

# Ertragskartierung in der Rübenernte

Die Ertragsmessung - im Mähdrusch lange bekannt - bietet in der Rübenernte Informationen zur Ertragsfähigkeit von Teilflächen sowie zur Rodeleistung und Logistik. Die Erfahrungen mit dem im Kieler Institut entwickelten System werden hier vorgestellt.

Die Ertragsmessung im Mähdrusch gibt es seit Jahrzehnten, sie setzt sich in Verbindung mit der teilflächenspezifischen Produktionstechnik und großen Mähdruschern allmählich in der Praxis durch.

Im Zuckerrübenbau reizt die Ertrags Erfassung aus mehreren Gründen. Als anspruchsvolle Kultur müsste sie die Heterogenität in der Ertragsfähigkeit des Bodens besonders gut kennzeichnen. Darüber hinaus liefern die Messwerte Grundlagen für den Unternehmer, die Einflüsse auf die Rodeleistung

tegrieren. Sie befindet sich seit einigen Kampagnen im Einsatz, so dass über Erfahrungen zu Technik und Ertrag zu berichten ist.

## Messtechnik

Die Zielgröße Durchsatz (kg/s) in der Maschine wird über die Antriebsleistung als Hilfsgröße ermittelt, diese wiederum gemessen als Druck (bar) in der hydraulischen Leitung mit einem Druckaufnehmer als Sensor. Die Antriebsleistung steigt generell proportional zur Masse, aber im praktischen Einsatz werden Einflussgrößen wirksam. Sie resultieren offensichtlich aus dem Leerlaufverhalten sowie hohem Füllungsgrad der vertikalen Förderstrecke, wie die näheren Auswertungen zeigen sollen.

Wenn der Bunker zu hoch gefüllt ist, kratzt die Förderkette über den Rübenstapel, damit steigt die Antriebsleistung. Dies ist zu vermeiden. Mit hohem Durchsatz steigen die Messwerte, offenbar verursacht von der Gleitreibung der Rüben an der Rückwand des Elevators. Normalerweise liegen die Rüben innerhalb der einzelnen Fördererelemente. Zur Klärung wurde außerhalb der Kampagne ein systematisch angelegter Versuch mit Kunststoff-„Rüben“ angelegt. Der Messwert stieg um 7%, wenn der Durchsatz in Stufen von 10 auf 30 kg/s erhöht wurde. Zum Vergleich: 600 dt/ha Ertrag bedeuten 16 kg/s Durchsatz bei 1m/s oder 25 kg/s bei 1,5m/s Geschwindigkeit.

Ein praktisches Beispiel vom Feldeinsatz zeigt Bild 1. Als Referenz sind die Ladungen gemäß Fuhrwerkswaage gleich 100 gesetzt. Die angezeigten Werte steigen um etwa 10% je 20 kg/s erhöhtem Durchsatz. Nutzt man die Regression zur Korrektur, reduziert sich die Abweichung auf +/- 2%.

Es bedarf weiterer Untersuchungen, um eine derartige Abweichung in die Kalibrierung aufzunehmen oder konstruktive Änderungen im Förderkanal vorzusehen. Die Kalibrierung wird dadurch erschwert, dass nicht der tatsächliche Massenfluss als Referenz kontinuierlich zu messen ist, sondern nur die gesamte Masse von mehreren t Bunkerinhalt zur Verfügung steht.

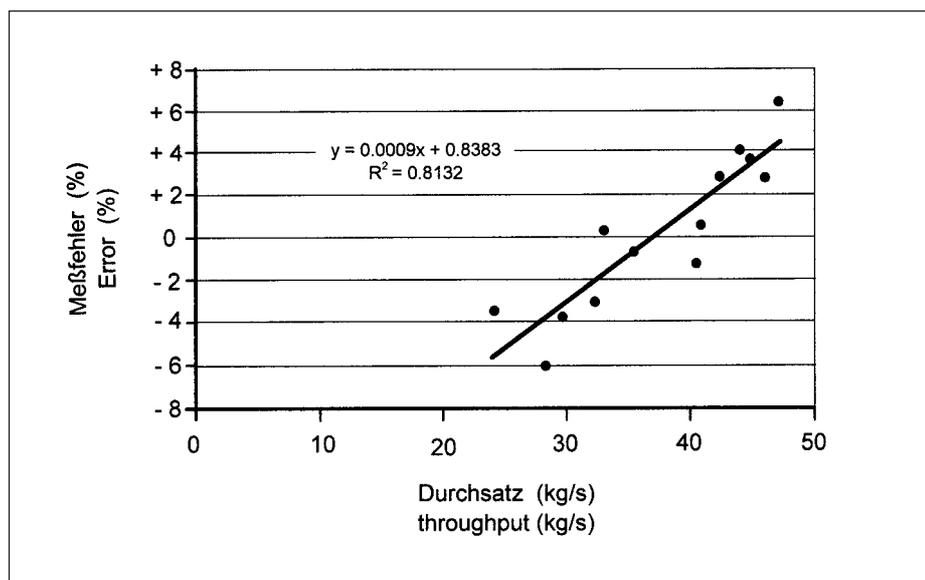


Bild 1: Einfluss des Durchsatzes auf die Abweichung der angezeigten von der gewogenen Masse

Fig.1: Influence of throughput on the difference between measured and true mass

zu erkennen und danach Transportlogistik, Abfuhr und Kampagneplanung abzustimmen.

