



**Merkblatt**

**303**

# **Ertragsermittlung im Mähdrescher**

**– Ertragsmessgeräte  
für die lokale Ertragsermittlung –**

Ergänzte und überarbeitete Neuauflage

In den 60er Jahren löste der Mähdrusch die bis dahin praktizierten absätzigen Formen der Getreideernte ab. Er ersetzte den Bansendrusch, den Einmandrescher und den Häckseldrusch.

Sehr schnell wurde danach der gezogene Mähdrescher durch den Selbstfahrer abgelöst. Durch den erhöhten Kapitalbedarf bildeten sich erste Formen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes. Gewissermaßen setzte sich damit die alte Form des

Genossenschaftsdrusches fort. Größer werdende Maschinen und extrem ansteigender Investitionsbedarf beschleunigten die überbetriebliche Nutzung. Neben der reinen Arbeitserledigung wurde damit auch die Information über die Variation der Erträge innerhalb der Schläge aus dem Betrieb herausgenommen. Der bis dahin geschlossene Informationskreislauf der Eigenbewirtschaftung mit umfassender Kenntnis der lokalen Gegebenheiten wurde unterbrochen.

Zugleich wurde in den letzten 30 Jahren die mineralische und die organische Düngung immer mehr intensiviert. Sehr oft trat dabei lokal Überversorgung mit Pflanzennährstoffen auf. Durch die zunehmende Sensibilität der Bevölkerung für alle Fragen der Umweltbelastung und des Pflanzenschutzes, aber auch durch den Zwang zur Produktionskostenreduzierung erhielt diese Problematik eine zunehmende Bedeutung.

Mit einer in den Mährescher integrierten Ertragsmessung können im Zusammen-

wirken mit einem Ortungssystem die lokale Ertragsermittlung realisiert und damit die Information über die Ertragsfähigkeit und Ertragsstruktur der Felder automatisiert und präzise gewonnen werden. Diese Dokumentation der Ertragsverhältnisse ist ein erster Schritt zum Precision Farming (Präziser Ackerbau). Zusammen mit anderen Informationen ermöglicht die lokale Ertragsermittlung den teilschlagspezifischen Pflanzenbau (Teilflächenbewirtschaftung).

# 1. Ertragsmessgeräte

## 1. Ertragsmessgeräte

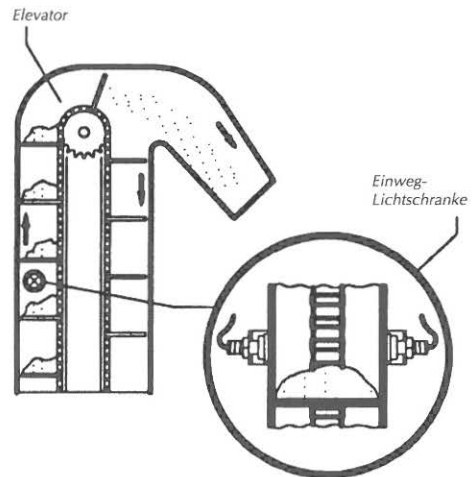
Für die Ertragsmessung im Mährescher wurden unterschiedliche Messgeräte, auch Ertragssensoren genannt, entwickelt und in die Praxis eingeführt. Sie ermitteln kontinuierlich den Durchsatz und werden im oberen Teil bzw. im Kopf des Körnelevators installiert. Die verfügbaren Messsysteme beruhen auf zwei unterschiedlichen Messprinzipien:

### 1.1 Volumenmessung

Bei diesem Messprinzip wird das Volumen des Getreidestroms ermittelt und über das spezifische Gewicht (hl-Gewicht) zum Massestrom umgerechnet. Die Erfassung des Volumens erfolgt durch Ermittlung der Getreidemengen auf den Elevatorpaddeln (offener Volumenstrom).

Die Ertragsmesssysteme QUANTIMETER der Firma CLAAS und CERES 2 der Firma RDS (Großbritannien) arbeiten mit einer Lichtschranke im oberen Teil der Förderstromseite des Körnelevators (Abb. 1).

der Länge der Dunkelphase und aus Kalibrierfunktionen wird die Höhe und daraus das Volumen der Getreideschüttung auf den Paddeln berechnet. Als Null-



**Abbildung 1:** Arbeitsweise des QUANTIMETER Ertragsmesssystems von CLASS bzw. CERES 2 /PRO SERIES 8000 Ertragsmessgerätes von RDS.

Das von den Elevatorpaddeln geförderte Getreide unterbricht den Lichtstrahl. Aus

Tarawert dient die Verdunkelungsrate bei leer laufendem Elevator. Ein Neigungs-

sensor soll den Einfluss einer ungleichförmigen Beladung der Elevatorpaddel am Hang (Quer- und z.T. auch Längsneigung) kompensieren. Mit Hilfe des hl-Gewichtes, das manuell mit Messzylinder und Waage bestimmt werden muss, leitet die Auswertelektronik den Massenstrom (t/h) ab. Wie bei allen anderen Messsystemen wird dieser durch die Verrechnung mit der abgeernteten Fläche aus eingegebener Schnittbreite und gemessenem Fahrweg (Radsensor) in den Flächenertrag (t/ha) umgewandelt. Zusätzlich erfolgt über die abgeerntete Fläche die Ermittlung der Flächenleistung (ha/h).

Die Ertragsmesswerte werden beim Einsatz eines kontinuierlich arbeitenden Feuchte-sensors auf Standardfeuchte korrigiert.

Das Messsystem **QUANTIMETER** der Firma **CLAAS** ist für den Anschluss an die **CEBIS** Bordelektronik (Wahlausrüstung für alle **LEXION**-Mähdrescher) bzw. an das **ACT Terminal** (Nachrüstung **LEXION** mit **IMO** Bordelektronik, **DOMINATOR** und **MEDION** sowie Mähdrescher anderer Hersteller) vorgesehen. Die Verrechnung der Messwerte erfolgt entweder direkt in der Bordelektronik (**CEBIS**) oder im **ACT Terminal**. Das **ACT Terminal** entspricht der **DIN 96-84 "Landwirtschaftliches BUS System LBS"** (siehe auch **DLG-Merkblatt 317**) und kann zusammen mit anderen normkonformen elektronischen Geräte-steuerungen und Regelungen verwendet werden.

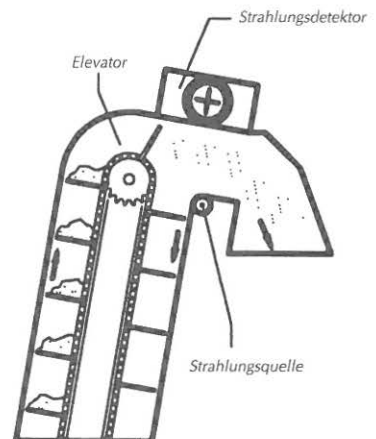
**CERES 2** der Firma **RDS** besitzt nur eine einfache Bedien- und Auswertelektronik. Zur Datenaufzeichnung ist zusätzlich das Modul **Hermes** erforderlich. Seit 1999 bietet **RDS** das Lichtschranken Messsystem mit

einer funktionell erweiterten Elektronik mit integrierter Datenaufzeichnung und einem Sensor zur Kompensation von Seiten- und Längsneigung unter der Bezeichnung **PRO SERIES 8000** an. Für beide Systeme steht eine spezielle Ankoppelung an das **InfoView** Bordelektroniksystem der **TF-** und **TX-**Mähdrescher von **NEW HOLLAND** zur Verfügung.

## 1.2 Masseermittlung

Bei der Masseermittlung des Getreide-stroms wird entweder auf das Prinzip der Kraft-/Impulsmessung oder auf die Absorption von Gammastrahlen durch Masse in einem radiometrischen Messsystem zurückgegriffen.

