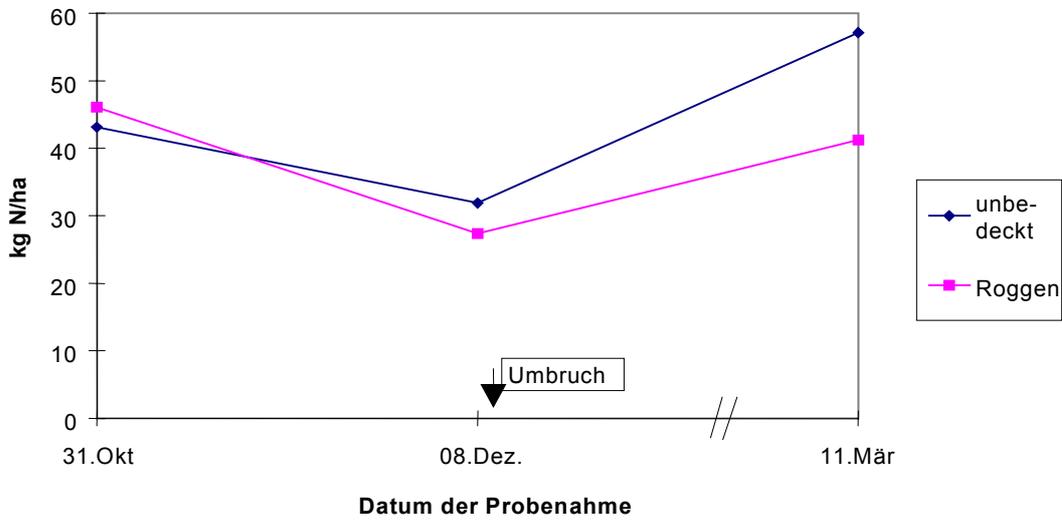
#### 2.4.3.2 Die Leistungen

Messungen des Aufwuchses und der Stickstoffaufnahme konnten nur im Jahr 1998 und nur beim ausreichend entwickelten Senf vorgenommen werden. Beim lückigen und schwach entwickelten Roggen konnten 1998 hingegen bis zum Umbruchtermin keine Proben gezogen werden. Dies gilt auch für den erst im Frühjahr umgebrochenen Streifen, da sich der Roggen auch über Winter nicht mehr entwickelt hat.

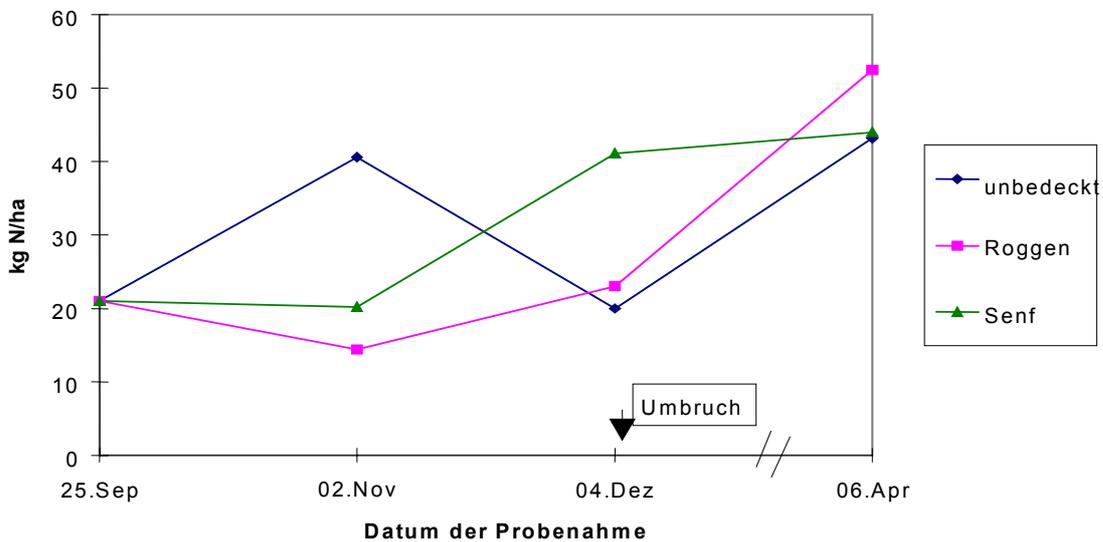
#### Entwicklung der Nitratgehalte

Messungen der Nitratgehalte wurden in beiden Jahren vorgenommen, 1997 jedoch nur bei Roggen und unbedecktem Boden, da sich das Senf+Ölretteich-Gemenge nicht entwickelte. Die folgenden Abbildungen zeigen den Verlauf der Nitratwerte über Winter.

**Abb. 24:** Entwicklung der Nitratgehalte im Boden mit und ohne Roggen-Stoppelsaat nach früher Maisernte am 24. September – Rouffach 1997/98



**Abb. 25:** Entwicklung der Nitratgehalte im Boden mit und ohne Stoppelsaat-Zwischenfrucht nach früher Maisernte am 24. September – Rouffach 1998/99



- Im Jahr 1997 verhält sich der Streifen mit Roggen in den Monaten Oktober und November wie ein unbedeckter Boden. In Anbetracht der schwachen Entwicklung des Grases verwundert dies nicht. Bis zum Winterende scheint der Roggen jedoch rund 15 kg N/ha aufgenommen zu haben.

- Im Jahr 1998 führt eine bessere Entwicklung der Zwischenfrüchte Roggen und Senf ab Oktober zu einer Stickstoffaufnahme in der Größenordnung von 20 kg N/ha mehr als in der Kontrolle ohne Zwischenfrucht. Diese Leistungen entsprechen in etwa denjenigen von Weidelgras oder dem JD-Gemenge, wie wir weiter oben bereits gesehen haben.

Zur Beachtung: Beobachtungen ab November lassen auf Wildschäden im Roggen schließen. Dieses Phänomen ist der Nicht-Erreichung unseres Ziels nicht fremd und macht allgemein auf das Problem in einer Umgebung mit unbedeckten Böden zu Winterbeginn aufmerksam.

**Bemerkung:**

Nach zwei Jahren mit Untersaaten im Dreisamtal wurde beschlossen, im letzten Jahr 1998 an 5 Standorten auch einmal die Stoppelsaat zu prüfen.

Nach der Ernte wurden am 09.10.98 verschiedene Arten zwischen die Reihen gesät: Senf, Sommerraps, Winterrüben, Ölrettich und Hanf.

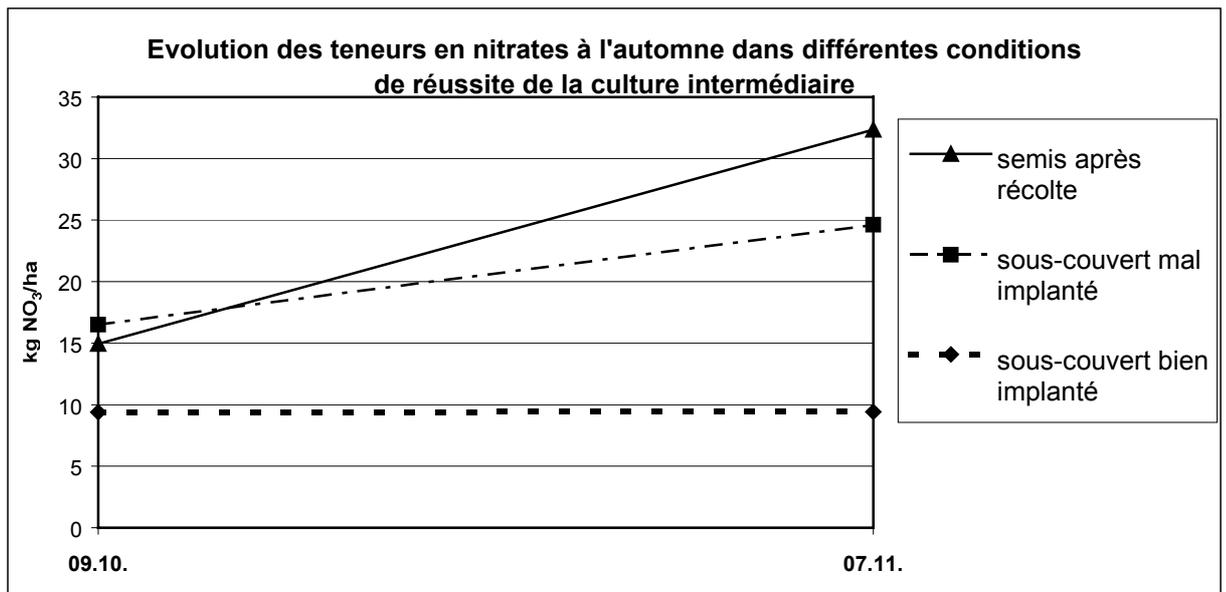
Dieser Versuch schlug fehl, da die Saaten bis zum Wintereinbruch höchstens zwei Blätter entwickelt hatten.

Die abfrierenden Arten wurden Mitte November abgetötet. Die anderen, wie die Winterrüben, sind anschliessend nicht mehr gewachsen.

Auf jeden Fall wurden die verschiedenen Varianten am 9. Oktober und am 7. November beprobt. Die nachstehende Abbildung vergleicht drei unterschiedliche Situationen:

- Weidelgrasuntersaat, gelungen      - - - - - ◆ - - - - -
- Weidelgrasuntersaat, mißlungen      - . . . . - ■ - . . . . -
- Stoppelsaat, mißlungen      \_\_\_\_\_ ▲ \_\_\_\_\_

**Abb. 26:** Entwicklung der Nitratgehalte des Bodens im Herbst bei Zwischenfrüchten mit unterschiedlichem Erfolg



Im Falle der mißlungenen Stoppelsaat, die eher einem unbegrünten Boden gleicht, steigen die Nitratgehalte um 17 kg N/ha (von 15 auf 32 kg N/ha) an. Bei einer mißlungenen Stoppelsaat steigen die Nitratgehalte hingegen nur um 9 kg N/ha (von 16 auf 25 kg N/ha) an. Unter einer gelungenen Weidelgrasuntersaat bleiben sie unverändert auf niedrigem Niveau (10 kg N/ha). Auch wenn die absoluten Nitratwerte relativ gering sind, so bestätigen diese Ergebnisse doch die elsässischen Feststellungen, wonach eine ordentliche Zwischenfrucht etwa 15 kg N/ha binden kann.

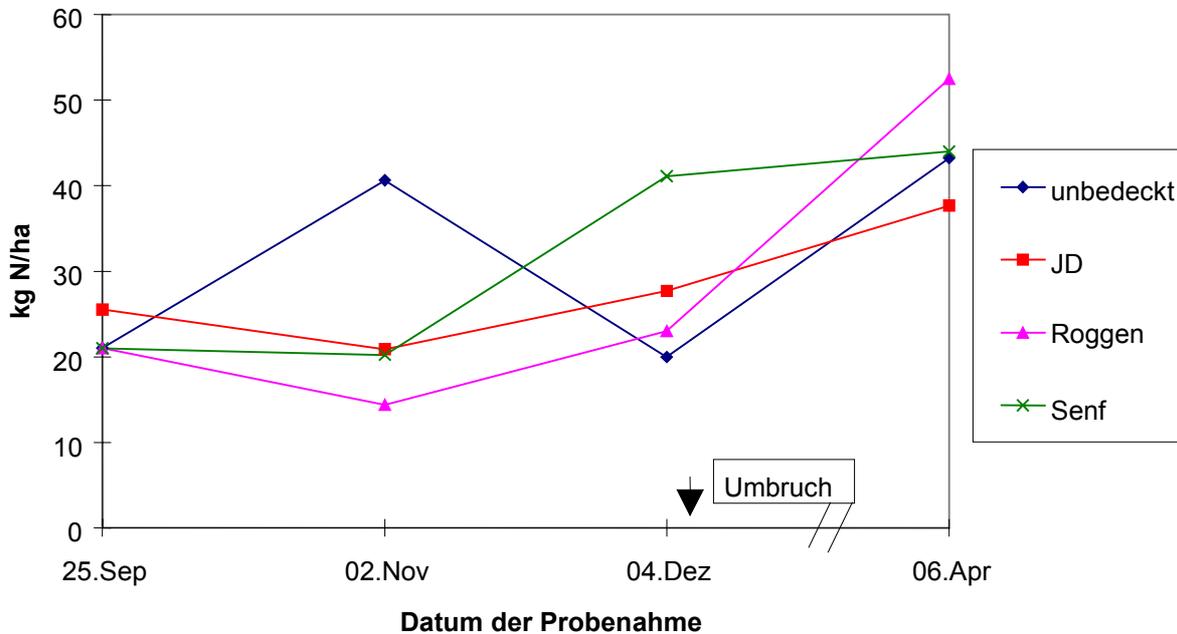
**2.4.3.3 Die Lehren aus den verschiedenen Alternativen**

Effekt auf die Bodennitratgehalte im Vergleich zu unbedecktem Boden und im Vergleich zum JD-Gemenge

Gemessen wurden die Nitratgehalte unter Ende September ausgesättem Senf und Roggen.

In Abbildung 27 werden diese verglichen mit denjenigen unter unbegrüntem bzw. mit JD-Gemenge begrüntem Boden unter gleichen Bedingungen:

**Abb. 27:** Entwicklung der Nitratgehalte unter verschiedenen Zwischenfrüchten nach früh (Ende September) geerntetem Körnermais – Rouffach 1998



Wie beim JD-Gemenge nehmen Roggen und Senf einen Teil des Bodennitrats auf. Anfang November liegt die Differenz zum unbedeckten Boden bei 20 kg N/ha. Während beim unbedeckten Boden im Oktober die Mineralisation wieder anläuft und die Nitratwerte steigen, gilt dies nicht für die anderen Varianten, wo das durch die Mineralisation freigesetzte Nitrat von der Pflanzendecke aufgenommen wird.

Auf unbedecktem Boden fallen die Nitratwerte im Boden niederschlagsbedingt um 20 kg N/ha. Dies ist bei den anderen Varianten nicht der Fall.

Der starke Anstieg der Nitratgehalte im November unter Senf lässt sich nicht erklären, es sei denn durch eine schnelle Mineralisierung von sehr jungem Gewebe, das durch Frost zerstört wurde und das sehr leicht abbaubar ist.

Zu einer bedeutenden Mineralisation kam es gegen Winterende, insbesondere bei unbedecktem Boden und mißlungenem Roggen mit 23,2 bzw. 29,5 kg N/ha Anstieg seit dem Umbruchtermin. Der Anstieg der Nitratwerte ist nicht so stark in den Varianten JD (+10 kg N/ha) und Senf (+2,9 kg N/ha), die mehr Biomasse erzeugt haben als der Roggen. Ein Teil des Stickstoffs aus der schwer abbaubaren organischen pflanzlichen Substanz wurde wohl in den Humus eingebaut.

Abschliessend lässt sich feststellen, dass der Bodennitratgehalt vor der Maisaussaat zwischen den verschiedenen Varianten nicht sehr unterschiedlich ist und es nicht erforderlich ist, nachdem was 1998 herauskam, die Stickstoffdüngung von Mais danach zu differenzieren. Die Aufnahme von etwa 20 kg N/ha im Verlauf des Monats November, der naß sein kann und in dem normalerweise in unbewachsenen Böden die Sickerwasserbildung beginnt, ist als positiver Beitrag für die Grundwasserqualität zu betrachten.

#### Trockenmasseproduktion und Stickstoffaufnahme

Die Beprobungen wurden dort vorgenommen, wo der Senf gut entwickelt war, wohl wissend, daß ein Teil dieses Streifens aufgrund von Ernterückständen nicht mit Senf bewachsen war. Die Trockenmasseproduktion wurde dennoch auf die Gesamtfläche hochgerechnet.

Senf gesät am 24.09.98	
Mais geerntet am 22.09.98	
Trockenmasseproduktion bis zum Umbruch (08.12.98) 0,18 t TM/ha	Stickstoffaufnahme des Senf (Sproß) 6,9 kg N/ha, bzw. 38 kg N/t TM

Die Biomasseproduktion und Stickstoffaufnahme sind gering, stimmen aber in Anbetracht des jungen Senfes überein. Die Beprobung eines am 08.12. abgefrorenen Bestandes konnte diese Messung möglicherweise beeinflussen.

Auch die gute Eignung des Senfes für die Nitratanreicherung konnte mit 38 kg N/t TM gegenüber nur 25 kg N/t TM bei Weidelgras bei vergleichbarer Trockenmasseproduktion von 0,2 t TM/ha bestätigt werden.

### Schlussfolgerung

Ebenso wie bei der Untersaat von Gräsern unter Mais hängt der Erfolg einer Stoppelsaat nach Ende September früh geerntetem Körnermais in hohem Masse von günstigen Bedingungen, sowohl was die Witterung, als auch was die landbaulichen Bedingungen angeht ab. Gelingt eine Zwischenfrucht einigermaßen, wie das 1998 bei Senf der Fall war, so hält sich der Umwelteffekt mit 7 kg N/ha Stickstoffaufnahme im Aufwuchs und einer Absenkung des Nitratgehaltes im Boden um 20 kg N/ha im Vergleich zum unbewachsenen Boden in Grenzen. Im Frühjahr ist in jedem Fall keine Differenzierung mehr erkennbar. Die Zwischenfrucht hat vorübergehend einige Kilogramm Stickstoff vor der Auswaschung im Oktober und November bewahrt. Bei einer Einarbeitung im Herbst hat sie die Nitratwerte im Frühjahr nicht erhöht.

