

Bild 4. Wärmeleistung von männl. Rindern in Abhängigkeit von der Temperatur; Vergleich von Meßergebnissen im Schrifttum (●) mit den Rechenwerten der DIN 18910 (○) nach Müller [6].

Standort	Häufigkeit von $\vartheta_a < 0^\circ\text{C}$ h/a
Oberstdorf	2137
München	1655
Hamburg	1185

Tafel 2. Häufigkeit von Temperaturen unter 0°C .

Aus dem Vergleich der Energiedefizite wird deutlich, daß sich im norddeutschen Raum als günstig erweisende Lösungen, z.B. bei der Wärmedämmung, in den Alpen durchaus anders einzuordnen sein können.

5. Zusammenfassung

Um die für den Wärmehaushalt eines Stalles maßgebenden baulichen und betrieblichen Einflußgrößen so dimensionieren zu können, daß die Jahreskosten für die erforderlichen Investitionen und für den Ausgleich des verbleibenden Wärmedefizits minimal werden, ist eine Bilanzierung der Wärmeenergien für den Stall notwendig. Es wird dafür ein Rechenmodell vorgeschlagen, das die Wärmeleistungsbilanz eines Stalles mit Häufigkeitsverteilungen der Außentemperatur verknüpft. Mit diesem Rechenverfahren läßt sich zeigen, wie sich eine Veränderung von wichtigen Einflußfaktoren auf die Energiebilanz auswirkt. Es wurden dabei Temperatur-Häufigkeitsverteilungen von Oberstdorf, München und Hamburg in die Berechnungen einbezogen, um auch den Einfluß des Außenklimas deutlich machen zu können.

Schrifttum

- [1] DIN 18910: Klima in geschlossenen Ställen – Wasserdampf- und Wärmehaushalt im Winter, Lüftung, Beleuchtung. Berlin: Beuth Vertrieb GmbH, 1974.
- [2] Englert, G.: Beeinflussung des Wärmehaushaltes von Stallgebäuden. Landtechnik Bd. 35 (1980) H. 1, S. 20/22.
- [3] Schüle, W.: Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Wärmedämmung von Wänden im instationären Zustand. Gesundheits-Ingenieur Bd. 78 (1957) H. 19/20, S. 3/18.
- [4] Janssen, J. u. F. Schoedder: Ableitung von Luftzustandsgrößen aus meteorologischen Daten. Grundl. Landtechnik Bd. 30 (1980) Nr. 3, S. 81/90.
- [5] Abshoff, A.J.: Stallklima und Stallklimagestaltung. Vortrag anlässlich einer Arbeitssitzung der KTBL-Arbeitsgemeinschaft "Agrartechnik in der Tierhaltung" am 23.11.79.
- [6] Müller, A.: Der Wärmeeinfall von Rindern. Zulassungsarbeit, Institut für Landtechnik der TU München, 1980.

Automatische Feuchteregelung von Getreidetrocknungsanlagen

Von Zsolt Fábíán und Mihály Samu, Gödöllő, Ungarn*)

DK 664.8.047:007.5:621.317.73

Die bedeutende Über Trocknung, die bei vielen Getreidetrocknern mit manueller Regelung zu beobachten ist, kann durch Anwendung einer automatischen Feuchteregelung weitgehend vermindert werden. Der beschriebene Feuchteregler kann für Schachttrockner verwendet werden; der Feuchtefühler ist am Ende der Trocknungszone untergebracht, die Regelung erfolgt über die Veränderung der Trocknungszeit. Die Genauigkeit der Regelung ist gegenüber der manuellen Lösung etwa dreimal höher, d.h. der mittlere relative Fehler für den Feuchtegehalt wird auf ein Drittel des Wertes bei manueller Regelung herabgesetzt. Bei automatischer Regelung kann der Feuchtegehalt des Trocknungsgutes in einem Bereich von 2 % eingehalten werden.

*) Dr. Z. Fábíán und M. Samu arbeiten in der Hauptabteilung für Grundlagenforschung und Meßtechnik des Instituts für Landtechnik (Direktor: Dr. Gyula Bánházi) Gödöllő, Ungarn.

1. Einleitung

Die landwirtschaftliche Produktion unserer Zeit ist durch eine umfassende Mechanisierung und in vielen Bereichen durch eine fast industriemäßige Produktion gekennzeichnet. Durch die Mechanisierung wurden die Vorbedingungen für eine weitere Entwicklung, die Automatisierung, geschaffen. Anstrengungen zur Automatisierung der landwirtschaftlichen Arbeitsprozesse sind auf einzelnen Gebieten recht ausgeprägt und auch auf dem Gebiet der Produktion von Getreide zu beobachten.