Das Ertragsmesssystem **DATAVISION FLOWCONTROL** von **MASSEY FERGUSON** (für die Baureihen **MF32-40** und **MF 7200**) ist im Elevatorkopf angeordnet und arbeitet nach dem radiometrischen Prinzip (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Arbeitsweise des **DATAVISION-FLOWCONTROL / FIELDSTAR** Ertragsmessgerätes von **MASSEY FERGUSON / FENDT**.

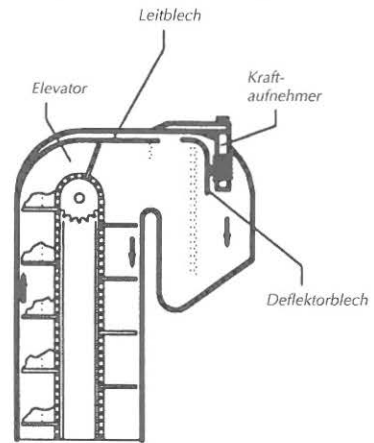
Das von den Elevatorpaddeln abgeworfene Getreide passiert den Bereich zwischen schwach radioaktiver Quelle (Americium 241, Aktivität 35 MBq) und Strahlungssensor. Dabei wird Strahlung absorbiert. Der Grad der Absorption entspricht dem Flächengewicht des Getreides im Bereich des Messfensters. Mit Hilfe der Gutgeschwindigkeit, die von der Elevatordrehzahl abgeleitet wird, wird der Massestrom berechnet. Ähnliche Systeme werden heute in großen Stückzahlen auch in der Lebensmittelverarbeitung eingesetzt.

Seit 1997 wird das Messsystem in Verbindung mit einer neuen Elektronik (CAN BUS-System) und neuem Terminal (Touchscreen) eingesetzt und führt den Namen **DATAVISION II**. Es kommt unter der Bezeichnung **FIELDSTAR** ebenfalls in den Mähdreschern der Firma **FENDT** (Baureihen 5000, 6000 und 8000) zum Einsatz. Terminal und ComUnit entsprechen größtenteils der **DIN 9684 (LBS)** und können zusammen mit anderen normkonformen elektronischen Gerätesteuern und Regelungen verwendet werden.

Das Ertragsmesssystem **YIELD MONITOR YM 2000 von AGLEADER (USA)**, baugleich **LH 565 von LH AGRO bzw. Sensoranordnung identisch AFS von CASE und TCS von DEUTZ FAHR**, nutzt die Kraft-/Impulsmessung und wird ebenfalls im Elevatorkopf in die Abwurfbahn des Getreides eingebaut (Abb. 3).

Der Sensor besteht aus einer Prallplatte, die an eine Kraftmesszelle montiert ist. Auf die Prallplatte auftreffendes Getreide verursacht eine Kraftwirkung am Biegestab, die elektrisch mit Dehnungsmessstreifen (DMS) erfasst wird. Da dieser Impuls das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit ist, besteht die Möglichkeit, den Massestrom zu berechnen. Die Gutgeschwindigkeit wird von

der Elevatorgeschwindigkeit abgeleitet.



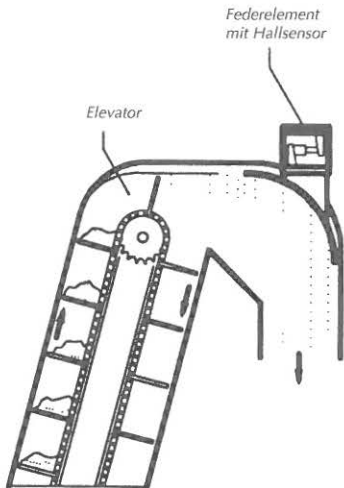
**Abbildung 3:** Arbeitsweise des **YIELD MONITOR YM2000/PF3000** Ertragsmessgerätes von **AGLEADER** (baugleich **LH 565/LH665** von **LH AGRO** bzw. **Sensoranordnung identisch AFS** von **CASE** und **TCS** von **DEUTZ FAHR**).

Seit 1999 wird das Messsystem mit einer erweiterten Elektronik als **AGLEADER PF3000** bzw. **LH AGRO LH 665** angeboten. Die neue Bedieneinheit hat einen grafikfähigen Bildschirm und die Ansteuerung von elektronischen Ausbringregelungen ist möglich.

**CASE** verwendet die Sensorik des **AGLEADER** Ertragsmesssystems zur Ertragsermittlung in ihren Mähdreschern (Axialflussmaschinen der Baureihen 2300 und CF Schüttlermaschinen). Während bis 1999 sowohl die Sensorik als auch die Elektronik von **AGLEADER** zur Ertragsermittlung im "**Advanced Farming System AFS**" in den Axialflussmähdreschern verwendet wurde, kommen heute eine eigene Elektronik und eigene Anzeigegeräte ("**Touch-Screen**" Monitor, auch für die Bedienung von **CASE** Sämaschinen verwendbar) zum Einsatz.

Ebenso verfährt **DEUTZ FAHR** mit dem **Terminal Control System TCS** in ihren Mähdreschern (8XL Serienausstattung, TOPLINER und Baureihe 5600).

Das Ertragsmesssystem **GREENSTAR** von **JOHN DEERE** (für die Baureihen 2200, 9000, CTS und STS) basiert ebenfalls auf der Kraft-/Impulsmessung im Elevatorkopf. Es wird jedoch eine an einem Federkörper montierte gekrümmte Platte verwendet und die Kraft über die vom Getreidestrom verursachte Auslenkung ermittelt (Abb. 4).

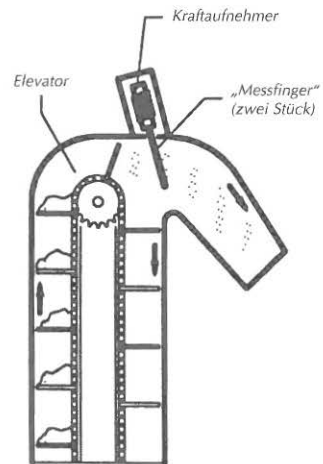


**Abbildung 4:** Arbeitsweise des **GREENSTAR** Ertragsmessgerätes von **JOHN DEERE**.

Da der Impuls das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit ist, besteht die Möglichkeit, den Massestrom zu berechnen. Die Gutgeschwindigkeit wird von der Elevatorgeschwindigkeit abgeleitet. Die Anzeige und die gesamte Bedienung erfolgt über das **GREENSTAR Terminal**, das auch zusammen mit **JOHN DEERE** Sämaschinen und Pflanzenschutzspritzen verwendet werden kann.

Auch das im Juli 2001 neu vorgestellte Ertragsmesssystem von **NEW HOLLAND** für die CX Mähdrescherbaureihe basiert auf der Kraft-/Impulsmessung mit einer gekrümmten Platte. Der Kraftsensor ist dabei so angeordnet, das Reibungseinflüsse aufgrund unterschiedlicher Guteigenschaften bzw. Gutfeuchte keine Auswirkungen auf die Kraft haben sollen (Entwicklung mit der Universität Leuven, Belgien). Dadurch soll mit einer Kalibrierung für alle Getreidearten gearbeitet werden können. Die Materialgeschwindigkeit wird von der Elevatorgeschwindigkeit abgeleitet. Die Messwerte werden in der Bordelektronik verrechnet und auf dem **InfoView Monitor** dargestellt.

Auch das Ertragsmesssystem **FIELDSTAR N-SET** von **AGCO / DRONNINGBORG** nutzt die Kraft-/Impulsmessung. Es wird ebenfalls im Elevatorkopf in die Abwurfbahn des Getreides eingebaut (Abb. 5).



