

## Entwicklung und Test eines Prüfstandes für Ertragsmeßsysteme auf Mähdreschern

### Development and examination of a testing stand for yield measurement systems in combine harvesters

Dipl.-Ing. **G. Kormann**, Dr. agr. **M. Demmel**, Prof. Dr. **H. Auernhammer**,  
Freising-Weihenstephan

#### Einleitung

Seit einigen Jahren geht der Trend in der Landwirtschaft zu immer größeren Betrieben. Diese Entwicklung und der zunehmende überbetriebliche Maschineneinsatz fordern immer schlagkräftigere Maschinen und neue Bewirtschaftungsstrategien.

Durch den Einsatz von Fremdarbeitskräften auf den Betrieben gehen Informationen über die Bodenbeschaffenheit, Erträge und daraus resultierende Arbeitsvorschriften zunehmend verloren. Der bis dahin geschlossene Informationskreislauf der Eigenbewirtschaftung mit umfassender Kenntnis der lokalen Gegebenheiten wird dadurch unterbrochen.

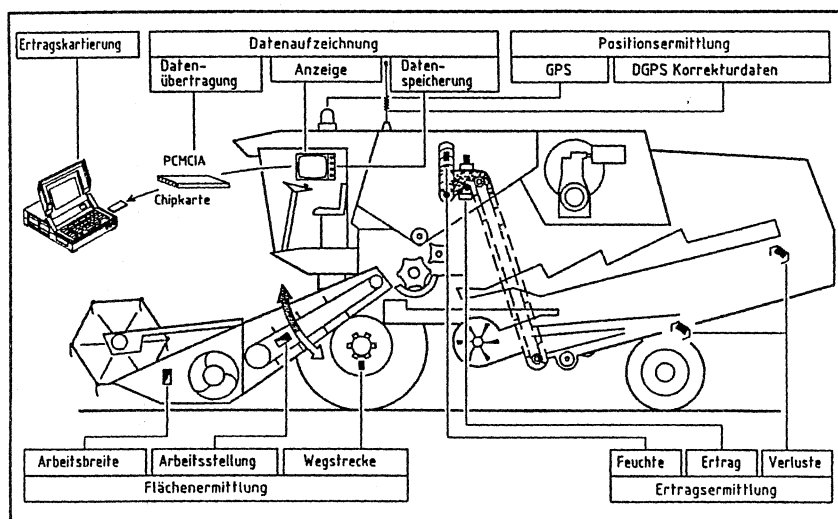


Abbildung 1: Komponenten für die lokale Ertragsermittlung im Mähdrescher

Die lokale Ertragsermittlung im Mähdrescher spielt eine Schlüsselrolle bei der umfassenden Analyse aller Bewirtschaftungsschritte. Mit Hilfe eines DGPS-Systems und einer Durchsatz-

messung auf dem Mähdrescher, können Ertragskarten erstellt werden, die einen ersten Schritt zur teilschlagspezifischen Bewirtschaftung darstellen.

### Stand der Technik

Seit 1991 sind Ertragsmeßsysteme auf dem Markt verfügbar und werden an der Landtechnik Weihenstephan getestet.

Derzeit sind auf dem deutschen Markt ungefähr zehn verschiedene Ertragsmeßsysteme verfügbar, die sich in zwei Funktionsprinzipien unterteilen lassen (Abbildung 2).

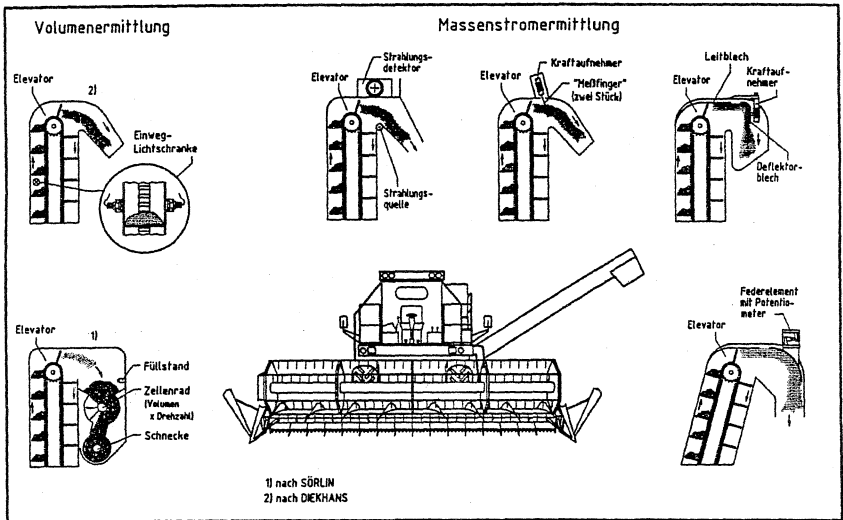


Abbildung 2: Verfahren zur kontinuierlichen Durchsatz- und Ertragsmessung in Mähdreschern

