

# Ganzkornfeuchtemeßgerät zur Anwendung in der Feldwirtschaft und in den Getreidekombinaten

Dipl.-Ing. P. Klitzsch, KDT/Ing. B. Thiele, KDT  
Ingenieurbüro für Rationalisierung beim VEB Kombinat Landtechnik Magdeburg

## 1. Einleitung

Sowohl in den Pflanzenproduktionsbetrieben während der Erntekampagne als auch in den Getreidelagern der DDR besteht der Bedarf an einem Gerät, mit dem möglichst einfach, schnell und hinreichend genau die Feuchte von Getreideganzkorn und anderen Körnerfrüchten bestimmt werden kann. Ausgehend von einer Neuereridee aus dem VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Havelberg, wurde durch das Ingenieurbüro für Rationalisierung beim VEB Kombinat Landtechnik Magdeburg in Zusammenarbeit mit den VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Havelberg und Wernigerode auf der Basis kapazitiver Feuchtemessung ein Gerät entwickelt, das folgende Bedingungen erfüllen sollte:

- möglichst geringe Abmessungen und geringe Masse
- leichte Handhabbarkeit
- Meßgenauigkeit nach internationalen Maßstäben für Feuchteschnellbestimmer auf Ganzkornbasis
- sofortige digitale Anzeige
- automatische Temperaturkompensation
- Verwendung mikroelektronischer Bauelemente.

Das entsprechend diesen Forderungen entwickelte Ganzkornfeuchtemeßgerät (Bild 1) wurde zur Getreideernte 1986 erstmals getestet, und während der Erntekampagne 1987 wurde mit drei verbesserten Geräten ein vorbereitetes Versuchsprogramm realisiert. Die Ergebnisse und die gewonnenen Erfahrungen sollen nachfolgend dargelegt werden.

## 2. Meßprinzip

Das am häufigsten genutzte Meßprinzip bei Ganzkornfeuchtemeßgeräten ist die kapazi-

tive Feuchtigkeitsbestimmung, die bei relativ hoher Genauigkeit am kostengünstigsten zu realisieren ist. Das Meßgut befindet sich im Feld eines Meßkondensators und stellt den größten Teil des Dielektrikums dar. Für die Messung wird ausgenutzt, daß die Kapazität eine Funktion des Wasseranteils im zu bestimmenden Gut ist. Hieraus resultieren aber auch die Einflußfaktoren, die die Meßergebnisse verfälschen. Der größte Einflußfaktor ist die Schüttdichte der zu messenden Probe, da durch eine Verdichtung, hervorgerufen z. B. durch Erschütterungen, der Körneranteil und damit der Wasseranteil im Feld des Meßkondensators steigt und zu höheren Anzeigewerten führt. Umgekehrt führt z. B. der Besatz mit Grannen, Spreu und Strohresten zu einer Verringerung des Wasseranteils im Kondensatorfeld und damit zu geringeren Anzeigewerten.

Als weitere die Schüttdichte beeinflussende Faktoren ergaben sich die Sorten der Hauptgetreidearten, der Grünbesatz und der Feuchtegrad selbst, da die Körner je nach Wassergehalt aufquellen. Auch die Temperatur des Meßgutes beeinflusst das Meßergebnis nicht unerheblich. Der Temperatureinfluß kann jedoch am leichtesten ermittelt und kompensiert werden. Aus den verschiedenen Messungen ergab sich als Faustregel eine Verfälschung des Meßergebnisses um 1% Feuchte bei 10°C Temperaturdifferenz mit der Tendenz steigender Anzeige bei Temperaturerhöhung. Dieser Fehler kann durch eine automatische Temperaturkompensation eliminiert werden. Auch Schüttdichteunterschiede, die durch verschiedene Handhabung bei der Probenahme bzw. infolge von Erschütterungen auftreten, wurden weitgehend durch die Konstruktion des Geräts beherrscht. Verwendet wurde kein abgeschlossener Meßbecher, sondern ein unten offener Meßbehälter, bei dem durch einen geöffneten Spalt ein bestimmter Anteil des Getreides herausrieselt. Dadurch entspannt sich die Probe, und es entsteht immer die gleiche Schüttdichte für eine Probe. Dies machte sich in einem sehr guten Wiederholfehler bemerkbar, auf den im Abschn. 4.1. noch eingegangen wird. Eine automatische Behebung der durch den Besatz hervorgerufenen Einflüsse unterschiedlichster Art war nicht möglich, hier konnten nur die größten Verunreinigungen manuell entfernt werden. Diese Einflüsse konnten jedoch durch die Konstruktion eines relativ großen Meßbehälters verhältnismäßig gering gehalten werden.

