

FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSYSTEME MÜNCHEN

**Zwischenbericht Aufbauphase 1990-1992**

Teilprojekt: 9

Kurztitel: Ertragskartierung

Thema: Ertragsinventur - Lokale Ertragsermittlung

Antragsteller: PD Dr. H. Auernhammer

Mitarbeiter: M. Demmel, T. Muhr, P. v. Perger, J. Rottmeier, K. Wild

Institut: Institut für Landtechnik der Technischen Universität München

- I. Einleitung und Fragestellung
- II. Material und Methoden
  - II.1 Ertragsermittlung und Ortung
  - II.2 Versuche 1990, 1991 und 1992
- III. Ergebnisse und Diskussion
  - III.1 Ertragsermittlung
  - III.2 Ortung
  - III.3 Ertragskartierung
- IV. Schlußfolgerungen mit Ausblick auf die Hauptphase
- V. Publikationen

## **I. Einleitung und Fragestellung**

Für den Pflanzenbau stellt der Ertrag nach wie vor die zentrale Größe dar. Auf ihn sind, unabhängig von der jeweiligen Zielrichtung, alle Maßnahmen gerichtet und nur über ihn kann schließlich die ökonomische Einordnung vorgenommen werden. Er stellt ein Maß für die Wirkung der verschiedenen ertragsrelevanten Faktoren (Boden, Klima, Bewirtschaftung) auf das Pflanzenwachstum dar.

Eine wirklich umweltschonende Pflanzenproduktion kann nur durch die Abkehr von der uniformen Behandlung (Saatstärke, Düngung, Pflanzenschutz) je Betrieb oder Schlag erreicht werden. Als Schlagwort für die hierauf abzielenden Bemühungen hat sich der Begriff der "Teilschlagbewirtschaftung" herausgebildet. Einen Einstieg in dieses Verfahren bildet die lokale Ertragsermittlung als Ausgangsgröße für eine entzugsorientierte Düngung.

Eine Technik für die flächendeckende Ertragsermittlung steht bisher nur in Parzellenmähdreschern für die Beerntung von Versuchsflächen zu Verfügung. Um Informationen über die Ertragsverteilung auf größeren Flächen zu gewinnen, wird bisher auf zufällig ausgewählte Testflächen zurückgegriffen und der Ertrag mit der oben angesprochenen Technik bestimmt. Kritisch ist hierbei nicht nur die Verteilung der Meßflächen. Die Dichte des Meßnetzes wird durch die verfügbaren Ressourcen an Arbeitskräften und Finanzmitteln bestimmt. Auf die Praxis sind derartige Verfahren jedoch nicht übertragbar.

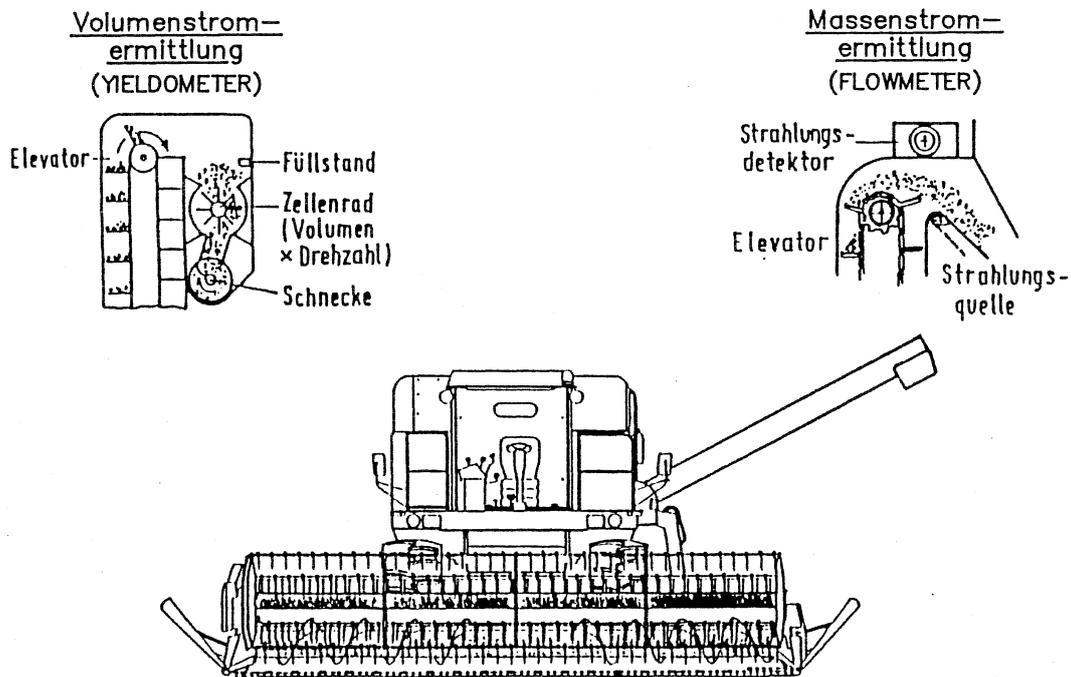
Ziel des Teilprojektes 9 "Ertragskartierung" ist es deshalb, geeignete Techniken für die lokale Ertragsermittlung beim Mähdrusch mit Großmähdreschern zu erstellen und im Hinblick auf ihre Funktionsfähigkeit und -sicherheit, sowie auf die Meßgenauigkeit zu untersuchen. Zudem gilt es zu analysieren, in welcher Häufigkeit und Dichte georeferenzierte Ertragsdaten erhoben werden müssen, um damit eine aussagefähige Auswertung möglich ist. Hierzu sind geeignete Auswerteprogramme zu erstellen. Die Übergabe der Ertragsdaten an die FAM-Datenbank, der Vergleich dieser Daten mit der Exaktertragsermittlung an ausgewählten Rasterpunkten aus TP 10, sowie die Erstellung von Ertragskarten bilden den Abschluß der Arbeiten.

## **II. Material und Methoden**

### **II.1 Ertragsermittlung und Ortung**

Die lokale Ertragsermittlung kann nur direkt in der Erntemaschine, bei Getreide im

Mähdrescher, durchgeführt werden. Sie erfordert Meßtechniken für den Ertrag und die Ortung, beide müssen online miteinander verbunden sein. Für die Ertragsmessung bietet der Markt zwei Systeme an, die beide zum Einsatz kamen (Abb. 2).