In Ungarn hat der Anbau von Getreide und besonders die Maisproduktion eine große Bedeutung, so daß die Entwicklung der entsprechenden Produktionssysteme auch in diesem Sektor am ehesten vor sich ging.

Bei der Ernte überschreitet der Mais mit einem Feuchtegehalt von $U = 25-40\%$ weitaus den Wert von 14% , der bei der Lagerung zugelassen werden kann. Deshalb muß das Erntegut im Interesse der sicheren Lagerung konserviert werden. Die Konservierung von Mais wird heute und sicher auch in der Zukunft größtenteils durch

künstliche Trocknung gelöst. Infolge der Zunahme der Maisproduktion begann eine groß angelegte Entwicklung der Trocknungskapazitäten: die alten Trockner niedriger Leistung wurden durch hochleistungsfähige Trocknungsanlagen, **Bild 1**, ersetzt. Die immer mehr zunehmenden Apparateabmessungen machen dabei eine Automatisierung insbesondere der Feuchterege­lung notwendig.

Im Laufe der Untersuchungen wurde die Erfahrung gemacht, daß in den Trocknungsanlagen das Erntegut übermäßig getrocknet wird; denn bei manueller Regelung können unter Berücksichtigung der Regulationsschwingungen und der ungleichmäßigen Verteilung der Feuchtigkeit die Anforderungen der sicheren Lagerung nur mit einer bedeutenden Übertrocknung befriedigt werden. Mit der Übertrocknung nehmen jedoch die Kosten der Trocknung und der Energieverbrauch zu, wobei auch der Nährwert des Erntegutes vermindert werden kann. Die auftretenden Verluste können durch eine automatische Feuchterege­lung der Getreidetrocknungsanlagen weitgehend reduziert werden.

Der Feuchtegehalt des Erntegutes, das in 9 Trocknungsanlagen im Laufe von 2–5tägigen Prüfungen getrocknet wurde (insgesamt 495 Meßwerte), betrug durchschnittlich 11 %, bei einer Streuung des Feuchtwertes von $\pm 1,9$ %. Dies bedeutet, daß bei den geprüften Trocknern etwa 70 % des gesamten Erntegutes auf Werte des Feuchtegehaltes zwischen 9 und 13 % getrocknet wurde. Innerhalb des für günstig gehaltenen Bereiches von 12–14 % fielen nur 43 % der gesamten Menge an. Der mittlere relative Fehler der Regelung betrug $\pm 13,7$ % – bezogen auf den Feuchtegehalt von $U = 14$ %.

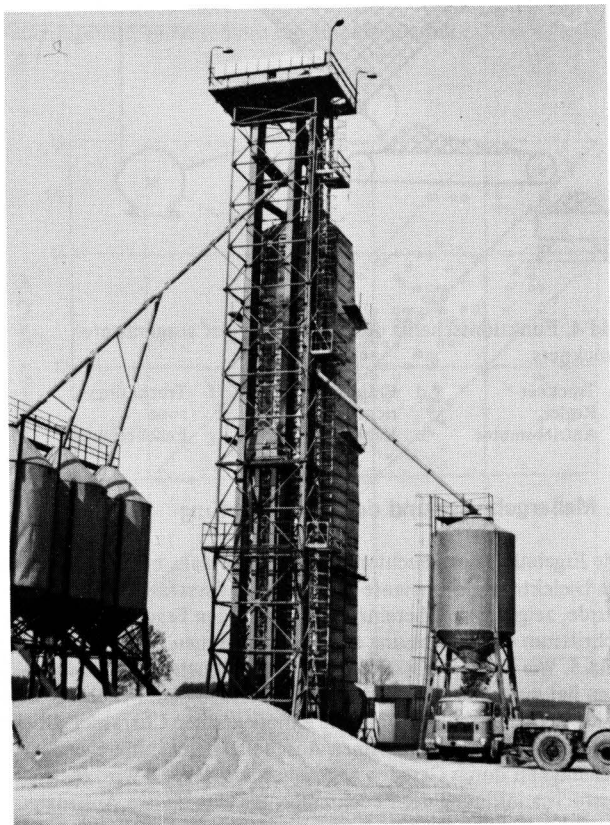


Bild 1. Getreidetrockner B 2-22.

2. Prinzipielle Lösung der Feuchterege­lung

Zur Lösung der Feuchterege­lung begann in den vergangenen Jahrzehnten eine groß angelegte Forschungsarbeit, und es zeichnete sich die Möglichkeit einer Lösung ab. Es entstanden zahlreiche Versuchsanlagen, deren Prüfungsergebnisse Erfolg versprochen.

