

4.4 Aufbereitung von Ertragsdaten (TP II-5)

Teilprojektleiter: Dipl. Ing. agr. T. Muhr

Bearbeiter: Dipl. Ing. P. Noack

4.4.1 Zusammenfassung

Die Ertragskartierung stellt eine wichtige und oft die einzige Informationsgrundlage für verschiedene precision agriculture-Anwendungen dar. Die Ertragsdaten, die von Ertragskartierungssystemen im Feld online erfasst werden, sind aufgrund verschiedener Einflussfaktoren mehr oder weniger fehlerbehaftet und können deshalb nur bedingt für die Erstellung aussagekräftiger Ertragskarten verwendet werden.

Im Rahmen des TP II-5 werden diese Messfehler untersucht. Hierbei ist das Ziel des Teilprojektes, ein Verfahren für die unüberwachte Korrektur von Ertragsdaten zu entwickeln und den ausgegebenen Werten Güteparameter zuzuordnen.

Summary

Yieldmaps are often the only spatial information available for input in precision agriculture processes and the creation of application maps. Yield data collected with yield monitors online is more or less likely to be defective due to harsh and changing environments in the combine harvester during the acquisition of data. In many cases this data is not fit for creating reliable and significant low scale yield maps.

Sub-project TP II-5 examines potential measurement errors and is aiming at developing a procedure that allows for the unsupervised correction of yield data and the assignment of quality indicators to single data points.

4.4.2 Einleitung

Innerhalb der letzten Jahre hat sich precision agriculture zu einer ernstzunehmenden und praktikablen Alternative zu herkömmlichen Landbaumethoden entwickelt. Hierzu hat insbesondere die zunehmende Verfügbarkeit von Bordcomputern und Anbaugeräten, die zur teilflächenspezifischen Aussaat und Düngung eingesetzt werden können, beigetragen.

Ebenso verfügbar sind verschiedene Anwendungsprogramme, die auf der Basis eines oder mehrerer Eingabeparameter Applikations- und Aussaatkarten erstellen können. In der Praxis sind lokale Ertragsdaten jedoch meist noch immer die einzige Informationsquelle, die für die Berechnung dieser Karten zur Verfügung steht. Deshalb liefern aussagekräftige Ertragskarten, mit einem realistischen Abbild der Ertragsstrukturen auf den Schlägen, eine wichtige Voraussetzung für die Erstellung von pflanzenbaulich und betriebswirtschaftlich optimierten Applikations- und Aussaatkarten.

Eine zunehmende Anzahl von Betrieben und Lohnunternehmern setzt Ertragsmonitore auf Mähdreschern ein; teilweise stehen bereits Ertragsdaten über mehrere Jahre für einen Schlag zur Verfügung. Oft finden in großen landwirtschaftlichen Betrieben oder in Lohnunternehmen Mähdrescher unterschiedlicher Bauart mit unterschiedlichen Ertragsmesssystemen Anwendung, so dass beim Einsatz mehrerer Erntegeräte auf einem Schlag Ertragsdaten von unterschiedlichen Ertragsmesssystemen für diesen Schlag anfallen. Ebenso werden in der Regel auf einem Schlag in den einzelnen Jahren unterschiedliche Erntegeräte eingesetzt.

Ertragsdaten aus verschiedenen Ertragsmesssystemen unterscheiden sich zum Teil erheblich bezüglich des Dateiformates, der Informationstiefe und des Vorverarbeitungsgrades. Die gemeinsame oder vergleichende Verarbeitung von Ertragsdaten ungleicher Herkunft muss diesen Unterschieden Rechnung tragen, um die Aussagekraft der resultierenden Ertragskarten sicherzustellen.

Im Teilprojekt II-5 des Verbundprojektes *pre agro* wurden in den letzten Jahren Importfilter für alle im Projekt verwendeten Ertragsdatenformate entwickelt und der Informationsgehalt der Ertragsdaten untersucht.

