

1. Bedingungen für die Trocknung mit Sorbenten

Samen und Körner der verschiedensten Kulturen müssen im allgemeinen vor der Aussaat gelagert werden. Um sie lagern zu können, müssen sie in den meisten Fällen getrocknet werden. Nach OXLEY [1] ist es schwer, die Temperaturgrenzen für das Trocknen von Samen anzugeben, da die Wirkung einer bestimmten Temperatur von verschiedenen Faktoren (Saatgutart, Klima während des Wachstumsprozesses, Behandlungsdauer, Wassergehalt des Saatgutes u. a.) abhängt. Bei der Trocknung von Samen gilt es vor allem, die Keimfähigkeit zu erhalten. Um die Bedingungen für vorschriftsmäßiges Trocknen festzulegen, muß man zu allererst den gewünschten Feuchtigkeitsgehalt der Samen für die Lagerung kennen. Nach BARRE [1] beträgt der max. Wassergehalt für einjährige Lagerung von Saatgut in den USA bei Mais und Hafer 13%, bei Weizen 13 bis 14% und bei Sojabohnen 11%. Bei fünfjähriger Lagerung müssen die Werte um 2% niedriger sein. NORTH [1] nennt als max. Wassergehalt für Saatgutsamen, die in Beuteln gelagert werden sollten: Klee 12%, Erbsen 16%, Raps, Kohlrüben 10%, Zwiebeln 12% sowie Möhren 10%.

Bei intensiver Trocknung von Bohnen, Lupinen, Mais usw. beobachtet man Risse in der Schale, weil bei zu schneller Trocknung das verdampfende Wasser die Schalenoberfläche der Samen zerreißt. Diese Risse verringern Lagerfähigkeit, Keimkraft und Ernteertrag erheblich.

KREYGER [2] führte umfangreiche Untersuchungen über das Sinken der Keimfähigkeit nach verschiedener Dauer der Heizung bei verschiedenen Körpertemperaturen und Feuchtigkeitsgehalten durch. Danach verlor Saatgut, das 4 h auf 30 °C erhitzt wurde (3 h für sehr feuchtes Saatgut), seine Keimfähigkeit nicht. Bei 40 °C zeigten Bohnen eine geringe Abnahme der Keimfähigkeit. Bei 50 °C (Hitzeinwirkung 2 h) blieben nur Lupine, Raps und Zuckerrüben ohne Verluste an Keimfähigkeit. Bei 60 und 70 °C wiesen alle geprüften Samen eine Abnahme ihrer Keimfähigkeit auf. Man unterscheidet schnell-, normal- und langsamtrocknende Samen. So sind z. B. Weizen, Hafer und Roggen normaltrocknend, Raps und Zuckerrüben schnelltrocknend, Lupinen, Mais, Bohnen und Erbsen langsamtrocknend.

Die Anwendung von Silikagel zur Trocknung von Samen kann man auf die langsam- und normaltrocknenden beschränken, da mit Hilfe der vorgetrockneten Luft die Trocknungsgeschwindigkeit wächst und damit die Trocknungszeit verkürzt wird. Die Neigung der Körner, Feuchtigkeit abzugeben, ist ein wichtiger Faktor, der bei der Konstruktion von Trocknern berücksichtigt werden muß. Schnelltrocknende Samen kann man in dünnen Schichten und in ständigem Durchlauf trocknen. Bei sehr schnelltrocknenden Samen (Raps) sind hohe Luftgeschwindigkeiten vertretbar. Langsamtrocknende Samen sollte man nicht in Durchlauf-trockner bringen, da bei einem Durchlauf nur wenig Wasser entzogen und dadurch der Trockner unwirtschaftlich wird.

