

10 Aufbereitung von Ertragsdaten (TP II-5)

Teilprojektleiter: Dipl. Ing. agr. T. Muhr

Bearbeiter: Dipl. Ing. P. Noack

10.1 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 flächenspezifischen 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 stellen lokale Ertragsdaten jedoch meist noch immer die einzige Informationsquelle dar, die für die Berechnung dieser Karten zur Verfügung steht. Deshalb stellen aussagekräftige Ertragskarten, die ein realistisches Abbild der Ertragsstrukturen auf den Schlägen liefern, eine wichtige Voraussetzung für die Erstellung von pflanzenbaulich und betriebswirtschaftlich optimierten Applikations- und Aussaatkarten dar.

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 werden in großen landwirtschaftlichen Betrieben oder in Lohnunternehmen Mähdrescher unterschiedlicher Bauart mit unterschiedlichen Ertragsmesssystemen eingesetzt, 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 verschiedenen Jahren verschiedene 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 verschiedener 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 beiden Jahren Importfilter für alle im Projekt verwendeten Ertragsdatenformate entwickelt und der Informationsgehalt der Ertragsdaten untersucht.

10.2 Bezug zum Verbundprojekt

Wie bereits früher an anderer Stelle dokumentiert, stellen fehlerkorrigierte Ertragskarten für die anwendungsorientierten Teilprojekte (Düngung, Saat, Ertragspotentiale) eine wichtige Ausgangsgröße für die Berechnung von teilflächenspezifischen Dünger- und Aussaatmengen dar. In diese Berechnungen gehen ebenso Ertragspotentialkarten ein, die mit fehlerkorrigierten Ertragskarten validiert werden können.

10.3 Einleitung und Problemstellung

Die während des Mähdrusches erfassten Daten werden von allen Ertragsmesssystemen in proprietären Datenformaten gespeichert. Einige Datenformate sind dokumentiert und können direkt gelesen werden (DL*.*). Für andere Datenformate werden Programmmodule (z. B. DLL) der Hersteller bereitgestellt, die Funktionen zum Auslesen der enthaltenen Informationen enthalten (AgLeader). Die Daten einiger Ertragsmonitore müssen zunächst in eine mit dem System ausgelieferte Ertragskartierungssoftware eingelesen werden, um die Datensätze in ASCII- oder Datenbankformate exportieren zu können.

Die Informationen, die von den verschiedenen Ertragsmonitoren aufgezeichnet und zur Verfügung gestellt werden, unterscheiden sich erheblich. In Tabelle 10-1 ist dargestellt, welche Informationen in den im Rahmen des Verbundprojektes anfallenden Dateiformaten enthalten sind.

Tab. 10-1: Zusammenstellung von in Rohdaten aus Ertragskartierungen enthaltenen Informationen

Dateiendung	*.FSY	*.LSI	*.OUT	*.YLD	*.AFT	DL*.*
Hersteller des Ertragsmesssystems	FieldStar	FieldStar	FieldStar	AgLeader	Claas	RDS
Position	X	X	X	X	X	X
Rohertrag	X	X	X	X	X	X
Feuchte	X		X	X	X	X
Zeit	X	X	X	X	X	
Datum	X		X	X	X	
GPS Status		X		X	X	X
Geschwindigkeit aus externem Sensor				X	X	
Azimuth					X	
Anzahl der Satelliten					X	
Schnittbreite	X			X		X
Höhe	X		X	X		X
Status des Tisches			X	X		
HDOP	X					

Der Ertrag und die Position sind die einzigen Informationen, die in allen Dateitypen enthalten sind. Andere Informationen, wie die Anzahl der zur Positionsbestimmung verwendeten Satelliten, sind nur in einem Dateityp enthalten. Wenn Daten verschiedener Ertragsmesssysteme gemeinsam verarbeitet werden sollen, muss eine gemeinsame Datenbasis geschaffen werden, die alle Informationen aus allen Ertragsmesssystemen aufnehmen kann. Schließlich können alle Informationen potentiell für eine Korrektur und Validierung der Daten verwendet werden.

Die Informationen in den Ertragsmesssystemen unterscheiden sich auch in der Qualität teilweise erheblich. So wird in einem Dateityp die GPS-Position lediglich mit einer Auflösung von 10^{-3} Winkelminuten abgespeichert. In der Regel beträgt die Auflösung jedoch 10^{-4} Winkelminuten.

Für die Qualität der aus den Ertragsdaten berechneten Ertragskarten dürften jedoch die qualitativen Unterschiede der Ertragsmesswerte, die von den Ertragsmonitoren ausgegeben werden, ausschlaggebend sein. Diese Unterschiede können auf folgende Faktoren zurückgeführt werden:

- Es werden unterschiedliche Verfahren zur Messung der Erträge bzw. des Gutstroms verwendet: einige Systeme erfassen Masseströme, andere Volumenströme. Die verwendeten Sensoren unterscheiden sich zum Teil erheblich in Anbringung, Bauart und Funktionsweise (Demmel 1997). Daraus ergeben sich unterschiedliche Anfälligkeiten für Änderungen des Gutstroms, Neigung der Erntemaschine und Geschwindigkeitsänderungen.

