

# Ertragsmessung in der Rübenenernte

*Der Rübenanbau stellt angesichts des Ertragsniveaus hohe Ansprüche an die Produktionstechnik. Der Anbau ist sehr eng an die Verwertung gekoppelt: die Fabrik erwartet hohen Zuckergehalt, wenig schädliche Stoffe und geringen Erdanhang sowie die termingerechte Anlieferung. Der Fuhrunternehmer benötigt für die Transportlogistik Daten über die Menge und die Position der Rübenmieten. Wegen des engen Zusammenhangs zwischen Wachstum der Rübe und Ertragsfähigkeit des Bodens vermehren die Ertragsdaten die Kenntnisse für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung, vor allem über die Wirkungen in der Fruchtfolge.*

Zur kontinuierlichen Erfassung der geernteten Rüben gibt es verschiedenartige Ansätze, aber noch keine in der Praxis bewährte Lösung.

Die Messgenauigkeit ist auf die geringe Masse einer Teilfläche auszurichten. Der Durchsatz liegt für 3 m Arbeitsbreite bei 20 kg/s, die Teilmenge für 30 m Rodestrecke bei 600 kg.

Angesichts dieser Werte muss das Tara eines Wiegesystems gering sein. Somit scheidet es aus, den Rübenbunker auf Biegestäbe zu setzen und die Gewichtszunahme zu registrieren. Vielmehr sind unter diesem Aspekt die Ansätze interessant, die direkt die Rübe erfassen. Mehrere Systeme befinden sich in der Entwicklung.

Wiegerollen tragen das Elevatorband und messen die darauf liegenden Rüben. Bei den modernen Rovern ist diese Förderstrecke nur kurz. So fördert der Siebsterne einen Großteil der Rüben in die Nähe der Umlenkung nach oben (Bild 1). Das Messsystem wurde in den USA und England entwickelt und wird von der Landtechnik Weihenstephan erprobt. Im Kartoffelroder der Fa. Grimme ist es installiert.

Eigene Überlegungen gehen dahin, eine Bandwaage unterhalb des – waagerechten – Förderers zu installieren oder am Auswurf des Elevators die Aufprallenergie zu messen. Eine solche Wiegeeinrichtung (etwa an Stelle des Leitblechs in Bild 1) beansprucht Freiraum, mindert also das Fassungsvermögen des Bunkers.

Ein weiterer Weg, die Rübe direkt zu erfassen, liegt in der Messung von Volumen oder Stückzahl. Mechanische Taster (Fa. TSI) oder Laser-Scanner (Landtechnik Bonn) geben das Rüben-Volumen auf dem

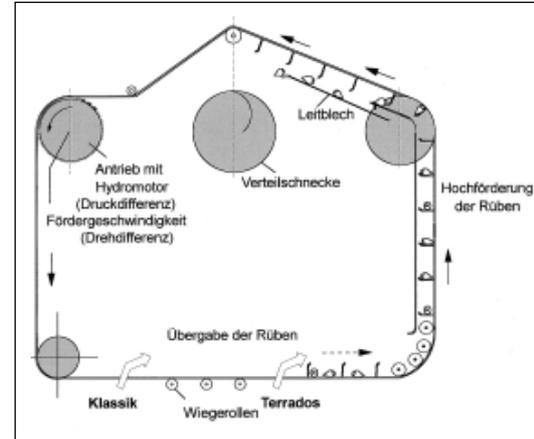


Bild 1: Das Ertragsmesssystem misst die hydraulische Antriebsleistung für den Förderer

Fig. 1: The yield measuring system measures the hydraulic power for the conveyor

Förderer wieder. Dieser Messwert muss ausreichend genau mit der Rübenmasse korrelieren. Auf ähnlicher Grundlage beruht die Volumen-Stück-Messung. Anzahl und Durchmesser der Rübe werden beim Köpfgang erfasst.

Als kritisch gilt bei diesen Systemen die Kalibrierung. Gewiss korreliert der Durchmesser mit dem Gewicht der Rübe, auch das Volumen der Schüttung im Förderer. Allerdings streuen die Messwerte stark. Die Streuung kann durchaus spezifisch für Teilflächen sein, wenn nämlich Boden oder verfügbares Wasser die Form der Rübe beeinflussen. Andererseits besteht der Vorzug, dass die Kalibrierung auf der Basis reiner Rüben, also ohne Erdanhang, beruhen kann.

Prof. Dr. Edmund Isensee leitet das Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel; e-mail: eisensee@ilv.uni-kiel.de  
Wolfgang Lieder ist dort als Messtechniker tätig.