### **2.5 Wirtschaftlicher Aspekt**

Der Anbau einer Zwischenfrucht verursacht dem Landwirt Mehrkosten auf verschiedenen Ebenen:

- Kauf des Saatguts (Weidelgras, Senf, Roggen) für mindestens 200 FF bzw. 76 DM/ha,
- Überfahrt für die Saat und evtl. eine vorausgehende oberflächliche Bodenbearbeitung,
- Ausrüstung für die Bandspritzung und (kombinierte) Hacke samt Arbeitszeit,
- Ertragsminderungen bei Wahl einer früheren Sorte oder vorzeitiger Ernte mit höheren Trocknungskosten.

Die ökonomische Bilanz der Jahre 1997 und 1998 weist für den Versuch von Rouffach einen Vorteil von 350 bzw. 260 FF/ha für das normale Verfahren ohne Zwischenfrucht aus (s. Jahresberichte).

### **2.6 Fragen auf agronomischer Ebene**

Zu den Wirtschaftlichkeitsaspekten gesellen sich noch einige andere, nicht bezifferbare Nachteile agronomischer Art:

- welchen Einfluß hätte wohl eine sich in der Jugendphase gut entwickelnde Weidelgrasuntersaat auf den Maisertrag?
- der Verzicht auf das Häckseln der Maisstoppeln nach der Ernte von Körnermais, damit die Untersaat noch ein bisschen Licht bekommt, kann die Qualität der Strohearbeitung beeinträchtigen und vor allem das Risiko des Befalls mit Maiszünsler in den Folgejahren erhöhen.
- auf jeden Fall wird der von der Untersaat gebundene Stickstoff nach deren Umbruch wieder in den Stickstoffkreislauf gelangen: Der organisch gebundene Stickstoff wird mineralisiert und den Boden mit Nitrat anreichern. Diese Anreicherung muß bei der Düngung der Kulturen berücksichtigt werden, besonders dann, wenn die Zwischenfrucht überwintert.

## 2.7 Weitere Ansätze

Im Elsass gibt es zu diesem Thema noch einen anderen Ansatz. Es handelt sich dabei um ein Verfahren außerhalb des ITADA-Programms mit einer ausschließlich die Wildäsung betreffenden Zielsetzung.

Infolge einer Anfrage seitens der Jäger prüft Herr Girardin von der INRA Colmar seit 1997 ein anderes Verfahren der Zwischenfruchteinsaat in Mais-Monokultur. Das Prinzip besteht darin, zwei Maisreihen enger zusammenzurücken, damit dann zu den Nachbarreihen 1,20 statt 0,80 m Abstand verbleiben und mehr Licht auf den Boden fällt, wo Weidelgras oder Wiesenrispe mit Weißklee gesät werden. Die Bestandesdichte des Mais bleibt dabei gegenüber traditioneller Säweise unverändert.

Damit die Ernterückstände des Körnermais nicht den Boden zudecken, wird der Mais mit einer 50-60 cm hohen Stoppel gemäht. Diese hohen Stoppen bieten dem Wild Deckung während die Untersaat ein Winterfutter bildet.

Dieses Verfahren unterscheidet sich grundsätzlich nicht vom vorgestellten und stellt eher einen technischen Fortschritt dar, welcher der Untersaat bessere Bedingungen bietet, an den Landwirt aber höhere Anforderungen stellt.

Die ersten Ergebnisse zeigen, daß sich die Zwischenfrucht sehr gut etablieren konnte. Dies ist jedoch nur möglich, wenn die Maschinen angepasst werden, insbesondere wenn zur Saat gefräst wird, um sich der hohen Stoppen zu entledigen.

Dieses doch recht ungewöhnliche Verfahren ist auf einen finanziellen Ausgleich für den Landwirt angewiesen, worauf dieser jedoch nicht so gerne zurückgreift. Die Konkurrenzsituation zwischen Zwischenfrucht und Mais um das Wasser ist noch zu näher zu untersuchen.

Dieses Verfahren scheint also verlockend für den Herbst zu sein. Es kann jedoch bei der Maisaussaat im folgenden Frühjahr Schwierigkeiten bereiten und außerdem, wegen der hohen Stoppen, die über Winter stehen bleiben und nicht gehäckselt werden, die Entwicklung des Maiszünslers begünstigen.

## 2.8 Schlussfolgerungen

Unsere Versuche zur Etablierung einer Zwischenfrucht zwischen Körnermais in Monokultur auf zwei Arten (Untersaat und Stoppenfaat) haben sich in verschiedener Hinsicht als wenig fruchtbar erwiesen. Die beiden Verfahren sind unsicher und weisen zahlreiche Beschränkungen in den beiden untersuchten Situationen auf:

- einerseits Körnermaismonokultur ohne Wirtschaftsdüngereinsatz mit Herbstfurche und semi-kontinentalem Klima,
- andererseits Silomaismonokultur mit Wirtschaftsdüngereinsatz und verschiedenen Verfahren der Bodenbearbeitung; semi-kontinentales Klima mit Einfluss der Höhenlage.

Mehrere Faktoren bestimmen über ihren Erfolg: Eine geeignete Unkrautbekämpfung (bei Untersaat) und vor allem eine frühe Ernte und günstige Witterungsverhältnisse. Die Wahl der auszusäenden Arten beschränkt sich auf Arten mit unproblematischem Auflaufverhalten und schnellem Wachstum wie Gräser (Weidelgras, Roggen) oder Kreuzblütler (Senf), weil die verfügbare Vegetationszeit kurz ist (Ende September bis Anfang Dezember). Aus ökonomischen Gründen sollten die Saatgutkosten außerdem gering sein.

Wenn die Ansaat gelingt, zeigen die Ergebnisse des Jahres 1998, daß bei richtig bemessener Maisdüngung:

- der Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte niedrig ist: 20 – 40 kg N/ha,
- die Bodennitratgehalte zwischen der Maisernte und dem Pflügetermin bei Zwischenfrucht um etwa 20 kg N/ha niedriger liegen als ohne Begrünung. Zwischen den beiden Verfahren Untersaat und Stoppenfaat besteht dabei kein Unterschied,
- die Biomasseproduktion der Zwischenfrucht (0,3 – 1 t TM/ha) und die Stickstoffaufnahme im Aufwuchs (6 – 20 kg N/ha) gering sind.

Sofern die Stickstoffdüngung zu Mais richtig bemessen wird, ist der Anbau einer Zwischenfrucht kaum zu rechtfertigen. Die Situation des Landwirtschaftsgymnasiums Rouffach mit niedrigen Bodennitratgehalten nach der Ernte ist jedoch nicht unbedingt repräsentativ für die

allgemeine Lage im Elsass. Auch ist die Auswaschungsgefahr über Winter je nach Bodentyp nicht überall gleich.

Diese Verfahren können jedenfalls dazu beitragen, die Gefahren in gewissen Situationen zu reduzieren. Sie stellen jedoch keinesfalls eine 'Vollkaskoversicherung' dar und sind nicht im großen Maßstab verallgemeinerbar.

Für den größten Teil der Körnermaisfläche des Elsass, die im Oktober geerntet wird, sind sie als ungeeignet anzusehen. Die Gefahr des Fehlschlagens des Zwischenfruchtanbaus zwischen den Maisreihen ist hoch und der Nitratbindungseffekt im Herbst ist zu begrenzt.

In Anbetracht der ökonomischen und landbaulichen Zwänge ist es wenig wahrscheinlich, daß die französischen Landwirte diese Verfahren mit ihren bescheidenen Leistungen spontan aufgreifen werden. Dennoch ist es ermutigend festzustellen, daß einige Landwirte diese Verfahren spontan testen. Um den Erfolg dieser Versuche zu beurteilen, sollten diese Betriebe für die betroffenen Schläge eine Schlagkartei führen.

Was die Problematik der Tierhaltungsbetriebe mit Silomais im Dreisamtal angeht, so sieht es auch dort so aus, daß bei ordnungsgemäßer Düngung mit Wirtschafts- und Mineraldünger die Wirkung einer Untersaat bescheiden ist. Auch dort gilt, daß die Betriebe, in denen die Versuchsflächen lagen, sicher nicht für alle Gebiete Baden-Württembergs repräsentativ sind. Im Gegensatz zu Frankreich gibt es jedoch finanzielle Anreize für die Anwendung dieser Verfahren: Der baden-württembergische Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich (MEKA) honoriert den Anbau von Zwischenfrüchten (außerhalb von Wasserschutzgebieten) mit 140 DM/ha (470 FF/ha). Im MEKA II sind ab dem Jahr 2000 gar 180 DM/ha bei Herbstumbruch und 220 DM/ha bei Frühjahrsumbruch von überwinternden Zwischenfrüchten vorgesehen.

Trotzdem sind die im MEKA beantragten Maisflächen mit Zwischenfrucht zwischen 1997 und 1999 im Oberrheingebiet (Kreise Ortenau, Emmendingen, Freiburg, Breisgau-Hochschwarzwald und Lörrach) von 2509 auf 494 ha sehr stark zurückgegangen.

Wie die im Dreisamtal begleiteten Flächen zeigen, bleibt der Erfolg dieser Maßnahme bei den praktizierenden Landwirten unsicher. Es gibt aber auch keine echte Erfolgsverpflichtung in dem Sinne, daß die Zwischenfrucht gute Leistungen bringen muss.

Im Wasserschutzgebiet gilt als wichtigstes Ziel die Einhaltung des Grenzwertes von 45 kg N/ha für den Bodennitratgehalt im November. Die Untersaat von Weidelgras ist nur eines von verschiedenen Mitteln zur Einhaltung dieses Wertes.

### 3. Allgemeine Schlussfolgerungen

Die Gesamtheit der im Rahmen des Projekts A1.2 durchgeführten Versuche und Auswertungen unterstreicht, daß unter den Standortbedingungen des Oberrheingrabens der Anbau einer Zwischenfrucht nach einer Ernte im Sommer viel einfacher ist als nach einer Herbsterte.

Nach einer Sommerernte gibt es eine Vielzahl von Lösungen, von der Stroheinarbeitung (hier nicht untersucht) bis zur Aussaat einer Zwischenfrucht, mit mehr oder weniger schneller Entwicklung und mehr oder weniger langer Lebensdauer. Diese Vielfalt an Möglichkeiten erlaubt eine flexible Anpassung an die Verhältnisse, was die Akzeptanz bei sehr unterschiedlichen Landwirten erleichtert.

Ganz anders sieht es bei Zwischenfrüchten nach Herbsterte aus, weil die vorgeschlagenen Verfahren schwierig umzusetzen und die Ergebnisse sehr zufallsabhängig sind. Diese Schwierigkeiten verhindern eine breite spontane Einführung durch die Landwirte und führen dazu, daß sie nur nach früh räumendem Silomais, der wenig Nitrat hinterläßt, in Erwägung gezogen werden.

Trotz der begrenzten Wirksamkeit nach Körnermais, könnte der Anbau einer Zwischenfrucht in einigen ganz speziellen Fällen, wie z.B. Schutzgebieten von Trinkwasserbrunnen, diskutiert werden.

In Bezug auf die grenzüberschreitende Zusammenarbeit war dieses Projekt sehr bereichernd, da, ausgehend von verschiedenen Ansätzen, sich bei der Beantwortung der gestellten Fragen schöne Komplementaritäten zeigten: Verwertung des Stickstoffs aus Wirtschaftsdüngern und verschiedene Verfahren des Zwischenfruchtanbaus zwischen Weizen und Mais im Marktfruchtbetrieb bzw. zwischen Mais und Mais im Tierhaltungsbetrieb sind zwei nennenswerte Beispiele. Die Erstellung des Berichtes zu Ende der Projektlaufzeit bot außerdem Gelegenheit, diesen Fragen auf beiden Seiten des Rheins umfassend nachzugehen.

Bei beiden Fragestellungen wäre eine noch auszuarbeitende Perspektive zweifellos die Vorhersage von Situationen, in denen die Zwischenfrucht besonders zu behandeln ist. Wie wir gezeigt haben, kann einer der ertragsbegrenzenden Faktoren bei Zwischenfrüchten der Stickstoffmangel sein. In diesem Fall ist das beste Verfahren ..... nichts zu tun! Auf französischer Seite wurden derartige Arbeiten bereits vom COMIFER in Angriff genommen.

Was spezieller den Zwischenfruchtanbau nach Sommerernte angeht, so sind die Anstrengungen zweifellos mehr auf die Überzeugung der Landwirte bezüglich der Vorteile für den Landbau und die Umwelt als auf die Messergebnisse zu richten. Diese Ergebnisse sind im großen und ganzen ausreichend, mit Ausnahme der Berücksichtigung der Zwischenfrucht bei der Düngungsberechnung für die Folgefrucht.

Bezüglich des Zwischenfruchtanbaus zwischen zwei Maiskulturen müssten die weiteren Bemühungen darauf gerichtet sein, diejenigen Situationen zu identifizieren, in denen der Anbau einer Zwischenfrucht wirklich unerlässlich ist und die Mittel bereitzustellen sind, um die Landwirte davon zu überzeugen. Bezüglich der Anbautechnik sind zweifellos noch Verbesserungen möglich. Sie bleiben jedoch marginal.

## 4. Zusammenfassung

### Problemstellung

Um die Nitratverluste in der Landwirtschaft zu vermeiden genügt es nicht, die Düngung der Kulturen exakt zu bemessen. Man muß sich auch mit der Zeitspanne zwischen zwei Hauptfrüchten befassen. In der Rheinebene gibt es zwei Arten von Zwischen-Kultur-Perioden die wegen der Gefahr größerer Nitratverluste problematisch sind:

- die langen Zeiträume zwischen der Ernte von Winterfrüchten bzw. frühen Sommerfrüchten und der Aussaat von Sommerfrüchten. Auch nach korrekt gedüngten Kulturen steigt infolge von Mineralsierungsprozessen im Spätsommer und Herbst bei Abwesenheit von Verbrauchern der Nmin-Gehalt im Boden, so daß es zu größeren Nitratverlusten durch Auswaschung kommen kann. Hierzu zählt die Fruchtfolge Weizen - Mais, deren Fläche auf 40.000 ha im Elsaß und auf 115.000 ha in Baden-Württemberg geschätzt wird.

- der Zeitraum zwischen zwei Sommerkulturen mit später Ernte. Wenn der im Herbst mineralisierte Stickstoff von der Kultur nicht mehr aufgenommen wird, kann das nach Wiederauffüllung der Wasservorräte des Bodens auftretende Sickerwasser dieses Nitrat aus dem Wurzelraum austragen. Bedeutendster Vertreter für diese Situation ist die Mais-Monokultur. Von den 150.000 ha Mais im Elsaß und 126.000 ha in Baden-Württemberg steht ein nicht unbedeutender Teil nach Mais.

Für die Zwischenkulturzeiträume vom Typ Weizen-Mais (Teilthema 1) sind die verschiedenen Bewirtschaftungsmaßnahmen (Stoppelbearbeitung, Stroheinarbeitung, Zwischenfruchtaussaat, ...) und deren Auswirkungen auf die Nitratbindung bzw. Freisetzung sowohl in Frankreich (insbes. Arbeiten des ITCF) als auch in Baden-Württemberg (insbes. Aktion 001 zu Umbruchterminen) wohl bekannt. Die Wirksamkeit von Zwischenfrüchten nach Wirtschaftsdüngerbringung auf die Getreidestoppel sowie die Festlegung von optischen Merkmalen zur Erkennung des richtigen Umbruchzeitpunkts sind jedoch noch abzuklären.

Was den Anbau von Zwischenfrüchten zwischen zwei Maiskulturen (Teilthema 2) angeht sind die Verfahren noch nicht so weit, daß sie allgemein empfohlen werden könnten. Es bestehen noch ungeklärte Fragen hinsichtlich deren Fähigkeit, nennenswerte Stickstoffmengen zu binden.

Die im Rahmen dieses Projekts angelegten Versuche sollen Antworten auf diese Fragen liefern. Ihre Ergebnisse werden in Form von zwei Kapiteln (Teilthemen) dargestellt.

## TEILTHEMA 1: ZWISCHENFRUCHTANBAU NACH WEIZEN VOR MAIS

### Einführung

Der Zeitraum zwischen der Getreideernte und der Aussaat von Sommerkulturen wie Mais ist lang und birgt die Gefahr der Nitratauswaschung. Im Elsaß wie in Baden-Württemberg wird empfohlen, Zwischenfrüchte zur Nitratbindung auszusäen, um diese Gefahr zu vermindern. In bestimmten Situationen wird aus dieser Empfehlung eine Verpflichtung:

- Im Elsaß nach der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern auf die Getreidestoppel in den Monaten Juli und August im sensiblen Gebiet (Nitratrichtlinie);
- in Baden-Württemberg in Wasserschutzgebieten.

Nähere Ausführungen hierzu finden sich im Bericht über das ITADA-Projekt B4.