Bei der Volumenstrommessung wird entweder aufgrund der Anzahl der Umdrehungen eines Zellenrades oder aufgrund der Verdunklungszeit an einer Lichtschranke der Volumenstrom des geförderten Erntegutes bestimmt. Über die jeweilige Dichte kann daraus der Massenstrom errechnet werden. Diese Werte über die Zeit summiert ergeben die Erntemenge.

Im Gegensatz dazu wird bei der Massenstrommessung direkt die Masse ermittelt. Hier finden im zwei physikalische Prinzipien Anwendung: Schwächung radioaktiver Strahlung durch Masse und die Kraft- bzw. Impulsmessung.

### Problemstellung

Praxisversuche zeigen deutlich, daß die Genauigkeit mehr oder weniger stark von den Betriebsbedingungen wie Hangneigung, Durchsatzniveau usw. abhängen. Diese Versuche zei-

gen einen Kalibrierfehler von maximal 2 % und einen Meßfehler von  $\pm 8\%$  (95 % Vertrauensbereich) (Abbildung 3).

Im Rahmen der Praxisversuche ist es jedoch nicht möglich, die Fehlereinflußgrößen zu quantifizieren.

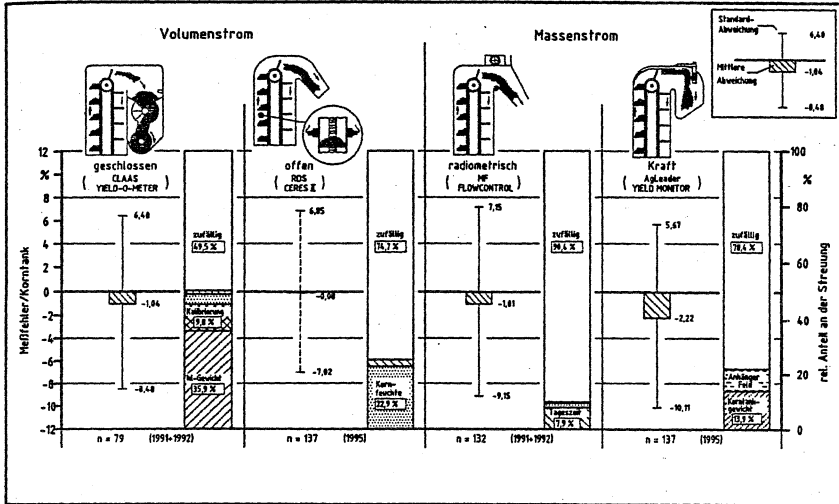


Abbildung 3: Genauigkeit und Fehlerbeeinflussung bei Ertragsmeßsystemen in Mähdreschern

### Lösungsansatz

Die Quantifizierung dieser Einflußgrößen kann auf einem Prüfstand erfolgen, auf welchem die unterschiedlichen Betriebsbedingungen simuliert werden können, und somit mehrere Versuche unter konstanten Rahmenbedingungen möglich sind.

Bei der Auslegung der Prüfstandes kommen die vom Hersteller angegebenen Durchsätze von bis zu 40 t/h und die maximalen Hangneigungen ( $15^\circ$ ) zum Tragen, bei denen die Maschine noch betrieben werden kann. Um mehrere Systeme gleichzeitig testen zu können, ist ein kontinuierlicher Materialstrom über alle Sensoren zu gewährleisten, d.h. diskontinuierlich arbeitende Ertragsmeßsysteme, wie beispielsweise ein CLAAS Yield-o-Meter müssen am Ende der Anordnung stehen. Um die Praxisbedingungen simulieren zu können, erfolgt der Einbau der Meßsysteme in Originalteile und die Elevatoren laufen mit Nenndrehzahl.

Aufbauend auf diese Rahmenbedingungen wird eine Anforderungsliste an den Prüfstand erstellt, aus welcher der in Abbildung 4 dargestellte Prüfstand resultiert.