Nicht eliminiert werden konnten der Sorteneinfluß und der Fehler, der durch die Feuchtigkeitsverteilung im Korn entsteht. Allerdings konnte beim vermuteten Sorteneinfluß auch keine Systematik ermittelt werden. Das gleiche traf für Fehler zu, die aus der Herkunft des Getreides aus verschiedenen Anbaugebieten resultieren.

## 3. Aufbau

Das Prinzip des Ganzkornfeuchtemeßgeräts

basiert auf einer koaxialen Anordnung eines Meßkondensators. Dabei wird die äußere Elektrode durch ein innen mit Aluminium beschichtetes PVC-Fallrohr mit einem Durchmesser von 100 mm gebildet. Die innere Elektrode besteht auch aus einem beschichteten PVC-Rohr, wobei dessen Durchmesser 40 mm beträgt.

Das Gesamtvolumen, das für Meßgut zur Verfügung steht, beträgt rd. 1500 cm<sup>3</sup>, wobei sich jedoch nur etwa 30% unmittelbar zwischen den Elektroden des Meßkondensators befinden. Den Boden des Geräts bildet eine konisch gestaltete heraus-schraubbare Prallplatte. Durch das teilweise Heraus-schrauben entsteht ein Spalt, durch den das Getreide herausrieseln kann.

Die Verstärkung der Meßergebnisse erfolgt durch einen kapazitiven Meßwandler mit sehr hoher Genauigkeit.

Mit Hilfe von zwei Potentiometern können Kennlinien der verschiedenen Lagen im Koordinatensystem eingestellt werden.

Dies war für die Versuchsreihen erforderlich, um Vergleiche der Meßergebnisse bei Messungen mit verschiedenen Kennlinien unkompliziert durchführen zu können. Für den Praxisbetrieb ist eine einfache Umschaltung zwischen den Getreidearten vorgesehen.

Die Meßergebnisse werden digital angezeigt. Zur Probenmessung wird das Ganzkornfeuchtemeßgerät am Griff erfaßt und so durch den Getreideberg gezogen, daß sich der Meßzylinder füllt. Danach wird es angehoben, wobei ein Teil der Füllung an der Prallplatte herausrieselt. Durch Knopfdruck wird dann der Meßwert abgerufen, der sofort ablesbar ist. Zur Sicherung der Ergebnisse sollte dieser Meßvorgang rd. 3- bis 4mal wiederholt werden.

Bild 1. Ganzkornfeuchtemeßgerät



Fortsetzung von Seite 164

## 4. Zusammenfassung

Auf der Grundlage theoretischer Untersuchungen wird ein optimales Schwingungsregime für schwingende Rübenaufnahmeelemente abgeleitet und experimentell überprüft. Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen bestätigen das ermittelte Schwingungsregime. Eine Voraussetzung für analoge Zusammenhänge wird abgeleitet.

## Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Technologische Prozesse der Pflanzenproduktion. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1984.
- [2] Eggenmüller, A.: Schwingende Bodenbearbeitungswerkzeuge. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf (1985) 10, S. 89-95.
- [3] Leitholdt, C.: Beitrag zu kombinierten Wirkprinzipien für die Kartoffelaufnahme unter besonderer Berücksichtigung des mechanischen Fließbettkartoffelaufnahmeelements. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation 1981.
- [4] Smith, J. L.; Hallman, K.; Flikke, A. M.: Experimental analysis of vibratory tillage (Experimentelle Analyse der schwingenden Bodenbearbeitung). Transactions of the ASAE, St. Joseph (USA) 15 (1972) 5, S. 834-837. A 5202