In Behältern können alle Samen getrocknet werden. Die Lagerungshöhe muß dem Feuchtigkeitsgehalt wie auch den spez. Eigenschaften (langsam oder schnell trocknend) entsprechen. Es ist weder ratsam, schnelltrocknende Samen in sehr hohen Lagerschichten zu trocknen (Kondensation im oberen Teil des Trockners), noch sollen langsamtrocknende Samen in dünner Lagerung getrocknet werden (ungenügende Sättigung der Luft). Die Wasserleitfähigkeit der Samen ist von der Struktur und den chemischen Bestandteilen des Samens abhängig. Deshalb sind für jede Art und jede Feuchtigkeitsstufe andere Trocknungsverhältnisse zu schaffen. Die Unkenntnis der Regel der Thermodiffusion

* Technische Universität Dresden, Institut für Landmaschinentechnik (Direktor: Prof. Dr. Ing. W. GRUNER)

beim Trocknen derartiger kapillarporöser Körper, wie es die Samen sind, ist die Ursache vieler Mißerfolge und Verluste (Tafel 1 und 2).

Wenn die Trocknung langsam vor sich geht und keine gewaltsame Zerstörung der Samen durch den Wasseraustausch erfolgt, kann ohne Schaden bis zu sehr niedrigen Feuchtigkeitsgehalten getrocknet werden. Normalerweise wird man

Tafel 1. Temperaturgrenzen für Saatgut-trocknung (Getreide)

Wassergehalt [%]	Max. Lufttemperaturen [°C]
18	66,7 ... 70,6
20	61,1 ... 66,7
22	56,7 ... 63,3
24	52,8 ... 60,6
26	48,9 ... 57,8
28	45,6 ... 56,1
30	43,3 ... 53,3

Tafel 2. Max. Lufttemperatur für Saatgut-trocknung

Saatgutart	Max. Lufttemperatur [°C]	
	normale Probe	sehr feuchte Probe
Bohnen, Zwiebeln, Lauch	32,2	21,1
Kohl, Erbsen, Klee, Senf, Leinsamen	37,8	26,7
Rüben, Mangold	48,9	32,2

dies nicht tun, da die Körner ständig atmen und das Feuchtigkeitsgleichgewicht mit der Luft sich automatisch einstellt und die Körner wieder Feuchtigkeit aufnehmen. Theoretisch dürften keine Keimschäden an Samen auftreten, wenn man mit Silikagel vorgetrocknete Luft benutzt, da wir es hier mit einer schonenden Trocknung zu tun haben. Unsere Versuche bestätigen diese Annahme. Selbst beim direkten Mischen von Silikagel und Getreide wurden keine Keimschäden beobachtet.

2. Beispiele der Samentrocknung mit chemischen Mitteln

In den letzten Jahren wurde in vielen Ländern die Samentrocknung mit kalter Luft und chemischen Mitteln untersucht. Als Sorbenten eignen sich: Silikagel, Aluminiumoxyd, Kalziumoxyd, Chlorkalzium und sogar Torf, Stroh, Sägespäne u. a. Im Institut für Fütterung in Moskau trocknete man mit einigen Natrium-Salzen 4 Tage lang bei 5 °C und 10 bis 12 cm Schichthöhe. Bei 1800 kg Getreide und 300 kg Sulfat betrug die Getreidefeuchtigkeit vor der Trocknung 26,0%, nach der Trocknung 15,5%, Keimschäden traten nicht auf.

Eine Anwendung der Mischung von Getreide und Sorbenten hängt davon ab, inwieweit der Mischungs- und Trennungsprozeß mechanisiert werden kann. KONDO [1] vermischte Samen mit ungelöschtem Kalk und konnte auch bei einem Masseverhältnis von 1 : 1 keine Schäden feststellen. Ferner verglich er Holzasche, Strohasche, Schwefelsäure, Kalziumchlorid und ungelöschten Kalk als Mittel zum Trocknen von Saatgut, wobei die beiden letzten die besten waren. NAKAJIMA [1] untersuchte die Trocknung von Samen mit Phosphorsäure, konzentrierter Schwefelsäure, ungelöschtem Kalk, Kalziumchlorid, Ton und Phosphor-pentoxid. BIASUTTI [1] beschreibt eine experimentelle Untersuchung über das Trocknen von Saatgut der Blauen Lupine in einem mit Kalziumchlorid getrockneten Luftstrom, wobei in 22 h von 22% auf 13,5% getrocknet wurde. EVANS hält Trockenmittel wie Kalziumchlorid, Silikagel und Kalziumoxyd bei besonders wertvollem oder seltenem Saatgut für geeigneter als Trocknung durch Wärme.