4.4.3 Einleitung und Problemstellung

Im Rahmen der Arbeit des Verbundprojektes *pre agro* fallen ebenso wie in der Praxis große Mengen von Ertragsrohdaten an, die zu konsistenten Ertragskarten verarbeitet werden müssen. In der Regel werden diese Daten für die Verwendung zu Forschungszwecken visuell kontrolliert und manuell manipuliert. Diese Art der Datenverarbeitung ist bei großen Datenmengen nicht leistbar. In der landwirtschaftlichen Praxis werden die Ertragskarten meist aus kaum gefilterten oder geglätteten Ertragsrohdaten erstellt.

Das Teilprojekt II-5 hat es sich zur Aufgabe gemacht, die im Rahmen des Verbundprojektes *pre agro* anfallenden Ertragsrohdaten zu untersuchen und Verfahren zu entwickeln, die eine automatische Korrektur von Ertragsrohdaten ermöglichen. Hierbei wird insbesondere an einer Methode gearbeitet, die extrem hohe oder extrem niedrige Ertragsmesswerte nicht nur aufgrund des räumlichen Bezuges zu anderen Ertragsmesswerten zu bewerten sucht, sondern auch die zeitliche Beziehung zwischen Ertragsmesswerten berücksichtigt. Diese Methode soll eine automatische Korrektur von Ertragsrohdaten ermöglichen und könnte schließlich verallgemeinernd auf verschiedene Datenarten, die fahrspurbasiert erhoben werden (z. B. EM38), angewendet werden.

4.4.4 Material und Methoden

4.4.4.1 Automatisierte Verarbeitung von Ertragsdaten

Im Rahmen des Teilprojektes wurde eine Software für die automatisierte Ertragsdatenverarbeitung in Visual Basic 6.0 entwickelt. Mit dem Importmodul dieser Software können alle Daten aus den im Projekt vorkommenden Ertragsdatenformaten importiert, analysiert und automatisch Punkt- und Rasterertragskarten im ESRI Shape-Format erstellt werden. Dieses Modul wurde bereits im Jahresbericht 2000 beschrieben (s.a. Abb. 4.4-1).

Im Verlauf der Ernte 2001 wurde dieses Modul optimiert und um neue Funktionen erweitert. Es stehen neue Importfilter für Ertragsdatenformate zur Verfügung, und es können hexagonale Ertragskarten (s. 4.4.4) erzeugt werden. Vor allem wurde jedoch die Performance des Programmes soweit verbessert, dass im Jahre 2001 die Ertragskarten in der Regel 24 Stunden nach Eintreffen der Rohdaten für die Projektdatenbank *premis* zur Verfügung gestellt werden konnten.