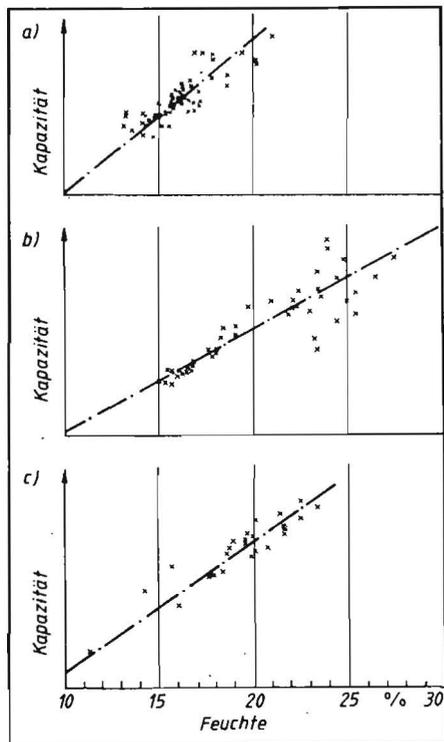


Bild 2. Kalibrierkurven für das Ganzkornfeuchte-meßgerät;  
a) Weizen, b) Wintergerste, c) Roggen

#### 4. Meßergebnisse des Versuchsprogramms

Mit den drei Ganzkornfeuchte-meßgeräten wurden von insgesamt sieben Personen Messungen durchgeführt. Die Messungen erstreckten sich über einen Zeitraum von rd. 6 Wochen in den verschiedenen Lagern des VEB Kombinat Getreidewirtschaft Magdeburg. Damit war gesichert, daß alle eventuellen Einflußfaktoren, die die Meßergebnisse verfälschen könnten, erfaßt wurden.

Folgende relevante Einflüsse auf die Genauigkeit der Meßergebnisse wurden festgestellt:

- subjektive Einflüsse durch verschiedenartige Probenahme
- Sorteneinfluß
- Anbaugesbiet
- Besatz bzw. Verunreinigungen
- Temperatureinflüsse und Alterungerscheinungen am Getreidekorn.

##### 4.1. Meßblätter

Die Auswertemethodik der Meßergebnisse wurde im wesentlichen vom Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben übernommen. Tafel 1 zeigt die Aufzeichnung der Messungen im Weizen am 3. September 1987 im Lager Dodendorf des VEB Kombinat Getreidewirtschaft Magdeburg. Deutlich wird hier zunächst der ideale Wiederholfehler, der durch sauberes Getreide mit relativ

Tafel 1. Beispiel für die Auswertemethodik der Meßergebnisse

Proben-Nr.	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_f$	$x_{v1}$	$x_{v2}$	Geräte-kennlinie	Tempera-tur in °C	Sorte
1	15,2	15,3	15,2	15,2	15,2	16,2	15,5	4,5...20,6	19	A <sup>1)</sup>
2	15,8	15,7	15,7	15,8	15,75	16,5	16,1	4,5...20,6	19	A <sup>1)</sup>
3	14,7	14,8	14,8	14,8	14,8	15,9	15,5	4,5...20,6	16	A <sup>1)</sup>
4	14,1	14,0	14,1	14,1	14,1	15,6	15,0	4,5...20,6	19	B <sup>1)</sup>
5	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	15,9	15,2	4,5...20,6	20	TAW
6	15,0	15,0	14,9	15,0	15,0	16,0	15,5	4,5...20,6	22	TAW
7	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	14,0	13,5	4,5...20,6	24	Germol
8	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	17,0	16,7	4,5...20,6	23	Alt-Seedow

$x_1$  bis  $x_4$  Einzelmessungen,  $x_f$  Durchschnittswert,  $x_{v1}$  Laborwert VEB Magdeburger Mühlenwerke,  $x_{v2}$  Laborwert VEB WTÖZ Getreidewirtschaft, Betriebsteil Schönebeck

1) Sorten unbekannt

geringem Feuchteanteil bedingt ist. Bei hohem Anteil an Besatz bzw. hohem Feuchteanteil fiel der absolute Wiederholfehler ungünstiger aus, stieg aber bei richtiger Meßmethodik nicht über 0,6%.

Die in Tafel 1 aufgeführte Kennlinie des Ganzkornfeuchte-meßgeräts ist auf der Grundlage weniger vorangegangener Messungen eingestellt worden und stellt nicht die optimale Geräte-kennlinie dar. Diese wurde erst nach Abschluß der Messungen festgelegt.