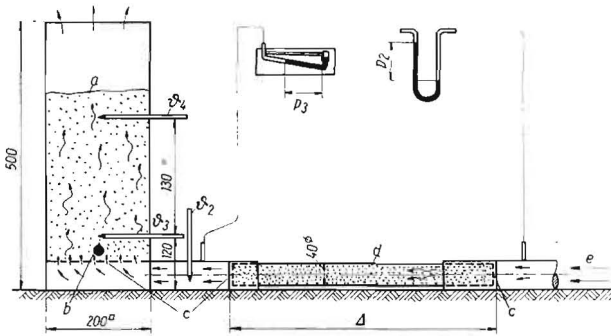


Bild 1. Labor-Versuchstrockner. a Getreide, b Probeentnahme, c Siebe, d Silikagel, e vom Ventilator

2.1. Trocknung von Weizen mit durch Silikagel vorgetrockneter Luft

Beim Bau des Modellrockners (Bild 1) wurden die Abmessungen und Verhältnisse der bekannten Belüftungssilos berücksichtigt. Ein Gebläse förderte Luft durch eine Silikagelschicht, sie strömte im Trocknungskasten durch einen Siebboden in das zu trocknende Getreide. Bei einer Luftgeschwindigkeit von $v = 0,8$ m/s und einem Rohrquerschnitt von $d = 40$ mm wurden $3,6$ m³/h vorgetrocknete Luft in den Trocknungskasten geblasen. Bei einem Volumen der Getreidesäule von $V = 0,012$ m³ standen je m³ Körner 300 m³/h Trocknungsluft zur Verfügung. Das entspricht den niedrigsten Erfahrungswerten bei der Belüftungstrocknung.

Das frische Getreide wurde abgewogen und in den Trocknerkasten gegeben, nachdem die Naßgutfeuchtigkeit ermittelt worden war. In bestimmten Zeitabständen wurde der Weizen gewogen, seine mittlere Feuchtigkeit errechnet und das mit Wasserdampf gesättigte Silikagel mit regeneriertem ausgetauscht. Bei frischem Weizen, der mit von Silikagel konditionierter Luft getrocknet wurde, schwankte die Temperatur der angesaugten Luft zwischen $14,3$ und $17,8$ °C und ihre Feuchtigkeit zwischen 65 und 82% .

Nach dem Wechseln des Silikagel wird die Trocknungsgeschwindigkeit erhöht. In 30 h konnte der Weizen von $26,7$ auf $14,8\%$ herabgetrocknet werden. Die Silikagelfüllung wurde dreimal gewechselt. Bei allen durchgeführten Versuchen traten Schäden der Keimfähigkeit und der Triebkraft nicht auf.

2.2. Die Trocknung von Weizen durch Mischen mit Silikagel

Bei weiteren Versuchen wurden die Trocknungsgeschwindigkeit von frischem Weizen in Abhängigkeit des Masseverhältnisses von Silikagel zu Weizen ($m_s:m_w$), der Körnertemperatur θ_w und der Korngröße des Silikagels ermittelt.

2.2.1. Trocknungskurve in Abhängigkeit des Masseverhältnisses $m_s:m_w$

Die Untersuchungen erfolgten bei Zimmertemperatur ($\theta_1 = 17$ °C) und bei den Masseverhältnissen $m_s:m_w = 1:1$, $1:2$, $1:3,3$ und $1:4$.

