

# Gefrier- und Lagerbedingungen in deutschen Gemeinschaftsgefrieranlagen

Freezing and cold storage conditions in German locker plants  
Conditions de congélation et d'entreposage dans les entrepôts frigorifiques  
communaux en Allemagne

Von Dipl.-Ing. J. Gutschmidt, Karlsruhe

(Mitteilung aus der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe)

*In Gemeinschaftsgefrieranlagen liegt die Gefriergeschwindigkeit der üblicherweise gefrorenen Fleischpackungen etwa zwischen 0,22 und 1 cm/h. Der kleinste Wert wurde in der Fachmitte einer Truhenanlage mit stiller Kühlung, der größte im Kaliluftstrom des Gefrierabteils einer Kaltraumanlage gemessen. Besonders klein ist die Gefriergeschwindigkeit in der Mitte von Fleischstapeln. — In den Anlagen wurden Temperaturunterschiede von 1 bis 3°C ermittelt. Während des Normalbetriebes schwankte die Temperatur in den einzelnen Fächern um rd. 1°C. Das Einbringen frischer Lebensmittel hatte einen Anstieg der Lufttemperatur um 3 bis 5°C zur Folge. Bereits gefrorene Fleischpackungen wurden durch den Kontakt mit frischem Fleisch stark erwärmt.*

*In locker plants freezing speeds of 0,22 to 1 cm/h are attained, the small value pertaining to cooling conditions without and the high value with the influence of forced convection by means of a cold air stream. Especially small values of the freezing speed are found in the middle of stocked meat. — In the investigated stores temperature differences from 1 to 3°C have been ascertained. Under normal conditions the temperature in single compartments fluctuates around 1°C. The air temperature rose about 3 to 5°C if fresh products were introduced. The temperature of already frozen meat rose sharply when it came into contact with unfrozen meat.*

*La vitesse de congélation des denrées dans les entrepôts frigorifiques communaux comporte de 0,22 à 1 cm/h. La valeur inférieure est atteinte au milieu des compartiments refroidis sans ventilation, tandis qu'on atteint la valeur supérieure dans les installations à circulation d'air forcée. On trouve les plus petites valeurs de la vitesse de congélation au milieu de la viande stockée. On a constaté une différence de température de 1 à 3°C dans de telles installations. Les fluctuations de la température au cours de la marche normale ne dépassaient pas 1°C. Mais une élévation de 3 à 5 fut constatée lors de l'introduction des denrées fraîches; des produits déjà congelés se réchauffaient par le contact avec la viande fraîche.*

In der Gefrierindustrie werden Lebensmittel gegenwärtig in der Regel mit einer Gefriergeschwindigkeit von 1 bis 3 cm/h gefroren. Diese Geschwindigkeit hat sich im Hinblick auf die Qualitätserhaltung und die Wirtschaftlichkeit als besonders günstig erwiesen. Wenn bisher auch noch nicht eindeutig festliegt, mit welcher Geschwindigkeit ein Lebensmittel gefroren werden soll, um als „schnellgefroren“ zu gelten [8], so werden im allgemeinen doch Produkte als „schnellgefroren“ bezeichnet, die mit einer Geschwindigkeit von über 1 cm/h gefroren worden sind.

Im Zusammenhang mit der Einführung der Gemeinschaftsgefrieranlagen in Deutschland wurde die Frage nach der zur Qualitätserhaltung erforderlichen Gefriergeschwindigkeit unter den besonderen Bedingungen in der Landwirtschaft neu gestellt. Schon die ersten im Bundesgebiet gebauten Anlagen wurden z. T. mit und z. T. ohne Vorgefrierfächer erstellt. Von Beginn der Entwicklung an wurde daher über die Vor- und Nachteile des Gefrierens im Vorgefrierfach und im Lagerfach diskutiert, und es entstand die Frage, ob der Einbau eines gesonderten Gefrierfachs unbedingt erforderlich sei. Von den Herstellern der Anlagen mit Vorgefrierfächern wurde auf die Notwendigkeit eines schnellen Gefrierens und die Vermeidung von stärkeren Temperaturschwankungen in den Lagerfächern hingewiesen; die Hersteller von Anlagen ohne Vorgefrierfächer beriefen sich auf die Güte der in den Fächern gefrorenen Lebensmittel und führten die einfachere und zeitsparendere Beschickungsweise ihrer Anlage ins Feld.

