

Abschlußbericht

ITADA-Projekt 5: Winterweizen: Entwicklung einfacher Stickstoffbilanzierungsmethoden zur Bestimmung des Stickstoffeinsatzes im Weizenbau des unter Berücksichtigung des Standortpotentials

Projektleiter: Rémi Koller (ARAA) Schiltigheim
Projektpartner: Helmut Nussbaumer (IfuL) Müllheim/Baden
Mitbeteiligte: F: Landwirtschaftskammern des Unter- und Oberelsaß
ITCF, CAC, CAH, Firmen Gustave Muller und Armbruster
D: Regierungspräsidium Freiburg, Ref. 34 mit ÄLLB Lörrach,
Donaueschingen, Offenburg, Rottweil und Waldshut.
Projektdauer: 1994 - 1995

1. Einleitung

Winterweizen ist in der Rheinebene noch recht verbreitet, trotz des Rückgangs der Anbauflächen seit den 80er Jahren zu Gunsten von Mais.

Die aktuellen Anbauflächen von Weizen betragen

Elsaß (1995)	44.200 ha	entsprechend	18 % der Ackerfläche
Regierungsbezirk Freiburg (1995)	29.668 ha	entsprechend	34,5 % der Ackerfläche.

In der Rheinebene findet sich diese Kultur häufig in Betrieben mit Rindviehhaltung, wo sie drei Funktionen erfüllt, nämlich die Erzeugung von Krafftutter für das Vieh, die Erzeugung von Stroh für den Stall und die frühe Räumung des Felds für die Ausbringung der seit dem Frühjahr gelagerten Wirtschaftsdünger.

Aus diesem Grund zählen die Produktionssysteme mit Winterweizen zu denjenigen, bei denen man die höchsten N-Bilanzüberschüsse (indicateur 'Balance') findet. Erhebungen, die 1991 zur Vorbereitung einer Düngungsberatungsaktion in der Ebene des Zentralelsaß durchgeführt wurden haben folgende Ergebnisse geliefert:

Betriebstyp	Anbausystem	Durchschnittswert der N-Bilanz (indicateur 'Bascule')
Alle Typen	Mais-Weizen ohne Wirtschaftsdünger	+ 21 kg N/ha/a
G: Mischbetrieb mit Ackerbau, Sonderkulturen und Rinderhaltung (55-80 ha)	Mais-Weizen mit Wirtschaftsdünger	+ 43 kg N/ha/a
B: Traditionelle Landwirtschaft mit 45 - 65 ha.	Mais-Weizen mit Wirtschaftsdünger	+ 74 kg N/ha/a
F: Milchviehbetrieb mit Ackerbau auf 65 - 85 ha	Mais-Weizen mit Wirtschaftsdünger	+147 kg N/ha/a
E: seit kurzem auf Milch spezialisierter Betrieb mit 25 - 60 ha	Mais-Weizen mit Wirtschaftsdünger	+ 185 kg N/ha/a

Daten aus der Erhebung , die 1991 in der Region Zentral-Elsaß von F. Fritsch durchgeführt wurde

Die Praxis der Stickstoffversorgung bei den höchsten Werten dieser Kenngröße führt sowohl zu erhöhtem Auswaschungsrisiko als auch zu einer schlechten Verwertung der Wirtschafts- und Mineraldünger. Dabei ist insbesondere die Höhe der N-Düngergabe zu Weizen zu überprüfen, genauso wie die N-Düngung zu Mais oder die Angemessenheit der Wirtschaftsdüngerausbringung.

Im Elsaß ist die Stickstoffdüngung von Winterweizen nicht Gegenstand von Beratungsaktionen der landwirtschaftlichen Beratungseinrichtungen. Derartige Aktionen beruhen vor allem auf Einzelberatungen im Zusammenhang mit einer Nmin-Beprobung zu Vegetationsbeginn oder bei Messungen der Nitratgehalte im Pflanzensaft an der Halmbasis im Rahmen der Erprobung der 'JUBIL-Methode'. Diese sind jedoch von begrenztem Umfang und ihre Ausweitung auf die gesamte Landwirtschaft in Grundwassereinzugsgebieten würde eine aufwendige und teure logistische Organisation erfordern und steht derzeit nicht in Aussicht.

Die Beratungsprogramme zur Stickstoffdüngung müssen auf beiden Seiten des Rheins auch die Weizenfläche abdecken. In diesem Sinne war es wichtig, daß das erste ITADA-Programm diese Frage aufgegriffen und dabei die Ausarbeitung eines Gruppenberatungsansatzes, der eine Alternative darstellt zu den Ansätzen der Einzelberatung, bevorzugt hat. Die Ergebnisse dieses Programms stellen in erster Linie eine Grundlage zur Sensibilisierung der Landwirte dar und einen ersten Schritt zu einer besseren Bemessung der Stickstoffdüngung zu dieser Kultur.

Die Arbeiten wurden unter Berücksichtigung der verfügbaren Kenntnisse zur Bemessung der Stickstoffdüngung bei annuellen Kulturen an den lokalen Defiziten der Datengrundlagen, die eine gute Anwendung der verfügbaren Methoden ermöglichen, ausgerichtet.

Danksagung

Gedankt wird allen technischen Partnern dieses Projekts, die dieses durch die Anlage von Beobachtungsparzellen bzw. durch die Gewährung von Zugang zu ihren eigenen Versuchsparzellen erst ermöglicht haben.

Im Elsaß sind dies: die Landwirtschaftskammer des Unterelsaß (SUAD), die Landwirtschaftskammer des Oberelsaß (SUAD), das ITCF, die CAH, die CAC sowie die Firmen Gustave Muller und Armbruster.

In Baden sind dies: das Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung sowie das Regierungspräsidium Freiburg mit den Ämtern für Landwirtschaft Donaueschingen, Lörrach, Offenburg, Rottweil und Waldshut.

2. Sachstand: Die Grundlagen der Bemessung der Stickstoffdüngung zu Winterweizen

2.1 Berechnungsmodelle

Auf französischer Seite baut die Düngungsberechnung für Freilandkulturen auf dem Bilanzkonzept auf. Dabei geht es darum, die Bilanz zu beschreiben, die sich aus der Stickstoffverlagerung innerhalb eines gewissen Zeitraums zwischen den verschiedenen Kompartimenten eines Systems, bestehend aus dem Boden einer Parzelle einerseits und der Pflanzendecke andererseits ergibt, wobei die Gesamtmenge an Stickstoff gleich bleibt.

Auf diesem Ansatz beruhen folgende zwei praktische Methoden:

- eine Beschreibung der Massenbilanz
- eine Beschreibung des offensichtlichen Ausnutzungskoeffizienten (coefficient apparent d'utilisation C.A.U.) des mit der Düngung verabreichten Stickstoffs.

Diese sind beschrieben in einem Dokument des COMIFER (Comité Français pour la Fertilisation Raisonnée / Französisches Komitee für sachgerechte Düngung) vom 15. April 1996 (s. Lit.verz. 4 u. 5).

Auf deutscher Seite werden die Bemessungsgrundlagen, auf denen das Beratungssystem NID (Nitratinformationsdienst) basiert, in einem Dokument der Landesanstalt für Pflanzenbau Rheinstetten vom 17. Februar 1995 dargelegt (s. Lit.verz. 1). In den Grundzügen ähnelt diese Methode der Beschreibung der Massenbilanz auf französischer Seite.

2.1.1 Beschreibung der Massenbilanz (F)

Die Gleichung lautet: $(N_f - N_e) + R_f = R_e + M_{hb} + M_{ha} + M_{hp} + M_r + X + X_a$

dabei bedeutet

$(N_f - N_e)$ Bedarf des Pflanzenbestandes zwischen Anfang (N_e = bereits aufgenommener N) und Ende (N_f = Stickstoff im Pflanzenbestand am Ende, wird als Gesamtbedarf betrachtet) des Bilanzierungszeitraums.

R_f N_{min} im Boden zu Ende des Bilanzierungszeitraums

R_e N_{min} im Boden zu Beginn des Bilanzierungszeitraums

M_{hb} Grundmineralisierung des Bodenumus

M_{ha} Zusatzmineralisierung durch Nachwirkung regelmäßiger organischer Düngung

M_{hp} Zusatzmineralisierung infolge Grünlandumbruchs vor mehreren Jahren

M_r Nettomineralisierung der Ernterückstände

X Stickstoffdüngung mit Mineraldünger

X_a Stickstoffdüngung mit organischen Düngern (direkte Wirkung wie mineral-N)

Im übrigen wird unterstellt, daß sich einerseits die gasförmigen Verluste sowie die Einträge mit dem Regenwasser und durch nicht-symbiotische Fixierung ausgleichen und andererseits zwischen Beginn und Ende des Bilanzierungszeitraums keine Auswaschung stattfindet. Die zweite Hypothese wird gestützt durch eine sachgerechte Düngung, die von vornherein das Auswaschungsrisiko minimiert; selbst unter dieser Bedingung ist sie jedoch nicht immer verifizierbar, wenn starke Regenfälle bei durchlässigen, auswaschungsgefährdeten Böden auftreten.

Der Einsatz dieser Methode verlangt, die meisten Werte mit Hilfe von Faustzahlen bzw. Referenzwerten zu schätzen und den Anfangs- N_{min} -Wert R_e zu einem für die Kultur passenden Termin zu messen (Vegetationsbeginn, d.h. für Winterweizen in der Rheinebene Ende Februar - Anfang März) bzw. diesen aufgrund von örtlichen Vergleichswerten ebenfalls zu schätzen.

Die Düngermenge errechnet sich dann wie folgt:

$$X + X_a = (N_f - N_e) - (R_e + M_{hb} + M_{ha} + M_{hp} + M_r) + R_f$$

2.1.2 Beschreibung mittels des Koeffizienten der offensichtlichen Ausnützung der Stickstoffdüngung

Die Gleichung lautet: $N_f = N_0 + CAU \times (X + X_a)$

Dabei ist N_f der Gesamtbedarf des Pflanzenbestandes
 N_0 die von einem ungedüngten Bestand aufgenommene Stickstoffmenge

CAU der Koeffizient der offensichtlichen Ausnützung der N-Düngung (entspricht dem Verhältnis der Differenz in der Gesamtstickstoffaufnahme zwischen gedüngter und ungedüngter Parzelle zur Höhe der Stickstoffdüngung der gedüngten Parzelle; normalerweise > 80%)

$X + X_a$ die Stickstoffdüngung (mineralisch und anrechenbar organisch)

Diese Methode verlangt, daß auf regionaler Ebene Vergleichswerte für N_0 von unterschiedlichen Standorten und unterschiedlichen Anbausystemen (Vorfrucht, Wirtschaftsdünger) vorliegen, die in einem Netz von Vergleichsparzellen ohne Stickstoffdüngung gewonnen werden. Auf diese Weise erübrigt sich die Messung des N_{min} -Werts auf jedem Schlag. Diese Methode eignet sich für eine Beratung im großen Stil und erfordert keine aufwendige Logistik. Dieser Weg wurde im Elsaß eingeschlagen beim Aufbau einer Düngungsberatung für Mais.

Die Stickstoffdüngung errechnet sich dabei wie folgt:

$$X + X_a = (N_f - N_0) / CAU$$

2.1.3 NID- Methode (Nitratinformationsdienst) (D)

Die Darstellung der NID-Methode enthält keine Beschreibung des Konzepts. Die folgende Beschreibung ist deshalb eine Interpretation auf Grundlage des Dokuments der Landesanstalt für Pflanzenbau Baden-Württemberg.

Die Gleichung zur Berechnung der N-Düngung enthält folgende Variablen:

Gleichungsvariable	Bezeichnung + Bedeutung	Äquivalent bei COMIFER
Stickstoffbedarf der Kultur mit Zuschlag für Ernterest	N-B = N-Bedarf	N_f
N_{min} zu Vegetationsbeginn in der durchwurzelten Zone	N-V = Nitratstickstoffvorrat	Re
Stickstoffnachlieferung des Bodens in der Vegetationszeit	N-LB = N-Lieferung Boden	$M_{hb} + M_{hp}$
N-Nachlieferung aus früherer organischer Düngung	N-LLOD = N-Lieferung nach langjähr. organ. Düngung	M_{ha}
N-Nachlieferung aus Rückständen der Vorfrucht	N-LER = N-Lieferung aus Ernteresten und Grünland	Mr bzw. M_{hp}
- aus Zwischenfrüchten	N-LZ = N-Lieferung aus Zwischenfrucht	
- aus Gaben an Mineral- oder Wirtschaftsdünger seit der letzten Ernte	N-LHD = N-Lieferung aus Düngung (mineral./organ.) nach Ernte '(X + X _a) Herbst' der vorherigen Hauptfrucht	

Die Gleichung zur Berechnung der Düngermenge lautet wie folgt:

$$X = B - [V + LB + LLOD + (LER + LZ + LHD)]$$

Bei diesem Verfahren werden einige Einflußgrößen der Bilanz nur indirekt berücksichtigt. Die Größen R_f (Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte) und N_e (von der Pflanze bereits aufgenommener Stickstoff zu Beginn der Bilanz bzw. Vegetationsperiode) sind rechnerisch in der für die Kultur nutzbaren Mineralisierung des Standorts enthalten. Diese Größe wurde aufgrund zahlreicher Versuchsdaten von Vergleichsflächen kulturspezifisch ermittelt.

Wie auch die französische Methode verlangt sie jedoch die meisten Größen mit Hilfe von Referenzwerten zu schätzen und den im Boden verfügbaren Mineralstickstoff R_e zu einem für die Kultur sinnvollen Termin zu messen (Vegetationsbeginn, d.h. für Winterweizen in der Rheinebene Ende Februar - Anfang März) oder ebenfalls mit Hilfe lokaler Vergleichswerte zu schätzen.

