

Lokale Ertragsermittlung mit GPS in Serien-Mähdreschern 1990

Hermann Auernhammer, Lehrstuhl f. Agrarsystemtechnik, Technische Universität München
Markus Demmel, Inst. f. Landtechnik u. Tierhalt., Bayerische Landesanstalt f. Landwirtschaft
Thomas Muhr, geokonzept GmbH, Gut Wittenfeld
Josef Rottmeier, Ingenieurbüro Rottmeier, Erding
Paul von Perger, Bayerisches Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten

Kurzfassung

Nach ersten Untersuchungen zur lokalen Ertragsermittlung in Mähdreschern konnten 1990 erstmals GPS-gestützte Ertragsmessungen mit zwei Serienmähdreschern unter Praxisbedingungen durchgeführt werden. Nach Entwicklung und Integration der Messtechnik wurden damit lokale Ertragsermittlungen auf zwei Standorten in Bayern und auf einem Feld in Österreich durchgeführt. Trotz unzureichender Abdeckung der Satellitenkonfiguration und zeitaufwendigem Datentransfer verlief die gesamte Ertragsmessung problemlos und störungsfrei. Dargestellt wird der gesamte Ablauf der Messkampagne mit den erstellten Ertragskarten.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Ertragsermittlung, Sensortechnik, GPS, Ertragskartierung

Local Yield Measurement with GPS in Serial Combine Harvesters 1990

Hermann Auernhammer, Chair of Agricultural Systems Technology, TUM, Freising
Markus Demmel, Institut for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Bavarian State Research Center for Agriculture (LfL), Freising
Thomas Muhr, geokonzept, Gut Wittenfeld, Adelschlag
Josef Rottmeier, Ingenieurbüro Rottmeier, Erding
Paul von Perger, Bavarian State Ministry for Food, Agriculture, and Forestry, Munich

Abstract

Following first investigations of local yield determination in combine harvesters in 1990 very first GPS-based series of measurements with two serial combine harvesters were realized on farm level. After developing and integrating the data acquisition equipment local yield measurement was executed at two sites in Bavaria and another one in Austria. Although the coverage of the satellite configuration was poor and the data transfer from the mobile harvesting technology was time consuming the yield measurement was free of problems and interruptions. The whole process of the measurement campaign and first yield maps are presented.

Keywords

Combine harvester, Yield measurement, Yield sensor, GPS, Yield mapping

Einführung

Schon immer wurden in der Landbewirtschaftung die unterschiedlichen lokalen Gegebenheiten in einem Feld bei der Saat und vor allem bei der Düngung berücksichtigt. Auf weniger ertragreichen Flächen in einem Feldstück wurde üblicherweise etwas mehr Saatgut ausgebracht um unabhängig von der kommenden Witterung einen Mindestertrag zu erreichen. In gleicher Weise wurde mit Stallmist versucht die weniger ertragreichen Stellen mit höheren Mengen zu versorgen und als Bodendünger die Bodenfruchtbarkeit längerfristig zu erhöhen. Diese Bewirtschaftungsweise änderte sich mit Einführung der Technik mit Gespannzug für Saat und Düngung. Nun erfolgte eine schlageinheitliche Versorgung, da eine lokale Ausbringmengenanpassung mit dieser Technik nicht vorgesehen war. Üblicherweise führte dies zu überhöhten Saatgutmengen gleichermaßen wie zu überhöhten Wirtschafts- oder Mineraldüngergaben, weil sich das Bewirtschaftungsziel hin zu einem „einheitlichen Ertrag“ gewandelt hatte.

Eine Änderung trat ein, als der Mähdrusch Eingang in die Betriebe fand und gleichzeitig die Düngung mit Anbaustreuern erfolgte, welche vom Fahrersitz problemlos an örtliche Gegebenheiten angepasst werden konnten. Und solange die gleiche Person den Mähdrusch wie auch die Düngung erledigte floss die Erfahrung in die lokale Anpassung bei der Düngung ein, während auch weiterhin eine einheitliche Saatmenge ausgebracht wurde. Nun konnte bei der (N-) Düngung die visuell beim Drusch erfasste Erntemenge und zugleich der aktuelle Wachstumsstand anhand seiner Bestandsdichte und seiner Grünfärbung für eine Ausbringmengenanpassung herangezogen werden, wenngleich auch dabei die einheitliche Ertragsmenge das Bewirtschaftungsziel darstellte.