1954 wurde von uns als unterer Grenzwert für die Gefriergeschwindigkeit von Lebensmitteln in Gemeinschaftsgefrieranlagen 0,3 bis 0,35 cm/h allgemein empfohlen [5], entsprechend der gesamten Gefrierzeit (Senkung der Kerntemperatur von +10 auf -18°C) eines 12 cm dicken Fleischstückes in etwa 24 Stunden. Bei der Festlegung dieses Wertes stützten wir uns auf eigene Erfahrungen sowie auf Versuchsergebnisse von *Dunker* und *Hankins* [3], *Heiss* [7], *Lea* und Mitarb. [9 bis 12], *Mackey* und Mitarb. [13], *McCoy* und Mitarb. [14] sowie *Paul* und *Ferley* [16]. Es wurde empfohlen, diese Bedingungen auch beim Gefrieren im Lagerfach einzuhalten.

Für die Lagerung wurde, da Schweinefleisch das in deutschen Gemeinschaftsgefrieranlagen meist gefrorene Produkt war, unter Berücksichtigung einer Lagerdauer von durchschnittlich 6 Monaten (entsprechend den Untersuchungsergebnissen von *Hall* und Mitarb. [6] und den Angaben von *Diehl* und *Werner* [2] sowie *Mrak* [15]) die Einhaltung einer Temperatur von -18°C empfohlen [4]. Eine Schwankung der Lagertemperatur von  $\pm 1^\circ\text{C}$  wurde als zulässig erachtet. Es wurde außerdem darauf hingewiesen, daß beim Gefrieren im Lagerfach geeignete Maßnahmen getroffen werden müssen, durch die eine Erwärmung des bereits gefrorenen Gutes verhindert wird.

Da unsere Angaben über die erforderliche Gefriergeschwindigkeit und Lagertemperatur in den Gemeinschaftsgefrieranlagen sich wesentlich auf amerikanische Erfahrungen stützten, erschien eine Überprüfung unter den in der deutschen Landwirtschaft gegebenen Bedingungen zweckmäßig. In diese in den *Bundesforschungsanstalten für Lebensmittelfrischhaltung* und *Hauswirtschaft* im Rahmen eines Forschungsauftrages des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten durchgeführte Untersuchung wurden auch Messungen in normal arbeitenden Gemeinschaftsgefrieranlagen aufgenommen, um zu klären

1. mit welchen Gefriergeschwindigkeiten in den typischen deutschen Gemeinschaftsgefrieranlagen gefroren wird und mit welchen günstigstenfalls gefroren werden kann und
2. bei welcher Temperatur das Gefriergut in Gemeinschaftsanlagen gelagert wird und welche Temperaturschwankungen auftreten.

Über die Ergebnisse dieser Messungen soll berichtet werden.

## Überprüfung der Gefriergeschwindigkeit

Als Gefriergeschwindigkeit bezeichnet man die Geschwindigkeit, mit der die Eisfront beim Gefriervorgang in das Innere des Gutes vordringt. Als praktisches Maß für den Vergleich der Ergebnisse von Gefrierversuchen führte *Plank* [17] den Begriff der mittleren linearen Gefriergeschwindigkeit  $w_m$  ein.

Sie wird definiert als Quotient aus dem kürzesten Abstand von Oberfläche bis zum Kern des Gefrierergutes  $d_0$  in cm und der Gefrierzeit des Kerns  $z_0$  in Stunden