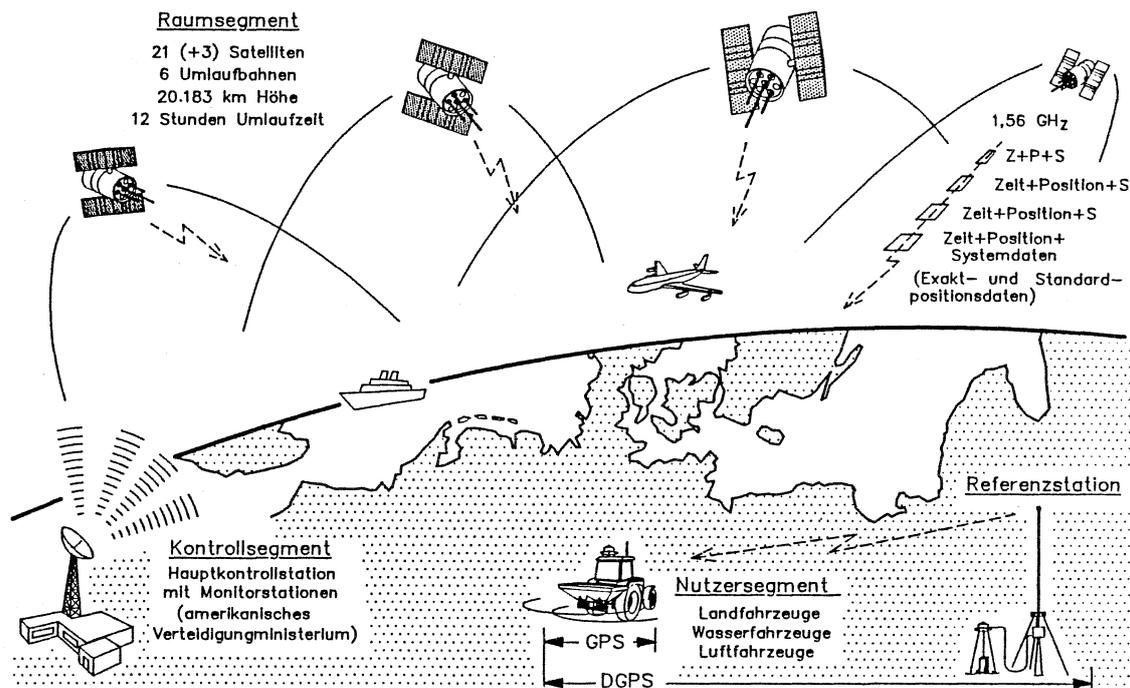


**Abbildung 2:** Verfügbare Ertragsermittlungssysteme für Mähdrescher

Das Meßprinzip nach dem Volumenstrom ist immer abhängig vom Volumengewicht, also vom Hektolitergewicht. Nur eine exakte Kalibrierung und entsprechende Nachkalibrierungen bei sich ändernden Bedingungen ermöglichen damit ausreichend exakte Meßergebnisse.

Das Massestrommeßprinzip ist dagegen unabhängig von diesen Einflüssen. Allerdings können auch bei diesem Meßprinzip durch Abweichungen der geforderten konstanten Durchflußgeschwindigkeit, aufgrund unterschiedlicher Feuchtegehalte, Fehler auftreten.

Für die Ortsbestimmung können fahrzeugautonome Systeme und Sender-/Empfängersysteme verwendet werden. Unabhängig von schlag- bzw. betriebspezifischen Infrastrukturmaßnahmen ist die Satellitenortung über das NAVSTAR Global Positioning System GPS - ein Sender-/Empfängersystem - für die Ortung landwirtschaftlicher Fahrzeuge vorzüglich geeignet (Abb. 3). Dieses, vom US-Verteidigungsministerium aufgebaute System ist mit derzeit 22 verfügbaren Satelliten (Stand 22.02.1993) nahezu vollständig einsatzfähig. GPS-Empfänger stehen von verschiedenen Herstellern zur Verfügung. Sie können im stand-alone Einsatz oder differentiell betrieben werden.



**Abbildung 3:** Aufbau des NAVSTAR "Global Positioning Systems" (GPS)

Ertrags- und Ortungsdaten, verbunden mit der Uhrzeit und eventuellen weiteren Maschinenzustandsgrößen bilden die Ausgangsbasis für alle Schritte der Datenverarbeitung bis hin zu geographisch dargestellten Ertragskartierungen. Da kein Hersteller Mähdrescher mit beiden Teilsystemen (Ertragsermittlung und Ortung) liefern konnte, erst seit Herbst 1992 bietet ein Hersteller ein vollständiges System an, mußten für die Versuchsdurchführung entsprechende Umrüstungen vorgenommen werden. Um Ausfälle in der Hauptphase weitgehend zu vermeiden, wurden umfangreiche Vorversuche vorgeschaltet.

## II.2 Druschversuche

### Tast- und Vorversuche 1990

Bei den Tast- und Vorversuche wurden mit einem Mähdrescher CASE JUMBO 8900 (Massefluß-Ertragsmeßsystem FLOWMETER) und mit einem Mähdrescher CLAAS DOMINATOR 108 (Volumenstrom-Meßsystem YIELD-O-METER) eine Fläche von etwa 30 Hektar Winterweizen und 10 Hektar Körnermais beerntet. Die Ortung erfolgte mit einem einfachen GPS-Satellitenortungssystem GLOBOS LN 2000 von SEL; die Datenaufzeichnung wurde mit Laptop's über einen Datalogger vorgenommen. Die Da-

tenauswertung erfolgte mit der PC-Version des geographischen Informationssystem ARC/INFO und speziell hierfür entwickelter Datenaufbereitungssoftware. Sie ermöglichte erstmals eine Ertragskartierung in verschiedenen Rastergrößen in Anlehnung an vorgegebene Fahrspuren. Bedingt durch nicht andauernde Satellitenverfügbarkeit und Schwierigkeiten bei der Datenaufzeichnung konnte bei der Auswertung nur bei einer Rastergröße 50 mal 50 Meter eine flächendeckende Ertragskarte erstellt werden.

#### Vor- und Hauptversuche 1991

Um für die lokale Ertragsermittlung beim Mähdrusch 1991 eine höhere Ortungsgenauigkeit zu erreichen, kam in der Ernte 1991 ein "Differentielles GPS" (DGPS) zum Einsatz. Die verwendete Prototypenversion arbeitete nach dem "Position-Correction"-Verfahren. Dabei wird die Ortung des Fahrzeuges durch eine Feststation, welche die Abweichung zwischen der errechneten Position und dem bekannten Standort als Ortungsfehler mitregistriert, korrigiert. Zudem konnte auf zwei fabrikneue Mähdrescher uneingeschränkt zurückgegriffen werden (CLAAS DOMINATOR 108 MAXI und MASSEY FERGUSON MF 34RS) (Abb 4).