## Schlüsselwörter

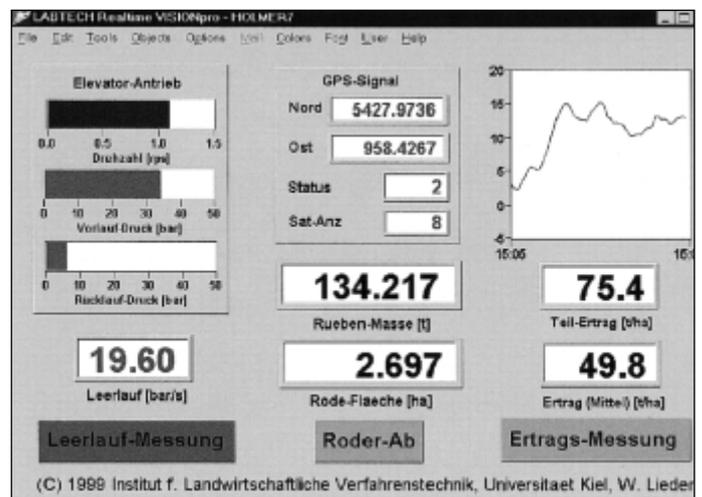
Zuckerrübenenernte, Ertragsmessung, Messsystem

## Keywords

Sugar beet harvesting, yield mapping, measuring systems

Bild 2: Das Display zeigt alle notwendigen Kennwerte

Fig 2: The display shows all necessary parameters



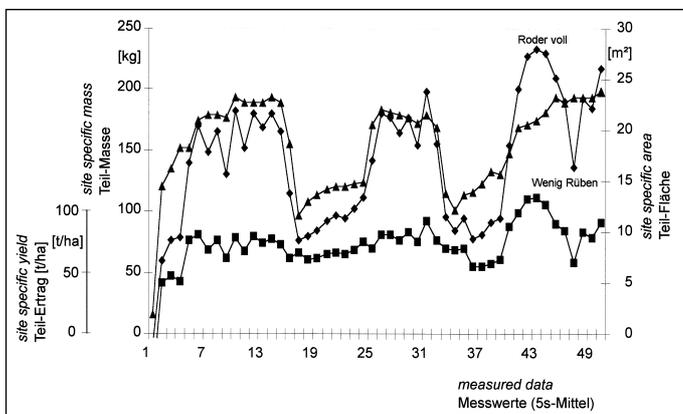


Bild 3: Flächenertrag und Teilfläche bei variiertem Geschwindigkeit

Fig. 3: Yield per area and site with varied speed

Alternativ dazu stehen die Konzepte, die Rüben in einem größeren Massenstrom mit Hilfe des Förderorgans erfassen.

Der Ringlelevator wird als eigenes System auf Wiegeelemente gesetzt. Je mehr Rüben er fördert, desto höher der Messwert. Diese Lösung stellte Fa. Kleine auf der Agritechnica 1999 vor. Nachteilig sind das hohe Eigengewicht und die dynamischen Schwingungen im Betrieb.

Daraus resultierte der eigene Weg, die Masse der Rüben zu erfassen, die hoch in den Bunker gefördert werden. Gemessen wird die Kraft in den Umlenkrollen des Elevators oder die Antriebsleistung des Förderers, die als Druckdifferenz im Hydraulik-Motor zu messen ist (Bild 1).

### Erfahrungen mit dem neuen Messsystem

#### Funktionsweise

Das Messsystem beruht auf der Leistungsdifferenz zwischen belastetem und unbelastetem Elevator-Antrieb, ermittelt aus der gemessenen Druckdifferenz und (variablen) Drehfrequenz des Elevators. Das Messintervall beträgt 5s. Der Weg-Sensor des Roders wird zur Ermittlung der Fläche genutzt. Aus den Messwerten und der zugehörigen, gewogenen Masse wird der Kalibrierungsfaktor errechnet. Er wird fest eingegeben, allerdings wie bei anderen Wiegesystemen durch Kontrollwägungen überprüft.

Die Positionsdaten liefert das GPS. Die Antenne ist vorn auf dem Kabinendach montiert. Die Datenerfassung und -speicherung wird automatisch vom Roder-Ab-Signal gesteuert. Die Rodeflächen sind um die Laufzeit der Rüben vom Rodeaggregat bis zum Elevator, etwa 10 s, verzögert.

Alle wesentlichen Daten werden dem Fahrer im Display angezeigt (Bild 2). Vor allem der Blick auf den Kurvenverlauf informiert, ob das System funktioniert.

Die Leerlaufleistung kann sich mit den Rodebedingungen ändern. Da sie etwa die Hälfte der Gesamtleistung beträgt, ist sie genau zu kalibrieren. Zu Beginn der Arbeit, bei kaltem Öl im Hydrauliksystem, treten an-

dere Werte auf als beim kontinuierlichen Betrieb. Trockener Boden mit Staubeentwicklung schafft andere Bedingungen als feuchter. Daher bietet das Programm die Möglichkeit, während des Leerlaufs am Vorgewende zu kontrollieren und eventuell zu korrigieren.

#### Ergebnisse

Das System hat sich im Praxiseinsatz beim Lohnunternehmer bewährt, die Abweichungen des Messwerts für eine Bunkerfüllung zur Fuhrwerkswaage liegen bei wenigen %, sofern der Fahrer den Leerlauf und Null-Abgleich korrekt durchführt und der Bunker nicht überfüllt ist.