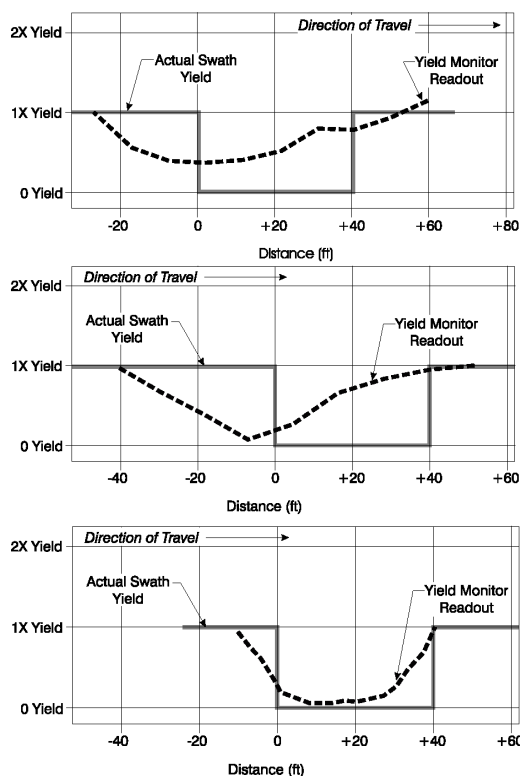


Abb. 10-1: Reaktion verschiedener Ertragsmesssysteme auf Ertragschwankungen [aus PAMI, 1999]

- Die Gutströme werden an den Sensoren in einer relativ hohen Auflösung (bis 1.000 Hz) erfasst und in unterschiedlichem Maß zu Messwerten verdichtet. Die Auflösung der aufgezeichneten Daten ist abhängig vom Ertragsmesssystem und schwankt zwischen 1 und 5 Sekunden. Es ist anzunehmen, dass Verfahren und Kriterien, nach denen die Daten verdichtet werden, zwischen den Herstellern nicht abgestimmt sind und sich somit unterscheiden.
- Nach dem Einlesen der Daten in Ertragskartierungssoftware oder während des Exports werden die Ertragsdaten von unterschiedlichen Softwareprodukten unterschiedlich stark gefiltert bzw. geglättet.

In Abbildung 10-1 sind die Messwerte verschiedener Ertragsmesssysteme entlang einer Fahrspur dargestellt. Innerhalb dieser Fahrspur befand sich ein ca. 10 m langes Segment, in dem das Erntegut vollkommen entfernt wurde. Die tatsächlichen Erträge sind mit einer grau-durchgezogenen Linie dargestellt.

stellt, die schwarze gestrichelte Linie stellt die Messwerte der Ertragsmesssysteme dar.

Man kann erkennen, dass die Verläufe der von den verschiedenen Systemen gemessenen Erträge sich deutlich voneinander und von den tatsächlichen Erträgen unterscheiden.

Um eine konsistente Verarbeitung von Ertragsdaten verschiedener Herkunft zu gewährleisten, muss den oben dargestellten Unterschieden in Dateiformat, Informationsgehalt und Informationsqualität Rechnung getragen werden.

10.4 Material und Methoden

10.4.1 Automatisierte Verarbeitung von Ertragsdaten

Im Rahmen des Verbundprojektes *pre agro* wurde eine Software für die automatisierte Ertragsdatenverarbeitung in Visual Basic 6.0 entwickelt. Mit dem Importmodul dieser Software können alle Daten aus den oben genannten Ertragsdatenformaten importiert, analysiert und automatisch fehlerkorrigierte Punkt- und Rasterertragskarten im ESRI Shape Format erstellt werden (Abb. 10-2).

Vor der Abarbeitung wird ein Verzeichnis angegeben, in dem die zu verarbeitenden Ertragsdateien liegen. Darüber hinaus können geostatistische Parameter für die Rasterkartenerzeugung festgelegt werden.