**Abbildung 5:** Arbeitsweise des **FIELDSTAR N-SET** Ertragsmessgerätes von **AGCO / DRONNINGBORG**.

Der Sensor besteht aus zwei Prallfingern, die an eine Kraftmesszelle montiert in den

Getreidestrom ragen (Sensorentwicklung und -fertigung MICRO TRAK, USA). Auf die Finger auftreffendes Getreide verursacht eine Kraftwirkung, die elektrisch mit Dehnungsmessstreifen (DMS) gemessen wird. Die Gutgeschwindigkeit wird wiederum von der Elevatorgeschwindigkeit abgeleitet. Ein Neigungssensor kompensiert die Einflüsse unterschiedlicher Hangneigungen. Zur Anzeige und Bedienung werden FIELDSTAR Terminal und ComUnit eingesetzt. Sie entsprechen größtenteils der **DIN 9684 (LBS)** und können zusammen mit anderen normkonformen elektronischen Gerätesteuern und Regelungen verwendet werden. Dieses Sensorsystem wird von FENDT und MASSEY FERGUSON auch alternativ zum radiometrischen Ertragsmesssystem angeboten.

### 1.3 Verfügbarkeit – Nachrüstbarkeit

Die CASE Axialflussmährescher der Baureihe 2300 und die CF Schüttlermaschinen (nur mit "Touch Screen" Steuerung) können mit dem "neuen" AFS Ertragsmesssystem ausgerüstet werden. Für Mährescher der Baureihen 1600 und 2100 kommt das LHAGRO / AGLEADER Nachrüstsystem in einer spezifischen Ausführung zur Anwendung.

Das CLAAS QUANTIMETER wird für LEXION, DOMINATOR und MEDION Mährescher angeboten. Außer am LEXION mit CEBIS Bordelektronik ist der Einsatz des ACT Terminals notwendig.

Das GREENSTAR System von JOHN DEERE ist ausschließlich auf Mährescher der Baureihen 2200 (ab 1999), 9000, CTS und STS einzusetzen.

Das Ertragsmesssystem von NEW HOLLAND wird nur für die neue Mährescherbaureihe CX angeboten. Für die Baureihen TF

und TX existiert eine spezielle Anbindung des RDS Volumenstrom-Messsystems an das InfoView Bordcomputer System.

Das TCS System von DEUTZ FAHR ist auf dem Topliner 8XL serienmäßig vorhanden und kann bei allen TOPLINER Modellen und der neuen Modellreihe 5600 (mit TCS Bordelektronik, Ausrüstung ab Werk) eingesetzt werden.

Die Verwendung des radiometrischen DATAVISION FLOWCONTROL bzw. FIELDSTAR ist auf die MASSEY FERGUSON Mährescher MF 32-40, die neue Serie MF 7200 und auf die Mährescherbaureihen 5000/6000/8000 von FENDT beschränkt.

Die Messsysteme QUANTIMETER mit ACT von AGROCOM, CERES 2 / PRO SERIES 8000 von RDS, LH AGRO LH565 / LH665 (baugleich YM 2000 bzw. PF 3000 von AGLEA-DER) und FIELDSTAR N-SET von AGCO/DRONNINGBORG sind universell nachrüstbar. Für die am meisten verbreiteten Mähreschertypen gibt es Nachrüst- und Montagesätze.

**Von der Ausrüstung von Mähreschern, für die keine Angabe der optimalen Montageorte der Sensoren und keine angepassten Parametersätze (Lichtschrankenmesssysteme) vorliegen, bzw. für die keine Montagesätze verfügbar sind (Kraftmesssysteme), sollte Abstand genommen werden, da die spezifische Anpassung der Ertragsensoren sehr viel Erfahrung mit dem Materialfluss im Elevator und dem jeweiligen Messsystem voraussetzt.**

### 1.4 Feuchteermittlung

Heute werden alle Ertragsmessgeräte für Mährescher serienmäßig oder optional mit einer Möglichkeit der Feuchteermitt-

lung ausgerüstet, um die Getreidefeuchte kontinuierlich anzuzeigen und den Getreidedurchsatz und -ertrag auf eine einstellbare Standardfeuchte (zumeist 15%) umzurechnen. Es wird ausschließlich das kapazitive Messverfahren eingesetzt, das bis zu einer Getreidefeuchte von 20% mit einem Messfehler von etwa 1%, bis etwa 35% von etwa 2% arbeitet und über 40% Feuchte nicht mehr funktionsfähig ist. Die Sensoren werden entweder in der Korn-tankbefüllschnecke (AGLEADER, LHAGRO, RDS) oder in Bypasssystemen am Körner-elevator (AGLEADER, CASE, CLAAS, FENDT, JOHN DEERE, LH AGRO, MF) installiert. Die Nutzung eines Bypass hat den Vorteil, das bei auftretenden Verschmutzungen (häufig z.B. beim Erbsendrusch) das Sensorelement leicht gereinigt werden kann und die Förderleistung der Korntankbefüllschnecke auch unter schwierigen Erntebedingungen nicht beeinträchtigt wird.

**Der Einsatz von Ertragsmesssystemen ohne kontinuierliche Feuchtemessung liefert nur schwer vergleichbare Ertragsdaten (Feuchtertrag) und ist deshalb wenig sinnvoll.**

### 1.5 Kalibrierung

Die fabrikatsbezogenen Messsysteme (CASE AFS, CLAAS QUANTIMETER, DEUTZ FAHR TCS, FENDT FIELDSTAR, JOHN DEERE GREENSTAR, MF DATA-VISION II) werden bereits mit Grundkalibrierungen versehen ausgeliefert. Diese ermöglichen einen Ersteinsatz mit Fehlern kleiner  $\pm 10\%$  (95 % der Messwerte). Gegenwiegungen auf Fuhrwerkswaagen ermöglichen über eine Feinkalibrierung eine Reduzierung der Fehler.

Auch bei den universell nachzurüstenden Messsystemen geben die Hersteller für einige Mähdeschertypen Grundkalibrierungen

an. Da jedoch bei weitem nicht alle Fabrikate, Typen und Getreidearten abgedeckt werden können, ist sehr oft eine umfassende und aufwendige Erstkalibrierung notwendig.

Während sich bei fast allen Messsystemen Kalibrierungen nur auf die folgenden Messungen auswirken, nehmen die Messsysteme von LH AGRO / AGLEADER, CASE und DEUTZ-FAHR Korrekturen bei allen aufgezeichneten Messergebnissen der betreffenden Fruchtart vor. Das ausschließliche Abspeichern von Rohmesswerten ermöglicht dabei auch die nachträgliche Korrektur der alle Sekunde aufgezeichneten lokalen Ertragsmesswerte.

Aufgrund der unterschiedlichen Guteigenschaften ist es bei den Lichtschrankenmesssystemen und den Ertragsmessgeräten mit Kraft-/Impulsmessung notwendig die Kalibrierung bzw. Feinkalibrierung spezifisch nach Fruchtarten, unter Umständen sogar nach Sorten vorzunehmen. Dadurch steigen der Kalibrieraufwand und die Fehlermöglichkeiten.

Zusätzlich ist es bei den volumetrischen Messsystemen (CLAAS QUANTIMETER, RDS CERES 2, RDS PRO SERIES) erforderlich, das Hektolitergewicht des Erntegutes manuell zu ermitteln und einzugeben. Dies sollte bei Druschbeginn, beim Wechsel des Schlages oder der Fruchtart bzw. Sorte erfolgen, also immer dann, wenn es sich deutlich verändern kann.

Neben der korrekten Kalibrierung der Durchsatzermittlung ist auch die richtige Justierung der Flächenermittlung notwendig. Hierfür müssen sowohl die Streckenmessung als auch die Arbeitsbreite des Schneidwerks (bzw. der Teilbreiten) voreingestellt werden. Die Einstellung der Streck-

kenmessung erfolgt über das Abfahren einer Messstrecke bzw. die Eingabe des wirksamen Radumfanges (muss gemessen werden – keinen Tabellenwert verwenden). Als effektive Arbeitsbreite sollte ein Wert angegeben werden, der etwa 3-5% niedriger ist als die Schneidwerksbreite.