Mit Vergrößerung der Mischungszeit verringert sich die Getreidefeuchtigkeit und strebt einem konstanten Wert zu,

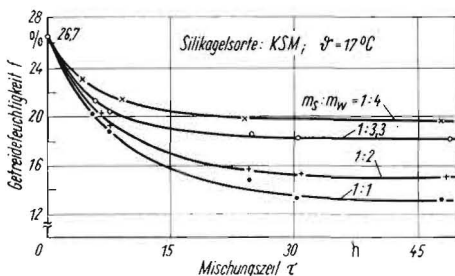
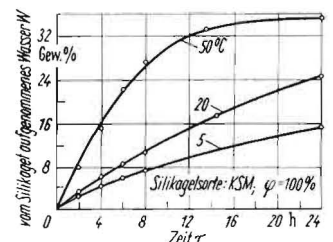


Bild 2. Trocknungskurve von frischem Weizen m_w beim Mischen mit Silikagel m_s in Abhängigkeit des Masseverhältnisses $m_s:m_w$ (bei $\theta = 17$ °C)

Bild 5. Adsorptionskurven von Silikagel der Sorte KSM



d. h. das Silikagel ist mit Wasserdampf gesättigt und kann weiter kein Wasser aus dem Getreide aufnehmen (Bild 2). Je größer das Verhältnis $m_s:m_w$ ist, um so mehr Wasser nimmt Silikagel auf und desto weniger Wasser verbleibt im Getreide. Wenn z. B. eine geforderte Menge Weizen von einer bekannten Anfangsfeuchte auf eine bestimmte Endfeuchtigkeit getrocknet werden soll, kann man die zu verdampfende Wassermenge errechnen und damit auch die Menge Silikagel, die es aufsaugt. Berücksichtigt man noch die Temperatur des Materials während des Trocknungsprozesses, kann man theoretisch die genaue Trocknungsdauer ermitteln.

2.2.2. Trocknungskurve in Abhängigkeit der Materialtemperatur

Die Versuche wurden durchgeführt bei einem Mischungsverhältnis $m_s:m_w$ von $1:1$ und $1:4$ und bei Temperaturen von 5 , 17 , 30 , 40 und 50 °C. Sie ergaben, daß bei der Mischung

Bild 3. Trocknungskurven von frischem Weizen beim Mischen mit Silikagel in Abhängigkeit der Materialtemperatur ($m_s:m_w = 1:1$)

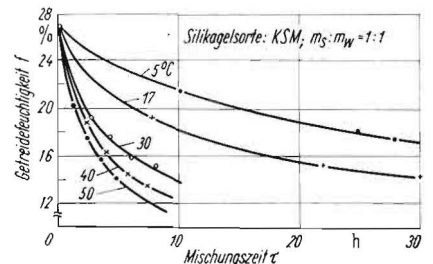
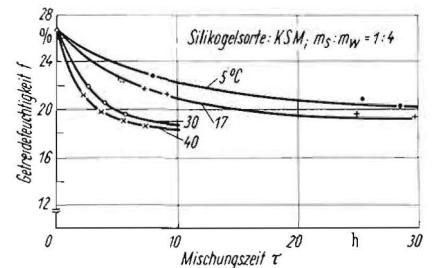


Bild 4. Trocknungskurven von frischem Weizen beim Mischen mit Silikagel in Abhängigkeit der Materialtemperatur ($m_s:m_w = 1:4$)



von Weizen und Silikagel die Temperatur der Materialien eine große Rolle in bezug auf die Trocknungsgeschwindigkeit spielt (Bild 3 und 4). Je höher die Temperatur ist, um so schneller erfolgt die Trocknung. So betrug z. B. bei einem Mischungsverhältnis von $1:1$ nach zehnstündiger Mischungszeit der Wasserentzug aus dem Weizen bei 5 °C 5% , bei 17 °C 8% , bei 30 °C 13% , bei 40 °C $14,5\%$ und bei 50 °C 16% . Mit Vergrößerung der Materialtemperatur erhöht sich der Partialdampfdruck des Materials und damit seine Fähigkeit, das freie Wasser abzugeben. Da auch die Wasseraufnahmefähigkeit des Silikagels mit Erhöhung der Temperatur ansteigt (Bild 5), ist die von Silikagel nach 14 h adsorbierte Wassermenge bei 50 °C etwa zweimal so groß wie bei 20 °C; das erklärt auch die oben beschriebene Beschleunigung des Trocknungsprozesses. Geschwindigkeit und Intensität der Trocknung fallen mit der Verringerung des Masseverhältnisses $m_s:m_w$ (s. Bild 4).

