

Über die Bedeutung von Ungleichmäßigkeiten des Getreidefeuchtegehaltes beim Füllen und Entleeren von Belüftungs- und Warmluftsatztrocknern

Von Clemens Kellermann, Bonn¹⁾

Zunächst werden die Ursachen für das Auftreten von Ungleichmäßigkeiten im Gutsfeuchtegehalt beim Füllen und Entleeren von Belüftungstrocknungsanlagen sowie von Warmluftsatztrocknern behandelt. Sodann wird dargelegt, inwiefern solche Ungleichmäßigkeiten beim Betrieb von Trocknungsanlagen und bei der Lagerung getrockneten Getreides einen nachteiligen Einfluß haben. Im letzten Teil wird dann auf die Möglichkeiten zur Beseitigung der Ungleichmäßigkeiten oder ihrer Folgeerscheinungen eingegangen. Eine Methode zur Beurteilung des Gleichmäßigkeitsgrades von gemischtem Getreide wird beschrieben.

Herkunft der Ungleichmäßigkeiten beim Befüllen

Die Frage nach den Ursachen der Ungleichmäßigkeit des Gutsfeuchtegehaltes bei der Befüllung von Trocknungsbehältern läßt sich relativ leicht und schnell beantworten: sie haben ihren Grund in unterschiedlichen Reifeverhältnissen zum Erntezeitpunkt innerhalb eines Schlages, in wechselnden Wetterverhältnissen während der Ernte und in der unterschiedlichen Ausreifung der Körner innerhalb der einzelnen Ähren.

Während die beiden erstgenannten Gründe im allgemeinen zu leicht feststellbaren Feuchtigkeitsunterschieden führen, weil jeweils größere Mengen anfallen, kann die unterschiedliche Ausreifung innerhalb der Ähren im Dreschgut wegen der sehr gleichmäßigen Verteilung nur durch Bestimmung des Einzelkornfeuchtegehaltes mit Hilfe von Präzisionsmeßgeräten nachgewiesen werden. Oxley [3] hat diese Erscheinung vor Jahren einmal exakt untersucht und ist zu der Feststellung gekommen, daß solche Unterschiede immer vorhanden sind, und zwar in jedem Reifezustand. Sie haben aber für die Praxis wegen ihrer sehr gleichmäßigen Verteilung im allgemeinen keine große Bedeutung.

Herkunft der Ungleichmäßigkeiten beim Entleeren

Bei der Frage nach der Herkunft der Ungleichmäßigkeiten bei der Entleerung der Trocknungsbehälter muß man zwischen den beiden genannten Trocknungsverfahren unterscheiden. Die Antwort ergibt sich fast von selbst, wenn man sich den jeweiligen Ablauf der Trocknung vergegenwärtigt.

Bei der Belüftungstrocknung wird das gesamte Gut bis auf den Gleichgewichtswert mit der relativen Luftfeuchte der eingblasenen Luft herabgetrocknet, und zwar unabhängig von der Höhe des Feuchtegehaltes des Getreides bei der Befüllung. Gewisse Schwankungen der relativen Luftfeuchte in Abhängigkeit von Tageszeit und Wetterverhältnissen sollten durch gesteuerten Betrieb von Luftanwärmvorrichtungen ausgeglichen werden, wirken sich im übrigen aber wegen der Hystereseerscheinung beim Feuchtigkeitsgleichgewicht kaum auf den Getreideendfeuchtegehalt aus. Bild 1 zeigt den von Wenner [5] festgestellten Trocknungsverlauf bei der Belüftungstrocknung. Wenn also bei der Entleerung von Belüftungstrocknungsbehältern Unterschiede im Feuchtegehalt des Gutes festgestellt werden, so kann das nur auf einen fehlerhaften Verlauf der Trocknung zurückzuführen sein. Der Fehler kann in zu früher

Beendigung der Belüftung oder auch in stark ungleichmäßiger Durchlüftung infolge von Verdichtungen im Getreide oder von Verstopfungen im Luftverteilsystem liegen.

Ganz anders liegen dagegen die Verhältnisse bei der Warmluftsatztrocknung. Die ständige Luftanwärmung, die je nach Außentemperatur bis zu 30°C betragen kann, führt zu einer weitgehenden Herabsetzung der relativen Feuchte der Trocknungsluft. Einige Zahlenbeispiele, die dem i - x -Diagramm von Mollier entnommen und in Bild 2 grafisch dargestellt sind, mögen dies verdeutlichen. Ausgehend von einer Außentemperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte von $\varphi_0 = 80\%$ führt eine Anwärmung um 3°C zu einer Senkung der relativen Luftfeuchte auf $\varphi_1 = 65\%$. In dieser Größenordnung liegt die Luftanwärmung bei der Belüftungstrocknung. Eine Anwärmung um 15°C senkt die relative Luftfeuchte auf $\varphi_2 = 34\%$, eine solche um 25°C auf $\varphi_3 = 18\%$.