Auf agronomischer Ebene sind die in Frage kommenden Zwischenfrüchte nach Weizen, deren Anbauverfahren sowie ihre Fähigkeit zur Nitratbindung wohl bekannt.

Abzuklären bleiben:

- die Fähigkeit zur Bindung des mit Wirtschaftsdüngern auf die Stoppel ausgebrachten Stickstoffs,
- die verschiedenen Möglichkeiten der Bestandesführung (Umbruchtermine);
- für den Landwirt leicht erfassbare Erkennungsmerkmale für den optimalen Umbruchzeitpunkt der Zwischenfrucht zu finden.

### I. Die verfügbaren Daten

Im Elsaß wurden Versuche durchgeführt mit Senf im Vergleich zu unbedecktem Boden und Ausbringung von Mist in verschiedenen Aufwandmengen zu zwei Terminen. Verfügbar sind folgende Ergebnisse:

- Versuch F-67 Eisenheim (westlich von Marckolsheim) im Jahr 1996/97
- Versuch F-67 Mussig (östlich von Sélestat) im Jahr 1997/98
- Netz von Beobachtungspartzen im Zorntal sowie im südlichen Unterelsaß 1998/99.

In Baden-Württemberg liegen Ergebnisse von zwei Versuchen aus dem Jahr 1997/98 vor: Der eine aus Efringen-Kirchen (am Rhein, nördl. v. Basel) und der andere aus Steinenstadt (südwestl. v. Müllheim). Dabei wurden Ansaaten von Senf bzw. Ölerrettich mit Ausfallgetreide, mit und ohne Bodenbearbeitung verglichen. Der Umbruch erfolgte zu zwei Terminen.

### II. Kann eine Zwischenfrucht zwischen Getreide und Mais den von der Vorfrucht hinterlassenen bzw. den mit dem Wirtschaftsdünger nach der Getreideernte im Spätsommer zugeführten Stickstoff verwerten?

Eine Antwort auf diese Frage läßt sich durch die Beobachtung des Wachstums der Zwischenfrucht (Biomasseproduktion) und der im Sproß aufgenommenen Stickstoffmenge geben: Festgestellt wurden Biomasseerträge von 1 bis 6 t/ha Trockenmasse und Stickstoffaufnahmen von 20 bis 180 kg N/ha (Mediane zwischen 60 und 100 kg N/ha).

Die Ergebnisse bestätigen, daß Zwischenfrüchte in der Lage sind, im Spätsommer und Frühherbst Stickstoff aufzunehmen, speziell auch den mittels Wirtschaftsdünger im Spätsommer auf die Getreidestoppel ausgebrachten. Am Beispiel Steinenstadt konnte gezeigt werden, daß es auch Situationen mit zu wenig Stickstoff für eine gute Entwicklung der Zwischenfrucht gibt. Solche Schläge sollte man vorher identifizieren können.

### **III. Vermindert der Anbau von Zwischenfrüchten die Gefahr der Nitratauswaschung über Winter?**

Zur Beantwortung dieser Frage haben wir die Entwicklung der Nitratgehalte im Boden von der Aussaat der Zwischenfrucht bis zum Frühjahrsbeginn untersucht.

Zu Winterbeginn (Ende November) sind die Nitratwerte unter Zwischenfrüchten mit 10 bis 30 kg N/ha sehr niedrig und liegen unter denen von unbewachsenem Boden. Somit werden die Nitratverluste vermindert.

### **IV. Sind die untersuchten Zwischenfrüchte gleichwertig?**

Auf diese Frage können nur die baden-württembergischen Versuche eine Antwort geben.

Der Ölrettich entwickelt sich im Herbst langsamer als der Senf. Da er aber nicht abfriert, nimmt er über Winter weiter Stickstoff auf.

Für Schläge, die im Spätherbst oder zu Winterbeginn gepflügt werden müssen, wird man deshalb den Senf bevorzugen. Soll ein Schlag erst im Frühjahr gepflügt werden, wird man eher den Ölrettich bevorzugen.

### **V. Schafft dieses Verfahren nicht neue Gefahren (Mineralisation der Zwischenfrucht)?**

Die Kurven der Bodennitratgehalte weisen ab Anfang Februar einen signifikanten Anstieg auf. Dieser Anstieg läßt sich nur mit einer Mineralisierung der organischen Substanz infolge ansteigender Temperaturen (milder Februar 1997) erklären. Der von den Zwischenfrüchten aufgenommene Stickstoff kann also ziemlich schnell freigesetzt werden.

### **VI. Gibt es ein Mittel zur Eindämmung dieser neuen Risiken (Frühjahrsfurche)?**

Auf diese Frage können dank der Variante 'Frühjahrsflugfurche' nur die baden-württembergischen Versuche eine Antwort geben. Hierbei stellt man einen verzögerten Anstieg der Bodennitratgehalte fest. Eine späte Pflugfurche scheint die Gefahr der Nitratauswaschung zu reduzieren.

### **VII. Welche Auswirkungen hat die Zwischenfrucht auf die Folgefrucht?**

Eine Antwort auf diese Frage können die Beobachtungen an Mais-Nullparzellen nach dem Zwischenfruchtversuch geben.

Die Ergebnisse waren sehr widersprüchlich: Es gab sowohl Situationen mit positiven Effekten (höhere Bodenlieferung nach Zwischenfrucht als nach unbedecktem Boden) als auch solche mit negativen Effekten. Dies kann von größeren Unterschieden bei den Auswaschungsverlusten herrühren. Wenn der Winter niederschlagsreich war und die Nitrate ohne Bodenbedeckung ausgewaschen wurden, kann die Zwischenfrucht diese Auswaschung verhindern und der Folgefrucht insgesamt mehr Stickstoff zur Verfügung stellen. War der Winter jedoch trocken, dann sind die von der Zwischenfrucht aufgenommenen Nitrate möglicherweise nicht gleich voll verfügbar, da sie erst noch mineralisiert werden müssen, während die vom unbedeckten Boden sofort verfügbar sind. Diese Hypothesen bedürfen noch der Bestätigung.

Alles in allem scheinen die Wirkungen von Zwischenfrüchten uneinheitlich zu sein: Zumindest hängt es von der Höhe der Nitratverluste ab, die dank einer Zwischenfrucht vermieden werden konnten, sowie von der Höhe der Stickstoffaufnahme und den Bodenbearbeitungsbedingungen (Bodenstruktur für die Zwischenfrucht). Die Unterschiede bei der Stickstofflieferung des Bodens für die Folgefrucht können schwanken von -20 bis + 20 kg N/ha.

## VIII. Kann am die Stickstoffaufnahme von Senf ohne Messung abschätzen?

Ziel dieser Auswertung ist die Bestimmung des Zeitpunkts, zu dem der Senf seine Aufgabe als 'Nitratpumpe' erfüllt hat, um zu vermeiden, daß er unnützerweise zur 'Wasserpumpe' wird.

Eine enge Beziehung besteht zwischen der Wuchshöhe von Senf und seiner Trockenmasseproduktion. Die Beziehung zwischen Bestandeshöhe und Stickstoffaufnahme ist etwas lockerer.

Die Bestandeshöhe von Senf kann also als grober Anhaltspunkt für die Stickstoffaufnahme gelten. Das aufzunehmende Stickstoffpotential bleibt jedoch festzulegen. Dieses kann sehr hoch sein, insbesondere bei Überdüngung der Vorfrucht oder bei Ausbringung von Wirtschaftsdüngern.

## IX. Schlussfolgerung

Die sich ergänzenden Versuche haben Überlegungen zur Gestaltung der verschiedenen Massnahmen im Zeitraum zwischen der Weizenernte und der Maisaussaat mit dem Ziel der Reduzierung der Nitratauswaschungsverluste im Rheingraben ermöglicht

Es konnte gezeigt werden, daß unter diesen Standortbedingungen eine im August, nach der Getreideernte ausgesäte Zwischenfrucht sich entwickeln kann und dabei Stickstoff aufnimmt, sofern dieser ausreichend verfügbar ist, unabhängig davon, ob dieser von der Vorfrucht hinterlassen wird oder im Spätsommer und Herbst aus der organischen Substanz des Bodens freigesetzt wird. Bei Senf läßt sich durch Messung der Bestandeshöhe die aufgenommene Stickstoffmenge abschätzen. Die aufzunehmende Stickstoffmenge muß in etwa eingeschätzt werden, in Abhängigkeit von der Düngung der Vorfrucht und vom Wirtschaftsdüngereinsatz.

Die Entwicklung dieser Zwischenfrüchte führt zu einer starken Abnahme der Bodennitratgehalte zu Winterbeginn, was die Nitratauswaschungsverluste während des Winters begrenzt. Senf hat dank seiner schnellen Entwicklung den stärksten Effekt auf diese Reduzierung der Nitratgehalte. Örettich, der nicht abfriert und über Winter weiter Stickstoff aufnimmt hat jedoch eine länger andauernde Wirkung, sofern er nicht vor Winter untergepflügt wird. Auch Ausfallgetreide nimmt Stickstoff auf. Seine Aufnahmefähigkeit reicht jedoch für größere Stickstoffmengen nicht aus (z.B. bei Wirtschaftsdüngerausbringung).

Im Herbst eingearbeitete Zwischenfrüchte können zum Ende des Winters bereits ziemlich früh wieder Stickstoff freisetzen, sofern der Winter einigermaßen mild war. Mit einer Frühjahrspflugfurche läßt sich diese Freisetzung verzögern. Diese Möglichkeit besteht jedoch nicht bei allen Böden.

Die Wirkung von Zwischenfrüchten auf den nachfolgenden Mais wurde über die Stickstofflieferung des Bodens abgeklärt. Sie erwies sich als sehr unterschiedlich und in starkem Maße abhängig von der über Winter wirksam gewordenen Auswaschung, von der Entwicklung der Zwischenfrucht und von den Bedingungen bei der Bodenbearbeitung und zur Aussaat von Mais (Effekt der Zwischenfrucht auf die Bodenstruktur).

Den Landwirten im Rheingarebn kann eine Zwischenfrucht zwischen Getreideernte und Maisaussaat empfohlen werden. Dieses Verfahren bereichert die Vielfalt der Instrumente, die den Landwirten zur Verfügung stehen, um die Nitratverluste ihrer Äcker zu vermindern.

## Teilthema 2: Optimierung des Zwischenfruchtanbaus bei Mais-Monokultur

Im Rahmen des ITADA wurden in den Jahren 1996 bis 1998 im Elsaß und in Baden-Württemberg zur Nitratproblematik im Grundwasser des Oberrheingrabens Versuche mit Zwischenfrüchten nach Mais durchgeführt.

Der Anbau von Zwischenfrüchten erfolgt mit dem Ziel, die Nitratgehalte im Boden vor Beginn der herbstlichen Dränphase zu reduzieren. Sie nehmen, zusammen mit Wasser, aus dem Wurzelraum Stickstoff auf und binden ihn somit.

Der Zwischenfruchtanbau nach Mais kann in besonders sensiblen Gebieten (nahe der Wasserefassung, bei oberflächennahem Grundwasser, durchlässigem Boden, ...) und wenn die Stickstoffdüngung höher war als der Entzug bei den tatsächlich erzielten Erträgen, Sinn machen. Dies gilt insbesondere für Tierhaltungsgebiete mit hohem Wirtschaftsdüngereinsatz.

Die Versuche auf französischer Seite betrafen Körnermais in Monokultur ohne den Einsatz von Wirtschaftsdüngern. Es gab einen Versuch pro Jahr. In Baden-Württemberg wurde der Versuch in einem Gebiet mit Rindviehhaltung am Rande des Schwarzwalds in der Nähe von Freiburg (Dreisamtal) durchgeführt. Dabei handelte es sich um Silomais mit regemäßigem Einsatz von Wirtschaftsdüngern. Der Versuch wurde in einem Beobachtungsnetz von Streifenparzellen durchgeführt.

Es handelte sich also um zwei unterschiedliche Anbausysteme in ebenfalls unterschiedlichen klimatischen Situationen.

Bei Mais gibt es zwei Anbauverfahren für Zwischenfrüchte: Entweder man sät früh (Juni) eine Untersaat zwischen die Maisreihen, die sich nach der Ernte des Mais entwickelt oder man sät spät, nach der Maisernte (Stoppelsaat).

Versuche zu diesem Thema wurden bereits im ersten Arbeitsprogramm des ITADA durchgeführt. Von daher hat sich dieses Vorhaben vorgenommen, die drei folgenden Fragen zu beantworten:

- Welche ergänzenden Informationen zur Untersaat von Gräsern in Mais gibt es?
- Was kann eine Untersaat in den beiden Anbausystemen leisten?
- Gibt es mögliche Alternativen und was ist davon zu halten?

Frage 1

### **Welche ergänzenden Informationen zur Untersaat von Gräsern in Mais gibt es?**

- Artenwahl und Saattermin: Am besten für die Untersaat geeignet ist eine auf der Basis von Weidelgräsern (deutsches und welsches Weidelgras) oder eine Mischung von Roggen (JD - Jouffray-Drillaud) und Hybridweidelgras.

In den grenzüberschreitenden Versuchen hat sich bei der Untersaat das Stadium des kniehohen Maises als ideal für die Aussaat der Zwischenfrucht erwiesen. Dabei lassen sich sowohl Probleme der Konkurrenz zwischen Untersaat und Mais als auch Probleme bei der Unkrautbeseitigung vermeiden.

- Anpassung der Unkrautbekämpfung: Um die Unkräuter ausreichend zu kontrollieren ohne die Zwischenfrucht zu schädigen, wurde die Unkrautbekämpfung in Form einer Reihenbehandlung mit einer Ungras- und Unkrautmittelmischung im Nachauflauf, gefolgt von einer Hacke zwischen den Reihen durchgeführt. Die damit verbundene flache Lockerung des Bodens zwischen den Maisreihen erleichtert das Auflaufen der Zwischenfrucht.

- Licht und Niederschläge: Das Gelingen der Untersaat und deren Überleben unter dem Mais bis zu dessen Ernte hat sich als unsicher herausgestellt, vor allem bei starker vegetativer Entwicklung mit entsprechender Beschattung. Die Weiterentwicklung der Zwischenfrucht nach der erneuten Belichtung infolge der Aberntung des Maises hängt wesentlich von den Niederschlagsverhältnissen im Herbst ab.

Letztendlich bleibt der Erfolg der Untersaat, egal ob bei Körner- oder Silomais, unsicher, da er von vielen Faktoren, sowohl landbaulicher als auch meteorologischer Art abhängt.

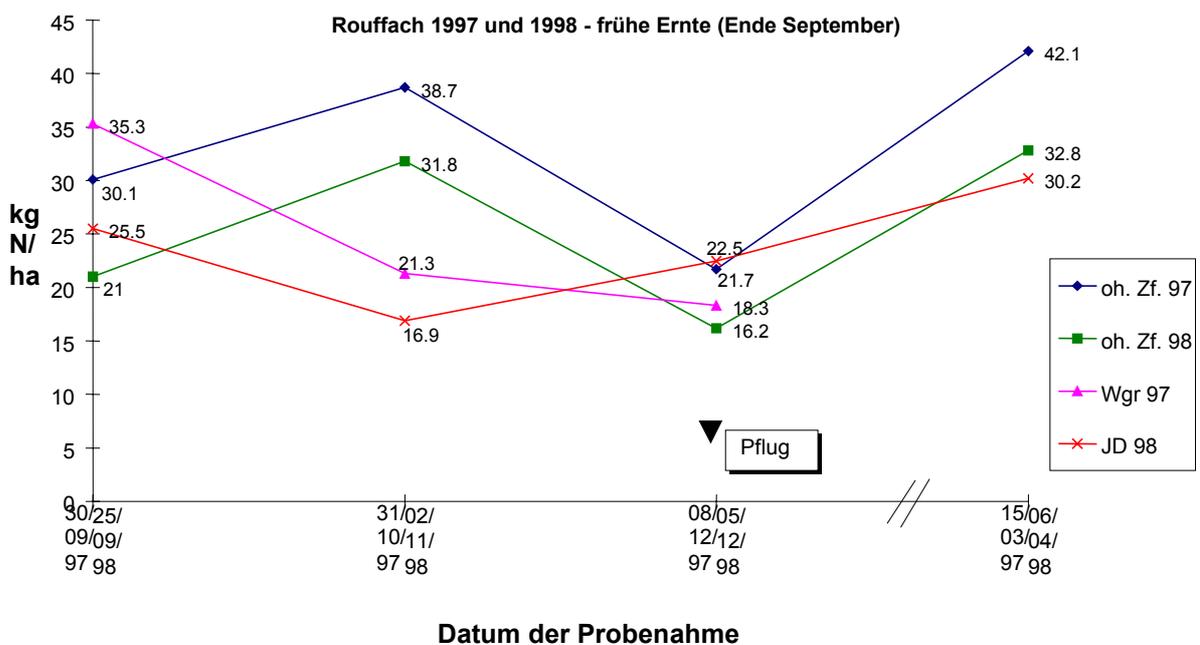
Frage 2:

**Was kann eine Untersaat in den beiden Anbausystemen leisten?**

Die Leistung einer Untersaat wird an ihrem Aufnahmevermögen für den nach der Ernte im Boden vorhandenen Stickstoff gemessen. Die Ergebnisse dies- und jenseits des Rheins sind wechselhaft: Die Stickstoffaufnahme einer Zwischenfrucht hängt von deren Entwicklung und Biomasseproduktion ab, welche wiederum eine gute Wasser- und Stickstoffversorgung voraussetzt. Hinzu kommt, daß die Untersaat umso mehr Zeit zum Wachsen hat, je früher sie wieder Licht bekommt. Das bedeutet eine frühe Maisernte im September. Normalerweise ist dies bei Silomais kein so großes Problem, bei Körnermais bedeutet es jedoch die Auswahl einer früheren Sorte. Allein mit dem Witterungsverlauf lassen sich die unterschiedlichen Ergebnisse nicht erklären.