Auch die Feuchteermittlung benötigt bei allen Messsystemen die Einstellung eines "Offsetwertes" für jede Gutart. Dieser Wert wird über eine Probenahme bei relativ stabilem Anzeigewert und einer Vergleichsmessung mit einem geeichten Feuchtemessgerät ermittelt und dann eingegeben.

## 1.6 Messgenauigkeit

Umfangreiche Untersuchungen zur Messgenauigkeit der einzelnen Messsysteme

im Feldeinsatz erfolgten in den Jahren 1991 bis 1995. Sie wurden durch Prüfstandsversuche aller fünf Systeme in den Jahren 1997 bis 2001 ergänzt. Diese Untersuchungen erfassen jeweils die Fehler der Durchsatz- und Masseermittlung – nicht jedoch die Abweichungen der Flächenerträge, die durch eine fehlerhafte Flächenermittlung verursacht werden.

Die Ermittlung der Genauigkeit im praktischen Einsatz erfolgte durch Gegenwiegung der Korntankladungen auf geeichten Brückenwaagen. Die Messsysteme wurden zum Teil an verschiedene Mähdrescher-typen bei unterschiedlichen Getreidearten in leicht bis mittelstark kupiertem Gelände untersucht (Tab. 1).

**Tabelle 1:** Fehler von Ertragsmesssystemen für Mähdrescher im praktischen Einsatz (Messungen der Landtechnik Weihenstephan 1991-1994).

Messgerät Hersteller	Untersuchungszeit Gesamtfläche Anzahl Korntank- ladungen	Mähdrescher- Typen Getreidearten	mittlerer relativer Fehler, relativer Kalibrierfehler %	Standard Abweichung des relativen Fehlers %
CERES RDS	3 Jahre 140 ha 179 Korntankl.	3 MD-Typen 4 Getreidearten	- 0,14	<b>± 3,43</b>
FLOW- CONTROL MASSEY FERGUSON	2 Jahre 140 ha 132 Korntankl.	2 MD-Typen 2 Getreidearten	- 1,01	<b>± 4,07</b>
YM 2000- AGLEADER LH 565 LH AGRO	3 Jahre 130 ha 182 Korntankl.	3 MD-Typen 4 Getreidearten	- 1,83	<b>± 4,06</b>

Der **mittlere relative Fehler** stellt das **Maß für die Güte der Kalibrierung** dar. Im Idealfall müsste er Null oder zumindest nahe Null sein. Diese Anforderung konnte von allen Messgeräten erreicht werden. Die **Standardabweichung (s)** ist das **Maß für die Mess-**

**genauigkeit**. Sie gibt an, in welchem Bereich etwa 2/3 aller Messfehler liegen. Trotz der unterschiedlichen Messprinzipien weisen alle Messsysteme annähernd gleiche Fehlerbereiche zwischen  $\pm 3,5$  und  $\pm 4$  % auf.



Die Messsysteme QUANTIMETER von CLAAS, FIELDSTAR N-SET von AGCO / DRONNINGBORG und GREENSTAR von JOHN DEERE wurden von der Landtechnik Weihenstephan bisher nicht im praktischen Einsatz untersucht.

In den Untersuchungen auf einem Prüfstand sollten die Genauigkeit der Messsysteme unter gleichen, klar definierten Bedingungen ermittelt werden. Dabei wurde besonders der Einfluss unterschiedlicher Durchsatzniveaus (Tab. 2 und 3) und der Quer- und Längsneigung berücksichtigt (Tab. 4 und 5).

Da für die Prüfstandsuntersuchungen die Messgeräte von CLAAS, AGCO / DRONNINGBORG, JOHN DEERE und RDS (PRO SERIES 2000) nicht für den kompletten Untersuchungszeitraum zur Verfügung standen, erfolgten die Untersuchungen dieser Messsysteme nur mit Winterweizen (Tab. 2 und 4).

Die Messgeräte wurden entsprechend der Herstellervorgaben, teilweise durch die Hersteller selbst, vor den Messungen sorgfältig kalibriert.

**Tabelle 2:** Fehler von Ertragsmesssystemen für Mährescher bei unterschiedlichen Durchsätzen bei Winterweizen - Prüfstandsuntersuchungen der Landtechnik Weihenstephan 2000/2001, ebene Position, 10, 15, 20, 25 und 30 t/h Durchsatz, 5 Wiederholungen / Variante, n = 25 / Messgerät, Referenzmenge / Variante 1 t.

Messgerät Hersteller	Relativer Kalibrierfehler %	Standard Abweichung des relativen Fehlers %
CERES 2 RDS	- 0,57	± 5,50
FLOWCONTROL MASSEY FERGUSON	- 1,64	± 3,02
YM 2000 AGLEADER LH 565 LH AGRO	- 1,71	± 3,65
QUANTIMETER CLAAS	- 2,71	± 1,72
PRO SERIES 2000 RDS	- 3,89	± 5,54
GREENSTAR JOHN DEERE	- 2,89	± 2,812
FIELDSTAR N-SET DRONNINGBORG / AGCO	- 0,22	± 1,52

Die Gegenüberstellung aller Ergebnisse bei unterschiedlichen Getreidearten (W-Weizen, W-Gerste, W-Roggen) zeigt,

dass die erzielbare Genauigkeit in der gleichen Größenordnung liegt (Tab.3).

**Tabelle 3:** Fehler von Ertragsmesssystemen für Mähdrescher bei unterschiedlichen Durchsätzen bei Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste – Prüfstandsuntersuchungen der Landtechnik Weihenstephan 1999/2000, ebene Position, 10, 15, 20, 25 und 30 t/h Durchsatz, 5 Wiederholungen / Variante, n = 75 / Messgerät, Referenzmenge / Variante 1 t.

Messgerät Hersteller	Relativer Kalibrierfehler %	Standard Abweichung des relativen Fehlers %
CERES 2 RDS	- 2,22	± 5,51
FLOWCONTROL MASSEY FERGUSON	- 1,21	± 3,58
YM 2000 AGLEADER LH 565 LH AGRO	- 1,13	± 2,83

Bei der Überprüfung der Messgenauigkeit der verschiedenen Ertragsmesssysteme im Prüfstand unter **ebenen** Bedingungen mit **unterschiedlichen Durchsätzen** ergeben sich mittlere Kalibrierfehler <3 %. Nur bei niedrigen Durchsätzen (10 t/h) treten größere Abweichungen (3 – 10 %) auf. Dies deutet darauf hin, dass die in den Geräten abgelegten Kalibrierkurven an niedrige Durchsätze noch nicht optimal angepasst

sind. Die Standardabweichungen schwanken bei den einzelnen Durchsatzniveaus zwischen 0,5 und 3 %, über alle Durchsätze hinweg variierten sie zwischen 2 und 6 %.

Einen sehr viel größeren Einfluss üben Seiten- und Längsneigungen der Mähdrescher bei konstanten Durchsätzen (20 t/h) auf die Genauigkeit der Messgeräte aus (Tab. 4 und 5).

**Tabelle 4:** Fehler von Ertragsmesssystemen für Mähdrescher bei unterschiedlichen Neigungen bei Winterweizen - Prüfstandsuntersuchungen der Landtechnik Weihenstephan 2000/2001, 20 t/h Durchsatz, 5, 10 und 13 Grad Seitenneigung links und rechts und 5, 10 und 13 Grad Längsneigung vor und zurück, sowie Kombinationen daraus, 5 Wiederholungen / Variante, n = 60 / Messgerät, Referenzmenge / Variante 1 t.