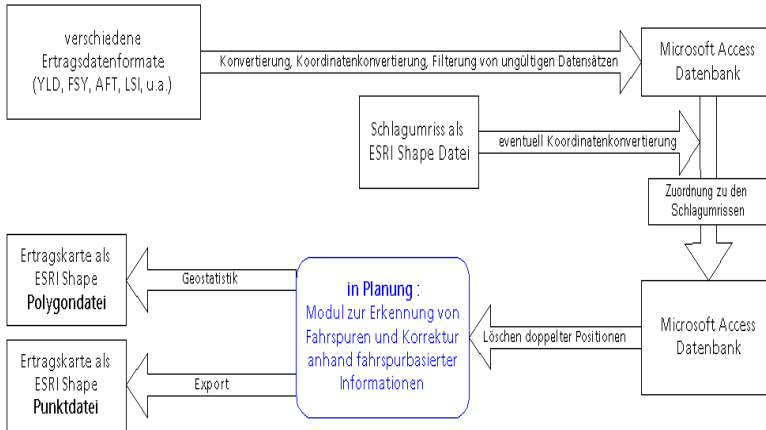


Abb. 4.4-1 : Datenfluss einer automatisierten Ertragskartenerstellung

Fig. 4.4-1 : dataflow for the automated generation of yield maps

4.4.4.2 Erkennung und Vergleich von Fahrspuren

Die unter 4.4.4.1 vorgestellte Software ist ebenfalls in der Lage, die einzelnen Messpunkte in Ertragsdateien den Mähdescherfahrspuren zuzuordnen und die Nachbarschaftsbeziehungen der Ertragsmesswerte auf diesen Fahrspuren darzustellen. Diese Funktion stand bereits Anfang 2001 prototypisch zur Verfügung und wurde im Verlaufe des Jahres weiter verbessert. Aufgrund der unterschiedlichen Qualität der bei der Ertragskartierung aufgezeichneten Positionen arbeitet der Algorithmus zur Erkennung der Fahrspuren jedoch nach wie vor nicht vollkommen fehlerfrei.

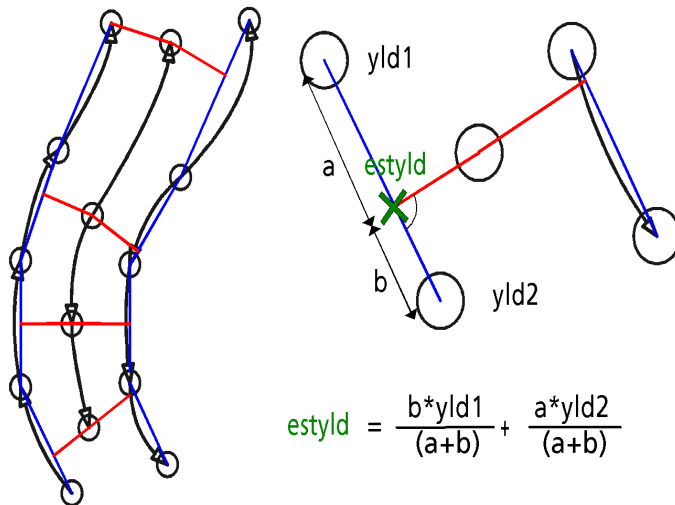


Abb. 4.4-2 : Vergleich von Ertragsmesswerten benachbarter Fahrspuren

Fig. 4.4-2 : comparison of yield measurements in neighbouring tracks

Nach der Zuordnung der Positionen zu Fahrspuren aufgrund berechneter Richtungswinkel und Zeitmarken werden für jeden Punkt in der Fahrspur die beiden nächsten Punkte auf den benachbarten Fahrspuren gesucht. Aus den gewichteten Mittelwerten der Ertragsmesswerte dieser Punkte wird ein Schätzertrag für jede der beiden Nachbarfahrspuren berechnet.

Das Modul ermöglicht ebenfalls die Auswahl von Fahrspuren und die anschließende Simulation des zeitlichen Ablaufs der Erfassung der Ertragsmesswerte in der Fahrspur und den benachbarten Fahrspuren. Diese Art der Visualisierung führt zu einem besseren Verständnis für die Qualität von fehlerhaften Messwerten.

Im weiteren Verlauf des Projektes sollen Kriterien für die Frage entwickelt werden, ob ein Ertragsmesswert in der Fahrspur korrigiert oder eliminiert wird, wenn die Schätzwerte der Nachbarfahrspuren bestimmte Grenzen über- bzw. unterschreiten.

4.4.4.3 Filterung von Ertragsmesswerten (Fast Fourier-Transformation)

Die Ertragsrohdaten verschiedener Ertragsmesssysteme sind aufgrund der unterschiedlichen Messprinzipien und Filterung in den Messsystemen selbst mit einem unterschiedlich starken Rauschen behaftet. Es wurde geprüft, ob Rohdaten mit starkem Rauschen durch Filterverfahren geglättet werden können. Hierbei wurde insbesondere die Fast Fourier-Transformation berücksichtigt.

Bei der Fast Fourier-Transformation werden Datenreihen, die über einen bestimmten Zeitraum erfasst wurden (in diesem Falle: eine Fahrspur), in einen Frequenzraum überführt. Wenn im Rahmen der Rücktransformation solcher Daten hohe Frequenzbereiche nicht verwendet werden, führt dies zu einer Glättung des Verlaufs über die Zeit (Abb. 4.4-3).