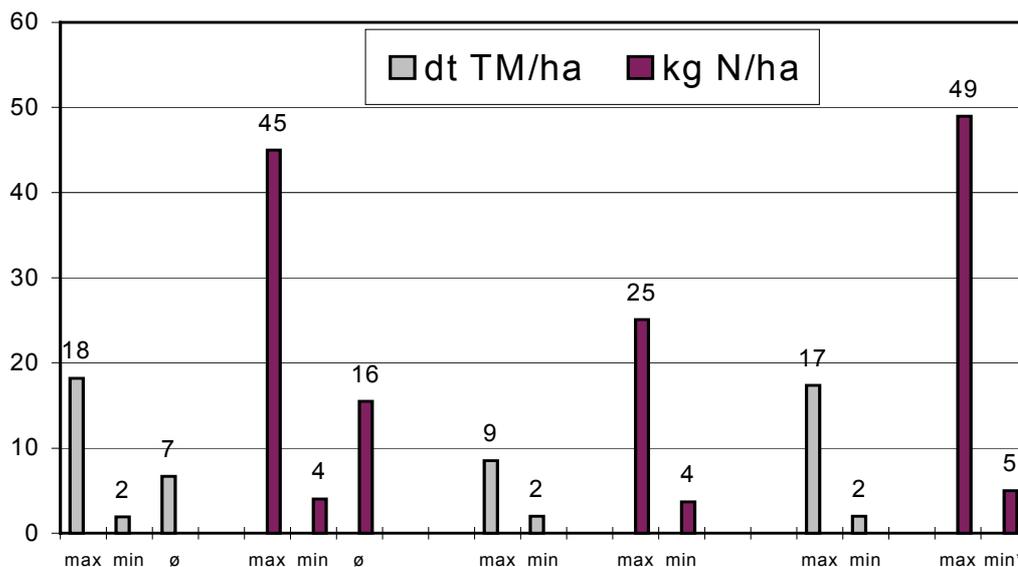
- Auf französischer Seite ist die Biomasseproduktion sehr gering: 2 -3 dt/ha TM mit einer Aufnahme von 6 - 7 kg N/ha. Diese schwache Entwicklung läßt sich erklären mit den geringen Stickstoffmengen, die nach der Ernte im Boden gemessen wurden. Das bedeutet, daß Stickstoff der limitierende Faktor ist. Trotzdem hat die Zwischenfrucht im Vergleich zu unbedeckten Flächen der herbsteichen Auswaschung zwischen 10 und 20 kg N/ha entzogen (s. Abb. 2).

**Abb. 2: Nitratgehalte im Boden (0 - 60 cm) mit und ohne Zwischenfrucht**



- Im Dreisamtal schwankt die mittlere Biomasseproduktion zwischen 7 und 10 dt/ha TS und die Stickstoffaufnahme der Zwischenfrucht liegt zwischen 10 und 20 kg N/ha (s. Abb. 3). Diese Werte liegen höher als die in den elsässischen Versuchen, sind aber immer noch bescheiden und schwankend. Eine Beziehung zwischen Biomasseproduktion und Stickstoffaufnahme besteht nicht.

**Abb. 3: Oberirdische Biomasse (dt TM/ha) und Stickstoffaufnahme (kg N/ha) von Weidelgras im Dezember; Versuche Dreisamtal (D) 1996-1998.**



Bei diesen Versuchen blieb die Zwischenfrucht über Winter stehen und sowohl Biomasse als auch Stickstoffaufnahme wurden im April nochmals gemessen. Dabei zeigte sich, daß der Nutzen der Zwischenfrucht über Winter sehr gering ist.

Frage 3:

**Gibt es mögliche Alternativen und was ist davon zu halten?**

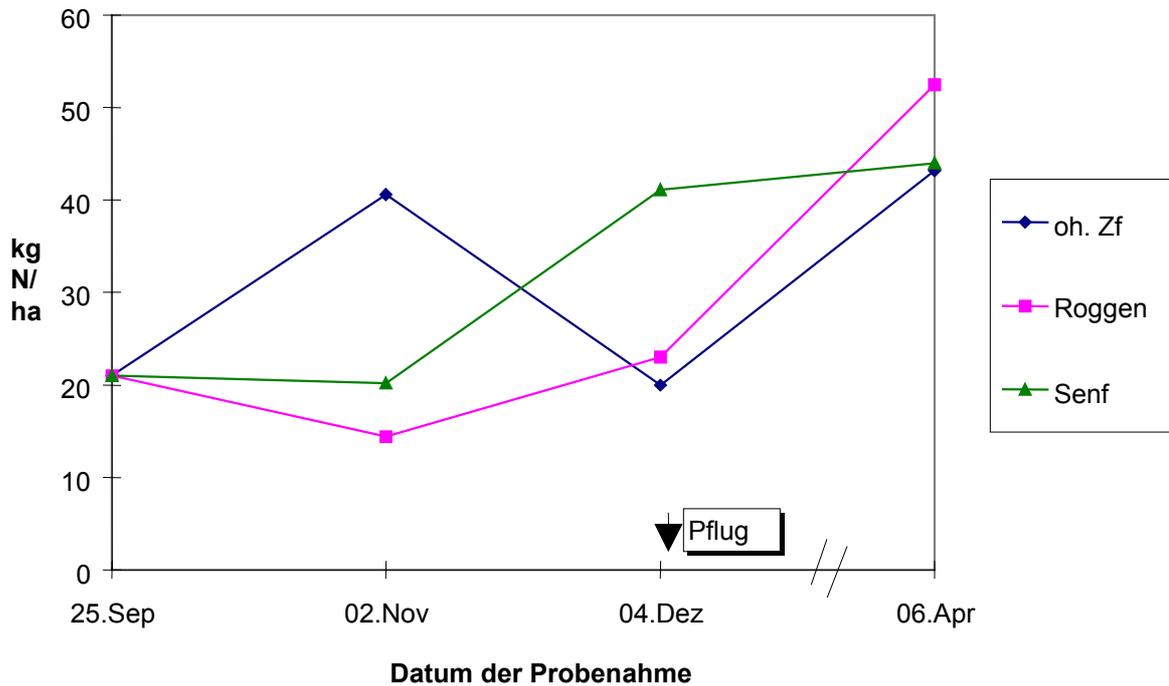
Bei den im Elsaß durchgeführten Versuchen wurde die Möglichkeit einer Stoppelsaat nach der Maisernte geprüft. Dabei wurden zwei Arten ausgewählt: Senf und Roggen.

- Der Senf ist für seine Fähigkeit zu schneller Entwicklung und Stickstoffaufnahme bekannt. Bei Temperaturen unter -5°C friert er jedoch ab.
- Roggen gilt als robust, deckt schnell den Boden und friert nicht ab.

Wie bei den Untersaaten entscheidet auch hier der Witterungsverlauf nach der Aussaat über das Gelingen. Im übrigen erscheint eine leichte, oberflächliche Bodenbearbeitung unerlässlich für den Aufgang feinkörniger Saaten.

Wenn die Saat gelingt und der Bestand eine gewisse Biomasse entwickelt (Senf und Roggen 1998), sind die Leistungen bezüglich Stickstoffaufnahme mit denen einer Weidelgras-Untersaat vergleichbar. Es wurden etwa 20 kg N/ha aufgenommen und der Auswaschung im November entzogen (s. Abb. 9).

**Abb. 9: Nitratgehalte im Boden unter zwei Zwischenfrüchten nach einer frühen Maisernte (September)**  
Rouffach 1998/99



#### Lehren der verschiedenen Alternativen:

Es sieht so aus, als ob nach einer frühen Maisernte Ende September der Boden wieder mineralisiert und Nitrat produziert, das ausgewaschen werden kann. Dieser Anstieg des Bodennitratgehalts im Oktober findet unter einer gelungenen Zwischenfrucht nicht statt. Der Nitratgehalt zu Beginn des Wachstums der Zwischenfrucht ist mit 20 - 30 kg N/ha dennoch gering, ebenso wie der Unterschied zwischen bedecktem und unbedecktem Boden in Höhe von 15 - 20 kg N/ha.

Unter kontinentalen Klimaverhältnissen mit frühem Frost ist Senf oder eine andere abfrierende Art nicht so interessant. Der frühe Pflügetermin Ende November - Anfang Dezember stellt eine weitere Grenze der Entwicklung auch für nicht abfrierende Zwischenfrüchte dar.

Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet darf man nicht vergessen, daß die Ansaat einer Zwischenfrucht Kosten verursacht: Saatgut, flache Bodenbearbeitung, Anpassung der Unkrautbekämpfung, frühere Ernte, ...

Außerdem kann es durch die nicht gehäckselten Maisstrünke und die Einarbeitung als Gründüngung zu derzeit noch unbekanntem und nicht meßbaren landbaulichen Konsequenzen kommen.

#### Schlußfolgerung

Unser Versuch des Anbaus einer Zwischenfrucht zwischen 2 Körnermaiskulturen nach zweierlei Verfahren (Untersaat und Stoppelsaat) hat sich in mehrfacher Hinsicht als wenig fruchtbar erwiesen.

Beide Verfahren weisen unter den untersuchten Rahmenbedingungen Risiken und zahlreiche Begrenzungen auf:

- bei Körnermais in Monokultur ohne Einsatz von Wirtschaftsdüngern, mit Pflug im Herbst und semi-kontinentalem Klima einerseits
- bei Silomais in Monokultur mit Einsatz von Wirtschaftsdüngern, verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren in semi-kontinentalem Klima mit Höheneinfluß andererseits.

Mehrere Faktoren haben Einfluß auf den Erfolg: Eine angepaßte Unkrautbekämpfung (bei Untersaat), eine frühe Maisernte und vor allem günstige Witterungsbedingungen. Die Wahl der Pflanzenart beschränkt sich auf Arten mit unproblematischem Aufgang und schnellem Wachstum wie Gräser (Weidelgras, Roggen) oder Kreuzblütler (Senf), da die verfügbare Vegetationszeit sehr kurz ist (Ende September bis Anfang Dezember). Aus wirtschaftlichen Gründen darf das Saatgut außerdem nicht zu teuer sein.

Wenn die Erstellung eines Zwischenfruchtbestandes gelingt, lassen die Ergebnisse des Jahres 1998 für eine Situation mit einigermaßen korrekter Maisdüngung folgendes erkennen:

- Das Niveau der Nitratgehalte im Boden liegt nach der Maisernte bei 20-40 kg N/ha relativ niedrig.
- Zwischen der Maisernte und dem Umbruchzeitpunkt der Zwischenfrucht liegt der Nitratgehalt des Bodens mit Zwischenfrucht um etwa 20 kg N/ha unter demjenigen ohne Zwischenfrucht. Untersaat und Stoppelsaat sind dabei gleichwertig.
- Die Trockenmasseproduktion der Zwischenfrucht (3 - 10 dt/ha) sowie die Stickstoffaufnahme in deren oberirdischen Teilen (6 - 20 kg/ha) sind gering.

Sofern die Stickstoffdüngung des Mais richtig bemessen ist, macht der Anbau einer Zwischenfrucht nicht sehr viel Sinn. Die Situation des Versuchsstandortes (Agrargymnasium Rouffach) entspricht jedoch nicht unbedingt der allgemeinen Lage im Elsaß. Außerdem ist die Gefahr der Auswaschung über Winter nicht auf jedem Boden gleich.

Diese Verfahren können jedenfalls dazu beitragen, die Gefahren in gewissen Situationen zu vermindern. Sie stellen jedoch keine 'Vollkaskoversicherung' dar und sind auf keinen Fall verallgemeinerbar.

Für den Hauptteil der elsässischen Körnermaisfläche mit Ernte im Oktober sind sie als problematisch zu betrachten. Die Gefahr des Mißerfolges von Untersaaten ist erhöht und der Effekt als Nitratsammler im Herbst ist im Allgemeinen gering.

In Anbetracht der ökonomischen und landbaulichen Erfordernisse erscheint es als wenig wahrscheinlich, daß die französischen Landwirte dieses Verfahren spontan aufgreifen, zumal die Leistungen bescheiden sind.

Unter bestimmten Umständen, beispielsweise in Trinkwassereinzugsgebieten, kann der Anbau von Zwischenfrüchten dennoch angezeigt sein.

Was den Problemkreis Tierhaltung und Silomais im Dreisamtal angeht, sieht es ebenfalls so aus, daß wenn die Düngung mit Wirtschafts- und Mineraldüngern richtig bemessen ist, der Effekt einer Untersaat mäßig ist. Dort gilt aber ebenfalls, daß die Versuche auf Flächen von Betrieben lagen, die nicht unbedingt repräsentativ für alle Tierhaltungsgebiete in Baden-Württemberg sind.

Im Gegensatz zu Frankreich gibt es in Baden-Württemberg (außerhalb von Wasserschutzgebieten) jedoch Anreize durch Ausgleichszahlungen für den herbstlichen Zwischenfruchtanbau im Rahmen des MEKA (Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich).

Wie die Versuche belegen, ist der Erfolg dieser Verfahren auch bei den Landwirten, die sie anwenden unsicher. Es gibt jedoch auch keinen wirklichen Erfolgszwang für gute Ergebnisse der Zwischenfrucht. Das Hauptziel ist, im November nicht mehr als 45 kg/ha Nitratstickstoff im Boden zu haben. Für den Landwirt bleibt der Erfolg im Maisanbau wichtiger als der Erfolg der Weidelgrasuntersaat.

## **ANHANG ZUM TEILTHEMA 1:**

### **Anhang 1: Plan der Zwischenfruchtversuche zwischen Weizen und Mais im Elsass**

Auf einem Schlag mit Boden von mittlerer Durchlässigkeit, der mit Getreide bestellt war und im Jahr 1997 mit Mais bestellt werden soll, werden nach der Getreideernte und Strohber-

- gung drei Streifen mit folgenden Behandlungen angelegt:
- ohne Mistgabe (Doppelstreifen),
  - mittlere Mistgabe (40 t/ha) Anfang August,
  - stärkere Mistgabe (80 t/ha) Anfang August.

Der Mist wird im Zuge der Stoppelbearbeitung Anfang August oberflächlich eingearbeitet. Diese Bearbeitung wird auch auf der Parzelle ohne Mist durchgeführt.

Nach dem 1. September wird der Doppelstreifen 'ohne Mistgabe' geteilt und auf einer Hälfte wird eine mittlere Mistgabe (40 t/ha) ausgebracht (- mittlere Mistgabe (40 t/ha) September). Quer zu den Streifen der Mistausbringung legt man drei weitere Streifen an:

- unbedeckter Boden: die Parzelle wird durch eine zweite Stoppelbearbeitung ausgangs Sommers sauber gehalten,
- Auflaufgetreide: auflaufendes Getreide und Unkraut werden bis zum Pflügen nicht zerstört,
- Senf: gegen 20 August wird Senf ausgesät, der bis zum 1. Dezember erhalten bleibt.

#### **Messungen und Bonituren:**

- Mistuntersuchung: Gesamtstickstoffgehalt und C/N-Verhältnis
- Wiegung der Miststreuer bei der Ausbringung
- Nmin-Untersuchungen des Bodens
  - nach der Getreideernte (1 Probe)
  - beim Auflaufen des Senfs (Anf. Sept.) auf den 3 eingesäten Varianten (3 Proben)
  - Anfang-Mitte November in allen Varianten (11 Proben)
  - Mitte März in allen Varianten (11 Proben)
- Ermittlung von Ertrag und Stickstoffaufnahme der Zwischenfrucht. Dies soll so erfolgen, daß sich eine Kurve des Wachstumsverlaufs und der Stickstoffaufnahme erstellen läßt. Die Feststellungen werden zu vier Zeitpunkten getroffen, entsprechend etwa 1 t, 2 - 2,5 t, 4 t TM/ha und vor der Einarbeitung. Dabei dürfte die erste Erhebung in der 3. Septemberdekade und die weiteren im Abstand von jeweils zwei Wochen stattfinden.
- Ergänzende Feststellungen bei den Ertragsermittlungen;  
Auf jeden Fall sollten die Bestände zum Zeitpunkt der Ertragsermittlung fotografiert werden. Neben die Kultur einen (Meter-)Maßstab stellen!  
Aufschrieb der Termine bestimmter Entwicklungsstadien: Blüte, Bildung der Schoten, ...