Messgerät Hersteller	Relativer Kalibrierfehler %	Standard Abweichung des relativen Fehlers %
CERES 2 – RDS	- 3,38	± 8,07
FLOW CONTROL MASSEY FERGUSON	- 1,11	± 2,17
YM 2000 AGLEADER LH 565 LH AGRO	- 0,24	± 4,31
QUANTIMETER – CLAAS	- 0,91	± 3,74
PRO SERIES 2000 – RDS	- 0,90	± 11,73
GREENSTAR – JOHN DEERE	- 1,36	± 3,37
FIELDSTAR N-SET DRONNINGBORG / AGCO	- 0,02	± 2,38

Auch bei unterschiedlichen Neigungen nehmen die Gesamtfehler bei allen Messgeräten bei Einbeziehung mehrerer

Getreidearten (W-Weizen, W-Gerste, W-Roggen) leicht zu.

**Tabelle 5:** Fehler von Ertragsmesssystemen für Mähdrescher bei unterschiedlichen Neigungen bei Winterweizen, Winterroggen und Wintergerste – Prüfstandsuntersuchungen der Landtechnik Weihenstephan 1999/2000, 20 t/h Durchsatz, 5, 10 und 13 Grad Querneigung links und rechts und 5, 10 und 13 Grad Seitenneigung vor und zurück, sowie Kombinationen daraus, 5 Wiederholungen / Variante, n = 180 / Messgerät, Referenzmenge / Variante 1 t.

Messgerät Hersteller	Relativer Kalibrierfehler %	Standard Abweichung des relativen Fehlers %
CERES 2 RDS	1,32	± 12,16
FLOWCONTROL MASSEY FERGUSON	- 0,34	± 2,18
YM 2000 AGLEADER LH 565 LH AGRO	- 0,47	± 5,33

Am geringsten reagiert das radiometrische Messsystem auf Neigungseinflüsse. Die beiden volumetrischen Messsysteme sind zur Kompensation dieser Einflüsse mit einem oder zwei Neigungssensoren ausgerüstet. Trotzdem gelingt es nicht unter allen Bedingungen die durch Seiten- und Längsneigung verursachten Fehler auszugleichen. Die Einbeziehung von unterschiedlichen Getreidearten (Gerste und Roggen) verstärken diesen Effekt. Die Kraftmesssysteme nehmen diesbezüglich eine Mittelstellung zwischen radiometrischen und volumetrischen Messgeräten ein.

Zur Erzielung der beschriebenen Messgenauigkeiten ist eine sorgfältige Kalibrierung die Voraussetzung. Diese ist bei Systemen zum Nachrüsten zunächst deutlich aufwendiger als bei Systemen, die für den jeweiligen Mähdrescher entwickelt wurden. Fruchtartspezifische Kalibrierungen erfolgten bei den Messgeräten von LHAGRO/AGLEADER und RDS.

Ebenso ist es notwendig, die Lichtschranken (RDS und CLAAS) bzw. das Prallblech / die Prallfinger (LHAGRO / AGLEADER, GREENSTAR, NEW HOLLAND bzw. DRONNING-BORG/AGCO) auf Verschmutzungen zu überprüfen und gegebenenfalls zu reinigen.

### 1.6 Fehlervermeidung beim Einsatz

Eine exakte Kalibrierung ist die Voraussetzung für ein genau arbeitendes Durchsatz- und Ertragsmessgerät. Durch bestimmte Einsatzverhältnisse bzw. durch ein nicht angepasstes Verhalten des Fahrers können dennoch größere Abweichungen des gemessenen vom realen Flächenenertrag auftreten – auch wenn die gemessenen und die gegengewogenen Erntemengen übereinstimmen.

Eine typische Ursache hierfür ist die Schwankung der Arbeitsbreite, die nicht mit Sensoren erfasst werden kann und über die Flächenleistung den Flächenenertrag beeinflusst. Wird bei einer eingestellten

Arbeitsbreite von 5 m nur 4,5 m Getreide aufgenommen, so verrechnet das Ertragsmesssystem den Flächenenertrag von 4,5 m auf die eingestellten 5 m Schnittbreite – der Ertrag wird um 10 % unterschätzt. Diese Abweichung ist deutlich größer als die festgestellten "Messfehler" der Durchsatzmessung. Die Einhaltung der im Ertragsmesssystem eingestellten Schnittbreite ist deshalb eine der Hauptvoraussetzungen für korrekte Flächenenertragsmesswerte.

Zum Ausgleich der möglichen Abweichungen sind "Teilbreitenschaltungen" vorgesehen. Sie müssen manuell eingestellt werden, ihre Abstufung ist jedoch grob (3/4, 1/2, 1/4 Arbeitsbreite) und sie sind damit

eigentlich nur für den Drusch von "Reststreifen" geeignet.

Schnelle Geschwindigkeitswechsel führen ebenfalls zu stark verfälschten Ertragswerten. Eine abrupte Verlangsamung reduziert die Flächenleistung stark, während im Mähdrescher nach wie vor der "alte" Durchsatz gemessen wird. Der aus beiden Werten berechnete Flächenenertrag steigt dadurch oft extrem an. Ähnlich wird bei einer Beschleunigung der Flächenenertrag unterschätzt. Deshalb ist eine gleichmäßige Arbeitsgeschwindigkeit ohne abrupte Geschwindigkeitsänderung eine weitere zentrale Voraussetzung für qualitativ gute Ertragsmesswerte.

## 2. Lokale Ertragsermittlung

Die alleinige Ertragsmessung im Mähdrescher ergibt lediglich Aussagen zum Gesamtertrag je Schlag oder je Einsatz. Sinnvollerweise kann diese Technik aber in Verbindung mit der Ortung und einer Datenaufzeichnung zur lokalen Ertragsermittlung erweitert werden. Hierzu sind die oben genannten Ertragsmesssysteme vorbereitet. Bis auf das Messgerät CERES 2 verfügen alle Ertragsmesssysteme über eine Schnittstelle zum Empfangen der Positionsinformationen von Satellitenortungsempfängern und können in festgelegten Intervallen (z.B. alle 1, 3 oder 5 Sekunden, alle 10 Meter) die Ertrags- und Positionsdaten aufzeichnen.

### 2.1 Ortung

Ortungssysteme für den praktischen Einsatz müssen problemlos eigen- und überbetrieblich genutzt werden können.

Aufgrund der vielseitigen Nutzungsmöglichkeit bietet die Satellitenortung **Global**

**Positioning System GPS** die besten Voraussetzungen für die Ortung in Verbindung mit der Ertragsermittlung. Seit der Aufhebung der Signalverfälschung "Selective Availability" im Mai 2000 beträgt der Ortungsfehler von GPS  $\pm 10 - 20$  Meter. Als differentielles GPS (DGP-S) erreicht es Genauigkeiten von  $\pm 1-5$  m.

DGPS Satellitenortungssysteme bestehen aus einem GPS-Empfänger und einer zusätzlichen Empfangseinrichtung für Korrektursignale. Beide Systeme sind zu meist in einem Gehäuse integriert.