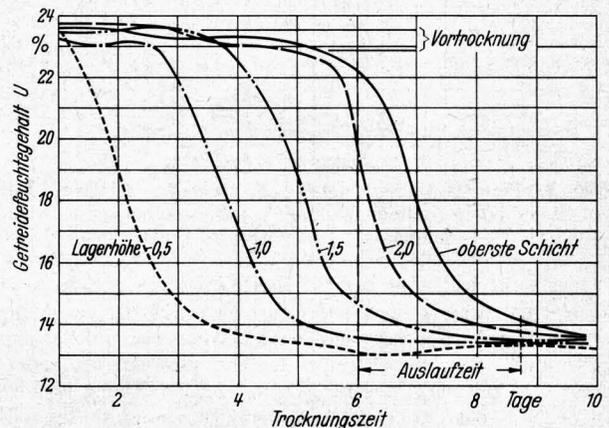


Bild 1. Verlauf der Trocknung in der Kornsäule bei der Belüftungstrocknung nach Wenner [5].

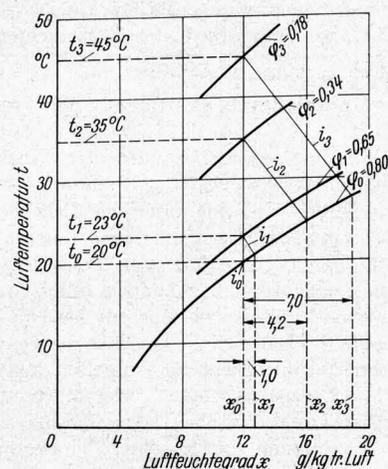


Bild 2. Zustandsänderung der Luft durch Anwärmung (nach dem i - x -Diagramm von Mollier).

¹⁾ Vorgetragen auf der 23. Tagung der Landmaschinen-Konstrukteure in Braunschweig-Völkenrode am 15. Oktober 1965.

Dr. agr. Clemens Kellermann ist wissenschaftlicher Assistent im Institut für Landtechnik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. C. H. Dencker) der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität Bonn.

Anhand der Gleichgewichtskurven für Luft- und Getreidefeuchte von Sprenger [4], die in Bild 3 wiedergegeben sind, läßt sich nun erkennen, mit welchen Endfeuchtegehalten beim Getreide zu rechnen ist, wenn es längere Zeit mit so trockenerer Luft durchblasen wird. Für die beiden Zahlenbeispiele ergeben

sich Endfeuchtegehalte von 9,5 bzw. 7,2%. Solches Getreide muß als erheblich untertrocknet angesehen werden. Allerdings ist damit keine Gefahr einer Getreideschädigung verbunden, wie eindeutige Untersuchungen von *Whymper* und *Bradley* [6] ergeben haben. Trocknungsschäden sind fast immer auf Einwirkung zu hoher Trocknungstemperaturen auf feuchtes Getreide zurückzuführen.

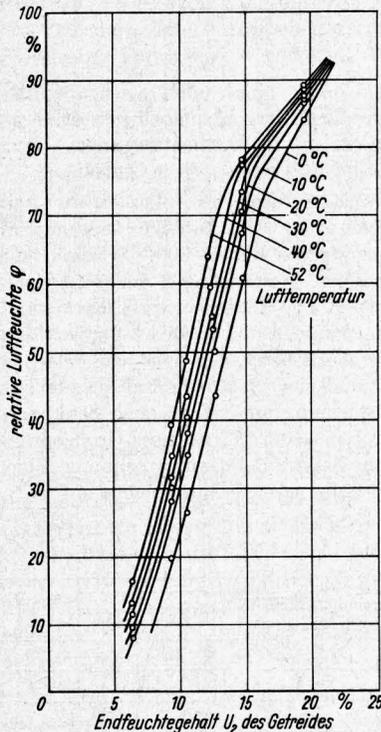


Bild 3. Feuchtigkeitsgleichgewicht zwischen relativer Luftfeuchte und dem Endfeuchtegehalt von Weizen bei verschiedenen Temperaturen nach *Sprenger* [4].

Insgesamt soll aber der Behälterfüllung nur gerade so viel Wasser entzogen werden, daß sich rechnerisch der gewünschte mittlere Getreidefeuchtegehalt ergibt. Wenn also auf der einen Seite untertrocknetes Getreide entsteht, muß auf der anderen Seite zum Zeitpunkt der Beendigung der Trocknung noch Getreide mit entsprechend über dem Durchschnitt liegenden Feuchtegehalt im Behälter vorhanden sein. **Bild 4** zeigt dies im Prinzip bei den drei Grundbauarten der Trocknungsbehälter. Es liegt also im Wesen der Warmluftsatztrocknung, daß bei Beendigung des Trocknungsvorganges im Trocknungsbehälter mehr oder weniger starke Unterschiede im Gutsfeuchtegehalt vorhanden sind.

Einflüsse der Ungleichmäßigkeiten auf den Trocknungsvorgang

Bei der Belüftungstrocknung können sich Ungleichmäßigkeiten im Gutsfeuchtegehalt bei der Befüllung der Behälter dahingehend auswirken, daß eine unterschiedliche Geschwindigkeit im Fortschreiten der Trocknungszone innerhalb des Behälters auftritt. Bereits vor Ende der Trocknung stößt die Trocknungszone stellenweise nach außen durch, während an anderen Stellen im Behälter noch feuchtes Getreide vorhanden ist. An den bereits trockenen Stellen verläßt die Trocknungsluft das Getreide, ohne daß ihre Wasseraufnahmefähigkeit ausgenutzt wird. Es geht also Energie ungenutzt verloren, wodurch sich die Trocknungsbetriebskosten erhöhen. Andererseits könnte bei gleichmäßiger Ausnutzung der gesamten Trocknungsluft das vollständige Durchtrocknen des Behälterinhaltes früher beendet sein, so daß durch ungleichmäßige Durchtrocknung auch Trocknungskapazität verlorengeht. Solange sich solche örtliche Ungleichmäßigkeiten in der Durchtrocknungsgeschwindigkeit jedoch in Grenzen halten, ist damit nur eine etwas zeit- und kostenaufwendigere Trocknung verbunden. Bei großen Ungleichmäßigkeiten können dagegen die Trocknungszeiten an einzelnen Stellen im Behälter so lang werden, daß qualitative Schädigungen des Getreides durch Schimmelbildung eintreten