Für die Feuchterege­lung von Getreidetrocknern sind heute zwei Methoden bekannt. Bei der einen wird der Feuchtegehalt des austretenden Erntegutes, bei der anderen die Temperatur gemessen und aufgrund des so erhaltenen Meßwertes die Trocknungszeit des Erntegutes durch eine Änderung der Frequenz bzw. Dauer des Entleerungsvorgangs geregelt. Die Temperatur der Trocknungsluft wird in beiden Fällen auf einem konstanten Wert gehalten. Aus der Sicht der Praxis scheint die Anwendung der Feuchtemessung zweckmäßiger zu sein. Für die Gestaltung des Feuchtefühlers sind zahlreiche Variationen entstanden, von denen die am besten geeignete ein kapazitiver Fühler ist, der den vollen Querschnitt des Trockners überwacht und dadurch die Fehlermöglichkeiten bei der Probenahme beseitigt. Der Feuchtegehalt des Erntegutes im kapazitiven Fühlersystem kann durch eine hochfrequente Messung der Kapazität des Fühlers bestimmt werden, wobei die Störgrößen (z.B. Temperatur) auf einem konstanten Wert gehalten oder kompensiert werden sollen. Diese Methode kann aber bei den heutigen Abmessungen der Trocknungsanlagen in dem empfohlenen Frequenzband nicht mehr verwendet werden. Zur Lösung der Aufgabe soll deshalb ein neues Meßprinzip erarbeitet werden.

Der Getreidetrockner stellt eine Regelungsstrecke mit Totzeit (bezogen auf den Materialstrom) und mit einem Verzögerungsglied erster Ordnung (bezüglich des Trocknungsvorganges) dar. Der geschlossene Regelkreis besteht aus dem Feuchtefühler, dem Regler und der Entleerungsvorrichtung als Stellglied, **Bild 2**.

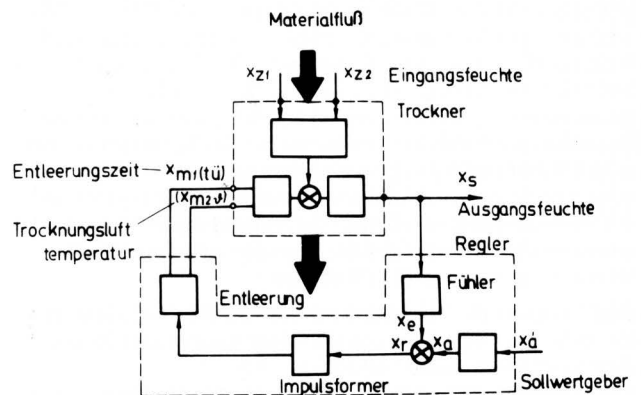


Bild 2. Aufbau des Regelkreises.

Der gewünschte Feuchtegehalt wird als Feuchte-Sollwert am Regler eingestellt. Der Istwert des Feuchtegehaltes wird durch den Fühler erfaßt und umgeformt. Dieses Signal wird vom Signal des Sollwertes abgezogen und die Differenz zum Impulsgeber des Stellorgans weitergeleitet. Das Signal für das Stellglied soll in der geregelten Einrichtung, der Trocknungsanlage, bewirken, daß die geregelte Größe (Gutsfeuchte am Trockneraustritt) vom vorgegebenen Sollwert auch bei Einwirken von Störgrößen, wie Feuchteschwankungen im eintretenden Gut und sich ändernden klimatischen Verhältnissen, möglichst wenig abweicht. Die Regelung wird im allgemeinen durch eine Veränderung der Verweilzeit des Gutes im Trockner über die Steuerung des Entleerungsvorganges verwirklicht. Die Temperatur der Trocknungsluft wird von einem eigenen Regelkreis auf dem gewünschten Wert gehalten.

Unter den Störgrößen stellt die Veränderung des Feuchtegehaltes des eintretenden Erntegutes die wesentlichste dar, die bei der Feuchterege­lung in erster Linie berücksichtigt werden muß. Der Wert des Feuchtegehaltes des eintretenden Erntegutes kann in Ungarn bei Mais zwischen 23 und 43 %, bei Weizen und sonstigen Getreidearten zwischen 18 und 25 % schwanken. Die übrigen Störgrößen, wie die Temperatur und Feuchte der Umgebungsluft, die Temperatur des eintretenden Erntegutes, die Qualität des Brennstoffes usw., können unter dem Begriff "klimatische Verhältnisse" zusammengefaßt werden. Sie haben im Hinblick auf die Feuchterege­lung geringere Bedeutung, ihr Einfluß kann durch die Regelung der Temperatur der Trocknungsluft wesentlich herabgesetzt werden.

