

## Lokale Ertragsermittlung bei Kartoffeln und Zuckerrüben

### Local yield detection in potatoe and sugar beet harvesters

Dr. agr. **M. Demmel**, Prof. Dr. **H. Auernhammer**, Freising-Weihenstephan

#### **Problemstellung:**

Die lokale Ertragsermittlung ist ein wesentlicher Bestandteil in Systemen zum teilschlagspezifischen Pflanzenbau, auch "Precision Farming" genannt. Sie wurde in den zurückliegenden Jahren im Mähdrescher auf Basis der Volumen- und Massestromermittlung realisiert und in der Praxis eingeführt. Zusammen mit der Satellitenortung können damit sehr detaillierte örtliche Meßdaten gewonnen werden. Daraus lassen sich mit geographischen Informationssystemen Ertragskarten mit einem hohen Aussagewert über die lokalen Gegebenheiten erstellen.

Vielfältige Untersuchungen mit Meßsystemen in Mähdreschern haben große Variabilitäten der Erträge von  $\pm 40$  bis 60 % (teilweise bis über  $\pm 80$  %) nachgewiesen.

Unterschiedliche Möglichkeiten der Ertragsermittlung im selbstfahrenden Feldhäcksler wurden ebenfalls bereits vorgestellt und erprobt [1, 5]. Erste Zeitreihen lokaler Ertragsdaten von Mähdruschfrüchten (S-Gerste und W-Weizen) und von Silomais über bis zu fünf aufeinanderfolgenden Erntejahren haben gezeigt, daß die Ertragsmuster innerhalb der Schläge sehr stabil sind [2].

Im Zusammenhang mit den in Europa üblichen Fruchtfolgen ist damit auch die Ertragsermittlung bei den klassischen Hackfrüchten Kartoffel und Zuckerrübe von Interesse. Dies nicht nur im Hinblick auf die Ertragskartierung, es liegen weltweit bisher keine Analysen zur Stabilität der Ertragsmuster zwischen Monokotylen (Getreide, Mais) und Dikotylen (Kartoffeln und Zuckerrüben) vor. Bei den sehr hohen Erntemengen dieser Kulturen ist eine Mengenermittlung besonders auch für das Management und die Logistik der Abfuhr, der Lagerung und auch der Weiterverarbeitung von großem Interesse.

Deshalb wurden in den vergangenen Jahren unterschiedliche Möglichkeiten der Durchsatz- und Ertragsermittlung in Erntemaschinen für Kartoffeln und Zuckerrüben untersucht.

### Material und Methode:

Die Materialeigenschaften und der Gutstrom von Kartoffeln und Zuckerrüben unterscheiden sich so stark von denen von Getreide, daß die im Mähdrescher verwendeten Meßprinzipien nicht verwendet werden können. Ebenso können die Meßverfahren des Feldhäckslers nicht zur Anwendung kommen. Für die Durchsatz- und Ertragsermittlung in Erntemaschinen für Kartoffeln und Zuckerrüben kommen besonders auf Wiegetechnik basierende Meßverfahren in Frage (Abb. 1):

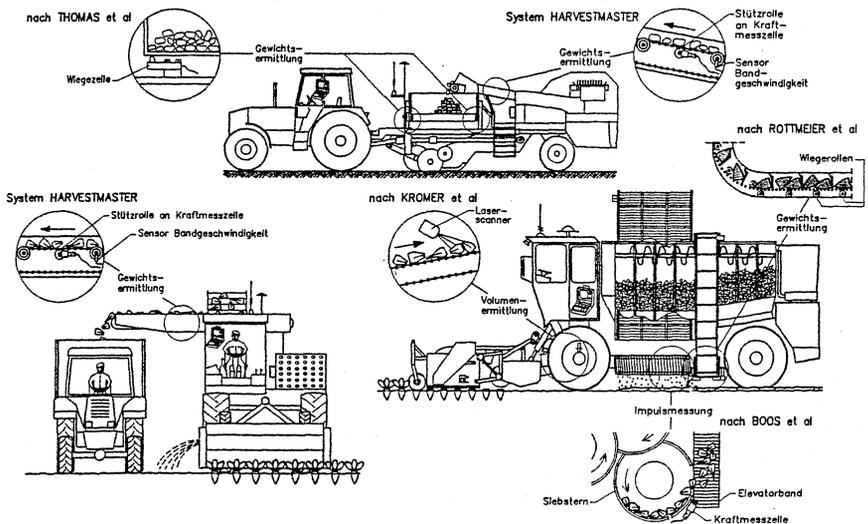


Abbildung 1: Verfahren zu kontinuierlichen Durchsatz- und Ertragsermittlung im Kartoffel- und Zuckerrübenroder.