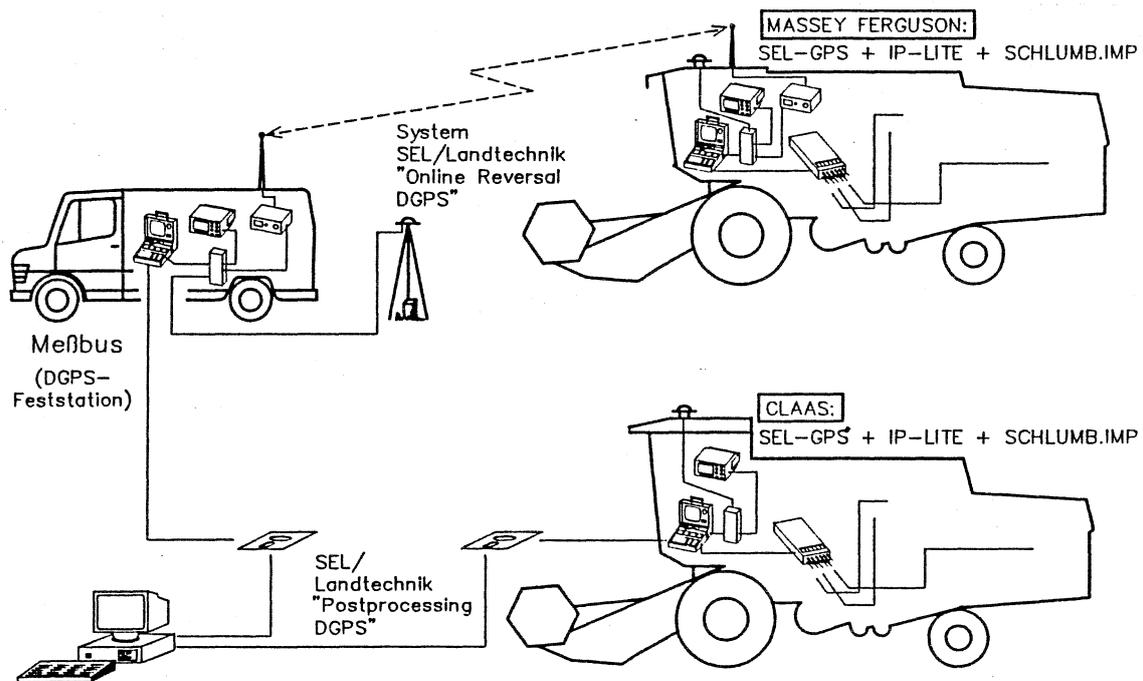


Abbildung 4: Ortung und Datenerfassung für die Ertragsermittlung 1991

Zwei Industrie-PCs der Firma KONTRON zeichneten direkt die Positions- und Ertragsdaten neben weiteren Mährescherfunktionen auf. Alle sieben Sekunden wurde die aktuelle Position und der momentane Ertrag registriert. Durch die Verfügbarkeit von 16 Satelliten existierten täglich nur mehr kurze Zeitabschnitte ohne GPS-Positionsbestimmung. Da diese jedoch während der Druschzeit auftraten, kam es dennoch zu kleineren Datenlücken. Für die Kalibrierung und Überprüfung der Ertragsmessung wurden alle Korntankinhalte einzeln gewogen sowie deren Feuchtegehalte und Hektolitergewichte bestimmt.

Zusammen mit den umfangreichen Vorversuchen wurden von beiden Mähreschern zur lokalen Ertragsermittlung in der Ernte 1991 über 200 ha Getreide, davon etwa 120 ha Winterweizen auf dem Versuchsgut Scheyern, gedroschen.

#### Vor- und Hauptversuche 1992

In der Ernte 1992 wurden für die Versuche zur lokalen Ertragsermittlung wiederum zwei Großmährescher eingesetzt (CLAAS DOMINATOR 108 MAXI und MASSEY FERGUSON MF 40 RS). Da das US-Verteidigungsministerium als Betreiber des Satelliten-Ortungssystems GPS im Jahr 1992 eine künstliche Verschlechterung der Ortungsinformation auf das System aufgeschaltet hat (S/A Degradation), war für den differentiellen GPS-Betrieb ein leistungsfähigeres Korrekturverfahren notwendig. Die hierfür infragekommende und ausgewählte "Pseudorange-Correction" ermittelt auf der Feststationsseite eine Entfernungskorrektur zu jedem einzelnen zu empfangenden Ortungssatelliten und ermöglicht damit Korrekturen bei Mobilstationen in einem Umkreis von bis zu 150 km.

Zusammen mit dem System aus der Ernte 1991 wurden deshalb während der Ernte 1992 vier DGPS-Systeme parallel zueinander untersucht. Neben dem SEL Online-DGPS (Position-Correction) wurde auf dem CLASS Mährescher noch ein, auf ASHTECH - M XII GPS-Empfängern basierendes "Pseudorange-Correction" DGPS betrieben. Die DGPS-Korrektur erfolgte dabei im Postprocessing. Auf dem MF Mährescher waren zwei Online-DGPS Systeme installiert. MASSEY FERGUSON stellte ein, in die Bordelektronik DATVISION integriertes System mit Datenaufbereitung (Verknüpfung Position und Ertrag) und Datenspeicherung, daß auf einem TRIMBLE GPS-Empfänger basiert, als Prototypenentwicklung zu Verfügung. Zusätzlich wurde ein ASHTECH "GPS-Sensor" eingesetzt. Beide GPS Empfänger erhielten die Korrekturinformationen für das Pseudorange Verfahren von einer ASHTECH - M XII Feststation über Funk (Abb.5).

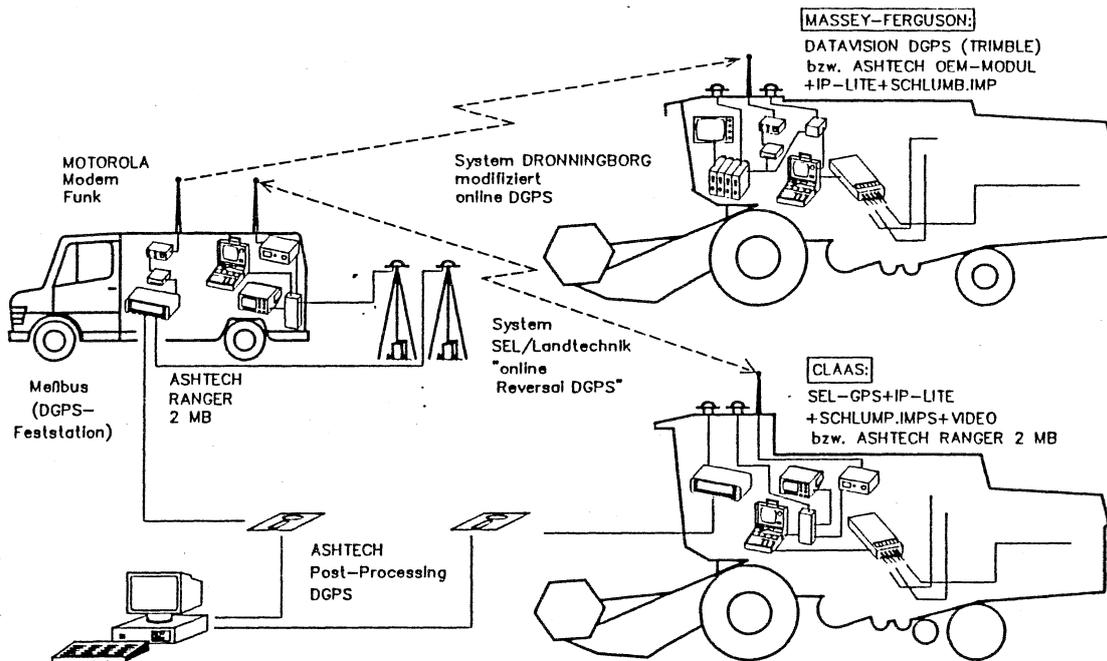


Abbildung 5: Ortung und Datenerfassung für die Ertragsermittlung 1992

### III. Ergebnisse und Diskussion

#### III.1 Ertragsermittlung

Die Überprüfung der beiden unterschiedlichen Ertragsmeßsysteme ergab für die Ernten 1991 und 1992 abweichende Ergebnisse (Abbildung 6).

Mähdrescher	CLAAS DOMINATOR 108 MAXI YIELD-O-METER (Zellenrad)		MASSEY FERGUSON MF 34/40 RS DATAVISION FLOWCONTROL (Massestrom)	
	1991	1992	1991	1992
Anzahl der Tankfüllungen	79	42	122	65
mittleres Korntankgewicht	4,06 t	3,67 t	3,40 t	4,00 t
mittlerer Fehler der Meßeinrichtung	-1,09 %	- 0,05 %	-0,38 %	-1,13 %
Standardabweichung	5,08 %	2,22 %	3,74 %	4,07 %
95 % Vertrauensbereich	10,16 %	4,36 %	5,95 %	8,01 %
Mittleres Hektolitergewicht	704 kg/hl	641 kg/hl	706 kg/hl	644 kg/hl
Standardabweichung Hektolitergewicht	36,3 kg/hl	13,0 kg/hl	19,5 kg/hl	23,9 kg/hl
Mittlere Kornfeuchte	15,1 %	13,4 %	15,1 %	13,9 %
Standardabweichung Kornfeuchte	1,3 %	1,3 %	1,3 %	1,7%

Genauigkeitsprüfung erfolgte über Gegenwiegung der einzelnen Tankinhalte !