Mehrere Ansätze zu Systemlösungen sind in der Entwicklung, basierend auf dem Prinzip der Bandwaage oder der Ermittlung von Stückzahl und Durchmesser. Das Kieler Konzept (Landtechnik 2001, H. 4, S. 272) nutzt die Antriebsleistung für die Förderkette, die die Rüben vom Siebsterne übernimmt und nach oben in den Bunker fördert. Diese Lösung lässt sich mit geringer Anpassung des Antriebs in die vorhandene Maschine in-

Prof. Dr. Edmund Isensee ist Direktor des Instituts für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der CAU Kiel, Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel; e-mail: landtechnik@ilv.uni-kiel.de

## Schlüsselwörter

Rübenernte, Messtechnik, Ertragskarte

## Keywords

Beet harvest, measuring technique, yield-map

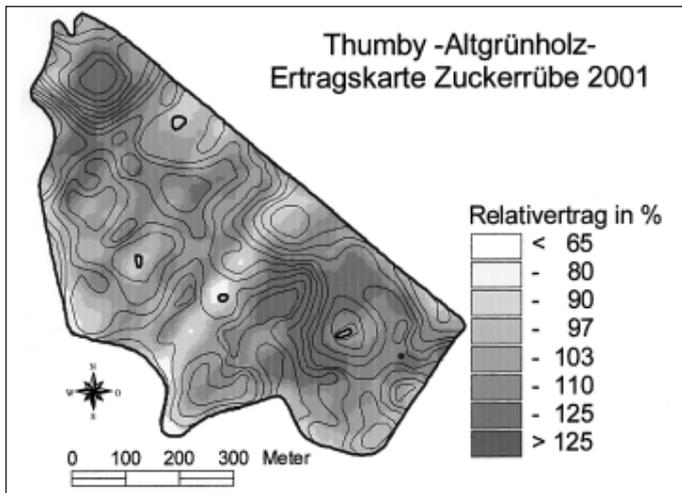


Bild 2: Ertragskarte für Zuckerrüben und Höhenlinien auf einem 40 ha Schlag (Diss. Reimers, Kiel)

Fig. 2.: Yield-map for sugar beets and contour lines on a 40 ha field

Das Messsystem gibt die gesamte Antriebsleistung wieder, sie muss um die Leerlaufleistung als „tara“ reduziert werden. Sie nimmt mit etwa der Hälfte einen bedeutsamen Anteil ein. Mehrere Faktoren wirken sich aus.

In der kalten Maschine ist das Hydrauliköl zähflüssig, es erhöht also den Leistungsbedarf. Im Lauf von einigen Minuten steigt die Temperatur auf das betriebsübliche konstante Niveau, eine Temperaturanzeige kann das „Warmlaufen“ kontrollieren. Besondere Bedeutung erhalten die Bodenverhältnisse, also Nässe und Trockenheit, Sand- oder Lehmboden, die den Widerstand im Förderorgan beeinflussen können. Dabei kann regelmäßig der Leerlaufabgleich durchgeführt werden, etwa während des Wendens am Feldrand. Das kann vom Rechenprogramm aus automatisch geschehen, wenn die Rüben den Roder durchlaufen haben. Dabei beobachtet der Fahrer den Kurvenverlauf, aufgezeigt in der Grafik auf dem Bildschirm. Er beendet die Messung gezielt oder mit dem Absenken des Rodeorgans. Eine zu lange Dauer kann dazu führen, dass sich der Förderweg reinigt, die Leerlaufleistung also sinkt. Der gesamte Vorgang lässt sich auch automatisieren: der Abgleich wird zeitlich begrenzt oder ab einer bestimmten Steigung der Messwertkurve abgebrochen.

Insgesamt sind Interesse und Sorgfalt des Fahrers Voraussetzung, dass das System funktioniert. Er beobachtet den Verlauf der Messkurve, kann Störungen erkennen, etwa im Gutfluss oder durch zu vollen Bunker.

### Ertragskartierung

Als Ergebnis der Messung bietet die Ertragskartierung Informationen zu Boden und Produktionstechnik.