Für die Güte der automatischen Feuchterege­lung ist in erster Linie die Gestaltung des entsprechenden Fühlers von Wichtigkeit. Unter den Faktoren, die die Genauigkeit der Feuchtemessung beeinflussen, sind die räumliche Feuchtigkeitsverteilung, die Temperatur und die Dichte des Erntegutes im Fühlerraum die wichtigsten.

Bei dem in Ungarn am weitesten verbreiteten Trocknertyp Bábolna wird die Temperatur der Trocknungsluft im allgemeinen auf etwa 120 °C gehalten; der Fehler der Regelung beträgt etwa ± 5 °C. Die Temperatur des austretenden Erntegutes schwankt bei gut eingestellten Trocknungsanlagen im letzten Abschnitt der Trocknungszone zwischen 60 und 70 °C. Die räumliche Verteilung der Gutsfeuchte zeigt — gemessen in der waagerechten Ebene — beträchtliche Schwankungen und weist damit auf die Ungleichmäßigkeit der Trocknung hin.

3. Darstellung des entwickelten Regelkreises

Die Kapazität des mit Erntegut gefüllten Feuchtefühlers liegt in der Größenordnung von Nanofarad, so daß zur Bestimmung der Kapazität die hochfrequenten Methoden nicht herangezogen werden können. Eine geeignetere Lösung stellt die Messung der Lade- und Entladezeit dieses Kondensators, der mit einem Widerstand in Reihe geschaltet wird, dar.

Die Messung wird in der Praxis mit Hilfe eines monostabilen Multivibrators realisiert, dessen zeitbestimmendes RC-Glied gebildet wird aus einem konstanten Widerstand und dem veränderlichen Meßkondensator mit dem zu messenden Gut. Die Impulsbreite des Multivibrators ergibt sich zu $t = \ln 2 C_x R$. Da die Kapazität des Kondensators C_x von der Feuchte des Gutes abhängt, stellt die Impulsbreite ein Maß für die Feuchte dar. Die höchstgenaue Messung der Zeit t erfolgt digital mit einem sehr stabilen Quarzgenerator. Durch eine entsprechende Auswahl der Meßfrequenz und des Widerstandes R sowie durch die Anwendung weiterer Kompensationselemente läßt sich am Anzeigergerät unmittelbar der Wert des Feuchtegehaltes in % ablesen.

Bild 3 zeigt als Blockschaltbild den Aufbau des Feuchtere­glers, der unter Anwendung der beschriebenen Meßmethode für den Feuchtegehalt entwickelt wurde:

Der Feuchtegehalt des Gutes am Ende der Trocknungszone W_{ki} wird vom Fühler E gemessen und im Umformer M — in Abhängigkeit vom Meßbefehlsgeber MV — in ein digitales Signal umgeformt, das einerseits am Anzeigergerät sichtbar gemacht wird, andererseits zusammen mit dem Signal des Feuchte-Sollwertes W_a zur Bildung des Signals für das Stellglied VH herangezogen wird, wobei ein Sollwert \dot{U}_a für den Entleerungsvorgang mit verarbeitet wird.

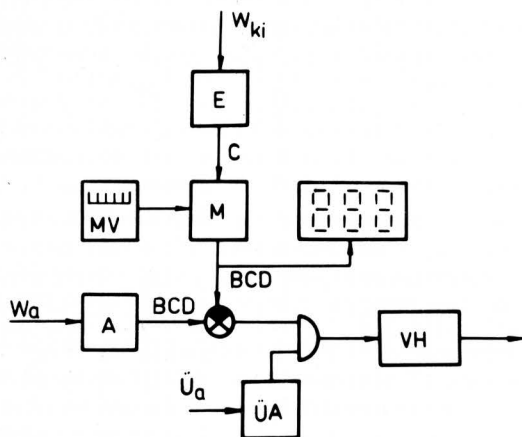


Bild 3. Blockschaltbild des Feuchtere­glers.

Der Anschluß des Reglers an die Trocknungsanlage ist aus dem Schema in **Bild 4** zu ersehen:

Das elektrisch isolierte Fühlersystem für die Feuchte g wird in dem Gutstrom im letzten Abschnitt der Trocknungszone f über den vollen Querschnitt des Trockners a angeordnet. Das Ausgangssignal des Reglers b wirkt auf den Antriebsmotor c der Entleerungsvorrichtung d . Das Erfassen des vollen Querschnittes hat den Vorteil, daß die Durchschnittsfeuchte des gesamten Gutstroms gemessen und kleinere Ungleichmäßigkeiten der Trocknung ausgeglichen werden.

