

6. Schlußbetrachtung

Alle Tiefkühlprodukte, die dem Verbraucher angeboten werden, haben eine Temperaturgeschichte entsprechend der durchlaufenen Tiefkühlkette. Bei sachgemäßer Handhabung entsprechend den „Leitsätzen für tiefgefrorene Lebensmittel“ haben die Lagerung und der Transport immer bei Temperaturen von -18°C oder tiefer zu geschehen; nur bei der Entnahme ist ein unvermeidbarer kurzzeitiger Anstieg auf höchstens -15°C erlaubt. Das Wiedereingefrieren auf- oder angetauter Produkte ist grundsätzlich verboten, läßt sich aber nur schwer überwachen. Obwohl es bereits heute mit Indikatoren ausgestattete Verpackungen gibt, die anzeigen, ob im Verlauf der Tiefkühlkette die zulässige Temperatur überschritten wurde, hat sich dieses Verfahren bisher aus Kostengründen nicht durchgesetzt. Der Verbraucher muß und kann sich auf die Redlichkeit der Tiefkühlindustrie und ihres Verteilnetzes verlassen. Gelegentliche Verstöße gibt es meist nur im Einzelhandel, bei dem aus Unachtsamkeit oder Unwissenheit die Tiefkühlmöbel überladen oder die Verdampfer nicht vorschriftsmäßig abgetaut werden, so daß sich die Ware in unzulässigem Maß erwärmt. Beim Einkauf von Tiefkühlkost sollte man möglichst auf folgendes achten:

1. Man nehme aus der Tiefkühltruhe bzw. aus Tiefkühl-Gefrierschränken nur Packungen, die fest gefroren sind. Zur Kontrolle eignet sich besonders Eiskrem, das infolge seines hohen MilCHFettgehalts bereits bei Temperaturen über -18°C weich zu werden beginnt.
2. Tiefgefrorene Lebensmittel, die über den Truhenrand oder über die Markierungsgrenze gestapelt sind, sind nicht ausreichend gefroren. Sehr vereiste Gefriermöbel sind ein Zeichen dafür, daß für eine längere Zeit nicht abgetaut wurde; dadurch steigt die Truhentemperatur unzulässig hoch an.
3. Nur unbeschädigte Verpackungen gewährleisten eine einwandfreie Aroma- und Massenerhaltung. Eine merkliche Schnee- oder Eisaufbildung innerhalb der Verpackung deutet oft darauf hin, daß die Ware zumindest angetaut war. Unzureichend verpackte Ware kann Gefrierbrand haben, der sich als weiße oder braun-rötliche Verfärbung bemerkbar macht.

Bei Beachtung dieser Punkte darf man sicher gehen, ein hochwertiges Tiefkühlprodukt mit entsprechender Qualität zu erhalten, das sich z.B. im Kühlschrank einen Tag und im Zwei-Sterne-Gefrierfach bei -12°C bis zu zwei Wochen lagern läßt, sofern keine eigene Haushalts-Tiefkühltruhe zur Verfügung steht.

