

Ein Gesamtschema der Anlage zeigt Bild 5. Für die Berechnung einer derartigen Anlage werden in [16] die Grundlagen angegeben.

6. Schlußbemerkungen

Die Trocknung von Hülsenfrüchten gestaltet sich durch ihre spezifischen Eigenschaften kompliziert. Als wichtige Erkenntnis muß beachtet werden, daß Hülsenfrüchte zu Beginn des Trocknungsprozesses keiner intensiven Wärmebehandlung ausgesetzt werden dürfen, da sie leicht zum Platzen neigen. Man sollte deshalb die Intensität der Trocknung erst nach einer bestimmten Zeit erhöhen. Die zeitweise Unterbrechung des Trocknungsprozesses hat sich als sehr günstig erwiesen, weil sie einen Feuchtigkeitsausgleich zwischen Korninnerem und Hülle ermöglicht, wodurch die Qualität der Körner erhalten bleibt. Als Trocknungsverfahren kann deshalb die Satz-trocknung empfohlen werden. Neben Hinweisen zu deren Durchführung wurde über eine Möglichkeit informiert, mit Hilfe der Gegenstromtrocknung einen kontinuierlichen und damit ökonomischeren Trocknungsablauf zu erreichen.

Literatur

- [1] —: Richtigzahlen und Tabellen für die Landwirtschaft. VEB Landwirtschaftsverlag Berlin 1964
- [2] HALL, C. W.: Drying farm crops. Agricultural Consulting Associates Inc. Reynoldsburg 1957
- [3] MALTRY / PÜTKE: Trocknungstechnik. VEB Verlag Technik Berlin 1962
- [4] MIZKUNAITIS, W. P.: Untersuchung des Prozesses und der Technologie der Trocknung von grobkörnigen Leguminosensamen. Autorenreferat einer Dissertationsarbeit, Kaunas 1967

- [5] KREYGER, J.: Het drogen en bewaren van inlandse granen, zaden en peulvruchten. Instituut voor bewaring en verwerking van landbouwprodukten (I. B. V. L.) Wageningen (Niederlande)
- [6] LINDBERG, J. / L. SÖRENSEN: Upphettnings-och torkningsförsök med spannmål företrädesvis vete. Kungl. Skogs och Lantbrukakad. Tidskrift Suppl. I Stockholm 1959
- [7] MALTRY, W.: Die zulässigen Temperaturen bei der Warmluft-körner-trocknung. Deutsche Agrartechnik 9 (1959) H. 5, S. 215 und 216
- [8] BUNGARTZ, H.: Getreidetrocknung im gewerblichen Betrieb. Berichte über Landtechnik KTL 1958 H. 54
- [9] UKOLOV, W.: Die Trocknung von Mais- und Bohnensamen in Schüttungen. Makomolno — elevatornaja promyschlenost 29 (1963) H. 6, S. 9 und 10
- [10] KREYGER, J.: Möglichkeiten der Bodentrocknung von Hülsenfrüchten. Technische Berichte Nr. 60 August 1955 der Peul vruchten Studie Combinatie Wageningen
- [11] NELIPOWITSCH, S. J.: Warmlufttrocknung von Futterlupinen. Selekcija i semenovodstvo, Moskwa 25 (1960) H. 5, S. 35 bis 37
- [12] KREYGER, J.: Die Trocknung von Saatgütern. Proceeding of the International Seed Testing Association Vol. 25 (1960) Nr. 1, S. 590 bis 601
- [13] —: Drying shelled corn and small grain with heated and unheated air. US Department of Agriculture Leaflet No 331, 332
- [14] KOLYSEW: Reinigung und Trocknung von Bohnen. Selekcija i semenovodstvo 1963, Nr. 6, S. 73
- [15] MIZKUNAITIS, W. P.: Die Besonderheiten der Trocknung von Leguminosensamen. Mechanisacija i Elektrifikacija soz. selsko chozj. 24 (1966) H. 6, S. 40 und 41
- [16] MIZKUNAITIS, W. P.: Trocknung von Leguminosensaatgut in Gegenstromanlagen. Mechanis. i. Elektrif. soz. selsko-chozj. 25 (1967) H. 9, S. 35 und 36

Dipl.-Ing. K.-H. SIMON, KDT*

Die spezifische Wärme von Hülsenfrüchten

1. Einleitung

Für die analytische Bedeutung physikalischer Vorgänge bei landwirtschaftlichen Arbeitsprozessen ist es von großer Bedeutung, daß die landtechnische Stoffkunde Werte ermittelt, die für derartige Berechnungen unerlässlich sind.