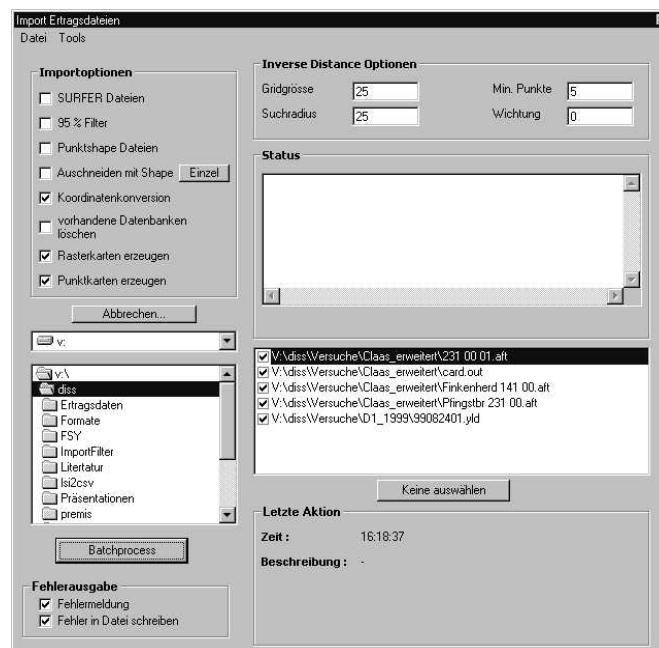


Abb. 10-2: Hauptfenster der Software zur Verarbeitung von Ertragsdaten

Die Ertragsdateien werden in Microsoft Access Datenbanken abgelegt, die alle in Tabelle 10-1 dargestellten Attribute aufnehmen können. Beim Import werden Dateiformate automatisch erkannt.

Das Importmodul erfüllt folgende Aufgaben:

- Import der Rohdaten
- Vereinheitlichung der Datenstruktur und Zahlenformate
- Filterung der Rohdaten (unvollständige Datensätze, Nullerträge, nichtkorrigierte Positionen)
- automatische Zuordnung der Ertragsdaten zu den Schlagumrissen
- Eliminierung doppelter Positionen
- Berechnung von Trockenerträgen
- Koordinatenkonvertierung
- Erstellung von ESRI Shape Punkt Dateien
- Interpolation und Erstellung von ESRI Shape Polygon Dateien
- vollständige Dokumentation der Arbeitsschritte in einer Datenbanktabelle.

10.4.2 Erkennung und Vergleich von Fahrspuren

Die unter 10.4.1 vorgestellte Software ist ebenfalls in der Lage, die einzelnen Messpunkte in Ertragsdateien Mähdrescherfahrspuren zuzuordnen und die Nachbarschaftsbeziehungen zwischen Fahrspuren zu erkennen und darzustellen.

Ein ähnlicher fahrspurbasierter Ansatz wurde parallel von Ebert (1999) verfolgt und erfolgreich getestet. Bei diesen Untersuchungen wurden jedoch die Nachbarschaftsbeziehungen zwischen Fahrspuren weitestgehend nicht berücksichtigt.

Das entwickelte Modul bietet in zwei Ansichtsfenstern einen Überblick über die Lage der Fahrspuren (Abbildung 10-3a) und stellt den Verlauf des Ertrages entlang benachbarter Fahrspuren als Funktion des Weges dar (Abbildung 10-3b).

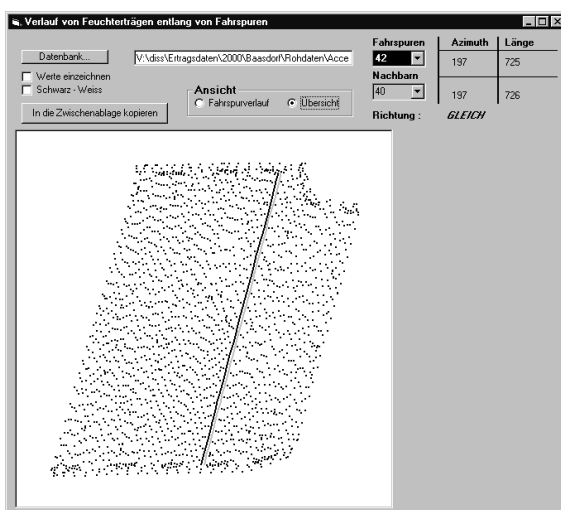


Abb. 10-3a: Verlauf von Fahrspuren - Übersicht

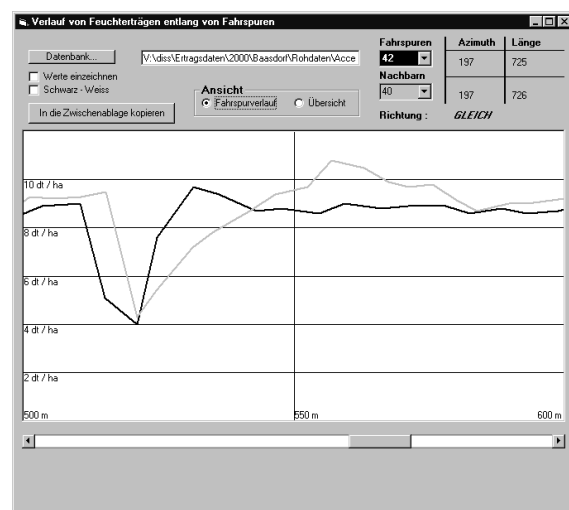


Abb. 10-3b: Verlauf von Erträgen entlang von Fahrspuren

10.4.3 Versuch zur Genauigkeit von unkorrigiertem GPS und verschiedenen Ertragssensoren

Während der Ernte 2000 wurden auf dem Betrieb Gut Wittenfeld in Bayern Versuche zur Genauigkeit von unkorrigiertem GPS unter Erntebedingungen unternommen. In diesem Zusammenhang wurden ebenso Daten von zwei verschiedenen Ertragsmonitoren analysiert, die auf einem Mähdrescher eingesetzt wurden. Dieser Versuch wurde nach Absprache mit der Projektleitung vor Ort vorgenommen, um den Aufbau und die Betreuung der Gerätschaften während der Ernte zeitnah realisieren zu können.