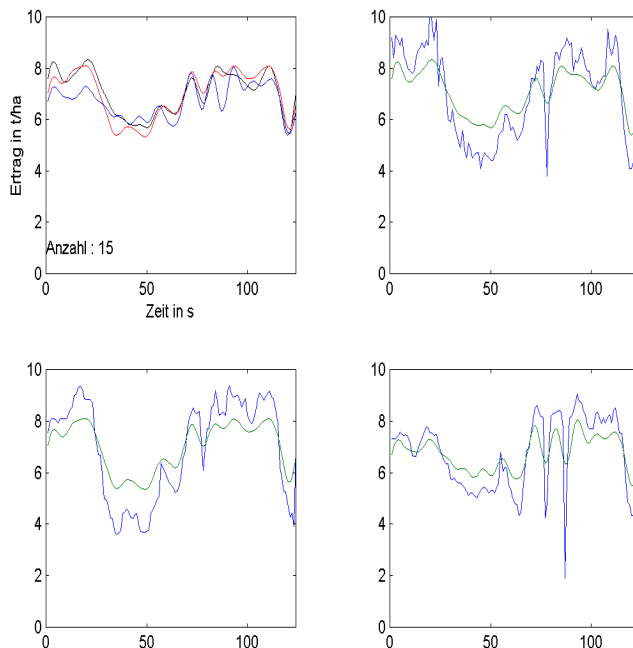


Abb. 4.4-3 : Verlauf von Erträgen entlang paralleler Fahrspuren nach Fast Fourier-Transformation

Fig. 4.4-3 : Fast fourier transformed yield measurements along parallel tracks

Im linken oberen Diagramm der Abbildung sind die gefilterten Daten einer Fahrspur mit den gefilterten Daten der Nachbarfahrspuren dargestellt. Die Verläufe ähneln sich stärker als die der ungefilterten Daten.

In den verbleibenden drei Diagrammen sind die Verläufe der ungefilterten Ertragsmesswerte gegen die der gefilterten Ertragsmesswerte über die Zeit dargestellt. Man kann erkennen, dass durch die Anwendung des Filters hohe Erträge generell unterschätzt und niedrigere Erträge generell überschätzt werden. Aus diesem Grund wurde das Verfahren der Filterung mittels Fast Fourier Transformation nicht weiter verfolgt.

4.4.4.4 Alternative Gridformen für Ertragskarten

Aufgrund theoretischer Überlegungen zur Verteilung von Gridpunkten für die Interpolation von Ertragswerten wurde ein Modul entwickelt, das die Erstellung von Ertragskarten mit hexagonaler Gridanordnung erlaubt.

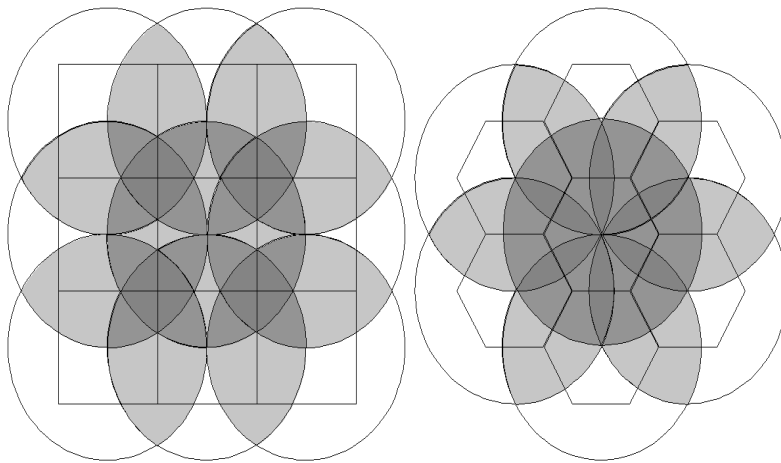


Abb. 4.4-4 : rechteckige Anordnung und hexagonale Anordnung von Gridzellen

Fig. 4.4-4 : rectangular and hexagonal arrangement of gridcells

Die hexagonale Form hat den Vorteil, dass Gridpunkte gleich weit von allen benachbarten Gridpunkten entfernt sind und die Überlappung der kreisförmigen Suchradien homogener ist als bei der klassischen quadratischen Anordnung (s. Abb. 4.4-4).