Speziell für die Berechnung der Wärme- und Stoffaustauschvorgänge bei der Trocknung von Körnerfrüchten spielt die Kenntnis der spezifischen Wärme der zu untersuchenden Früchte eine sehr wichtige Rolle. Das trifft im besonderen auf die Trocknungsvorgänge beim Trocknen von Hülsenfrüchten zu, die sich wegen der geringen Trocknungsgeschwindigkeit dieser Früchte kompliziert gestalten (s. KREYGER [1]).

Die Kenntnis dieser Größe gibt unter anderem die Möglichkeit, mit hinreichender Genauigkeit die Wärmebeständigkeit grobkörniger Samen zu bestimmen, wie das PTIZYN [2] mit nachfolgender Formel vorschlägt:

$$t_{zul} = \frac{2350}{c_a (100 - f) + f} + 20 - 10 \lg \tau$$

Darin bedeuten:

- t_{zul} zulässige Körnertemperatur
- c_a spez. Wärme des absolut trockenen Samenmaterials
- f Anfangsfeuchte der Samen
- τ Dauer der zulässigen Temperatureinwirkung in min

* Sektion Landtechnik der Universität Bostock (Direktor: Dr.-Ing. CH. EICHLER)

Auf diese Weise ist es möglich, in jedem Betrieb nach Bestimmung der Anfangsfeuchte der Samen und Ablezen der spezifischen Wärme, die zulässige Korntemperatur für jede beliebige Durchlaufzeit der zu trocknenden Samen durch den Trockner zu bestimmen. So ist die Gewähr gegeben, daß es bei der Trocknung zu keiner Beeinträchtigung der Keimfähigkeit kommt.

2. Charakterisierung des untersuchten Materials

Für die Untersuchung der spezifischen Wärme von Hülsenfrüchten standen folgende Sorten zur Verfügung:

- Spiseerbsen — Sorte Nordsaat Hz
- Ackerbohnen = Sorte Firbo Hz
- Süßlupinen = Sorte Bianca Hz

Die Werte wurden im Feuchtebereich 10 bis 30 % und bei Temperaturen von 20, 30, 40 °C gewonnen. Zur Charakterisierung des untersuchten Materials sollen die Größen: Schüttdichte, Substanzdichte, 1000-Korn-Masse und die Korngrößenzusammensetzung dienen, die in Tafel 1 und 2 zusammengestellt sind (HOCHBERGER [3])

Die Schüttdichte wurde mit dem Getreideprober 0,25 l BSW 720 für jeweils 5 Proben bestimmt, die Substanzdichte ergab sich aus der Bestimmung des Hohlraumvolumens mit einem Luftpyknometer und die 1000-Korn-Masse durch Auswiegen der abgezählten Körner. Die Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung erfolgte mit Hilfe einer Siebmachine Typ „Elgersburg“ mit Prüfsieben nach TGL 0-1170.

3. Versuchsmethodik

3.1. Versuchsaufbau

Die Bestimmung der spezifischen Wärme von Körnerfrüchten ist auf verschiedene Weise möglich, in dieser Arbeit wurde die Mischungsmethode gewählt. Diese Methode basiert auf der Tatsache, daß zwei Körper, die verschiedene Temperaturen T_1 und T_2 aufweisen, bei idealem Wärmeaustausch eine gemeinsame Mischungstemperatur T_m annehmen. Eine für die erforderlichen Untersuchungen brauchbare Apparatur war im Institut für physikalische Chemie der Universität Rostock im Rahmen einer Diplomarbeit von BARTH [4] für ähnliche Versuche verwendet worden. Nach dem Umbau für den speziellen Versuchszweck konnte sie für diese Untersuchungen eingesetzt werden. Sie stimmt in ihrem prinzipiellen Aufbau (Bild 1) mit der Anlage von SCHÄFER [5] überein, die dieser zur Bestimmung der spezifischen Wärme von Weizen verwendet hat. In einen isolierten Kupferbehälter ragen ein Rührer und ein Beckmann-Thermometer hinein. Das Gefäß wird nach oben durch eine Platte aus Neptunit abgeschlossen, in die ein Schieber eingebaut ist, durch dessen Öffnung ein Versuchsgefäß mit der Probe in den Behälter fallen kann. Die Probe wird in einem Erwärmerteil auf die Versuchstemperatur gebracht. Dieses Teil besteht aus einem doppelwandigen Kupferbehälter und wird durch einen Thermostaten mit temperiertem Wasser versorgt. Nach beendetem Aufheizingvorgang fällt die Probe durch eine verschließbare Bodenöffnung in das Kalorimetergefäß, in das 1100 cm³ destilliertes Wasser gefüllt wurden.

