

Markus Demmel und Hermann Auernhammer, Freising

# Automatisierte Prozeßdatenerfassung

## Elektronikeinsatz bei der Zuckerrübenerte

**Ein sechsreihiger Zuckerrüben Bunker-Köpf-Roder einer Rodegemeinschaft im Maschinenring Dachau /Bayern wurde 1995 bis 1997 mit der Satellitenortung DGPS, Sensoren für die Erntemengenerfassung und von Maschinenzuständen und einer Datenaufzeichnung ausgerüstet.**

**Die Analyse der automatisch aufgezeichneten Einsatzdaten ermöglichte eine lückenlose und detaillierte Feststellung des Arbeitszeitbedarfes in Abhängigkeit von unterschiedlichen Schlagformen und Schlaggrößen.**

**Die mit der Satellitenortung umsetzbare automatisierte Einsatzdatenerfassung ist ein erster Schritt in der notwendigen Logistik für das Flottenmanagement im Zuckerrübenanbau.**

Beinahe alle Diskussionen um die Möglichkeiten einer Nutzung der Satellitenortung GPS in der Landwirtschaft haben die teilschlagspezifische Bewirtschaftung, insbesondere die lokale Ertragsermittlung und die teilschlagvarierte Düngung zum Inhalt.

Positionsermittlung auf landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten erlaubt jedoch durch die Nutzung von GPS-Zeit und GPS-Ort und zusammen mit einer intelligenten Datenaufzeichnung sehr viel umfassendere Anwendungen. Besonders die Erfassung von Einsatz- und Arbeitszeiten, von Ernte- und Ausbringmengen, kurz Prozeßdaten, kann damit beinahe vollständig automatisiert werden. Für den Einzelbetrieb bietet sich dadurch endlich die Chance für eine lückenlose Aufzeichnung und sichere Analyse der Betriebsorganisation. Im überbetrieblichen Einsatz ermöglicht sie die Kontrolle und Optimierung der Einsatzorganisation der zumeist sehr teuren Maschinen.

Im Hinblick auf den überbetrieblichen Einsatz selbstfahrender Erntemaschinen wurden beginnend zur Rodekampagne 1995 ein Zuckerrübenroder einer Rodegemeinschaft mit GPS-Empfänger, Sensorik und Datenaufzeichnung ausgerüstet,

die Einsatzdaten automatisch erfaßt und anschließend analysiert.

### Ausrüstung

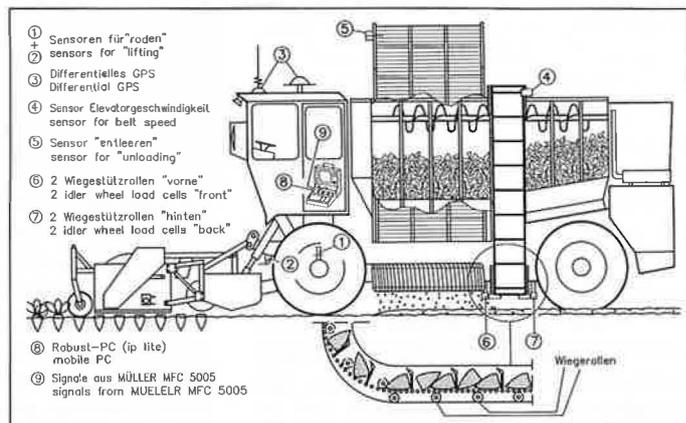
Für die Untersuchung stand ein sechsreihiger Zuckerrübenroder der Rodegemeinschaft Dachau zur Verfügung.

Die Maschine wurde mit einem DGPS Ortungssystem, zusätzlicher Sensorik und einem Datenaufzeichnungssystem ausgerüstet (Bild 1).

Die Positionsermittlung übernahm das Satellitenortungssystem GPS beziehungsweise DGPS. Für die notwendige Positionskorrektur wurden zwei verschiedene Systeme genutzt.

Bild 1: Datenerfassung im selbstfahrenden Zuckerrüben-Köpf-Rode Bunker

Fig. 1: Data acquisition in SP-complete sugar beet



Im Jahr 1995 sendete der Bayerische Rundfunk im Probebetrieb über das UKW-Radio Data System (RDS) DGPS Korrektursignale mit der Technik der amerikanischen Firma DCI (Differential Correction Incorporation). In den Jahren 1996 und 1997 wurde ein Empfänger für das System Sapos (Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung) Echtzeit Positionierungs Service EPS (früher RASANT) der Länder-Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltung (AdV) verwendet, das ebenfalls über UKW-RDS ausgesendet wird.

Zur Ermittlung der Erntemenge wurde im unteren horizontalen Verlauf des Rübenelevators eine Bandwaage mit vier Wägerollen eingebaut. Dazu wurden die serienmäßig verwendeten Rollen gegen solche mit in die Montageflansche integrierten Dehnungsmeßstreifen (DMS) – Kraftaufnehmer ausgetauscht.

Induktivgeber nahmen Elevatordrehzahl (Rübenfluß) und Raddrehzahl (Fahrgeschwindigkeit) auf und ermittelten die Arbeitsstellung des Rodeorgans und die

Stellung des Entladebandes.