Im Folgejahr wird auf allen Varianten Mais ohne Stickstoffdüngung angebaut, um den Effekt der Mistgabe bzw. der Senfzwischenfrucht auf die Stickstoffversorgung des Mais zu ermitteln.

Dieser Versuch wird vom Beratungsdienst der Landwirtschaftskammer des Unterelsass durchgeführt.

## Anhang 2 – Angaben zu den elsässischen Versuchsstandorten

<b>Standort</b>	<b>Elsenheim 1996/97</b>	<b>Mussig 1997/98</b>
Bodentyp	steiniges braunes Ried	schwarzes steiniges Ried
<b>Bodenuntersuchungsergebnisse</b>		
Ton	30 %	30 %
Schluff	32 %	28 %
Sand	31 %	35 %
Organ. Subst..		6,1 %
Steingehalt	20 %	10 à 30 %
<b>Untersuchungsergebnisse des ausgebrachten Mists</b>		
Trockensubstanzgehalt	38,1 %	20,6 %
kg Nges. / t Frischmasse	5,64	5,46
kg NH4-N / t Frischmasse	0,17	0,11
Termin der August-Mistgabe	08/08/96	19/08/97
Termin der Senfaussaaf	14/08/96	25/08/97
Termin der September-Mistgabe	11/09/96	25/09/97
Pflügetermin	15/11/96	15/11/97
Termine der Aufwuchsmessungen	25/09/96	19/09/97
	09/10/96	09/10/97
	22/10/96	29/10/97
	14/11/96	13/11/97
Termine der Nmin-Beprobungen	11/07/96	22/08/97
	10/08/96	17/09/97
	12/09/96	20/11/97
	14/11/96	16/02/98
	27/02/97	

### Anhang 3 – Plan des Versuchsnetzwerks im Elsass 1998

Um die Beobachtungen der Jahre 1996 und 1997 zu verallgemeinern, wurde der Versuchsplan für das Jahr 1998 abgeändert.

Die beiden ersten Versuchsjahre haben gezeigt, daß der Boden unter Zwischenfrucht zum Zeitpunkt deren Einarbeitung nur sehr wenig Nitrat enthält. Um dies zu überprüfen, haben wir den Nitratgehalt des Bodens auf Schlägen, die im Juli oder August Wirtschaftsdünger erhalten haben und mit Zwischenfrucht bestellt waren, kurz vor dem Beginn der Grundwasserneubildungsphase gemessen.

Es geht darum:

- Viehhaltende Betriebe ausfindig zu machen, in denen auf die Getreidestoppel im Juli oder August Mist oder Gülle ausgebracht wurde und die eine Zwischenfrucht ausgesät haben;
- Mitte November das Bodenprofil dieser Parzellen auf den Nitratgehalt zu untersuchen;
- eventuell im selben Betrieb auf einem anderen Schlag mit ähnlichen Eigenschaften (Boden und Bewirtschaftung), der nach dem 1. September mit Mist oder Gülle gedüngt wurde und auf dem keine Zwischenfrucht angebaut wurde, dieselben Messungen vorzunehmen;
- den Aufwuchs der Zwischenfrucht sowie deren Trockensubstanzgehalt und Stickstoffgehalt zu messen, um die Stickstoffaufnahme bestimmen zu können;
- beide Schläge gegen Ende Februar nochmals auf Nmin untersuchen.

Zusammenfassende Übersicht des Versuchsplans

<b>Massnahme</b>	<b>Parzelle mit Zwischenfrucht</b>	<b>Parzelle ohne Zwischenfrucht</b>
Wahl der Parzellen	vergleichbar hinsichtlich Boden und Anbausystem (Vorfrucht, Wirtschaftsdüngereinsatz)	
Datum der Wirtschaftsdünger ausbringung	vor dem 01. September	nach dem 01. September
Zwischenfrucht	ja	nein
<b>Bestimmung des Bodentyps</b>	<b>ja (mit ARAA)</b>	<b>ja (mit ARAA)</b>
<b>Nmin-Profil Mitte November</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>
<b>Nmin-Profil Ende Februar</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>
Bestimmung der Stickstoff aufnahme der Zwischenfrucht	fakultativ	-

## Anhang 4 - Plan der Versuche in Baden-Württemberg

Mit dem Ziel, ergänzende Daten über den Effekt unterschiedlicher Umbruchtermine der Zwischenfrucht zu gewinnen, wurden Versuche gemäß folgendem Plan angelegt:

1. Art der Zwischenfrucht
  - Senf (abfrierend)
  - Winterrübsen (winterfest)
  - Ausfallgetreide mit Bodenbearbeitung
  - Ausfallgetreide ohne Bodenbearbeitung
2. Umbruchtermin
  - im Winter, nach dem 15.11.1997
  - im Frühjahr, im März 1998
  - kein Umbruch (Mais-Direktsaat)

Die Zwischenfrüchte wurden nach Winterweizen und vor Körnermais in Steinenstadt und Efringen-Kirchen in 4-facher Wiederholung ausgesät. Die Messungen erstreckten sich auf die Messungen der Nmin-Gehalte des Bodens, die Trockenmasseerträge sowie die Stickstoffaufnahme im Aufwuchs der Zwischenfrüchte.

### Standortbeschreibung und Anbaudaten

	Efringen-Kirchen	Steinenstadt
<b>Boden</b>	sL	uL
Ton %	19,0	25,8
Schluff %	47,4	51,6
Sand %	33,6	22,6
pH-Wert	6,3* (C)	5,9 (A)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25 (C)	16 (B)
K <sub>2</sub> O	30 (C)	33 (C)
Mg	7 (B)	10 (B)
Humus	2,5	2,4
Gesamt-N	0,13	0,13
C/N	11,2	10,7
<b>Vorfrucht Winterweizen</b>		
N-Düngung	ca. 140 kg N/ha	ca. 90 kg N/ha
Ertrag	70 dt/ha	65 dt/ha
Ernte WW	28.07.	01.08.
Stroh abgefahren	31.07.	05.08.
<b>Anbaudaten Zwischenfrucht</b>		
Kalkung	13.08.*	
Bodenbearbeitung	15.08.	09.08.
-Tiefe	9 - 11 cm	10 - 13 cm
Aussaat	18.08.	11.08.
Auflaufen	ab 25.08.	ab 15.08
Probeschnitte Herbst	15.10.; 18.11.; 12.12.97	16.10.; 19.11.97
Herbstumbuch	17.12.97	27.11.97
Frühjahrsumbruch	28.03.98	29.04.98
Probeschnitt Frühjahr	03.04.98	02.04.98
<b>Anbaudaten Körnermais</b>		
Aussaat	06.05.98	06.05.98
Auflaufen	ab 13.05.98	ab 14.05.98
Düngung		
Thomaskali (10/8/15/6)	30.04.98, 10 dt/ha	30.04.98, 13 dt/ha
KAS, 1. Gabe	04.06.98, 100 kg N/ha	04.06.98, 100 kg N/ha
KAS, 2. Gabe	17.06.98 N-Menge abh.von Nmin-Wert	
Herbizidbehandlung	22.05.98/18.06.98	18.06.98
Ernte	15.10.98	13.10.98

\* Kalkung mit kohlensaurem Mg-Kalk 28 dt/ha (80% CaO, 10% Mg)

## ANHANG 5 – Daten aus dem Versuch von Eisenheim (1996/97)

### 5.1 - Messergebnisse bei Senf

Variante	Datum	TM-Gehalt	TM-Ertrag (t/ha)	N-Gehalt	N-Aufnahme im Sproß (kg N/ha)
Senf	25/09	16,48 %	<b>2,04</b>	2,39 %	<b>49</b>
	09/10	20,99 %	<b>2,67</b>	2,21 %	<b>59</b>
	22/10	21,86 %	<b>4,14</b>	1,91 %	<b>79</b>
	14/11	24,84 %	<b>3,99</b>	1,56 %	<b>62</b>
Senf + 40 t/ha Mist	25/09	15,97 %	<b>2,10</b>	3,09 %	<b>65</b>
	09/10	16,67 %	<b>3,38</b>	2,45 %	<b>83</b>
	22/10	17,92 %	<b>3,48</b>	1,98 %	<b>69</b>
	14/11	22,68 %	<b>5,26</b>	1,65 %	<b>87</b>
Senf +80 t/ha Mist	25/09	13,75 %	<b>1,74</b>	3,53 %	<b>61</b>
	09/10	13,41 %	<b>2,98</b>	3,17 %	<b>94</b>
	22/10	16,10 %	<b>3,90</b>	2,36 %	<b>92</b>
	14/11	16,84 %	<b>5,32</b>	1,96 %	<b>104</b>

### 5.2 - Messergebnisse beim Boden

Variante	Datum	NO3-Gehalt (kg N/ha)	NH4-Gehalt (kg N/ha)	Nmin-Gehalt (kg N/ha)	NO3-Gehalt 0-30 cm	NO3-Gehalt 30-60 cm
Alle	11/07	<b>6</b>			3	3
	10/08	<b>114</b>			68	46
Senf	12/09	<b>45</b>	12	57	22	23
	14/11	<b>10</b>	8	18	4	6
	27/02	<b>43</b>	11	54	20	23
Senf + 40 t/ha Mist	12/09	<b>57</b>	12	69	39	18
	14/11	<b>10</b>	9	19	6	4
	27/02	<b>119</b>	55	174	94	25
Senf + 80 t/ha Mist	12/09	<b>128</b>	21	149	97	31
	14/11	<b>7</b>	10	17	4	3
	27/02	<b>80</b>	22	102	35	45
unbedeckter Boden	14/11	<b>115</b>	7	122	56	59
	27/02	<b>36</b>	8	44	19	17
unbedeckter B. + 40 t/ha Mist	14/11	<b>128</b>	17	145	47	82
	27/02	<b>52</b>	9	61	24	28
unbedeckter B. + 80 t/ha Mist	14/11	<b>93</b>	12	105	49	44
	27/02	<b>64</b>	14	78	31	34
unbedeckter B. + 40t Mist Sept.	14/11	<b>197</b>	15	212	93	104
	27/02	<b>40</b>	12	52	17	23
Senf + 40t Mist Sept.	14/11	<b>7</b>	10	17	3	4
	27/02	<b>73</b>	15	88	26	47

## Anhang 6 – Daten aus dem Versuch von Mussig (1997)

### 6.1 – Messungen an Senf-Zwischenfrucht – Mussig 1997

Variante	Datum	TM-Gehalt	TM-Ertrag (t/ha)	N-Gehalt	N-Aufnahme im Sproß (kg N/ha)
Senf	19/09/97	8,10	<b>0,39</b>	5,08	<b>20</b>
	09/10/97	16,15	<b>2,50</b>	2,25	<b>56</b>
	29/10/97	17,75	<b>3,10</b>	2,09	<b>65</b>
	13/11/97	16,15	<b>2,75</b>	1,94	<b>54</b>
Senf + 40 t/ha Mist	19/09/97	9,00	<b>0,43</b>	5,00	<b>21</b>
	09/10/97	14,70	<b>2,05</b>	2,39	<b>49</b>
	29/10/97	16,95	<b>2,80</b>	2,00	<b>55</b>
	13/11/97	15,90	<b>2,25</b>	2,31	<b>52</b>
Senf +80 t/ha Mist	19/09/97	9,85	<b>0,45</b>	4,64	<b>21</b>
	09/10/97	14,90	<b>2,00</b>	2,43	<b>48</b>
	29/10/97	17,15	<b>2,50</b>	2,00	<b>50</b>
	13/11/97	16,20	<b>2,15</b>	2,17	<b>46</b>
Senf + 40t Mist im September	19/09/97	8,10	<b>0,39</b>	5,08	<b>20</b>
	09/10/97	13,30	<b>1,75</b>	2,86	<b>50</b>
	29/10/97	15,70	<b>2,70</b>	2,29	<b>62</b>
	13/11/97	14,40	<b>2,65</b>	2,42	<b>64</b>

### 6.2 – Messungen des Bodens - MUSSIG 1997/98

Variante	Datum	NO3-Gehalt (kg N/ha)	NH4-Gehalt (kg N/ha)	Nmin-Gehalt (kg N/ha)	NO3-Gehalt 0-30 cm	NO3-Gehalt 30-60 cm
Alle	22/08/97	<b>50</b>	13	63	36	14
Senf	17/09/97	<b>69</b>	11	80	40	29
	20/11/97	<b>14</b>	13	27	9	5
	16/02/98	<b>88</b>	8	96	51	37
Senf + 40t Mist	17/09/97	<b>47</b>	11	58	38	9
	20/11/97	<b>11</b>	21	32	9	2
	16/02/98	<b>107</b>	10	117	76	31
Senf + 80t Mist	17/09/97	<b>31</b>	10	41	23	8
	20/11/97	<b>10</b>	20	31	7	3
	16/02/98	<b>106</b>	17	123	52	54
Senf + 40t Sept.	17/09/97	<b>69</b>	11	80	40	29
	20/11/97	<b>28</b>	16	44	10	18
	16/02/98	<b>120</b>	11	131	52	68
unbedeckter Boden	17/09/97	<b>118</b>	11	129	82	36
	20/11/97	<b>80</b>	13	93	48	32
	16/02/98	<b>148</b>	9	157	65	83
unbedeckter Boden+40t	17/09/97	<b>73</b>	12	85	48	25
	20/11/97	<b>122</b>	12	134	88	34
	16/02/98	<b>121</b>	9	130	58	63
unbedeckter Boden+80t	17/09/97	<b>69</b>	10	79	51	18
	20/11/97	<b>85</b>	18	102	42	43
	16/02/98	<b>143</b>	9	152	66	77
unbedeckter Boden +40t Sept	17/09/97	<b>118</b>	11	129	82	36
	20/11/97	<b>55</b>	15	70	53	2
	16/02/98	<b>128</b>	8	136	56	72

Anhang 7 – Angaben zum Netz der Beobachtungspartellen 1998 (F - 1998/99)

Versuch N°	Landwirt	Gemeinde	Bodentyp	Schlag		Wirtschaftsdüngerausbringung 1998			Zwischenfrucht				
				Kultur	Ertrag (dt/ha)	N-Düng 98	Wirtschd. 98	Termin	Art	Menge (t/ha)	Art	Saat-termin	Saat-stärke
98-01	Gangloff	Bietlenheim	tiefgründ. Lehm	WW	85	120	JA	Ende Aug	MIST	80	Senf	End Aug	10
98-02	Weibel	Hochstett	tiefgründ. Lehm	WW	85	130	Nein				Senf	End Aug	7
98-02 Av	Weibel	Hochstett	tiefgründ. Lehm	WW	85	130	JA	August	MIST	60	Senf	End Aug	7
98-02Ss	Weibel	Hochstett	tiefgründ. Lehm	WW	85	130	JA	Herbst	MIST	70			
98-03	Schwartz	Hochstett	tiefgründ. Lehm	WW	90	90	JA	August	MIST	80	Senf	End Aug	10
98-04 Av	Schwartz	Hochstett	tiefgründ. Lehm	WW	90	90	JA	August	MIST	80	Senf	End Aug	10
98-04Ss	Schwartz	Hochstett	tiefgründ. Lehm	WW	90	90	JA	August	MIST	80			
98-05Av	Gerber	Sundhouse	tonig-lehmig	WW	80	130	JA	25/08/98	MIST	50	Senf	25/08/98	10
98-05Ss	Gerber	Sundhouse	tonig-lehmig	WW	80	130	JA	August	MIST	50			
98-06	Gerber	Sundhouse	tonig-lehmig	WW	80	130	JA	Sept	MIST	50			
98-07a	Kientz	Ebersheim	graues Ried	WW			JA		MIST	40	Senf	28/08/98	5
98-07b	Kientz	Ebersheim	graues Ried	WW			JA		MIST	40	Senf	28/08/98	10
98-08a	Herrmann	Witternheim	graues Ried	WW			JA	02/08/98	MIST	50	Phacelia		5
98-08b	Herrmann	Witternheim	graues Ried	WW			JA	02/08/98	MIST	50	Senf		5
98-08c	Herrmann	Witternheim	graues Ried	WW			JA	02/08/98	MIST	50	Senf		10
98-08d	Herrmann	Witternheim	graues Ried	WW			JA	02/08/98	MIST	50	Ausfall-weizen		
98-09Av	Kempf	Ebersheim	stL	WW			JA		MIST	40	Senf		8
98-09Ss	Kempf	Ebersheim	stL	WW			JA		MIST	40			
98-10	Schwoob	Geispolsheim	Loess	WW	70	52	JA	10/08/98	MIST	60	Senf	28/08/98	12
98-11	Schwoob	Geispolsheim	Lehm	WW	70	118	JA				Senf	25/08/98	12
98-12	Ludwig	Bindernheim	Ton	WW			JA	25/07/98	MIST	40	Senf	27/07/98	8
98-13	GAEC Patu-rage	Ebersheim	stL	WW			JA		MIST	40	Senf	05/08/98	