10.4.3.1 Versuchsaufbau

Auf einem Mähdrescher (Deutz Fahr 3670) wurden zwei Zweifrequenz RTK-DGPS-Empfänger mit Funkmodems in der Kabine untergebracht. Die Antennen waren auf einem stabilisierten Querträger (Länge = Schnittbreite) auf dem Kabinendach parallel zum Tisch angebracht und parallel zur linken und rechten Seite des Tisches ausgerichtet (Abbildung 10-4).



Abb. 10-4: Anbringung der GPS-Antennen auf dem Mähdrescher

Die Basisstation zur Erfassung der Korrekturdaten wurde am Feldrand aufgebaut. Auf dem Mähdrescher waren zusätzlich zwei hochwertige Einfrequenz GPS Empfänger installiert, deren Antennen exakt mittig zwischen den RTK Antennen auf dem Kabinendach angebracht wurden. Ein Empfänger wurde ohne differentielle Korrektur betrieben, der andere mit satellitengestütztem Korrektursignal (OmniSTAR VBS). Die korrigierten Daten wurden an die Ertragsmesssysteme (LH 565, RDS Ceres 2) übertragen. Die Daten der Zweifrequenzempfänger und des Einfrequenzempfängers ohne Korrektursignal wurden auf mobilen Rechnern aufgezeichnet.

10.5 Ergebnisse

10.5.1 Automatisierte Verarbeitung von Ertragsdaten

Das Modul für die automatisierte Verarbeitung von Ertragsdaten wurde während des Jahres 2000 verbessert und ausgebaut. Die Entwicklung und Verbesserung stellte für die konsistente Verarbeitung der Daten eine unerlässliche Voraussetzung dar. Im Jahr 2000 fielen 362 Ertragsdateien mit einem Speicherplatzbedarf von 74,6 MB an. Die manuelle Verarbeitung und Zuordnung solcher Datenmengen ist innerhalb eines vertretbaren Zeitrahmens nicht möglich.

10.5.2 Erkennung und Vergleich von Fahrspuren

Das Modul zur Erkennung von Fahrspuren befindet sich noch in einem prototypischen Stadium. Es werden jedoch bereits ca. 80 % der Punkte in einer Ertragsdatei Fahrspuren korrekt zugeordnet. Insbesondere in den Randbereichen (Vorgewende) treten z. Z. noch Fehler auf. Ebenso werden benachbarte Fahrspuren in der überwiegenden Anzahl der Fälle korrekt erkannt und zugeordnet. In Abb. 10-5 ist der Verlauf der Erträge entlang einer Fahrspur und der benachbarten Fahrspuren auf dem Projektschlag Finkenherd dargestellt. Man kann bei 520 m für alle Fahrspuren einen Ertragseinbruch von ca. $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ auf ca. $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ erkennen.

Klassische Korrekturmethode wie gleitende Mittelwertbildung oder gleitende Standardabweichungen würden diesen Ertragseinbruch in der Fahrspur entweder glätten oder den entsprechenden Messwert eliminieren. Der Vergleich mit den Messwerten der benachbarten Fahrspuren erlaubt in diesem Falle die Überprüfung des Messwertes in der Fahrspur.