$$w_m = \frac{d_0}{z_0} \text{ cm/h}$$

Als Gefrierzeit  $z_0$  wird von *Plank* die Zeit gewählt, die zum Senken der Temperatur im Kern des Gutes vom Gefrierbeginn (meist  $-1^\circ\text{C}$ ) auf  $-5^\circ\text{C}$  erforderlich ist. Bei den üblicherweise in der Industrie angewendeten Gefrieremperaturen wird dabei in normalen Kleinhandelspackungen infolge des Temperaturgefälles von der Oberfläche bis zum Kern der Packung nach *Plank* eine Durchschnittstemperatur von rd.  $-15^\circ\text{C}$  erreicht. Neuerdings wird als konventionelle Temperatur, bei der der Gefriervorgang als abgeschlossen gelten soll, häufig  $-10^\circ\text{C}$  angenommen [1], so daß dann eine durchschnittliche Temperatur des Gefrierergutes von  $-18$  bis  $-20^\circ\text{C}$ , also die üblicherweise verwendete Gefrierlager-temperatur, erreicht wird. Diese Temperatur kann demnach, wenn in Gefrierapparaten gefroren wird, bei den meisten Lebensmittelpackungen als Gefrierendtemperatur gelten.

Um die Gefriergeschwindigkeiten zu bestimmen, die in den verschiedenen Bauarten von Gemeinschaftsgefrieranlagen erzielt werden, wurden in diesen einzeln liegende Fleischpackungen gefroren und die Gefrierzeit gemessen. Da die von der Landbevölkerung üblicherweise gefrorenen Fleischstücke 1 bis 2 kg schwer und 5 bis 7 cm dick sind, wurden für die Vergleichsmessungen stets etwa 1,5 kg schwere Stücke in einer Größe von  $20 \times 13 \times 6$  cm verwendet. Einheitliches knochenloses Schweinefleisch fällt in dieser Größe praktisch nur bei Schinkenstücken an, so daß mageres Rindfleisch mit einem Wassergehalt von etwa 76% für die Messungen genommen wurde. Als Verpackung diente die von der Landwirtschaft viel verwendete 0,075 mm starke Polyäthylenfolie. Nach

dem Einschlagen des Fleisches wurde die Packung durch Einrollen der Folienenden an den Stirnseiten verschlossen. Die Folie lag dem Fleisch an den Breitseiten in einer Schicht satt an.

Für die Registrierung des Temperaturverlaufs im Kern der Packungen wurden mit einer Ausnahme Hartglasmeßwiderstände der Fa. *Degussa* von 2 mm Dmr. und 25 mm Länge mit einem Widerstand der eingegossenen Platinwicklung von 100 Ohm bei  $0^\circ\text{C}$  verwendet. Die Widerstände waren in Invarstahlhülsen untergebracht (Bild 1 und 2). Diese Temperaturfühler wurden so von den Stirnseiten her in die Packungen geschoben, daß die Mitte des Widerstandes sich im geometrischen Mittelpunkt des Fleischzigels befand. Zum

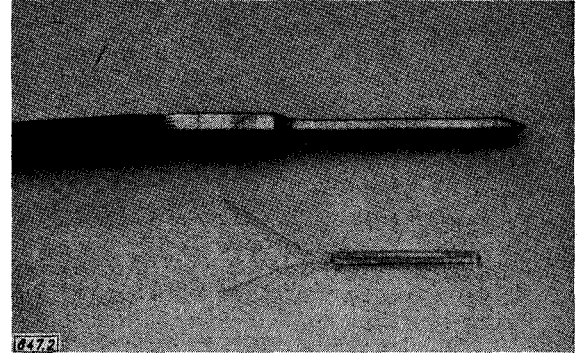


Bild 2. Temperaturfühler (oben) und Meßwiderstand (unten)

Registrieren der Temperaturen diente entweder ein Sechsfarbenpunktendrucker der Fa. *Hartmann u. Braun* mit einem Meßbereich von  $+10$  bis  $-30^\circ\text{C}$  oder der Kompenso-graph der Fa. *Siemens & Halske*, mit dem gleichzeitig 12 Temperaturen im Bereich von  $+30$  bis  $-30^\circ\text{C}$  aufgezeichnet werden konnten. Im Gefrierabteil der Kaltraumanlage wurde der Temperaturverlauf im Kern der Packungen mit einem Quecksilberthermometer gemessen. Die Temperatur wurde jede halbe Stunde abgelesen.

