

## 2.2 Anwendung von Modulen in der Praxis (TP I-2)

Teilprojektleiter:	Dr. A. Werner
Bearbeiter <i>Projektkonzept Standorte</i> :	Dipl. Ing. A. Jarfe
Bearbeiter <i>Grund-/N-Düngung</i> :	Dipl. Ing. P. Leithold (Fa. AgriCon)

### 2.2.1 Zusammenfassung

Das Verbundprojekt *pre agro* war praxisorientiert angelegt. Die Kooperation mit landwirtschaftlichen Betrieben, Lohnunternehmern und einem Maschinenring diente zum einen dazu, verschiedene geographische Verhältnisse wichtiger Anbauregionen innerhalb von Deutschland in der Modulentwicklung zu berücksichtigen. Gleichzeitig sollten auf den Betrieben die im Rahmen der Teilprojekte des Projektbereiches III (Management der Informationsverarbeitung) erarbeiteten Regeln und Algorithmen in der Praxis angewendet und damit erprobt werden. Durch die gelenkte Auswahl der Betriebe gelang es zudem, mit den Projektarbeiten die Auswirkungen von precision agriculture unter verschiedenen Betriebsformen zu untersuchen.

### 2.2.2 Projektdurchführung

Bereits in der Antragsphase wurden aufgrund der Anbauverhältnisse und der Betriebsstrukturen an den jeweiligen Standorten wesentliche inhaltliche Bearbeitungsschwerpunkte aus Sicht des Verbundprojektes festgelegt. Für die Standorte in unmittelbarer räumlicher Nähe zu definierten Projektpartnern entsprachen die Bearbeitungsschwerpunkte auf den Betrieben den Themenschwerpunkten der jeweiligen Teilprojekte. So wurden für die Standorte

- Thumby die Hofbodenkartierung (TP II-1a, Kap. 3.1),
- Groß-Twülpstedt die differenzierte Bodenbearbeitung (TP III-3, Kap. 4.4),
- Kassow die Ableitung von Düngungsalgorithmen (TP III-4, Kap. 4.5) und Luftbildbefliegung (TP II-2, Kap. 3.3)
- Zeilitzheim die Gewannwirtschaft (TP I-3, Kap. 2.3)

als Bearbeitungsschwerpunkte festgelegt. Gleichzeitig übernahmen die genannten Teilprojekte auch die Betreuung der jeweiligen Betriebe und der durchzuführenden Maßnahmen. Diese erfolgten in enger Absprache mit den Teilprojekten I-1 (Kap. 2.1) und V-1b (Kap. 6).

Für die anderen Standorte wurden, in Absprache mit den Betrieben und in Anpassung an die speziellen betrieblichen Anbauverhältnisse, die folgenden Arbeitsschwerpunkte vereinbart:

Raguhn	Applikation von ortsdifferenzierten Düngungsmengen für P und K sowie Kalk auf Dienstleistungsbasis (s. auch Kap. 4.5),
Landshut	Standort- und Ertragskartierung mit Ableitung differenzierter Saat- und Düngungsmengen für Wintergetreide auf Dienstleistungsbasis,
Raesfeld	Standort- und Ertragskartierung mit Ableitung differenzierter Saat- und Düngungsmengen für Silomais auf Dienstleistungsbasis (s. auch Kap 4.3),
Baasdorf	ortsdifferenzierte Aussaat bei Wintergetreide sowie ortsdifferenzierte Ausbringung von organischem Dünger.

An diesen zuletzt genannten Standorten wurden die Arbeiten gemeinsam konsultativ durch die Teilprojekte des Projektbereiches III sowie organisatorisch durch die TP I-1 (Fa. Agricon) und die TP V-1a/b betreut und in der Durchführung begleitet.

Mit Projektbeginn wurde das Experimentalprogramm konkretisiert und erweitert. So wurden z. B. ein einheitliches Pflichtprogramm<sup>1</sup> auf allen acht Standorten eingerichtet sowie weitere Sonderaktivitäten aufgenommen. Dadurch unterscheiden sich die Standorte Raguhn, Landshut, Raesfeld und Baasdorf in der allgemeinen Betrachtung nicht von den anderen Standorten. An jedem Standort wurde somit das Pflichtprogramm durchgeführt und mindestens ein weiterer Bearbeitungsschwerpunkt untersucht (s. oben). Die für die Durchführung dieser Pflichtprogramme erforderliche Technik bzw. Geräteausstattung wurde durch dieses Teilprojekt vorgeplant und beschafft. Der Einsatz dieser Technik wurde mit den Betrieben inhaltlich abgestimmt sowie in der praktischen Versuchsdurchführung umgesetzt.

Die Maßnahmen des Pflichtprogramms, die auf allen acht Projektstandorten umgesetzt wurden, sind in den Kapiteln 4.3 (Saat), 4.5 (Düngung) und 4.6 (Wachstumsregler) beschrieben und daher an dieser Stelle nicht aufgeführt. Im Folgenden soll daher nur auf die speziellen Fragestellungen, die an den vier Standorten Raguhn, Landshut, Raesfeld und Baasdorf bearbeitet wurden, eingegangen werden. Da aber auch diese Arbeiten überwiegend in der Verantwortung einzelner Teilprojekte lagen, sind die Arbeiten oftmals detaillierter in den übrigen Kapiteln des *pre agro*-Endberichtes beschrieben. Dennoch soll an dieser Stelle kurz auf die wesentlichen Arbeiten an den vier Standorten eingegangen werden.

### **Standort Raguhn: Durchführung von ortsdifferenzierter Düngung für P und K sowie Kalk auf Dienstleistungsbasis**

Am Untersuchungsstandort Raguhn standen dem Projekt ca. 1.200 ha landwirtschaftliche Fläche für direkte Datenerhebung und differenzierte Maßnahmengestaltung zur Verfügung. Hauptziel der Arbeiten an diesem Standort war es, die Wirksamkeit der ortsspezifischen N- und Grunddüngung im Vergleich zur konventionellen (nicht ortsspezifischen) Düngung unter großflächigen

<sup>1</sup> Das Pflichtprogramm setzt sich aus einer differenzierten Aussaat von Winterweizen, der darauf aufbauenden differenzierten Stickstoffapplikation und einem differenzierten Einsatz von Wachstumsreglern zusammen.