Doch mit dem Übergang zum überbetrieblichen Mähdrusch fehlte dem „düngenden Landwirt“ ohne eigene Ernteerfahrung eine wichtige Steuergröße, weshalb in der Wissenschaft die Suche nach technischen Lösungen begann, während der Ernte den Ertrag zu erfassen [1; 2] und mit geeigneten Positionsdiensten die lokale Zuordnung vorzunehmen. Wenngleich dies in Versuchen über feldgebundene zusätzliche Infrastrukturen [3; 4] machbar erschien, so war doch zu erwarten, dass für eine breite Anwendung in der Praxis andere Ortungssysteme erforderlich wären. So richtete sich schon 1986 die Hoffnung auf das satellitengestützte Global Positioning System (GPS) in der Hoffnung, dass die für zivile Nutzungen erreichbare Genauigkeit von 10 – 15 m für die lokale Ertragsermittlung ausreichend sei, zumal schon frühzeitig ein „differentielles GPS mit Postprocessing“ zu relativ guten Genauigkeitsverbesserungen führte.

GPS im stationären Einsatz

Nach ersten Anfragen hinsichtlich der Beschaffung und Nutzung eines GPS-Empfängers wurden 1987 unerschwingliche Preise von 42.000 DM je Einheit genannt. Diese verringerten sich 1988 auf etwa 18.000 DM und erreichten schließlich im Frühjahr 1990 das vertretbare Maß von 9.000 DM. Damit war es aus finanzieller Sicht möglich geworden am Institut für Landtechnik in Weihenstephan einen GPS-Empfänger (SEL Globos LN 2000) zu beschaffen. Um dessen Genauigkeiten zu testen wurde er stationären Messungen unterzogen. Dazu

wurde der Empfänger einmal auf dem Lehrstuhlgebäude etwa 80 cm über Firsthöhe ohne Beeinträchtigung durch Nachbargebäude oder Bäume montiert. Später wurde er in gleicher Weise auf dem Wohnhaus des Landwirts Muhr auf Gut Wittenfeld angebracht. Mittlere Positionsermittlungen über längere Laufzeiten erbrachten relativ stabile Werte, wenngleich in Weihenstephan die ermittelten Positionen um etwa 5 m und in Wittenfeld um etwa 13 m von den umgerechneten Katasterwerten abwichen.

Forschungsverbund Agrarökosystem München (FAM)

Mitte des Jahres 1990 wurde der Antrag zum „Forschungsverbund Agrarsysteme München“ FAM mit Projektstart im Herbst 1990 durch die DFG positiv beschieden. Das Teilprojekt des Institutes für Landtechnik in der Inventurphase des FAM in den Jahren 1991 und 1992 beinhaltete die lokale Ertragsermittlung auf allen Ackerflächen (120 ha) des Klostergutes Scheyern, welches für den FAM gepachtet wurde. Teilziele waren darin die Evaluierung der Systeme, die erzielbaren Genauigkeiten und die Erstellung von Ertragskarten [5].

Um sicher zu stellen, dass die anspruchsvolle Aufgabe der ganzflächigen, GPS-basierten, Ertragsermittlung von 120 ha Winterweizen im Jahr 1991 erfolgreich durchgeführt werden konnte, wurde beschlossen, im Jahr 1990 einen Vorversuch auf ausgewählten Flächen auf dem Klostergut und in der näheren Umgebung durchzuführen. Durch die sehr späte Bewilligung des Forschungsverbundes war jedoch die Vorbereitungszeit sehr kurz geworden.

Erster Serienmähdrescher mit Ertragsmessung

Im Jahr 1990 waren nur zwei kontinuierlich arbeitende Durchsatz- und Ertragsmesssysteme für Mähdrescher auf dem Markt verfügbar. Das Yield-O-Meter der Firma Claydon arbeitete nach dem volumetrischen Messprinzip mit einem Zellenrad und wurde überwiegend auf Claas Mähdreschern der Baureihe Dominator nachgerüstet.