Die Art der Gemeinschaftsgefrieranlagen, in denen die Messungen durchgeführt wurden, sowie die Gefrierbedingungen und die Lage der Packungen beim Gefrieren sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Außerdem sind dort die Gefrierzeit  $z_0$ , die zur Temperatursenkung im Kern der Fleischstücke vom Gefrierpunkt bis auf  $-10^\circ\text{C}$  erforderlich war, und die gesamte Abkühlzeit des Kernes von  $+10$  bis  $-15^\circ\text{C}$  angeführt. Als Gefrierendtemperatur wurde  $-15^\circ\text{C}$  gewählt, da bei Anwendung von Gefriertemperaturen zwischen  $-20$  und  $-25^\circ\text{C}$  die gesamte Packung erst dann im Durchschnitt eine

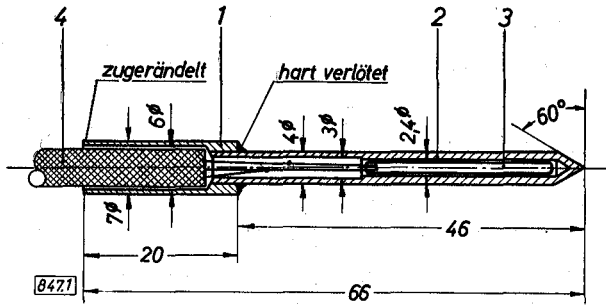


Bild 1. Aufbau des für die Messungen verwendeten Temperaturfühlers

Tabelle 1. Gefrierzeiten und mittlere Gefriergeschwindigkeit beim Gefrieren 1,5 kg schwerer 6 cm dicker Rindfleischstücke in Gemeinschaftsgefrieranlagen verschiedener Bauart und in den Gefriereinrichtungen der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung

Bauart der Anlage	Gefriereinrichtung	Lage während des Gefrierens	Temperatur der Kaltluft °C	Windgeschwindigkeit m/sec.	Gefrierzeit		mittlere Gefriergeschwindigkeit $w_m$ cm/h	
					$z_0$ von $-1$ bis $-10^\circ$ Std.	Gesamt von $+10^\circ$ bis $-15^\circ$ Std.		
Kaltraumanlage mit stiller Kühlung	Vorgefrierabteil	frei auf Hordenwagen	$-25$ bis $-28$	2	3,0	4,4	1,0	
	Vorgefrierfach	frei auf einem Holzrost	$-20$ bis $-21$	0,3	4,7	7,5	0,64	
		Lagerfach	Mitte, flach auf gefrorener Packung	$-17$ bis $-18$	0,1 bis 0,2	9,3	14,3	0,32
	Truhenanlage mit stiller Kühlung	Lagerfach	an Verdampferplatte gestützt	$-21$ bis $-26^{**}$	—	8,8	13,8	0,34
	Truhenanlage mit stiller Kühlung	Lagerfach	Mitte, flach auf gefrorener Packung	$-17$ bis $-18$	—	13,5	18,6	0,22
Gefriereinrichtungen der Bundesforschungsanstalt	Gefrierabteil	frei auf Verdampfer-schlangen mit Maschendraht-auflage	$-24$ bis $-25$	1	3,1	4,9	0,97	
	Gefriertruhe	Mitte Lagerfach auf Wellpappkiste mit gefrorenem Gut	$-17$	—	14,7	23,0	0,20	

\*\*) Temperatur der Verdampferplatte

Temperatur von etwa  $-18^{\circ}\text{C}$  angenommen hat. Den Verlauf der Kerntemperatur während des Gefriervorgangs zeigt Bild 3.

Nach diesen Gefrierkurven und den Werten in Tabelle 1 wurden einzeln liegende 6 cm dicke Fleischpackungen mit Gefriereschwindigkeiten von 0,22 cm/h bis zu 1 cm/h gefroren. Dabei trat die kleinste Gefriereschwindigkeit in der Mitte des Lagerfaches der Truhenanlage mit stiller Kühlung, die größte im Gefrierabteil der Kaltraumanlage auf. Im Gefrierabteil der Kaltraumanlage wurde also etwa 5 mal so schnell gefroren wie bei ungünstiger Lage im Fach einer Truhenanlage. Durch das Gefrieren an den Verdampferplatten konnte hier jedoch die Geschwindigkeit auf 0,34 cm/h gesteigert werden.