**Detaillierte Informationen zur Satellitenortung GPS liefert das DLG-Merkblatt 316 "GPS in der Landwirtschaft".**

Seit die "Signalverfälschung" zur Reduzierung der Ortungsgenauigkeit bei GPS abgestellt wurde (02.05.2000), wird auch die Verwendung von "einfachem" GPS für die lokale Ertragsermittlung diskutiert. Obwohl bisher noch nicht hinreichend untersucht,

könnte zur Ertragskartierung die reduzierte Genauigkeit ausreichend sein. Inwieweit der größere absolute Ortungsfehler ( $\pm 10 - 20$  Meter anstatt  $\pm 1 - 5$  Meter bei DGPS) darüber hinaus die Aussagekraft und Gültigkeit von Analysen über mehrere Jahre und in Verbindung mit zusätzlichen Informationsquellen negativ beeinflusst, ist noch nicht geklärt. **Vor einer endgültigen Abklärung dieser Fragestellung muss für die lokale Ertragsermittlung die Verwendung von DGPS empfohlen werden.**

## 2.2 Datenaufzeichnung und Datentransfer

Sowohl die Ertragsermittlung wie auch die Ortung erfordert im Mähdrescher eine Einrichtung für die Datenaufzeichnung und die Datenübergabe an den Betriebsrechner. Für diese Aufgabe werden zwei unterschiedliche Lösungsansätze genutzt.

Ältere Mähdrescher und viele Typen aus der derzeitigen Serienfertigung verfügen noch nicht über umfangreiche elektronische Einrichtungen. Diese Maschinen benötigen zur Datenaufzeichnung eine eigene Elektronik, die in die Bedienterminals der Ertragsmesssysteme integriert ist.

Die Datenübertragung vom Ortungssystem erfolgt dabei über eine serielle Schnittstelle. Die Datenaufzeichnungssysteme müssen in der Lage sein, den Versatz zwischen dem tatsächlichen "Schnitzeitpunkt" (= Position) des Getreides und dem Messzeitpunkt (12-15 Sekunden später) auszugleichen.

Einige neue Mähdrescherbaureihen mit umfangreicher Bordelektronik (CLAAS LEXION, DEUTZ-FAHR 8XL, TOPLINER und 5600 mit TCS, FENDT 5000/6000/7000, MASSEY FERGUSON 7200, NEW HOLLAND CX) sind bereits dafür vorbereitet, die Positions- und Ertragsdaten in ihren Bordcomputersystemen (CLAAS CEBIS,

DEUTZ FAHR TCS, FENDT FIELDSTAR, MASSEY FERGUSON DATAVISION II, NEW HOLLAND INFO VIEW) zu verbinden und abzuspeichern.

Das AFS System von CASE und das GREENSTAR System von JOHN DEERE nutzen von der Bordelektronik der Mähdrescher nur die Informationen über die Fahrgeschwindigkeit, die Arbeitsstellung und die Elevator-drehzahl. Die Anzeige der Durchsatz- und Ertragsmessung und die Datenspeicherung erfolgten in separaten Elektronikbaugruppen (Bedien- und Anzeigeterminals).

Von den Nachrüstsyste-men haben auch die Ertragsmesssysteme CLAAS QUANTIMETER mit ACT, LH 565 (YM 2000) bzw. LH665 (PF3000), RDS PRO SERIES 8000 und AGCO FIELDSTAR N-SET die Funktion der Datenspeicherung integriert. Damit ermöglichen sie den direkten Anschluss eines DGPS-Empfängers.

Der Datentransfer zum Betriebsrechner muss ortsunabhängig und zuverlässig sein. Derzeit werden dafür vor allem PCMCIA-Karten verwendet. Die verwendeten unterschiedlichen PCMCIA Standards bedingen, dass verschiedenartige Chipkarten eingesetzt werden und nicht in allen Fällen die Chipkartenlaufwerke von PCs und Laptops verwendet werden können. Die ausschließliche Verwendung PC-konformer Technik wäre von großem Vorteil.

Bei der Datenübertragung vom Mähdrescher zum PC werden auch die Datenübertragungsstandards nicht eingehalten, wie sie international im ADIS-Protokoll (ISO 1187) festgelegt sind. Firmenspezifische Datenformate machen unter bestimmten Voraussetzungen (Datenanalyse mit "fremder" Software) eine Datenumformung in speziellen Programmen erforderlich.

## 3. Ertragskartierung

Ortsbezogene (georeferenzierte) Ertragsmessungen müssen mit dafür geeigneter Software auf ihre Qualität und Sicherheit überprüft, in Form von Ertragskarten dargestellt und für weitergehende Analysen aufbereitet und abgelegt werden.

### 3.1 Datenaufbereitung

Innerhalb der Datenaufbereitung gilt es, die Daten (Ortungs- sowie Ertragsdaten) auf ihre Plausibilität zu überprüfen und soweit noch nicht vorher geschehen in ein standardisiertes Protokoll zu überführen und den Messversatz zwischen Schnitt des Getreides und Messwernerfassung des Ertrages zeitlich auszugleichen.

Diese Aufbereitung wird von einigen Messgeräten teilweise oder komplett auf dem Mähdrescher erledigt, bei anderen Messsystemen erfolgt sie erst am PC bei einer Datenumwandlung oder während des Kartierungsprozesses.

Bisher gibt es **kein einheitliches Vorgehen bei der Datenaufbereitung**. Leider werden von keinem Hersteller die Maßnahmen der vorgenommenen Aufbereitungsschritte dokumentiert. Diese Situation ist unbefrie-

digend und sollte in der Zukunft durch eine Offenlegung und Standardisierung verbessert werden.

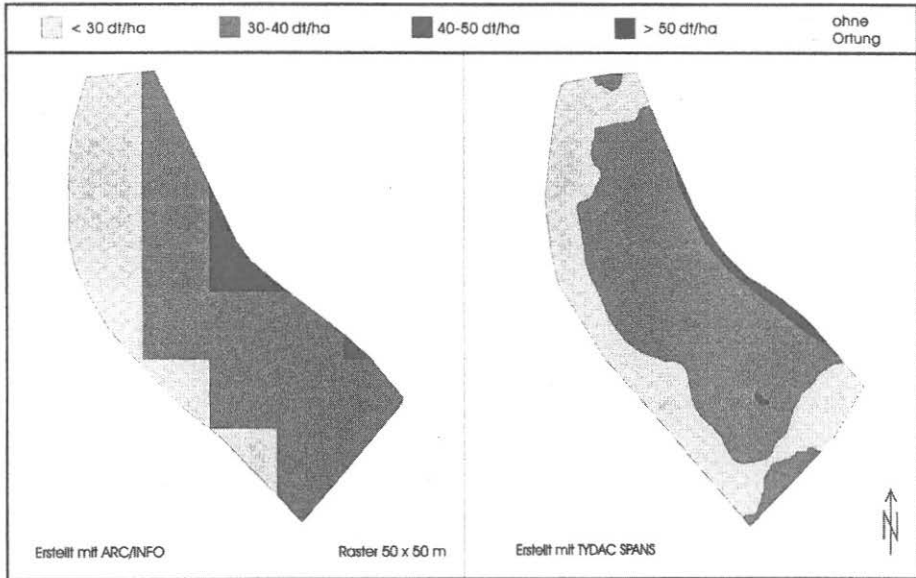
### 3.2 Kartenerstellung

Die Kartenerstellung kann in zwei unterschiedlichen Formen erfolgen:

Bei der **Rasterdarstellung** wird über den Schlag ein Netz aufgespannt. Die Rastergröße muss so bemessen sein, dass eine möglichst feine Auflösung, aber auch eine ausreichende Anzahl von Messwerten je Rasterfläche erreicht werden (z.B. 25 x 25 m). Alle Einzelmesswerte, die innerhalb eines Rasters gewonnen wurden, werden zum Ertragsmittelwert dieses Rasters verrechnet. Zusätzlich erfolgt eine Einteilung in Ertragsklassen (Abb. 6). Zu geringe Rastergrößen (z.B. 10x10m) können jedoch zu fehlerhaften Darstellungen führen.

Bei der Iso-Konturkarte werden in sehr viel aufwendigeren Analysen die Einzelmesswerte einer Nachbarschaftsanalyse unterzogen, dann interpoliert und klassiert. Stand der Technik ist die Interpolation nach dem Kriging- oder Inverse-Distance-Verfahren.