Untersuchungen über den Strömungswiderstand landwirtschaftlicher Halmgüter

DK 533.6.013.124 : 631.365.33

Der Landwirtschaft entstehen alljährlich riesige Verluste durch verdorbenes Futter. Man bemüht sich daher seit langem, diesen Verlusten durch Trocknen des Grünfutters und durch Belüften der gelagerten Futtermittel entgegenzuwirken. Für das Auslegen solcher Trocknungs- und Belüftungsanlagen muß der Druckverlust der durchströmten Schüttgüter bekannt sein. Die hierfür bislang zur Verfügung stehenden Unterlagen waren sehr mangelhaft. Es handelte sich durchweg um empirisch gewonnene Näherungsbeziehungen von nur beschränkter Gültigkeit, die insbesondere wegen der zahlreichen Einflußgrößen mit sich überlagernden Effekten keine physikalisch eindeutigen Abhängigkeiten erkennen ließen. Auch theoretische Ansätze auf Grund von Modellvorstellungen aus anderen Bereichen der Technik blieben unbefriedigend, da es aussichtslos erscheint, die verwickelten Zusammenhänge beim Durchströmen von Haufwerken aus natürlich gewachsenen Halmen und Blättern exakt zu erfassen. Die umfangreichen Untersuchungen von *H. Holze*¹⁾ brachten hier wesentlich neue Erkenntnisse. Er nahm zunächst Druckverlustmessungen an Modellhaufwerken vor. Dabei handelte es sich um Polyvinylchlorid-Fäden mit einer Kunstseideneinlage, die man auf genau bemessene Längen-Durchmesser-Verhältnisse zuschnitt. Außerdem änderten sich diese Modellschüttungen während der Versuche nicht. Die Versuche gaben daher Aufschluß über die grundlegenden physikalischen Vorgänge und insbesondere auch über den großen Einfluß des Längen-Durchmesser-Verhältnisses von Halmgut beim Füll- und beim Entleerungsvorgang. Die weiteren Versuche erstreckten sich dann auf natürliche Erntegüter, bei denen gegenüber den Modellhalmen noch die Verschiedenartigkeit der Formen und der Oberflächenbeschaffenheit bei jeder Gutart sowie der Feuchtegehalt des Gutes als zusätzliche Einflußgrößen hinzukommen. Die untersuchten Erntegüter umfaßten Wiesengras, Luzerne, Rübenblatt, Mais, Wicken, Hafer-

stroh und Weizenstroh mit jeweils verschiedenen Häcksellängen von 15 bis 90 mm. Diese Versuche erwiesen, daß es nicht möglich ist, Kenngrößen festzulegen, mit denen sich die Struktur von natürlichen Halmgütern eindeutig kennzeichnen und in Beziehung zum Druckverlust der von Luft durchströmten Säule setzen läßt. *H. Holze* versuchte daher, anstatt der wirklichen Einflußgrößen Ersatzgrößen einzuführen, die sich empirisch ermitteln lassen und mittels Ähnlichkeitsbetrachtungen zu einem Widerstandsgesetz zu gelangen, das den praktischen Bedürfnissen für den Entwurf von Trocknungs- und Belüftungsanlagen für landwirtschaftliche Erntegüter entspricht. Das Widerstandsgesetz lautet in seiner endgültigen Form

$$\Delta p = k_H c_F \zeta_{Ks} \frac{h}{d_H} \frac{1}{\epsilon_H} \frac{Q}{2} w^2.$$

Darin bedeuten Δp den Druckverlust des halm- oder blattförmigen Guts über die Schütthöhe h , Q die Luftdichte, w die mittlere Anströmgeschwindigkeit der Schüttung, ϵ_H das spezifische Hohlraumvolumen der Schüttung, ζ_{Ks} den Widerstandsbeiwert einer unregelmäßigen Kugelschüttung entsprechend einer geeignet gebildeten Reynoldszahl für das Halmgut sowie k_H , c_F , d_H und t die für die verschiedenen Erntegüter aus Tafeln oder aus Diagrammen zu entnehmenden Ersatzgrößen. Die Ersatzgröße k_H ist eine von der Gutart und der Häcksellänge abhängige Stoffkonstante. Die Größe d_H kennzeichnet einen äquivalenten Halmdurchmesser, der von den gleichen Einflußgrößen wie k_H und vom Feuchtegehalt abhängt. Der Feuchtegehalts-Faktor c_F wird als Funktion der Gutart, der Häcksellänge und des Feuchtegehalts abgelesen. In die vierte Ersatzgröße schließlich, den Exponenten t , gehen die gleichen Einflußgrößen wie bei c_F ein. Die entwickelte Druckverlustgleichung liefert im Bereich der üblicherweise benutzten Luftgeschwindigkeiten $w = 0,03$ bis $0,18$ m/s befriedigend genaue Werte. Die Ersatzgröße „äquivalenter Halmdurchmesser“ nimmt degressiv mit der Häcksellänge und progressiv mit dem Feuchtegehalt zu.

Düsseldorf

Dr. phil. *Horst W. Hahnemann* VDI

¹⁾ *Holze, H.*: Untersuchungen über den Strömungswiderstand landwirtschaftlicher Halmgüter. VDI-Forsch.-Heft 545. Düsseldorf: VDI-Verlag 1971. 32 S. m. 49 Bild. u. 3 Taf. Preis 41,50 DM, im Abonnement 37,50 DM (VDI-Mitglieder erhalten 10 % Preisnachlaß). Danach dieses Referat.