Praxisbedingungen zu erproben. Dabei sollte die bisher übliche Vorgehensweise der differenzierten Düngung anhand einer Kartierung des Nährstoffgehaltes im Boden kritisch überprüft werden. Des Weiteren sollten Anforderungen und Organisationsvoraussetzungen für den überbetrieblichen Einsatz der precision agriculture-Technologie herausgearbeitet werden. Darüber hinaus war der Einsatz des Hydro-N-Sensors kritisch zu betrachten, hier unter der besonderen Berücksichtigung eines großflächigen Einsatzes. Diese Zielsetzung wurde im laufenden Projekt hinzugefügt, da der N-Sensor erst mit Projektbeginn für einen Praxiseinsatz zur Verfügung stand. Zudem stellt er eine umfassende, in der Praxis von precision agriculture kontrovers diskutierte Technik dar. Um möglichst zuverlässige Aussagen zu erhalten, wurden seitens des Verbundprojektes mit sieben Betrieben an diesem Standort (insgesamt 28 Schläge) entsprechende Erprobungsverträge abgeschlossen.

Bereits im Herbst 1999 sowie im Frühjahr 2000 wurden Bodenproben für die Analyse der Nährstoffgehalte zu P und K gezogen. Die ergänzende Standortinventur der Schläge war zudem rasch abgeschlossen. Dabei wurde das Beprobungsraster auf Grundlage der von den Teilprojekten des Projektbereiches II (Standort- und Bestandesanalyse) erhobenen Daten sowie den Ertragskarten des Vorjahres durchgeführt. Dadurch variierte das Beprobungsraster zwischen  $< 1$  und ca. 2 Probenahmepunkten je Hektar.

Die an diesem Standort für ortsdifferenzierte Grunddüngung zur Verfügung stehende Applikationstechnik (Zweikammer-Pneumatstreuer auf TERRA GATOR und Tellerdüngerstreuer auf Iveco) wurde erprobt und lief fehlerlos. Applikationskarten für P, K, Mg und Kalk wurden auf dieser Datenbasis unter Nutzung der allgemeinen LUFA-Düngungsempfehlungen für das Anbaujahr 1999/2000 erstellt und mit den Betriebsleitern abgesprochen. Die Schläge wurden auf der Basis dieser Regeln differenziert mit Grunddünger versorgt. Diese Applikationen erfolgten im Herbst 1999 und im Frühjahr 2000. Da Grunddüngung meist als Vorratsdüngung ausgebracht wird, also die wirksame Menge für mehrere Jahre berechnet wird, soll vor allem die Auswirkung dieser Düngung auf den Ertrag berücksichtigt werden. Ferner werden die Maßnahmen einer ökonomischen Bewertung unterzogen (s. auch Kap. 5.1).

Die Applikation des Grunddüngers erfolgte auf jedem Feld in 4 verschiedenen Versuchsgliedern, in den meisten Fällen in 2 Wiederholungen. Die Varianten sind:

- **Kontrollvariante:** ohne Grunddüngung,
- **LUFA-Standard-Variante:** Standarddüngungsempfehlung aufgrund der mittleren Nährstoffgehalte des Bodens,
- **Variante Boden und Ertrag variabel:** Standarddüngungsempfehlung, wobei die *ortsspezifischen* Nährstoffgehalte des Bodens und die Erträge der letzten Ernte als Prognosewerte variabel in die Düngungsempfehlung einfließen,
- **Entzugsvariante:** Grunddüngung basierend auf der Menge des entzogenen Nährstoffes, ermittelt anhand der Ertragskartierung der Vorfrucht.

Quer zu diesen vier Grunddüngungsvarianten wurden noch zwei Stickstoffdüngungsvarianten gelegt. Dabei konnten in der Regel mehr als 2 Wiederholungen (bis zu 6) realisiert werden. Als Varianten wurden eine

- **konstante:** nach Vorgabe des Landwirtes und eine
- **variable:** nach Hydro-N-Sensor, Kalibrierung nach Vorgabe des Landwirtes gewählt und appliziert.

Somit ergab sich für jedes Feld ein Versuchsmuster, das dem der Abbildung 2.2-1 entspricht. Die Versuchsserie sollte sich an praxisüblichen Verfahrensweisen orientieren. Die Versuche wurden somit in acht Betrieben auf einer Gesamtfläche von knapp 1.200 ha angelegt. Die Flächen wurden alle mit dem BodenScanner der Fa. AgriCon hinsichtlich ihrer Heterogenität erfasst und charakterisiert.

Diese Form der Versuchsanlage konnte auf insgesamt 22 Schlägen in sieben Agrarunternehmen bei einer mittleren Schlaggröße von 40 ha bei insgesamt 883 ha Versuchsfläche angewendet werden. In die Auswertung konnten 11 Felder aufgenommen werden. Auf den anderen Feldern sind teilweise keine Ertragskartierungen durchgeführt worden, sie wiesen Streufehler auf oder sind nicht mit dem N-Sensor gedüngt worden.