#### 4.2. Meßergebnisse

Die Meßergebnisse wurden gerätebezogen ausgewertet, da die drei eingesetzten Ganzkornfeuchte-meßgeräte erst kurz vor der Ernte fertiggestellt worden waren und nicht völlig identisch gestaltet werden konnten. Deshalb sind im Bild 2 nur die Ergebnisse für die Hauptgetreidearten Weizen, Wintergerste und Roggen auf der Grundlage der Messungen mit einem Gerät dargestellt. Hafer wurde nicht untersucht. Aus dem Bild 2, besonders bei Wintergerste, wird zunächst deutlich, daß die Meßgenauigkeit mit steigendem Feuchteanteil geringer wird. Als Grenze der Vertretbarkeit könnten etwa 20% Feuchte angegeben werden. Bei Proben mit höherem Feuchtegrad traten absolute Fehler bis zu 4% auf, allerdings auch nur bei Wintergerste. Bei Weizen und Roggen stand kein naturfeuchtes Getreide mit solchen Werten zur Verfügung, jedoch ist die gleiche Tendenz zu erwarten.

Unter Zugrundelegung einer optimal auf der Grundlage aller Messungen eingestellten Kennlinie ergeben sich folgende Ergebnisse:

**Beispiel 1:** Gerät I, Weizen  
Anzahl der Probemessungen: 29  
Feuchtebereich: maximal 20%  
absoluter Fehler < 1%:  
26 Probemessungen  
absoluter Fehler < 2%:  
2 Probemessungen

**Beispiel 2:** Gerät II, Roggen  
Anzahl der Probemessungen: 23  
Feuchtebereich: maximal 23,5%

absoluter Fehler < 1%:  
18 Probemessungen  
absoluter Fehler < 2%:  
5 Probemessungen

**Beispiel 3:** Gerät III, Wintergerste  
Anzahl der Probemessungen: 20  
Feuchtebereich: maximal 27%  
absoluter Fehler < 1%:  
12 Probemessungen  
absoluter Fehler < 2%:  
5 Probemessungen  
maximaler Fehler 4%.

Diese drei Beispiele stellen auch das durchschnittliche Ergebnis aller Messungen dar.

#### 5. Zusammenfassung

Wie die dargestellten Meßergebnisse unter Beachtung der Gesamtsituation zeigen, war es möglich, ein Ganzkornfeuchte-meßgerät zu entwickeln, das auf dem Einsatz mikroelektronischer Bauteile basiert und mit dessen Hilfe ein für die Beurteilung der Ganzkornfeuchte auf dem Feld sowie im Getreidelager hinreichend genaues Ergebnis erzielt werden kann. Damit konnten die o. g. Bedingungen zur Entwicklung des Geräts im wesentlichen erfüllt werden. Allerdings muß erwähnt werden, daß der erzielte Genauigkeitsgrad für kommerzielle Abrechnungsverfahren nicht ausreichend ist. Hier ist nach wie vor auf die bewährten Meßverfahren zurückzugreifen. Tatsache ist aber, daß mit dem Einsatz dieses sehr einfach zu handhabenden und sofort ablesbaren Feuchte-meßgeräts eine wesentliche Erleichterung in der Praxis verbunden ist.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen hat sich auch der VEB Kombinat Getreidewirtschaft Magdeburg entschlossen, in seinem kombinateigenen Rationalisierungsmittelbau im Jahr 1988 eine für den Eigenbedarf erforderliche Stückzahl dieser Geräte zu bauen. Eine entsprechende Vereinbarung zur Nutzung der wissenschaftlich-technischen Leistung wurde aus diesem Grund zwischen dem VEB Kombinat Getreidewirtschaft Magdeburg und dem Ingenieurbüro für Rationalisierung beim VEB Kombinat Landtechnik Magdeburg abgeschlossen. A 5210

## KATALOG

über die lieferbare und in Kürze erscheinende Literatur des VEB VERLAG TECHNIK kostenlos erhältlich durch jede Fachbuchhandlung oder direkt durch den Verlag, Abteilung Absatz-Werbung