

# Meßgenauigkeit bei der dielektrischen Schnellbestimmung der Getreidefeuchte

Dipl.-Ing. H.-F. Müller/Dr. rer. nat. H. Rettig, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## 1. Problem und Aufgabe

Über die Meßgenauigkeit von Geräten zur elektrischen Schnellbestimmung der Getreidefeuchte gibt es weit verbreitet auch unter Fachleuten unklare Vorstellungen. Resultate der praktischen Anwendung stehen optimistischen Angaben aus Prospekten und einigen Veröffentlichungen sowie undifferenzierten technologischen Forderungen scheinbar entgegen.

Während der Erprobung von 20 Entwicklungsmustern eines elektrischen Feuchteschnellbestimmers für Getreide (EFG) wurde in den Jahren 1985/86 im Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim die Problematik der Meßgenauigkeit aktuell.

Ausgehend von einer Analyse des Standes der Gerätetechnik auf diesem Gebiet sind

- die wichtigsten Einflußfaktoren auf die Meßgenauigkeit bei der dielektrischen Feuchtebestimmung von Getreide zu quantifizieren
- die Möglichkeiten und Grenzen von Fehlerkompensationseinrichtungen, die durch die Entwickler/Hersteller in die Geräte installiert wurden, darzustellen
- Rahmen für Maßnahmen in den Anwendungsbereichen der Landwirtschaft abzustecken, mit denen eine hohe Meßgenauigkeit metrologisch abgesichert werden kann.

## 2. Kenngrößen

Zur Charakterisierung der Genauigkeit von Meßgeräten darf in der DDR nur der Fehler der Einzelmessung verwendet werden, d. h. bei allgemeinen Angaben zum Gerätefehler ist dieser Fehler gemeint. Er wird im Normalfall für eine statistische Sicherheit von  $P = 95\%$  angegeben.

Zur Charakterisierung der Meßgenauigkeit dielektrischer Feuchteschnellbestimmer für

Getreide werden verschiedene Fehlerarten und Größen verwendet, wobei die Angabe absoluter Werte gebräuchlich ist (Bild 1).

## 3. Stand der Gerätetechnik

Dielektrische Feuchteschnellbestimmer für Getreide haben in einigen Ländern (z. B. UdSSR, USA, Kanada, Dänemark, Schweden, BRD, Frankreich) seit rd. 30 Jahren eine große Verbreitung gefunden. Gleichzeitig werden dort umfangreiche Anstrengungen zur metrologischen Sicherung einer möglichst hohen Meßgenauigkeit unternommen [1 bis 5]. Zahlreiche Herstellerfirmen bieten unterschiedliche Gerätetypen an, die vom einfachen und billigen Feldgerät bis zu hochwertigen Laborgeräten reichen [6 bis 12]. In der DDR sind gerätetechnische Entwicklungsarbeiten durchgeführt worden. Erste Erprobungsergebnisse und Anwendungserfahrungen liegen vor [13, 14].

Dielektrische Feuchteschnellbestimmer für Getreide können bezüglich des für die Probeneinwaage getriebenen technischen Aufwands eingeteilt werden in

- Feuchteschnellbestimmer ohne erforderliche Probeneinwaage
- Feuchteschnellbestimmer mit externer Probeneinwaage (Einwaage erfolgt außerhalb des Geräts)
- Feuchteschnellbestimmer mit interner Probeneinwaage (Einwaage erfolgt innerhalb der Geräte mit eingebauter Waage)
- Laborfeuchteschnellbestimmer mit externer oder interner Probeneinwaage.

In der Reihenfolge dieser Aufzählung nehmen gewöhnlich der Preis des Geräts zu und die Gerätefehler ab (Tafeln 1 bis 4). Gegenüber den Geräten, die ohne Probeneinwaage arbeiten, weisen die Geräte mit externer Probeneinwaage einen um rd. 1% Feuchte geringeren Fehler aus (Tafeln 1 und 2). Bemerkenswert ist, daß Geräte mit eingebauter

Waage vergleichsweise schlecht abschneiden (Tafel 3). Das liegt vor allem daran, daß die Genauigkeit und die Betriebssicherheit der eingebauten Waagen, die oft auf kleinstem Raum in das Gerät integriert sind, häufig sehr mangelhaft sind. Wiegefehler von bis zu 10% sind nicht selten, was zu zusätzlichen Fehlern bei der Feuchtemessung führt. Deshalb wird oft empfohlen, die Probeneinwaage auch bei diesen Geräten mit externen Waagen durchzuführen, zumindest jedoch die Wiegegenauigkeit der eingebauten Waagen zu überprüfen.