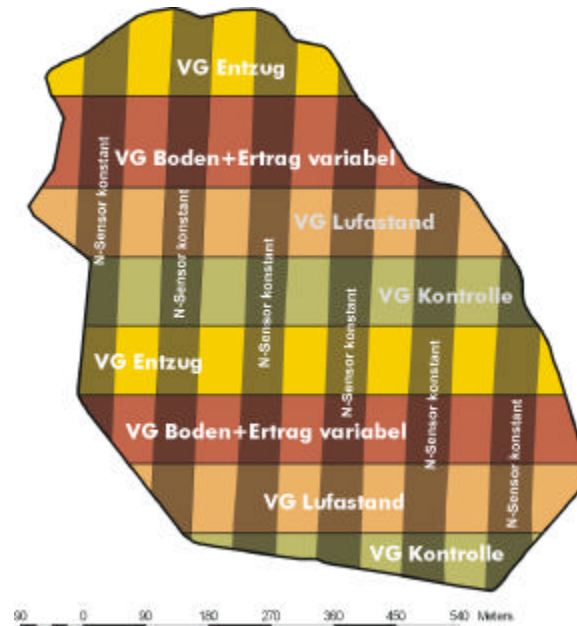


Abb. 2.2-1: Versuchsmuster der Applikation von vier verschiedenen Grunddüngungsvarianten und zwei Stickstoffvarianten

Aufbauend auf der BodenScanner-Messung wurde für die Grunddüngungsversuche eine GPS-gestützte Beprobung im 1 ha Raster durchgeführt und auf P, K, Mg und pH Wert untersucht. Auf den Untersuchungsfeldern wurde durch eine differenzierte Kalkung in allen Versuchsgliedern versucht, den Ziel-pH-Wert einzustellen. Die mittleren Nährstoffgehalte zeigt Tabelle 2.2-1. Die Schwankungsbreite der Nährstoffgehalte lag bei Phosphor zwischen 5 und 20 mg/100 g, bei Kalium zwischen 9 und 42 mg/100 g und bei Magnesium zwischen 3 und 14 mg/100 g.

Tab. 2.2-1: Nährstoffgehalte der Versuchsglieder

Nährstoffgehalt [mg/100 g Boden]				
Versuchsglied	pH	P	K	Mg
Null	6,4	9	20	7
LK	6,5	11	22	7
LV	6,5	9	20	7
EZ	6,5	9	20	7

Die Grunddüngung wurde je nach Bedarf für einen, zwei oder auch drei Nährstoffe, aber immer für alle Versuchsglieder nach dem entsprechenden Planungsalgorithmus durchgeführt. Der mittlere Nährstoffeinsatz ist in der Tabelle 2.2-2 aufgeführt. Auffällig sind vor allem die hohen Kaliummengen bei VG 4. Das Nichtberücksichtigen der aktuellen Bodenversorgung bei der reinen Entzugsdüngung führt dort zu sehr hohen Applikationsmengen. Versuchsglied 3 lag tendenziell etwas über den Mengen von Versuchsglied 2.

Tab. 2.2-2: Applikationsmengen der Versuchsglieder zu den Grunddüngungsversuchen in *pre agro* als dreijähriges Mittel

Durchschnitt kg NS/ha * Jahr			
Versuchsglied	P	K	Mg
Null	0	0	0
LK	17	17	8
LV	21	29	9
EZ	24	95	13

Der Planungsalgorithmus basiert im Wesentlichen auf den in Sachsen-Anhalt von der LUFA empfohlenen Ansätzen zur Düngungsplanung. Die Klasseneinteilung der Nährstoffgehalte wurde durch einen linearen, dynamischen Planungsansatz ersetzt. Dieser lässt sich z.B. für Kalium und Winterweizen in der Bodengruppe 3 wie folgt mathematisch beschreiben:

$$K(0,5): ((\emptyset \text{Ertrag}) * 2,3)$$

$$K(5,23): (((\emptyset \text{Ertrag}) * 2,3) * (2,5544 - (0,11143 * K)))$$

$$K(23, \text{max}): 0.$$

Diese Planungsansätze wurden für alle benötigten Bodengruppen und Fruchtarten erstellt. Die Planungsrechnungen erfolgten innerhalb des Softwareproduktes „SSToolbox“. Die Applikation erfolgte mit einem pneumatischen Zweikammerstreuer Terra Gator. Als Steuercomputer wurde dabei ein Falcon verwendet.

### **Standort Landshut: Standort- und Ertragskartierung mit Ableitung differenzierter Saat- und Düngungsmengen für Wintergetreide auf Dienstleistungsbasis**

Ziel dieses Untersuchungsansatzes war die differenzierte Applikation verschiedener Betriebsmittel. Diese differenzierten Applikationen entsprachen dem Pflichtprogramm, wie es an allen acht Versuchsstandorten durchgeführt wurde. Von besonderem Interesse am Standort Landshut ist hierbei, dass die Durchführung von einem Lohnunternehmer vorgenommen wurde. So wurden am Standort Landshut die differenzierte Saat und Düngung durch einen Lohnunternehmer auf zwei Betrieben sowie auf dem eigenen landwirtschaftlichen Betrieb des Lohnunternehmers durchgeführt. Hierzu standen dem Projekt für die gesamte Projektlaufzeit gut 100 ha Fläche zur Verfügung. Bereits im ersten Projektjahr konnte auf 5 Schlägen mit Winterweizen eine differenzierte Saat ausgebracht werden. Weiterhin wurden diese Schläge ab dem zweiten Projektjahr mit Stickstoff differenziert gedüngt, wobei alle drei üblichen N-Düngergaben differenziert appliziert wurden. Auch die Ernte erfolgte durch den Lohnunternehmer, wobei der Mähdrescher mit einem Ertragskartierungssystem ausgestattet ist.

Die Applikationen wurden hinsichtlich der pflanzenbaulichen Wirkungen (s. Kap. 3.6 und 4.3) analysiert. Eine Auswertung der Wirtschaftlichkeit der teilflächendifferenzierten Applikationen erfolgte im Rahmen der ökonomischen Betrachtungen.

Die für diesen Standort in der Antragsphase angestrebten Untersuchungen zur Erfassung der Arbeitszeiten sind nicht erfolgt, da das hierfür geplante Teilprojekt nicht bewilligt wurde.