Die folgenden Abschnitte befassen sich mit dem Vergleich der von den beiden Methoden vorgeschlagenen Referenzwerte für Winterweizen in der Reihenfolge 'Entwicklung des Pflanzenbedarfs' und 'Stickstofflieferung des Standorts'.

2.2 Verfügbare Referenzwerte (Bezugswerte, Schätzwerte, Vergleichswerte)

2.2.1 Der Stickstoffbedarf des Pflanzenbestands

Dabei handelt es sich um den Gesamtbedarf des Pflanzenbestandes für die Entwicklung aller ober- und unterirdischen Teile der Pflanzen.

Bei beiden Methoden wird er proportional zum Ertragsziel geschätzt. Bei seiner Festlegung wird den mit der Winterweizenproduktion verknüpften Qualitätszielen, d.h. einem erhöhten Eiweißgehalt, Rechnung getragen.

2.2.1.1 Der Bedarf je Ertragseinheit (dt)

In Frankreich wird dieser geschätzt auf 3 kg N/dt Kornertrag mit 15% Feuchte.

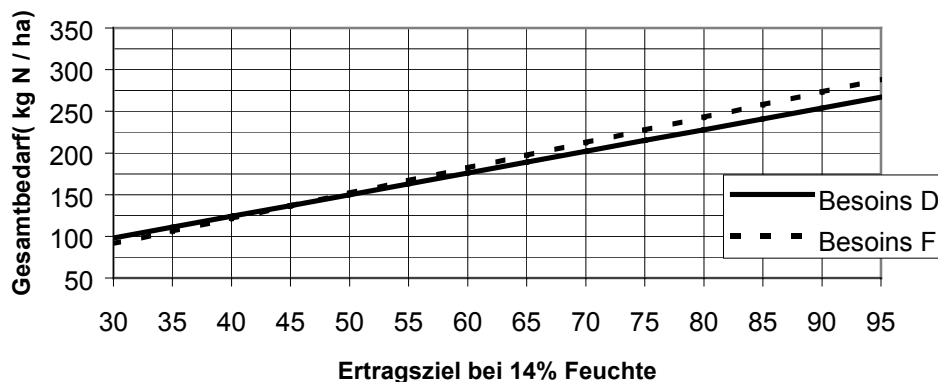
In Baden-Württemberg beträgt dieser für Winterweizen ohne nähere Angaben bei 14% Feuchte 2,6 kg N/ha. Sofern das Produktionsziel bekannt ist wird differenziert nach

Aufmischweizen (E-Sorten)	2,9 kg N/ha
Mahlweizen (A-Sorten)	2,6 kg N/ha
Futterweizen (B und C-Sorten)	2,3 kg N/ha
Brauweizen	2,1 kg N/ha.

Unabhängig vom Ertrag kommt jeweils ein Zuschlag von 20 kg N/ha für Wurzeln und Stoppeln hinzu.

Die folgende Abbildung vergleicht das Ergebnis der beiden Methoden

Schätzung des Stickstoffbedarfs von Winterweizen Vergleich der Ansätze in Frankreich (3,0 kg N/dt) und Baden-Württemberg (2,5 kg N/dt)



Bei der Ermittlung des Stickstoffbedarfs ergeben sich in der Praxis für die üblichen Erträge zwischen 40 und 70 dt/ha durchaus vergleichbare Ergebnisse. Die Unterschiede liegen dabei unter 10 kg N/ha. Sie nehmen mit höheren Erträgen zu und erreichen bei 85 dt/ha bereits 20 kg N/ha.

Wir verfügen über keine Unterlagen, die ein Urteil über die Qualität der Aussagen der beiden Ansätze erlauben würde, da die dazu nötigen Untersuchungen nicht Gegenstand unseres Projekts waren. Hierzu wäre eine große Anzahl von Versuchsergebnissen erforderlich, die nicht so leicht erhältlich sind, da auch der im Wurzelsystem enthaltene Stickstoff erfaßt werden muß. Dies läßt sich nur mit einem auf nationaler Ebene konzipierten und durchgeführten Programm erreichen.

2.2.1.2 Das Ertragsziel

In keinem der beiden Länder gibt es eine empfohlene Methode zur Festlegung des Ertragszieles für einen Weizenschlag, die Boden und Klima des Standorts Rechnung tragen würde.

In Baden-Württemberg wird der Ertrag beim NID automatisch auf mindestens 30 dt/ha und höchstens 95 dt/ha begrenzt. Bei fehlender Angabe werden 70 dt/ha angenommen.

Die COMIFER - Beschreibung schlägt zwei Vorgehensweisen vor:

- Berechnung des Durchschnittsertrags eines Schlags aus den Ernteergebnissen der letzten 5 Jahre (dabei wird unterstellt, daß nicht nur Durchschnittserträge des Betriebes sondern Einzelerträge der verschiedenen Schläge verfügbar sind)
- Erstellung und Verwendung von Vorhersagemodellen auf der Grundlage von Ertragspotential des Bodentyps, Witterungsdaten des Standorts und Saattermin. Derartige Modelle gibt es bisher für die Rheinebene nicht.

2.2.2 Die Stickstofflieferung des Bodens

In der folgenden Tabelle werden die vom COMIFER bzw. der Landesanstalt für Pflanzenbau Baden-Württemberg vorgeschlagenen Berechnungsgrößen Wert für Wert miteinander verglichen:

Bilanzierungsgröße	F: COMIFER und AZOBIL	D: Nitratinformationsdienst
Berücksichtigung des bei Bilanzeröffnung vom Bestand bereits aufgenommenen N (in der Praxis meist vor Messung des Nmin im Frühjahr)	Bilanzgröße Ne, geschätzt. Es gibt Vorschläge für eine Bestimmungsmethode bei Raps aufgrund des Bestandeszustands, aber nicht für Weizen.	Wird nicht direkt erfaßt. Ist aber de facto enthalten im kulturspezifischen Wert für die Stickstofflieferung des Standorts (s. N-LB).
Im Boden verfügbarer mineralisierter Stickstoff	Bilanzgröße Re, wird bei Eröffnung der Bilanz gemessen. In der Praxis wird der Nitratstickstoff im gesamten durchwurzelbaren Profil sowie der Ammonium-Stickstoff in den obersten 40 cm berücksichtigt. Wenn zwischen der Messung und der Aufnahme durch den Bestand Auswaschung aufgetreten ist, wird evtl. korrigiert.	Größe N-V, wird gemessen. Berücksichtigt wird der Nitratstickstoff im durchwurzelbaren Profil bis max. 90 cm Tiefe. Bei Tabak, Kartoffeln und Sommergerste wird nur der Wert bis 60 cm Tiefe berücksichtigt
Grundmineralisierung aus dem Humus	Bilanzgröße Mhb, berechnet. 1. Schätzung des organisch gebundenen Stickstoffs ausgehend vom Humusgehalt. 2. Berechnung der Mineralisierung nach dem Verfahren Hénin-Dupuis (K2-Koeffiz.) 3. Berücksichtigung der Vegetationsperiode der Kultur (Weizen = 0,5)	N-LB, wird geschätzt mittels einer Tabelle, die die Kultur, die Ackerzahl und den Humusgehalt berücksichtigt. (Für Weizen 0-10 kg N/ha bei Mineralböden, 10 kg N/ha bei Anmoor und 30 kg N/ha bei Moor.). Bei Mais noch differenziert nach Termin der Nmin-Beprobung.
Zusätzliche Netto-Mineralisierung infolge Nachwirkung regelmäßiger organischer Düngung	Bilanzgröße Mhb, berechnet. 1. Kenntnis der Art der Düngung, der Menge und des Anwendungsrhythmus. 2. Berechnung der Mineralisierung durch Anwendung eines Mineralisierungskoeffizienten (ITCF-ITP - Tabelle für Wirtschaftsdünger)	N-LLOD; geschätzt mit Hilfe einer Tabelle in Abhängigkeit von Tierart und Besatz nach mindestens 5-jährigem Einsatz von Wirtschaftsdünger auf dem Schlag. (10-30 kg N/ha)
Zusätzliche Nettomineralisierung infolge Grünlandumbruchs	Bilanzgröße Mhp, geschätzt. 1. Nachlieferungstabelle, die Dauer der Grünlandnutzung und Zeit seit dem Umbruch berücksichtigt (0-140kgN/ha). 2. Berücksichtigung der Vegetationsdauer der Kultur (Winterweizen = Faktor 0,5)	Größe N-LER, geschätzt. Die Tabelle N-Lieferung aus Ernteresten der Hauptfrucht des Vorjahres beinhaltet auch Grünland (10-40 kg N/ha).

Netto-Mineralisierung der Ernterückstände der Hauptfrucht des Vorjahres	Bilanzgröße Mr, geschätzt. Nachlieferungstabelle mit Art der Kultur ohne Berücksichtigung der Vegetationsdauer: Körnermais - 10 kg N/ha Silomais 0 kg N/ha Zuckerrübe + 20 kg N/ha Raps + 20 kg N/ha Sonnenblumen 0 kg N/ha	Größe N-LER, geschätzt. Nachlieferungstabelle mit Art der Kultur ohne Berücksichtigung der Vegetationsdauer: Körnermais + 10 kg N/ha Silomais 0 kg N/ha Zuckerrübe + 30 kg N/ha Raps + 10 kg N/ha Sonnenblumen 0 kg N/ha
Nettomineralisation der Ernterückstände einer vorherigen Zwischenfrucht	Zusatz zur Bilanzgröße Mr, geschätzt. Nachlieferungstabelle mit Art der Zwischenfrucht (Gräser oder Kreuzblütler) und Ertrag. (0 - 30 kg N/ha)	Größe N-LZ, geschätzt. Nachlieferungstabelle mit Art der Zwischenfrucht (ohne, Leguminosen, Nichtleguminosen), Verfütterung bzw. Termin der Einarbeitung (Herbst/Frühjahr) und Art der Herbstdüngung (keine / Gülle oder Mineraldünger /Festmist oder sonst. organ. Dünger). (0 - 40 kg N/ha)
Nettomineralisation der Rückstände einer Brache	Bilanzgröße Mr, geschätzt. Nachlieferungstabelle in Abhängigkeit von Dauer der Stilllegung und Art der Begrünung (Leguminosen, Gräser, Mischungen, Durchwuchs). (0 - 30 kg N/ha)	Größe N-LER, geschätzt. Die Nachlieferungstabelle für Hauptfrüchte des Vorjahres umfaßt auch verschiedene Arten der Stilllegung (1-jährig mit/ohne Leguminosen / mehrjährig). (10-40 kg N/ha).
Wirkung organischer Düngung nach Ernte der Haupt-Vorfrucht	Bilanzgröße Xa, berechnet. Für Wirtschaftsdünger und andere organ. Dünger wird die N-Lieferung abgeschätzt unter Berücksichtigung von 1. Die ausgebrachte Menge an Gesamtstickstoff (Düngermenge x N-Gehalt (gemessen oder geschätzt mit ITP-ITCF-ITEB-Tabelle) 2. einem Wirksamkeitsfaktor im Vergleich zu Mineraldünger (ITP-ITCF-ITEB-Tab.) Die Beeinflussung des Nmin-Werts im Frühjahr wird nicht berücksichtigt.	Größe N-LHB; geschätzt. Nachlieferungstabelle mit Art des Düngers (Mineraldünger oder Gülle / Festmist oder sonstige organische Dünger) und Art der Flächennutzung im Herbst (mit/ohne Strohdüngung / Winterung / Zwischenfrucht). Die Schätzwerte beruhen auf der Annahme, daß die Düngermenge im Herbst nach guter fachlicher Praxis 40 kg/ha anrechenbaren Stickstoff nicht übersteigt (10-40 kg N/ha). Eine evtl. Beeinflussung des Nmin-Wertes im Frühjahr wird nicht berücksichtigt.
Im Boden verfügbarer mineralisierter Stickstoff nach der Ernte (bei Bilanzschluß)	Bilanzgröße Rf, geschätzt. Tabelle mit Bodentyp (leicht, lehmig, tonig) und Bodenmächtigkeit. (5-40 kg N/ha)	Ist rechnerisch in der für die Kultur nutzbaren Mineralisierung des Standorts enthalten.

Bemerkungen	Für begünstigte Standorte wird die Einführung von Obergrenzen für den errechneten Düngedbedarf vorgeschlagen. Diese wären auf regionaler Ebene auf Grundlage lokal verfügbarer Daten zu erarbeiten.	Der Nitratinformationsdienst begrenzt die errechnete Düngung in Abhängigkeit vom Ertragsniveau auf 200 kg N/ha > 80 dt/ha bei 60-80 dt/ha 175 kg N/ha bei 60-80 dt/ha 150 kg N/ha < 60 dt/ha. Außerdem gibt es eine Obergrenze für die Summe der Nachlieferungen aus Vorfrucht, Zwischenfrucht und Herbstdüngung in Höhe von 40 kg N/ha. Weiterhin wird auf Mineralböden, unabhängig vom Rechenergebnis, eine Mindestdüngung von 30 kg N/ha empfohlen. In Wasserschutzgebieten wird die errechnete Düngung um 20% reduziert.
-------------	---	---

Die Schätzung der Stickstofflieferung beruht entweder auf Tabellenwerten oder auf Berechnungen, die von Variablen ausgehen, die entweder gemessen werden oder auf den Boden oder Bewirtschaftungsmaßnahmen Bezug nehmen. Die deutschen Bezugsgrößen benutzen ausschließlich Tabellen. Ein weitergehender Vergleich der Bezugsgrößen ist schwierig, solange die Modelle für die Düngungsberechnung in verschiedenen Punkten voneinander abweichen. Erst ein Vergleich der Vorhersagen der gesamten Stickstoffversorgung des Weizens, zuerst in theoretischen Beispielen und dann in Praxisfällen, würde ein Urteil über diese beiden Systeme erlauben. Die vorliegende Arbeit konnte das nicht leisten. Sie hat aber durch die umfangreiche Sammlung von gut gesicherten Parzellenresultaten einen wichtigen Beitrag zur Realisierung eines solchen Vorhabens geleistet. Dieses könnte im Laufe des zweiten Arbeitsprogramms des ITADA in den Jahren 1996 bis 1998 in Angriff genommen werden.