**Abbildung 6:** Ertragskartierung nach Rasterflächen bzw. Isoertragsflächen Scheyern Eulenwies 1992 (S-Gerste, mittlerer Ertrag 34 dt/ha, Ertragsermittlung DATAVISION FLOWCONTROL, Ortung ASH-TECH / TRIMBLE DGPS).



Wird die Datenaufbereitung und -verrechnung korrekt vorgenommen, lassen sich bei der Gegenüberstellung auf unterschiedlicher Weise gewonnener Ertragskartierungen (Raster, Kriging, Inverse Distance) keine gravierenden Unterschiede erkennen. Die Methoden sind als gleichwertige Verfahren mit jeweils spezifischen Vor- und Nachteilen anzuerkennen.

Demgegenüber kann eine Darstellung der klassierten Einzelmesswerte in Form von farbigen Punkten nur als Visualisierung des Fahrweges des Mähdreschers und der Messwerterfassung angesehen werden. Sie stellt noch keine Ertragskarte dar.

Ertragskarten haben den Zweck, die lokale Verteilung der Erträge im Feld optisch deutlich zu machen. Sie können zur Erfolgskontrolle des Produktionsverfahrens herangezogen werden oder dazu dienen, gezielte Schwachstellenanalyse zu betreiben. Auch für die Auswertung von einfachen Feldversuchen der Landwirte (engl. "On-Farm Research") können sie verwendet werden. Als Ertragsmittelkarte über mehrere Jahre stellen Ertragskarten eine von mehreren Ausgangsgrößen für die Ermittlung von Düngerbedarfskarten dar (DLG-Merkblatt 315 "Teilflächenspezifische Düngung").

Alle Hersteller von Ertragsmessgeräten liefern ihre Systeme heute mit Ertragskartierungsprogrammen aus (Tab. 6). Mit diesen PC-Programmen kann der Landwirt einfach und schnell die Ertragsdaten ein-

lesen und in Kartenform visualisieren. Diese Programme sind auch teilweise in der Lage, weitergehende Analysen vorzunehmen.

**Tabelle 6:** Ertragskartierungsprogramme (deutschsprachig) von Anbietern von Ertragsmesssystemen (Stand Juli 2001)

Hersteller	Programm zur Ertragskartierung	Weitergehende Funktion
CLAAS / AGROCOM	AGPROMAP BASIC AGROMAP PROFESSIONAL	Flächenaufmaß, Bodenprobung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz
CASE	AFS INSTANT YIELD MAP	–
DEUTZ FAHR	LMID-DEUTZ-FAHR-GIS97	Flächenaufmaß, Bodenbeprobung, Düngung
FENDT	FIELDSTAR YIELD MAP	–
JOHN DEERE	JD MAP, JD OFFICE	Flächenaufmaß, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz
MASSEY FERGUSON	FIELDSTAR YIELD MAP	–
RDS NEW HOLLAND	RDS PLOT / PLAN	Flächenaufmaß, Bodenbeprobung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz

Für weitergehende Analysen stehen von diesen Herstellern bzw. von einigen Agrarsoftwarehäusern umfassende Programmpakete zur Verfügung (siehe auch **DLG-Merk-**

**blatt 315 "Teilflächenspezifische Düngung"**). Diese sind jedoch häufig so umfangreich und komplex, dass es nicht praktikabel und sinnvoll erscheint, sie einzelbetrieblich zu nutzen.

## 4. Investitionsbedarf und Kosten

Um die Kosten für den Einsatz von Ertragsmesssystemen für die lokale Ertragsermittlung feststellen zu können, ist es notwendig den Investitionsbedarf zu ermitteln.

### 4.1 Investitionsbedarf

Bei der Ausrüstung eines Mähdreschers für die lokale Ertragsermittlung sind Investitio-

nen für das Ertragsmessgerät, die Positionsermittlung, die Datenaufzeichnung und den Datentransfer sowie für die Software zur Ertragskartierung erforderlich. Diese Kosten schwanken je nach ausgewählter Technik beträchtlich (Tab. 7).



**Tabelle 7:** Investitionsbedarf für die lokale Ertragsermittlung beim Mähdrusch (Listenpreise Stand Juli 2001, Angaben ohne Gewähr).

Ertragsmesssystem, Mährescherbaureihen und Hersteller	Ertragsmessgerät mit Feuchtemessung	Ertragsmessgerät mit Feuchtemessung Ortung (12 Kanal DGPS, 1 Jahr Korrekturservice) und Datenaufzeichnung	Ertragsmessgerät mit Feuchtemessung Ortung (12 Kanal DGPS, 1 Jahr Korrekturservice), Datenaufzeichnung und Ertragskartierung
CERES 2 (universell) RDS	4.350 €	–	–
PRO SERIES 2000 (univ.) RDS	4.990 €	4.450 €	10.800 €
QUANTIMETER an CLAAS LEXION mit CEBIS CLAAS	4.040 €	6.750 €	8.230 € (agromap basic)
QUANTIMETER + ACT an CLAAS DOMINATOR (bzw. universell) AGROCOM	7.060 €	11.450 €	12.890 € (agromap basic)
DATAVISION II an MF 32-40 und MF 7200 MASSEY FERGUSON	5.580 € (radiometrisch) 3.700 € (Kraftsensor)	8.640 € (radiometrisch) 6.770 € (Kraftsensor)	10.250 € (radiometrisch) 8.340 € (Kraftsensor)
FIELDSTAR an FENDT 5200/6300/8300 FENDT	6.570 € (radiometrisch) 3.980 € (Kraftsensor)	9.460 € (radiometrisch) 6.860 € (Kraftsensor)	11.050 € (radiometrisch) 8.460 € (Kraftsensor)
FIELDSTAR N-SET (universell) DRONNINGBORG / AGCO	–	–	12.780 €
LH 556 (universell) LHAGCO	4.760 €	–	–
LH 665 (universell) LHAGRO	7.770 €	–	–
AFS an CASE AXIALFLUSS 2300 CASE	6.000 €	10.300 €	10.300 €
AFS an CASE CF (mit Touch Screen) CASE	3.700 €	8.820 €	8.820 €
TCS (Mehrkosten zu TERIS) an 8XL, TOPLINER, 5600 DEUTZ FAHR	Serie (8XL) 4.340 € (Topliner, 5600)	4.760 € (8XL) 9.100 € (Topliner, 5600)	5.680 € (8XL) 10.020 € (Topliner, 5600)
GREENSTAR an JD 2200, JD 9000, CTS, STS JOHN DEERE	4.090 €	11.660 €	12.630 €
PLMS an NEW HOLLAND CX NEW HOLLAND	4.060 €	11.550 €	–
<b>Mittelwerte</b>	<b>4.990 €</b>	<b>8.890 €</b>	<b>10.020 €</b>

#### 4.2 Jahreskosten und Kosten/ha

Vom Investitionsbedarf lassen sich die jährlichen Kosten ableiten. Sie sind mit 28,6 % des Investitionsbedarfes (AfA 16,6 %, Zins 6 %, Reparatur 6 %) angesetzt und betragen bei der Ertragsmessung (mit Feuchteermittlung) im Durchschnitt 4.990 € und bei der lokalen Ertragsmessung (mit Feuchteermittlung) mit Ertragskartierung 10.020 €. Besonders bei der lokalen Ertragsmessung (inklusive Ortung und

Kartierungssoftware) bestehen sehr große Investitionsunterschiede (6.000 – 13.000 €), so dass die jährlichen Kosten zwischen 1.710 und 3.700 € schwanken.

Entsprechend dem jährlichen Einsatzumfang ergeben sich hieraus Kosten von 2,4 – 9,5 €/ha für die Ertragsmessung mit Feuchteermittlung bzw. zwischen 5 und 19 €/ha für die lokale Ertragsmessung mit Ertragskartierung (Tab. 8).