### **Standort Raesfeld: Standort- und Ertragskartierung mit Ableitung differenzierter Saat- und Düngungsmengen für Silomais auf Dienstleistungsbasis**

Am Standort Raesfeld wird aufgrund der hohen Anzahl viehhaltender Betriebe in der Region umfangreich Mais angebaut. Es bot sich daher an, für den Standort als zusätzliche in *pre agro* zu betrachtende Frucht den Mais auszuwählen.

Die Technik für die Ertragskartierung von Mais sowie für die differenzierte Maisaussaat ist noch nicht in dem Umfang praxisreif entwickelt, wie es für den Getreidebereich gegeben ist. Daher war es eine wichtige Zielstellung, an diesem Standort die Sensorik zur Ertragskartierung (u.a. Prof. Kromer, Univ. Bonn) und zur differenzierten Einzelkornsaat bei Mais mit einem Sämaschinenhersteller (Firma Kleine) zu erproben.

Da im Bereich der Maisproduktion die notwendige Technik (Ertragskartierung, Einzelkorndrillmaschine) noch nicht in einem ausreichenden Umfang vorhanden war, wurden die ersten Ansätze zur Beschaffung der notwendigen Technik bereits im Frühjahr des ersten Projektjahres unternommen. Ein frisch auf dem Markt erschienenenes Ertragskartierungssystem wurde probeweise beschafft und in einem Häcksler nachgerüstet. Die ersten Untersuchungen konnten bereits beim Silageschnitt auf Grünland durchgeführt werden. Begleitende Untersuchungen des Gerätes legten aber dar, dass dieses System noch mit einer Reihe von Fehlern behaftet war (s. auch Kapitel 2.1). Die diversen technischen Probleme waren so gravierend, dass das Gerät wieder ausgebaut und der Firma zurückgegeben wurde.

Parallel dazu wurde am Standort ein Prototyp eines Ertragskartierungssystems der Fa. Claas in einen Häcksler eingebaut und getestet. Dieses System erwies sich als sehr stabil und genau. So konnten nach Kalibrierungen ausreichende Genauigkeiten von annähernd 90 % erreicht werden. Dieses System wurde aber zwischenzeitlich wieder von der Firma Claas ausgebaut und steht somit dem Projekt nicht mehr zur Verfügung.

Daneben wurden durch Prof. Kromer, Universität Bonn, in einer losen Kooperation verschiedene Ertragskartierungsverfahren für Mais in den Jahren 2000 und 2001 getestet.

Die Bemühungen, im Frühjahr 1999 eine differenzierte Aussaat bei Mais durchzuführen, konnten aufgrund fehlender Technik und fehlender standortbeschreibender Unterlagen nicht erfolgreich umgesetzt werden. Ein weiterer Versuch zur differenzierten Aussaat wurde bereits zur Jahreswende 1999/2000 durchgeführt. Die notwendige Technik wurde dem Projektbetrieb als Prototyp durch die Firma Kleine ausgeliehen.

Aufbauend auf den standortbeschreibenden Parametern (Bodenschätzung, Höhenmodell, Luftbilder) wurde durch das Teilprojekt III-2 eine Saatapplikationskarte zu Silomais für 2 Schläge mit insgesamt 9 ha erstellt.

Trotz langfristiger Planung der Aussaat und mehrmaligem Vor-Ort-Einsatz von Werksvertretern der Firmen Kleine und Claas war die bereitgestellte Technik nicht in der Lage, eine differenzierte Aussaat vorzunehmen. Diese fehlgelaufene Aussaat wurde vom Projekt zum Anlass genommen, alle beteiligten Firmen zu einem klärenden Gespräch einzuladen (s. Kap. 2.1, 4.3).

Für die Maisaussaat 2001 wurde eine andere Maschine gemietet, die in ersten Testläufen technisch ohne Probleme gelaufen ist.

Ferner wurde zur Maisdüngung ein Güllefass derart umgerüstet, dass es eine ortsdifferenzierte Applikation von Gülle erlaubte (s. Kap. 4.5).

### **Standort Baasdorf: Ortsdifferenzierte Aussaat bei Wintergetreide und Körnermais sowie ortsdifferenzierte Ausbringung von organischem Dünger**

Die für den Standort geplanten Maßnahmen einer ortsdifferenzierten Bestellung entsprachen dem Pflichtprogramm des Verbundprojektes für den Bereich der Wintergetreidebestellung. So wurde im Rahmen des Pflichtprogramms am Standort Baasdorf der Winterweizen auf 2 Schlägen mit insgesamt 108 ha differenziert gedreht und gedüngt. Daneben ist der Standort Schwerpunktuntersuchungsbetrieb für die ökologische Wirkungsanalyse.

Diese Untersuchungen zu Auswirkungen der Maßnahmen auf die Ökologie erfolgten durch die Teilprojekte IV-4a und IV-4b. Hier wurden der vertikale und regionale Stickstoffaustrag aus den Flächen gemessen bzw. mit Simulationsmodellen für die Region abgeschätzt (s. Kap. 5.2, 5.3).

Darüber hinaus waren für diesen Standort noch die differenzierte Maisbestellung und eine differenzierte Applikation von Hühnerkot geplant. Aufgrund der technischen Probleme bei der Maisbestellung (s. oben) wurde für diesen Standort das Untersuchungsprogramm zunächst zurückgestellt.

Die differenzierte Applikation von organischem Dünger ist technisch prinzipiell möglich, aufgrund der fehlenden Entscheidungsalgorithmen zur Applikation wurde dieses Programm ebenfalls zurückgestellt. Hierzu sind zunächst die Parameter für die Applikation zu quantifizieren. Hierbei ist insbesondere festzulegen, auf welcher Basis die Applikation der in der Gülle enthaltenen Nährstoffe erfolgen soll.