können, soll doch Getreide mit mehr als 22% Feuchtegehalt nach spätestens 6 Tagen abgetrocknet sein.

Erfolgt die Belüftungstrocknung in Flachbehältern, so bereitet die Anwendung von Vorsorgemaßnahmen gegen Gefahren dieser Art kaum Schwierigkeiten. Bei gleichmäßigem Auffüllen der Behälter werden ungleich feuchte Getreidepartien schichtweise eingefüllt und dann von der Trocknungsluft quer durchströmt. Erreicht die Trocknungszone dann solche Schichten, so verlangsamt sich hier ihre Fortschrittgeschwindigkeit gleichmäßig über dem gesamten Behälterquerschnitt. Sehr viel anders ist es bei Trocknungsbehältern mit waagerechter bzw. radialer Durchlüftung. Hier strömt die Trocknungsluft parallel zu den eingefüllten Schichten. Bei Ungleichmäßigkeiten kommt es daher zu starken Verzerrungen der Trocknungszone. Ein Erkennen des Endes der Durchtrocknung ist hier sehr schwierig, da eine Beurteilung der zugänglichen oberen Schichten nichts über die Verhältnisse im Behälterinnern aussagt. Das Behälterinnere aber ist nur über Probeentnahmeöffnungen zugänglich; da diese sehr selten in großer Zahl vorhanden sind oder benutzt werden, wird ein Erkennen feucht gebliebener Zonen zur Glücksache. Die Bedienungsanweisungen für solche Trockner empfehlen daher gewöhnlich eine Umlagerung nach zwei- bis dreitägiger Belüftungszeit, wenn mit sehr hohen oder stark ungleichmäßigen Feuchtegehalten eingefüllt wurde.

Bei der Warmluftsatztrocknung erschweren Ungleichmäßigkeiten im Gutsfeuchtegehalt die ohnehin nicht ganz einfache Bedienung und Handhabung. Das gilt besonders in bezug auf die Bestimmung der für eine Charge erforderlichen Trocknungsdauer. Dafür ist neben der Getreidemenge vor allem der Feuchtegehalt des Getreides zu ermitteln. Bei den in der Landwirtschaft angewandten Bestimmungsmethoden des Feuchtegehaltes wird das Ergebnis um so ungenauer, je stärker die Einzelwerte schwanken. Mit der gleichen Ungenauigkeit wird dann auch die Trocknungsdauer festgelegt, so daß der angestrebte Endfeuchtegehalt nur mit einer erheblichen Unsicherheit erreicht wird.

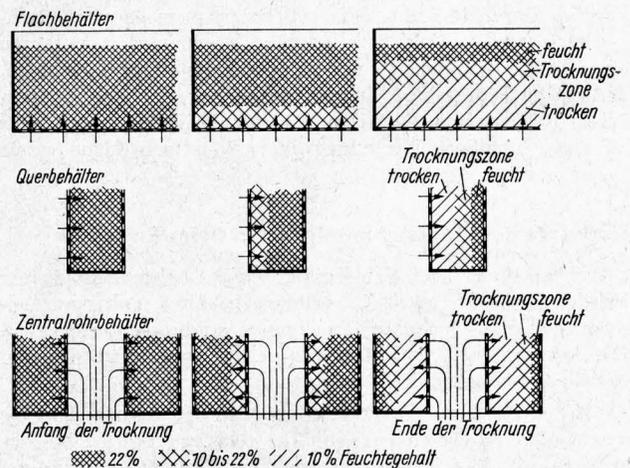


Bild 4. Prinzip des Trocknungsverlaufes bei den drei Grundbauarten der Warmluftsatztrocknungsbehälter.

Wird das Ende der Trocknungszeit durch Messung des Sättigungsgrades der aus dem Trockner austretenden Luft ermittelt, so dürfte die von Ungleichmäßigkeiten ausgehende unterschiedliche Fortschrittgeschwindigkeit der Trocknung ebenfalls leicht zu einer Fehlbeurteilung führen. Die systembedingte Ungleichmäßigkeit bei Beendigung der Trocknung wird durch eine Verschiebung der Trennlinie zwischen noch feuchten und bereits getrockneten Körnern überlagert, was notwendigerweise auch zu einem andersgearteten Ausfließen und Vermischen bei der Entleerung der Behälter führen muß. Wie aus dem Beitrag von *Vogelej* [8] zu ersehen ist, haben darauf aber noch andere Faktoren einen Einfluß, die in ihrer Wirkung sehr viel stärker hervortreten können.