2.2.3. Trocknungskurve in Abhängigkeit der Korngröße des Silikagels

Über die Kontakttrocknung bestehen verschiedene Meinungen; einmal wird behauptet, daß die Wasserübertragung auf konvektiv-diffuse Weise erfolgt, andere glauben, daß nicht nur ein thermischer Prozeß der Sorption und Desorption zwischen zwei Materialien unterschiedlicher Feuchtigkeit herrscht, sondern der Wasseraustausch infolge der verschiedenen Kapillarkräfte bei verschiedenen Kapillardurchmessern erfolgt, d. h., Kapillare mit kleineren Durchmessern saugen das Wasser aus solchen mit größeren. Wenn letzteres der Fall wäre, müßte beim Mischen von Weizen mit Silikagel kleiner Körnung die Trocknung schneller vor sich gehen als bei Verwendung von grobkörnigem Silikagel, da die Berührungspunkte zwischen beiden in erheblich größerer Zahl vorhanden sind.

Bei unseren Versuchen verwendeten wir die Silikagelsorte KSM mit einer Körnung von 4 bis 5 und 0,5 bis 1 mm Dmr. und arbeiteten bei 17, 40 und 50 °C. Alle Untersuchungen zeigten ein Resultat: In gleichen Zeitabschnitten wird von fein- oder grobkörnigem Silikagel die gleiche Menge Wasser aus dem Getreide aufgesaugt. Daraus kann man schließen, daß die Kontakttrocknung beim Mischen mit Silikagel keine Bedeutung hat und der Wasseraustausch nur auf dem konvektiv-diffusen Weg infolge der Differenz der Partialdampfdrücke über den Oberflächen der gemischten Materialien erfolgt.

Zusammenfassung

Bei der Trocknung von Samen muß vor allem beachtet werden, daß die Keimfähigkeit erhalten bleibt. Man unterscheidet schnell-, normal- und langsamtrocknende Samen. Es werden Beispiele der Samentrocknung mit Hilfe von chemischen Mitteln beschrieben. Wird mit Silikagel konditionierte Luft zur Trocknung von Weizen, Roggen, Gerste,

Mais verwendet, werden im Durchschnitt 0,24 bis 0,40% Feuchtigkeit je Stunde herabgetrocknet. Das ist 12 bis 15mal geringer als bei der Heißlufttrocknung. Bei der Mischung von Silikagel mit Samen geht der Wasseraustausch schneller vor sich. Werden angefeuchteter Weizen und Mais im Verhältnis $m_S : m_W = 1 : 4$ gemischt, kann stündlich 1,0 bzw. 0,6% herabgetrocknet werden. Bei frischem Weizen liegen die Werte niedriger; es wurden ihm 0,8% Feuchtigkeit je Stunde entzogen.

Je größer das Mischungsverhältnis $m_S : m_W$ und je höher die Materialtemperatur ist, um so schneller trocknen die Körner und um so weiter kann man sie herabtrocknen. Die Kontakttrocknung hat hierbei keine Bedeutung. Der Wasseraustausch erfolgt konvektiv. Die Anwendung des Mischungsverfahrens hängt davon ab, inwieweit es der Technik gelingt, Mischen und Trennen von Silikagel und Material zu mechanisieren.

Alle Versuche verliefen ohne Keimschädigungen. Die Trocknung mit Hilfe von Silikagel stellt also ein schonendes Verfahren dar und ist deshalb besonders zur Trocknung von Samen geeignet.