Die Firma Dronningborg in Randers (Dänemark) hatte zusammen mit der Neukonstruktion der Mähdrescherbaureihe 8000 in den 80er Jahren ein Massenstrommesssystem entwickelt, welches auf Basis der radiometrischen Flächengewichtsermittlung Durchsatz- und Ertrag ermitteln konnte und welches bereits vollständig in das damals wegweisende Bordelektroniksystem Daniavision (später Datavision) integriert war.

Vorbereitung erste lokale Ertragsermittlung mit GPS-Ortung

Während sich der Bewirtschafter des Klostergutes schnell bereit erklärt hatte, eine Winterweizenfläche zur Beerntung bereitzustellen (die Wintergerste war zu dieser Zeit bereits geerntet), gestaltete sich die Suche nach entsprechend ausgerüsteten Mähdreschern als langwierig und schwierig. Erst Ende Juli konnte ein Case Händler in Landshut (40 km östlich von Freising) mit einem CASE INTERNATIONAL D 8900 DANIA Mähdrescher und Ertragsmesssystem gefunden werden, welcher dort als Vorführmaschine eingesetzt werden sollte. Nach Rücksprache mit Dronningborg war dieser Händler bereit, die Maschine im August für einen, maximal zwei bis drei Tage zur Verfügung zu stellen. Bei der vereinbarten Besichtigung der Maschine und Aufnahme der Ausstattung (Ende Juli) zeigte sich, dass im installierten Sys-

tem keine Möglichkeit bestand, die erfassten Daten des Ertragsmesssystem kontinuierlich auszugeben bzw. aufzuzeichnen.

Nach Rücksprache mit Dronningborg wurde klar, dass kurzfristig keine Lösung bereitgestellt werden konnte, mit welcher es möglich gewesen wäre im Sekundentakt die ermittelten Ertragsmesswerte intern aufzuzeichnen und wenn möglich zusammen mit den auch im Sekundentakt vom GPS Empfänger verfügbaren Positionsdaten abzuspeichern. Allerdings wollten die Elektronikentwickler von Dronningborg versuchen, bis Anfang August eine Lösung zu erarbeiten, mit welcher die Ertragsmesswerte zusammen mit der Uhrzeit jede Sekunde auf eine RS 485 Schnittstelle (Druckerschnittstelle des Daniavision Systems) ausgegeben werden konnten.

Somit war klar, dass die Positionsdaten des GPS Empfängers und die Ertragsdaten des Messsystems des Mähdreschers extern aufgezeichnet werden mussten. Ideal wäre dazu ein Programm gewesen, welches die beiden Datenströme (eventuell mit zusätzlichen Sensordaten) auf einem Rechner vereinen und abspeichern würde. Dies war jedoch wegen der Kürze der Zeit nicht realisierbar. Die „aus der Not geborene“ Lösung führte deshalb zum Einsatz von zwei PCs zur getrennten Aufzeichnung der beiden Datenströme.

Neben dem institutseigenen Laptop COMPAQ SL 286 mit 20 MB Harddisk und RS 232 Schnittstelle wurde zusätzlich ein TELEFUNKEN Robust PC 386 mit 40 MB Harddisk und RS 232 und RS 485 Schnittstellen ausgeliehen (**Bild 1**). Für beide PCs wurden 12 V Adapter zum Anschluss an das Bordnetz des Mähdreschers beschafft. Unter dem Betriebssystem DOS wurde das Programm RS2File® (SHAMROCK GmbH) zur Datenaufzeichnung genutzt. Die Strings wurde in eine *.TXT Datei abgelegt und später bei der Weiterverarbeitung zu Ertragskarten über die Zeitstempel zusammengeführt.



Bild 1: COMPAQ SL 286 mit 20 MB Harddisc und RS 232 Schnittstelle (links) [6] und TELEFUNKEN Robust PC 386 mit 40 MB Harddisc, RS 232 und RS 485 Schnittstellen(rechts) [7]

Figure 1: COMPAQ SL 286 with 20 MB Harddisc and RS 232 interface (left) [6] and TELEFUNKEN Robust PC 386 with 40 MB Harddisc, RS 232 and RS 485 interface (right) [7]

Am 1. August trafen modifizierte Daniavision Master- und Ertragsmessmodule ein, welche die kontinuierlich ermittelten Ertragsdaten jede Sekunde auf die Druckerschnittstelle umleiten sollten und am 2. August am Mähdrescher getestet wurden. Sie funktionierten zu diesem Zeitpunkt noch nicht zufriedenstellend.