Im Rahmen der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung interessiert, inwieweit Bodenunterschiede Jahr für Jahr sichtbar werden. Das sei am Beispiel einer Fläche dargestellt, die Reimers, Bodeninformatik Kiel, im preagro-Projekt in der Fruchtfolge Raps - Wintergerste - Zuckerrüben - Winterweizen

untersucht hat. Die Ertragskarte weist für Rüben eine Spannweite von  $\pm 30\%$  auf (Bild 2). Die geringen Erträge am Waldrand und auf einer Teilfläche im NO des Schlages an der Straße lassen die Frage aufkommen, ob oder inwieweit der Anbau generell oder produktionssteigernde Maßnahmen wie Düngung und Pflanzenschutz lohnen. Mitten durch den Schlag zieht sich ebenfalls ein Streifen - zunächst als messtechnischer Fehler gedeutet, später von Mitarbeitern des Betriebs als früherer Standort eines Knicks erkannt. Dieser Streifen ist im Getreide nicht, im Raps nur schwach zu sehen.

Die beiden Hohertrags-Teilflächen liegen auf Kolluvisol - Niedermoor - Gley. Das deutet auf den Einfluss von Wasser und Hanglage. Im Getreide bringen diese Teilflächen ebenfalls hohe Erträge. Die höheren Lagen (30 m) erzielen mittlere, die um 10 m abfallenden Hänge hohe Erträge. In der niederen Ebene fällt der Weizenertrag ab (sl - Boden), die Rüben sind besser entwickelt.

Der Längsschnitt diagonal durch den Schlag veranschaulicht auf 1000 m Länge den Ertragsverlauf von vier Kulturen (Bild 3). Der höhere Ertrag von Rüben zu Beginn mag von der Hanglage beeinflusst sein, der des Weizens von der Neigung. Bei 600 m findet sich der Streifen aus Bild 2 wieder. Der Raps wurde in den feuchten Senken beeinträchtigt, vor allem im kolluvierten Niedermoor bei 750 m.

Ein solcher Vergleich über die Jahre darf nicht allein mathematisch berechnet werden, vielmehr sind die Daten mit Blick auf die Besonderheiten von Wetter und Wachstum zu interpretieren. Ein solcher vertikaler Vergleich bietet Informationen zu einem Schlag, der horizontale Vergleich mehrerer Schläge lässt Unterschiede in der Produktionstechnik deutlich werden.

Die Ertragskarten anderer Betriebe decken manche Besonderheiten im Anbau auf und quantifizieren deren Ausmaß. Zum Beispiel erklärt sich ein Streifen mit 15 t/ha höherem Ertrag daraus, dass auf Grund widriger Umstände der Stallungstreuer doppelt gefahren ist. Im anderen Fall wird der Effekt einer Fungizidmaßnahme mit 10 t/ha bemessen. Hier hatte die Unsicherheit, ob im August die Spritzung lohnt, einen Betriebsleiter veranlasst, nicht den ganzen Schlag zu behandeln.

Damit sind Auswirkungen genannt, die - im Gegensatz zu Getreide - der Betriebsleiter nicht beobachten und erkennen kann. Die Ertragsmesstechnik bietet also ein Kontrollsystem und präzisiert die Kenntnis zu Boden und Produktionstechnik.

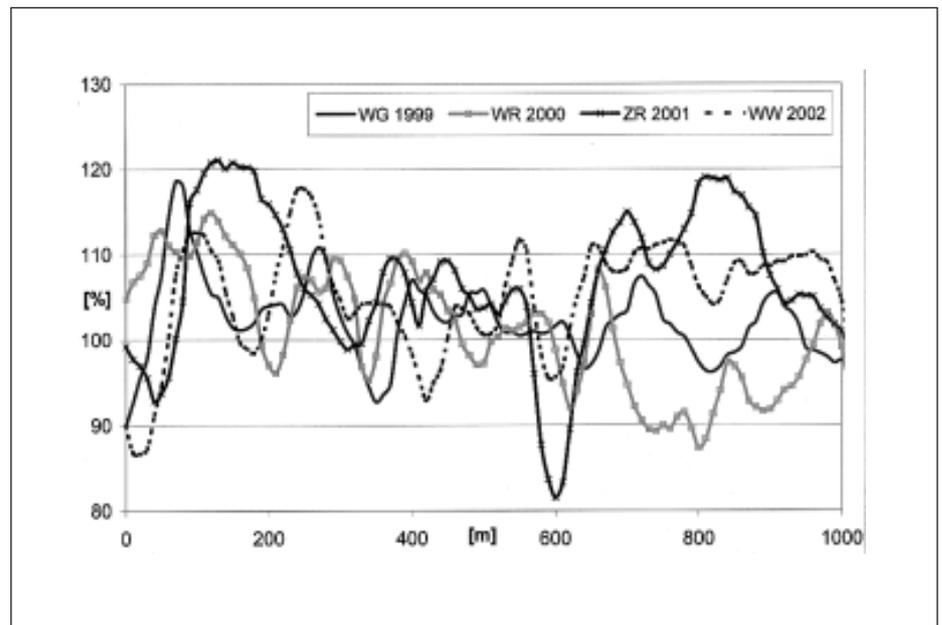


Bild 3: Ertragsverlauf (relativ) mehrerer Jahre in der Diagonalen des Schlages (von S/O nach N/W)

Fig. 3: Course of yield (relative) of several years in the diagonal direction of the field (from S/E to N/W)