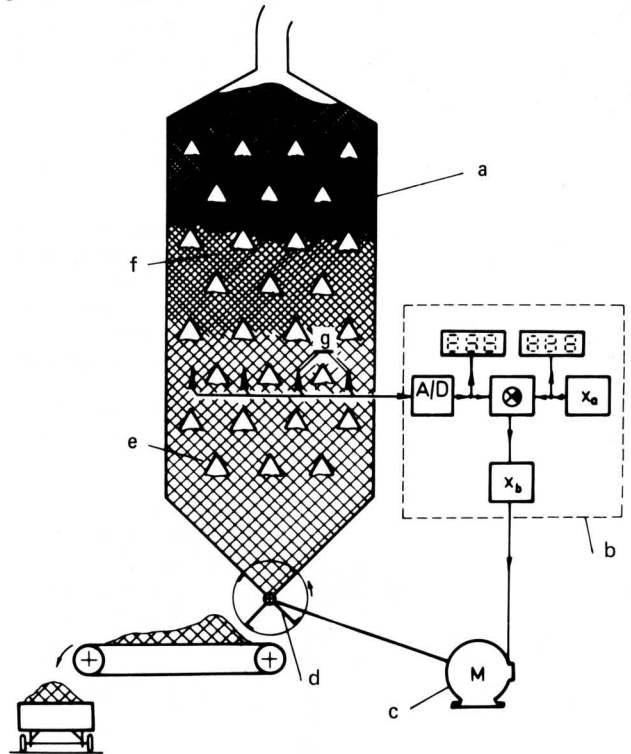


Bild 4. Funktionsschema des mit dem Regler ausgerüsteten Trockners.

- | | | |
|-----------------|--------------------------|------------------|
| a Trockner | d Entleerungsvorrichtung | f Trocknungszone |
| b Regler | e Kühlzone | g Feuchtefühler |
| c Antriebsmotor | | |

4. Meßergebnisse und deren Auswertung

Die Ergebnisse der Feuchtemessungen von Mais, bei denen von uns die Dielektrizitätskonstante mit dem Impulsverfahren bestimmt wurde, zeigen gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen, die im Schrifttum für die Messung mit Wechselströmen zu finden sind, **Bild 5**. Wie bei den Messungen mit hochfrequenten Wechselströmen hat auch hier die Abhängigkeit zwischen dem Feuchtegehalt und der Dielektrizitätskonstante exponentiellen Charakter. Doch kann die Funktion in einzelnen Abschnitten mit hinreichender Genauigkeit durch Geraden angenähert werden. So wird für die Versuchsanordnung der Feuchtemessung eine lineare Abhängigkeit zwischen Feuchtegehalt und Kapazität des Fühlers für den Bereich $U = 12-18$ % angenommen.

Die Feuchtemeßmethode mit Bestimmung der Impulsbreite zeigt bei der realisierten Meßeinrichtung unter Betriebsbedingungen bezüglich der Meßgenauigkeit günstige Werte, **Bild 6**.

Für insgesamt 176 Meßwerte des Feuchtefühlers der Regelung wurde in Kontrollmessungen der tatsächliche Feuchtegehalt bestimmt. Die Abweichungen zwischen den beiden Messungen, klassiert in Klassen der Breite 0,1 % Feuchtegehalt, ergeben die in **Bild 7** gezeigte Häufigkeitsverteilung. Die Abweichung des Zentralwertes von Null charakterisiert den korrigierbaren systematischen Meßfehler, die Streuung den zufälligen Fehler, die Zuverlässigkeit

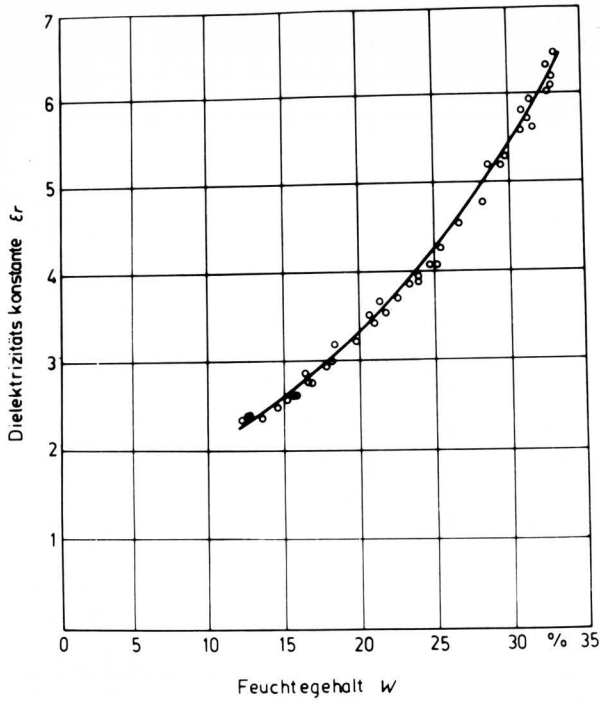


Bild 5. Dielektrizitätskonstante von Mais in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt, gemessen mit der Impulsmethode.