Insgesamt treten aber durchweg weniger Ungleichmäßigkeiten im Gutsfeuchtegehalt bei der Füllung von Satz Trocknern auf als bei Belüftungstrocknern. Dies hängt ausschließlich mit der unterschiedlichen Größe der Behälterfüllungen zusammen. Be-

lüftungsbehälter fassen häufig den Gesamtertrag mehrerer Mähdruschtage, während Satztrockner mit einer Tagesdruschleistung bereits zweimal oder mehr gefüllt werden können. Wetter- und tageszeitbedingte Schwankungen führen hier zu Unterschieden von Füllung zu Füllung.

Folgen von Ungleichmäßigkeiten während der Lagerung

Die Belüftungstrocknung kann aus der Betrachtung ausgeschlossen werden, da dort keine Ungleichmäßigkeiten im Feuchtegehalt des Gutes vorkommen dürfen. Im Warmluftsatztrockner bestehen jedoch bei Beendigung des Trocknungsvorganges starke Ungleichmäßigkeiten, die in geordneter Form vorliegen: Die trockenen Bereiche sind von den feuchten räumlich eindeutig getrennt. Beim Leerlaufen fließt alles Getreide entsprechend der Leerlaufcharakteristik des jeweiligen Behälters aus. Im ausgelauenen Gut müssen zunächst, solange noch kein Ausgleich eingetreten ist, die gleichen Ungleichmäßigkeiten vorhanden sein. Es liegt aber nach der Entleerung keine geordnete Verteilung mehr vor.

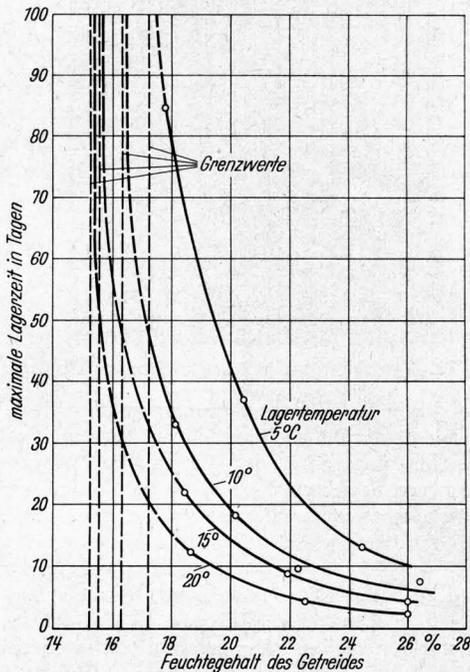


Bild 5. Lagerfähigkeit von Roggen in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtegehalt.

Die Frage nun, worauf Ungleichmäßigkeiten nach der Entleerung von Trocknungsbehältern einen Einfluß haben, ist mit wenigen Worten beantwortet. Ein Getreidekorn ist schadensfrei nur dann über längere Lagerzeit haltbar, wenn sein Wassergehalt einen temperaturabhängigen Schwellenwert nicht übersteigt. Untersuchungen über die Haltbarkeit von Roggen in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtegehalt wurden von *Bewer* [1] durchgeführt. **Bild 5** zeigt das Ergebnis dieser Untersuchungen. Ungleichmäßigkeiten bergen danach die akute Gefahr in sich, daß zunächst in sogenannten feuchten Nestern Verderbensprozesse einsetzen. Diese Prozesse können durch Energieumsetzungen zu Selbsterwärmung führen, wodurch die Entwicklungsbedingungen für Mikroorganismen begünstigt werden, so daß schließlich ein Lagerposten, dessen Durchschnittsfeuchtegehalt an und für sich niedrig genug liegt, von Verderb bedroht ist. Zu erwähnen ist noch, daß Energieumsetzungen im Getreidekorn auf der einen Seite Substanzverluste bedeuten, zum anderen aber auch Wasser frei setzen, worin eine weitere Begünstigung von Verderbensprozessen liegt. Insgesamt gesehen haben diese Vorgänge den Charakter einer Kettenreaktion: Sie beginnen langsam in kleinen Nestern und geraten dann plötzlich außer Kontrolle.

Damit kommt den Ungleichmäßigkeiten des Feuchtegehaltes bei der Entleerung eine ungleich größere Bedeutung zu als denen bei der Befüllung. Sollen Getreideschädigungen vermieden werden, so müssen die Ungleichmäßigkeiten beseitigt oder Maß-

nahmen zur Abwendung ihrer möglichen Folgen getroffen werden.

Ausgleich der Feuchtigkeitsdifferenz durch Mischen

Die einzige Möglichkeit zur Beseitigung der Ungleichmäßigkeiten besteht im Mischen. Es muß versucht werden, die feuchten und trockenen Partien so miteinander zu vermischen, daß eine größtmögliche Gleichmäßigkeit in der Verteilung erreicht wird; etwa so, wie die unterschiedlich ausgereiften Körner einzelner Ähren verteilt sind, und zwar in nicht geordneter idealer Verteilung. Solche Mischungen kann man auch als homogen bezeichnen. In homogenen Mischungen erfolgt in verhältnismäßig kurzer Zeit ein Ausgleich der Feuchtigkeit. Auf die Geschwindigkeit des Ausgleiches haben die Lagertemperatur, die Feuchtegehaltsdifferenz und die Getreideart einen Einfluß, wie **Bild 6 bis 8** zeigen [2]. Wie aus allen drei Darstellungen zu ersehen ist, ist der Ausgleich nicht vollständig. Der Grund dafür ist in der Hysterisis des Sorptionsgleichgewichtes zu suchen. Die Höhe der verbleibenden Differenz wird im wesentlichen durch die Ausgleichstemperatur bestimmt; sie beträgt bei 10°C etwa 1,5%, bei 25°C etwa 0,5%.