## Anhang 7 – Angaben zum Netz der Beobachtungspartzellen 1998 (F - 1998/99)

Versuch N°	Erntedatum	Höhe	TM-Gehalt	Aufwuchs	N-Gehalt	N-Aufnahme	Winterbeg.	Nmin-Gehalt	im Boden zu Beginn	(REH)	und Ende	Mesures N sol entrée et sortie hiver (kg N/ha)						
												0-30	30-60	60-90	RSH			
N°essai	Date récolte	Hauteur	Teneur MS	Biomasse	t/ha	Teneur N	N absorbé	kg N/ha	Date EH	0-30	30-60	60-90	RSH					
98-01	23-nov	100	14,7	2,2	2,89	2,89	64	8	déc-98	8	5	3	16	04/05/99	61	44	47	152
98-02	17-nov	100	16,4	4,1	2,26	2,26	92	6	déc-98	6	2	2	10	04/05/99	47	27	23	97
98-02 Av	23-nov	80	17,4	3,7	2,81	2,81	105	11	déc-98	11	2	1	14	04/05/99	113	46	43	202
98-02Ss								40	déc-98	40	29	29	98	04/05/99	43	38	35	116
98-03	17-nov	140	14,3	6,3	2,90	2,90	182	9	déc-98	9	17	32	58	04/05/99	62	58	62	182
98-04 Av	17-nov	140	12,6	5,3	2,90	2,90	155	14	déc-98	14	6	4	24	04/05/99	62	58	62	182
98-04Ss								59	déc-98	59	37	40	136	04/05/99	66	88	68	222
98-05Av	16-nov	80	10,4	2,6	3,10	3,10	81	16	20/11/98	16	4	2	22	23/03/99	21	61	57	139
98-05Ss								21	20/11/98	21	59	37	117	23/03/99	20	40	51	111
98-06								15	20/11/98	15	31	23	69	23/03/99	22	35	28	85
98-07a	06-nov	75	8,8	1,8	3,72	3,72	65	26	20/11/98	26	10		36	23/03/99	22	20		42
98-07b	06-nov	75	10,2	2,0	3,14	3,14	63	15	20/11/98	15	8		23	23/03/99	16	21		37
98-08a	06-nov	40	7,9	2,0	2,72	2,72	54	11	20/11/98	11	2	2	15	23/03/99	23	48	25	96
98-08b	06-nov	130	15,1	3,5	2,21	2,21	78	10	20/11/98	10	3	1	14	23/03/99	22	28	17	67
98-08c	06-nov	100	17,6	3,0	1,93	1,93	58	12	20/11/98	12	2	0	14	23/03/99	19	68	35	122
98-08d	06-nov	30	18,0	1,9	2,39	2,39	45	17	20/11/98	17	2	1	20					0
98-09Av		85						24	20/11/98	24	13	13	50	23/03/99	18	21	37	76
98-09Ss								33	20/11/98	33	42	29	104	23/03/99	17	14	31	62
98-10	13-nov	100	11,1	3,4	3,65	3,65	124	15	20/11/98	15	4	4	23	23/03/99	14	17	16	47
98-11	13-nov	35	16,6	1,5	2,29	2,29	34	5	20/11/98	5	3	2	10					
98-12	16-nov	165	17,5	5,9	1,93	1,93	114	14	20/11/98	14	6	3	23	23/03/99	18	29	12	59
98-13	13-nov	165	13,0	4,8	2,94	2,94	140	13	20/11/98	13	5	2	20	23/03/99	20	52	35	107

## Anhang 8 – Daten des Versuchs von Efringen-Kirchen (1997/98)

### Trockenmasseerträge und Stickstoffaufnahme der Zwischenfrüchte, Standort Efringen-Kirchen

Mittelwert aus 4 Wiederholungen

	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)	N-Gehalt (%)	N-Aufnahme (kg N/ha)
<b>Oktober 97</b>					
Senf	234,50	13,79	32,40		
Rübsen	229,00	10,68	24,29		
nur Bodenbearb.	37,50	16,52	6,02		
ohne Bodenbearb.	87,25	14,79	12,89		
<b>November 97</b>					
Senf	119,50	28,54	33,65	1,70	58,22
Rübsen	165,25	15,88	25,78	1,35	35,24
nur Bodenbearb.	36,50	29,31	10,73	2,80	29,70
ohne Bodenbearb.	45,75	36,00	16,41	1,95	31,62
<b>Dezember 97</b>					
Senf	37,25	40,55	15,40	1,16	16,16
Rübsen	119,50	13,22	15,75	1,87	28,89
nur Bodenbearb.	19,00	29,90	5,26	3,06	16,02
ohne Bodenbearb.	20,25	33,36	6,84	1,70	10,77
<b>April 98</b>					
Senf	27,87	42,85	11,91	1,54	18,46
Rübsen	186,13	11,09	20,46	2,51	50,99
nur Bodenbearb.	45,89	24,64	11,28	2,07	23,54
ohne Bodenbearb.	40,57	27,95	11,32	2,57	29,39

## N<sub>min</sub>-Werte am Standort Efringen-Kirchen von der Zwischenfruchtaussaat bis zur Maissaat

Mittelwert aus 4 Wiederholungen

Variante	Senf				Rüben				nur Bodenbearbeitung				ohne Bodenbearbeitung				
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	
20.08.97	25	2	2	<b>29</b>	25	2	2	<b>29</b>	25	2	2	<b>29</b>	25	2	2	<b>29</b>	
16.09.97	H																
	F																
	D	11	17	6	<b>33</b>	9	18	6	<b>33</b>	31	25	8	<b>64</b>	13	18	6	<b>36</b>
15.10.97	H																
	F																
	D	1	0	1	<b>2</b>	1	0	2	<b>3</b>	7	16	7	<b>29</b>	6	9	8	<b>23</b>
17.11.97	H																
	F																
	D	4	3	2	<b>9</b>	1	1	2	<b>4</b>	5	10	8	<b>23</b>	6	11	7	<b>24</b>
12.12.97	H																
	F																
	D	5	5	3	<b>12</b>	2	1	2	<b>5</b>	3	5	6	<b>14</b>	3	5	6	<b>13</b>
15.01.98	H																
	F																
	D	5	7	4	<b>16</b>	2	2	1	<b>4</b>	2	4	3	<b>8</b>	3	5	6	<b>14</b>
17.02.98	H																
	F																
	D	8	6	6	<b>19</b>	2	1	2	<b>5</b>	2	1	2	<b>5</b>	6	4	4	<b>14</b>
10.03.98	H																
	F																
	D	8	9	7	<b>23</b>	3	4	3	<b>10</b>	2	3	3	<b>7</b>	4	5	6	<b>15</b>
15.04.98	H																
	F																
	D	4	10	11	<b>24</b>	2	2	1	<b>5</b>	2	2	2	<b>5</b>	2	2	2	<b>6</b>
20.05.98	H																
	F																
	D	7	3	4	<b>14</b>	8	2	2	<b>12</b>	5	2	2	<b>9</b>	6	2	2	<b>10</b>

H = Herbstumbruch

F = Frühjahrsumbruch

D = Direktsaat Mais (ohne Umbruch)

## N<sub>min</sub>-Werte am Standort Efringen-Kirchen nach der Körnermaisernte

Mittelwert aus 2 Wiederholungen

Variante	Senf				Rüben				nur Bodenbearbeitung				ohne Bodenbearbeitung				
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90 cm</b>	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90 cm</b>	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90 cm</b>	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90 cm</b>	
<b>ohne N-Düngung</b>																	
16.10.98	H	5	4	2	<b>11</b>	8	6	4	<b>17</b>	5	4	3	<b>11</b>	4	4	2	<b>9</b>
	F	5	4	3	<b>11</b>	8	6	3	<b>16</b>	5	3	1	<b>9</b>	2	2	2	<b>6</b>
	D	7	12	8	<b>27</b>	10	11	5	<b>26</b>	8	11	6	<b>24</b>	4	5	3	<b>11</b>
20.11.98	H	2	5	3	<b>10</b>	7	11	5	<b>23</b>	3	7	5	<b>14</b>	3	7	3	<b>12</b>
	F	5	5	4	<b>14</b>	8	10	5	<b>22</b>	4	6	4	<b>14</b>	4	6	4	<b>13</b>
	D	2	4	3	<b>9</b>	5	6	3	<b>13</b>	2	4	4	<b>10</b>	2	4	3	<b>8</b>
02.12.98	H	7	7	5	<b>18</b>	9	11	7	<b>26</b>	8	10	8	<b>25</b>	7	10	6	<b>23</b>
	F	5	5	3	<b>12</b>	7	8	5	<b>20</b>	5	7	5	<b>16</b>	5	7	4	<b>16</b>
	D	3	3	3	<b>8</b>	6	8	6	<b>19</b>	3	7	7	<b>17</b>	3	5	5	<b>13</b>
<b>mit N-Düngung</b>																	
16.10.98	H	34	29	10	<b>72</b>	34	36	11	<b>80</b>	43	42	16	<b>101</b>	14	18	10	<b>42</b>
	F	22	30	12	<b>63</b>	30	42	17	<b>88</b>	22	23	9	<b>54</b>	21	20	8	<b>48</b>
	D	42	73	36	<b>150</b>	47	77	28	<b>152</b>	58	79	34	<b>170</b>	68	88	29	<b>185</b>
20.11.98	H	11	21	12	<b>44</b>	14	35	13	<b>61</b>	5	19	12	<b>36</b>	5	16	8	<b>29</b>
	F	10	20	12	<b>41</b>	12	23	16	<b>50</b>	9	13	10	<b>32</b>	9	13	9	<b>30</b>
	D	15	35	41	<b>91</b>	32	50	26	<b>108</b>	13	33	38	<b>84</b>	18	43	36	<b>96</b>
02.12.98	H	19	42	25	<b>85</b>	35	70	24	<b>128</b>	22	49	21	<b>92</b>	15	29	21	<b>65</b>
	F	10	21	23	<b>53</b>	14	31	24	<b>69</b>	13	21	13	<b>47</b>	12	28	23	<b>63</b>
	D	11	26	28	<b>64</b>	18	44	46	<b>107</b>	14	53	49	<b>116</b>	17	51	49	<b>116</b>

H = Herbstumbruch

F = Frühjahrsumbruch

D = Direktsaat Mais (ohne Umbruch)

## Trockenmasseerträge und Stickstoffaufnahme der Nullparzellen im Körnermais, Standort Efringen-Kirchen

Mittelwert aus 2 Wiederholungen

Variante	Restpflanze			Korn			Ganzpflanze	
	TM (dt/ha)	N-Gehalt (%)	N-Aufnahme (kg N/ha)	TM (dt/ha)	N-Gehalt (%)	N-Aufnahme (kg N/ha)	N-Aufnahme (kg N/ha)	+10% für Wurzel
Senf								
H	73,81	0,65	<b>47,51</b>	67,23	1,07	<b>71,53</b>	<b>119,04</b>	<b>130,94</b>
F	47,61	0,81	<b>34,32</b>	52,65	1,11	<b>57,92</b>	<b>92,23</b>	<b>101,46</b>
D	10,43	1,19	<b>12,40</b>	10,48	1,34	<b>13,92</b>	<b>26,32</b>	<b>28,96</b>
Rübsen								
H	70,25	0,77	<b>54,14</b>	59,22	1,15	<b>68,15</b>	<b>122,28</b>	<b>134,51</b>
F	48,74	0,82	<b>38,67</b>	45,04	1,11	<b>49,80</b>	<b>88,47</b>	<b>97,32</b>
D	26,50	1,02	<b>27,83</b>	37,68	1,25	<b>48,30</b>	<b>76,13</b>	<b>83,74</b>
nur Bodenbearb.								
H	67,78	0,85	<b>57,25</b>	55,54	1,16	<b>64,37</b>	<b>121,62</b>	<b>133,78</b>
F	45,82	0,76	<b>34,38</b>	41,04	1,11	<b>45,29</b>	<b>79,67</b>	<b>87,64</b>
D	14,53	1,08	<b>15,56</b>	18,98	1,26	<b>24,11</b>	<b>39,67</b>	<b>43,63</b>
ohne Bodenbearb.								
H	71,58	0,83	<b>59,27</b>	61,57	1,11	<b>67,93</b>	<b>127,20</b>	<b>139,92</b>
F	51,75	0,77	<b>39,44</b>	47,10	1,15	<b>54,34</b>	<b>93,78</b>	<b>103,16</b>
D	11,83	0,93	<b>10,72</b>	15,41	1,31	<b>20,00</b>	<b>30,73</b>	<b>33,80</b>

H = Herbstumbruch

F = Frühjahrsumbruch

D = Direktsaat Mais (ohne Umbruch)

## Anhang 9 – Daten des Versuchs in Steinenstadt 1997/98

### Trockenmasseerträge und Stickstoffaufnahme der Zwischenfrüchte, Standort Steinenstadt

Mittelwert aus 4 Wiederholungen

	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)	N-Gehalt (%)	N-Aufnahme (kg N/ha)
<b>Oktober 97</b>					
Senf	65,25	23,88	15,74		
Rübsen	60,50	20,12	12,16		
nur Bodenbearb.	25,00	33,15	7,84		
ohne Bodenbearb.	45,75	30,65	14,01		
<b>November 97</b>					
Senf	64,25	32,56	18,59	1,28	24,52
Rübsen	60,25	18,99	11,40	1,43	16,06
nur Bodenbearb.	23,00	38,63	8,76	1,50	12,48
ohne Bodenbearb.	22,75	46,50	10,35	1,18	11,98
<b>April 98</b>					
Senf	13,13	59,75	7,49	1,69	12,75
Rübsen	123,21	12,91	15,52	2,37	36,73
nur Bodenbearb.	24,37	34,55	8,55	2,66	23,39
ohne Bodenbearb.	20,53	41,70	8,53	2,54	21,93

## N<sub>min</sub>-Werte am Standort Steinenstadt von der Zwischenfruchtaussaat bis zur Maissaat

Mittelwert aus 4 Wiederholungen

Variante	Senf				Rübsen				nur Bodenbearbeitung				ohne Bodenbearbeitung			
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90 cm</b>	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90 cm</b>	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90 cm</b>	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90 cm</b>
08.08.97	5	2	1	<b>8</b>	5	2	1	<b>8</b>	5	2	1	<b>8</b>	5	2	1	<b>8</b>
17.09.97	H															
	F															
	D 1	2	2	<b>4</b>	2	2	2	<b>6</b>	11	10	4	<b>25</b>	4	6	3	<b>13</b>
16.10.97	H															
	F															
	D 2	1	1	<b>4</b>	2	1	1	<b>4</b>	5	7	7	<b>18</b>	2	4	3	<b>8</b>
19.11.97	H															
	F															
	D 4	3	2	<b>8</b>	3	2	1	<b>5</b>	6	8	7	<b>20</b>	3	5	4	<b>12</b>
15.12.97	H 5	7	6	<b>17</b>	6	7	7	<b>20</b>	6	6	7	<b>19</b>	5	5	5	<b>16</b>
	F															
	D 2	2	2	<b>6</b>	2	1	1	<b>4</b>	4	6	6	<b>16</b>	3	4	3	<b>10</b>
15.01.98	H 5	6	7	<b>18</b>	4	5	6	<b>15</b>	6	6	7	<b>18</b>	6	6	6	<b>19</b>
	F															
	D 8	9	8	<b>25</b>	7	8	8	<b>23</b>	8	7	10	<b>25</b>	9	10	8	<b>26</b>
18.02.98	H 7	4	3	<b>14</b>	7	4	2	<b>13</b>	8	5	4	<b>17</b>	7	5	4	<b>16</b>
	F															
	D 5	4	3	<b>12</b>	1	1	0	<b>2</b>	4	2	2	<b>8</b>	2	1	1	<b>4</b>
11.03.98	H 5	5	5	<b>15</b>	3	5	3	<b>11</b>	5	6	6	<b>16</b>	5	5	5	<b>15</b>
	F															
	D 3	4	3	<b>9</b>	2	2	1	<b>5</b>	2	2	2	<b>6</b>	2	2	2	<b>6</b>
09.04.98	H 5	7	5	<b>16</b>	3	5	5	<b>13</b>	4	7	6	<b>17</b>	4	6	6	<b>15</b>
	F															
	D 3	4	4	<b>10</b>	2	2	2	<b>5</b>	2	2	2	<b>6</b>	2	2	1	<b>5</b>
20.05.98	H 5	6	5	<b>16</b>	5	7	5	<b>17</b>	5	7	6	<b>18</b>	4	5	5	<b>14</b>
	F 8	3	2	<b>13</b>	9	3	2	<b>14</b>	10	3	2	<b>15</b>	9	3	2	<b>14</b>
	D 4	2	2	<b>7</b>	6	3	2	<b>10</b>	3	3	1	<b>7</b>	3	1	1	<b>6</b>

H = Herbstumbruch  
 F = Frühjahrsumbruch  
 D = Direktsaat Mais (ohne Umbruch)