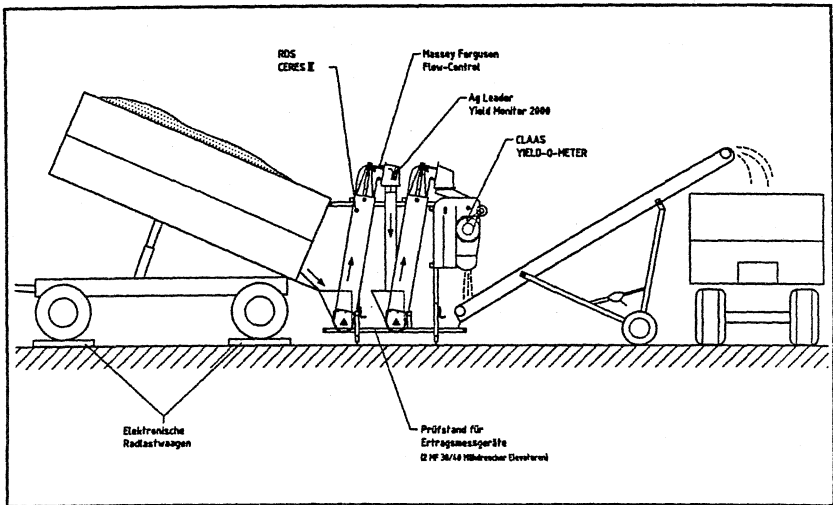


Abbildung 4: Versuchsaufbau Prüfstand Ertragsmeßsysteme

Das Erntegut wird von einem Anhänger, der auf elektronischen Radlastwaagen steht, in den Prüfstand dosiert. Von dort fließt das Material durch die drei im ersten Elevator eingebauten Ertragsmeßsysteme. Diese Systeme dienen auch als Referenzsysteme für spätere Versuche, mit Prototypen im zweiten Elevator. Der zweite Elevator kann je nach Testreihe ausgetauscht werden. Somit können beliebige Meßsysteme im Vergleich zu den Referenzsystemen getestet werden.

Mit dem Versuchsaufbau ist es möglich, Durchsätze von 1 bis 40 t/h und Neigungen um zwei Achsen bis jeweils  $15^\circ$  zu simulieren. Außerdem können Tests mit unterschiedlichen Druschfrüchten mit verschiedenen Feuchten vorgenommen werden.

### Ergebnisse

Auf diesem Prüfstand wurde 1997 eine Testserie mit Weizen (Feuchte 14%) gefahren. Zu diesem Versuch waren vier Ertragsmeßsysteme installiert: Volumenstrommessung: RDS CERES 2, CLAAS QUANTIMETER 2; Massenstrommessung: AG LEADER YIELD MONITOR 2000, DRONNINGBORG FLOWCONTROL.

Für die erste Testserie wurde der Durchsatz zwischen 10 und 35 t/h in Stufen von 5 t/h variiert. Jede Einstellung wurde fünf mal wiederholt. Mittlere Abweichungen (= Kalibrierfehler) kleiner als 3 % wurden erreicht. Lediglich bei geringen Durchsätzen (10 t/h) treten höhere Abweichungen zwischen 3 und 7 % auf. Die Standardabweichung (=Meßfehler) schwankt für die unterschiedlichen Durchsatzstufen zwischen 0,25 und 2 %. Betrachtet man alle Durchsätze

so variiert die Standardabweichung zwischen 1 und 3 %. Dabei weisen die volumetrischen Meßsysteme geringere Standardabweichungen auf als die Massenstrommesssysteme (Abbildung 5).

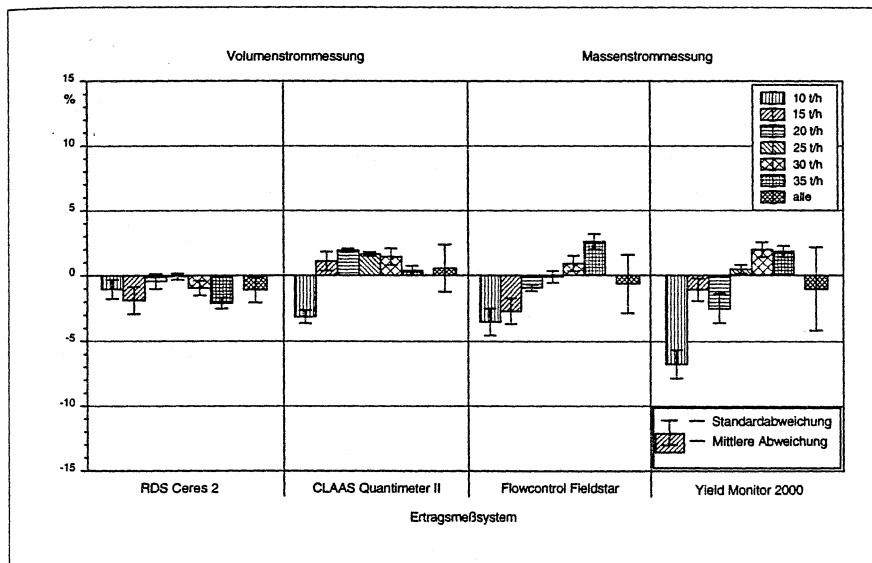


Abbildung 5: Mittlere Abweichung und Standardabweichung in Abhängigkeit vom Durchsatz