Abbildung 6: Genauigkeit der Ertragsermittlung in der Ernte 1991 und 1992

Während in der Erntesaison 1991 beim Winterweizendrusch das volumetrische Meßsystem einen höheren Fehler als das Masseflußmeßsystem aufwies, besaß es beim Sommergerstendrusch 1992 einen geringeren Fehler als das Masseflußmeßsystem. Die Ursache hierfür dürfte in den unterschiedlichen Schwankungen der Hektolitergewichte begründet sein. Es schwankte, sowohl zwischen, als auch innerhalb der Einzelschläge des Versuchsgutes Scheyern, bei Winterweizen 1991 zwischen 630 und 760 kg/hl, bei der Sommergerste 1992 nur zwischen 610 und 660 kg/ha.

Bei der Beurteilung der Genauigkeit des Masseflußmeßsystems kann nicht von gesicherten Unterscheiden zwischen den beidenn Versuchsjahren ausgegangen werden.

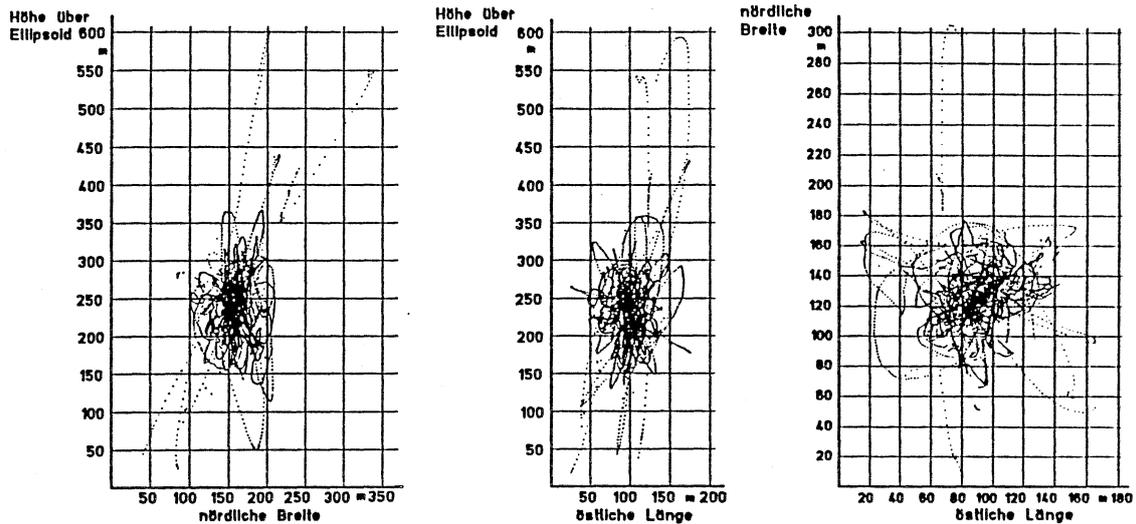
Beide Meßprinzipien weisen mit mittleren Fehlern von unter 1 % und Standardabweichungen der mittleren Fehler zwischen 2 % und 5 % für die Ertragsmeßung zur lokalen Ertragsermittlung ausreichende Genauigkeiten auf.

Es ist jedoch zu bemerken, daß dies beim Volumenstromprinzip nur durch eine kontinuierliche Nachkalibrierung (etwa stündlich) mit dem jeweils aktuellen Hektolitergewicht möglich war. Wenn dies im Praxiseinsatz nicht gewährleistet ist, wenn eventuell nicht einmal beim Schlag- oder Fruchtartwechsel neu kalibriert wird, sind sehr hohe Fehler zu erwarten. Die Unzulänglichkeit oder Unzuverlässigkeit der Bedienperson stellt deshalb bei diesem Meßsystem ein noch nicht gelöstes Problem dar.

Beim radiometrisch arbeitenden Masseflußmeßsystem stellen dagegen die behördlichen Auflagen (Teilnahme an einem zweitägigen Kurs, Anmeldung und jährliche Überprüfung), neben emotionaler Bedenken, ein Hemmnis dar, welches die weitere Verbreitung dieses Meßsystems in Deutschland sehr stark behindert.

### **III.2 Ortung**

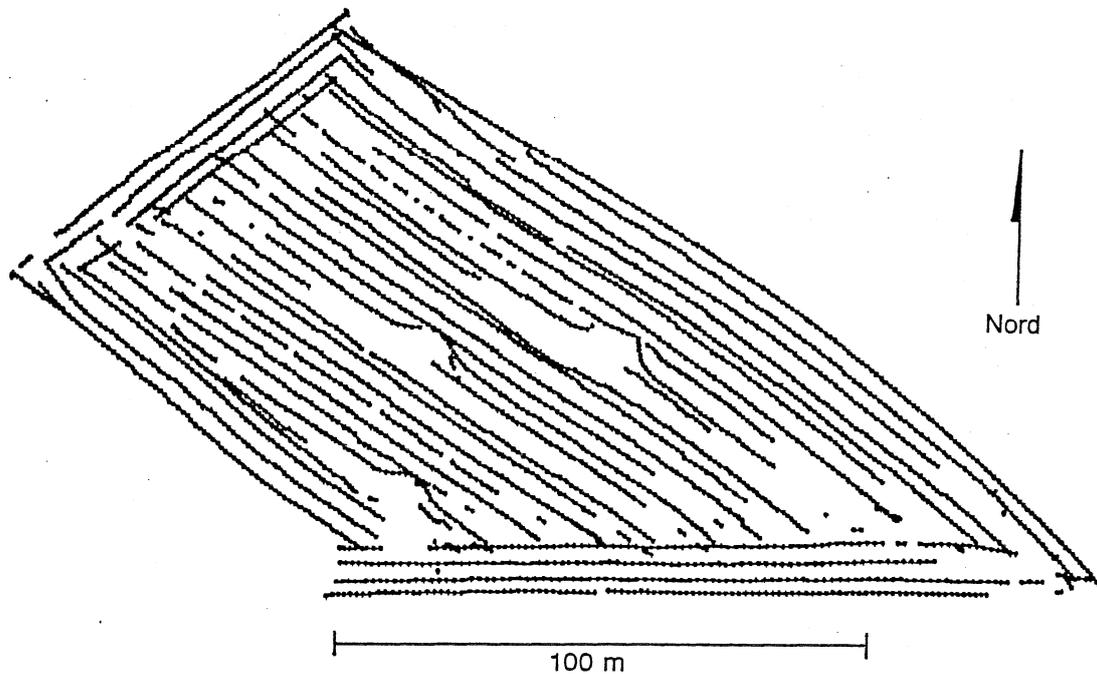
Die kontinuierlich durchgeführten Analysen der Ortungsgenauigkeit übertrafen selbst die hoch gesteckten eigenen Erwartungen. Sie zeigten aber auch deutlich den Einfluß der seit Frühjahr 1992 aufgeschalteten S/A-Degradation. Während 1991 noch 95 % der Abweichungen beim Standalone GPS für die x-Richtung geringer als 27,5 m, für die y-Richtung bgeringer als 23,6 m und für die Höhe niedriger als 45,2 m waren betrugten sie mit S/A Degradation für die östliche Länge etwa  $\pm 45$  m, für die nördliche Breite  $\pm 35$  m und für die Höhe  $\pm 80$  m (Abb. 7).



Punktbeobachtung über 8.00 h mit 7200 Einzelmessungen  
 18.12.1992, Gut Wittenfeld, Empfänger ASHTECH M-XII

**Abbildung 7:** Ortungsfehler Standalone-GPS mit S/A Degradation

Die Überprüfung der Genauigkeiten der, auf dem "Pseudorange-Korrekturverfahren" basierenden DGPS-Systeme unter dynamischen Einsatzbedingungen ist noch nicht abgeschlossen. Die Visualisierung der Positionsaufzeichnungen lassen jedoch auf eine extrem hohe Genauigkeit mit Abweichungen kleiner  $\pm 2,5$  m schließen (Abb. 8).