3. Arbeiten im Rahmen des Programmes 1994-1995 und Ergebnisse

Die Arbeiten zielten in 3 Richtungen:

- Sammlung von Ertragsergebnissen aus Parzellen mit nicht ertragslimitierendem Betriebsmitteleinsatz zwecks Ausarbeitung eines Systems zur Ertragszielfestlegung, das dem Ertragspotential des Standorts und dem Pflanzenbestand gerecht wird,
- Sammlung von Ergebnissen aus Parzellen ohne Stickstoffdüngung (Nullparzellen) zwecks Ausarbeitung einer standort- und kulturartspezifischen Stickstofflieferungstabelle für den Einsatz der Methode mit der 'offensichtlichen Verwertung des Düngestickstoffs' (CAU),
- Überprüfung des NID-Verfahrens im Hinblick auf seine Eignung zur Begrenzung des Auswaschungsrisikos.

3.1 Ergebnisse der Parzellenversuche ohne ertragsbegrenzenden Betriebsmitteleinsatz: Ertragspotentiale der Standorte und Zustand der Bestände.

Das Ziel des von der ARAA seit 1993 in Weizen durchgeführten Programms ist die Erstellung einer Datensammlung mit Ergebnissen von Einzelparzellen und folgenden Parametern:

- Erfassung der Erträge einer Winterweizensorte, die ohne ertragsbegrenzenden Betriebsmitteleinsatz angebaut wurde (d.h. mit Düngung und Pflanzenschutzmitteleinsatz nach dem Vorsorgeprinzip und einer nicht ertragsbegrenzenden Bestandesdichte) sowie bestimmter Ertragskomponenten (TKG, Körner/m², Ähren/m²),
- Ermittlung des Bodentyps der Parzelle und Beschreibung durch Untersuchung mit dem Bohrstock bis auf 1,20m Tiefe, für eine Schätzung der nutzbaren Feldkapazität,
- geographische Lage der Parzelle, zwecks Zuordnung der Meßwerte einer Wetterstation insbesondere über Niederschläge, Temperaturen und Evapotranspiration.

Die Auswertung dieser Datensammlung soll zur Erstellung und Überprüfung eines empirischen Ertragsmodells führen, das auf Standortmerkmalen beruht, die vor allem die Wasserbilanz der Weizenschläge und die wesentlichen Klimaeinflüsse während der Kornfüllungsphase betreffen.

Durch die Berücksichtigung des Bodentyps mit seiner pflanzenverfügbaren Wasserkapazität sowie der mit einer gewissen Regelmäßigkeit auftretenden Witterungsverhältnisse (Untersuchung der Eintrittshäufigkeit bestimmter Witterungsverhältnisse) sollte ein solches Modell in der Lage sein, die Festlegung eines Ertragszieles zu objektivieren bzw. im nachhinein die Erträge von Feldversuchen und Praxischlägen zu erklären. Ein derartiger Ansatz wurde bereits von der Landwirtschaftskammer der Region Lothringen mit Erfolg getestet und ist einsatzreif. Das dort entwickelte Modell läßt sich jedoch nicht ohne weiteres auf die klimatischen Verhältnisse in der Rheinebene übertragen, wo größere, die Kornfüllung beeinträchtigende Hitzeperioden, bereits Anfang Juni auftreten können.

Diese Daten sollen außerdem ermöglichen, die Beziehungen zwischen den Ertragskomponenten einer Sorte zu beschreiben, um dann dem Ertragspotential des Standorts angepaßte Produktionsverfahren zu konzipieren. Das heißt, die Mindestbestandesdichte festlegen, um das Ertragsziel ohne unnötigen Saatgutaufwand zu erreichen, und ohne erhöhten Fungizidaufwand, wie er bei einem dichteren Bestand erforderlich wäre.

Die bei Abschluß des ITADA-Projekts 1994-1995 vorliegenden Daten betreffen im Elsaß die Weizensorten Récital, Rossini und Sidéral. Hinzu kommen weitere Ergebnisse aus dem Jahr 1993 sowie die Ergebnisse von 20 Stickstoffsteigerungsversuchen der Jahre 1994-1995 aus Baden-Württemberg.

3.1.1 Ertragspotentiale verschiedener Standorte

Ein Modell ist zwar nicht entwickelt worden, aber eine erste Auswertung der verfügbaren Daten erlaubt bereits die Mitteilung von Ergebnissen, die einen ersten Bezugspunkt für die Diskussion von Ertragszielen darstellen können. Die Ergebnisse der Einzelschläge befinden sich im Anhang. Die folgende Tabelle enthält eine nach Bodentypen gegliederte Zusammenfassung. Darin berücksichtigt sind ausschließlich die Ergebnisse von manuellen Probeschnitten.

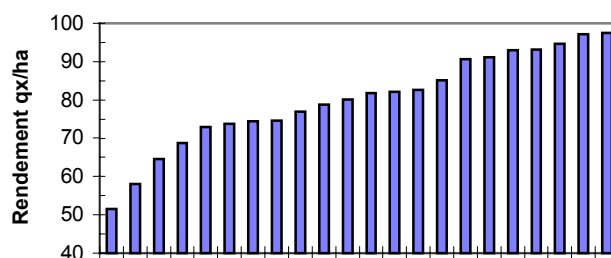
Boden code	Oberflächenformation	Anzahl Ergebn.	Minimal-Ertrag (dt/ha)	Maximal-Ertrag (dt/ha)	Median-Ertrag (dt/ha)	Durchsch. Ertrag (dt/ha)	Standardabweichg. (dt/ha)
11,12	Ablagerungen des Rheins	6	62,3	81,5	71,1	71,5	6,9
13	Ablagerungen der Ill	5	77,8	92,1	87,5	86,5	4,8
210-214	Löß	22	51,5	97,5	81,0	80,2	12,2
215	kolluvialer Löß	7	59,2	99,7	70,4	77,5	15,2
216, 220-222	hydromorpher Schluff und Lehm	10	59,2	89,6	76,3	76,1	10,6
31	Schluff Mergel	auf 7	59,0	80,7	74,1	73,3	7,1

Trotz ihres beschränkten Umfangs gestatten diese Daten bereits eine klare Unterscheidung zwischen verschiedenen Standorten, so zwischen den Standorten der Ebene auf Ablagerungen des Rheins und der Ill und den Standorten auf schluffigen sekundären Mergeln der Randzonen.

Die Grenzen dieses Ansatzes werden sichtbar bei der Gruppe der Standorte auf Löß, wo die Standardabweichung der Ergebnisse trotz einer großen Anzahl von Werten groß bleibt: Hinter dieser Gruppe von Werten verbergen sich unterschiedliche Böden, deren Einbeziehung in die Auswertung Schwierigkeiten bereitet, da sie sich mit bodenkundlichen Merkmalen nur schwer unterscheiden lassen. Außerdem weisen diese Standorte eine größere klimatische Streuung auf, da sie sich sowohl im ganz nördlichen Elsaß, im Kochersberg als auch im Sundgau befinden. Diese Streuung wird im folgenden Balkendiagramm der 22 Einzelwerten verdeutlicht. Daraus wird ersichtlich, daß sich darunter auch niedrige Zufallswerte befinden, die dem Potential des Schlages nicht gerecht werden. Dennoch weisen Lößböden das höchste Ertragspotential für Winterweizen auf.

Verteilung der Ertragswerte von Winterweizen auf Lößböden (Ertragspotentialparzellen 1993-1995)

Distribution des rendements du blé d'hiver sur les sols loessiques
(réseau des parcelles potentialités 1993-1995)



In Fortführung der Arbeit zu diesem Thema soll jedem zuverlässigen Ertragswert die nutzbare Feldkapazität des Schlages zugeordnet werden um daraus im nachhinein die Wasserbilanz zu rekonstruieren und schließlich ein Modell zu definieren, das den Ertrag mit den Witterungsverhältnissen verknüpft. Dieses Modell muß wohl das Auftreten von Hitzetagen (mit über 28°C) während der Kornfüllungsphase berücksichtigen, da diese den Ertrag trotz hoher Werte für die Ertragskomponenten Ähren/m² und Kornzahl/Ähre beeinträchtigen können.

3.1.2 Merkmale des Pflanzenbestandes: Zusammenhänge zwischen den Ertragskomponenten bei einzelnen Sorten

Diese Ergebnisse betreffen lediglich die Sorten Rossini, Récital und Sidéral, für die eine ausreichende Anzahl von Ergebnissen vorliegt. Die Ergebnisse der 20 Stickstoffsteigerungsversuche der Jahre 1994 und 1995 von Baden-Württemberg können hier, in Anbetracht der großen Vielfalt an Sorten, nicht berücksichtigt werden.

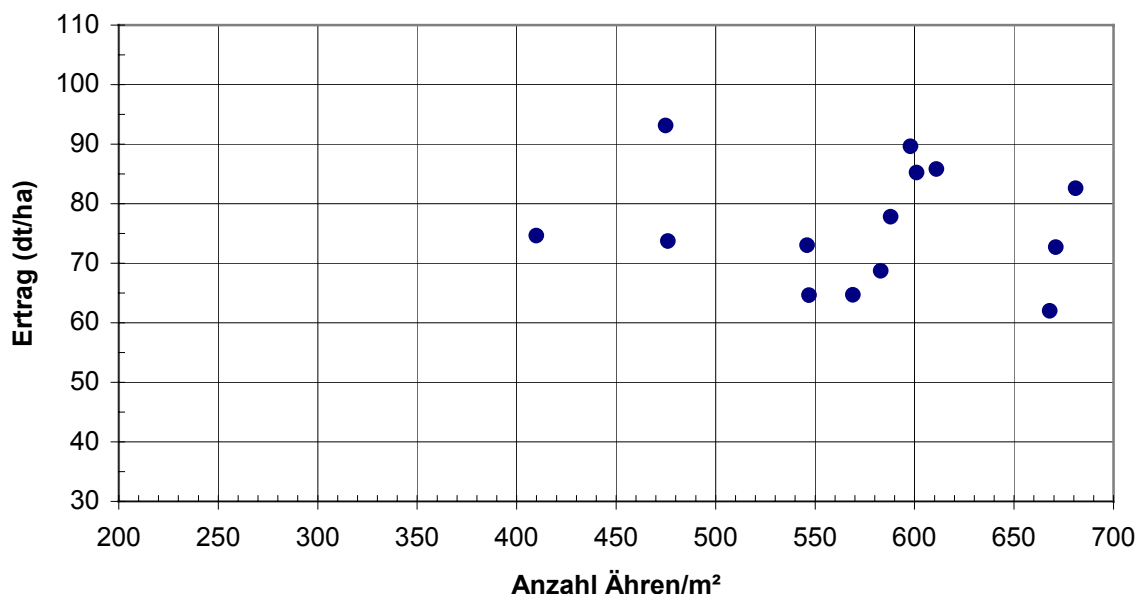
Folgende Ertragskomponenten wurden untersucht:

- Anzahl Ähren/m²
- Anzahl Körner/m²
- Tausendkorngewicht (TKG).

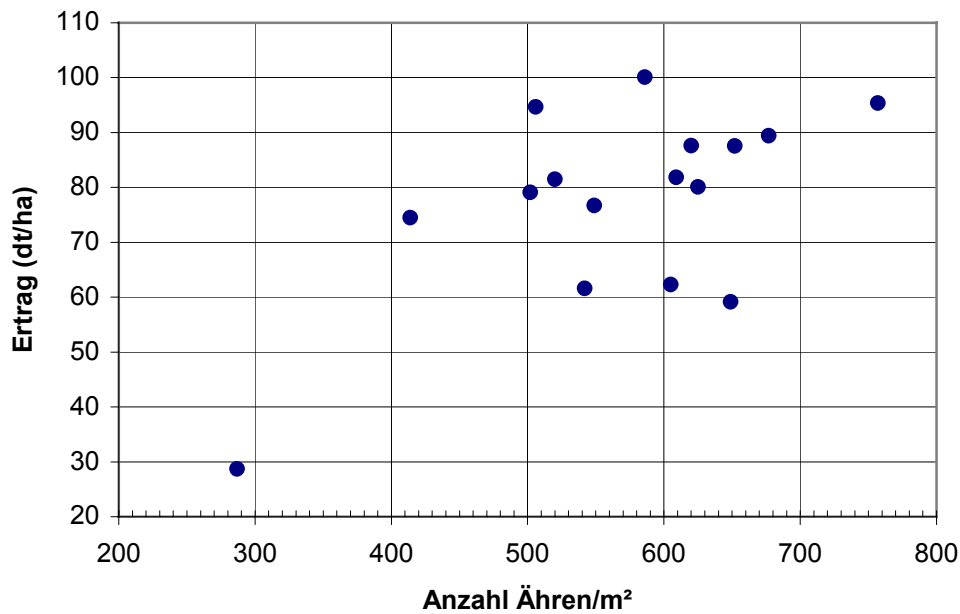
3.1.2.1 Die Anzahl Ähren/m²

Die Anzahl der Ähren/m² resultiert aus der Saatstärke und den Wachstumsbedingungen während des Winters und zu Beginn des Frühjahrs. Sie kann in weiten Bereichen schwanken. Eine möglichst hohe Zahl ist kein Ziel an sich. Für jede Sorte gibt es eine Beziehung zwischen der Anzahl Ähren und dem Flächenertrag. Diese haben wir für die drei Sorten herauszufinden versucht. Die folgenden drei Abbildungen stellen diese Beziehungen dar.