Die Verwiegung des gesamten Bunkers wirft zwei Probleme auf. Zum ersten muß der Bunker von der Konstruktion des Roders getrennt sein, damit er auf Wiegezellen gelagert werden kann. Zum zweiten ist das Verhältnis zwischen maximaler Last (Leergewicht Bunker + Bunkerinhalt) und der zu messenden zeitlichen Gewichtszunahme sehr ungünstig, sodaß eine höchst genaue Wiegetechnik notwendig wäre. Obwohl dieses Verfahren in den USA im Erdnußernter erfolgreich angewendet wird [8], wurde es nicht weiter verfolgt.

Der Einsatz von Bandwaagetechnik in Siebbändern oder Elevatoren ist eine weitere Möglichkeit, die in USA und Kanada bei mehrreihigen gezogenen Kartoffel- und Zuckerrübenrodern bereits umfangreich untersucht wurde [4, 6]. Dabei werden zumeist ein Paar Tragrollen im Überladelevator über Kraftmeßzellen gelagert. Eine solche Installation wurde mit dem aus USA kommenden System HARVESTMASTER HM500 in einem selbstfahrenden 6-reihigen Köpf-Rode-Lader der Firma MATROT vorgenommen.

Die zumeist in Deutschland zum Einsatz kommenden 6-reihigen Bunker-Köpf-Roder ermöglichen diesen Sensoreinbau nicht. Bei ihnen ist es notwendig die Wiegerollen der "Bandwaage" nach den Siebsternen im horizontalen Bereich des Rübenelevators einzubauen. Eine solche Applikation erfolgte in einem Bunker-Köpf-Roder der Firma HOLMER im Maschinenring Dachau und wurde in den Jahren 1997 auf ihre Genauigkeit hin untersucht. Die Firma KLEINE hat diesen Ansatz weiterentwickelt und verwiegt den kompletten Rübenelevator, der hierzu eine separate und frei gelagerte Baugruppe ist.

Indirekte Methoden der Durchsatzermittlung im Zuckerrübenroder verwenden entweder die Impulsmessung im letzten Drittel des Siebrostes des letzten Siebsternes [3] oder optische Verfahren mit Laserscannern [7].

Auch die große Mehrzahl der Kartoffelroder in Deutschland sind nicht mit Überladebändern ausgestattet sondern besitzen einen Bunker. In einem einreihigen Vollernter der Firma GRIMME, Typ 75-40 mit Seitenaufnahme und Rollbodenbunker, wurde ebenfalls das System HM500 der Firma HARVESTMASTER installiert und in der Kartoffelernte 1997 und 1998 auf der Versuchsstation Klostergut Scheyern untersucht.

Wie bereits bei den früheren Untersuchungen von Ertragsmeßsystemen in Mähdreschern bzw. im Feldhäcksler erfolgte die Feststellung der Meßfehler durch Gegenwiegungen von Ladungen auf geeichten Plattformwaagen.

### **Ergebnisse:**

Die Installation und Ermittlung der Genauigkeit des Wiegesystems HARVESTMASTER HM500 im Köpf-Rode-Lader MATROT M41E erfolgte an den letzten beiden Tagen der Kampa-

gne 1997. Somit waren beim Roden von 4 ha Rüben am 5.11.1998 nur noch 9 Gegenwiegungen möglich. Neben der mittleren relativen Abweichung von +1,4 % betrug die Standardabweichung der relativen Fehler 3,8 %. Diese hohe Meßgenauigkeit dürfte von den für eine Bandwaage sehr günstigen Einsatzbedingungen herrühren. Dies sind die hohe Last auf dem Siebband, der weite Tragrollenabstand von etwa 50 cm, die relativ niedrige Bandgeschwindigkeit und der ruhige Lauf des Bandes.