3.2. Versuchsdurchführung

Die spezifische Wärme des zu untersuchenden Materials errechnet sich nach der Formel:

$$c = \frac{K_{cal} \cdot \frac{t_e - t_k}{t_a - t_e} - K_v}{m}$$

Darin sind:

- K_{cal} Wasserwert des Kalorimeters in kcal/Grad
- K_v Wärmekapazität des leeren Versuchsbehälters in kcal/Grad
- t_a Anfangstemperatur der Probe in °C
- t_e Endtemperatur im Kalorimeter in °C
- t_k Anfangstemperatur im Kalorimeter in °C
- m Probemasse in kg

Tafel 1. Kennwerte der untersuchten Fruchtarten

Fruchtart	Schüttdichte g/cm ³	Substanzdichte g/cm ³	1000-Korn-Masse g
Ackerbohnen	0,80	1,64	267,72
Speiseerbsen	0,762	1,52	245,11
Süßlupinen	0,772	1,48	144,62

Tafel 2. Korngrößenverteilung der untersuchten Samen in Masseprozenten

Siebgröße Loch-Dmr. in mm	Ackerbohnen	Speiseerbsen	Süßlupinen
8 ... 9	9,16	0,13	—
7 ... 8	42,55	43,49	0,34
6 ... 7	43,38	50,66	7,89
5 ... 6	4,15	4,04	79,50
4 ... 5	0,38	0,46	11,82
< 4	0,38	0,24	0,45

Tafel 3. Spezifische Wärme von Hülsenfrüchten in Abhängigkeit von Temperatur und Gutfeuchte

Fruchtart	Feuchte %	Temperatur		
		20 °C	30 °C	40 °C
Ackerbohnen Sorte „Firbo“	11,5	0,156	0,168	0,180
	14,0	0,185	0,197	0,206
	20,8	0,261	0,274	0,284
	24,5	0,304	0,314	0,324
	28,85	0,358	0,363	0,380
Speiseerbsen Sorte „Nordsaat“	12,2	0,186	0,211	0,225
	15,7	0,248	0,261	0,274
	19,6	0,302	0,316	0,324
	24,45	0,364	0,376	0,389
	28,6	0,420	0,434	0,459
Süßlupinen Sorte „Bianka“	12,3	0,224	0,254	0,286
	14,7	0,246	0,277	0,308
	17,5	0,274	0,301	0,338
	21,8	0,318	0,342	0,371
	25,7	0,358	0,381	0,410
Weizen Sorte „Northern Spring“ nach [5]	13,0			0,401
	15,7			0,449
	19,9			0,486

Tafel 4. Zusammenstellung der empirischen Formeln für die spezifische Wärme von Hülsenfrüchten

Fruchtart	empirische Formeln
Ackerbohnen (Firbo)	$c = 0,006 + 0,0008 t + 0,012 f$
Speiseerbsen (Nordsaat)	$c = 0,016 + 0,0014 t + 0,013 f$
Süßlupinen (Bianka)	$c = 0,038 + 0,003 t + 0,01 f$

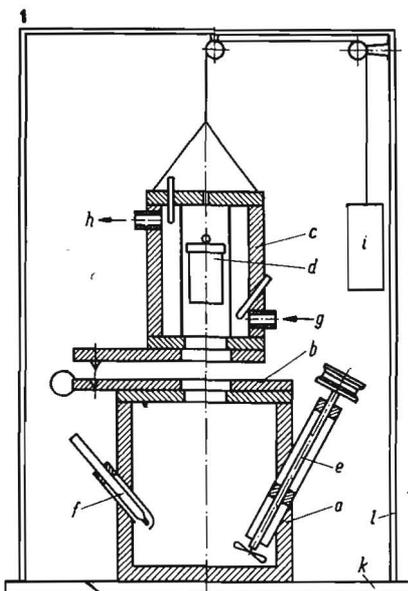
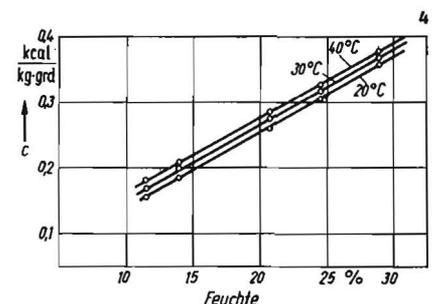
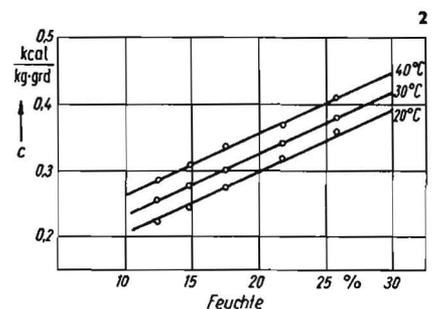
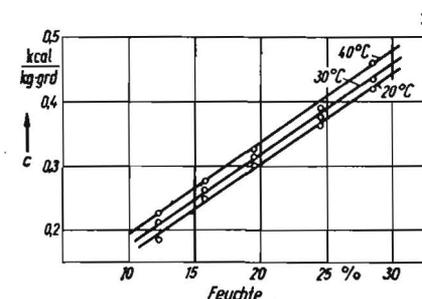