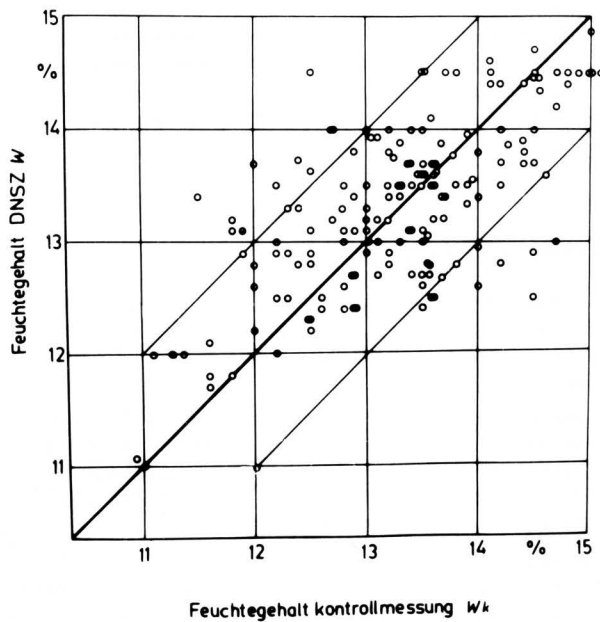


Bild 6. Feuchtegehalt, gemessen mit dem Feuchtefühler der Regelung, über dem Feuchtegehalt der Kontrollmessung.

der Meßmethode und ihre Reproduzierbarkeit. Dementsprechend beträgt der korrigierbare Fehler nur 0,05 % Feuchtegehalt, womit die richtige Kalibrierung des Meßgerätes nachgewiesen wird. Der mittlere Fehler der Meßreihe beträgt 0,44 %, der mittlere quadratische Fehler 0,56 % Feuchtegehalt, so daß beinahe 70 % aller Messungen innerhalb der Fehlergrenzen von $\pm 0,56$ % Feuchtegehalt liegen. Der mittlere relative Fehler beträgt 3,2 % – bezogen auf 14 % Feuchtegehalt.

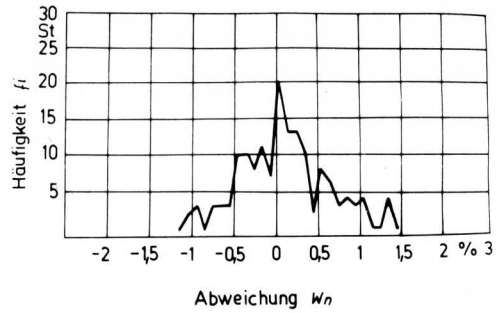


Bild 7. Häufigkeit der Abweichungen zwischen dem Feuchtegehalt der Messung über den Regler und dem Feuchtegehalt der Kontrollmessung.

Der Fehler von $\pm 0,56$ % Feuchtegehalt schließt auch die Fehler ein, die als Folge der Temperaturänderung des Erntegutes, der Veränderung der Dichte und der Nichtlinearität der Skala auftreten. Durch die Beseitigung dieser Fehlerquellen kann die Meßgenauigkeit weiter erhöht werden. Die praktischen Erfahrungen zeigen aber, daß in bezug auf den mittleren Fehler des Fühlers keine höhere Genauigkeit als 0,5 % Feuchtegehalt gefordert werden muß, entsprechend einem mittleren relativen Fehler von 3,5 %, bezogen auf den Feuchtegehalt $U = 14$ %. Aufgrund der bisherigen Darlegungen befriedigt die Meßgenauigkeit der Fühlereinheit der entwickelten Regelung die Anforderungen der Praxis.

Der von uns entwickelte Feuchteregler verwirklicht in Verbindung mit der Trocknungsanlage eine Zweipunktregelung. Zur Bestimmung der Güte der automatischen Regelung wurde an einem Getreidetrockner B-22, der mit dem Feuchteregler geregelt war, der Feuchtegehalt des ein- und austretenden Gutes bei unterschiedlichen Bedingungen registriert bzw. gemessen.