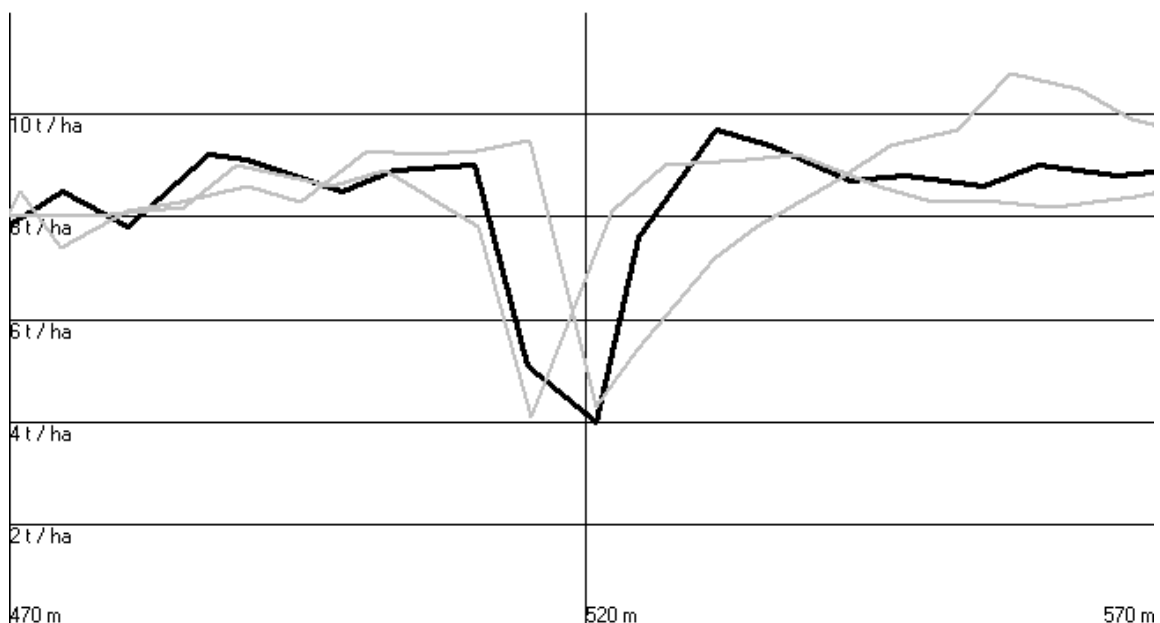


Abb. 10-5: Verlauf von Erträgen entlang einer Fahrspur (schwarz) und den benachbarten Fahrspuren (grau). Schlag Finkenherd, Ernte 2000.

Zum augenblicklichen Entwicklungsstand des Moduls kann der Vergleich der Fahrspuren nur visuell erfolgen. Ein automatischer Abgleich von Messwerten, die in benachbarten Fahrspuren auftreten, soll in 2001 realisiert werden. Dieser Abgleich würde es unter anderem auch erlauben, die Messwerte verschiedener Ertragsmonitore an benachbarten Stellen zu vergleichen und Kalibrierungsfehler zu eliminieren.

10.5.3 Untersuchungen zur Genauigkeit von unkorrigiertem GPS und verschiedener Ertragssensoren

Nach der Abschaltung der Selective Availability (SA) des GPS Signals durch das amerikanische Verteidigungsministerium am 01.05.2000 gab es unterschiedliche Auffassungen darüber, ob die Genauigkeit nicht differentiell korrigierter GPS Positionen für die lokale Ertragsermittlung ausreicht. Statische Versuche ergaben, dass mit hochwertigen GPS Empfängern nach Abschaltung von SA unter guten Bedingungen Genauigkeiten von ca. 5 Metern (RMS) erreicht werden können. Um den Einfluss unter Erntebedingungen auftretender elektromagnetischer Störungen und die nicht optimale Satellitenverfügbarkeit zu untersuchen, wurden die Positionen eines hochwertigen GPS Empfängers ohne differentielle Korrektur während der Ernte 2000 aufgezeichnet. Auf dem selben Mähdrescher kamen zwei verschiedene Ertragsmesssysteme (AgLeader und RDS Ceres 2) zum Einsatz. Die Ertragsdaten der beiden Systeme wurden miteinander verglichen.

10.5.3.1 Genauigkeit von unkorrigiertem GPS unter Erntebedingungen

Zwischen dem 12.08.00 und dem 14.08.00 wurden auf Gut Wittenfeld während der Weizenernte 49.664 Datenpunkte mit einem Trimble AgGPS 132 ohne differentielle Korrektur und einem Ashtech Z12 aufgezeichnet. Die Differenz zwischen den mit den beiden Empfängern ermittelten Positionen sind in Abbildung 10-6 dargestellt.

Man kann erkennen, dass 50 % der Positionen genauer als 4 m sind und 5 % der Positionen ungenauer als 9 m sind.

Die Fehler liegen im Bereich der Schnittbreite handelsüblicher Mähdrescher. Es ist anzunehmen, dass eine Differenzierung von Fahrspuren bei Verwendung von nicht differentiell korrigiertem GPS nicht mehr möglich ist und somit die Aussagefähigkeit von Ertragskarten negativ beeinflusst würde.

Deshalb ist von der Verwendung von nicht differentiell korrigiertem GPS abzuraten.