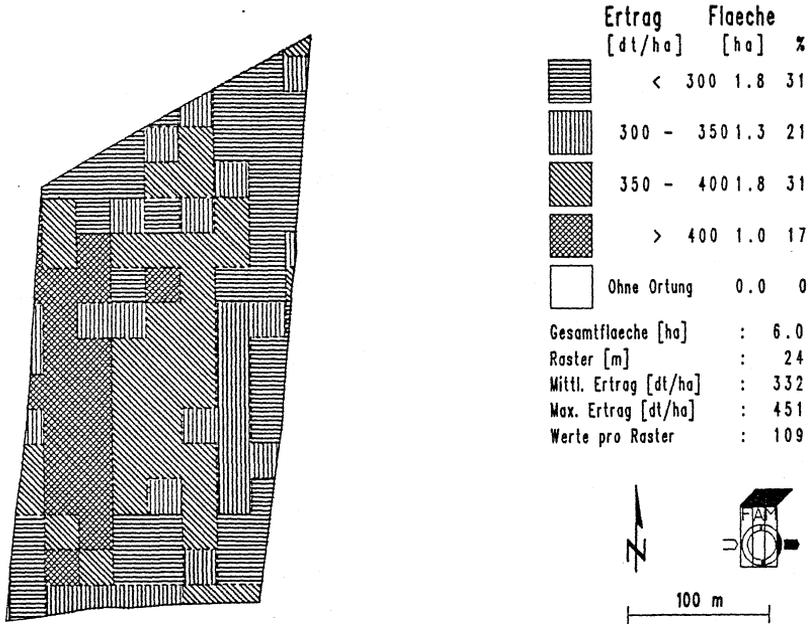
Die höchste erreichte Genauigkeit mit der selbst aufgebauten Bandwaagetechnik im HOLMER Köpf-Rode-Bunker (Gegenwiegung von 11 Ladungen mit durchschnittlich 7,5 t Rübenmasse am 13.11.1998) weist eine Standardabweichung der relativen Fehler von 16 % auf. Als Problem und Hauptfehlerursache hat sich dabei herausgestellt, daß nur eine sehr kurze Strecke im Bereich des horizontalen Verlaufes des Elevators existiert in dem die Rüben auf dem Siebband liegen. Das Siebband läuft dabei sehr schnell und unruhig und verfügt nur über eine geringe "Beladung" mit Zuckerrüben.

Die Durchsatz- und Ertragsermittlung mit dem HARVESTMASTER HM500 am gezogenen einreihigen Kartoffelroder GRIMME 75-40 konnte während der ganzen Ernteperiode 1997 eingesetzt werden. Nach Vorversuchen wurden damit knapp 10 ha Kartoffeln gerodet. Es konnten 26 Wagenladungen zur Ermittlung der Meßgenauigkeit auf einer geeichten Plattformwaage gegengewogen werden. Der mittlere Meßfehler als Güte für die Kalibrierung betrug +1.6 %, die Standardabweichung der relativen Meßfehler 4,4 %. Damit entspricht die Genauigkeit des Meßsystems etwa der Genauigkeit der Ertragssensoren für Mähdrescher .

Da das Roden unter extrem nassen Bedingungen (letzter Erntetag, sechs anstatt vier Personen am Verlesetisch) Sortierarbeiten auch auf dem letzten Drittel des Verlesebandes notwendig macht, traten hierbei sehr starke positive Abweichungen der Gewichtsermittlung von bis zu 34 % auf. Hier liegt die Grenze der Einsetzbarkeit dieser Meßtechnik, zumal bei Bunkerrodern mit Verleseeinrichtung kein alternativer Einbauort möglich ist.

Eine zusätzliche Fehlerquelle für die Ertragsermittlung bei der Zuckerrüben- und bei der Kartoffelernte ist der Schmutzbesatz, der durch die Gegenwiegungen nicht erfaßt wird. Hierzu erfolgte in den Versuchen bei der Kartoffelernte stichprobenartig eine Schmutzbestimmung durch Abreinigung von Teilpartien, bei Zuckerrüben kann die Schmutzfeststellung bei der

Farbrikanlieferung mitverwendet werden. Mit den entsprechenden Schmutzanteilen wurden dann die Ertragsmeßwerte vor der Kartierung korrigiert (Abb. 2).