Diese Werte sind in Bild 8 über der Tageszeit aufgetragen. Der Feuchtegehalt des eintretenden Gutes (oben) schwankte zwischen 36 und 44 %. Ein Sprung im Feuchtegehalt von 36 auf 44 % vollzog sich gegen 8.00 Uhr im Verlauf von etwa einer halben Stunde. Der Sollwert für das austretende Gut war auf 14 % eingestellt. Der automatische Betrieb lief um 11.50 Uhr an, nachdem die Kalibrierung abgeschlossen war. Über der Zeitachse sind mit der dickeren Linie die Entleerungspausen mit angegeben. Die Dauer eines Entleerungstaktes war vom Beginn des automatischen Betriebes bis 18.30 Uhr auf 45 s (5 s Entleerung bei 40 s Pause) und danach auf 37 s (5 s Entleerung bei 32 s Pause) eingestellt. Aus dem Registrierstreifen kann der Gutsfeuchtegehalt auch in dem Fall, wo noch keine Entleerung stattfindet, entnommen werden. In Bild 8 liegt der Gutsfeuchtegehalt in den mit den Entleerungspausen gekennzeichneten Abschnitten über 14 %. Die Reduzierung des Feuchtegehaltes kann gut verfolgt werden, wobei beim Beginn der Entleerung der Wert des Feuchtegehaltes die Höhe von 14 % nicht erreicht.

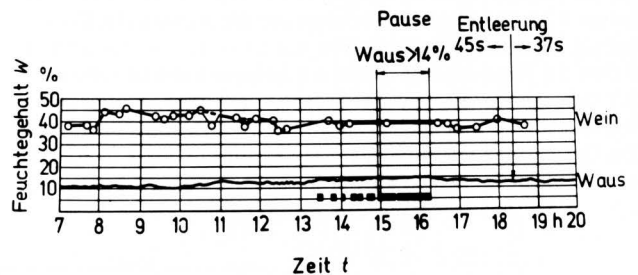


Bild 8. Registrierte Werte des Feuchtegehaltes von eintretendem Gut (oben) und austretendem Gut (unten).

Die Gleichmäßigkeit der Regelung, die Amplitude der Schwingungen, hängt in erster Linie von der Totzeit des Trockners ab. Bei dem Trockner B-22 kann die Auswirkung einer Änderung des Feuchtegehaltes des eintretenden Erntegutes auf den Feuchtegehalt des austretenden Gutes, das durch den Fühler hindurchgeht, nach etwa 7 Stunden wahrgenommen werden. Aus der großen Totzeit folgt auch die relativ lange Regelungszeit. Abhängig von der Größe und dem Vorzeichen der Veränderung der Störgrößen stellt sich das Gleichgewicht in 1–3 h ein. Die Amplitude der Überschwingungen bleibt unter 2 % Feuchtegehalt.

Die Vernachlässigung der Temperaturänderung und der Dichte des Erntegutes bedeutet bei der Regelung einen Fehler von etwa 0,5 % Feuchtegehalt. Der Temperaturfehler kann durch einfache Kompensation eliminiert werden. Der aus der veränderlichen Dichte folgende Fehler wird dann bedeutend, wenn am Trockner wegen des zu hohen Feuchtegehaltes über längere Zeit (1–2 h) keine Entleerung vorgenommen wird. Der Fehler kann dadurch beseitigt werden, daß in den längeren Entleerungspausen regelmäßig (etwa alle 10–15 min) ein Entleerungstakt eingeschaltet wird. Der Fehler infolge der Verdichtung führt zu übermäßiger Trocknung. Aus Bild 9 kann ein 5stündiger Abschnitt aus dem zeitlichen Verlauf des Feuchtegehaltes des austretenden Gutes, der für den ständigen Regelungsfehler charakteristisch ist, entnommen werden. Der Sollwert war auch hier 14 %.

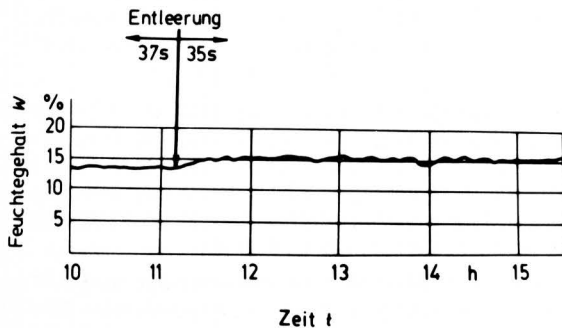


Bild 9. Verlauf des Feuchtegehaltes bei unterschiedlicher Länge eines Entleerungstaktes.