Der Vorteil der Laborgeräte liegt vor allem im hohen Bedienkomfort, während die Fehler auch bei diesen Geräten recht hoch sein können, vor allem, wenn nichts oder zu wenig zur Fehlerkompensation getan wird (Tafel 4).

Dielektrische Feuchtemeßgeräte haben teilweise noch spezielle technische Einrichtungen zur Fehlerkompensation (Sortenkarten, Kennlinienkorrektur, Speicherung verschiedener Kennlinien, automatische Temperaturkompensation u. ä.), die bei sachgemäßer Nutzung die Fehler verkleinern können. Wie die Fehlerangaben in den Tafeln zeigen, entspricht das in der DDR entwickelte EFG in bezug auf die Meßgenauigkeit dem Stand der Technik.

Der Entwicklungstrend bei dielektrischen Feuchteschnellbestimmern für Getreide geht in Richtung Integration eines Mikrorechners auch in einfache Feldgeräte (Feuchtecomputer) zur Speicherung von Meßwerten, Mittelwertbildung, Speicherung zahlreicher verschiedener Kennlinien, automatische Auswahl der optimalen Kennlinie für die Gutart vor Ort, Korrekturmöglichkeiten durch den Nutzer, schnelle Austauschbarkeit einer großen Anzahl verschiedener Kennlinien (bis 200 Stück), Anschlußmöglichkeit für Drucker u. ä. Außerdem erfolgt ein Übergang von

Tafel 1. Fehler von Geräten ohne erforderliche Probeneinwaage<sup>1)</sup>

Nr. Gerätetyp	Land	F <sub>Emax</sub> %	F <sub>Emittel</sub> %	F <sub>E</sub>			
				Weizen %	Roggen %	Gerste %	Hafer %
1 Profi 666	BRD	4,0	0,6	2,7	2,4	2,4	2,2
				1,8	2,0	1,5	1,5
				2,0	1,0	2,2	1,5
2 Profi II	Dänemark	3,8	1,7	2,4	-	3,3	2,7
				2,7	3,0	5,1	2,3
3 Danchell D-75	Dänemark			3,0	-	3,6	5,0
				0,7	1,8	0,6	2,0
4 Agromatic	Dänemark			2,5	2,1	2,3	4,0
5 Scantronic	Dänemark			3,0	-	3,5	4,0
6 Agrofarm	Dänemark			2,3	-	5,0	2,0
7 Agromatic MR II	Dänemark			2,5	3,0	3,0	4,0
8 Quick-Tester M 80	Dänemark			2,5	3,0	3,0	2,5
9 Quick-Let	Dänemark			3,0	2,5	3,5	3,0
10 Quick-Tester U 82	Dänemark			6,0	-	5,0	6,0
				3,7	-	4,5	5,0
11 NJF 1210 Froment	Großbritannien	6,3		6,0	-	5,0	6,0

Tafel 2. Fehler von Geräten mit externer Probeneinwaage<sup>1)</sup>

Nr. Gerätetyp	Land	F <sub>Emax</sub> %	F <sub>Emittel</sub> %	F <sub>E</sub>			
				Weizen %	Roggen %	Gerste %	Hafer %
1 Cera-Tester (Foss Electric)	Dänemark			1,5	1,0	1,5	2,0
				2,0	1,5	1,5	2,5
				1,7	1,1	1,1	2,5
2 Twin-Tester MK4 (Kongskilde)	Dänemark	4,5	1,3	1,5	-	1,0	2,0
				2,0	1,2	3,7	4,5
3 ON-Farm Modell 900	USA	6,0	1,0	2,0	2,0	3,0	2,2
				2,0	2,0	2,1	2,2
4 NJF 1210 Froment	Großbritannien	5,5	0,65	2,8	4,5	3,0	5,1
5 TAK-25	Ungarn		0,8	1,2	1,5	1,5	-
6 EFG	DDR	4,0	0,6	2,0	-	2,1	-