Applikationskarten nach DIN 9684 (Teil 5, ADIS-Format) basieren auf rechteckigen Gridformen. Da hexagonal geformte Ertragskarten die Berechnung von rechteckigen Applikationskarten erschweren würden, wurde dieser Ansatz nicht weiter verfolgt.

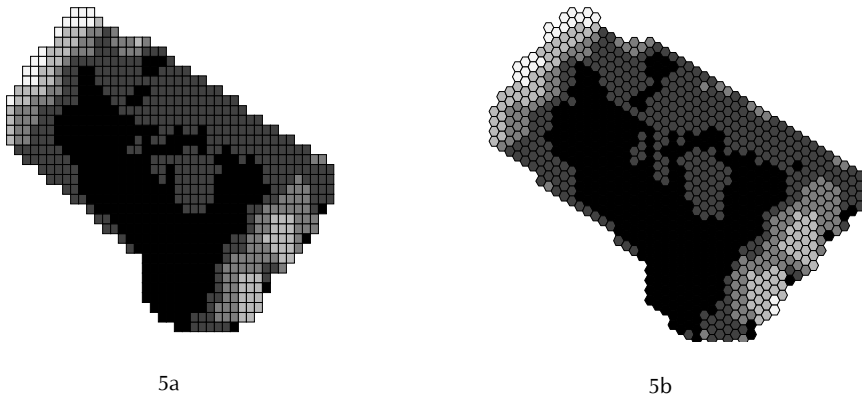


Abb. 4.4-5 : Ertragskarte mit rechteckigen (5a) und hexagonalen (5b) Gridzellen

Fig. 4.4-5 : yieldmap with rectangular and hexagonal gridcells

4.4.5 Ergebnisse

4.4.5.1 Automatisierte Verarbeitung von Ertragsdaten

Das Modul für die automatisierte Verarbeitung von Ertragsdaten wurde während des Jahres 2001 verbessert und ausgebaut. Die Entwicklung und Verbesserung stellte für die konsistente Verarbeitung der Daten eine unerlässliche Voraussetzung dar. Im Jahre 2001 fielen 323 Ertragsdateien mit einem Speicherplatzbedarf von 60.2 MB an. Aus diesen Daten wurden 251 Ertragskarten erstellt. Die manuelle Verarbeitung und Zuordnung solcher Datenmengen ist innerhalb eines vertretbaren Zeitrahmens nicht möglich.

4.4.5.2 Erkennung und Vergleich von Fahrspuren

Mit dem unter 4.4.4.2 vorgestellten Modul zur Erkennung von Fahrspuren wurden die Daten des Schlags Finkenherd aus dem Jahr 2000 bearbeitet und weitergehend ausgewertet. Hierbei wurde u. a. die Summe der Erträge der Fahrspuren den Summen der Erträge in den Nachbarfahrspuren gegenübergestellt (Abb. 4.4-6).

Man kann erkennen, dass die lineare Beziehung zwischen den akkumulierten Ertragsmesswerten sehr eng ist und die Steigungen der Regressionsgeraden unwesentlich ungleich dem Wert 1 sind. Die engen Beziehungen lassen darauf schließen, dass Ertragsmesssysteme nach Akkumulation der Messwerte reproduzierbar genau arbeiten.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Isensee und Kripahl (2001). Bei ihren Untersuchungen stellten sie bei zwei Ertragsmesssystemen, die auf einem Mähdrescher eingesetzt wurden, durch Kontrollwiegungen auf Fuhrwerkswaagen Abweichungen von etwa 5 % fest.