Nachdem bis zum 5. August 1990 auf dem Kloostergut Scheyern die Getreideernte auf allen Feldern abgeschlossen war, wurde die Beerntung des für den Vorversuch vorgesehenen Flachfeldes für die zweite Hälfte der KW 32 angesetzt.

Am 9. August wurde der Mähdrescher D8900 DANIA nach Scheyern überführt und am gleichen Abend wurde die GPS Empfangsantenne mittels Stativrohr links neben der Kabine des Mähdreschers montiert sowie zusätzliche Stromversorgungen für den GPS Empfänger und die PCs installiert. Eine mittige Montage schied aus technischen Gründen aus. Für die Vorversuche im Jahr 1990 mit einfachem GPS und Ortungsfehlern von 5 – 10 m wurde die Abgabe der Antennenposition von 1,5 m zur Mähdreschermitte akzeptiert, in den Hauptversuchen ab 1991 mit genauerem DGPS wurde die Antenne immer mittig positioniert.

Flachfeld Scheyern

Am 10. August trafen sich alle Beteiligten früh morgens am Kloostergut Scheyern und installierten den GPS Empfänger und die beiden PCs zur Datenaufzeichnungen. Im Laufe des Vormittags kamen zwei Elektroniker von Dronningborg mit nochmals modifizierten Master- und Ertragsmessmodulen, die jetzt die Ertragsdaten auf die RS 485 Schnittstelle erfolgreich übertrugen.

Nachdem die Uhrzeit des Daniavision Systems manuell mit der Satellitenzeit des GPS Empfängers synchronisiert war wurde der weltweit erste Getreidedrusch mit durch GPS georeferenzierter Ertragsermittlung gegen 11 Uhr auf dem Schlag „Flachfeld“ gestartet (**Bild 2**).



Bild 2: Mähdrescher CASE INTERNATIONAL „D 8900 DANIA“ mit GPS-Antenne (links) [8] und installierter radiometrischer Ertragsmessung(rechts) [9]

Figure 2: CASE INTERNATIONAL „D 8900 DANIA“ combine harvester with GPS-Antenna (left) [8] and installed radiometric yield sensor (right) [9]

Exakte Wiegungen der Erntemengen konnten nicht vorgenommen werden, da die betriebs-eigene Fuhrwerkswaage während der Getreideernte ausgefallen war.

Weil ungewiss war, ob die Festplatten der beiden PCs den Vibrationen auf dem Mähdrescher standhalten konnten, besonders jene des COMPAQ SL 286, welcher nicht für den mobilen Einsatz ausgelegt war, wurden die aufgezeichneten Daten etwa alle zwei Stunden mit DOS-KERMIT [10] auf 3,5“ Disketten abgespeichert. Diese Rohdaten liegen heute noch vor

und waren überraschender Weise im Dezember 2015, also nach mehr als 25 Jahren, ausnahmslos lesbar. Das Abspeichern benötigte jeweils etwa eine halbe Stunde. Während dieser Zeit musste die Getreideernte unterbrochen werden. Nach etwa zweieinhalb Stunden musste die Ernte wegen zu hoher Kornfeuchte abgebrochen werden.

Am 11. und 12. August 1990 wurde der Drusch des Flachfeldes (17,1 ha Gesamtfläche) mit GPS basierter georeferenzierter Ertragsermittlung in sieben aufeinander folgenden Abschnitten fortgesetzt. Dabei wurden in insgesamt 15:15:44 Stunden Aufzeichnungszeit 46.606 Datensätze erfasst und abgespeichert.

Wie erwartet konnten aufgrund der geringen Anzahl verfügbarer Satelliten im Orbit nur unzureichende Ortungsdaten generiert werden. Dies erklärt die „weißen Teilflächen“ ohne gültige Positionsinformationen bei der Rasterung von 5 m in den Ertragskarten weiter unten.