Erstellt mit ARC/INFO am 13.01.1998

Abbildung 2: Ertragskarte Scheyern Schlag A17 1997, Kartoffeln  
(Ertragsmeßsystem HARVESTMASTER HM500 an GRIMME 75-40)

### Schlußfolgerungen:

In den vergangenen Jahren wurden an vielen Orten Anstrengungen unternommen Durchsatz- und Ertragsmeßgeräte für Zuckerrüben und Kartoffeln zu entwickeln. Die Mehrzahl der Systeme verwendet dabei Wiegetechnik, die in Form von Bandwaagen in die Elevatoren und Siebbänder der Erntegeräte integrierte werden. Die sehr komprimierten Bauformen der Erntemaschinen bereiten dabei oft große Schwierigkeiten. Je langsamer und ruhiger die Bänder laufen und je höher ihre Beladung desto genauer arbeiten die Meßsysteme.

Im Kartoffelroder und im Zuckerrüben-Köpf-Rode-Lader konnten mit einem kommerziellen System Ergebnisse mit einer den Ertragsmeßsystemen im Mähdescher vergleichbaren Genauigkeit erreicht werden. Die Genauigkeit des eigenen Systems in einem Bunker-Köpf-Roder ist

nicht ausreichend und verlangt weitere Verbesserungen bei der Sensorapplikation und besonders bei den eingesetzten Filteralgorithmen.

Der variierende Schmutzbesatz verfälscht bei allen Wiegesystemen die Ertragsmeßwerte. Seine automatisierte Ermittlung ist in Zukunft notwendig, besonders auch im Hinblick auf eine Regelung der Intensität der Reinigungsorgane.

**Literatur:**

- [1] Auernhammer, H., M. Demmel, P.J.M. Pirro, 1995: Yield measurement on self propelled forage harvesters, Paper No. 951757, ASAE St. Joseph, MI.
- [2] Auernhammer, H., M. Demmel, 1997: Die Stabilität von Ertragsstrukturen im mehrjährigen Vergleich. In: Landtechnik 1997, VDI-Berichte 1356, VDI-Düsseldorf, VDI-Verlag, 1997, S.245-248.
- [3] Boos, B., B. Missotten, S. Reybrouck, J.De Baerdemaker, 1998: Mapping and Interpretation of Sugar Beet Yield Differences. In: Abstracts of 4th International Conference on Precision Agriculture, July 19-22, 1998, St.Paul, Minnesota, p. 51.
- [4] Campbell, R.H., S.L. Rawlins, S. Han, 1994: Monitoring Methods for Potatoe Yield Mapping. Paper No. 943184, ASAE ST. Joseph, MI.
- [5] Ehlert, D., H. Schmidt, 1995: Ertragskartierung mit Feldhäckslern. Landtechnik 50. Jahrgang, Heft 4, S. 204-205.
- [6] Hall, T.L., L.L. Backer, V.L. Hofmann, L.J. Smith, 1997: Monitoring Sugar Beet Yield on a Harvester. Paper No. 973139, ASAE St. Joseph, MI.
- [7] Kromer, K.-H., P. Degen, 1998: Ertrags- und Durchsatzmessung bei Zuckerrüben. Zuckerrübe 47 Jahrgang, Heft 2, S. 92-95.
- [8] Thomas, D.L., CD. Perry, G. Vellidis, J.S. Durrence, 1997: Development and Implementation of a Load Cell Yield Monitor for Peanut. Paper No. 971059, ASAE St. Joseph, MI.

**Summary:**

Two different yield detection systems using conveyor weighing technique on two different self propelled six row sugar beet harvesters (one side loading and one with bunker hopper) and a one row trailed potatoe harvester with bunker hopper have been examined. On the self propelled side loading sugar beet harvester and on the trailed potatoe harvester with bunker hopper the weighing system worked well. Using another measuring system on the six row sugar beet harvester with bunker hopper the reached accuraccy has not been satisfying.