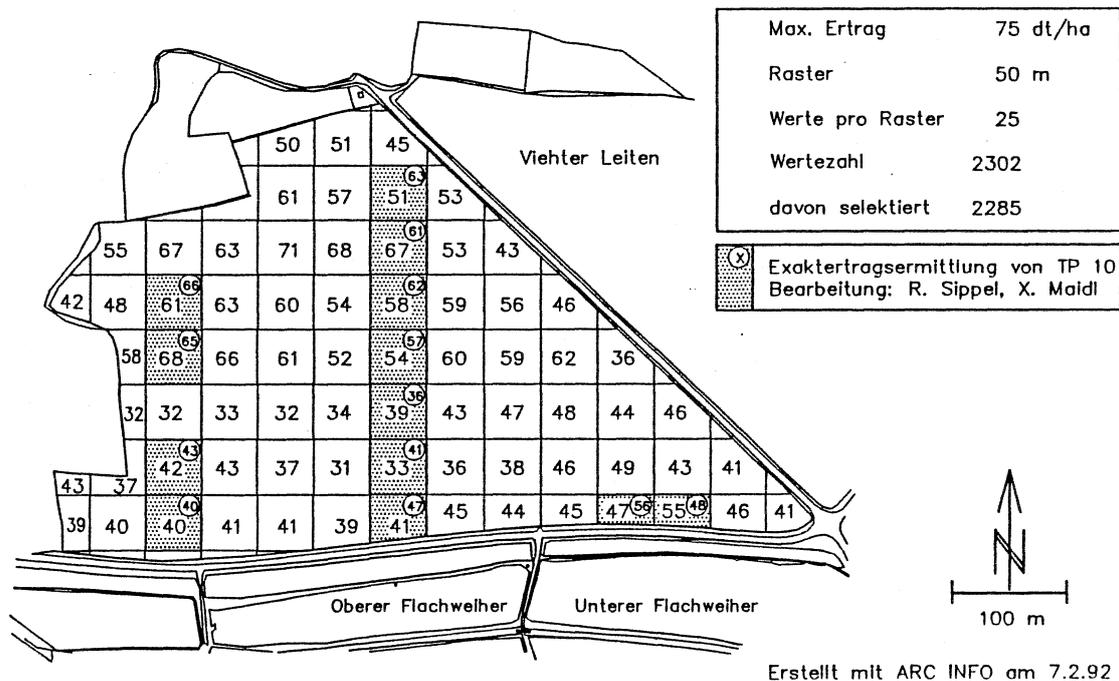


**Abbildung 8:** Fahrweg Oberers Geißwegfeld 1992  
 (3,4 ha, ASHTECH X II + ASHTECH Sensor, Online DGPS)

Diese Aussage läßt sich damit begründen, daß keine der Fahrspuren des mit einem 5,5 m breiten Schneidwerk ausgerüsteten Mähreschers eine andere Fahrspur kreuzt. Die drei ungewöhnlich umfahrenen weißen Flecken entstanden beim Aussparen von Bereichen für die Exaktertragsermittlung.

### III.3 Ertragskartierung

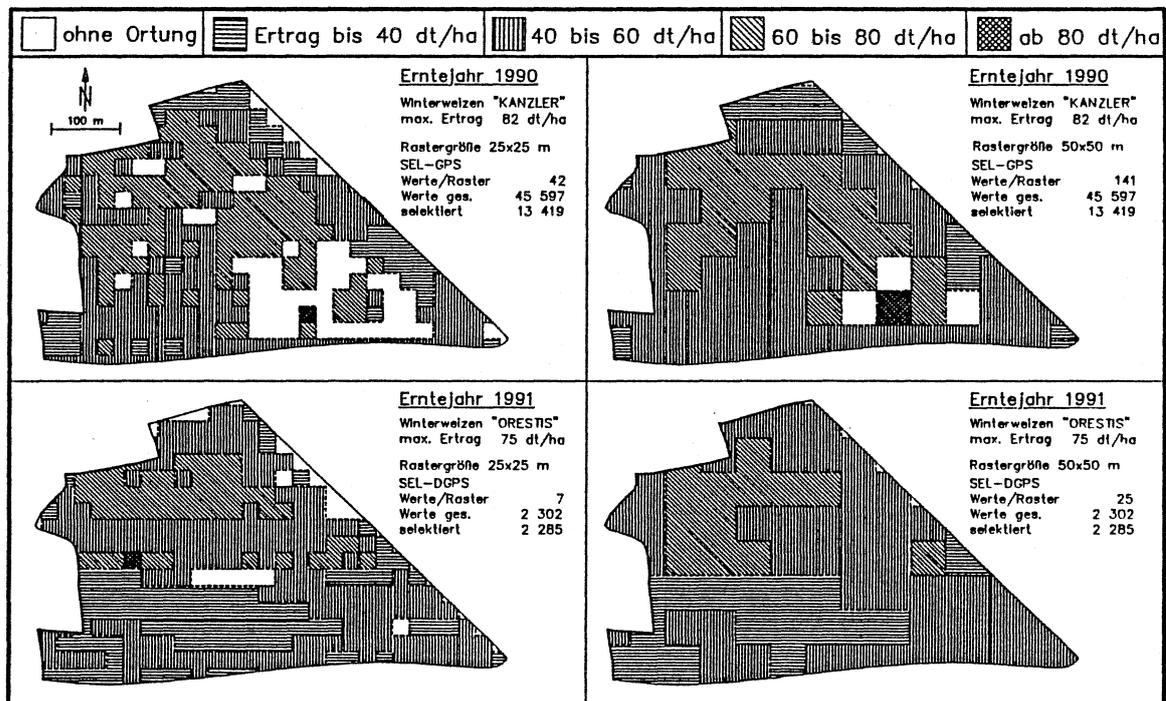
Die kontinuierliche Ertragsmessung und die exakte Positionsbestimmung erlauben eine lokale Ertragsermittlung mit anschließender Ertragskartierung. Dazu mußten die Rohdaten zunächst vielfältigen Plausibilitätskontrollen unterworfen werden. Für diese Aufgabe wurden eigene Programme entwickelt. Ausgehend von den verschiedenen Arbeitsbreiten landwirtschaftlicher Geräte wurden die Flächenerträge als Mittelwerte für Raster mit einer Kantenlänge von 5, 12, 24 und 50 m ermittelt. Sie bildeten die Datenbasis zur Eingabe in das Geographische Informationssystem (GIS) ARC/INFO der Firma ESRI. Abbildung 9 zeigt die mittleren Erträge der 50 m x 50 m Rasterflächen des 16,6 ha Schlages "Flachfeld". Ergänzend sind die Exaktdruschergebnisse des Institutes für Pflanzenbau (TP 10) an ausgewählten Rasterpunkten aufgetragen.



**Abbildung 9:** Mittlere Rasterflächenerträge (dt/ha) und Exaktertragsermittlung Flachfeld 1991 (Winterweizen, SEL-DGPS, Flowcontrol).

Die Ergebnisse der Exaktertragsermittlung liegen beim Flachfeld im Mittel 4 % über den jeweiligen mittleren Rastererträgen, die Abweichungen reichen von - 15 % bis + 19,5 %. Die Ursachen für die große Spannweite der Abweichungen dürfte in der starken lokalen Variation des Ertrages begründet sein. Als Ursachen für die mittlere Abweichung von + 4 % kommen in Betracht, daß die 1,25 m x 8,00 m umfassenden Exakt-druschflächen an, nicht durch Fahrgassen, Lager oder Vorbeeteinflüsse beeinträchtigte Stellen des Bestandes gelegt wurden und der Parzellenmähdrescher vollkommen ohne Körnerverluste arbeitet (Körnerverluste des Standardmähdrescher im hängigen Gelände 1 % - 2 %).