Die Datenaufzeichnung erfolgte mit einem Robust-PC IP-Lite von Kontron. Vom GPS Empfänger wurden die Daten über die serielle Schnittstelle (RS232 V24) übertragen. Der Empfang der GPS-Datenstrings löste die Abfrage der Datenlogger aus. Die notwendigen Daten wurden mit je einer analogen und einer digitalen Bausteingruppe (Isolated Measurement Pod, IMP) der Firma Schlumberger erfaßt. Die gesamte Datenaufzeichnung war so konfiguriert, daß die Bedienung durch den Fahrer erfolgen konnte. Mitarbeiter der Landtechnik Weihenstephan waren

nur zur Installation, dem Beheben seltener Störungen und beim Gegenwiegen von Rübenladungen zum Kalibrieren der Wiegetechnik anwesend. Der Roderfahrer konnte das Programm vor Beginn des Rodens eines Schrages durch Drücken der Tasten *s* und *return* starten und nach Beendigung mit *esc* wieder stoppen.

Die Datenanalyse erfolgte mit speziellen FORTRAN Routinen zur Datenumformung und mit dem Tabellenkalkulationsprogramm EXEL zur Auswertung.

### Schlagform beeinflusst Rodeleistung

In einer ersten Analyse wurden die Fahrwege des Rübenrodgers sichtbar gemacht. Hieraus lassen sich Informationen über den Ablauf des Rodens gewinnen. So wird ersichtlich, ob die Rübenmiete günstig plaziert wurde und der Rodevorgang optimal verlief.

In Verbindung mit der Zeitinformation konnte danach der Arbeitszeitaufwand für die Gesamtfläche und für entsprechende Teilschläge berechnet werden (Bild 2).

Dr. Markus Demmel und Prof. Dr. habil. Hermann Auernhammer betreuen im Institut für Landtechnik der TU München (Leitung: Prof. Dr. Dr. h.c. H. Schön), Vöttinger Str. 36, 85354 Freising, die Technik in Pflanzenbau und Landschaftspflege.

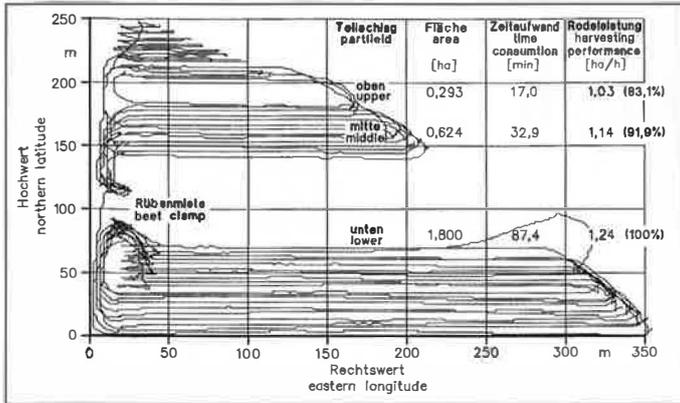


Bild 2: Fahrspuren und Arbeitszeitaufwand beim Zuckerrübenroden mit dem sechsreihigen Köpfrödebunker (MR Dachau 1995; Schlag 51).

Fig. 2: Driving lanes and working time of beet lifting with a six row SP-complete harvester (machine ring Dachau, 1995; plot 51)

Die Analyse zeigt deutlich die Abhängigkeit der Rodeleistung von der wechselnden Schlaglänge innerhalb eines dreieckigen Schläges. Sie reduziert sich von 1,24 ha/h bei 300 m Schlaglänge auf nur mehr 1 ha/h auf dem nördlichen Teilstück mit gerade noch 50 m Schlaglänge.

Durch die Kombination mit den Informationen über die Maschinenzustände (Roder Ein-Aus, Entleerung Ein-Aus) kann danach der Arbeitszeitbedarf weiter aufgliedert werden.

Schließlich wurden ab 1997 Gegenwiegungen der installierten Wiegetechnik vorgenommen. Die Genauigkeit der Ertragsmessung erreichte im Jahr 1997 eine Standardabweichung der Meßfehler von etwa 15 % (Kontrolle von elf Bunkerladungen). Als Hauptfehlerursache ist die sehr kurze Strecke im Bereich des horizontalen Verlaufes des Rübenelevators (nach dem letzten Siebster) zu sehen, auf der die Rüben ruhig auf dem Siebrollen eingebaut. Viele auch hier noch „fliegende“ Rüben, die hohe Elevatorgeschwindigkeit und die niedrige spezifische Last auf den Stütz- und Wiegerollen verursachen hohe Abweichungen.

### Erntemanagement wird einfacher

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß der Einsatz der Satellitenortung zusammen mit wenigen zusätzlichen Sensoren und einer Datenaufzeichnung eine automatisierte Prozeßdatenerfassung im Zuckerrübenroder ermöglicht.