In den Untersuchungen vergleichen Isensee und Kripahl ebenfalls den Verlauf der Erträge der beiden Systeme entlang einer Fahrspur und kommen zu dem Ergebnis, dass unter bestimmten Umständen starke Ausschläge in den Ertragsmesswerten beobachtet werden können. Ähnliche Ausschläge konnten in den Daten des Schlags Finkenherd (2000) ebenfalls gefunden werden (Abb. 4.4-7, Nachbar 2, Datenpunkt 87).

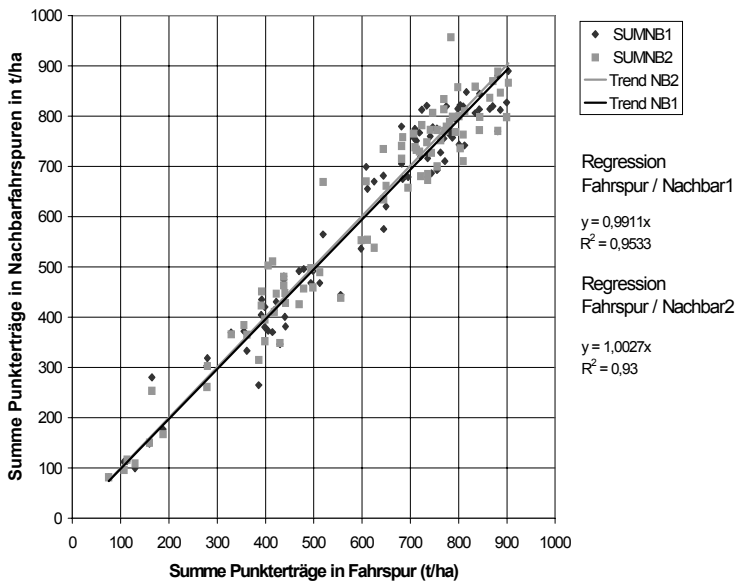


Abb. 4.4-6: Beziehung zwischen Ertragssummen in der Fahrspur und benachbarten Fahrspuren

Fig. 4.4-6: relationship between yield sums of tracks and neighbouring tracks

Fahrspur 54, Schlag Finkenherd', Ernte 2000, Ertragsmonitor ACT

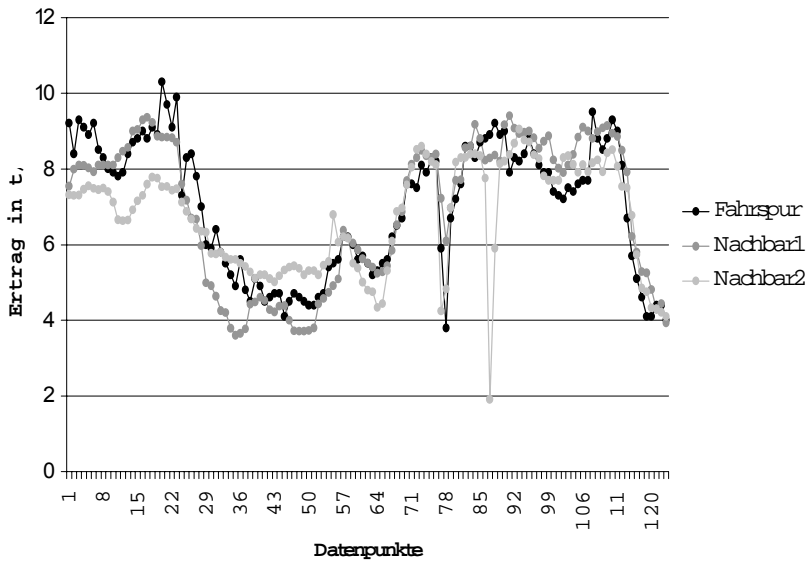


Abb. 4.4-7 : Verlauf von Ertragsmesswerten entlang von Fahrspuren

Fig. 4.4-7 : yield measurements along neighbouring tracks

Für solche offensichtlichen Messfehler sind Filterkriterien in Planung (s. 4.4.4.3 ff.). Mit dem fahrspurbasierten Ansatz ist auch die Erkennung solcher Fahrspuren möglich, die nur mit Teilbreiten beerntet wurden. Diese Fahrspuren weisen im Vergleich zu den Nachbarfahrspuren signifikant niedrigere Ertragssummen auf.