Literatur

- [1] BIASUTTI, Owen E.: Die Saatgutlagerung zur Erhaltung der Keimfähigkeit. Bulletin Nr. 43; Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops; Hurley, Borkes 1960
- [2] KREYGER, J.: Drying of Seeds. Institute for Storage and Processing of Agricultural Produce, Wageningen, Oslo, 1959
- [3] REUMSCHÜSSEL, G.: Die Effektivität der Konditionierung von Luft mit Hilfe von Silikagel bei der Trocknung von Getreide. Dissertation, WIM, Moskau 1963
- [4] RIMER, Co.: Dried Air Method of Grain Drying. Farm Mechanization, 1953, Febr.
- [5] THEIMER, O.: Neue Wege der Getreidetrocknung. „Die Mühle“, Detmold, 1954
- [6] WILKOJC, Anna: Osuszenie nasion odwodnionym powietrzem (Trocknung des Saatgutes mit entwässerter Luft). Biuletyn instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin, Wrocław H. 4 - (37), 1960

A 5632

Landwirtschaftliche Nutzbauten und ihre Mechanisierung

Ing. R. BARTMANN, KDT*

Wird beim Melken im Fischgrätenmelkstand die Milchleistung beeinträchtigt?¹

Zur Beantwortung dieser Frage führten wir im Jahre 1962 im IfL Potsdam-Bornim Vergleichsuntersuchungen zwischen dem Maschinenmelken im Fischgrätenmelkstand (FGM) und dem Einsatz einer Kanneemelkanlage (KMA) während der Weideperiode durch.

Über die gewonnenen Ergebnisse soll hier auszugsweise berichtet werden.

1. Ziel der Vergleichsuntersuchungen

war es, festzustellen, ob die geäußerten Meinungen, daß im FGM die Milchleistungen der Kühe gesenkt werden, begründet sind. Hierzu liegt bereits ein Forschungsbericht von SYCH mit ähnlicher Fragestellung vor [1].

SYCH führte seine Untersuchungen bei Kühen mit mittlerer Milchleistung durch; für die Untersuchungen in Bornim wurden Hochleistungskühe ausgewählt, da bei diesen am ehesten eine deutliche Beeinflussung zu erwarten war.

Gleichzeitig sollte damit die Frage beantwortet werden, ob sich der FGM auch zur maschinellen Milchgewinnung bei Hochleistungsherden eignet.

* Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin

¹ Aus einem Referat anlässlich der KDT-Fachtagung „Mechanisierung der Milchgewinnung“ am 11. und 12. November 1963 in Leipzig

2. Durchführung der Vergleichsuntersuchungen

Für die Untersuchungen wurden zwei parallele Versuchsgruppen mit je 16 Milchkühen, die alle über 20 kg tägliche Milchleistung aufwiesen, aufgestellt. Die Charakteristik der Kühe beider Versuchsgruppen geht aus Tafel 1 hervor, der Versuchsablauf ist in Tafel 2 festgehalten. Während des Hauptversuches wurde eine Gruppe mit der KMA, die andere vom gleichen Melkpersonal im FGM gemolken. Bei jeder Melkzeit sind alle Zeiten für das Prüfen der ersten Milchstrahlen, das Säubern und Anrüsten des Euters, das maschinelle und Handnachmelken und die Melkzeughaltzeit, die Menge des Maschinen- und Handnachgemelkes und der Fettgehalt der Milch von jeder Kuh gemessen und registriert worden. Um Fütterungseinflüsse weitestgehend auszuschalten, wurden beide Versuchsgruppen stets in einer Herde zusammen geweidet und das Kraftfutter in Schrotform während des Melkens in beiden Anlagen in Einzelfütterung verabreicht (Bild 1 und 2).² Nach Abschluß der 16tägigen Messungen (6 Tage Vor- und 10 Tage Hauptperiode) wechselten beide Versuchsgruppen die Melkanlagen (Perioden VI und VII, IV und V), so daß ein Überkreuzvergleich bei 32 Milchkühen möglich ist. Die Ergebnisse der Perioden V und VI und VII

² Sämtliche Bilder sind auf der 3. Umschlagseite zu finden