Gut Schlüterhof

Parallel zum ersten Vorversuch wurde bis Mitte August ein Datenaufzeichnungsprogramm entwickelt, welches nun die beiden Datenströme auf einem einzigen PC in Echtzeit einlesen und in einer Datei abspeichern konnte. Ein Test dieses Programmes erfolgte mit demselben Mähdrescher am 20. August als zweiter Vorversuch zur Ertragsermittlung auf einer Fläche direkt am Gut Schlüterhof in Freising. Aus den dabei gewonnenen lokalen Ertragsmessdaten wurde unmittelbar danach eine erste Ertragskarte mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes EXCEL erstellt [11].

Einsatz des Claydon Yield-O-Meter

Im September 1990 wurden die Vorplanungen für das Teilprojekt "Ertragskartierung" 1991 und 1992 im Forschungsverbund Agrarökosysteme Scheyern weiter vorangetrieben. Dabei wurde klar, dass die erforderlichen Erntearbeiten aus Zeitgründen zwei Mähdrescher im parallelen Einsatz erfordern würden. Es wurde festgelegt, dass für den zweiten Mähdrescher das Volumenstrom-Ertragsmesssystem "CLAYDON Yield-O-Meter" Verwendung finden sollte. Die Firma CLAAS sicherte ebenso wie schon vorher DRONNINGBORG für die Jahre 1991 und 1992 ihre Unterstützung durch die Bereitstellung eines Mähdreschers zu. Ähnlich wie zuvor mit dem DRONNINGBORG System sollte jedoch auch mit dem CLAYDON Yield-O-Meter der Systemaufbau und die Datenaufzeichnung in einem Vorversuch getestet werden.

Gutsbetrieb Hardegg in Österreich

Auf Gut Hardegg in Österreich wurde schon 1989 ein Ertragsmessgerät vom Typ CLAYDON Yield-O-Meter in einem CLAAS-Mähdrescher der Baureihe Dominator ohne Ortungssystem zu Testzwecken eingesetzt. Die damit gewonnenen Ertragsdaten wurden später in einer Diplomarbeit zu einer Ertragskarte auf Erntefahrtbasis aufbereitet [12].

Da das CLAYDON Yield-O-Meter zum damaligen Zeitpunkt keinen seriellen Datenausgang zur kontinuierlichen Ausgabe der Ertragsdaten besaß, mussten bei diesem Vorversuch die Impulse des Zellenrades ebenso erfasst werden, wie die Arbeitsgeschwindigkeit des Mäh-

drescher (Frequenzmessung Radimpulse) und die Arbeitsstellung. Das seit Mitte August verfügbare Datenaufzeichnungsprogramm wurde dazu mit einem Modul zur Abfrage eines entsprechenden Datenloggers (SOLARTRON "Isolated Measurement Pods" IMP Serie 3595) ergänzt. Zur Ertragskartierung wurden die Rohmesswerte mit Hilfe der Kalibrierungsdaten und der Ermittlung des Gesamtertrages in Ertragswerte umgerechnet.

Die Ertragsermittlung erfolgte bei der Ernte von Körnermais am 2. Oktober 1990. Das Datenaufzeichnungssystem arbeitete nach aufwändiger Installation sicher und zuverlässig. Allerdings führten die üblichen herbstlichen Erntebedingungen mit höherer Luft- und Erntegutfeuchtigkeit im volumenbasierten Ertragssensor ständig zu Anlagerungen organischen Materials in den Kammern des Zellenrades. Trotz vielfacher „händischer Reinigung“ wurden dadurch die Messergebnisse derart verfälscht, dass generell ein zu hoher Ertrag aufgrund nicht konstanter, tendenziell zu kleiner Kammervolumen ermittelt wurde (**Bild 3**).



Bild 3: Anordnung des Claas Yield-O-Meter im Körnerelevator oben (links) [13] und Kammer des Zellenrades (rechts) [14]

Figure 3: CLAAS Yield-O-Meter placement at the top of the clean grain elevator (left) [13] and chamber of the cell-wheel (right) [14]

Die daraus abgeleiteten Ertragskarten sind demnach mit einem erheblichen Fehler belastet und geben insofern nur einen Eindruck im Hinblick auf die vorliegende Heterogenität des Ertrages.

Ertragskartierung

Die Ertragskartierung aus den Messdaten der Ertragserfassung erfolgte ab dem Jahr 1991 mit ArcInfo® von ESRI mit einer gezielten Ausrichtung auf die geplanten Forschungsarbeiten im DFG Forschungsverbund Agrarökosystem München FAM [15]. Dafür waren die Rastergrößen in 25 m und 50 m Quadrate definiert.