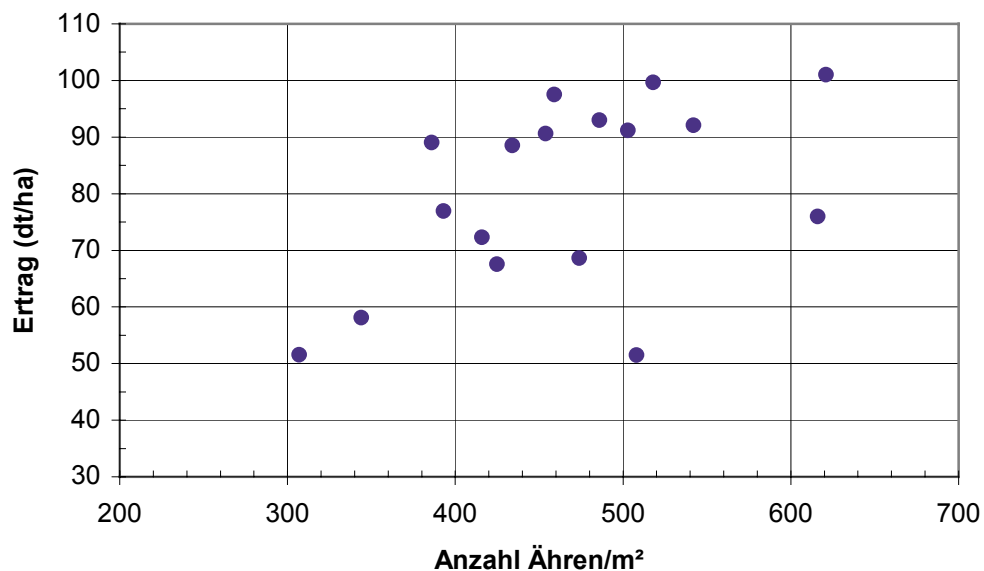
Beziehung zwischen der Anzahl Ähren/m² und dem Ertrag für die Sorte Sidéral



Beziehung zwischen der Anzahl Ähren/m² und dem Ertrag für die Sorte Récital



Beziehung zwischen der Anzahl Ähren/m² und dem Ertrag für die Sorte Rossini



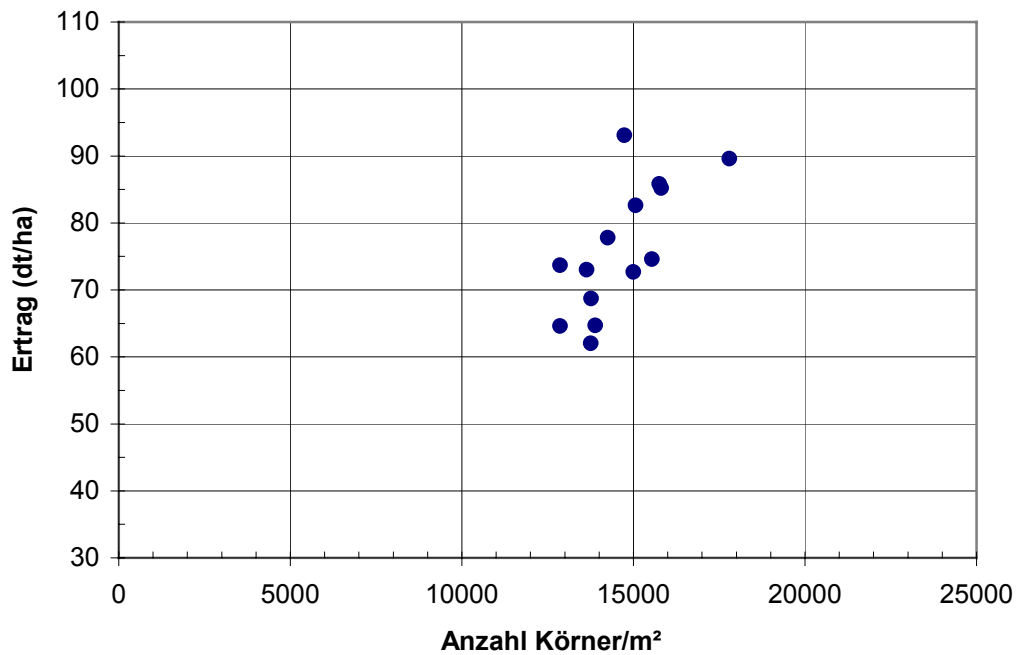
Die Darstellungen liest man, indem man die Umhüllungskurve der Punktwolke bildet. So lässt sich die für ein Ertragsziel erforderliche Mindestzahl von Ähren/m² dieser Sorte ablesen. Die Umhüllungskurve wird von Hand gezeichnet und ist umso aussagefähiger, je mehr Werte sie berücksichtigt. Während die Anzahl der Ergebnisse bei den Sorten Rossini und Récital ausreicht, ist sie bei Sidéral zu gering für die Ermittlung einer Mindestbestandes-dichte. Zur Vervollständigung dieser Daten wären Versuche zu den Faktoren Saatstärke und Saatzeitpunkt äußerst hilfreich.

3.1.2.2 Die Anzahl Körner/m²

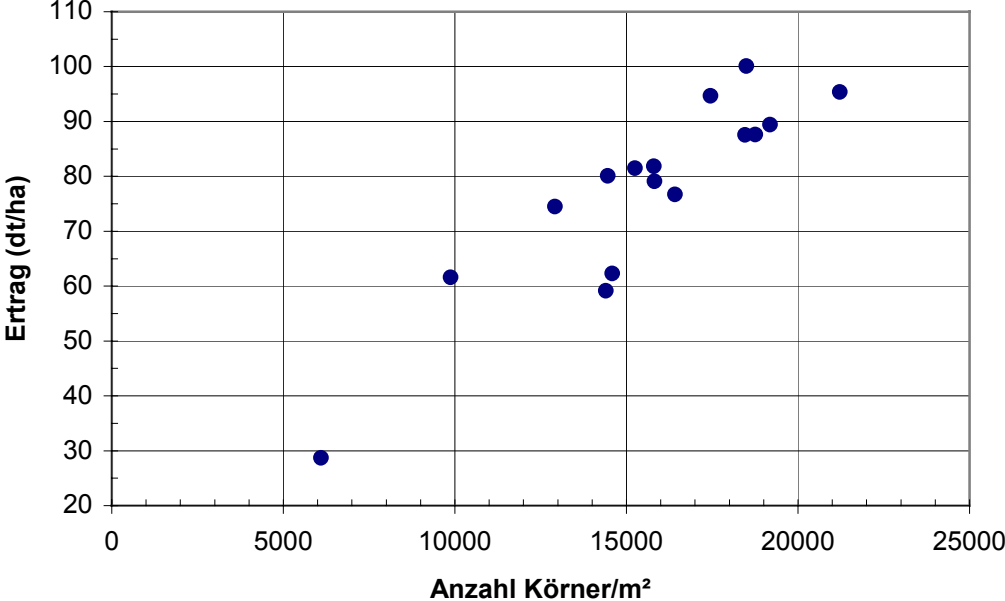
Die Anzahl der Körner hängt ab von der Anzahl ährentragender und befruchteter Halme (Anzahl befruchteter Blüten). Sie ist direkt abhängig vom Wachstum der Pflanze in den Phasen vom Schossen bis zur Blüte. Die Stickstoffversorgung des Weizens hat in diesem Wachstumsabschnitt mit den höchsten Ansprüchen einen großen Einfluß auf diese Ertragskomponente, neben anderen Faktoren wie Licht und Wasserversorgung, die der Landwirt nicht so gut steuern kann. Diese Ertragskomponente muß unbedingt in jedem Versuch zur Stickstoffdüngung von Weizen untersucht werden, da der spätere Ernteertrag stark durch eine schlechte Kornfüllung beeinträchtigt werden kann und deshalb nicht unbedingt die Stickstoffversorgung widerspiegelt.

Die drei folgenden Graphiken werden genauso gelesen wie die zur Ährenzahl/m².

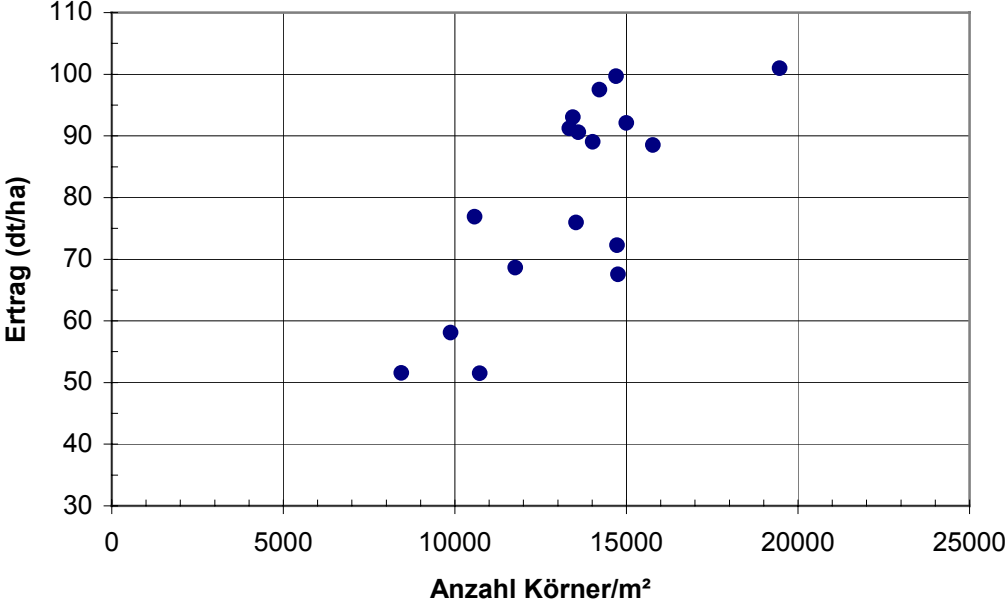
Beziehung zwischen Kornzahl/m² und Flächenertrag bei der Sorte Sidéral



Beziehung zwischen Kornzahl/m2 und Flächenertrag bei der Sorte Récital



Beziehung zwischen Kornzahl/m2 und Flächenertrag bei der Sorte Rossini



3.1.2.3 Das Tausendkorngewicht

Das Tausendkorngewicht jeder Sorte ist genetisch begrenzt durch die Höchstgröße der Kornhülle. Folgende Maxima wurden für die drei Sorten ermittelt:

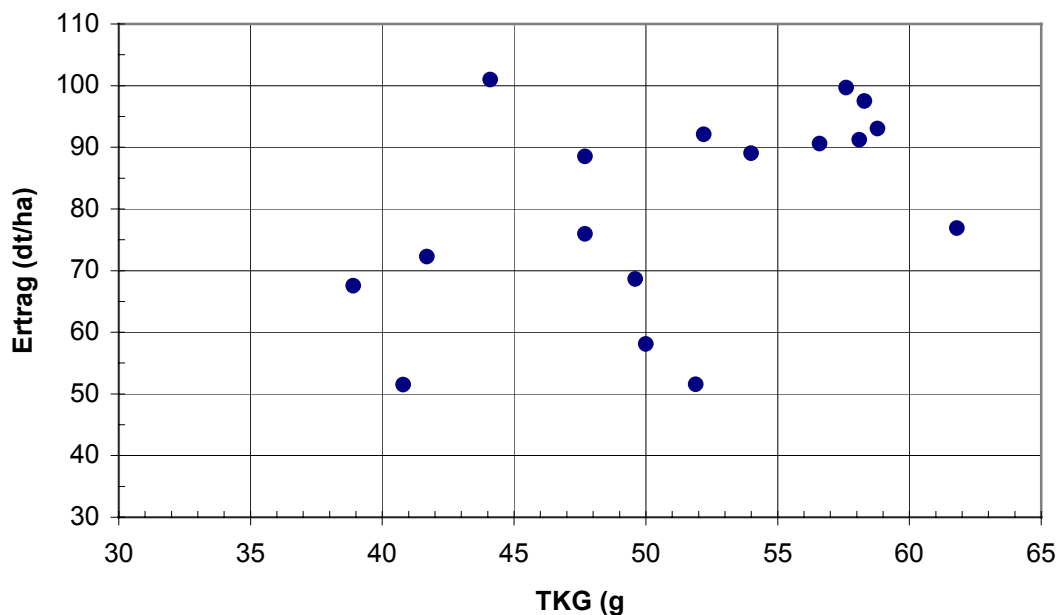
Sorte	Beobachteter Maximalwert	Durschnitt der 5 höchsten Werte	Sortenspezifisches Höchstgewicht (lt. ITCF)
Sidéral	53,7 g	48,3 g	53
Récital	53,0 g	48,2 g	48
Rossini	61,8 g	58,9 g	63

Die großkörnige Sorte Rossini hebt sich deutlich von den kleinkörnigen Sorten Sidéral und Récital ab.