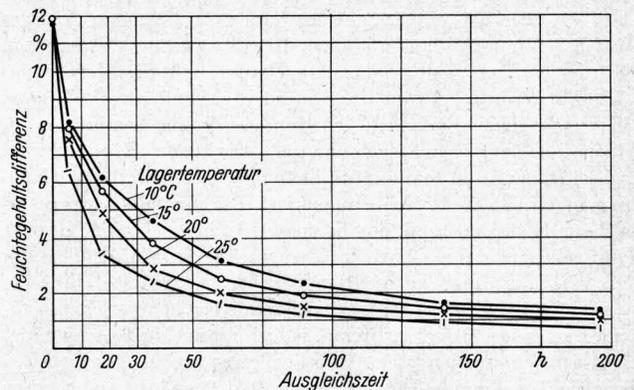


Bild 6. Einfluß der Lagertemperatur auf den Feuchtigkeitsausgleich bei Gerste bei 12% Ausgangsfeuchtegehaltsdifferenz.

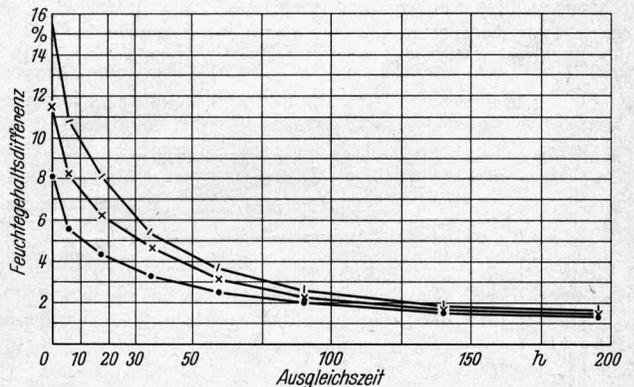


Bild 7. Einfluß der Feuchtegehaltsdifferenz (8%, 12% und 16%) auf die Geschwindigkeit des Ausgleiches bei einer Lagertemperatur von 10°C (Gerste).

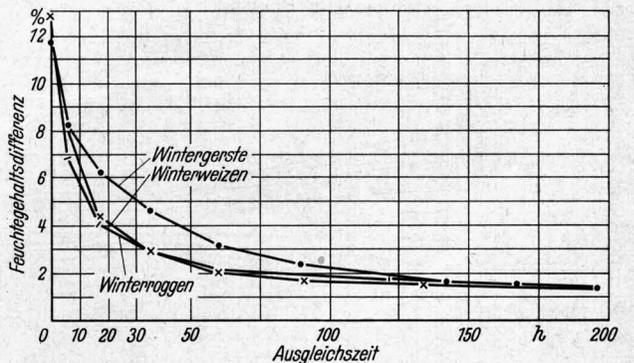


Bild 8. Feuchtigkeitsausgleich bei verschiedenen Getreidearten bei einer Feuchtegehaltsdifferenz von 12% und einer Lagertemperatur von 10°C.

Für die Gesunderhaltung gemischten Getreides entscheidend ist anscheinend die Tatsache, daß ein Ausgleich der relativen Luftfeuchte der Porenluft in der Umgebung der Körner innerhalb weniger Minuten erfolgt und daß eine Entwicklung von Schimmelpilzen dann nicht mehr erfolgt, wenn diese relative Luftfeuchte einen Schwellenwert nicht übersteigt. Williamson [7] faßt das folgendermaßen zusammen: „Obgleich eine Reihe von Tagen für den Ausgleich der Kornfeuchten vergehen, ist der feuchte Anteil einer Mischung der Gefahr eines Verderbs entzogen, sofern der mittlere Feuchtegehalt der Gesamtmischung unter der kritischen Grenzfeuchtigkeit liegt.“ Diese Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen eigener Untersuchungen [2].

Ausgleich der Feuchtegehaltsdifferenz nur durch Diffusion

Wie aber verläuft der Ausgleich, wenn keine homogene Mischung vorliegt und die Verteilung der Ungleichmäßigkeit des Feuchtegehaltes vom Idealwert abweicht? Der Feuchtigkeitsausgleich kann dann nicht mehr unmittelbar von Korn zu Korn erfolgen, sondern die Feuchtigkeit muß einem Dampfdruckgefälle folgend mehr oder weniger lange Wege durch Diffusion überwinden. Dieser Vorgang beansprucht Zeit. Es tritt ein Wettlauf ein zwischen einem Schlechtwerden des feuchten Anteiles durch Schimmelbildung und einer Herabtrocknung der feuchten Körner auf so niedrige Feuchtegehalte, daß die Gefahr des Schlechtwerdens gebannt ist. Räumlich verläuft dieser Vorgang in verschiedener Richtung. Die Herabtrocknung beginnt an der Trennlinie zwischen feuchten und trockenen Körnern und schreitet dann mit temperaturabhängiger Geschwindigkeit langsam in das feuchte Getreide hinein fort. Die ebenfalls temperaturabhängige Schimmelbildung beginnt bei den feuchteren Körnern und schreitet dann solange zu den trockneren hin fort, bis der Entwicklung durch zu niedrige Feuchtigkeitsgehalte ein Ende gesetzt wird. Beide Vorgänge verlaufen bei höheren Temperaturen schneller als bei niedrigen, jedoch nimmt die Geschwindigkeit der Schimmelentwicklung schneller zu als die Geschwindigkeit der Trocknung. Dies kann aus **Bild 9 und 10** entnommen werden, die das Ergebnis eigener Untersuchungen wiedergeben. In diesen Versuchen wurde in luftdicht verschlossenen Glasröhren feuchter Roggen über trockenem Roggen gelagert. Das feuchte wie das trockene Getreide war durch eingelegte Drahtgazescheiben in Einzelschichten von je 2 cm Dicke unterteilt,