4.4.5.3 Vergleich verschiedener Ertragsmesssysteme auf einem Mähdrescher

Während der Ernte 2001 wurden auf Gut Wittenfeld auf einem Mähdrescher drei Ertragsmesssysteme parallel eingesetzt. Die beiden Ertragsmesssysteme, die bei den Versuchen im Jahr 2000 auf einem Deutz Fahr-Mähdrescher eingesetzt worden waren, sind hierzu in einen MF 7272 umgerüstet worden. Dieser Mähdrescher war bei Auslieferung bereits mit einem Ertragsmesssystem ausgestattet (Tab. 4.4-1).

Tab. 4.4-1: Vergleich von Ertragssensoren

Tab. 4.4-1: comparison of yield sensors

Abkürzung	X	YLD	FSY
Hersteller	RDS Technology	AgLeader	Dronningborg
Typ	Ceres II	LH 565	Datavision II
Neigungssensor	Ja	nein	Nein
Feuchtigkeitsmessung	ja	ja	Ja
Teilbreitenerfassung	ja	ja	Nein
Messprinzip	Volumenstrom	Massenstrom, Impuls	Massenstrom, radiometrisch

Die Datenauswertung erfolgte nach Abschluss der Ernte mit dem unter 4.4.4.1 beschriebenen Modul. Aus den Ertragsmesswerten von drei ausgewählten Schlägen wurden Rasterertragskarten mit Gridgrößen von 5, 10, 25 und 50 m berechnet. Anschließend wurden die Rastererträge der verschiedenen Ertragsmesssysteme an gleicher Stelle verglichen.

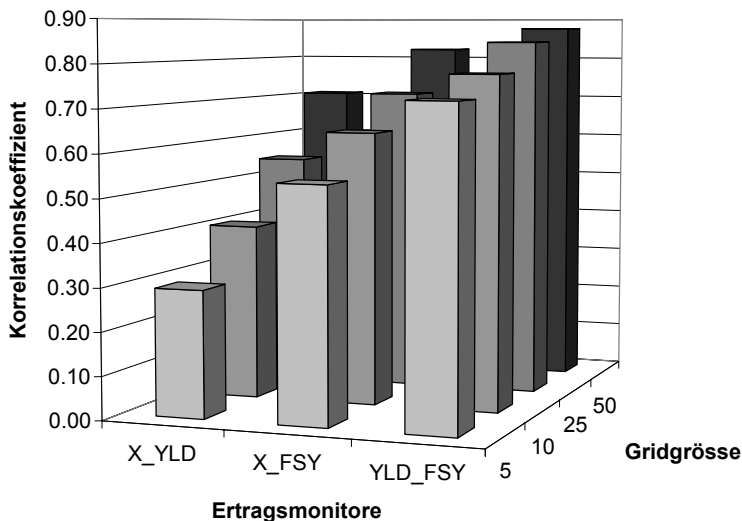


Abb. 4.4-8 : Korrelation der Rastererträge aus dem Schlag Seminar (2001)

Fig. 4.4-8 : correlation between yield grid values (field Seminar, harvest 2001)

In Abbildung 4.4-8 sind die Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Rastererträgen der drei Ertragsmesssysteme in Abhängigkeit von der Gridgröße dargestellt. Diese Abbildung verdeutlicht, dass Akkumulation auch zu einer besseren Vergleichbarkeit zwischen Ertragsmesssystemen führt. Dies gilt im dargestellten Fall insbesondere für den Vergleich der Systeme X und YLD, bei denen die Korrelationskoeffizienten mit steigender Gridgröße stärker zunehmen als beim Vergleich der anderen Systeme.