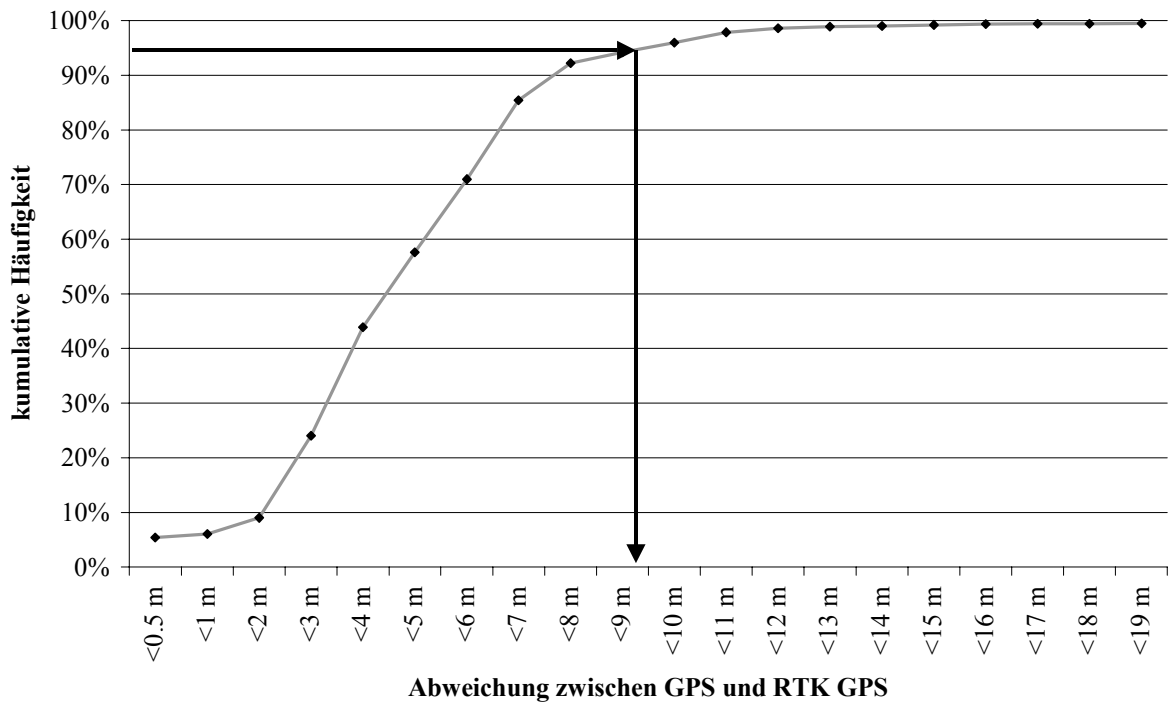


Abb. 10-6: Kumulative Häufigkeit der Abweichung zwischen nicht differentiell korrigierten GPS Positionen und mittels RTK GPS ermittelten Positionen unter Erntebedingungen, 49.664 Datenpunkte, 12.08.00 bis 14.08.00, Gut Wittenfeld.

10.5.3.2 Vergleich verschiedener Ertragsmesssysteme auf einem Mähdrescher

Während der Weizenernte 2000 wurden auf Gut Wittenfeld auf einem Mähdrescher (Deutz 3670) ein LH 565 und ein RDS Ceres 2 Ertragsmesssystem eingesetzt. Die Ertragsdaten wurden nach der Ernte in einer Microsoft Access Datenbank zusammengeführt. Die Daten konnten nicht über die Zeit zusammengeführt werden, da der RDS Monitor keine Zeiten aufzeichnet. Deshalb wurden alle Ertragsdaten miteinander verglichen, deren Positionen weniger als einen Meter voneinander entfernt erfasst wurden. In Abbildung 10-7 sind die Häufigkeiten der prozentualen Abweichungen der Feuchterträge von 5.267 Datenpunkten dargestellt. Der mittlere Ertrag lag bei $79,6 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$.