Bild 1. Fehlerarten bei dielektrischen Feuchteschnellbestimmern für Getreide

**Fehler der Einzelmessung  $F_E$**

Differenz zwischen angezeigtem Wert und dem mit dem Wägetrocknungsvergleichsverfahren ermittelten Feuchtwert bei einer Messung

**Maximaler Fehler der Einzelmessung  $F_{E_{max}}$**

Maximale Abweichung des angezeigten Wertes von dem mit dem Wägetrocknungsvergleichsverfahren ermittelten Feuchtwert von einer bestimmten Anzahl von Einzelmesswerten

**Mittlerer Fehler der Einzelmessung  $F_{E_{mittel}}$**

Mittelwert des Betrags des Fehlers der Einzelmessung von einer bestimmten Anzahl von Einzelmesswerten

**Linearitätsfehler  $F_L$**

Größtmöglicher Fehler infolge Linearisierung einer nichtlinearen Abhängigkeit zwischen Meßgröße (Feuchte) und der als Maß für die Feuchte verwendeten elektrischen Größe

**Reproduzierbarkeitsfehler (Wiederholfehler)  $F_R$**

Maximale Abweichung der Einzelmesswerte vom Mittelwert aus mindestens 5 Einzelmessungen an der gleichen Probe

**Regressionsfehler  $F_{Rg}$**

Durch die Regression verursachter Fehler, Differenz zwischen der nichtlinearen wahren Kennlinie und der linearisierten Kennlinie (Regressionsgerade)

**Fehler der eingestellten Kalibrierkennlinie**

Konstante Abweichung – Mittelwert der Fehler der Einzelmessungen unter Berücksichtigung ihrer Vorzeichen. Er ist identisch mit dem mittleren Fehler der Einzelmessung, wenn alle Einzelfehler das gleiche Vorzeichen haben; er kann durch Parallelverschiebung der Kennlinie korrigiert werden

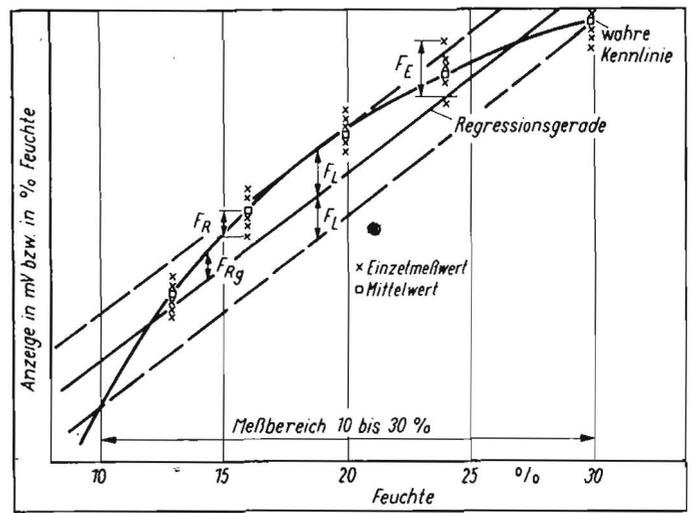
Anstieg/Empfindlichkeit – Fehler sind über den Meßbereich nicht konstant, nehmen mit der Feuchte zu oder ab. Sie können durch Kippen der Kennlinie korrigiert werden

**Temperaturgang**

Veränderung der Anzeige bei mit Getreide von 14% Feuchte gefülltem Meßkondensator im Temperaturbereich von 5 bis 35°C

**Langzeitstabilität der Kalibrierung**

Veränderung der Anzeige in vorgegebenen Zeitabständen (z. B. 6 Monate) und bei gleichen morphologischen Eigenschaften der Getreideproben, bezogen auf die Anzeige unmittelbar nach der Kalibrierung



Tafel 3. Fehler von Geräten mit interner Probeneinwaage<sup>1)</sup>

Nr. Gerätetyp	Land	$F_{E_{max}}$ %	$F_{E_{mittel}}$ %	$F_E$			
				Weizen %	Roggen %	Gerste %	Hafer %
1 DjGMT (Dickey-John)	USA	9,0	0,9	2,6 6,9	2,0 2,1	5,0 2,7	1,8 1,1
2 John Deere 9304	USA			2,3 2,0	2,1 -	3,1 4,0	2,3 2,2
3 Lindinger	USA			2,5	1,5	4,5	6,0
4 Walker	USA	7,0	0,65	2,0	2,4	2,9	4,9
5 Wile 100	Finnland			-	-	-	-
6 Kolos-1	UdSSR			2,0	2,0	2,0	2,0
7 Kolos-2	UdSSR			2,0	2,0	2,0	2,0

mechanischen zu elektrischen Einbauwaagen mit automatischer Nullpunktkontrolle und Korrektur der Abweichungen von der vorgeschriebenen Probenmasse [12].

