

Edmund Isensee und Stefan Krippahl, Kiel

Online-Vergleich von Ertragsmesssystemen im Mähdrescher

Die Ertragsmesstechnik im Mähdrescher hat eine über Jahrzehnte währende Tradition, aktualisiert mit der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung und Ortung per GPS. Damit wachsen der Anspruch an die Präzision und die Bedeutung der Einflussgrößen. Von den beiden untersuchten Ertragsmesssystemen kann eines überzeugen, das andere weniger.

Das Messsystem soll „möglichst“ genau sein, der Fehler muss geringer sein als die erwartete Differenz zwischen den Varianten. Die Teilflächenbewirtschaftung führt zu 1 bis 3 dt/ha höherem Ertrag, variierte Düngung auf Teilflächen etwa zu 5 dt/ha. Daraus folgt, dass die Messabweichung 5% nicht übersteigen sollte.

Der zweite Anspruch liegt in der Bezugsfläche. Nicht der Schlag oder die Korntank- oder Kipperfüllung gilt als Vergleich, sondern die Menge einer Teilfläche. Sie mag 30 m lang sein, aber nur so breit wie das Schneidwerk, also beispielsweise 6 m. Damit beträgt die Teilmenge nur 150 bis 200 kg, die genau zu messen ist. Mit Blick auf die spätere Kartierung mag eine Abweichung gedämpft werden, da die Daten von fünf Mähdrescherbreiten zu einem Wert zusammengefasst werden.

Faktoren zur Ertragsmessung

Man spricht von Ertragsmessung, tatsächlich aber wird der Ertrag aus messbaren Einzelgrößen berechnet.

Den Weg zu erfassen ist relativ einfach mit Sensoren am nicht angetriebenen Rad. Dazu gibt es seit Jahren bewährte Systeme.

Schwieriger ist es, die Schnittbreite zu treffend einzugeben. Als Praxiserfahrung mag gelten, dass 30 bis 40 cm, also 5% ungenutzt bleiben. Sofern der Wert konstant bleibt, wird er in das System eingegeben. In welchem Maße Abweichungen auftreten, zeigen eigene Messungen (Bild 1).

Sinnvoller wäre natürlich, die tatsächliche Breite messtechnisch zu erfassen. Dazu bestehen bereits seit den 70er Jahren Bemühungen, ein automatisches Lenksystem einzuführen: ob mit mechanischem Taster oder berührungslos. Inzwischen bietet Fa. Claas mit dem „Laser-Piloten“ ein System an, das den Mähdrescher automatisch an der Bestandskante entlang führt. Damit wäre die volle Schneidwerkskapazität stets ausgelastet.

Die Kornfeuchte muss angesichts der kurzen Teilflächen kontinuierlich im Förderstrom erfasst werden. Teilflächenspezifisch wechselt sie um einige %-Punkte. Das wirkt sich etwas auf den Messwert zum Ertrag aus, gibt aber auch Hinweise zu Boden und Pflanze, so etwa zur Wasserverfügbarkeit.

Für den Korndurchsatz stehen verschiedene Messsysteme von unterschiedlichen Anbietern zur Verfügung.

Das volumetrische Messprinzip erfasst die Schütthöhe auf den Förderelementen des

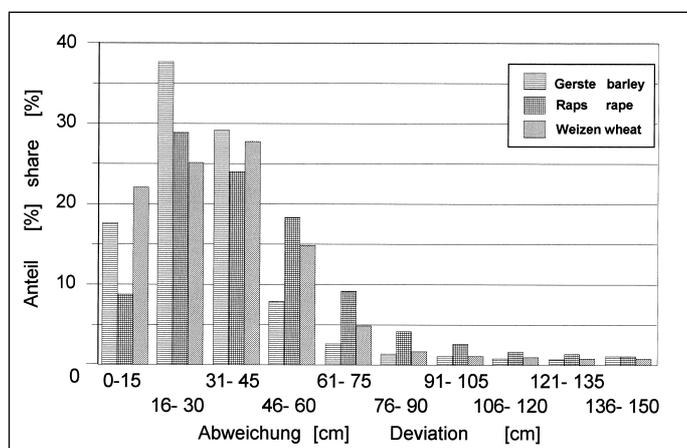


Bild 1: Abstand zwischen Schneidwerk und Bestand (guter Fahrer auf mehreren Schlägen)

Fig.1: Distance between divider and crop (good driver for several fields)

Prof. Dr. Edmund Isensee leitet das Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel; e-mail: eisensee@ilv.uni-kiel.de
Dipl.-Ing.agr. Steffen Krippahl hat dort das Thema in seiner Diplomarbeit behandelt.