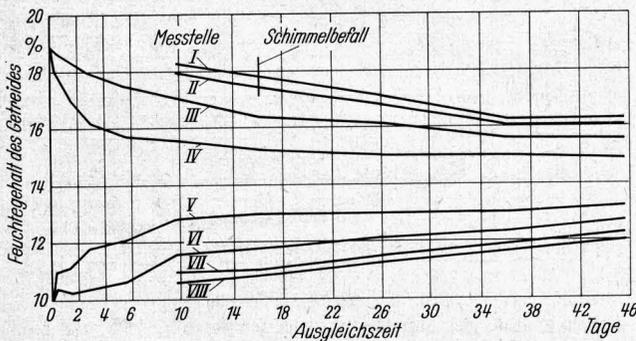


Bild 9. Feuchtigkeitsausgleich zwischen einer feuchten (18,8%) und einer trockenen (10,0%) Getreideschicht bei 15°C Lager-temperatur (Roggen).

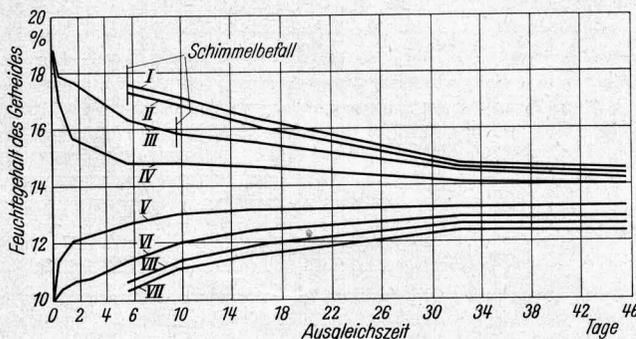


Bild 10. Feuchtigkeitsausgleich zwischen einer feuchten (18,8%) und einer trockenen (10,0%) Getreideschicht bei 25°C Lager-temperatur (Roggen).

wie aus **Bild 11** ersichtlich ist. Die Lagerung erfolgt bei +15°C und bei +25°C. Bild 9 und 10 zeigen nun den Verlauf des Feuchtegehaltes in den einzelnen Schichten (Trocknung der feuchten, Anfeuchtung der trockenen). Außerdem sind die Zeitpunkte markiert, zu denen sichtbar Schimmelbildung in den feuchten Schichten auftrat. Die Auswertung dieser Versuche ergab dann, daß die wirksame Eindringtiefe der Diffusion in die feuchte Schicht nur etwa 3 cm beträgt. Der Gefahr einer Schädigung sind also nur die Körner entzogen, die weniger als 3 cm von der Trennlinie zwischen feucht und trocken entfernt sind.

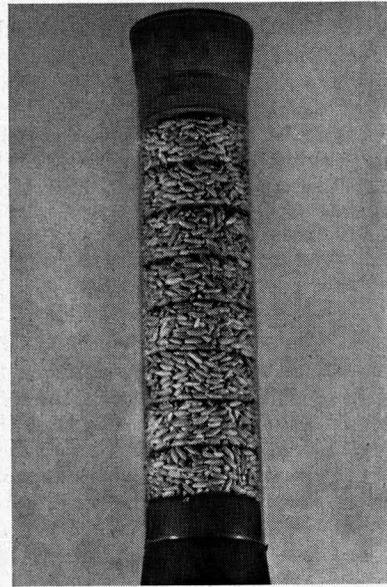


Bild 11. Versuchsröhre mit geschichtetem Roggen.

Bei den diesen Darstellungen zugrunde liegenden Untersuchungen konnte die Diffusion nur in einer Richtung verlaufen. In Getreideschüttungen wird normalerweise die Ungleichmäßigkeit in Form von Schichten, Schlieren oder Nestern vorliegen. Die Feuchtigkeitsbewegung ist dann nach zwei oder gar nach allen Seiten gerichtet, so daß die Stärke dieser Schichten unbedenklich 6 cm betragen darf. Am Ausgleich beteiligt ist außerdem das trockene Material, das die Feuchtigkeit aufzunehmen hat. Bei einem Mischungsverhältnis von 1 : 1 wären das ebenfalls 6 cm starke Schichten. Die gesamte Getreideschicht, die am Feuchtigkeitsausgleich beteiligt ist, hat also eine Stärke von 12 cm. Daraus kann nun geschlossen werden, daß ein Getreideposten dann als gut gemischt anzusehen ist, wenn an jeder Stelle des Postens innerhalb eines Getreidevolumens, dessen größter Durchmesser 12 cm nicht übersteigt, ein dem Gesamtposten entsprechendes Mischungsverhältnis vorliegt. Das bedeutet auch, daß der Feuchtegehalt dieses Getreidevolumens dann dem Mittelwert des Gesamtpostens weitgehend entspricht. Die Feuchtigkeitsverteilung und damit die Güte der Mischung kann daher mit Hilfe der Feuchtegehaltsbestimmung beurteilt werden. Zu dem Zwecke sind an möglichst vielen Stellen aus der Schüttung oder in gleichmäßigen Abständen aus einem fließenden Getreidestrom 11 große Proben zu entnehmen und deren Feuchtegehalt zu bestimmen. Diese Probengröße entspricht etwa dem Inhalt einer Kugel mit 12 cm Durchmesser.