Um kleinräumiger zu analysieren wurde eine Rastergröße von 5 m (entspricht der Schneidwerksbreite) hinzugefügt. In Anlehnung an die typischen Arbeitsbreiten von Ausbringtechniken wurden später zusätzlich Kartierungen mit 12 und 24 m Rastergrößen erstellt. Demnach wurden auch für die Ertragsmessungen 1990 alle Ertragskartierungen in den drei Rasterklassen 5 m, 25 m und 50 m durchgeführt. Für die drei Ertragsmessstandorte werden nach-

folgend die Ertragskarten mit 5 m (links) und mit 50 m Rastergröße (rechts) in **Bild 4**, **Bild 5** und **Bild 6** dargestellt.

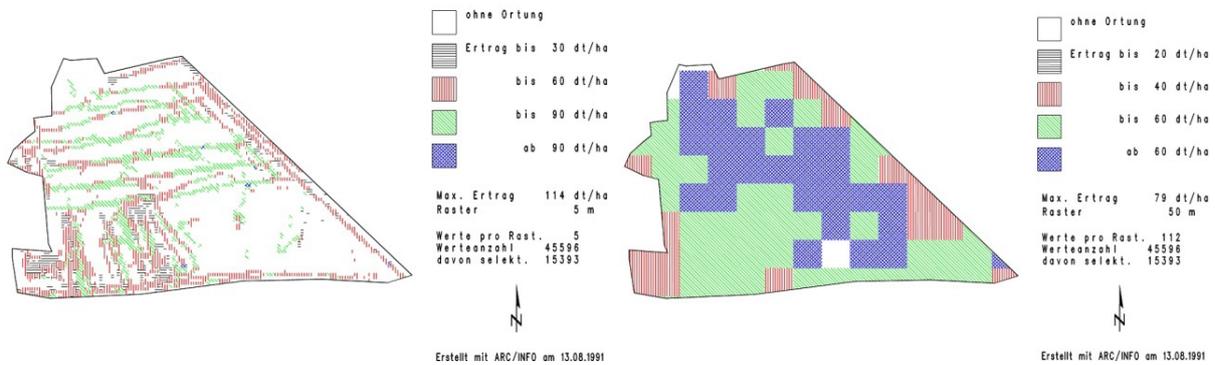


Bild 4: Ertragskarten Flachfeld Scheyern 1990, 17,7 ha, Winterweizen, Durchflussmesser „Daniavision“, 12. Aug. 1990, Rastergröße 5 m (links) [16] und 50 m (rechts) [17]

Figure 4: Yield maps Flachfeld Scheyern 1990, 17.7 ha, winter wheat, „Daniavision“ yield sensor, Aug 12, 1990, grid size 5 m (left) [16] and 50 m (right) [17]

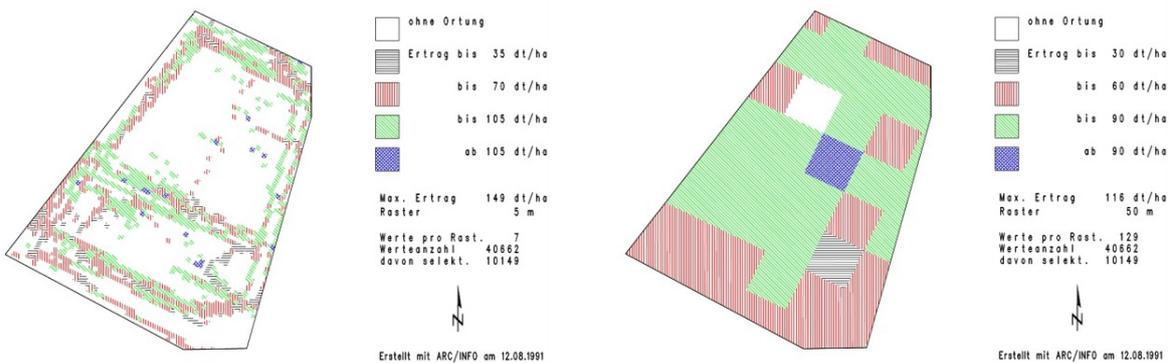


Bild 5: Ertragskarten „Schlüter“ 1990, 7,2 ha, Winterweizen, Durchflussmesser „Daniavision“, 20. Aug. 1990, Rastergröße 5 m (links) [18] und 50 m (rechts) [19]