**4. Metrologische Sicherung**

Die Kalibrierung und Prüfung von dielektrischen Getreidefeuchteschnellbestimmern und von Feuchtenormalen erfolgt mit Getreideproben, deren Feuchtegehalt mit dem standardisierten Wägetrocknungsvergleichsverfahren bestimmt wurden. Der Fehler dieses Verfahrens geht deshalb direkt in den Gerätefehler ein. Die erreichbare Genauigkeit des Wägetrocknungsvergleichsverfahrens liegt bei 0,1 bis 0,2% Feuchte, wobei dieser Grenzwert in der Praxis jedoch kaum erreicht wird. So ist z. B. in den Laboren der VEB Saat- und Pflanzgut ein Fehler von 0,5% Feuchte von Labor zu Labor noch zulässig

(TGL 6779/02), in der Getreidewirtschaft sind ähnliche Toleranzen vorhanden. Bei Vergleichsbestimmungen in verschiedenen Laboren wurden Abweichungen bis zu 1,5% Feuchte festgestellt.

Die Abweichungen sind vorwiegend systematischer Natur (Wiegefehler, Feuchteverluste beim Mahlen der Proben u. ä.). Die gegenwärtig übliche Genauigkeit der Labore beim Wägetrocknungsvergleichsverfahren reicht für die Kalibrierung und Überprüfung von dielektrischen Getreidefeuchteschnellbestimmern und Feuchtenormalen nicht aus. Im Zusammenhang mit der Vorbereitung zur Breitenanwendung sind in den Anwenderbereichen Referenzlabore zu benennen, die das Wägetrocknungsvergleichsverfahren mit einer möglichst hohen Genauigkeit beherrschen. Sie sind in die *Kalibrierung und Überprüfung von Getreidefeuchteschnellbestim-*

*mern und Normalen*, d. h. in das System der metrologischen Sicherung bei der dielektrischen Messung der Getreidefeuchte, voll zu integrieren.

Für die Kalibrierkontrolle dielektrischer Feuchtemeßgeräte werden international künstlich angefeuchtete Getreideproben vorgeschrieben [15]. Dabei ist genau festgelegt, wie die künstliche Befeuchtung des Getreides zu erfolgen hat.

Künstlich angefeuchtete Getreideproben ergeben bei gleichem Feuchtegehalt in dielektrischen Feuchtemeßgeräten eine andere Anzeige als naturfeuchtes Getreide. Die Anzeigendifferenzen betragen nach in der UdSSR durchgeführten Untersuchungen 0,6 bis 1% [2]. Nach einer Kalibrierung mit künstlich angefeuchteten Getreideproben sollte deshalb eine Überprüfung und ggf. Korrektur mit naturfeuchtem Getreide durchgeführt

Tafel 4. Fehler von Laborgeräten<sup>1)</sup>

Nr. Gerätetyp	Land	$F_{E_{max}}$ %	$F_{E_{mittel}}$ %	$F_E$			
				Weizen %	Roggen %	Gerste %	Hafer %
1 Multi Grain 700 (Dickey-John)	USA	2,8 3,0	0,4	1,5 2,0	1,9 -	3,0 -	2,5 -
2 GACII (Dickey-John)	USA	4,0		0,8 1,8	1,0 -	1,0 -	3,0 -
3 Super-Matic MKI	Dänemark		0,7 0,76				
4 Motomco 919	USA			0,8 2,0	- -	2,0 -	2,2 -
5 Steinlite SS-250	USA	4,0 2,0		1,5	-	-	-
6 Steinlite DM	USA	2,7		1,5	-	-	-
7 Steinlite RCT	USA	2,5		1,7	-	-	-

1) Erläuterung zu den Tafeln 1 bis 4

Die Fehleranalyse basiert vorrangig auf Firmenschriften, Prospekten, Prüfberichten und Veröffentlichungen. Verwendet wird die in der DDR übliche und vorgeschriebene Art der Fehlerangabe, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Dazu war es erforderlich, die Angaben aus der Literatur entsprechend aufzubereiten. Dabei waren erhebliche Schwierigkeiten zu überwinden, z. B. wird vor allem in Prospekten häufig nur der für den Hersteller günstigste Fehler, d. h. der kleinste Fehler (z. B. der Reproduzierbarkeitsfehler) angegeben, der mit dem Fehler beim Anwender so gut wie in keinem Zusammenhang steht.