In einer weiteren Versuchsreihe wurde der Durchsatz konstant bei 20 t/h gehalten und die Längs- und/oder die Querneigung variiert. Für die Seitenneigungen, die Auf-/Abneigung sowie die Kombinationen daraus wurden Versuche bei 5, 10, 15° Neigung mit jeweils fünf Wiederholungen durchgeführt. Am geringsten reagierte das radiometrische Meßsystem der Firma Dronningborg auf die Neigungen. Obwohl die volumetrischen Meßsysteme mit einem bzw. zwei Neigungssensoren zur Kompensation dieser Störeinflüsse ausgestattet waren, traten verhältnismäßig große Meß- und Kalibrierfehler auf. Das Kraftmeßsystem nimmt eine Mittelstellung zwischen radiometrischem und Volumenstrommeßsystem ein (Abbildung 6).

Die Genauigkeit der getesteten Ertragsmeßsysteme hängt stark von einer sorgfältigen Kalibrierung ab. Dieser Aufwand ist für Nachrüstlösungen wesentlich höher als für Systeme, die für einen bestimmten Maschinentyp angepaßt sind. Zusätzlich muß bei den volumetrischen Meßsystemen wiederholt das Hektolitergewicht des Erntegutes bestimmt werden. Sowohl die volumetrischen als auch die Kraftmeßsysteme müssen regelmäßig auf Verschmutzung überprüft werden, da diese die Meßergebnisse stark beeinflussen.

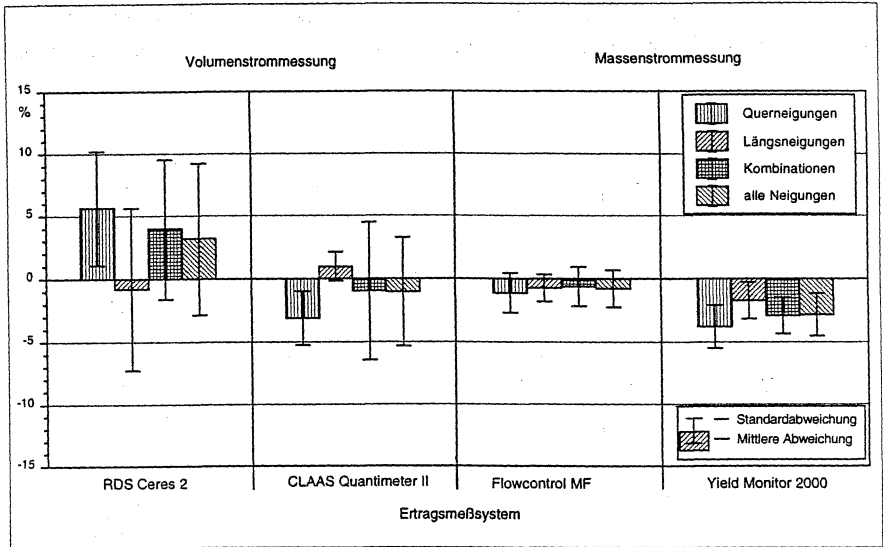


Abbildung 6: Mittlere Abweichung und Standardabweichung in Abhängigkeit von der Neigung

### Zusammenfassung

Die Versuche auf dem Prüfstand haben deutlich gezeigt, daß Neigungen und Durchsatzschwankungen die Genauigkeit der Ertragsmeßsysteme stark beeinflussen. Weitere Versuche mit anderen Druchfrüchten und zur Ermittlung des dynamischen Verhaltens der Meßsysteme sind geplant.

Vergleiche mit Praxisversuchen haben gezeigt, daß auf dem Prüfstand gewonnene Kalibrierungen ohne Änderungen auf die Maschine übernommen werden können.

### Summary:

To evaluate the influences on the accuracy of yield measurement systems a testing stand was developed. Four yield measurement systems were examined on the testing stand within different operating conditions.