Figure 5: Yield maps „Schlüter“ 1990, 7.2 ha, winter wheat, „Daniavision“ yield sensor, Aug 20, 1990, grid size 5 m (left) [18] and 50 m (right) [19]

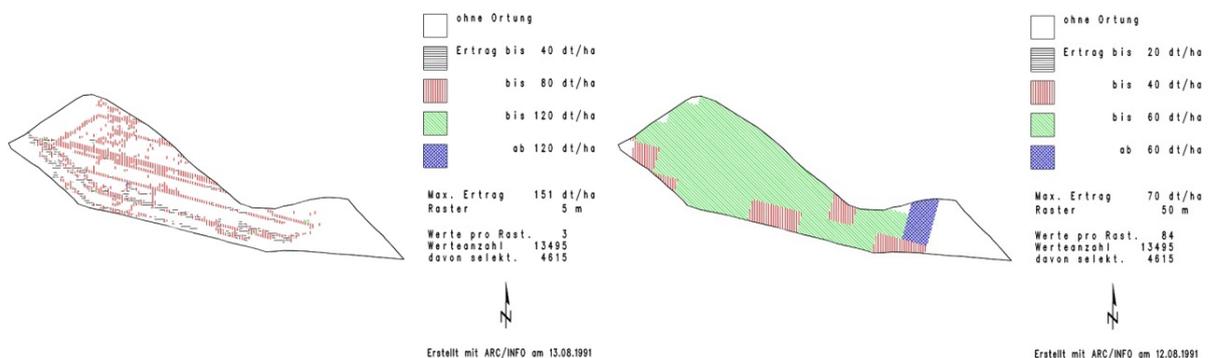


Bild 6: Ertragskarten Gut Hardegg „Försterwiese“ (Österreich) 1990, Körnermais 6-reihig, Durchflussmeter „Clayton Yield-O-Meter“, 2. Okt. 1990, Rastergröße 5 m (links) [20] und 50 m (rechts) [21]

Figure 6: Yield maps Gut Hardegg „Försterwiese“ (Austria) 1990, 6-row corn picker, „Clayton Yield-O-Meter“ yield sensor, Oct 2, 1990, grid size 5 m (left) [20] and 50 m (right) [21]

Alle Ertragskarten befinden sich einschließlich der zugehörigen Druckdateien in der Ag-TecCollection in mediaTUM®. Zudem wurden die Methode, die eingesetzte Technik und die Ergebnisse zeitnah publiziert [22; 23].

Zusammenfassung

Mit der messtechnischen Integration eines GPS-Empfängers in zwei Serienmährescher mit Ertragssensoren konnten zur Ernte 1990 erstmals lokale Ertragsermittlungen auf drei Standorten in Bayern und Österreich unter Praxisbedingungen durchgeführt werden. Wenngleich aufgrund einer noch nicht global abdeckenden Satellitenkonfiguration die Ortung lückenhaft und der Datentransfer zeitaufwendig war verlief die gesamte Ertragsmessung problemlos und störungsfrei.

Mit den erfassten Ertragsdaten konnten bei der Ertragskartierung den jeweiligen Betriebsleitern vertraute Ertragsmuster erstellt werden.

Die im Sommer 1990 durchgeführten lokalen Ertragsmessungen konnten somit als erfolgreicher Vorversuch für die sich anschließenden umfassenden Messungen im Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) gewertet werden. Sie bildeten die Grundlage für umfangreiche weitere Untersuchungen zur georeferenzierten Ertragsermittlung beim Mähdrusch, bei der Silagebergung und der Hackfruchternte in den Jahren 1991 bis 2002.