Mehrere Fehlerangaben zu einem Gerät stammen aus verschiedenen Quellen. Die Fehler gelten für einen Feuchtebereich von etwa 10 bis 25%. Eine Berücksichtigung des Sorteneinflusses konnte nicht erfolgen, da in den zur Verfügung stehenden Quellen Angaben darüber fehlen, mit welcher Sorte die Fehlerermittlung erfolgte und mit welcher Sorte das Gerät kalibriert wurde. Die Größe der ermittelten Fehler ist von den morphologischen Unterschieden zwischen den für die Fehlerermittlung und für die Kalibrierung verwendeten Getreidesorten erheblich beeinflusst. Nur so ist es zu erklären, daß von verschiedenen Quellen für einen Gerätetyp unterschiedliche Fehler angegeben wurden.

bzw. über entsprechende Kalibriernormale der Bezug zu naturfeuchten Getreideproben hergestellt werden.

Die Fa. Foss Electric (Dänemark) hat für ein Laborgerät aus ihrer Produktion, das mit Probeneinwaage arbeitet, folgenden maximalen *Sorteneinfluß* für die 4 Hauptgetreidearten ermittelt [16]:

- Weizen 3,5% (12 Sorten)
- Gerste 3,5% (7 Sorten)
- Roggen 2,5% (3 Sorten)
- Hafer 2,0% (2 Sorten).

Aus eigenen Untersuchungen leitet sich ein Sorteneinfluß von etwa 1,5% bei Weizen und Gerste ab. In den Anwenderbereichen sind Untersuchungen zur Quantifizierung des Sorteneinflusses erforderlich. Die Kalibrierung von Meßgeräten ist grundsätzlich sortenspezifisch vorzunehmen.

Der Sorteneinfluß resultiert im wesentlichen aus Schwankungen der morphologischen Eigenschaften des Getreides, d. h. aus der sortenabhängigen Schüttdichte und deren Schwankungsbreite.

Bei Geräten, die keine Probeneinwaage erfordern, wird die geringe Meßgenauigkeit vor allem durch die Schüttdichteschwankungen verursacht, die hier eine gleichgroße relative Schwankung des Meßergebnisses bewirken (Tafel 1). Bei Geräten mit Probeneinwaage wird der Schüttdichteinfluß teilweise eliminiert. Der Einfluß von Inhaltsstoffschwankungen auf die Meßgenauigkeit dielektrischer Feuchtemeßgeräte ist im Vergleich dazu vernachlässigbar.

Abweichungen von der vorgeschriebenen *Probeneinwaage* wirken sich direkt auf die Anzeige aus. Der Fehler steigt mit der Feuchte an. Er verdoppelt sich etwa zwischen den Feuchtwerten 10 und 30%. Beim EFG bewirkt eine Abweichung von 1 g bei 14% Feuchte eine Anzeigeänderung von rd. 0,4% Feuchte. Bei Einhaltung der vorgeschriebenen Toleranz für die Probenmasse von 0,2 g ist ein Fehler von max. 0,1% zu erwarten. Er ist im Vergleich zu den anderen Fehlerquellen klein.

Zum Abwiegen der Getreideproben für dielektrische Getreidefeuchteschnellbestimmer sind Waagen mit einer Wiegegenauigkeit von kleiner als 0,5 g zu verwenden.

Der *Reproduzierbarkeitsfehler* wird vor allem durch die schwankende Schüttdichte beim Befüllen des Meßkondensators verursacht. Er steigt mit dem Feuchtegehalt der Probe leicht an und wird mit größer werdenden Meßkondensatoren kleiner. Bei Geräten ohne Probeneinwaage ist er größer als bei Geräten mit Probeneinwaage. Durch möglichst gleichbleibende Einfüllbedingungen (Verwendung einer Schüttvorrichtung) und durch optimale Kondensatorausführung wird er klein gehalten. Die Eliminierung des Reproduzierbarkeitsfehlers ist durch Wiederholmessungen mit der gleichen Probe und Mittelwertbildung möglich.