Schlüsselwörter

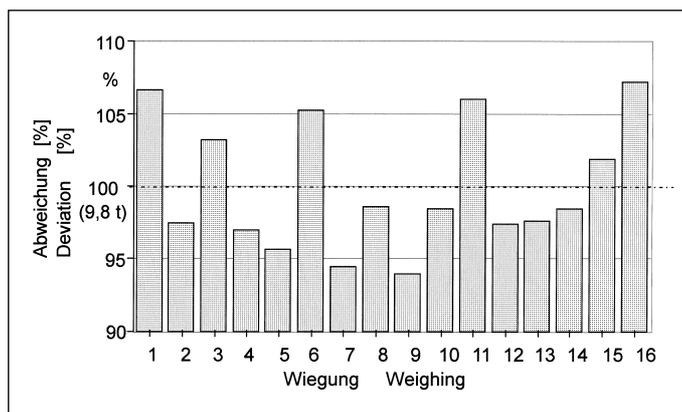
Getreideernte, online-Ertragsmessung, Messsysteme

Keywords

Grain harvesting, on-line yield mapping, measuring systems

Bild 2: Gewicht auf der Fuhrwerkswaage (= 100) und Messwert des kalibrierten Messsystems

Fig. 2: Weight at the weigh-bridge (= 100) and measurement of the calibrated measuring system



Körnerelators mit Hilfe einer Lichtschranke. Das Volumen ist aber von einer Vielzahl von Faktoren abhängig und muss während der Arbeit überprüft werden.

Das Kraft-Impuls-Messprinzip beruht darauf, dass der Erntegutstrom mit der bekannten Elevator-Geschwindigkeit auf die Prallplatte mit Kraftsensor trifft; die Ausführung im einzelnen variiert je nach Hersteller. Unter ungünstigen Bedingungen, Grünbesatz oder zum Kleben neigender Raps, kann sich Material auf der Platte festsetzen. Das würde die Ergebnisse verfälschen. Das System wird durch Gegenwiegen der abgetankten Ladungen kalibriert. Die Kalibrierung kann auch am Ende des Erntetages erfolgen.

Vergleichende Messung

Zur Genauigkeit liegen Untersuchungen aus Weihenstephan für die Bunkerfüllung vor, jedoch nicht zum dynamischen Verhalten. Das direkt zu prüfen, scheint schwierig. Daher wurden die beiden alternativen Systeme in den gleichen Mähdrescher eingebaut. Damit bleiben die Einflussgrößen Durchsatz, Breite, Korn und Druschqualität gleich.

Da beide Systeme parallel arbeiten, sollten sie auch das Gleiche aufzeichnen. Allerdings müssen die unterschiedlichen Abspeicherungsintervalle berücksichtigt werden (Tab. 1).

Ergebnisse

Zunächst werden einige Ergebnisse zur Kon-

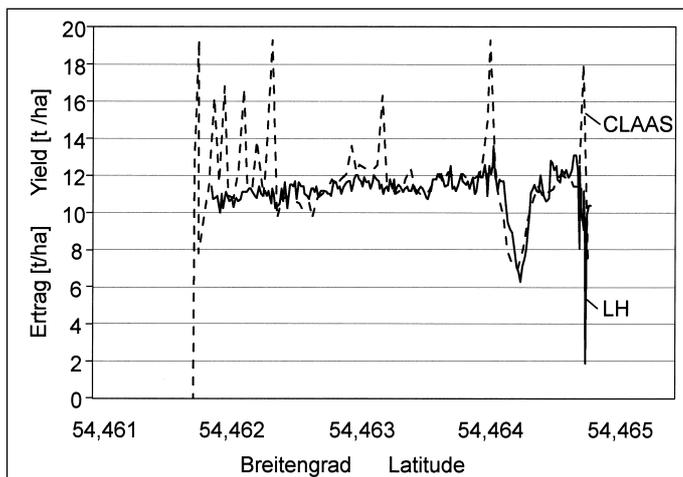
trollwiegung des Bunkerinhalts wiedergegeben (Bild 2). Die mittlere Abweichung liegt bei 2,3%, die maximale um 4%. Damit liegt die Abweichung unter dem angestrebten Sollwert von 5%. Für eine Kalibrierung bedeutet die Spannweite der Einzelwerte, dass mehrere Kontrollwiegungen nötig sind.

Das dynamische Verhalten beider Messsysteme wird online auf dem Feld erfasst. Der Ertrag wird grafisch über die Schlaglänge dargestellt, exemplarisch für die Geschwindigkeitsvarianten. Im Idealfall laufen die Kurven beider Systeme parallel.

Bei geringem Durchsatz (19 t/h), weist das volumetrische System starke Ausschläge nach oben bis 19 t/ha auf (Bild 3). Also werden für ein geringes Ertragsniveau zu hohe Werte angezeigt. Diese Spitzen treten in kurzen Abständen auf, sind also pflanzenbaulich nicht zu erklären.