Bild 1. Kalorimeteranordnung nach BARTH [4]: a Kalorimetergefäß, b Abdeckplatte, c Erwärmerteil, d Probenbehälter, e Rührwerk, f Beckmann-Thermometer, g Warmwasserzuluß, h Warmwasserabfluß, i Gegenmasse, k Grundplatte, l Gerüst

Bild 2. Spezifische Wärme von Lupinen (Bianka)

Bild 3. Spezifische Wärme von Erbsen (Nordsaat)

Bild 4. Spezifische Wärme von Ackerbohnen (Firbo)



Der Wasserwert des Kalorimeters wurde mit Hilfe eines Messingstückes zu

$$K_{\text{cal}} = 1,4275 \text{ kcal/Grad bestimmt}$$

Die Wärmekapazität des leeren Versuchsbehälters betrug

$$K_V = 0,01437 \text{ kcal/Grad}$$

Um die Genauigkeit der Meßmethode zu überprüfen, wurde in mehreren Versuchen die spezifische Wärme von destilliertem Wasser bestimmt, die im vorliegenden Falle im Temperaturbereich von 20 bis 50 °C im Mittel bei 0,9995 kcal/kg · grd lag.

Die zu untersuchenden Samen wurden durch Zusatz von destilliertem Wasser, bei Zwischenlagerung von mindestens 48 h im Kühlschrank, auf die gewünschte Endfeuchte gebracht. Danach wurden sie in den Probenbehälter eingewogen und auf die jeweilige Versuchstemperatur erwärmt. Ein Rührer bewegte das Wasser im Versuchsbehälter, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu gewährleisten. Ein Rührer bewirkte innerhalb 30 s eine Temperaturerhöhung von 0,02 °C. Dieser Wert diente zur Korrektur des Endwertes der Temperaturveränderung.

Nach Messung der angeführten Temperaturen läßt sich die spezifische Wärme der Samen berechnen.

4. Versuchsergebnisse

Die Versuchsergebnisse resultieren aus Doppelbestimmungen, wobei die Versuche wiederholt wurden, wenn die Abweichungen des Ergebnisses über 5 % lagen. In Bild 2 bis 4 wurden diese Ergebnisse dargestellt, Tafel 3 enthält die dazugehörigen Zahlenwerte. Es zeigt sich in diesen Bildern eindeutig, daß die spezifische Wärme der Hülsenfrüchte sowohl von der Feuchtigkeit als auch von der Korntemperatur linear abhängig ist. Diese Abhängigkeit hat [5] bei seinen Versuchen mit Weizen ebenfalls feststellen können, so daß anzunehmen ist, daß auch bei anderen Fruchtarten diese Tendenz besteht. Aus diesem Grunde ist es möglich, empirische Formeln aufzustellen, die diese Temperatur- und Feuchtigkeitsabhängigkeit wiedergeben. Die Aufstellung derartiger Formeln wurde bereits eingehend von [5] dargelegt, an dieser Stelle sei deshalb auf die Darlegung der Methode verzichtet. Eine Zusammenstellung dieser empirisch gewonnenen Formeln für die 3 untersuchten Fruchtarten zeigt Tafel 4.

Dr. M. FRIELINGHAUS*

Einige Gesichtspunkte für die Projektierung und den Bau von ortsfesten Beregnungsanlagen

Ausgehend von der 1927 gebauten ortsfesten Klarwasserberegnungsanlage Schlagenthin und ihrer 1967 abgeschlossenen Rekonstruktion sollen hier einige technische, technologische und ökonomische Gesichtspunkte für den Neubau und den Betrieb von ortsfesten Beregnungsanlagen auf der Grundlage der heutigen Kenntnisse und Möglichkeiten erörtert werden (siehe auch [1]). Die Bedeutung des ortsfesten Typs, kombiniert mit einer intensiven Beregnungsfolge, wird sich gegenüber den vollbeweglichen oder teilbeweglichen Verfahren in naher Zukunft vergrößern, weil nur so eine entscheidende Senkung des Arbeitsaufwandes bei der Beregnung zu erreichen ist.