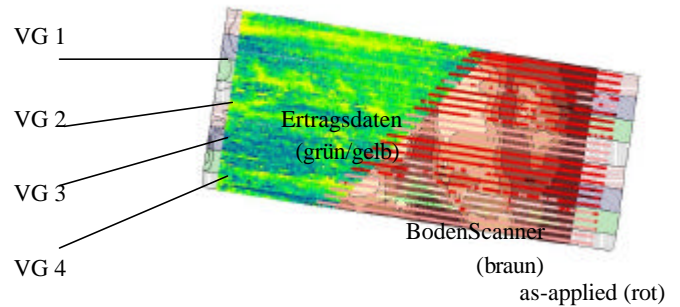
Zusätzlich zu den in der Antragsphase geplanten Maßnahmen wurde der Standort Baasdorf als Schwerpunktuntersuchungsgebiet für die Messungen der Multispektralreflektion (s. Kap. 3.7) sowie für Maßnahmen des Pflanzenschutzes (s. Kap. 4.6) ausgewählt.

### 2.2.3 Ergebnisse

#### Teilflächendifferenzierte Grunddüngung

Für die Grunddüngung wurden somit (s. Kap. 2.2) auf den Praxisbetrieben folgende prinzipielle Versuchsglieder angelegt:

- VG 1: 0-Parzelle; keine Düngung
- VG 2: konstante Düngung nach mittlerem Nährstoffgehalt und mittlerem Entzug
- VG 3: variable Düngung nach einzelnen Nährstoffgehalten und diff. Entzug
- VG 4: variable Düngung nach Entzug; ersetzt, was im Vorjahr entzogen worden ist.



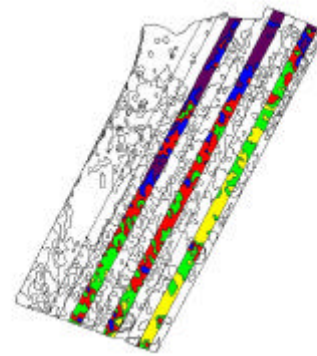
Für alle ausgewerteten Schläge liegen digital, lückenlos und in hoher technologischer Qualität as-applied Karten der Applikation, Ertragskarten, Nährstoffkarten und BodenScannerkarten vor. Im Erntejahr 2000 konnten diesem Anspruch nur 5 Felder mit einer Gesamtfläche von 250 ha, im Erntejahr 2001 10 Felder mit einer Gesamtfläche von 380 ha und 2002 6 Felder mit einer Gesamtfläche von 380 ha genügen. Die hohe Abnahme der Versuchsfläche liegt darin begründet, dass z.B. keine kartierfähige Frucht (z.B. ZR) angebaut wurde oder dass eine von den o.g. Prämissen nicht erfüllt werden konnte.

Erfolgreiche Versuche zur Ermittlung des Effektes einer teilflächenspezifischen Applikation müssen:

- erstens eine gewisse Heterogenität des Steuermerkmals (z.B. Ertrag oder Nährstoffverteilung) aufweisen (ist bei größeren Flächen fast immer gegeben) und
- zweitens müssen die Ergebnisse über vergleichbare Standorteigenschaften (hier BodenScannerklassen = Klassen gleicher Standortgüte) wieder normiert werden.

Damit wird die Vergleichbarkeit der betrachteten Versuchsglieder hergestellt. Jedes Versuchsglied ist somit gleich heterogen.

In nebenstehender Grafik werden die einzelnen Anteile unterschiedlicher BodenScannerklassen farblich für ein Versuchsglied dargestellt. Keine dieser drei Wiederholungen des Versuchsgliedes 2 ist gleich heterogen.



Aus diesem Grund werden die Ertragsdaten nach Versuchsglied (VG) und BodenScannerklasse einzeln dargestellt. Tabelle 2.2-3 zeigt exemplarisch die Erträge eines Schlages von einem Erntejahr für jedes einzelne Versuchsglied und BodenScannerklasse. Die Erträge der Spalte „Mittel“ geben einen normierten mittleren („synthetischen“) Ertrag des Versuchsgliedes an, wenn dieses Versuchsglied zu gleichen Teilen aus den BodenScannerklassen 1 bis 5 bestehen würde. Je BodenScannerklasse und Versuchsglied werden etwa 400-1.000 Einzelbeobachtungen betrachtet.

Tab. 2.2-3: Ertrag (GE/ha) nach Versuchsglied und BodenScannerklasse

	BodenScannerklassen					Mittel
	1	2	3	4	5	
VG 1	39,25	49,67	55,27	43,69	41,64	45,90
VG 2	43,73	44,27	52,44	54,65	59,67	50,95
VG 3	42,67	45,74	52,06	61,13	63,14	52,95
VG 4	44,49	43,49	48,53	55,84	48,89	48,25

Das Erntejahr 2000 war gekennzeichnet von einem sehr trockenen Witterungsverlauf; geringe Niederschläge während der Vegetationszeit hatten eine geringere Mineralisierungsleistung zur Folge. Insgesamt wurde nur ein Durchschnittsertrag von 55 GE/ha realisiert. VG 2 war mit einer Ertragssteigerung von 10 % dem VG 1 und VG 3, die 7 % erzielten, überlegen. Dieses Jahr zeigt eindrucksvoll die enorme Ertragswirksamkeit einer frischen Grunddüngung bei Pflanzenbeständen unter Stressbedingungen.

Das Jahr darauf (2001) war durch einen deutlich höheren Ertrag von immerhin 78 GE/ha gekennzeichnet. Während der gesamten Vegetationsperiode trat kaum Wasserstress auf. Gut verteilte Niederschläge führten zu einer höheren Mineralisation von organischer Substanz und zu einem aktiven Sorptions-/Desorptionsverhalten an den Tonmineralen. Die Mehrerträge fallen geringer als im Vorjahr aus. Berücksichtigt man den deutlich höheren Ertrag, so erreichen die absoluten Mehrerträge aber einen recht plausiblen Bereich (2000: 3,7-5,5 GE/ha; 2001 1,6-3,2 GE/ha). Das Jahr 2002 ordnet sich in der Ertragshöhe mit 65 GE/ha zwischen den beiden Vorjahren ein. Vorsommertrockenheit führte zur Begrenzung der Ertragsbildung. Der Ertragszu-

wachs gegenüber der ungedüngten Variante liegt bei 2,5-5,2% und damit bei rund 1,5 - 3,3 GE/ha auf einem vergleichbaren Niveau wie im Vorjahr.