Im GIS wurden die Erträge klassifiziert, die Raster gleichen Ertrages zusammengelegt und die Karten mit den Schlaggrenzen verschnitten. Die Wahl unterschiedlicher Rastergrößen, wie auch die Gegenüberstellung zweier Vegetationsperioden ermöglichten erstmalig die vergleichende Analyse von lokal variierenden Getreideerträgen (Abb. 10).



**Abbildung 10:** Ertragskartierung Scheyern Flachfeld (16,6 ha)  
 (SEL-GPS/DGPS, DATAVISION-FLOWCONTROL, ARC-INFO)

Die Erweiterung der Betrachtung auf ein drittes Anbaujahr und die Ergänzung um produktionstechnische Daten, wie Düngung und Witterungsverlauf, sind Voraussetzung für erste Versuche der Interpretation der, hier am Beispiel des Flachfeldes, sich nicht jährlich gleich ausbildenden Ertragsstruktur (Abb. 11)

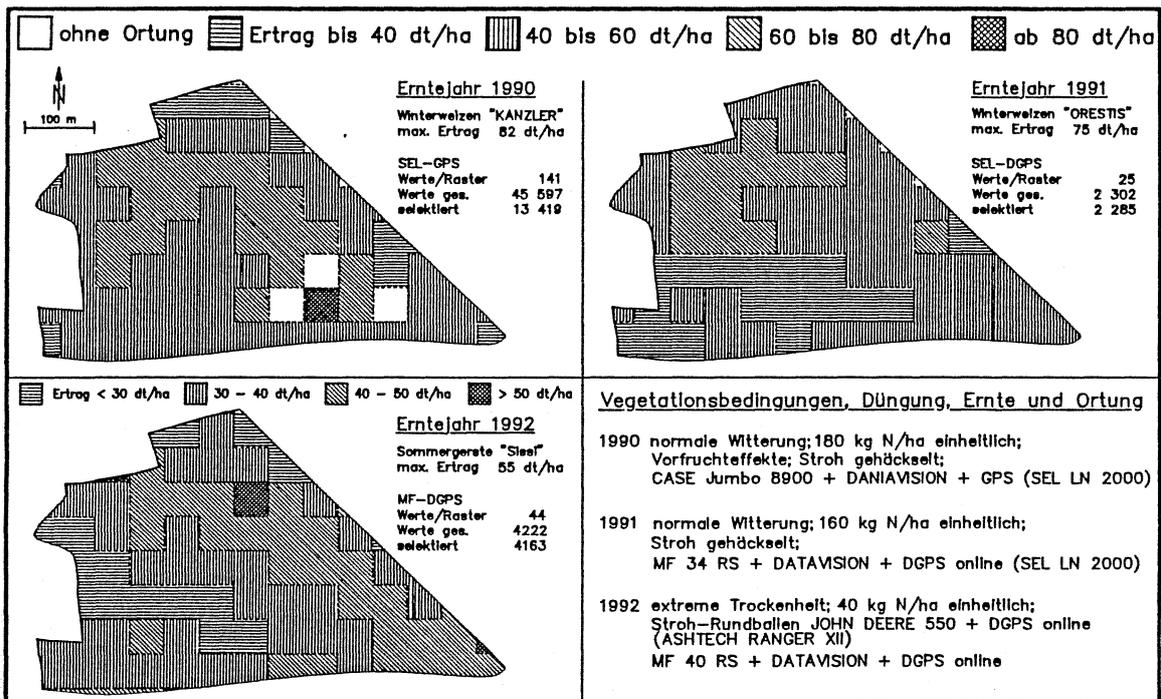


Abbildung 11: Ertragskartierung Scheyern Flachfeld (16,6 ha)

In Abbildung 12 sind alle Einzelkartierungen der Ernte 1991 zu einer Gesamtertragskarte des Versuchsgutes Scheyern im 50 m x 50 m Raster zusammengefasst.

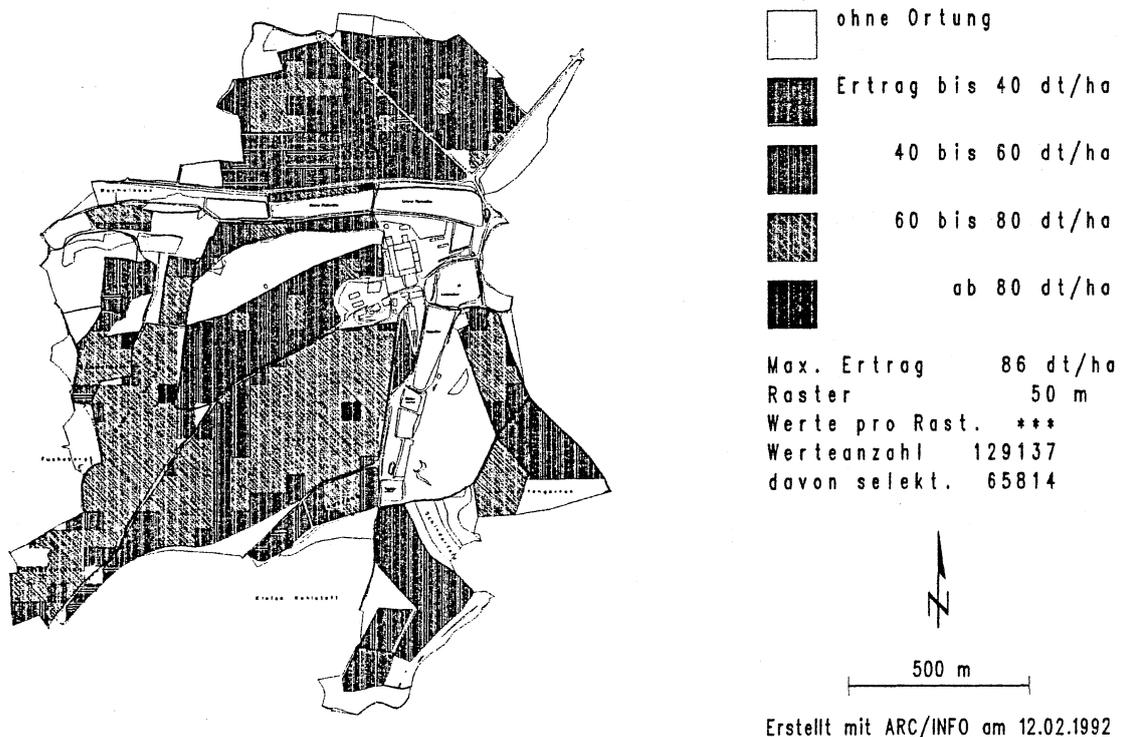
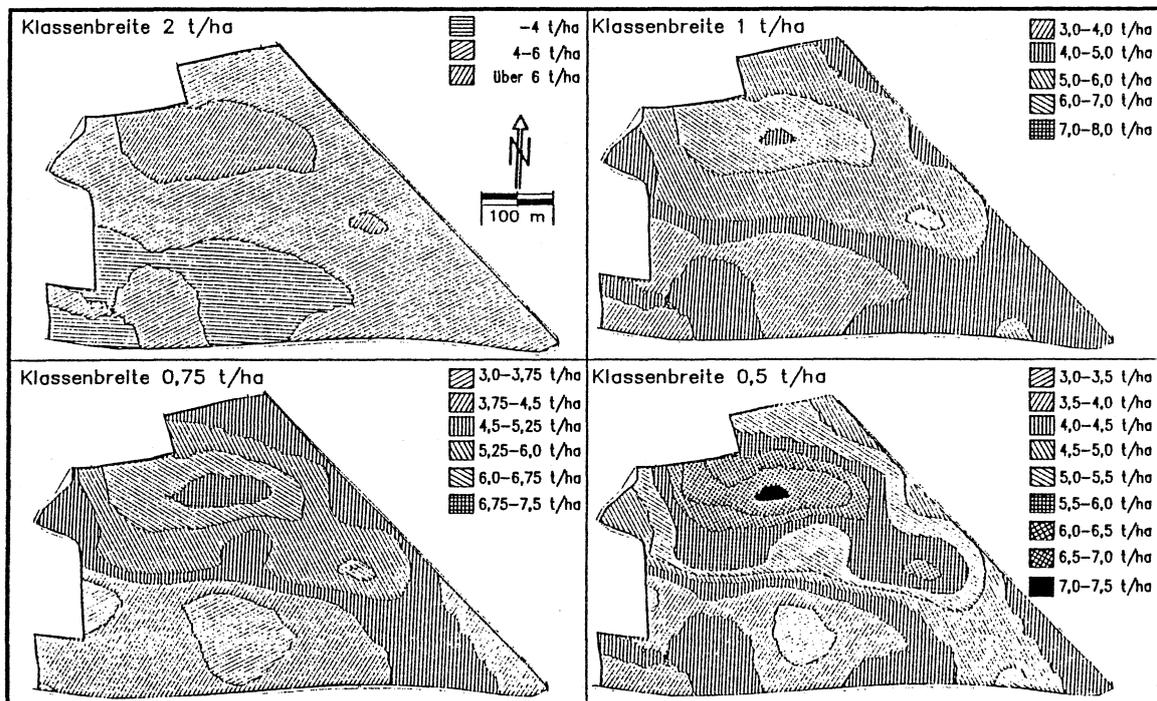