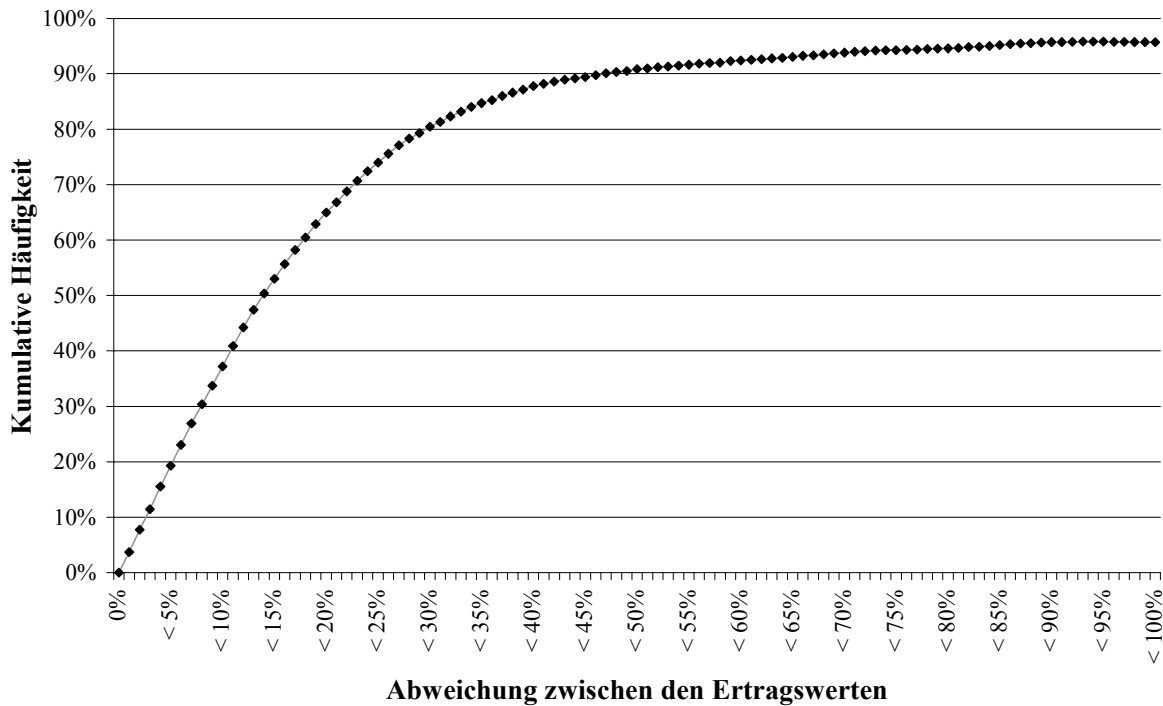


Abb. 10-7: Abweichungen zwischen den Ertragsmesswerten zweier Ertragsmesssysteme an gleicher Positionen (± 1 m), 5.267 Punkte, Winterweizen, Durchschnittsertrag: $79,4 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, 12.08.00 bis 14.08.00, Gut Wittenfeld

Man kann erkennen, dass bei 50 % der Datenpaare Abweichungen von mehr als 15 % auftraten. Bei fast einem Zehntel der Datenpaare traten Abweichungen von mehr als 50 % auf.

In Abbildung 10-8 sind die absoluten Abweichungen zwischen den gemessenen Feuchterträgen auf einer beernteten Fläche dargestellt. In den meisten Fällen liegen die Abweichungen zwischen 1 und $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Abweichungen von mehr als $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ treten v. a. in den Randbereichen und vereinzelt innerhalb des Feldes auf.

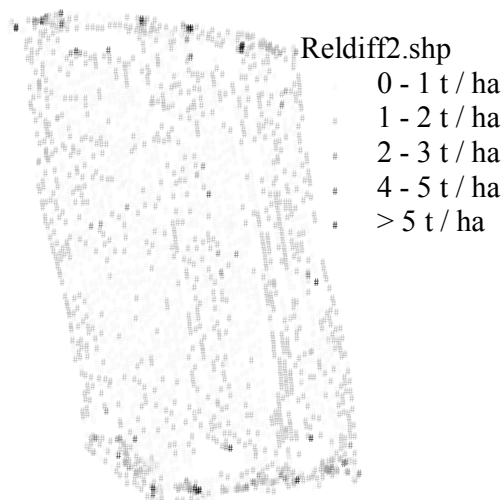


Abb. 10-8: Karte der absoluten Differenzen zwischen Ertragsmesswerten der Ertragsmonitore

Die Beziehung zwischen den gemessenen Erträgen ist gering ($r = 0.26$). Diese Korrelation deckt sich mit Untersuchungen, die mit erhobenen Daten auf Schlägen des IKB Dürnast durchgeführt wurden.

In Dürnast wurden auf dem Schlag D1 in 1999 Daten mit einem Massey Ferguson Mähdrescher erhoben, in dem ein FieldStar und ein AgLeader (Baugleich mit LH 565) Ertragskartierungssystem eingebaut waren.

Aus den Ertragsdaten der beiden Systeme wurden Rasterertragskarten mit verschiedenen Rastergrößen erstellt. Anschließend wurden die Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen den Rasterwerten der Karten erstellt (Abbildung 10-9).