Tab. 2.2-4: Ertragssteigerung nach Versuchsglied und Jahr

	Ertragssteigerung			
	2000	2001	2002	Mittel
VG1	0,0%	0,0%	0,0%	<b>0,0%</b>
VG2	7,5%	1,7%	2,5%	<b>3,9%</b>
VG3	11,5%	2,7%	5,2%	<b>6,5%</b>
VG4	8,1%	4,0%	3,9%	<b>5,3%</b>

Tab. 2.2-5: Aufstellung der Mehrerlöse und -kosten der Versuchsglieder

	VG 2 €/ha	VG 3 €/ha	VG 4 €/ha
Mehrerlöse	29,71	50,97	42,82
Mehrkosten	25,72	34,51	52,00
<b>Mehrgewinn</b>	<b>3,99</b>	<b>16,46</b>	<b>-9,18</b>

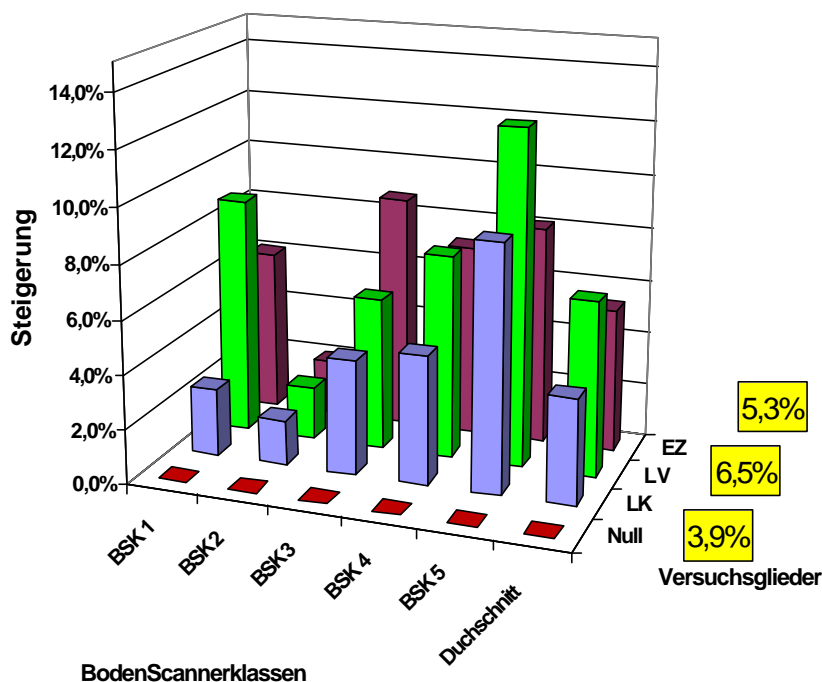


Abb. 2.2-2: Dreijährige Mehrerträge verschiedener Düngungssysteme (standardisiert nach BodenScannerklassen; Null – keine Düngung, LK – LUFA konstant, LV – LUFA variabel, EZ – Entzugsdüngung)

Insgesamt kann man einschätzen, dass in diesen Versuchen mittlere Mehrerträge von 4-8% durch eine nach den o.a. Varianten differenzierte Grunddüngung erreicht wurden. Variable Grunddüngung war dabei der Konstanten mit 2,6 bzw. 1,4% überlegen. Betrachtet man die dreijährigen Ergebnisse als Mittelwerte innerhalb der BodenScannerklassen (siehe Abb. 2.2-2), so fallen insbesondere die enormen Ertragszuwächse (6-12%) bei der variablen Düngung (VG 3 und 4) in den BodenScannerklassen 1, 4 und 5 auf.

In der Gesamtbeurteilung werden die Mehrerlöse den Mehrkosten des entsprechenden Applikationsverfahrens gegenübergestellt. Bei den Mehrkosten kommen die tatsächlich ausgebrachten Nährstoffe und auch die Mehrkosten des Verfahrens, bedingt durch die entsprechende Wahl des Düngungsalgorithmus, zum Ansatz.

VG 4 scheidet letztendlich aufgrund zu hoher Düngerkosten aus. VG 2 und 3 führen zu einem Mehrertrag von 4 bis 17 €/ha (Tabelle 2.2-5).

Die teilflächenspezifische Applikation unter Berücksichtigung des teilflächenspezifischen Nährstoffgehaltes und -entzuges erbrachte in dieser Versuchsserie das beste betriebswirtschaftliche Ergebnis.

## **Teilflächendifferenzierte N-Düngung mit dem Hydro-N-Sensor**

### **Versuchsdurchführung**

Auf allen Schlägen wurde als Technologie zur differenzierten N-Düngung der Hydro-N-Sensor eingesetzt. Die erste N-Gabe wurde auf Basis von  $N_{\min}$ -Werten konstant appliziert. Alle weiteren Gaben wurden mittels Hydro-N-Sensor teilflächenspezifisch appliziert. Die Kalibrierung des Sensors erfolgte entweder unter Zuhilfenahme des Hydro-N-Testers (am Ernährungszustand orientiert) oder eines vom Landwirt vorgegebenen ortsüblichen Erwartungswertes (bilanzieller Ansatz).

Als Versuchsglieder wurde eine konstante und eine variable N-Düngung gewählt. Das mittlere N-Niveau sollte in beiden Versuchsgliedern gleich sein.

### **Versuchsauswertung**

Die Versuchsauswertung für die differenzierte N-Düngung erfolgte in Analogie zur Versuchsauswertung der Grundnährstoffe.