Von Beginn der Erprobungsphase an wurden die angezeigten Werte auf der Fuhrwerkswaage kontrolliert. In der ersten Saison 1998 wurden angesichts der witterungsbedingten Bedingungen wenige Messungen durchgeführt, in der folgenden Saison wurden bereits viele Ertragskarten erstellt.

Um die Sensibilität des Messsystems zu testen, änderte der Roder die Geschwindigkeit (Bild 3). Der Kurvenverlauf veranschaulicht die Reaktion des Systems, vor allem die Parallelität in den Teilflächen. Am Ende der Darstellung zeigt die Kurve einen zu hohen Ertrag, verursacht vom überfüllten Bunker. Wenn die Füllhöhe überschritten ist, reicht das speziell eingebaute Leitblech nicht mehr. Vielmehr zieht der Elevator durch den Rübenstapel, und das beansprucht die Antriebsleistung.

Die Schwankungen auf den kurzen Messabschnitten mit 3 m Arbeitsbreite werden vom Programm für die Ertragskarte durch die Interpretation über 30 m ausgeglichen.

Zur nächsten Saison sind weitere Versuche vorgesehen, in denen die Zahl der gerodeten Reihen wechselt und damit der Durchsatz und Füllungsgrad des Elevators. Es sollen mögliche Einflussfaktoren definiert und im System berücksichtigt werden.

Das Messsystem wird in die Maschine der Fa. Holmer integriert. So wird künftig die teilflächenspezifische Interpretation des Ertrages möglich. Das Beispiel in Bild 4 ver-

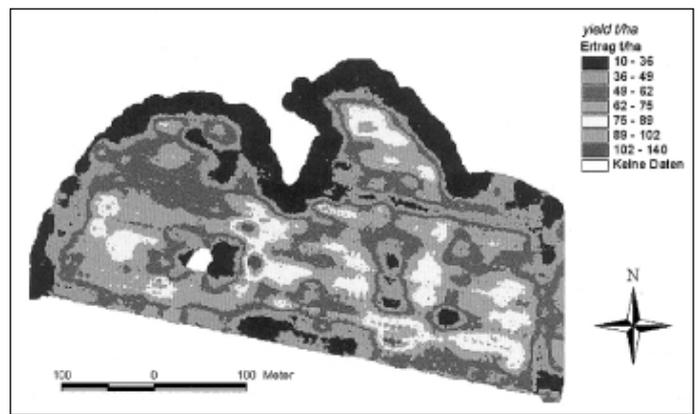


Bild 4: Ertragskarte eines Zuckerrübenschlages (mit Erdanhang; 12. 11. 1999); Durchmesser 56t/ha, s = 24

Fig. 4: Yield map of sugar beet plot (with tare; 12.11.1999); yield 56 t/ha, s=24

anschaulicht die grosse Spannweite bis zu 900 dt/ha. Am Feldrand, an Wald und Knick reduziert die Konkurrenz um Licht und Wasser den Ertrag auf 200 dt/ha in der Fabrik, zusätzlich geschmälert durch höhere Abzüge von etwa 5 %. Lohnt also der Aufwand an Saatgut, Pflanzenschutz und Düngung an derartigen Stellen? Oder bietet der Ackerlandstreifen Alternativen?

#### Erdanhang

Zur Rübenernte gehört der Erdanhang. Die automatische Erfassung von Erde und Kopfanteil gibt es noch nicht. Für die Ertragsmessung wäre zumindest der Erdanteil bedeutsam. Er wird auf Teilflächen je nach Bodenart schwanken. Dazu fehlt es noch an Messungen. Dennoch bleibt dieser Mangel tolerabel: bei einer Bandbreite von 10 bis 16 % würde die Abweichung  $\pm 3\%$  für Teilflächen betragen.

Als erster Schritt, dem erhöhten Erdanhang zu begegnen, gilt die Regelung für die Drehzahl des Siebsterns. Die Drehleistung wird gemessen; steigt sie deutlich an, so reagiert der Siebstern mit erhöhter Drehzahl auf die höhere Masse an Erde und Rüben. Somit bleibt, den Messwert zum Ertrag um den mittleren Erdanhang zu reduzieren.

#### Fazit

Ein neues Ertragsmesssystem, das die Rübenmasse über die Antriebsleistung des Elevators erfasst, ist als Prototyp in der Praxis gelaufen. Die Ergebnisse versprechen zusätzliche Informationen.

Der Landwirt kann Produktionstechnik und Anbau der Teilflächen anpassen, der Lohnunternehmer die Effizienz des Rodeinsatzes besser bewerten. Der Fuhrunternehmer erfährt, an welchem Ort welche Menge liegt und kann die Zahl der LKW besser disponieren. Die Zuckerfabrik kennt künftig ganz aktuell die geernteten Mengen und erfährt den Ertragszuwachs, um die Kampagne gezielt zu planen und die Fabrik voll und rationell auszulasten.