3.1.2.4 Bedeutung des TKG für den Ertrag

Sie wird in der folgenden Abbildung am Beispiel der Sorte Rossini dargestellt:

Bedeutung des TKG für den Ertrag bei der Sorte Rossini

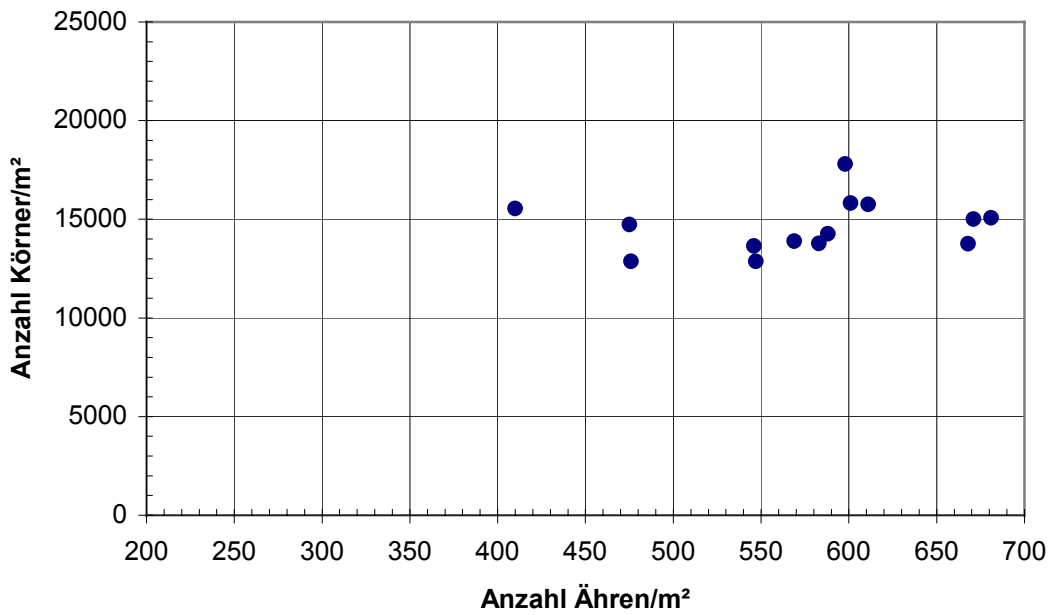


Erträge über 90 dt/ha sind stets mit einem erhöhten TKG verbunden, bei dieser Sorte heißt das über 50 g. Solche Erträge werden erreicht auf tiefgründigen Lehmböden mit relativ hohem Tongehalt (schwerer Löß, kolluvialer Löß, Lößlehm), die in der Lage sind, während der Kornfüllungsphase eine gute Wasserversorgung zu gewährleisten.

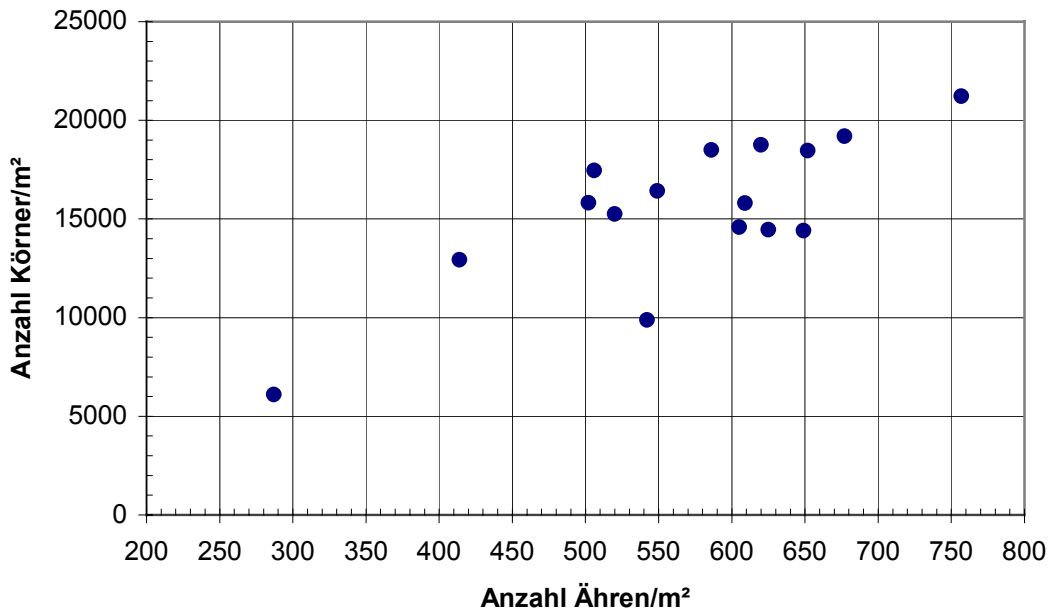
3.1.2.5 Das Verhältnis von Ährenzahl/m² zu Kornzahl/m²

Die maximal erreichbare Kornzahl/m² hängt ab von der Anzahl Ähren/m². Diese Beziehung wird für die drei Sorten in der folgenden Abbildung beschrieben:

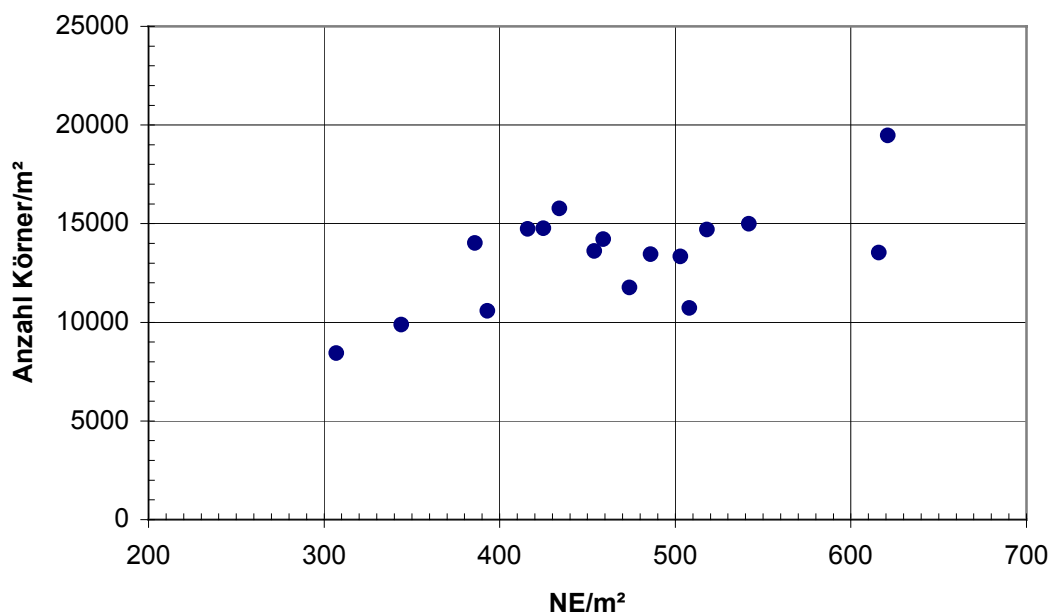
Beziehung zwischen Ährenzahl/m² und Kornzahl/m² bei der Sorte Sidéral



Beziehung zwischen Ährenzahl/m² und Kornzahl/m² bei der Sorte Récital



Beziehung zwischen Ährenzahl/m² und Kornzahl/m² bei der Sorte Rossini



Eine solche Beziehung ist nicht ablesbar bei der Sorte Sidéral, eher schon dagegen bei den Sorten Récital und Rossini.

3.1.2.6 Verwendung der Ergebnisse

Die praktische Nutzen dieser Ergebnisse ist folgender: Man kann Zielvorgaben für die Kornzahl/m² und die dazu erforderliche Anzahl Ähren/m² für ein unter Berücksichtigung der Standortbedingungen festgelegtes Ertragsziel ermitteln.

Ausgehend von den vorliegenden Ergebnissen und unter dem Vorbehalt der Bestätigung durch neue Parzellenergebnisse, die diese ergänzen lassen sich folgende Szenarien entwerfen:

Sorte	Ertragsziel (dt/ha)	Mindestanzahl Körner/m ²	Mindestanzahl Ähren/m ²
Récital	70	12.000	380
	85	15.000	450
	100	19.000	520
Rossini	70	10.000	330
	85	12.500	370
	100	15.000	420

3.2 Die Kontrollparzellen ohne Stickstoffdüngung: Tabelle der Stickstoffnachlieferung des Bodens

Das Ziel des angelegten Netzes von Versuchspartellen ist es, eine ausreichend große Zahl von Ergebnissen zu gewinnen, für die Erstellung einer Tabelle der Stickstoffnachlieferung des Bodens für die gängigsten Standorte und Anbausysteme der Region. Im Rahmen dieses Projektes konnten 77 Einzelergebnisse gewonnen werden, die jedoch lediglich den Entwurf einer solchen Tabelle ermöglichen. Die Ergebnisse der Einzelpartellen sind im Anhang

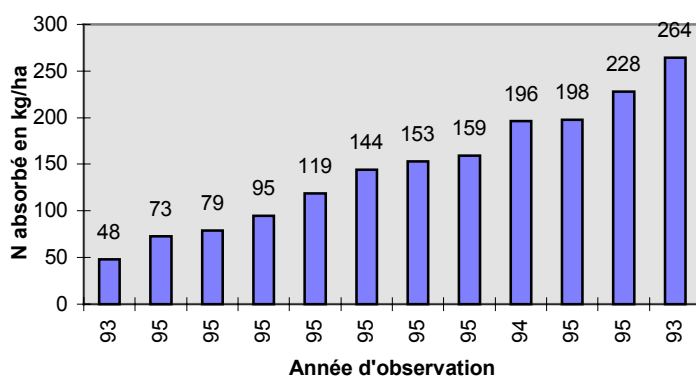
dieses Berichts aufgeführt. Die Menge des aufgenommenen Stickstoffs wurde geschätzt, indem die Menge des Stickstoffs in den oberirdischen Pflanzenteilen mit 1,25 multipliziert wurde. Die nachstehende Tabelle stellt den aktuellen Stand der Ergebnisse dar. In anbetracht der statistischen Unsicherheit dieser Ergebnisse kann diese Tabelle noch nicht als Grundlage für allgemeine Beratungsempfehlungen verwendet werden.

Bodentyp	Vorfrucht	Anzahl Ergebn.	Aufgenommener Min.	Max.	Stickstoff Median	(kg/ha). Durschn.	Standard- abweichg.
Lehm auf Mergel	Winter- raps	4	112	118	115	115	2,8
Böden auf Löß	Zucker- rübe	3	111	210	166	162	40,5
	Körner- mais	12	48	264	149	146	63,8
Tiefgründige Böden aller Art	Sonnen- blumen	4	81	94	86	87	5,1
	Begrünte Brache (kurz)	2	129	153	141	141	12,0
Alluvien des Rheins	Körner- mais	3	56	88	76	73	13,2
Alluvien der Ill	Körner- mais	2	81	86	84	84	2,5
Alluvien aus den Vogesen	Körner- mais	5	54	93	78	76	13,6
Verschiedene	verschie- dene mit Wirtscha- ftsdünger	9	80	215	119	123	47,3

Diese Ergebnisse machen darauf aufmerksam, daß die Stickstoffnachlieferung des Bodens ziemlich reichlich sein kann und in der Größenordnung von 50-250 kg N/ha liegt! Die Unterschiede lassen sich jedoch mit den Größen 'Bodentyp' und 'Anbausystem' nicht hinreichend erklären. Wie schon bei der Analyse der Ertragspotentiale treten die größten Abweichungen auch hier bei den Böden auf Löß auf, wie die nachstehende Abbildung zeigt:

Verteilung der Ergebnisse von Kontrollparzellen ohne Stickstoffdüngung mit Winterweizen nach Körnermais (ohne Wirtschaftsdünger)

Distribution des résultats des témoins sans engrais en blé d'hiver: sols sur loess et précédent mais grain, sans déjections animales.



Daraus ist abzuleiten, daß bei der Beschreibung der großen Vielfalt von Böden auf Löß noch Fortschritte gemacht werden müssen.

Zu erwähnen ist weiterhin, daß die Erstellung einer ähnlichen Tabelle für Mais durch die Sammlung von über 500 Einzelparzellenergebnissen innerhalb von 8 Jahren ermöglicht wurde.

3.2.1 Aufgenommener Stickstoff auf Nullparzellen und der Bezug zum Nmin-Wert im Frühjahr

Die Gesamtheit der verfügbaren Daten erlaubt eine graphische Darstellung, die im Anhang enthalten ist, da sie keine klare, eindeutige Aussage liefert. Dieses Ergebnis war vorhersehbar, in Anbetracht der Vielfalt der Faktoren, die neben dem Nmin-Wert im Frühjahr die Stickstofflieferung des Bodens beeinflussen, und auch bei der N-Bilanzierung berücksichtigt werden.

Mit diesen Daten lassen sich jedoch andere Methoden zur Bestimmung der Stickstofflieferung des Bodens, wie AZOBIL oder NID überprüfen. Diese Arbeit wurde bisher jedoch nicht geleistet und könnte im Rahmen eines neuen ITADA-Projektes durchgeführt werden, ohne daß zusätzliche Daten erhoben werden müssten.

3.3 Die Ergebnisse der Stickstoffsteigerungsversuche in Baden-Württemberg

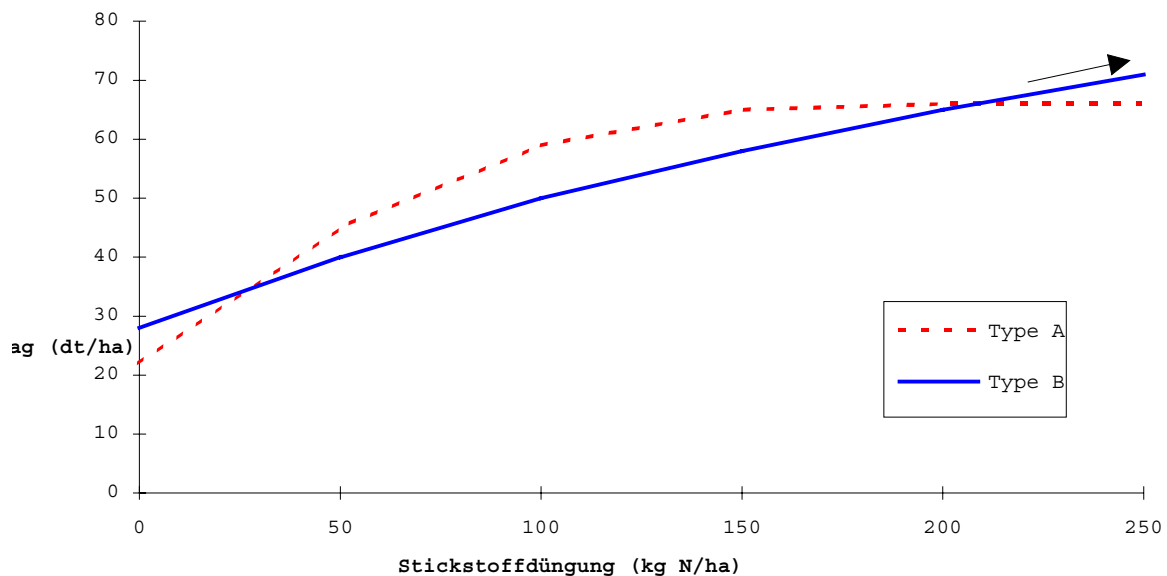
In den Jahren 1994 und 1995 wurden 20 Versuche durchgeführt. Sie hatten zum Ziel, verschiedene Verfahren zur Berechnung der Stickstoffdüngung bei Weizen zu überprüfen, darunter auch das NID-Verfahren.