Der Reproduzierbarkeitsfehler wird von Herstellern irreführend oft als Gerätefehler angegeben. Er ist vergleichsweise klein, kann leicht ermittelt werden, und der Feuchtegehalt der Probe braucht dazu nicht bestimmt zu werden. Er ist jedoch unabhängig z. B. von Sorteneinfluß, Kalibriergenauigkeit, Temperaturgang und Kennlinienabweichungen.

Die verwendeten dielektrischen Meßgrößen hängen nichtlinear von der Feuchte ab. Zwischen den einzelnen Getreidearten, Sorten und auch innerhalb einer Sorte variieren die

Abhängigkeiten. Eine vollkommene Linearisierung der Kennlinien ist deshalb gerätetechnisch nicht möglich. Daher muß bei jedem Gerät mit einem mehr oder weniger großen *Linearitätsfehler* gerechnet werden. Durch eine nichtlineare Anzeige entsprechend der Kennlinie oder durch Umrechnungstabellen zwischen Anzeigewert und Feuchtwert kann er weitgehend eliminiert werden.

Der *Temperaturfehler* resultiert aus dem Gesamttemperaturgang der Geräte. Auch der Temperaturgang der dielektrischen Kenngröße ist nichtlinear abhängig vom Feuchtegehalt des Gutes. Die Abhängigkeiten variieren von Gutart zu Gutart und zwischen den Sorten. Deshalb wäre es technisch sehr aufwendig, eine optimale Temperaturkompensation für alle Gutarten und Sorten über den gesamten Feuchtebereich gerätetechnisch zu realisieren. Für die Temperaturkompensation von dielektrischen Getreidefeuchteschnellbestimmern kann für die in Frage kommenden Gutarten und bei einem Feuchtegehalt von 14% ein mittlerer Temperaturgang der dielektrischen Größe zugrunde gelegt werden. Er beträgt 0,1% Feuchte je 1 K bei einer Bezugstemperatur von 20°C.

Die *fehlerhafte Ermittlung und/oder Einstellung der Kalibrierkennlinie im Gerät* ist eine häufige und große Fehlerursache bei dielektrischen Getreidefeuchteschnellbestimmern. Eine lineare Kennlinie ist durch den Anstieg (Empfindlichkeit) und den Durchstoßpunkt festgelegt. Beide Größen können fehlerhaft ermittelt oder eingestellt worden sein. Bei einer optimal ermittelten und eingestellten Kalibrierkennlinie liegen die Abweichungen (Fehler) der Einzelmeßwerte symmetrisch zur Kennlinie. Ist dieses nicht der Fall, ist eine Kennlinienkorrektur erforderlich.

Vor allem von Alterungserscheinungen an den elektrischen Bauelementen wird die *Langzeitstabilität* der Kalibrierkennlinien beeinflusst. Angaben über die Langzeitstabilität von dielektrischen Getreidefeuchteschnellbestimmern sind aus der Literatur nicht verfügbar. Die Ermittlung der Langzeitstabilität ist schwierig und aufwendig, da eine Vielzahl von Faktoren einwirkt. Zur Ausschaltung von Fehlern sind periodisch (einmal im Jahr) Geräteüberprüfungen durchzuführen.

Die Art und Weise der *Probenahme* hat einen großen Einfluß auf die erreichbare Genauigkeit der Feuchtebestimmung von Getreide in der Praxis, denn es wird von der gemessenen Feuchte der Probe auf die Feuchte einer größeren Getreidemenge geschlossen. Das Problem besteht vor allem in der Erfassung einer repräsentativen Durchschnittsprobe. Die Fehler sind unabhängig von Meßgerät, Meßverfahren und Genauigkeit des Meßgeräts.

## 5. Zusammenfassung

Im Beitrag werden, basierend auf dem internationalen Stand der Gerätetechnik, die Meßfehler von dielektrischen Feuchteschnellbestimmern für Getreide analysiert. In Abhängigkeit vom gerätetechnischen Aufwand für die Probeneinwaage werden Fehler zwischen 0,8% und 6,0% erreicht.

Die wichtigsten Einflußfaktoren auf die Meßgenauigkeit sind die Fehler des Wägetrocknungsvergleichsverfahrens, der Sorteneinfluß sowie der Fehler bei der Probeneinwaage.