1. Anlage Schlagenthin

Die Vorteilfläche wird durch eine Ringleitung aus Schleuderbetonrohren mit einigen Abzweigungen erschlossen. Auf 1 ha entfallen 143 lfm Druckrohrleitung. Da die Drucklei-

5. Kritische Einschätzung der gewonnenen Ergebnisse

Bei einem Vergleich der spezifischen Wärmen der einzelnen Fruchtarten erkennt man, daß die Abweichungen von den Ergebnissen, die [5] für Weizen angibt, teilweise beträchtlich sind (diese Werte sind zum Vergleich in Tafel 3 mit aufgeführt). Da sich auch bei den Werten für die einzelnen Fruchtarten erhebliche Unterschiede ergeben — Ackerbohnen weisen die niedrigste, Lupinen die höchste spezifische Wärme auf — ist bewiesen, daß der biologische Aufbau der Samen, insbesondere der unterschiedliche Eiweiß-Stärke-Gehalt, einen entscheidenden Einfluß auf die Größe der spezifischen Wärme ausübt.

Vergleicht man außerdem die Substanzdichten der einzelnen Fruchtarten, so ist festzustellen, daß hier eine umgekehrte Proportionalität besteht, zu der Fruchtart mit der niedrigsten Substanzdichte (Lupinen) gehört die höchste spezifische Wärme, während der Fruchtart mit der höchsten Substanzdichte (Ackerbohnen) die geringste spezifische Wärme zugeordnet ist.

Um einen Vergleich zu den Werten zu erhalten, die [5] für Weizen und Weizenmehl anführt, erfolgten Versuche mit geschroteten Hülsenfrüchten. Dabei wurde festgestellt, daß die spezifische Wärme dieser zerkleinerten Früchte etwa 5 bis 10 % höher liegt, als die der ganzen Früchte. Das ist ein Ergebnis, das mit den Werten von SCHÄFER größenordnungsmäßig etwa übereinstimmt. Da die spezifische Wärme aber im nicht zu vernachlässigbaren Maße vom Zerkleinerungsgrad abhängt, wird auf die Angabe dieser Versuchswerte verzichtet.

Literatur

- [1] KREYGER, J.: Het drogen en bewaren van inlandse granen, zaden en peulvruchten. Instituut voor bewaring en verwerking van landbouwprodukten (IBVL) Wageningen/NL 1964
- [2] PTIZYN, S. D.: Körnertrockner (Sernosuschilki). Maschinostroenijsk Moskwa 1966
- [3] HOCHBERGER, A.: Bestimmung der Sorptionsisothermen und der spezifischen Wärme von Hülsenfrüchten. Diplomarbeit 1968 am Institut für Landtechnik Rostock (unveröffentlicht)
- [4] BARTH, C. D.: Bestimmung des Wärmehaltes von Cumol und Brombenzol im Temperaturbereich 50 bis 125 °C. Diplomarbeit 1965 am Institut für physikalische Chemie, Rostock (unveröffentlicht)
- [5] SCHÄFER, W.: Die spezifische Wärme von Weizen. Die Mühle 92 (1955) II. 20, 21, 22
A 7501

tung nicht frostsicher verlegt ist, sind 1,22 Entleerungspunkte je ha notwendig. Als Regner wird der in Bild 1 dargestellte Michaelis-Großflächenregner verwendet, mit dem die Anlage seit 1927 — mit einer zehnjährigen Unterbrechung durch Kriegsschäden — betrieben wird. Der auf die Hydranten aufgeflossene Regner (1,58 Stk. Hydranten/ha) erreicht bei einem Druck von 7,35 kp/cm² und einer Düse von 30 mm Dmr. eine Wurfweite von > 45 m, bei einem Wasserverbrauch von 81 m³/h. Nach Prospektangaben soll er bei einem Druck von 12 kp/cm² und einer Düse von 48 mm Dmr. eine Wurfweite von 120 m erreichen. In Bild 2 und 3 ist das Niederschlagsbild des Regners bei verschiedenen Windstärken dargestellt. Erst bei einer Windstärke von 4 m/s wird die Niederschlagsverteilung ungleichmäßig. Da aus der eigenen Produktion kein

* Institut für Acker- und Pflanzenbau Müncheberg (Bereich Meliorationsforschung) der DAL zu Berlin