Die Rastererträge der Systeme YLD und FSY zeigen über alle Gridgrößen eine sehr enge Beziehung. So hat der Korrelationskoeffizient für die Beziehung zwischen diesen Systemen bei einer Gridgröße von 5 m den gleichen Betrag wie der zwischen den Systemen X und YLD bei einer Gridgröße von 50 m.

Beim Vergleich der Korrelationskoeffizienten mit den Daten der anderen Schläge konnte ein enger Zusammenhang festgestellt werden. Die Beziehung zwischen den Korrelationskoeffizienten über alle Systeme und Gridgrößen betrug zwischen den Schlägen zwischen 0.8 und 0.96. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Beziehungen zwischen den Rastererträgen der Ertragsmesssysteme bei gegebener Versuchsanordnung unter verschiedenen Feldbedingungen stabil sind.

4.4.6 Zusammenfassende Diskussion und Ausblick

Die automatische Verarbeitung von Ertragsdaten ist im Verlaufe des Jahres 2001 verbessert und erweitert worden. Ohne die automatisierte Verarbeitung wäre die Bereitstellung konsistenter Daten für das *premis* nicht möglich.

Im Verlaufe des Jahres 2002 soll das Modul für die fahrspurbasierte Erkennung und Korrektur von fehlerhaften Ertragsmesswerten in die automatische Verarbeitung der Daten integriert werden. Hierbei müssen die Genauigkeitsunterschiede bezüglich der Positionsermittlung berücksichtigt werden. Für einige Datenformate wird diese Fehlerkorrektur nicht möglich sein, da für die Sortierung der Daten der Zeitpunkt der Datenerfassung benötigt wird.

Für die fahrspurbasierte Erkennung und Korrektur fehlerhafter Ertragsmesswerte müssen Filter entwickelt werden, die sowohl die vorherigen als auch die folgenden Messwerte und die Messwerte der benachbarten Fahrspuren berücksichtigen. Hierzu wurden in diesem Jahr Versuche mit Fast Fourier transformierten Daten durchgeführt. Diese Methode hat sich als nicht geeignet erwiesen. Erste Untersuchungen von Filtern, die die Ableitungen der Ertragsverläufe berücksichtigen, scheinen bessere Ergebnisse erwarten zu lassen.

Die Untersuchungen zur hexagonalen Anordnung von Gridpunkten haben gezeigt, dass diese Gridform für die Abgrenzung von Ertragszonen besser geeignet ist, als die quadratische Gridform. Hexagonale Grids werfen jedoch Probleme für die Erstellung von Applikationskarten auf.

Bei den Feldversuchen mit einem Mähdrescher, auf dem drei verschiedene Ertragsmesssysteme zum Einsatz kamen, konnte erneut nachgewiesen werden, dass verschiedene Ertragsmesssysteme unter gleichen Bedingungen kleinräumig unterschiedliche Ertragsmengen ausweisen. Nach Akkumulation der Messwerte über Raum (Interpolation,

Gridgröße > 25 m) oder Zeit (z. B. fahrspurweise) verringern sich die Unterschiede zwischen den erfassten Ertragsmengen.

Die während der Feldversuche erhobenen Daten sollen weiter analysiert werden. Hierbei soll auch untersucht werden, ob die Hangneigung einen Einfluss auf die Ertragsmesswerte ausübt. Das Modul zur fahrspurbasierten Betrachtung erlaubt bereits jetzt die Erkennung von Fahrspuren, die nur mit Teilbreiten beerntet wurden.

Für die Ausweisung von Ertragszonen, die für die Ermittlung von Managementzonen verwendet werden können, scheinen alle verwendeten Ertragsmesssysteme geeignet zu sein. Die Messwerte können allerdings z. Z. noch nicht zur punktgenauen Bestimmung von Erträgen oder Erträgen auf kleinen Teilflächen (z. B. Versuchswesen) verwendet werden.