Gütegrad der Mischung

Aus der Streuung der Feuchtegehalte dieser Proben könnte nun ein Gütemaß für die Mischung festgelegt werden, aber das ist insofern sinnlos, als die zulässige Streuung einer Mischung von der Höhe ihres Durchschnittsfeuchtegehaltes bestimmt wird. Brauchbar ist nur ein Kriterium: Die Streuung der Meßwerte muß so gering sein, daß kein Einzelwert über dem durch die Lagertemperatur gegebenen höchstzulässigen Wert liegt. Um das zu erreichen, müssen die einzelnen Mischvorgänge entweder allein oder durch Wiederholung eine genügende Wirksamkeit aufweisen.

Die erste Vermischung erfolgt durch das Leerlaufen des Trocknungsbehälters. Der Umfang und die Wirksamkeit dieser

Ausflußvermischung wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflußt, worüber im Beitrag *Vogelely* [8] Näheres berichtet wird. Durch konstruktive Maßnahmen seitens der Hersteller aber auch durch Sorgfalt bei der Bedienung des Trockners kann die Intensität der Vermischung beim Entleeren der Behälter stark gefördert werden.

In eigenen Untersuchungen [2] wurde an einer Flachbehälter-Satz Trocknungsanlage die in **Bild 12** wiedergegebene Streuung des Feuchtegehaltes der Proben festgestellt. Wie daraus zu ersehen ist, waren nach der Entleerung noch zwei weitere Mischvorgänge nötig, um eine ausreichende Gleichmäßigkeit herbeizuführen.

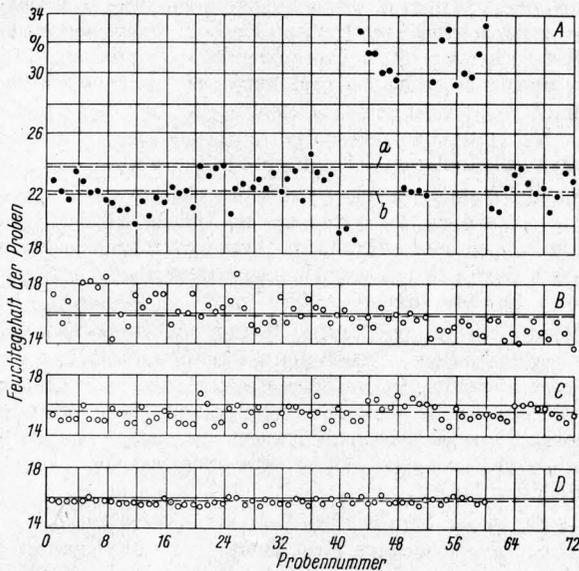


Bild 12. Schwankung des Feuchtegehaltes einer Roggenpartie.

- A Streuung des Feuchtegehaltes der Proben vor der Trocknung
 a Mittelwert aus allen Proben
 b Mittelwert ohne extrem feuchte Proben
 B Streuung nach der Trocknung und nach der ersten Durchmischung
 C Streuung nach der Umlagerung und nach der zweiten Durchmischung
 D Streuung nach der Reinigung und nach der dritten Durchmischung

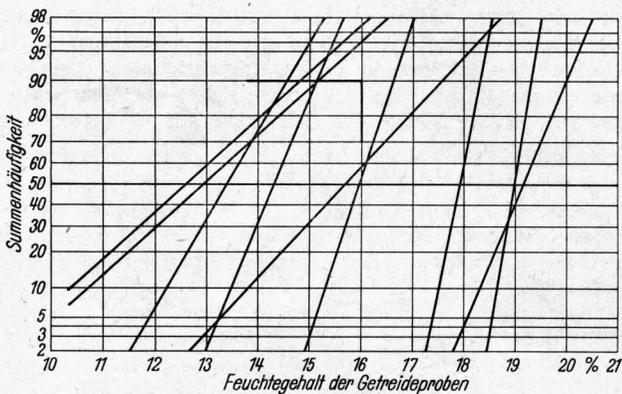


Bild 13. Summenhäufigkeit der Feuchtegehalte von Getreideproben bei der Prüfung von Satz trocknern (vor und nach dem Trocknen).