Bereits im ersten Jahr erfolgte die Erfassung alleine durch den Fahrer des Rübenroders ohne ständige Betreuung und Begleitung durch wissenschaftliches oder technisches Personal. Nach anfänglichen Problemen, vor allem hervorgerufen durch die Nutzung der schon auf dem Roder vorhandenen Sensorik, erfolgte der Einsatz zu Ende der Kampagne 1995 und in der Saison 1996 und 1997 störungsfrei. Die ebenfalls installierte Technik zur kontinuierlichen Durchsatz- und Ertragsermittlung bedarf noch weiterer Entwicklung und Modifikation. Sie wird dann als

ergänzendes Element die automatisierte Prozeßdatenerfassung vervollständigen.

Die bisher durchgeführten Datenanalysen belegen, daß die genaue Orts- und Zeitinformation der Satellitenortung zusammen mit wenigen Sensordaten eine detaillierte und vor allem lückenlose Arbeitszeitanalyse erlaubt. Zusätzlich ermöglicht die Abbildung des Roder-Fahrtweges eine Analyse des Rodeablaufs und damit auch eine Optimierung des Ablaufes in den folgenden Jahren.

Entscheidende Bedeutung erlangt die automatisierte Einsatzdatenaufzeichnung in den zukünftigen Organisationskonzepten für das Flottenmanagement beim Zuckerrübenanbau (Bild 3).

Dort muß Logistik schon bei der Rübenaussaat mit der Aufnahme der Flächen, der Saatrichtung, dem Saat- und damit Rodebeginn und dem Ort für die Miete beginnen.

Mit dem Managementsystem, basierend auf einer Datenbank und einem Geographischen Informationssystem, werden die Routenplanungen für die Roder und die Lade- und Abfuhreinheiten

geplant. DGPS unterstützt dabei die Anfahrt an die Schläge, das Anlegen und Auffinden der Mieten und den Rodebeginn an der richtigen Stelle im Schlag.

Die Erntemengenermittlung stellt sicher, daß die für die Zuckerfabrik notwendige Rübenmenge gerodet wird und zur Abholung bereit liegt. Mit dieser Information läßt sich auch die Abfuhr genauer kalkulieren und ermöglicht so der Zuckerfabrik ein Verarbeitungskonzept, das ähnlich den just-in-time-Strategien der Industrie mit geringsten Lagerkapazitäten auskommt.

Hierzu muß jedoch der hier vorgestellte Ansatz weiter entwickelt werden. Neben der Verbesserung der Sensorik für die Erntemengenermittlung sind kostengünstige universelle Datenaufzeichnungsgeräte auf Basis des standardisierten Landwirtschaftlichen BUS-Systems notwendig. Entscheidend für die Umsetzung sind jedoch Modelle für den reibungslosen Daten- und Informationsfluß. Diese müssen in einem übergeordneten Flottenmanagementsystem Entscheidungsvorschläge für eine optimierte Einsatzplanung unterbreiten.

### Schlüsselwörter

Zuckerrüben, Datenerfassung, Arbeitszeiterfassung, Arbeitszeitanalyse, Ortung, Maschineneinsatz, Rübenroder, Ertragsermittlung

### Keywords

Sugar beets, data acquisition, working time acquisition, working time analysis, position detection, machine use, sugar beet harvester, yield measurement

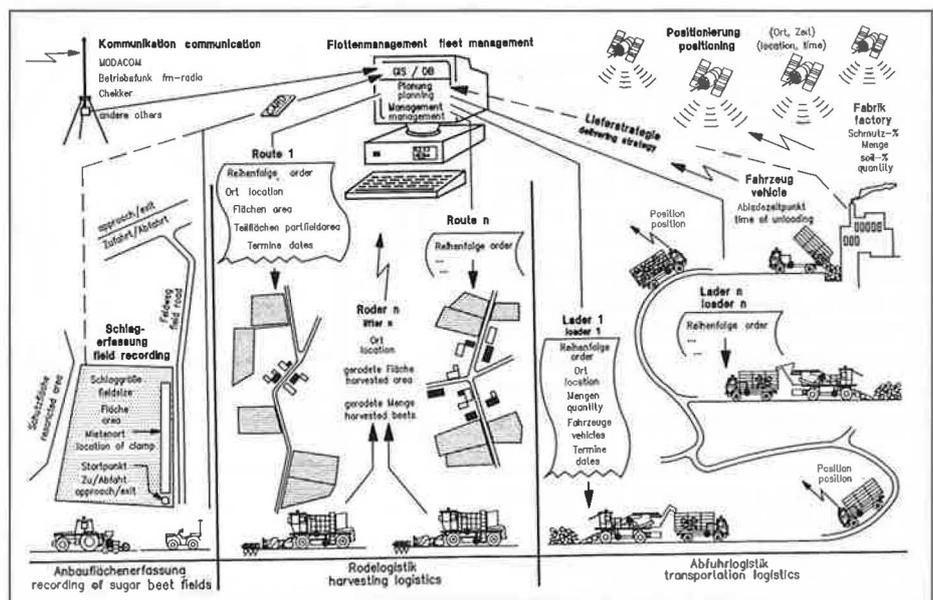


Bild 3: Logistik für das Flottenmanagement beim Zuckerrübenanbau

Fig. 3: Logistics for fleet management in sugar beet production