**Table 8:** Kosten je Hektar Erntefläche für die Ertragsmessung beim Mähdrusch, Anschaffungspreis 4.990 bzw. 10.020 €, Kosten 28,6 % (AfA 16,6 %, Zins 6 %, Reparatur 6 %) von A im Jahr (Stand Juli 2001).

Einsatzumfang Erntefläche Ha	Ertragsmessung mit Feuchtemessung E/ha	lokale Ertragsmessung mit Ertragskartierung e/ha
150	9,5	<b>19</b> (11 – 25)
200	7,1	<b>14</b> (9 – 19)
250	5,7	<b>11</b> (7 – 15)
300	4,7	<b>10</b> (6 – 12)
400	3,6	<b>7</b> (4 – 9)
500	2,8	<b>6</b> (3 – 7)
600	2,4	<b>5</b> (3 – 6)

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Mit den vorgestellten und untersuchten Ertragsmessgeräten stehen praxistaugliche Systeme für die kontinuierliche Durchsatz- und Ertragsermittlung in Mähdreschern von beinahe jedem Mähdrescherhersteller zur Verfügung.

Bei sorgfältiger Kalibrierung und gewissenhaftem Einsatz können mit allen Messsystemen ähnlich genaue Ergebnisse erreicht werden. Unter extremen Einsatzbedingungen und bei verminderter Sorgfalt differenziert sich das Fehlverhalten gemäß der Darstellung der Untersuchungsergebnisse (Kap. 1.6)

Während die auf Basis der Volumenmessung arbeitenden Messgeräte die manuelle Bestimmung der Schüttdichte des Getreides (=hl-Gewicht) benötigen, kommen die Masseflussmesssysteme ohne diesen Zwischenschritt aus.

Durch die Verbindung der kontinuierlichen Ertragsermittlung mit dem Differentiellen Globalen Ortungssystem DGPS kann die lokale Ertragsermittlung realisiert werden. Bei der Auswahl von DGPS Korrekturdaten muss sich der Landwirt zwischen den kostengünstigeren, aber teilweise nicht flächendeckend verfügbaren nationalen Diensten (SAPOS auf UKW- und LW-Basis, Küstenfunk) und den teureren, weltweit über Kommunikationssatelliten verfügbaren Korrektursignalen (Omnistar, Landstar) entscheiden. Die Möglichkeiten nach Abschaltung der Signalverfälschung "einfaches" GPS mit 10 bis 20 Metern Ortungsfehler zu nutzen, kann solange nicht empfohlen werden, wie die Auswirkungen der reduzierten Genauigkeit auf die Qualität mehrjähriger Datenanalysen noch nicht geklärt ist.

Bei den Auswerte- und Kartierungsprogrammen bestehen Unterschiede in den Leistungsumfängen. Alle Hersteller von Ertragsmesssystemen bieten Kartierungsprogramme an. Teilweise enthalten sie sogar weitergehende Auswerteprogramme. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, müssten jedoch die AuswerteprozEDUREN dokumentiert werden.

In der weitergehenden Anwendung sollen mehrjährige Ertragskartierungen zusammen mit Bodenkarten und Analyseergebnissen georeferenzierter Bodenbeprobungen sowie anderen lokalen Informationen genutzt werden. Die Programme müssen zu einer teilschlagvariierteren Düngeplanung führen und entsprechende Düngevoranschläge liefern. Auch die teilflächenspezifische Variation der Saatstärke aufgrund entsprechender Auswertungen wird Bestandteil entsprechender Systeme werden. Erste Programme sind bereits verfügbar, weitere in der Entwicklung, es fehlen aber bisher noch fundierte Erkenntnisse über ihre Praxistauglichkeit.

Um in Zukunft lückenlose Reihen von Ertragsdaten über mehrere Jahre zu erhalten ist es notwendig, die Ertragsermittlung auch in den übrigen Erntemaschinen zu realisieren. Die notwendigen Messsysteme sind bereits in der Entwicklung. Für den Kartoffelroder sind entsprechende Messgeräte von zwei Herstellern zur Nachrüstung zur Verfügung. Für Feldhäcksler wird die Markteinführung in den nächsten Jahren erwartet. Besonders bei den Hackfrüchten werden große zusätzliche Vorteile der Ertragsermittlung im Bereich der Ernte- und Transportlogistik erwartet.

## 8. Literatur zur weiteren Information:

- Auernhammer, H. und M. Demmel, 1994:  
Ertragsmessgeräte für den Mähdröschler im  
zweijährigen praktischen Vergleich. KTBL-  
Arbeitspapier 202, pp. 62 - 69.
- Börnsen, A und W. Holtmann, 1999:  
Ertrag erst spät erkannt – Praxistest  
Ertragskartierungen im Mähdröschler.  
In: profi Heft 12/1999, S.112-117.
- Demmel, M., 1999:  
Fünf Ertragsmessgeräte im Praxistest.  
In: dlz Heft 6/1999, S.126-131.
- Demmel, M., 1999:  
Erprobte Systeme - Ertragsmesssysteme im  
Mähdröschler.  
In: dlz-Sonderheft 10, 1999, S.42-47.
- Demmel, M., 1999:  
Noch nicht ausgereift - Ertragsmessung bei  
Feldhäckslern und Rodemaschinen.  
In: dlz-Sonderheft 10, 1999, S.48-49.
- Hien, P., 1996:  
Erträge messen mit dem Mähdröschler.  
In: profi, Heft 6, S. 54 - 57.
- Isensee, E. und S. Krippahl, 2001:  
Online-Vergleich von Ertragsmesssystemen  
im Mähdröschler, Landtechnik 56,  
Heft 4, S. 274-275.
- Jürschik, P., 1996:  
Die Satelliten kommen immer näher – GPS  
und teilflächenspezifische Bewirtschaftung.  
In: profi, Heft 5, S. 56-59.
- Jürschik, P., 1999:  
Teilflächenspezifische Düngung.  
**DLG-Merkblatt 315.** Hrsg.:  
Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft,  
Fachbereich Landtechnik, Ausschuss für  
Arbeitswirtschaft und Prozesstechnik,  
Frankfurt/Main, 22 S..
- Muhr, T., 1999: GPS in der Landwirtschaft.  
**DLG-Merkblatt 316.** Hrsg.: Deutsche  
Landwirtschafts-Gesellschaft, Fachbereich  
Landtechnik, Ausschuss für  
Arbeitswirtschaft und Prozesstechnik,  
Frankfurt/Main, 12 S..
- Reitz, P. und H.D. Kutzbach, 1992:  
Technische Komponenten für die Erstellung  
von Ertragskarten während der  
Getreideernte mit dem Mähdröschler.  
VDI-Gesellschaft Agrartechnik (VDI-AGR)  
Düsseldorf, Heft 14, S. 91-106.
- Schmid, W., 1999:  
Landwirtschaftliches BUS-System (LBS).  
**DLG-Merkblatt 317.** Hrsg.: Deutsche  
Landwirtschafts-Gesellschaft, Fachbereich  
Landtechnik, Ausschuss für  
Arbeitswirtschaft und Prozesstechnik,  
Frankfurt/Main, 15 S..

---

Herausgegeben von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft,  
Fachbereich Landtechnik, Ausschuss für Arbeitswirtschaft und Prozesstechnik  
Bearbeitet von: Dr. agr. Markus Demmel, Landtechnik Weihenstephan, Freising



*Impulse für  
den Fortschritt*

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.  
Eschborner Landstraße 122, D-60489 Frankfurt a.M.  
Telefon: 069/247 88-0, Fax: 069/247 88-110  
E-mail: Info@DLG-Frankfurt.de, Internet: www.DLG-Frankfurt.de