Die Dauer eines Entleerungstaktes war bis 11.10 Uhr 37 s und danach 35 s. Mit dieser Einstellung änderte sich der Feuchtegehalt des Gutes an der Meßstelle von 13 auf 14,5 %, von dem Regler wurde aber kein Trockengut mit einem höheren Feuchtegehalt als 14 % durchgelassen. Der Feuchtegehalt des Trockengutes verlief auf diese Weise zwischen 13 und 14 %, der ständige Fehler lag bei 1 % Feuchtegehalt.

Die Meßreihe nach Bild 10, die zur Bestimmung der Genauigkeit der Regelung aufgenommen wurde, enthält insgesamt 96 Angaben aus der 5tägigen betriebsmäßigen Trocknung mit der Trocknungsanlage B-22. Der mittlere Feuchtegehalt des austretenden Gutes betrug, bei dem eingestellten Wert von 14 %, 12,8 %, der mittlere Fehler der Regelung 0,56 %, der mittlere quadratische Fehler 0,7 % Feuchtegehalt, und dies bedeutet, daß der Feuchtegehalt von beinahe 70 % des gesamten Gutes zwischen 12,1 und 13,5 % lag. Der mittlere relative Fehler der Regelung betrug 4 % – bezogen auf einen Feuchtegehalt von 14 %.

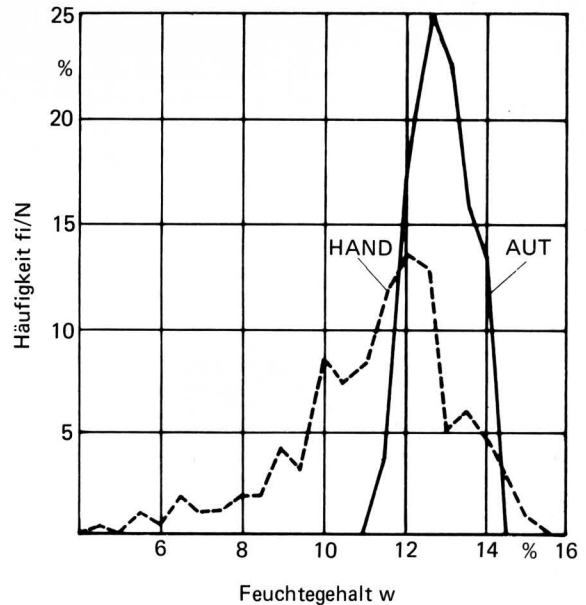


Bild 10. Häufigkeitsverteilungen der Feuchtegehalte von Mais bei automatischer Regelung und Regelung von Hand.

Die Vorteile der automatischen Feuchterege­lung werden in Bild 10 gut veranschaulicht. Die Häufigkeitsverteilung des Feuchtegehaltes bei automatischer Feuchterege­lung am Trockner B-22 wird die entsprechende Verteilung für einen manuell geregelten Trockner mit sehr ähnlichen Daten gegenübergestellt.

Bei manueller Regelung ergibt sich ein mittlerer Feuchtegehalt von 11 % bei einem mittleren relativen Fehler der Regelung von 13,7 % gegenüber einem mittleren Feuchtegehalt von 12,8 % und einem mittleren relativen Fehler von 4 % bei automatischer Regelung.

5. Zusammenfassung

Die bedeutende Übertrocknung, die bei Getreidetrocknungsanlagen mit manueller Regelung festzustellen ist, kann durch Anwendung einer automatischen Feuchterege­lung weitgehend vermindert werden.

Der beschriebene Feuchtere­gler kann für Schachttrockner verwendet werden. Der kapazitive Fühler ist am Ende der Trocknungszone angebracht, die Beeinflussung erfolgt durch die Veränderung der Trocknungszeit des Erntegutes über eine Steuerung der Entleerung in Zweipunktregelung.

Die Bestimmung der Kapazität des Fühlers wird mit der Impulsmethode vorgenommen. Der Zusammenhang zwischen der Dielektrizitätskonstanten und dem Feuchtegehalt von Mais weist bei der Bestimmung mit der Impulsmethode einen ähnlichen exponentiellen Charakter auf wie bei der hochfrequenten Methode. Der mittlere Fehler der Feuchtemessung beträgt nach unseren Untersuchungen $\pm 0,44$ % und der mittlere Fehler der Regelung $\pm 0,6$ % Feuchtegehalt, d.h. nur ein Drittel des bei manueller Regelung auftretenden Fehlers. Die Anwendung der automatischen Regelung ermöglicht somit gegenüber der manuellen Regelung eine wesentliche Kosteneinsparung.