Auch bei der Entleerung von Hochbehältern sind am Auslauf Schwankungen im Feuchtegehalt der Proben vorhanden, wie die DLG-Prüfungen ergaben²⁾. Aus der Vielzahl der Untersuchungen wurden einige typische Beispiele ausgewählt und die dort festgestellten Schwankungen unabhängig von der zeitlichen Reihenfolge in einem Häufigkeitsdiagramm, **Bild 13**, dargestellt. Folgende Schlüsse können für den Betrieb von Warmluft-Satz trocknungsanlagen daraus gezogen werden:

1. Der angestrebte Endfeuchtegehalt der verschiedenen Chargen kann anscheinend nicht exakt erreicht werden.

²⁾ Von der DLG-Prüfstelle für Landmaschinen in Braunschweig-Völkenrode wurden freundlicherweise dem Referenten die bisher unveröffentlichten Ergebnisse aus Satz trocknerprüfungen zur Verfügung gestellt.

2. Die Streuung der Feuchtegehalte am Auslauf des Trocknungsbehälters zeigt in einigen Fällen eine genügende Gleichmäßigkeit, in anderen Fällen trotz niedrigem Gesamtfeuchtegehalt bedenkliche Ungleichmäßigkeiten.
3. Soll auf weitere spezielle Mischvorgänge verzichtet werden, so bietet nur eine ziemlich weitgehende Herabsetzung des mittleren Feuchtegehaltes ausreichende Gewähr dafür, daß einzelne Spitzenwerte nicht eine bedenkliche Höhe erreichen.
4. Da eine mehr oder weniger blind gehandhabte Satz trocknung ohne Überprüfung des erreichten Endfeuchtegehaltes und ohne Kontrolle der erreichten Mischgüte z. Z. noch bedenklich ist, ist zumindest während der nachfolgenden Lagerung eine Beobachtung durch Temperaturkontrolle nötig und eine Umlagerung von Zeit zu Zeit empfehlenswert.

Zusammenfassung

Mit Ungleichmäßigkeiten im Feuchtegehalt des Erntegutes muß beim Befüllen aller Trocknersysteme gerechnet werden und zwar aus naturgegebenen Gründen.

Beim Entleeren von Belüftungstrocknungsanlagen dürfen keine Ungleichmäßigkeiten im Feuchtegehalt des Gutes auftreten; sie wären ein Zeichen für einen fehlerhaften Trocknungsverlauf.

Im Wesen der Warmluftsatz trocknung begründet sind dagegen Ungleichmäßigkeiten im Behälter am Ende des Trocknungsvorganges. Sollen aus diesen Ungleichmäßigkeiten des Feuchtegehaltes beim Lagern keine Gefahren für die Qualität des Getreides entstehen, so müssen sie durch intensive Vermischung zunächst so gut verteilt werden, daß während der Lagerung ein Ausgleich in der Feuchtigkeit stattfinden kann. Andernfalls muß der mittlere Feuchtegehalt des getrockneten Gesamtgutes soweit herabgesenkt werden, daß von den verbleibenden Ungleichmäßigkeiten keine Gefahr mehr ausgehen kann. Da dies jedoch mit erhöhten Trocknungskosten verbunden ist und außerdem höhere installierte Trocknerleistungen verlangt, kommt dem Mischen die größere Bedeutung zu. Wünschenswert wäre eine ausreichende Vermischung, die allein durch das Leerlaufen der Trocknungsbehälter bewirkt würde. Konstruktive Maßnahmen seitens der Hersteller wie auch besondere Sorgfalt in der Bedienung können die Wirksamkeit der Auslaufvermischung stark fördern. Eine blinde Handhabung der Warmluftsatz trocknung ist im Hinblick auf die möglichen Schäden z. Z. noch nicht vertretbar. Sowohl der erreichte Endfeuchtegehalt der Füllung als auch der Grad der Gleichmäßigkeit des Feuchtegehaltes müssen in der dargelegten Weise überprüft werden.

Schrifttum

- [1] *Bewer, H. E.*: Getreidekonservierung mit kalter Nachtluft. Ber. über Landtechn. Heft 47. Wolftratshausen 1957.
- [2] *Kellermann, C.*: Das Verschneiden von feuchtem und trockenem Getreide bei der Satz trocknung. Diss. Univ. Bonn 1963.
- [3] *Oxley, T. A.*: Water content of single wheat kernels. Cereal Chemistry 1948, S. 118.
- [4] *Sprenger, J. J.*: Einige Aspekte der Getreidetrocknungsanlagen u. b. B. ihrer Verwendbarkeit für die verschiedenen Arten landwirtschaftlicher Produkte. Aus: Getreidetrocknung — Aufbewahrung — Beförderung und Handhabung in europäischen Ländern. Ber. einer Studien- und Arbeitstagung der OEEC in Verbindung mit der FAO, September 1953.
- [5] *Wenner, H. L.*: Die Voraussetzungen für die Lagerung und Belüftung von feucht geerntetem Getreide. Ber. über Landtechn. Nr. 45 Wolftratshausen 1955.
- [6] *Whymper, H., und A. Bradley.*: Studies on the vitality of wheat. III. Vitality and the action of heat on wheat seeds. Cereal Chemistry 1934, S. 625.
- [7] *Williamson, W. F.*: Transfer of moisture from damp to dry wheat in storage. N.I.A.E. Technical Memorandum, Silsoe 10. 5. 1952.
- [8] *Vogelely, Fr.*: Meßmethoden und Erfahrungen bei der Gebrauchswertprüfung von Getreidetrocknern. Grundl. Landtechn. 16 (1966) Nr. 5, S. 181/86.