3.3.1 Die Methodik: Wie interpretiert man die Ergebnisse eines Stickstoffdüngungsversuchs, mit dem die Zuverlässigkeit einer Methode für Beratungsempfehlungen geprüft werden soll?

- Eine erste Auswertung muß Antwort geben auf folgende Frage:

Wurde in dem Versuch das Ertragspotential des Schrages in diesem Jahr ausgeschöpft? Dieses Ertragspotential wird ermittelt über die Ertragskomponente, die am direktesten von der Stickstoffversorgung des Bestandes abhängt: das kann der Gesamtertrag (Kornertrag des Bestandes) oder eine Ertragskomponente, bei Weizen beispielsweise die Kornzahl/m², sein.

Wenn die höchsten Stickstoffgaben des Versuches zu gleich hohen Erträgen führen, wurde dieses Potential wohl ausgeschöpft (siehe Kurve A in der Abbildung). Steigt dagegen der Ertrag bei den höchsten Düngungsstufen weiter an, kann man nicht sicher sein, daß das Ertragspotential des Schrages wirklich ausgeschöpft wurde (s. Kurve B der Abbildung).



Die Versuche lassen sich demnach in die zwei Kategorien A und B einteilen.

- Die Auswertung wird fortgesetzt mit der Unterscheidung zwischen zwei Typen von Ergebnissen, damit die Beurteilung der Methode zur Düngungsberatung getrennt werden kann von der Beurteilung der Festlegung des Ertragsziels, die das Endergebnis in starkem Maße beeinflusst (Siehe Auswertung der Ergebnisse der Jahre 1994 und 1995). Die von der Beratungsmethode empfohlene Düngermenge wird als X bezeichnet.

Typ A: Die höchsten Düngergaben sind nicht ertragsbegrenzend; in dem Versuch wurde mit großer Sicherheit eine Düngermenge geprüft, die dem Optimum zumindest nahe kommt, aber ist das wirklich die Menge X? Es können verschiedene Situationen vorliegen:

- A1** Wenn die Menge X die niedrigste Düngermenge ist, mit der der Höchstertrag erreicht wurde und wenn ...
- A1.1** ... der mit der Menge X erzielte Ertrag der ursprünglich festgelegten Ertragserwartung entspricht: dann war die Beratungsmethode insgesamt erfolgreich. Es bleibt zu prüfen, ob die Vorhersage der Stickstofflieferung des Bodens und der Koeffizient der Stickstoffdüngerausnutzung mit den Ergebnissen übereinstimmen.
- A1.2** ... der mit der Menge X erzielte Ertrag ist höher als die Ertragserwartung: In diesem Fall wurde natürlich das Ertragspotential unterschätzt aber sicher auch die Stickstofflieferung des Bodens oder die Ausnutzungsrate der Stickstoffdüngung oder beide. Die aufgetretenen Fehler haben sich jedoch glücklicherweise gegenseitig kompensiert.
- A1.3** ... der mit der Düngermenge X erzielte Ertrag liegt unter der Ertragserwartung: In diesem Fall wurde das Ertragsziel überschätzt; es wurde aufgrund eines anderen ertragsbegrenzenden Faktors als Stickstoff verfehlt. Hier muß geprüft werden, ob nicht auch die Stickstofflieferung des Bodens, die Ausnutzungsrate der N-Düngung oder beide überschätzt wurden. Wenn der Nmin-Wert nach der Ernte normal ist, haben sich auch glücklicherweise zwei Fehler kompensiert.

- A2** Wenn mit der Düngermenge X der Höchstertrag des Versuches nicht erreicht wurde und wenn ...
- A2.1** ... trotzdem die Ertragserwartung erreicht wurde: Dann war die Methode zur Berechnung der Düngungsempfehlung gut, aber das Ertragspotential wurde unterschätzt.
- A2.2** ... nicht einmal die Ertragserwartung erreicht wurde: Dann war die Methode für die Berechnung der Düngungsempfehlung schlecht. Die Stickstofflieferung des Bodens und/oder die Ausnutzungsrate des Düngerstickstoffs wurden überschätzt.
- A2.3** ... die Ertragserwartung trotzdem übertroffen wurde: Dann wurden die Stickstofflieferung des Bodens und oder die Ausnutzung des Düngerstickstoffs unterschätzt.

Typ B: Die empfohlene Düngermenge X war, wie auch die höchsten geprüften Gaben, ertragsbegrenzend und der Ertrag steigt mit der Höhe der Düngergaben an.

Verschiedene Situationen können gegeben sein:

- B1** Die Düngermenge X erlaubt das ursprünglich festgelegte Ertragsziel gerade zu erreichen. Dieses entspricht aber nicht dem Höchstertrag des Versuchs: In diesem Fall funktioniert die Methode zur Düngungsberechnung, aber das Ertragspotential wurde unterschätzt.
- B2** Die empfohlene Gabe X verfehlt das Ertragsziels, aber eine der höheren Düngergaben erreicht es: In diesem Fall hat die Berechnungsmethode versagt infolge einer Überschätzung der Bodenlieferung und/oder der Düngerausnutzung. Man verfügt jedoch über Daten zur Abschätzung der Fehler.
- B3** Keine der geprüften Gaben erreicht das Ertragsziel: In diesem Fall hat die Berechnungsmethode aus denselben Gründen versagt, wie in den vorhergehenden Fällen. Man verfügt jedoch nicht über alle Angaben, um den Berechnungsfehler abzuschätzen.
- B4** Bereits mit der berechneten Düngermenge X wird das Ertragsziel übertroffen: In diesem Fall wurde die Bodenlieferung und/oder die Düngerausnutzung überschätzt.

3.3.2 Die Ergebnisse des Jahres 1994

Im Jahr 1994 wurden folgende Verfahren geprüft:

- NID -OGL: Berechnung der Stickstoffdüngung nach dem Verfahren des 'Nitrat-informationsdienstes', das basiert auf
 - einer Messung des Nmin-Wertes im Frühjahr
 - einer Bedarfsschätzung von 2,5 kg N/ha (2,1 -2,9 kg N/ha) + 20 kg N/ha.
- NID-OGL - 20% (=SchALVO): Die errechnete Düngermenge wird entsprechend den Bestimmungen der SchALVO zum Schutz der Grundwasserqualität in Wasserschutzgebieten, um 20% reduziert. Mit diesem System soll eine möglichst vollständige Aufnahme erreicht werden, wobei gewisse Ertragseinbußen bewußt in Kauf genommen werden, damit der Nmin-Wert nach der Ernte möglichst gering ist.
- Netto-Entzug: Diese Methode wurde von deutscher Seite vorgeschlagen. Sie basiert auf einem Ausgleich der Entzüge. Die Düngung berechnet sich wie folgt:

$$\text{Dosis Netto-Entzug} = \text{vorhersehbare Entzüge} + 40 \text{ Kg N/ha} - \text{Nmin-Frühjahr}$$
- Die ortsübliche Dosis: Vom Landwirt praktizierte Düngung
- Die ungedüngte Kontrolle zur Ermittlung der Stickstofflieferung des Bodens, um damit die Ergebnisse der gedüngten Varianten möglichst genau erklären zu können.

Die Versuche wurden mit 2 Wiederholungen ausgeführt und erlauben deshalb keine präzise statistische Auswertung.

Die erzielten Ergebnisse wurden nach verschiedenen Kriterien geordnet:

- Erreichung des vom Versuchsansteller festgelegten Ertragszieles
- Vergleich der Erträge: NID - SchALVO - Nettoentzug (NE) - Ortsüblich (OÜ)
- Vergleich des aufgenommenen Stickstoffs: NID - SchALVO - NE -OÜ
- Vergleich der Nmin-Werte nach der Ernte: NID - SchALVO - NE -OÜ
- Vergleich der Nmin-Werte nach der Ernte zwischen den verschiedenen Düngungsstufen und der ungedüngten Kontrolle.

3.2.2.1 Erreichung des vom Versuchsansteller festgelegten Ertragszieles

Das vom Versuchsansteller festgelegte Ertragsziel ist nur für 8 Versuche bekannt:

Versuch	Ertragsziel	Höchstertrag im Versuch
Hüfingen	90 dt/ha	78 dt/ha
Dornhan 1	70 dt/ha	80 dt/ha
Dornhan 2	70 dt/ha	74 dt/ha
Linx	70 dt/ha	78 dt/ha
Bad Dürkheim	90 dt/ha	83 dt/ha
Müllheim	60 dt/ha	79 dt/ha
Feldberg	55 dt/ha	60 dt/ha
Blansingen	60 dt/ha	79 dt/ha

Ohne daß es möglich wäre, ein abschließendes Urteil über die Umstände der Festlegung von Ertragszielen zu fällen, muß doch daran erinnert werden, daß es sich bei der Festlegung des Ertragszieles um einen Kernpunkt jeder Bilanzierungsmethode handelt, weil davon unmittelbar die erforderliche Gesamtmenge an verfügbarem Stickstoff abhängt. Die Überschätzung dieses Zieles führt zu Stickstoffüberschüssen, die von der Pflanze nur unvollkommen aufgenommen werden und so nach der Ernte zu erhöhten Werten an mineralisiertem Stickstoff führen, welcher über Winter ausgewaschen werden kann. Eine Unterschätzung führt dagegen zu Mindererträgen und Ertragseinbußen für den Landwirt.

Im Jahr 1994 ergeben sich für die 6 verfügbaren Ergebnisse folgende Situationen:

- In 4 Fällen (Dornhan 1, Dornhan 2, Linx und Feldberg) wurde die Ertragserwartung um 4 - 10 dt/ha übertroffen. Jedoch ergibt die Auswertung der Ertragskurve dieser Versuche, mit Ausnahme von Dornhan 2 und Feldberg, daß der höchste Ertrag mit der höchsten Stickstoffgabe erreicht wurde, wobei der Nmin-Gehalt nach der Ernte im selben Bereich lag, wie der der niedriger und ungedüngten Parzellen. Man kann deshalb unterstellen, daß in zwei dieser vier Versuche die geprüften Stickstoffgaben das Aufnahmepotential und damit das Ertragspotential der Kultur nicht mit letzter Sicherheit ausgeschöpft haben und das Ertragspotential zum Nachteil des Landwirts unterschätzt wurde.

- In 2 Fällen (Hüfingen und Bad Dürkheim) wurde die Ertragserwartung um 7 - 12 dt/ha unterschritten, wobei der Maximalertrag mit der höchsten Stickstoffgabe erreicht wurde. Hier stimmt vielleicht die Ertragserwartung, aber es kann durchaus sein, daß die Stickstofflieferung des Bodens überschätzt wurde so zu Ertragseinbußen geführt hat. In der Tat sind auch hier die nach der Ernte gemessenen Nmin-Werte im Boden unabhängig von der Höhe der Düngung und widerspiegeln in allen Fällen eine gute Stickstoffausnutzung.

- In Müllheim und Blansingen wurde das Ertragspotential mit mindestens 19 dt/ha Differenz weit unterschätzt. Die geprüften Düngergaben haben aber das Ertragsmaximum des Schlages wohl erreicht, wenn man von den Inhomogenitäten dieses Versuches abstrahiert.

3.3.2.2 Vergleich der erzielten Erträge und aufgenommenen Stickstoffmengen bei den Varianten NID, SchALVO, Nettoentzug und Ortsüblich

Da die Versuche mit nur zwei Wiederholungen durchgeführt, haben wir auf eine Varianzanalyse verzichtet. Strenggenommen sind die hier vorgestellten Schlußfolgerungen eher als Hypothesen denn als Ergebnisse zu betrachten.