### **Ergebnisse**

Im ersten Versuchsjahr wurden sehr heterogene Ergebnisse erzielt. Durch die stark ausgeprägte Trockenheit unterblieb auf vielen Versuchen die dritte N-Gabe. Bedien- und Kalibrierfehler führten zu einer eingeschränkten Auswertbarkeit der Daten. Mit einem N-Aufwand von knapp 100 kg N/ha wurde ein Ertragsniveau von rund 50 dt/ha erreicht. In 4 von 6 Versuchen konnte das Ertragsniveau leicht angehoben werden (siehe Abb. 2.2-3).

Im Jahr 2000 stand seitens des Gerätes Hydro-N-Sensor nur eine Regelfunktion für alle N-Gaben zur Verfügung. Bedienfehler traten rückblickend vor allem beim Nichterkennen von Trockenstress auf.

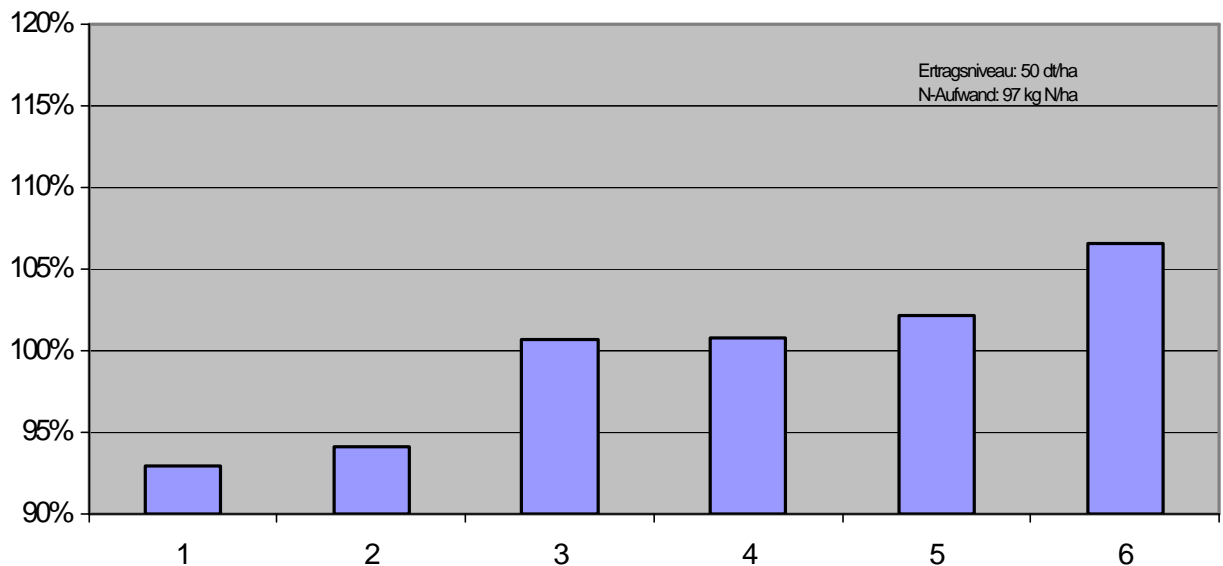


Abb. 2.2-3: Relativerträge Hydro-N-Sensor gegenüber konstanter Düngung 2000

Dies führte beim Hersteller dazu, dass insbesondere die Datensätze vom Standort Raguhn, kombiniert mit BodenScannermessungen als Grundlage für die Entwicklung separater Regelfunktionen für die 3. und 4. N-Gabe genutzt wurden. Ab 2001 kamen diese neuen Regelfunktionen zum Einsatz. Die Versuchsserie wurde aufgrund des eingeschränkten, auswertbaren Datenmaterials auf weitere Standorte ausgedehnt.

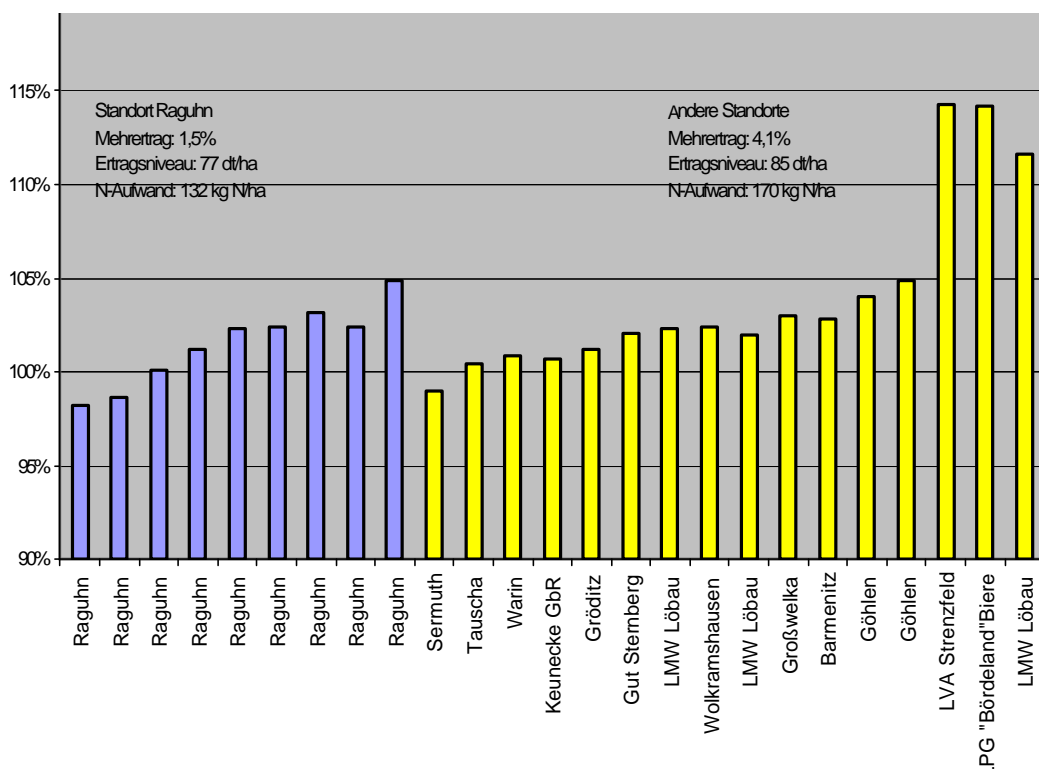


Abb. 2.2-4: Relativerträge Hydro-N-Sensor gegenüber konstanter Düngung 2001

Im Versuchsjahr 2001 konnten insgesamt 9 Versuche am Standort Raguhn und 16 weitere ausgewertet werden. In Abbildung 2.2-4 sind die Ergebnisse dargestellt. In 22 von 25 Versuchen konnten Mehrerträge realisiert werden. Diese lagen zwischen 1 und 14 %.