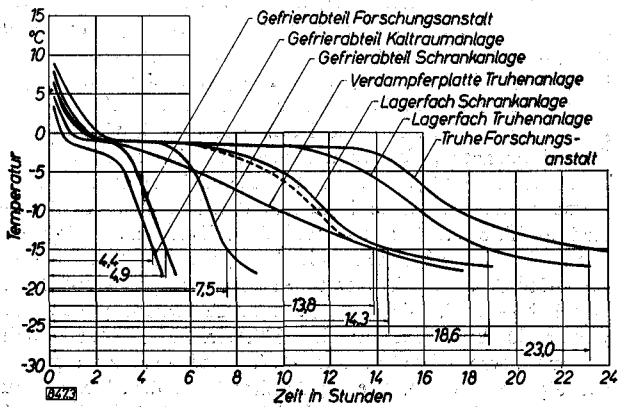


Bild 3. Temperaturverlauf in der Mitte von 6 cm dicken Fleischpackungen während des Gefrierens in verschiedenen Anlagen

Der für eine Gefrierkurve nicht charakteristische Verlauf der Temperatur im geometrischen Mittelpunkt der Fleischpackung beim Gefrieren an der Verdampferplatte des Truhenfachs ist durch das verschiedene schnelle Vordringen der Gefrierfront von den Flächseiten her bedingt. Die Mitte des Fleisches gefriert hier nicht zuletzt aus, sondern wird von der schneller fortschreitenden Gefrierfront durchlaufen. Der gestrichelte Kurventeil gibt angenähert den Verlauf der Temperatur in der zuletzt gefrierenden Zone wieder. Nur wenige Lebensmittel lassen sich jedoch den senkrechten Verdampferplatten so satt anlegen, daß — wie bei der Messung — der enge Kontakt während des Gefriervorgangs bestehen bleibt. In einer Schrankanlage mit stiller Kühlung, in der die Lebensmittel auf waagrecht liegenden Verdampferplatten gefroren und durch das Eigengewicht an diese angegedrückt werden, dürfte die von uns an der senkrechten Verdampferplatte gemessene Gefriereschwindigkeit gelten.

Nach den Meßergebnissen wurde nur im Gefrierabteil der Kaltraumanlage eine Gefriereschwindigkeit erreicht, die an der Grenze des Bereichs zwischen langsamem und schnellem Gefrieren liegt, in allen anderen Anlagen blieb die Geschwindigkeit beträchtlich unter 1 cm/h, es wird also in ihnen langsam gefroren.

Von Tamm [19] wurde bereits im Zusammenhang mit ähnlichen Messungen darauf hingewiesen, daß beim Gefrieren von Lebensmitteln in Gemeinschaftsgefrieranlagen auch durch den Kontakt mit kalten Platten oder durch eine stärkere Luftbewegung im Gefrierfach die Gefriereschwindigkeit nicht aus dem Gebiet des langsamen Gefrierens herausgeführt werden kann. Bei einer Kaltlufttemperatur von  $-21,4^{\circ}\text{C}$  wurde von Tamm im Gefrierabteil einer Kaltraumanlage eine Gefriereschwindigkeit von 0,55 cm/h an einem 8 cm dicken Fleischstück gemessen.

Die erforderliche Gefrierzeit steigt mit zunehmender Dicke der Packungen schnell an. Bei sehr dicken Packungen dauert es so lange, bis der Kern zu gefrieren beginnt und in ihm die Gefrierzone durchlaufen ist, daß während dieser Zeit nachteilige Veränderungen auftreten können. Die in Tabelle 1 aufgeführten Gefrierzeiten z. B. sind in den einzelnen Anlagen nur zu erreichen, wenn das frische Gefriergut gut verteilt

wird, ohne daß die einzelnen Stücke miteinander Kontakt haben. Günstige äußere Gefrierbedingungen (tiefe Temperatur, hohe Windgeschwindigkeit) bleiben weitgehend unwirksam, wenn mehrere Packungen satt aufeinander liegend gefroren werden, da dann die Gefrierzeit im wesentlichen durch die inneren Bedingungen (Wärmeleitvermögen, Schichtdicke) bestimmt wird.