Die Bestimmung des Feuchtegehalts von Vergleichsproben nach dem Wägetrock-

nungsverfahren ist mit einem Fehler von 0,1 bis 0,2% Feuchte durchzuführen. Die Geräte sind sortenspezifisch zu kalibrieren. Gutarttypische Kalibrierkennlinien sind unter Berücksichtigung der Anbauhäufigkeit der Sorten auszuwählen. Die Getreideproben sind mit einem Fehler < 0,5 g einzuwiegen.

## Literatur

- [1] Keiser, H. v.: Getreidefeuchteschnellbestimmer. Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft Kiel, Sonderdruck-Kartei für Rationalisierung 4.3.1.0 (1979) S. 87-167.
- [2] Sekanov, I. P.: Kontrol' vlažnosti zerna v kolchozach i sovchozach (Feuchteüberwachung von Getreide in Kolchosen und Sowchosen). Moskau: Znanie 1977.
- [3] Paulsen, M. R.; Hill, L. D.; Dixon, B. L.: Corn Moisture Meter - To-Oven Comparisons (Getreidefeuchtemesser im Vergleich zum Wägetrocknungsverfahren). Transactions of the ASE, St. Joseph, Mich. (1984) S. 1917-1923.
- [4] Kornfeuchtmessgerät „Kolos-1“ mit elektronischer Ziffernanzeige. Agropribor Moskau, Prospekt (in russ. Sprache).
- [5] Ber, A.; Gel'fenbejn, S.; Ksil'gof, A.: Vlagomer „Kolos-2“ (Feuchtemesser „Kolos-2“). Mehanizacija i elektrifikacija sel'skogo chozajstva, Moskau (1987) 2, S. 24-26.
- [6] Dielektrische Getreidefeuchteschnellbestimmer. DLG-Prüfberichte (BRD), Gruppe 14b, Nr. 1688, 2006, 2276, 2554, 2895.
- [7] Dielektrische Getreidefeuchteschnellbestimmer. Statens Maskinprovningar (Schweden). Prüfberichte, Gruppe 50, Nr. 2334, 2335, 2336, 2508, 2912, 2915, 2916, 2917.
- [8] Dielektrische Getreidefeuchteschnellbestimmer. Statens jordbrugstekniske Forsog (Dänemark). Prüfberichte, Gruppe 9c, Nr. 46, 147, 222, 291, 321, 322.
- [9] Dielektrische Feuchteschnellbestimmer. pami Evaluation Report (Kanada). Prüfberichte Nr. E 2379 B, E 2378 C, E 2378 G, E 2378 I, E 2379 K, E 2379 E.
- [10] Fabian, Z.; Samu, M.: Gyor snedvessegmerök összehasonlito vizsgalata (Vergleichsprüfung von Schnellmeßgeräten für die Bestimmung der Feuchtigkeit von Korngetreide). Institut für Landtechnik Gödöllő, Studien über die Mechanisierung der Landwirtschaft (1980) S. 3-9.
- [11] Ratsche, A.: Wie genau arbeiten Getreidefeuchtemesser? top agrar, Münster (1983) 6, S. 68-70.
- [12] Matten, M.; Alstin, F.: GP Analyzer, annique combination of flexibility and speed in moisture measurement (Der GP Analyzer, eine unerreichte Kombination von Anpassungsfähigkeit und Geschwindigkeit in der Feuchtemessung). In: Focus - The Tecator journal of technology for chemical analysis, 9 (1986) 1, S. 6, 7 und 9.
- [13] Schindler, D.; Müller, H.-F., u. a.: Neues Kornfeuchtemeßgerät für die Getreide- und Feldwirtschaft. agrartechnik, Berlin 35 (1985) 6, S. 283-284.
- [14] Dittrich, F.: Transportabler Ganzkorn-Feuchteschnellbestimmer. agrartechnik, Berlin 36 (1986) 6, S. 249.
- [15] ISO-Standard 7700/1 Check of the calibration of moisture meters, Part 1: Moisture meters for cereals (Kontrolle der Eichung von Feuchtemeßgeräten, Teil 1: Feuchtemeßgeräte für Getreide). Ausg. v. 15. Juli 1984.
- [16] Super-Matic - Tabellen, Kurven und Sortenkarten. A/S N. Foss Electric Hillerød (Dänemark). A 4957