## N<sub>min</sub>-Werte am Standort Steinstadt nach der Körnermaisernte

Mittelwert aus 2 Wiederholungen

Variante	Senf				Rübsen				nur Bodenbearbeitung				ohne Bodenbearbeitung			
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90</b> <b>cm</b>	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90</b> <b>cm</b>	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90</b> <b>cm</b>	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	<b>0-90</b> <b>cm</b>
<b>ohne N-Düngung</b>																
16.10.98 <b>H</b>	1	1	1	<b>2</b>	1	1	1	<b>3</b>	1	2	1	<b>3</b>	1	2	1	<b>4</b>
<b>F</b>	2	1	1	<b>4</b>	2	2	1	<b>4</b>	2	2	1	<b>4</b>	2	1	1	<b>3</b>
<b>D</b>	7	7	4	<b>17</b>	12	19	11	<b>42</b>	5	7	6	<b>18</b>	6	8	7	<b>20</b>
<b>mit N-Düngung</b>																
16.10.98 <b>H</b>	2	3	2	<b>6</b>	4	4	2	<b>10</b>	3	4	3	<b>9</b>	2	3	2	<b>7</b>
<b>F</b>	14	15	5	<b>34</b>	20	23	7	<b>50</b>	7	6	3	<b>16</b>	11	11	4	<b>26</b>
<b>D</b>	13	22	11	<b>46</b>	20	33	14	<b>66</b>	12	18	9	<b>39</b>	13	21	10	<b>43</b>

H = Herbstumbruch

F = Frühjahrsumbruch

D = Direktsaat Mais (ohne Umbruch)

## Trockenmasseerträge und Stickstoffaufnahme der Nullparzellen im Körnermais, Standort Steinestadt

Mittelwert aus 2 Wiederholungen

Variante	Restpflanze			Korn			Ganzpflanze	
	TM (dt/ha)	N-Gehalt (%)	N-Aufnahme (kg N/ha)	TM (dt/ha)	N-Gehalt (%)	N-Aufnahme (kg N/ha)	N-Aufnahme (kg N/ha)	+10% für Wurzel
Senf								
H	60,47	0,68	<b>41,31</b>	60,68	1,18	<b>71,20</b>	<b>112,51</b>	<b>123,76</b>
F	47,36	0,74	<b>34,94</b>	61,95	1,17	<b>72,22</b>	<b>107,17</b>	<b>117,88</b>
D	2,15	1,26	<b>2,75</b>	2,32	1,54	<b>3,46</b>	<b>6,21</b>	<b>6,83</b>
Rübsen								
H	60,40	0,71	<b>43,00</b>	61,69	1,12	<b>69,51</b>	<b>112,51</b>	<b>123,77</b>
F	56,82	0,82	<b>47,05</b>	62,03	1,20	<b>74,21</b>	<b>121,25</b>	<b>133,38</b>
D	7,49	1,04	<b>7,48</b>	9,83	1,43	<b>13,96</b>	<b>21,44</b>	<b>23,58</b>
nur Bodenbearb.								
H	48,74	0,67	<b>32,80</b>	50,31	1,07	<b>53,57</b>	<b>86,37</b>	<b>95,00</b>
F	59,60	0,76	<b>45,06</b>	47,39	1,12	<b>52,98</b>	<b>98,05</b>	<b>107,85</b>
D	4,49	1,17	<b>5,31</b>	3,22	1,56	<b>4,96</b>	<b>10,27</b>	<b>11,30</b>
ohne Bodenbearb.								
H	34,10	0,73	<b>25,44</b>	45,39	1,13	<b>51,39</b>	<b>76,82</b>	<b>84,50</b>
F	33,46	0,73	<b>24,35</b>	33,11	1,14	<b>37,79</b>	<b>62,14</b>	<b>68,35</b>
D	1,97	1,31	<b>2,47</b>	0,82	1,91	<b>1,56</b>	<b>4,03</b>	<b>4,43</b>

H = Herbstumbruch

F = Frühjahrsumbruch

D = Direktsaat Mais (ohne Umbruch)

## ANHÄNGE ZUM TEILTHEMA 2

### Anhang 1: Niederschläge in Rouffach zwischen 01. September und 30. November in den Jahren 1997 und 1998

Dekade	Niederschläge (mm) 1997	Niederschläge (mm) 1998
01/09 - 10/09	19,1	45,7
11/09 - 20/09	9,5	25,6
21/09 - 30/09	0,0	27,2
01/10 - 10/10	10,2	7,6
11/10 - 20/10	18,2	6,2
21/10 - 31/10	0,0	57,6
01/11 - 10/11	44,3	15,0
11/11 - 20/11	25,0	10,6
21/11 - 30/11	1,7	4,0

### Anhang 2: Durchschnittstemperatur in Rouffach zwischen 01.09. und 30.11.1998 (nach Dekaden)

Dekade	Durchschnittstemperatur (°C)
01/09 - 10/09	18,0
11/09 - 20/09	13,0
21/09 - 30/09	15,1
01/10 - 10/10	10,2
11/10 - 20/10	12,0
21/10 - 31/10	10,6
01/11 - 10/11	8,3
11/11 - 20/11	2,8
21/11 - 30/11	-1,7

### Anhang 3 – Wasserbilanz von Rouffach 1997/98

Die Niederschlags- und Evapotranspirationsdaten stammen von der Wetterstation Rouffach

Nutzbare Feldkapazität = 100 mm

Die nutzbare Feldkapazität am 01.10.1997 wird als leer angenommen

Die nutzbare Feldkapazität am 01.10.1998 wird als halb voll angenommen

Monat	Dekade	Niederschlag (mm)	Evapotranspiration (mm)	Niederschlag – Evapotransp. (mm)	Feldkapazität (mm)	Sickerwasserbildung (mm)
September 97	D1	19	26	-7		
	D2	9.5	23	-13.5		
	D3	0	19.6	-19.6		
	<b>Monat</b>	<b>28.5</b>	<b>68.6</b>	<b>-40.1</b>		
Oktober 97	D1	10.2	19.2	-9	-9	0
	D2	18.2	9.6	-8.6	-18	0
	D3	0	5.5	-5.5	-23	0
	<b>Monat</b>	<b>28.4</b>	<b>34.3</b>	<b>-23.1</b>		
November 97	D1	44.3	4.2	+40.1	+17	0
	D2	25	3.2	+21.8	+39	0
	D3	1.7	2.5	-0.8	+38	0
	<b>Monat</b>	<b>71</b>	<b>9.9</b>	<b>+61.1</b>		
September 98	D1	45.7	22.1	+23.6		
	D2	25.6	18.2	+7.4		
	D3	27.2	16.0	+11.2		
	<b>Monat</b>	<b>98.5</b>	<b>56.3</b>	<b>+42.2</b>		
Oktober 98	D1	7.6	8.9	-1.3	+49	0
	D2	6.2	10.4	-4.2	+45	0
	D3	57.6	14.3	+43.3	+88	0
	<b>Monat</b>	<b>71.4</b>	<b>33.6</b>	<b>37.8</b>		
November 98	D1	15	5.7	+9.3	+97	0
	D2	10.6	4	+6.6	+104	+4
	D3	4	1.7	+2.3	+106	+6
	<b>Monat</b>	<b>29.6</b>	<b>11.4</b>	<b>+18.2</b>		

Im Jahr 1997 wird die Feldkapazität des Bodens nicht mehr aufgefüllt. Da es nicht zur Sickerwasserbildung kommt, wird auch kein Nitrat ausgewaschen.

Im Jahr 1998, unter der Annahme, daß die Feldkapazität am 01.10. halb voll ist, kam es im November zu 6 mm Sickerwasserbildung. Von daher sind die Nitratauswaschungsverluste wohl vernachlässigbar



**Anhang 5 – Nmin-Werte unter verschiedenen Zwischenfrüchten zu verschiedenen Terminen - Rouffach 1997 bis 1999**

Beprobungsdatum 1997/98	Nmin (kg N/ha) 0 – 90 cm		
	unbegrünt	Roggen	Weidelgras
30. Sep	33,4	33,4	38,6
31. Okt	43,1	46,1	25,2
08. Dez	31,9	27,4	22,7
11. Mär	57,1	41,2	

Beprobungsdatum 1998/99	Nmin (kg N/ha) 0 – 90 cm			
	unbegrünt	JD	Roggen	Senf
25. Sep	21,0	25,5	21,0	21,0
02. Nov	40,6	20,9	14,4	20,2
04. Dez	20,0	27,7	23,0	41,1
06. Apr	43,2	37,7	52,5	44,0

Beprobungsdatum	Nmin (kg N/ha) 0 – 60 cm			
	unbedeckt 97	unbedeckt 98	Weidelgras 97	JD 98
30/09/97	30,1		35,3	
25/09/98		21,0		25,5
31/10/97	38,7		21,3	
02/11/98		31,8		16,9
08/12/97	21,7		18,3	
05/12/98		16,2		22,5
15/03/97	42,1		-	
06/04/98		32,8		30,2

## Anhang 6 – Zusammenstellung der Versuchsergebnisse aus dem Dreisamtal

### Anbaumaßnahmen bei den Versuchen im Dreisamtal 1996 - 1998

	1996	1997	1998
Maisaussaat	27.04. - 06.05.	05. + 14.05.	06. + 07.05.
Hacke	31.05.	24.05. bei DS + RF	09.05. bei DS + RF
Ausbringung von Rindergülle mit Einarbeitung	10.06.	18.06.	17.06. + 18.06.
Stickstoffdüngung (KAS)	17.07.	18.06.	18. + 19.06.
Unkrautbekämpfung	31.05. - 03.07.	11.06.	25.05. + 02.06.
Untersaat der Zwischenfrucht	12.07.	08.07.	30.06.
Maisernte	30.09. - 14.10.	18. - 23.09.	28. + 29.09.
Stoppelsaat der Zwischenfrucht	---	---	09.10.
Termine von Beprobungen und Bonituren	16.12.96 + 10.04.97	15.12.97 + 06.04.98	16.12. 98 + 06.04.99

DS = Direktsaat

RF = Reihenfrässaat

### Ergebnisse der Versuche in den Jahren 1996/97, 1997/98 und 1998/99

- Aufwuchs und Stickstoffaufnahme im Dezember und April
- Bonituren der Untersaaten im Dezember

s. Tabellen auf den nächsten Seiten

## Ergebnisse der Probeschnitte im Dezember 1996 und April 1997; Standorte 1 - 7

Probeschnitt am <b>10.04. 97</b>					<b>16.12. 96</b>			<b>Differenz April - Dezember</b>		
Standort	Parz	TM dt/ha	N - Gehalt %	N- Entzug kg N/ha	TM dt/ha	N - Gehalt %	N- Entzug kg N/ha	TM dt/ha	N - Gehalt %	N- Entzug kg N/ha
1 Ebnet	DS	7,06	1,77	13	15,39	2,60	40	-8,32	-0,83	-28
	RF	7,76	2,19	17	9,67	2,34	23	-1,91	-0,15	-6
	PF	7,57	1,92	15	15,20	2,93	45	-7,63	-1,01	-30
	∅	7,47	1,96	15	13,42	2,62	36	-5,95	-0,66	-21
2 Zarten	DS	8,99	1,66	15	1,90	1,98	4	7,09	-0,32	11
	RF	11,48	1,55	18	2,76	2,49	7	8,72	-0,94	11
	PF	10,34	1,64	17	2,22	2,62	6	8,11	-0,98	11
	∅	10,27	1,62	17	2,29	2,36	5	7,98	-0,75	11
3 Stegen	DS	10,69	1,68	18	4,04	2,04	8	6,64	-0,36	10
	RF	5,81	1,73	10	3,03	1,81	5	2,78	-0,08	5
	PF	9,14	1,73	16	5,00	1,88	9	4,14	-0,15	6
	∅	8,54	1,71	15	4,02	1,91	8	4,52	-0,20	7
4 Buchenbach	DS	14,59	1,62	24	5,88	1,97	12	8,72	-0,35	12
	RF	13,66	1,55	21	7,20	1,86	13	6,46	-0,31	8
	PF	6,66	1,92	13	8,56	1,37	12	-1,90	0,55	1
	∅	11,64	1,70	19	7,21	1,73	12	4,42	-0,04	7
5 Burg	DS	11,17	1,62	18	3,14	2,39	8	8,03	-0,77	11
	RF	9,95	1,74	17	6,20	2,04	13	3,75	-0,30	5
	PF	14,07	1,49	21	10,81	2,00	22	3,26	-0,51	-1
	∅	11,73	1,62	19	6,72	2,14	14	5,02	-0,53	5
6 Kirchzarten	DS	6,58	2,20	14	7,46	2,91	22	-0,88	-0,71	-7
	RF	4,79	1,99	10	8,21	2,61	21	-3,42	-0,62	-12
	PF	5,27	2,01	11	6,37	2,29	15	-1,10	-0,28	-4
	∅	5,55	2,07	12	7,35	2,60	19	-1,80	-0,54	-8
7 Kirchzarten	DS	10,29	2,38	24	5,29	2,47	13	5,00	-0,09	11
	RF	8,57	2,29	20	2,62	2,83	7	5,96	-0,54	12
	PF	8,16	1,85	15	2,66	3,09	8	5,50	-1,24	7
	∅	9,01	2,17	20	3,52	2,80	10	5,48	-0,62	10
∅ Direktsaat		9,91	1,85	18	6,16	2,34	15	3,75	-0,49	3
∅ Reihenfrässaat		8,86	1,86	16	5,67	2,28	13	3,19	-0,42	3
∅ Pflug Frühjahr		8,74	1,79	15	7,26	2,31	17	1,48	-0,52	-1

DS = Direktsaat; RF = Reihenfrässaat; PF = Saat nach Pflug Frühjahr

## Ergebnisse der Probeschnitte im Dezember 1996 und April 1997; Standorte 11 - 17

Probeschnitt am <b>10.04.97</b>					<b>16.12.96</b>			<b>Differenz April - Dezember</b>		
Standort	Parz.	TM dt/ha	N - Gehalt %	N- Entzug kg N/ha	TM dt/ha	N - Gehalt %	N-Entzug kg N/ha	TM dt/ha	N - Gehalt %	N-Entzug kg N/ha
11										
Ebnet	PF	5,49	2,38	13	3,20	2,06	7	2,29	0,32	6
12										
Zarten	DS	15,19	1,94	29	8,41	3,00	25	6,78	-1,06	4
	RF	14,13	1,79	25	4,97	3,24	16	9,16	-1,45	9
	PF	11,28	1,74	20	0,68	3,67	2	10,60	-1,93	17
	∅	13,53	1,82	25	4,69	3,30	15	8,84	-1,48	10
13										
Zarten	PF	7,68	1,53	12	2,00	2,52	5	5,68	-0,99	7
14										
Buchenbach	DS	8,23	1,46	12	1,90	1,69	3	6,33	-0,23	9
	RF	7,94	1,46	12	2,53	1,42	4	5,41	0,04	8
	PF	6,44	1,42	9	5,10	1,43	7	1,34	-0,01	2
	∅	7,54	1,45	11	3,18	1,51	5	4,36	-0,07	6
16										
Oberried	DS	11,54	1,90	22	2,70	2,14	6	8,84	-0,24	16
	RF	7,96	1,76	14	3,10	1,94	6	4,86	-0,18	8
	PF	8,60	1,61	14	3,85	2,18	8	4,75	-0,57	5
	∅	9,37	1,76	17	3,22	2,09	7	6,15	-0,33	10
17										
Oberried	DS	14,17	2,21	31	12,74	2,55	32	1,43	-0,34	-1
	RF	11,11	2,08	23	9,09	2,40	22	2,01	-0,32	1
	PF	7,67	1,57	12	6,22	1,55	10	1,45	0,02	2
	∅	10,98	1,95	22	9,35	2,17	21	1,63	-0,21	1
∅ Direktsaat		12,28	1,88	24	6,44	2,35	17	5,84	-0,47	7
∅ Reihenfrässaat		10,28	1,77	18	4,92	2,25	12	5,36	-0,48	7
∅ Pflug Frühjahr		8,50	1,59	14	3,96	2,21	7	4,53	-0,62	7

DS = Direktsaat; RF = Reihenfrässaat; PF = Saat nach Pflug Frühjahr

## Boniturergebnisse (15.12.) und Nmin-Werte (31.10. u. 12.12.1997) der Standorte 1 – 7

Standort	Parz.	Wuchshöhe (cm)		Bedeckung %	Homogenität	N <sub>min</sub> -Werte (kg N/ha)		N-Düngung kg N/ha
		min.	max.			31.10.97	12.12.97	
1 Ebnet	DS	6	12	85	7	2	3	150
	RF	6	10	80	7	2	3	150
	PF	4	8	75	7	0	3	150
	PH	5	11	80	7	3	3	150
	∅	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>80</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
2 Zarten	DS	4	6	65	5	13	8	150
	RF	6	9	80	7	14	10	150
	PF	3	6	75	7	6	16	150
	PH	4	7	85	7	16	16	150
	∅	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>76</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>150</b>
3 Stegen	DS	6	10	50	5	26	31	156
	RF	5	9	50	5	19	19	156
	PF	4	9	50	5	17	20	151
	PH	5	9	40	5	17	34	115
	∅	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>48</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>145</b>
4 Buchenbach	DS	4	8	40	5	8	29	150
	RF	4	6	40	5	25	26	150
	PF	3	6	40	5	19	15	150
	PH	3	6	40	5	4	29	110
	∅	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>25</b>	<b>140</b>
5 Burg	DS	6	9	30	1	43	48	150
	RF	0	0	0	1	38	47	150
	PF	3	5	10	1	61	47	150
	PH	3	6	5	1	41	36	124
	∅	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>45</b>	<b>144</b>
6 Kirchzarten	DS	7	12	50	3	10	24	151
	RF	6	11	60	5	8	27	151
	PF	5	9	70	7	8	24	151
	PH	4	10	55	5	6	24	151
	∅	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>59</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>151</b>
7 Kirchzarten	DS	6	9	65	3	29	37	151
	RF	7	13	70	5	42	40	151
	PF	6	9	55	3	36	41	151
	PH	5	10	55	3	24	39	137
	∅	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>61</b>	<b>4</b>	<b>33</b>	<b>39</b>	<b>148</b>
<b>∅ Direktsaat</b>		<b>6</b>	<b>9</b>	<b>55</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>151</b>
<b>∅ Reihenfrässaat</b>		<b>5</b>	<b>8</b>	<b>54</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>151</b>
<b>∅ Pflug Frühjahr</b>		<b>4</b>	<b>7</b>	<b>54</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>150</b>
<b>∅ Pflug Herbst</b>		<b>4</b>	<b>8</b>	<b>51</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>139</b>