Versuch	Angabe	NID	SchALVO	Nettoentzug	Ortsüblich
Hüfingen	N-Düngung	180 kg/ha	144 kg/ha	178 kg/ha	201 kg/ha
	Ertrag	75,4 dt/ha	70,1 dt/ha	76,6 dt/ha	78,1 dt/ha
	N-Aufnahme	226 kg/ha	204 kg/ha	226 kg/ha	235 kg/ha
Dornhan 1	N-Düngung	180	150	176	160
	Ertrag	78,8	74,8	76,2	73,8
	N-Aufnahme				
Dornhan 2	N-Düngung	175	140	165	150
	Ertrag	73,8	73,4	73,6	71,7
	N-Aufnahme				
Linx	N-Düngung	160	128	164	120
	Ertrag	77,9	70,5	80,5	72,9
	N-Aufnahme				
Bad Dürkheim	N-Düngung	180	144	207	230
	Ertrag	81,3	70,4	81,1	83,4
	N-Aufnahme	246	219	240	258
Erzingen	N-Düngung	210	165	200	220
	Ertrag	73,4	69,6	73,7	69,3
	N-Aufnahme		207	227	225
Geislingen	N-Düngung	175	140	180	220
	Ertrag	56,1	56,9	53,8	53,2
	N-Aufnahme	178	170	174	183
Müllheim	N-Düngung	132	106	138	60
	Ertrag	78,6	72,9	75,4	63,9
	N-Aufnahme	171	169	176	146
Feldberg	N-Düngung	110	88	118	60
	Ertrag	59,6	56,3	48,7	60,3
	N-Aufnahme	211	180	160	192
Blansingen	N-Düngung	140	112	126	170
	Ertrag	73,7	79,2		74,2
	N-Aufnahme				

In 7 von 10 Versuchen führt die SchALVO-Düngung (NID-20%), dem Modell entsprechend, zu Mindererträgen gegenüber der NID-Düngung. Das bedeutet aber nicht unbedingt, daß in diesen 7 Fällen die NID-Düngung richtig war (siehe die Diskussion im vorherigen Kapitel). In zwei weiteren Fällen wurde der Höchstertrag des Versuchs in der SchALVO-Variante erreicht, was darauf hindeutet, daß die NID-Gabe zu hoch lag.

- In Geislingen beträgt der Höchstertrag rund 55 dt/ha, auch für Düngergaben weit über der NID-Düngung, und die aufgenommene Stickstoffmenge steigt nicht über 180 kg/ha bei allen Düngergaben zwischen 140 und 220 kg N/ha.

- In Dornhan 2 scheinen die Erträge für alle Düngergaben zwischen 150 und 175 kg N/ha gleich zu sein.

In beiden Fällen wurde die Ertragserwartung zu hoch angesetzt.

So bleibt also das Auseinanderklaffen der Ertragserwartungen und der tatsächlich erzielten Erträge eine der Schwachstellen des Systems. Von daher ist es angezeigt darüber nachzudenken, wie man die Ertragserwartung für einen Schlag festlegt. Dieser Mangel ist im übrigen nicht spezifisch für Baden-Württemberg sondern läßt sich auch im Elsaß feststellen, wo es auch keine beschriebene Methode verfügbar ist und das Wort des Fachmanns der einzige Anhaltspunkt ist.

3.3.2.3 Vergleich der Nmin-Werte nach der Ernte zwischen NID, SchALVO, Nettoentzug und Ortsüblich

Die Messungen beziehen sich auf den Gehalt an Nitratstickstoff in den obersten 90 cm des Bodens direkt nach der Ernte. Die folgende Tabelle gibt die Ergebnisse wider:

Versuch	Angaben	NID	SchALVO	Nettoentzug	Ortsüblich	Kontrolle ungedüngt
Hüfingen	Düngung Nmin-Wert	180 kg N/ha 19 kg N/ha	144 kg N/ha 21 kg N/ha	178 kg N/ha 20 kg N/ha	201 kg N/ha 19 kg N/ha	35 kg N/ha
Dornhan 1	Düngung Nmin-Wert	180 18	150 13,5	176 14,5	160 14,5	18,5
Dornhan 2	Düngung Nmin-Wert	175 71	140 63,5	165 67	150 74	72,5
Linx	Düngung Nmin-Wert	160 31	128 25	164 29	120 26	34
Bad Dürnheim	Düngung Nmin-Wert	180 30	144 22	207 25	230 15	21
Erzingen	Düngung Nmin-Wert	210 33	165 28	200 37	220 82	23
Geisslingen	Düngung Nmin-Wert	175 74	140 99	180 77	220 145	65
Müllheim	Düngung Nmin-Wert	132 13	106 16	138 7	60 9	9
Feldberg	Düngung Nmin-Wert	110 12	88 11	118 12	60 13	12
Blansingen	Düngung Nmin-Wert	140 7	112 7	126	170 10	10

Die gemessenen Unterschiede sind gering, meist kleiner oder gleich 10 kg N/ha in 8 von 10 Fällen. Man wird kaum behaupten können, daß diese Unterschiede signifikativ seien.

Lediglich im Versuch Geisslingen zeigen sich die Auswirkungen einer offensichtlichen Überdüngung mit einem deutlichen Anstieg des Nmin-Werts bei der Düngung mit 220 kg N/ha, die hinsichtlich der Ertragsergebnisse und des aufgenommenen Stickstoffs, wie sie im vorherigen Abschnitt diskutiert wurden, zu hoch war. Das Ergebnis der Variante 140 kg N/ha erscheint dagegen zweifelhaft.

3.3.2.4 Vergleich der Nmin-Werte nach Ernte zwischen den gedüngten Varianten und der ungedüngten Kontrolle

Mit Ausnahme des Geisslinger Versuches, bei dem die Stufe 220 kg N/ha offensichtlich eine Überdüngung ergab, bleiben die Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten und der ungedüngten Kontrolle sehr gering. Dieses Ergebnis ergibt sich im Rahmen einer allgemeinen Unterdüngung als Folge einer Unterschätzung der Ertragspotentiale.

3.3.3 Die Ergebnisse des Jahres 1995

Im Jahre 1995 wurden die folgenden Varianten geprüft:

- NID -OGL: Berechnung der Stickstoffdüngung nach dem Verfahren des 'Nitrat-informationsdienstes', das basiert auf
 - einer Messung des Nmin-Wertes im Frühjahr
 - einer Bedarfsschätzung von 2,5 kg N/ha (2,1 -2,9 kg N/ha) + 20 kg N/ha.
- NID-OGL - 20% (=SchALVO): Die errechnete Düngermenge wird entsprechend den Bestimmungen der SchALVO zum Schutz der Grundwasserqualität in Wasserschutzgebieten, um 20% reduziert. Mit diesem System soll eine möglichst vollständige Aufnahme erreicht werden, wobei gewisse Ertragseinbußen bewußt in Kauf genommen werden, damit der Nmin-Wert nach der Ernte möglichst gering ist.
- Eine ungedüngte Kontrolle zur Ermittlung der Stickstofflieferung des Bodens, um damit die Ergebnisse der gedüngten Varianten möglichst genau erklären zu können.

Im Gegensatz zu 1994 wurden die Versuche mit 4 Wiederholungen durchgeführt, so daß eine statistische Auswertung der Ergebnisse möglich war.

Wie im bereits im Vorjahr wurden die erzielten Ergebnisse wurden nach verschiedenen Kriterien geordnet:

- Erreichung des vom Versuchsansteller festgelegten Ertragszieles
- Vergleich der Erträge zwischen NID und SchALVO
- Vergleich des aufgenommenen Stickstoffs zwischen NID und SchALVO
- Vergleich der Nmin-Werte nach der Ernte zwischen NID und SchALVO
- Vergleich der Nmin-Werte nach der Ernte zwischen SchALVO und ungedüngter Kontrolle.

3.3.3.1 Erreichung des vom Versuchsansteller festgelegten Ertragszieles

Die Ertragserwartung der Versuchsansteller ist für alle 10 Versuche bekannt.

Versuch	Ertragserwartung	Höchstertrag des Versuchs
Bamlach	65 dt/ha	75 dt/ha
Dornhan 1	85	75
Dornhan 2	85	61
Rheinau-Linx	70	77
Erzingen	75	70
Geisslingen	75	68
Müllheim	60	69
Feldberg	60	65
Donaueschingen	80	51 (Hagel)
Bad Dürkheim	80	84

Das Ertragsziel wurde in 5 von 10 Fällen erreicht oder übertroffen.

Dies stellt sicher, daß der gedüngte Stickstoff vom Bestand wirklich aufgenommen wurde, sofern die Düngungsberechnung beruht auf:

- für die Kultur zutreffenden Entzugswerten
- nicht unterschätzter Stickstofflieferung des Bodens.

Auf der anderen Seite wurde das Ertragsziel in 5 von 10 Fällen nicht erreicht (Dornhan 1 und 2, Erzingen, Geisslingen und Donaueschingen).

Ohne daß es möglich wäre, ein abschließendes Urteil über die Umstände der Festlegung von Ertragszielen zu fällen, muß doch daran erinnert werden, daß es sich bei der Festlegung des Ertragszieles um einen Kernpunkt jeder Bilanzierungsmethode handelt, weil davon unmittelbar die erforderliche Gesamtmenge an verfügbarem Stickstoff abhängt.

Die Versuche Dornhan 1 und Dornhan 2 sind selbstredend: Eine Überschätzung der Ertragserwartung um 10 bis 25 dt/ha führt beim NID-Verfahren zur Überdüngungen in Höhe von 25 bis 60 kg N/ha. In diesen Versuchen, wie auch in Erzingen und Geisslingen, werden in der SchALVO-Variante gleich hohe Erträge erzielt bei gegenüber der ungedüngten Nullvariante immer noch deutlich erhöhten Nmin-Werten nach der Ernte.

Für den Versuch Donaueschingen gilt diese Schlußfolgerung nicht, da er durch Hagel geschädigt wurde.

3.3.3.2 Vergleich der Erträge und des aufgenommenen Stickstoffs zwischen den Varianten NID und SchALVO

Versuch	Angaben	NID	SchALVO	Bemerkungen
Bamlach	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	165 kg N/ha 75,5 dt/ha 195 kg N/ha	130 kg N/ha 74,3 dt/ha 196 kg N/ha	Unterschätzung der Stickstofflieferung des Bodens
Dornhan 1	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	210 74,9 227	175 74,1 215	Zu hohe Ertragserwartung
Dornhan 2	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	210 60,8 200	175 59,0 185	Zu hohe Ertragserwartung
Rheinau-Linx	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	160 76,8 231	122 71,1 199	
Erzingen	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	180 70,4 190	145 69,0 181	Zu hohe Ertragserwartung
Geisslingen	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	180 68,1 181	145 64,4 178	Zu hohe Ertragserwartung
Müllheim	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	150 69,4 168	120 63,8 154	Unterschätzung der Stickstofflieferung des Bodens
Feldberg	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	150 65,4 154	120 63,8 154	Unterschätzung der Stickstofflieferung des Bodens
Donaueschingen	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	190 50,9 143	155 47,5 130	Hagelschaden
Bad Dürkheim	N-Düngung Ertrag aufgenommener N	200 83,7 268	160 76,9 254	

Lediglich zwei der zehn Versuche zeigen signifikante Ertragsunterschiede zwischen den beiden Düngungsstufen zugunsten der NID-Variante: Linx und Bad Dürkheim.

In den 8 anderen Fällen hat die SchALVO-Variante einen gleich hohen Ertrag erbracht, was auf eine zu hohe NID-Düngung hinweist.

In vier der acht Fälle liegt der Fehler, zumindest teilweise, in der Überschätzung des Ertragszieles und damit des Düngerbedarfs (siehe vorheriger Abschnitt).

In drei weiteren der acht Fälle, in denen das Ertragsziel mit beiden Düngungsstufen erreicht oder übertroffen wurde, ist die Stickstofflieferung des Bodens unterschätzt worden.

So bleibt also das Auseinanderklaffen der Ertragserwartungen und der tatsächlich erzielten Erträge eine der Schwachstellen des Systems. Von daher ist es angezeigt darüber nachzudenken, wie man die Ertragserwartung für einen Schlag festlegt. Dieser Mangel ist im übrigen nicht spezifisch für Baden-Württemberg sondern läßt sich auch im Elsaß feststellen, wo es auch keine beschriebene Methode verfügbar ist und das Wort des Fachmanns der einzige Anhaltspunkt ist.

3.3.3.3 Vergleich der Nmin-Werte nach der Ernte zwischen NID und SchALVO-Variante

Die Messungen beziehen sich auf den unmittelbar nach der Ernte im Boden befindlichen Nitratstickstoff auf 90 cm Tiefe. Die gemessenen Unterschiede sind gering und betragen in 8 von 10 Fällen maximal 10 kg N/ha. Man wird kaum behaupten können, daß diese Unterschiede signifikativ seien. Lediglich in den Versuchen Rheinau-Linx und Bad Dürkheim, die auch signifikante Ertragsunterschiede aufweisen, scheinen auch die Nmin-Unterschiede signifikant zu sein.

3.3.3.4 Vergleich der Nmin-Werte nach der Ernte zwischen SchALVO-Variante und Kontrolle

In vier Versuchen findet man einen deutlichen Unterschied zwischen dem Nmin-Wert der SchALVO-Parzelle und der ungedüngten Kontrolle:

Dornhan 1	+ 30 kg N/ha bei SchALVO
Rheinau-Linx	+ 18 kg N/ha bei SchALVO
Donaueschingen	+ 29 kg N/ha bei SchALVO
Bad Dürkheim	+ 26 kg N/ha bei SchALVO

Diese Feststellung steht im Gegensatz zum Ziel einer gegenüber dem Optimum um 20% reduzierten Stickstoffdüngung. In den verschiedenen Fällen lassen sich folgende Erklärungen versuchen:

- in **Dornhan 1** waren beide Düngungsstufen (NID und SchALVO) zu hoch, weil die Ertragserwartung zu hoch angesetzt wurde und weil der Boden vielleicht mehr Stickstoff geliefert hat, als vermutet wurde.

- in **Rheinau-Linx**, wo die SchALVO-Variante immerhin ertragsbegrenzend war, ist der Unterschied im Nmin-Gehalt nach der Ernte schwieriger erklärbar. Eine Erklärung könnte im späten Zeitpunkt der letzten Düngergabe (45 kg N/ha am 07.06. im Stadium 51: Beginn des Ährenschiebens) liegen. Darauf deutet auch der schlechte N-Ausnutzungskoeffizient in dieser Variante hin von (53%).

- in **Donaueschingen** steht fest, daß beide Düngungsstufen (45 kg N/ha am 07.06. zum Beginn des Ährenschiebens) zu hoch lagen, wegen einer infolge Hagelschadens zu hohen Ertragserwartung.