Abbildung 12: Ertragskartierung des Versuchsgutes Scheyern 1991

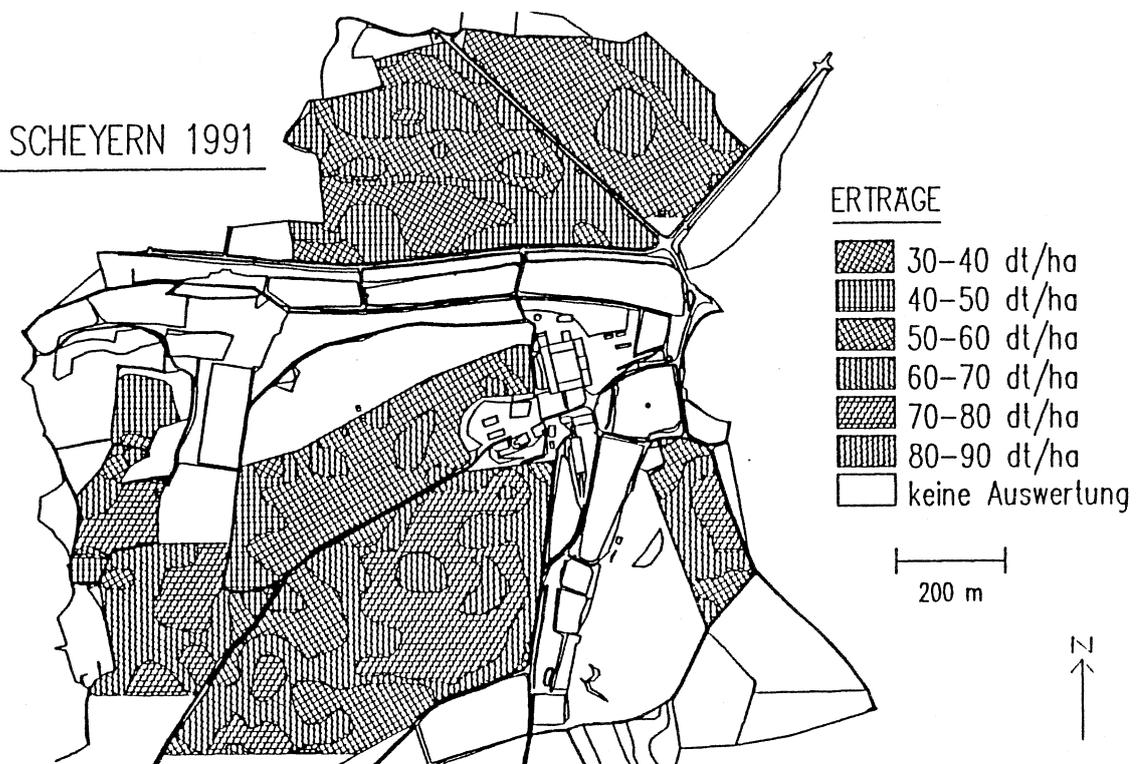
Neben ARC/INFO kam auch das GIS SPANS von Tydec zum Einsatz. Da das Programm eine vorzügliche Datenschnittstelle zur Verfügung stellt, mußten die Rohdaten nur wenig aufbereitet werden. Durch Nachbarschaftsanalyse wurden mit dem Programm Isoertragsflächen mit unterschiedlichen Ertragsklassenbreiten gebildet (Abb. 13).



**Abbildung 13:** Ertragskartierungen mit unterschiedlichen Ertragsklassen, Scheyern, Flachfeld 1991 (16,6 ha) (SEL-DGPS, DATAVISION-FLOWCONTROL, SPANS)

Die Verringerung der Ertragsklassenbreite von 2,0 t/ha über 1,0 t/ha und 0,75 t/ha bis auf 0,5 t/ha ergibt eine deutliche Differenzierung der Isoertragsflächen. Inwieweit diese einen zusätzlichen und notwendigen Informationszuwachs bewirkt und bis zu welcher Grenze die Reduzierung der Klassenbreite aufgrund der Ortungs- und Ertragsmeßfehler zulässig ist, muß noch abgeklärt werden.

Abbildung 14 zeigt einen Ausschnitt des FAM-Versuchsgutes Scheyern, das in der Vegetationsperiode 1990/1991 ausschließlich mit Winterweizen der Sorte Orestis bestellt und einheitlich gedüngt wurde. Die Kartierung wurde nach Isoertragsflächen mit einer Klassenbreite von 1,0 Tonnen vorgenommen. Das oben wiederholt gezeigte Flachfeld befindet sich im nördlichen Teil des Betriebes. Deutlich zeigt sich, daß sich die Isoertragsklassen, obwohl die Auswertungen, unabhängig voneinander, schlagweise vorgenommen wurden, über Schlaggrenzen und Wege hinweg erstrecken.



**Abbildung 14:** Ertragskarte FAM-Versuchsgut Scheyern 1992 (Winterweizen, SEL-DGPS, SPANS).

#### IV. Schlußfolgerungen mit Ausblick auf die Hauptphase

Die, in der Ernte 1990 vom Institut für Landtechnik mit Tast- und Vorversuchen begonnenen Arbeiten zur lokalen Ertragsermittlung beim Mähdrusch wurden in den Untersuchungsjahren 1991 und 1992 im Rahmen des Forschungsverbundes "Agrarökosysteme München", einschließlich der erforderlichen Vorversuche, auf jeweils etwa 200 ha Druschfläche ausgedehnt. Die zwei eingesetzten Mähdrescher waren mit den Ertragsmeßsystemen Masse- und Volumenstrom ausgestattet. Die Positionsbestimmung erfolgte großflächig erstmalig bei einem landwirtschaftlichen Einsatz über ein differentielles GPS.

Sowohl die Ertragsmeßgeräte als auch die Ortungssysteme zeigten eine hervorragende Funktionssicherheit und eine ausreichende Genauigkeit. Die damit gewonnenen Ertrags- und Positionsdaten wurden mit Hilfe eigener Auswertprogramme und geographischer Informationssystemen in Ertragskarten unterschiedlicher Struktur (Raster- bzw. Isoertragsdarstellung) überführt, sowie in die Datenbank des Forschungsverbundes übergeben.