Literatur

- [1] de Baerdemaeker, J.; Delcroix, R. and Lindemans, P.: Monitoring the grain flow on combines. Proceedings of Agrimation I. Chicago. February 25-28, 1985, pp. 329-338.
- [2] Vansichen, R. and de Baerdemaeker, J.: A measurement technique for yield mapping of corn silage. Journal of Agricultural Engineering Research. 55 (1993). pp.1-10.
- [3] Searcy, S. W.; Schueller, J. K.; Bae, Y. H.; Borgelt, S. C. and Stout, B. A.: Mapping of Spatially Variable Yield During Grain Combining. TRANSACTIONS of the ASAE 32(2) 1993, pp. 826-829.
- [4] Schueller, J. K. and Bae, Y. H.: Spatially attributed automatic combine data acquisition. Computers and Electronics in Agriculture 2 (1987), pp.119-127.
- [5] Auernhammer, H.; Demmel, M.; Muhr, T.; Peisl, S. und Rottmeier, J.: Ertragskartierung – Ertragsinventur. In: FAM Bericht 1/1992. Hrsg. Hantschel, R. und Kainz, M.: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, S. 91-103, 1991.
- [6] Demmel, M.: COMPAQ SL 286 mit 20 MB Harddisc und RS 232 Schnittstelle zur Datenerfassung im Dronningborg Mähdrescher. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=707643> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [7] Demmel, M.: Telefunken Robust PC 386 mit 40 MB Harddisc, RS 232 und RS 485 Schnittstelle zur Datenerfassung im Mähdrescher. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=698668> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [8] N.N.: Erntetechnik; Mähdrusch; Mähdrescher selbstfahrend. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=714329> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [9] Demmel, M.: Radiometrischer Ertragssensor. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=698666> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [10] Cianone, C.; da Cruz, F. and Doupnik, J. R.: MS-DOS KERMIT USER GUIDE FOR THE IBM PC FAMILY, COMPATIBLES, AND OTHER MS-DOS SYSTEMS. New York: Columbia University 1988, Version 2.3.
- [11] Auernhammer, H. und Muhr, T.: GPS in a Basic Rule for Environment Protection in Agriculture. Automated Agriculture in the 21st Century, St. Joseph (USA) 1991, pp. 494-402.
- [12] Hardegg, M.: Seminar Präsentation. Technische Universität München: Institut für Landtechnik Freising-Weihenstephan 1990.
- [13] Demmel, M.: Ertragsmessung auf Gut Hardegg in Österreich mit Yield-O-Meter und GPS. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=698677> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [14] N.N: CLAAS Yield-O-Meter Zellenrad. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709284> - Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [15] Demmel, M.; Muhr, T.; Rottmeier, J.; Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ortung und Ertragsermittlung beim Mähdrusch in den Erntejahren 1990 und 1991. In: VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik "Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge", Düsseldorf 1992, Heft 14, S. 107-122.

- [16] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte Scheyern- Flachfeld (17.1 ha) (Winterweizen, Durchflussmeter 'Daniavision', 12. Aug. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=698719> - Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [17] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte Scheyern- Flachfeld (17.1 ha) (Winterweizen, Durchflussmeter 'Daniavision', 12. Aug. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709348> - Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [18] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte 'Schlüter' (7,2 ha) (Winterweizen, Durchflussmeter 'Daniavision', 20. Aug. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709354> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [19] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte 'Schlüter' (7,2 ha) (Winterweizen, Durchflussmeter 'Daniavision', 20. Aug. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=15318> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [20] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte Hardegg - Foersterwiese (Kornermais 6-reihig, Durchflussmeter 'Claydon Yield-o-Meter', 2. Okt. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709357> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [21] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte Hardegg - Foersterwiese (Kornermais 6-reihig, Durchflussmeter 'Claydon Yield-o-Meter', 2. Okt. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709360> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [22] Auernhammer, H.; Demmel, M.; Muhr, T.; Perger von, P.; Rottmeier, J. und Wild, K.: Ertragsinventur - Lokale Ertragsermittlung. In: Abschlußbericht Aufbauphase 1990 - 1992, FAM - Bericht 3, Hrsg.: Hantschel, R., Kainz, M., GSF, 1993, S. 113-130.
- [23] Muhr, T.; Auernhammer, H.: Technische Möglichkeiten zur Ortung landwirtschaftlicher Fahrzeuge. In: VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik "Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge", Düsseldorf 1992, Heft 14, S. 49-56.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Auernhammer, H.; Demmel, M.; Muhr, T.; Rottmeier, J.; Perger von, P.: Lokale Ertragsermittlung mit GPS in Serienmähdreschern 1990. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-11

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055136>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/270.html>