- in **Bad Dürkheim** liegen die Verhältnisse ähnlich wie in Rheinau-Linx mit einer ebenfalls recht späten Gabe von 50 kg N/ha am 26.06. zu Blühbeginn und einer nur 36% Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs.

Zusammenfassung 1994 - 1995

Die Zusammenfassung der Ergebnisse aus 2 Versuchsjahren führt zu folgenden Bemerkungen betreffend die Kriterien 'Erreichung des Ertragsziels' und 'Zuverlässigkeit der Abschätzung der Stickstofflieferung des Bodens'.

Erreichung des Ertragsziels

Dieses Kriterium wird unabhängig von der Methode der Düngungsberechnung bewertet. Dabei geht es darum, wie zutreffend der Versuchsansteller in Kenntnis des Standorts das Ertragsziel festgelegt hat, weil dabei jede Überschätzung eine Überdüngung zur Folge hat.

- Ertragsziel bis auf ± 5 dt/ha erreicht: 5 von 17 Fällen
- Ertragsziel um mehr als 5 dt/ha überschritten 7 von 17 Fällen
- Ertragsziel nicht erreicht 5 von 17 Fällen

Bei diesen Versuchen wurden die erzielbaren Erträge in 5 von 17 Fällen zu hoch geschätzt und in 7 von 17 Fällen bei weitem unterschätzt. Ein objektives Verfahren zur Festlegung der Ertragsziele bleibt noch zu entwickeln.

Genauigkeit der Vorhersage für die Stickstoffnachlieferung des Bodens.

Wie die nachstehende Tabelle aufzeigt, ergibt die Gegenüberstellung der Stickstoff-Boden-nachlieferung, wie sie zur Berechnung der N-Düngung beim NID angenommen wird, mit der von ungedüngten Kontrollparzellen aufgenommenen Stickstoffmenge in allen Fällen eine Unterschätzung dieser Menge beim NID:

Standort	Ertragsziel	Gesamt - N-Bedarf (kg/ha)	NID-Düngeempf. (kg/ha)	Geschätzte N-Lieferung des Bodens (kg/ha)	N-Aufnahme in ungedüngter Nullparzelle (kg/ha)
Bamlach 95	65	189	165	24	103
Dornhan 1 95	85	241	210	31	159
Dornhan 2 95	85	241	210	31	86
Rheinau-Linx 95	70	202	160	42	134
Erzingen 95	75	215	180	35	89
Geisslingen 95	75	215	180	35	124
Müllheim 95	60	176	150	26	109
Feldberg 95	60	176	150	26	78
Donaueschingen 95	80	228	190	38	94
Bad Dürrheim 95	80	228	200	28	196
Hüfingen 94	90	254	180	74	118
Dornhan 1 94	70	202	180	22	118
Linx 94	70	202	160	42	89
Bad Dürrheim 94	90	254	180	74	128
Müllheim 94	60	176	132	44	91
Feldberg 94	55	163	110	53	86

Demnach garantiert der NID in jedem Fall die Erreichung des Ertragsziels. Eine Garantie für möglichst niedrige Nitratwerte nach der Ernte bietet er hingegen nicht.

Eine vertiefte Untersuchung zur Abschätzung der N-Nachlieferung durch den Boden unter Weizen mit Hilfe des NID oder des in Frankreich gebräuchlichen Systems AZOBIL kann auf den gewonnenen Ergebnissen aufbauen.

Aus dieser Versuchsreihe läßt sich schlußfolgern:

daß es nötig ist, Anstrengungen zu unternehmen, hinsichtlich der Festlegung von Ertragserwartungen, die während der Vegetationsdauer, in Abhängigkeit vom Zustand des Pflanzenbestandes, nach unten korrigiert werden können (s.a. Abschnitt 3.1).

daß die Art und Weise der Aufteilung auf die verschiedenen Gaben überprüft werden muß, da die späten Gaben evtl. schlecht genutzt werden und zu erhöhten N_{min}-Werten nach der Ernte führen können. Ihre Notwendigkeit muß in Abhängigkeit vom angestrebten Eiweißgehalt diskutiert werden.

und auf methodischer Ebene:

- die Notwendigkeit, über Informationen im Zusammenhang mit der Festlegung des Ertragszieles durch den Versuchsansteller zu verfügen sowie über die Gesamtheit der Annahmen, die zur NID-Empfehlung führen,

- den Nutzen von Messungen zur Menge des aufgenommenen Stickstoffs, zusätzlich zum Ertrag und zur Zahl der Körner/m²,

- die Schwierigkeiten, mit den Datengrundlagen weiter zu kommen, wenn die getesteten Stickstoffvarianten sehr nahe beieinander liegen: In 7 von 10 Versuchen des Jahres 1994 überschreitet die Bandbreite der Stickstoffdüngung keine 60 kg/ha und enthält keine Variante, bei der der Stickstoff nicht ertragsbegrenzend gewesen wäre. Nur eine vollständige Aufwands - Ertragskurve, wie beispielsweise die von Geisslingen, nach unten ergänzt um niedrigere Gaben, kann die Überlegungen voranbringen. Auch wenn neben der Nullparzelle nur 2 Düngungsstufen getestet werden, wie 1995, und sich diese beide als zu hoch erweisen, besteht keine Möglichkeit, die richtige Düngermenge zu bestimmen.

Die Fortsetzung solcher Versuche, die häufig noch zur Eichung unserer Methoden zur Berechnung der Stickstoffdüngung erforderlich sind, erfolgt

- mit Hilfe von wenigen Versuchen, die jedoch eine vollständige Aufwands-Ertrags-Kurve (z.B. NID, NID +20%, NID -20%, NID -40%, Nullparzelle) beinhalten. Hypothesen zu Düngerberechnungsverfahren können immer noch hinterher an einer kompletten Ertragskurve überprüft werden. Solche Versuche können gespeichert werden und stellen dann eine regional und auch grenzüberschreitend nutzbare Datengrundlage für die Landwirtschaft dar.

- durch eine unterschiedliche Aufteilung der N-Düngung bei bestimmten Düngungsstufen (z.B. bei NID -20% und NID -40% die französische Aufteilung auf 2 Gaben und die deutsche Aufteilung auf 3-4 Gaben.

- die Suche nach objektiven Indikatoren für das Ertragspotential von Parzellen, welche die Messung der wichtigsten Ertragskomponenten, die Beschreibung des Bodentyps und seiner nutzbaren Wasserkapazität sowie den Zugang zu den Daten einer repräsentativen Wetterstation umfaßt.

4. Allgemeine Schlußfolgerung

Die im Rahmen dieses Projekts vorgesehenen Arbeiten wurden erfolgreich abgeschlossen, aber die erzielten Ergebnisse können noch nicht als endgültig betrachtet werden insofern, als sie noch keine sichere und in der Oberrheinregion überprüfte Methode zur vereinfachten Berechnung der Stickstoffdüngung in Weizen geliefert haben. In Anbetracht der unterschiedlichen Ausgangsbedingungen wäre es aber auch überraschend gewesen, dieses Ziel innerhalb von zwei Vegetationsperioden zu erreichen.

4.1 Die Methoden NID und AZOBIL

Der Vergleich der Baden-württembergischen und der französischen Methode zeigt im grundsätzlichen ähnliche theoretische Ansätze mit Berücksichtigung der verschiedenen Einflußgrößen in der Bilanz. Im Detail unterscheiden sie sich dennoch zu sehr, als daß man Größe für Größe miteinander vergleichen könnte.

Der Vergleich muß sich deshalb auf die Vorhersagegenauigkeit der Stickstofflieferung des Bodens zu einer Kultur beziehen. Die 77 Ergebnisse von ungedüngten Kontrollparzellen erlauben, diese Arbeit ohne zusätzliche Versuche in Angriff zu nehmen. Sie erlauben, die Zuverlässigkeit der beiden Methoden zu prüfen, welche Modelle darstellen, die eine Messung des im Boden verfügbaren Mineralstickstoffs zu Vegetationsbeginn erfordern.

4.2 Die Methode der vereinfachten Bilanz mit Berücksichtigung der offensichtlichen Stickstoffausnutzungsrate

Die 77 Kontrollparzellen mit Weizen ohne Stickstoffdüngung haben die starke Streuung der Stickstoffnachlieferung durch den Boden im Verhältnis 1:5 deutlich gemacht. Sie haben auch bestätigt, daß die zu Vegetationsbeginn im Boden meßbare Menge an mineralisiertem Stickstoff diese Streuung nur zu einem kleinen Teil erklärt. Ermutigendere Ergebnisse wurden erzielt durch Gruppierung der Meßwerte nach Bodentypen und Anbausystemen: Die Schwankungsbreite reduziert sich und man kann eine Tabelle der Bodennachlieferung mit regionaler Gültigkeit ins Auge fassen.

Die im Rahmen dieses ersten Programmes erhobenen Daten reichen jedoch noch nicht aus, um eine solche Tabelle zu veröffentlichen. Außerdem müssen noch die Kriterien, sowohl für die Beschreibung der Böden als auch für die Erfassung der klimatischen Besonderheiten (Beispiel der Böden auf Löß, die sehr unterschiedlich sein können und in verschiedenen Klimaregionen liegen), genauer festgelegt werden.

Die Fortsetzung der Arbeiten in dieser Richtung würde eine Mobilisierung der technischen Partner vor Ort in großem Umfang erfordern, um die Zahl der Kontrollparzellen ohne Stickstoffdüngung stark zu vergrößern und die Ergebnisse im Rahmen von Gruppenberatungsaktionen, für die sich dieses Verfahren anbietet, in die praktische Landwirtschaft zu tragen.

4.3 Die Kenntnis der Ertragspotentiale

Eine objektive Erfassung der Ertragspotentiale von Schlägen ist unerlässlich für jede Berechnungsmethode zur Stickstoffdüngung, die wirklich den Ertrag garantieren und das Risiko einer Grundwasserbelastung durch Nitratauswaschung reduzieren will.

Im Rahmen dieser Arbeit zeichnen sich zwei Wege für Fortschritte auf diesem Gebiet ab:

- die Sammlung von Daten von Parzellen ohne ertragsbegrenzende technische Faktoren und deren statistische Verrechnung innerhalb von verschiedenen Standorttypen (Boden+Klima). Dies wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführt und hat zu ersten ermutigenden Ergebnissen geführt, die aber noch nicht vollständig sind.

- eine vollständige Auswertung dieser Ergebnisse mit dem Versuch der Erstellung eines echten Ertragsbildungsmodells, mit Gültigkeit für die Standorte der Rheinebene.

In beiden Fällen wären neue Parzellenversuche erforderlich, in geringerem Umfang für den zweiten Fall als für den Ersten.

4.4 Die Ertragsbildung in einem Pflanzenbestand

Diese zuletzt genannte Arbeit ermöglicht Bezugspunkte für die Führung von Weizenbeständen, indem sie Ziele für den Bestand zwischen Saat und Ernte vorgibt. Diese Daten erlauben auch während der Vegetationsperiode die Kontrolle, ob man sich auf dem richtigen Weg befindet - oder nicht, und eine allfällige Anpassung der Bestandesführung.

Diese Arbeit ist praktisch abgeschlossen für zwei Sortentypen, nämlich großkörnige (Typ Rossini) und kleinkörnige (Typ Sidéral, Récital) und für die Ertragskomponenten zum Erntezeitpunkt: Anzahl Ähren/m², Anzahl Körner/m² und Tausendkorngewicht. Einige ergänzende Versuche zu speziellen Fragen (z.B. Saattermin x Bestandesdichte) würden eine endgültige Aussage zu diesen Beziehungen ermöglichen und diese auf Frühere Zeitpunkte ausdehnen (Saatstärke und Anzahl Pflanzen nach Winter).

Man wird insbesondere nachweisen können, daß Höchsterträge über 90 dt/h immer mit einer guten Wasserversorgung während der Kornfüllungsphase einhergehen und daß der Stickstoff dabei zweifellos eine zweitrangige Rolle spielt.

Danksagungen

Unser Dank gilt allen Institutionen und Kollegen dieses Versuchsprogramms, die dessen Verwirklichung durch die Anlage und Betreuung von Versuchen oder den Zugang zu ihren eigenen Versuchen ermöglicht haben.

Im Elsaß: Landwirtschaftskammer des Unterelsaß (SUAD), Landwirtschaftskammer des Oberelsaß (SUAD), ITCF, Comptoir Agricole Hochfelden, Coopérative Agricole de Céréales sowie Landhandelsunternehmen Gustave Muller und Armbruster

In Baden-Württemberg: Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung Müllheim, Regierungspräsidium Freiburg (Ref. 34) sowie Ämter für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur Donaueschingen, Lörrach, Offenburg, Rottweil und Waldshut.

Literatur

- 1 Anonym, Erlaß vom 17. Februar 1995, « Nitratinformationsdienst 1995, Berechnung der Düngeempfehlung », Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim, 14 Seiten.
- 2 BENOIT M., 1991, « Un indicateur des pratiques de fertilisation azotée nommé BASCULE », Fourrages,...
- 3 FRITSCH F., 1992, « Enquêtes sur les pratiques de fertilisation azotée des exploitants agricoles du Ried en vue de maîtriser les fuites de nitrates vers la nappe », mémoire d'ingénieur ISAB, ARAA, 64 pages.
- 4 GROUPE AZOTE DU COMIFER, 1996, « Calcul de la fertilisation azotée des cultures annuelles, guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales », COMIFER, 59 pages.
- 5 TAUREAU J.C., MACHET J.M., CATTIN G., GROUPE AZOTE DU COMIFER, 1995, « La fertilisation azotée des cultures annuelles », 2^{èmes} rencontres nationales de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre, GEMAS et COMIFER, pp 101-111.