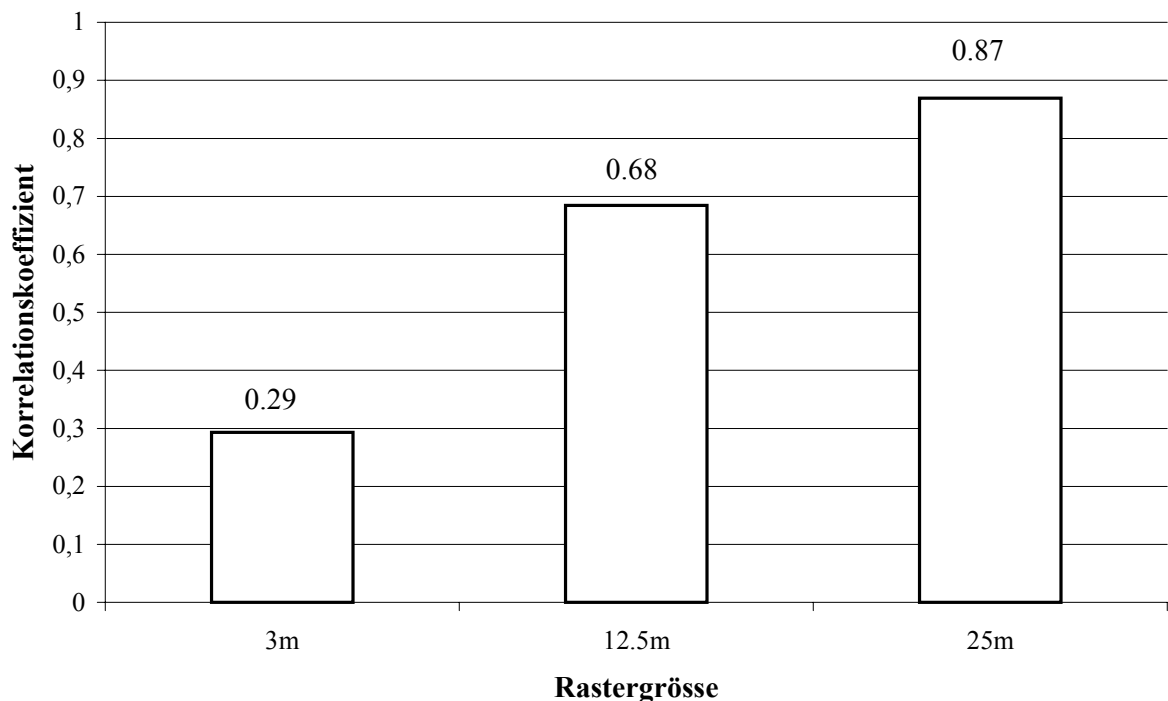


Abb. 10-9: Korrelationskoeffizienten zwischen Rasterertragswerten zweier Ertragsmonitore auf einem Mähdrescher in Abhängigkeit von der Rastergröße, Dürnast, Schlag D1, 1999

Für eine Rastergröße von 3 m ergab sich ein Korrelationskoeffizient von 0,29, der mit dem Korrelationskoeffizienten von Punkten mit weniger als einem Meter Abstand in den Wittenfelder Versuchen gut übereinstimmt.

Mit steigender Rastergröße nimmt der Korrelationskoeffizient zu. Bei einer Rastergröße von 25 m liegt der Korrelationskoeffizient bei 0,87. Aufgrund der hier vorgestellten Ergebnisse werden die Rasterertragskarten im Projekt zur Zeit mit 25 m Rastergröße angeboten.

10.6 Diskussion

Die automatische Verarbeitung von Ertragsdaten ist im Verlaufe des Jahres 2000 wesentlich verbessert worden und hat sich bei der Verarbeitung der Erntedaten 2000 bewährt. Ohne die automatisierte Verarbeitung wäre die Bereitstellung konsistenter Daten nicht möglich.

Die Ertragsdaten verschiedener Ertragsmesssysteme unterscheiden sich unter *ceteris paribus* Bedingungen z. T. erheblich. Nach Interpolation der Daten nimmt die Übereinstimmung der Rasterwerte mit zunehmender Rastergröße zu. Bei 25 m Rastergröße werden akzeptable Korrelationskoeffizienten ($> 0,8$) gefunden. Die Daten werden deshalb in 25 m Rastern aggregiert.

Die geringe Übereinstimmung zwischen den Daten der Ertragsmesssysteme ist offensichtlich auf einzelne Artefakte und Charakteristika der Sensoren zurückzuführen. Die fahrspurweise Betrachtung von Ertragsdaten erlaubt die Identifikation solcher Artefakte durch den Vergleich mit Ertragsdaten aus benachbarten Fahrspuren.

10.7 Ausblick

Im Jahr 2001 werden fahrspurbasierte Korrekturalgorithmen entwickelt und getestet. Diese sollen v. a. darauf abzielen, Artefakte zu beseitigen und Ertragsdaten aus verschiedenen Ertragsmesssystemen vergleichbar zu machen.

Des Weiteren wird in der Zusammenarbeit mit der Technischen Universität München (DFG Forschergruppe, IKB Dürnast) versucht, die Planung vorhandener Streifenversuche so anzupassen, dass die mit Parzellenmähdreschern erfassten Erträge zur Validierung von vorhandenen Ertragsmesssystemen verwendet werden können.

Schließlich ist ein Versuch zum Einfluss der Hangneigung auf verschiedene Ertragsmesssysteme geplant.

10.8 Literatur

- Demmel, M. (1997): Ertragsermittlung im Mähdescher DLG, Merkblatt 303. - Deutsche Landwirtschaft-Gesellschaft, [Hrsg.]: Fachbereich Landtechnik, Eschbornerstr. 122, 60489 Frankfurt/Main
- Ebert, C. (1999): Ertragskartierung in Mecklenburg-Vorpommern. - Diplomarbeit an der Universität Rostock, Fachbereich Agrarökologie
- Pami (1999): www.pami.ca/PDFs/Pami745.pdf.

Alle verwendeten Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

10.9 Adressen

Dipl. Ing. agr. T. Muhr
Dipl. Ing. P. Noack
geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
85111 Adelschlag
Tel: 08424/89890
Fax: 08424/898980
E-Mail: tmuhr@geo-konzept.de
pnoack@geo-konzept.de