DS = Direktsaat; RF = Reihenfrässaat; PF = Saat nach Pflug Frühjahr; PH = Saat nach Pflug Herbst

Bonitur der Homogenität: 1 = inhomogen, 9 = sehr homogen

**Boniturergebnisse (15.12.) und N<sub>min</sub>-Werte (31.10. u. 12.12.1997) der Standorte 11 - 17 und 21**

	Parz.	Wuchshöhe (cm)		Bedeckung %	Homogenität	N <sub>min</sub> -Werte (kg N/ha)		N-Düngung kg N/ha
		min.	max.			31.10.97	12.12.97	
11 Ebnet	DS	8	12	80	7	12	21	150
	RF	6	13	75	7	42	26	150
	PF	5	11	70	6	10	28	150
	PH	4	8	65	5	9	13	124
	∅	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>73</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>144</b>
12 Zarten	DS	5	9	60	5	21	23	150
	RF	7	11	70	7	32	16	150
	PF	4	7	75	7	10	31	150
	PH	5	8	80	7	19	34	150
	∅	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>71</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>150</b>
13 Zarten	DS	4	10	50	1	25	28	150
	RF	6	11	65	5	30	37	150
	PF	5	8	70	5	12	27	150
	PH	6	13	75	5	8	13	137
	∅	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>65</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>147</b>
14 Buchenbach	DS	4	8	50	5	15	16	150
	RF	4	9	60	5	19	32	150
	PF	4	8	30	5	33	36	150
	PH	3	6	40	5	15	20	110
	∅	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>45</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>140</b>
16 Oberried	DS	12	17	90	8	16	23	150
	RF	12	16	90	7	12	27	150
	PF	6	11	80	7	11	29	150
	PH	7	11	80	7	13	33	150
	∅	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>85</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>28</b>	<b>150</b>
17 Oberried	DS	10	16	80	5	13	25	150
	RF	6	11	75	5	8	26	150
	PF	5	8	65	5	6	29	150
	PH	4	7	50	3	17	31	150
	∅	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>68</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>28</b>	<b>150</b>
<b>∅ Direktsaat</b>		<b>7</b>	<b>12</b>	<b>68</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>150</b>
<b>∅ Reihenfrässaat</b>		<b>7</b>	<b>12</b>	<b>73</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>150</b>
<b>∅ Pflug Frühjahr</b>		<b>5</b>	<b>9</b>	<b>65</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	<b>150</b>
<b>∅ Pflug Herbst</b>		<b>5</b>	<b>9</b>	<b>65</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>137</b>
N-Düngung variiert								
21	0-N	7	12	75	7	4	26	0
	SchALVO	8	12	75	7	7	26	151
	OGL	8	14	75	7	8	15	151
	∅	8	12	75	7	6	26	101

DS = Direktsaat; RF = Reihenfrässaat; PF = Saat nach Pflug Frühjahr; PH = Saat nach Pflug Herbst

Bonitur der Homogenität: 1 = inhomogen, 9 = sehr homogen

## Bonituren vom 06.04.1998 und Nmin-Werte Winter 97/98 für die Standorte 1-7

Standort	Parz.	Wuchshöhe (cm)		Bedeckung %	Homogenität 1=schlecht 9=gut	TM dt/ha	Nmin-Werte (kg N/ha)			N-Düngung kg N/ha
		min.	max.				19.09.97	12.12.97	27.03.98	
1 Ebnet	DS	10	20	95	8	5,17	4	3	5	150
	RF	10	17	90	7	5,46	4	3	5	150
	PF	10	14	80	7	2,71	4	3	5	150
	PH	-	-	-	-	-	5	3	25	150
	∅	10	17	88	7	4,45	4	3	10	150
2 Zarten	DS	9	16	85	7		8	8	6	150
	RF	15	20	90	8		13	10	5	150
	PF	12	18	85	7		10	16	5	150
	PH	-	-	-	-		5	16	37	150
	∅	12	18	87	7		9	13	13	150
3 Stegen	DS	10	19	85	7	6,73	24	31	6	156
	RF	10	18	80	6	6,69	13	19	6	156
	PF	13	18	80	6	6,34	16	20	4	151
	PH	-	-	-	-	-	16	34	28	115
	∅	11	18	82	6	6,59	17	26	11	145
4 Buchen- bach	DS	12	22	80	6	7,97	22	29	7	150
	RF	11	17	80	6	6,29	11	26	4	150
	PF	9	15	75	5	2,57	14	15	5	150
	PH	-	-	-	-	-	13	29	39	110
	∅	11	18	78	6	5,61	15	25	14	140
5 Burg	DS	13	22	65	4		26	48	16	150
	RF	0	0	0	1		19	47	35	150
	PF	13	20	35	1		22	47	29	150
	PH	-	-	-	-		21	36	38	124
	∅	9	14	33	2		22	45	30	144
6 * Kirch- zarten	DS	-	-	-	-		17	24	6	151
	RF	-	-	-	-		3	27	3	151
	PF	-	-	-	-		5	24	3	151
	PH	-	-	-	-		4	24	24	151
	∅	-	-	-	-		7	25	9	151
7 Kirch- zarten	DS	14	18	80	6		52	37	4	151
	RF	12	17	85	7		35	40	4	151
	PF	11	14	85	7		36	41	6	151
	PH	-	-	-	-		56	39	38	137
	∅	12	16	83	7		45	39	13	148
∅ Direktsaat		11	20	82	6,3	6,62	22	26	7	151
∅ Reihenfrässaat		10	15	71	5,8	6,15	14	25	9	151
∅ Pflug Frühj.		11	17	73	5,5	3,87	15	24	8	150
∅ Pflug Herbst		-	-	-	-	-	16	26	33	139

## Bonituren vom 06.04.1998 und Nmin-Werte 97/98 für die Standorte 11-17 und 21

Standort	Parz.	Wuchshöhe (cm)		Bedeckung %	Homogenität 1=schlecht 9=gut	TM dt/ha	Nmin-Werte (kg N/ha)			N-Düngung kg N/ha
		min.	max.				19.09.97	12.12.97	27.03.98	
11 Ebnet	DS	11	18	95	8	6,57	18	21	6	150
	RF	7	15	90	7	5,84	12	26	6	150
	PF	7	14	85	7	4,53	5	28	6	150
	PH	-	-	-	-	-	4	13	31	124
	ø	8	16	90	7	5,65	10	22	12	144
12 Zarten	DS	14	20	85	6	6,08	17	23	13	150
	RF	13	20	85	7	6,17	21	16	6	150
	PF	12	18	80	7	4,88	12	31	8	150
	PH	-	-	-	-	-	53	34	50	150
	ø	13	19	83	7	5,71	26	26	19	150
13 Zarten	DS	13	22	75	5		9	28	6	150
	RF	15	22	90	7		9	37	6	150
	PF	12	20	90	7		8	27	4	150
	PH	-	-	-	-		24	13	36	137
	ø	13	21	85	6		13	26	13	147
14 Buchen- bach	DS	14	20	75	6		43	16	6	150
	RF	16	22	75	6		46	32	7	150
	PF	13	18	60	4		50	36	10	150
	PH	-	-	-	-		19	20	33	110
	ø	14	20	70	5		40	26	14	140
16 Oberried	DS	12	17	90	8	8,02	16	23	8	150
	RF	12	16	90	7	6,58	29	27	4	150
	PF	6	11	80	7	6,50	29	29	3	150
	PH	-	-	-	-	-	23	33	29	150
	ø	10	15	87	7	7,03	24	28	11	150
17 Oberried	DS	14	26	95	8		9	25	6	150
	RF	14	22	95	8		7	26	3	150
	PF	12	20	90	7		7	29	3	150
	PH	-	-	-	-		5	31	23	150
	ø	13	23	93	8		7	28	9	150
ø Direktsaat		13	21	86	6,8	6,89	19	23	8	150
ø Reihenfrässaat		13	20	88	7,0	6,20	21	27	5	150
ø Pflug Frühj.		10	17	81	6,5	5,30	19	30	6	150
ø Pflug Herbst		-	-	-	-	-	14	24	34	137
variierte N-Düngung										
21 Oberried	0-N	10	16	90	8	5,88	10	26	12	0
	SchA	17	22	95	8	-	12	26	22	151
	LVO	17	22	95	8	-	9	15	22	151
	ø	15	20	93	8	-	10	22	19	101

## Boniturergebnisse am 16.12.98 und Nmin-Werte Winter 98 der Standorte 1 - 7

Standort	Parz.	Wuchshöhe (cm)		Bedeckung %	Homogenität	Nmin-Werte (kg N/ha)			N-Düngung kg N/ha
		min.	max.			09.10.98	07.11.98	18.12.98	
1 Ebnet	DS	10	16	70	6	18	8	7	150
	RF	12	16	80	7	9	6	8	150
	PF	10	14	75	6	10	4	6	150
	PH	8	12	75	7	6	4	6	150
	∅	10	15	75	7	11	6	7	150
2 Zarten Zw.fr. Senf	DS	-	-	0	-	17	32	-	150
	RF	-	-	0	-	20	31	-	150
	PF	-	-	0	-	12	25	-	150
	PH	-	-	0	-	9	23	-	150
	∅	-	-	0	-	15	28	-	150
3 Stegen	DS	14	17	80	7	10	20	13	150
	RF	7	14	65	5	10	19	17	150
	PF	8	13	70	6	6	5	7	150
	PH	10	15	50	5	13	25	24	114
	∅	10	15	66	6	10	17	15	141
4* Buchenbach Zw.fr. Winterrübsen	DS	5	10	25	2	22	36	28	150
	RF	4	9	25	2	17	27	20	150
	PF	4	9	25	2	14	20	3	150
	PH	4	10	25	2	22	30	5	100
	∅	4	10	25	2	19	28	14	138
5 Burg Zw.fr. Sommerraps	DS	-	-	0	-	16	16	-	150
	RF	-	-	0	-	5	11	-	150
	PF	-	-	0	-	5	18	-	150
	PH	-	-	0	-	16	16	-	124
	∅	-	-	0	-	11	15	-	144
6 Kirchzarten Zw.fr. Ölrettich	DS	-	-	0	-	17	56	-	150
	RF	-	-	0	-	12	27	-	150
	PF	-	-	0	-	14	31	-	150
	PH	-	-	0	-	13	24	-	150
	∅	-	-	0	-	14	35	-	150
7 Kirchzarten	DS	-	-	5	1	13	28	23	150
	RF	-	-	5	1	19	36	17	150
	PF	14	25	80	5	7	12	7	150
	PH	15	22	85	6	8	18	11	140
	∅	15	24	44	3	12	24	15	148
∅ Direktsaat		12	17	52	4,7	16	28	18	150
∅ Reihenfrässaar		10	15	50	4,3	13	22	16	150
∅ Pflug Frühjahr		11	17	75	5,7	10	16	6	150
∅ Pflug Herbst		11	16	70	6,0	12	20	12	133

DS = Direktsaat; RF = Reihenfrässaar; PF = Saat nach Pflug Frühjahr; PH = Saat nach Pflug Herbst

Bonitur der Homogenität: 1 = inhomogen, 9 = sehr homogen

\* Bonitur der Untersaat, Winterrübsen nur Einzelpflanzen

## Boniturergebnisse am 16.12.98 und Nmin-Werte Winter 98 der Standorte 11 - 17 u. 21

	Parz.	Wuchshöhe (cm)		Bedeckung %	Homogenität	Nmin-Werte (kg N/ha)			N-Düngung kg N/ha
		min.	max.			09.10.98	07.11.98	18.12.98	
11 Ebnet	DS	10	18	80	6	17	11	-	150
	RF	9	13	70	5	10	8	-	150
	PF	10	14	50	4	12	20	-	150
	PH	10	15	80	4	9	5	-	118
	∅	10	15	70	5	12	11	-	142
12 Zarten	DS	10	13	75	7	9	4	7	150
	RF	7	10	70	6	12	12	5	150
	PF	8	10	65	5	4	3	6	140
	PH	8	12	75	6	10	27	20	144
	∅	8	11	71	6	9	12	10	146
13 Zarten Zw.fr Hanf	DS	-	-	-	-	28	40	-	150
	RF	-	-	-	-	14	44	-	150
	PF	-	-	-	-	22	18	-	150
	PH	-	-	-	-	5	40	-	135
	∅	-	-	-	-	17	36	-	146
14 Buchenbach	DS	10	15	80	7	15	12	14	150
	RF	8	12	65	4	22	10	14	150
	PF	6	12	75	6	9	5	6	150
	PH	6	12	70	5	6	3	6	100
	∅	8	13	73	6	13	8	10	138
16 Oberried Zw.fr W.Rübsen	DS	-	-	-	-	18	68	-	150
	RF	-	-	-	-	20	59	-	150
	PF	-	-	-	-	23	39	-	150
	PH	-	-	-	-	13	29	-	150
	∅	-	-	-	-	19	49	-	150
17 Oberried	DS	12	25	95	8	6	10	12	150
	RF	14	21	95	8	7	7	10	150
	PF	10	23	90	8	2	7	5	150
	PH	12	22	80	7	3	6	6	150
	∅	12	23	90	8	5	8	8	150
∅ Direktsaat		11	18	83	7,0	16	24	11	150
∅ Reihenfrässaar		10	14	75	5,8	14	23	10	150
∅ Pflug Frühjahr		9	15	70	5,8	12	15	6	148
∅ Pflug Herbst		9	15	76	5,5	8	18	11	137
N-Düngung variiert									
21	0-N	10	15	75	6	8	3	8	0
Oberried	SchALVO	7	15	50	4	71	31	23	150
	OGL	8	12	30	3	71	31	35	150
	∅	8	14	52	4	50	22	22	100

DS = Direktsaat; RF = Reihenfrässaar; PF = Saat nach Pflug Frühjahr; PH = Saat nach Pflug Herbst

Bonitur der Homogenität: 1 = inhomogen, 9 = sehr homogen

**Boniturergebnisse am 06.04.99 und Nmin-Werte Winter 98/99,  
Standorte 1, 4, 7, 12 u. 14**

Standort	Parz.	Wuchshöhe (cm)		Bedeckung %	Homogenität	Nmin-Werte (kg N/ha)			N-Düngung kg N/ha
		min.	max.			09.10.98	18.12.98	29.03.99	
1 Ebnet	DS	12	20	75	6	18	7	1	150
	RF	14	25	80	7	9	8	1	150
	PF	-	-	-	-	10	6	4	150
	PH	-	-	-	-	6	6	18	150
	∅	13	23	78	7	11	7	6	150
4* Buchenbach Zw.fr. Winterrübsen	DS	8	15	25	2	22	28	13	150
	RF	8	15	25	2	17	20	7	150
	PF	-	-	-	-	14	3	15	150
	PH	-	-	-	-	22	5	21	100
	∅	8	15	25	2	19	14	14	138
7 Kirchzarten	DS	12	25	5	1	13	23	23	150
	RF	12	25	5	1	19	17	24	150
	PF	-	-	-	-	7	7	22	150
	PH	-	-	-	-	8	11	25	140
	∅	12	25	5	1	12	15	24	148
12 Zarten	DS	15	28	85	7	9	7	3	150
	RF	13	25	80	7	12	5	3	150
	PF	-	-	-	-	4	6	13	140
	PH	-	-	-	-	10	20	29	144
	∅	14	27	83	7	9	10	12	146
14 Buchen- bach	DS	10	17	75	6	15	14	16	150
	RF	10	20	70	5	22	14	6	150
	PF	-	-	-	-	9	6	23	150
	PH	-	-	-	-	6	6	25	100
	∅	10	19	73	6	13	10	18	138
∅ Direktsaat		11	21	53	4,4	15	16	11	150
∅ Reihenfrässaat		11	22	52	4,4	16	13	8	150
∅ Pflug Frühjahr		-	-	-	-	9	6	15	148
∅ Pflug Herbst		-	-	-	-	10	10	24	127

DS = Direktsaat; RF = Reihenfrässaat; PF = Saat nach Pflug Frühjahr;  
PH = Saat nach Pflug Herbst

Bonitur der Homogenität: 1 = inhomogen, 9 = sehr homogen

\* Bonitur der Untersaat, Winterrübsen nur Einzelpflanzen