Am Standort Raguhn konnte mit einem N-Niveau von 132 kg N/ha ein Ertragsniveau von rund 77 dt/ha erzielt werden. Der Mehrertrag der variablen Düngung, bei gleichem N-Aufwand betrug 1,5 %. Die Versuchsserie über die anderen Standorte erreichte einen Mehrertrag von 4,1% bei einem N-Aufwand von 170 kg N/ha und einem Ertragsniveau von etwa 86 dt/ha.

Problematisch erwies sich wiederum die Situation des Kalibrierens durch den Dienstleister. Die Festlegung des Düngungszeitpunktes und der Düngungshöhe orientierte sich meistens nicht am Ernährungszustand der Pflanzen sondern eher an Bilanzansätzen. Durch eine genaue Überwachung der Regeltechnik des Ausbringgerätes wurde festgestellt, dass die schnellen Mengenwechsel des Hydro-N-Sensors durch herkömmliche Regeltechnik nur unzureichend umgesetzt werden konnten. Diese Erkenntnis führte u.a. dazu, dass beim Hersteller und Lieferanten der Steuerungstechnik ab 2002 bezüglich einer deutlichen Verkürzung der Regelzeiten nachgebessert wurde.

Im dritten Jahr der Versuchsserie konnten 6 Schläge am Standort Raguhn und 12 weitere Schläge ausgewertet werden.

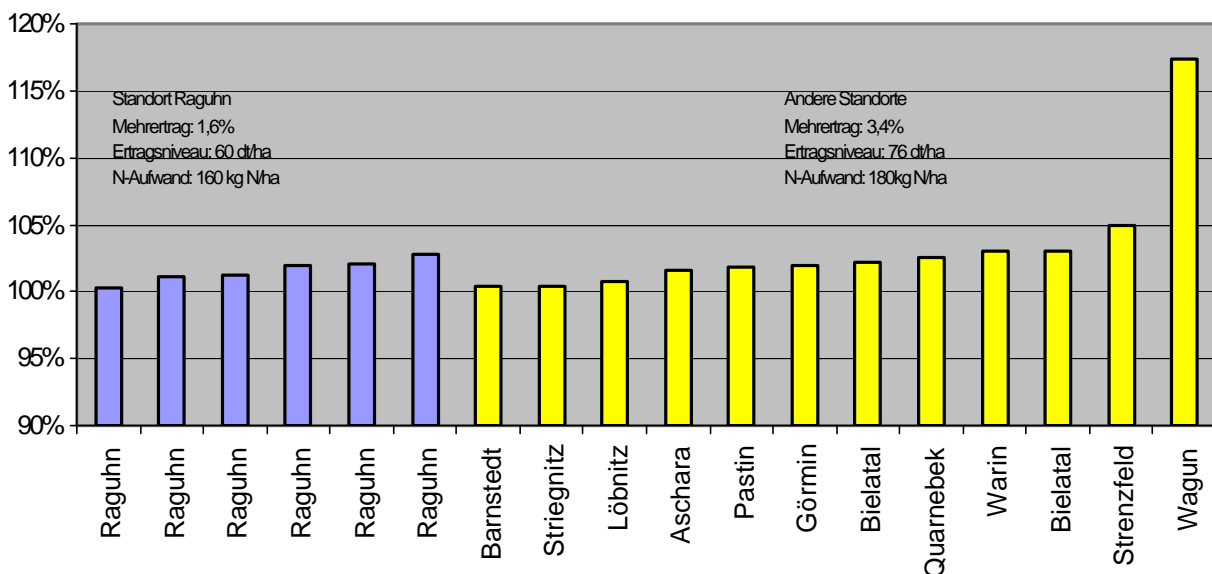


Abb. 2.2-5: Relativerträge Hydro-N-Sensor gegenüber konstanter Düngung 2002

Auf allen Standorten wurden Mehrerträge realisiert. Am Standort Raguhn konnte ein Mehrertrag von 1,6% bei einem durchschnittlichen N-Aufwand von 160 kg N/ha und einem Ertragsniveau von etwa 60 dt/ha erreicht werden. Auch in diesem Jahr lagen die Ergebnisse der anderen Versuche recht deutlich über den Ergebnissen von Raguhn. So konnten immerhin 3,4 % Mehrertrag bei einem mittleren N-Aufwand von 180 kg N/ha und einem Ertragsniveau von rund 76 dt/ha erreicht werden.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, sieht man einmal vom komplizierten Jahr 2000 ab, dass mit der Technologie des Hydro-N-Sensors bei gleichem N-Aufwand ein Mehrertrag in Höhe von 1,5 bis 4,1 % erreicht wurde. Die meisten Fehler und Schwächen treten beim Kalibrieren auf. Ein Großteil der Landwirte düngt derzeit bilanziell. Moderne Methoden zur Bedarfsanalyse (N-Tester, Nitratcheck, Handzange) werden nur selten genutzt. So konnten zwar Effekte einer Umverteilung von Stickstoff dargestellt werden, aber eine an die Pflanzenernährung angepasste N-Düngung wurde in den seltensten Fällen realisiert. Hier gibt es wichtige Ansatzpunkte für fachliche Diskussion und Schulung.