Dieses Verhalten tritt bei dem geringeren Durchsatz (13 t/h) noch ausgeprägter auf und ist laut Herstellerangaben auf Folgendes zurückzuführen:

Da die Elevatorpaddel nur wenig Erntegut fördern, kommt es zu Streulicht im Elevatorgehäuse. Am optischen Sensor vorbeirießendes Getreide verdunkelt die Lichtquelle wie ein gefüllter Elevatorpaddel. Abhilfe sollen eine bessere Abdichtung zum Gehäuse und ein stärker gebündelter Lichtstrahl schaffen.



Tab. 1: Unterschiedliche Aufzeichnungsintervalle (zurückgelegte Strecken) von zwei Ertragsmesssystemen bei steigender Geschwindigkeit und mittlerem Durchsatz

Geschwindigkeit (km/h)	mittlere Durchsatz (t/h)	Intervall	
		2s (LH)	5s (Claas)
2	13	1,1	2,77
3	19	1,66	4,16
4	24	2,22	5,55

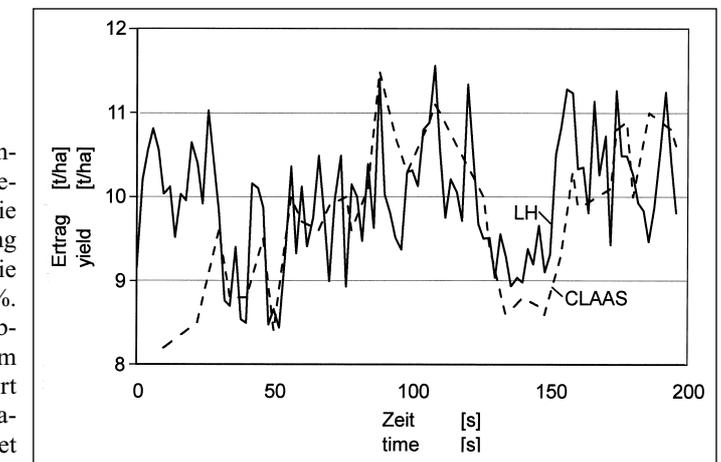


Bild 4: Verlauf der Durchsatzmessung von 2 Systemen im Mähdrescher (4 km/h, Ø 24t/h)

Fig. 4: Course of harvest-rate measurements of 2 systems in a combine (4 km/h, Ø 24 t/h)

Die Auswirkungen dieses Mangels lassen sich rechnerisch beheben, wenn die eindeutig unrealistischen Werte mit ihrem Anteil von 15% eliminiert werden. Dann gleichen sich die beiden Messsysteme einander an. Während das LH-System recht gleichmässig 11 t/ha anzeigt, springen die Werte von Claas auf 12 und 13 t/ha, letztlich für die gleiche Teilfläche eine Differenz von 2 t/ha.

Der hohe Durchsatz von 24 t/h führt nicht mehr zu eindeutig fehlerhaften Messwerten, vielmehr zu einem sinnvoll erklärbaren, realitätsnahen Verlauf für beide Systeme (Bild 4). Beide zeigen gleiche Peaks. In einem anderen Beispiel fällt der System-Unterschied auf. Der Mähdrescher hat viel Grünbesatz zu verarbeiten. Also steigt das gemessene Volumen, aber nicht das Gewicht.

Die Korrelationsrechnung ist zunächst erschwert wegen der unterschiedlichen Abspeicherungsintervalle. Als Ausgleich wird über längere Zeit, nämlich 20 s, gemittelt. Dann nähert sich das Steigerungsmaß der 1 bei $R^2=0,6$; aber die Zahl der eingegebenen Daten sinkt.

Fazit

Das LH-System hat sich als zuverlässig erwiesen. Mit zunehmendem Durchsatz verbessern sich die Werte des Claas-Geräts und nähern sich denen des LH-Geräts. Dazu ist immerhin ein Durchsatz von 20 t/h nötig – recht viel, auch für Grossmähdrescher. Denn sie ernten im Durchschnitt 20 bis 25 t/h, oft auch weniger. Änderungen sind vorgesehen.

Der Vergleich der beiden Systeme beruht nicht auf einem anerkannten Referenzsystem. Denn Kontrollwägungen in den kurzen Messabschnitten waren im Rahmen dieser Arbeit nicht zu realisieren. Für das LH-System aber sprechen mehrere Aspekte: die Fahrzeuge mit den Korntankfüllungen wiesen geringere Abweichungen der Einzelwerte auf als das volumetrische System. Die LH-Technik lieferte im online-Vergleich stets den realitätsnahen Kurvenverlauf.

Bild 3: Messwerte bei mittlerem Durchsatz (19t/h, 3 km/h)

Fig.3: Measurements at average harvest-rate (19t/h, 3 km/h)

Table 1: Different recording intervals and (distances driven) of two yield recording systems with increasing working speed and average throughput