Der Vergleich der mittleren Rastererträge und der Exaktertragsermittlung an ausgewählten Rasterpunkten (TP 10) ergab größere Abweichungen, die von stärkeren lokalen Ertragsschwankungen herrühren dürften. Die Umsetzung erster N-Entzugsgleichungen für einzelne Schläge in Entzugkartierungen, basierend auf Ertragskartierungen, wurde zum Jahreswechsel in Angriff genommen.

Es konnte gezeigt werden, daß es mit der lokalen Ertragsermittlung möglich ist, den Ertrag und, bei vorrangegangener einheitlicher Düngung, auch das Ertragspotential großer Flächen ganzflächig, ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand beim Mähdrusch, festzustellen und damit einen Ausgangspunkt für einen Regelkreis zur umweltorientierten Düngung zu erhalten.

Die lokale Ertragsermittlung beim Mähdrusch erstreckte sich, auf Grund der speziellen Anbauverhältnisse in der Inventurphase, auf alle Ackerflächen des Versuchsgutes Scheyern. Da jedoch in der 1993 anlaufenden Hauptphase vielgliedrigere Fruchtfolgen mit einem hohen Anteil von "Nicht-Mähdruschfrüchten" etabliert werden, ist es erforderlich, die lokale Ertragsermittlung auch auf die Erntetechniken dieser Früchte auszuweiten. Darauf aufbauend muß dann die Applikationstechnik von mineralischem und organischem Dünger so modifiziert und ergänzt werden, daß es möglich wird, entsprechend der neuen Vorgaben - in Form von Düngerkarten - die Düngung teilschlagbezogen, lokal variiert auszubringen. Hierzu ist es notwendig, daß Bodenkunde, Pflanzenernährung und Pflanzenbau, aufbauend auf deren sehr umfangreichen Untersuchungen und den mehrjährigen Ertragskartierungen, Algorithmen zur Erstellung differenzierter, teilschlagbezogener Düngepläne entwickeln.

## V. Publikationen

Auernhammer, H.:

Landtechnische Entwicklungen für eine umwelt- und ertragsorientierte Düngung.  
Landtechnik 45 (1990), Heft 7/8, S. 272 - 278.

Auernhammer, H., M. Demmel, T. Muhr, J. Rottmeier:

Future developments for fertilizing in Germany.  
St. Joseph, ASAE Paper Nr. 91-1040.

Auernhammer, H., T. Muhr:

GPS in a basic rule for environment protection in agriculture.

In: Proceedings of the Automated Agriculture for the 21st Century, 16./17. Dezember 1992, Chicago, Illinois, Hrsg.: ASAE, St. Joseph, 1991.

Auernhammer, H. und T. Muhr:

The Use of GPS in Agriculture for Yield Mapping and Tractor Implement Guidance.  
DGPS '91 - First international Symposium Real Time Applications of the Global Positioning System, Düsseldorf 1991, Vol.II, pp 455 - 465.

Buschmeier, R.:

CAF with the Satellite Navigation System GPS.

In: Technical Abstracts and Poster Abstracts on "International Conference on Agricultural Engineering (AG ENG '90)" Berlin, VDI-AGR/MEG 1990, S.88 - 89.

Muhr, T., M. Demmel und H. Auernhammer:  
Positionsbestimmung von Fahrzeugen im Feld.  
In: Wiegemöglichkeiten im Schlepperkraftheber und in Transportfahrzeugen,  
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1991, Heft 2, S. 72 - 84.

Petersen, C.:  
Precision GPS Navigation for Improving Agricultural Productivity.  
GPS World 1991, Nr. 1, S. 38 - 43.

Schnug, E., S. Haneklaus und J. Lamp:  
Economic and Ecological Optimisation of Farm Chemical Appliukations by "Computer Aided Farming" (CAF).  
In: Technical Abstracts and Poster Abstract on "International Conference on Agricultural Engineering (AG ENG '90)" Berlin, VDI-AGR/MEG 1990, S. 88 - 89.

Schueller, J.K. et al.:  
Determination of Spatially Variability Yield Maps.  
St. Joseph, ASAE Paper Nr. 87-1533.

Searcy, S.W. and J.W. Tevis:  
Generation and Digitization of Management Zone Maps.  
St. Joseph, ASAE-Paper Nr. 91-3528.

Wild, K. und H. Auernhammer:  
Ortung und Navigation in der Landwirtschaft.  
In: SPN - Zeitung für Satellitengestützte Positionierung, Navigation und Kommunikation, 1 (1992), Nr. 2, S.72.

Am 5./6. März 1992 fand ein Kolloquium zum Thema "Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge" als gemeinsame Veranstaltung der VDI-Gesellschaft Agrartechnik (VDI-AGR), der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik (MEG), des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM) und der Landtechnik Weihenstephan statt. Die folgenden, auf der Tagung gehaltenen Vorträge sind alle in dem Tagungsband "VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik, Heft 14 (1992)" veröffentlicht:

Auernhammer, H.:  
Rechnergestützter Pflanzenbau am Beispiel der umweltorientierten Düngung.

Kögel, H. und G. Jahns:  
Nutzung der Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge zur Reduzierung des Betriebsmitteleinsatzes - wirtschaftliche Grundsätze und praktische Anwendungen.

Winter, R. und K. Baganz:  
Bornimmer Arbeiten, die Ansätze zur Entwicklung teilstückgerechter Feldwirtschaft bieten.

Muhr, T. und H. Auernhammer:  
Technische Möglichkeiten zur Ortung landwirtschaftlicher Fahrzeuge im Feld.

Bernhardt, G. und W. Damm:

Lösungsansätze zur Positionsbestimmung mobiler Landmaschinen mittels eines Trägheitsnavigationssystems.

Lechner, W.:

Grundlagen und Anwendung von GPS und DGPS - Stand der Entwicklung, Arbeiten der DGON -.

Hoßfeld, B.:

Absehbare Entwicklungen bei GPS und rechtliche Voraussetzungen.

Straub, J.:

Differentielles GPS, der Schlüssel zur hochgenauen Positionsbestimmung.

Hartl, P.:

Möglichkeiten der Kooperation Raumfahrt/Landwirtschaft.

Reitz, P., H.D. Kutzbach:

Technische Komponenten für die Erstellung von Ertragskarten während der Getreideernte mit dem Mähdrescher.

Demmel M., T. Muhr, J. Rottmeier, P. v. Perger und H. Auernhammer:

Ortung und Ertragsermittlung beim Mähdrusch in den Erntejahren 1990 und 1991.

Kollar, L.:

Theoretische und technische Ansätze für die Spurführung mobiler Aggregate.

Van Zuydam, R.P.:

Automatische Steuerung von landwirtschaftlichen Geräten.

Jürschik, P. und H. Beuche:

Anschlußfahren von Feldmaschinen mit Differential - GPS.

Georg, H. und F.-J. Bokisch:

Entwicklung eines Pflanzenunterscheidungssystems auf bildanalytischer Basis zur Bonitierung und zukünftig zur direkten Steuerung der Unkrautbekämpfung.

Schueller, J.K., S. Borgelt und K. Wild:

Ortung und Navigation in der Landwirtschaft der USA - Stand und Ausblick.

Delcourt, H., J. de Baerdemacker und J. Deckers:

Lokale Unterschiede von Wachstum und Ertrag bei Winterweizen anhand von Boden- und Bodennährstoffkarten.

Begemann, J.:

Schlagkartei und Ortung - Voraussetzungen und Lösungen.