Obleich die landwirtschaftlichen Beratungskräfte oft darauf hingewiesen worden sind, daß die Produkte möglichst einzeln liegend gefroren werden müssen, findet man in der Praxis immer wieder Lagerfächer, in denen Stapel eingefroren wurden. Extreme Fälle von schlechter Belegung beim Gefrieren wurden bei der Inbetriebnahme einer Schrankanlage festgestellt. Ohne die Art der Belegung zu stören, wurde in zwei Lagerfächer in die Mitte des frisch eingelagerten Fleischstapels eine Testpackung mit Temperaturfühler gelegt und der Temperaturverlauf an dieser Stelle registriert. Er ist in Bild 4 dargestellt.

Obleich für einen guten Luftumlauf in der Anlage und für eine ausreichende Kältezufuhr gesorgt worden war, — es wurden Luftgeschwindigkeiten von 0,5 bis 2,5 m/sec und eine Temperatur von  $-19^{\circ}\text{C}$  bei laufendem Lüfter in den Fächern gemessen — dauerte es in dem einen Fach 5,5 Tage, um die Temperatur von  $+10$  auf  $-15^{\circ}\text{C}$  in der Mitte des Stapels zu senken, während im anderen 2 Tage nach der Beschickung die vorgesehene Lagertemperatur erreicht wurde. Daß bei Gefrierzeiten von mehreren Tagen in der Mitte des Stapels liegende empfindliche Produkte während des Abkühl- und Gefriervorgangs bereits erheblich geschädigt werden können, wurde vor allem beim Gefrieren von in Kisten verpacktem Geflügel gefunden.

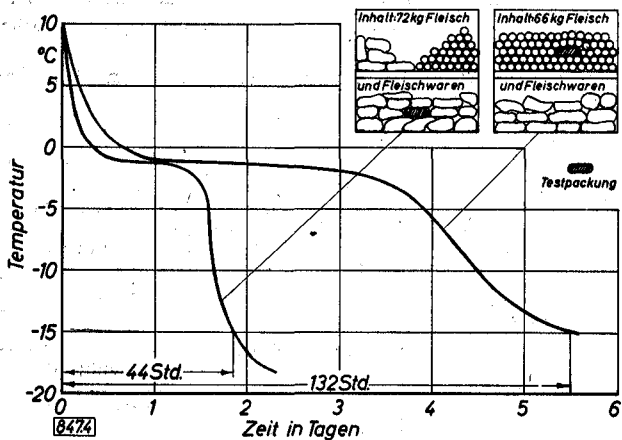


Bild 4. Temperaturverlauf in der Mitte von gestapelten Fleischstücken und Würsten während des Gefrierens im Lagerfach einer Schrankanlage mit bewegter Kühlung

Die Belegungshöhe des erstgenannten Fachs betrug an der Meßstelle etwa 25 cm, so daß — da für die Temperatursenkung von  $-1$  auf  $-10^{\circ}\text{C}$  72 Stunden erforderlich waren — die Fleischwaren hier mit einer mittleren Geschwindigkeit von rd. 0,15 cm/h gefroren wurden.

In Tabelle 1 und in Tabelle 2 sind zum Vergleich die Gefrierbedingungen aufgeführt, unter denen in der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelrischhaltung verschiedene Produkte gefroren wurden, um den Einfluß der Gefriereschwindigkeit auf die Qualität zu untersuchen. Für die Bestimmung der Gefrierbedingungen wurden Fleischstücke gleicher Art und Größe wie in den Gemeinschaftsgefrieranlagen verwendet.

Über den Einfluß der Gefriereschwindigkeit auf die Qualität wird demnächst in dieser Zeitschrift berichtet werden.

### Überprüfung der Lagerbedingungen

Um einen Überblick über die mittlere Lagertemperatur in Gemeinschaftsgefrieranlagen verschiedener Bauart sowie über die Temperaturunterschiede innerhalb der Anlagen und die zeitlichen Schwankungen der Temperatur zu bekommen,

wurde mit Hilfe der Meßeinrichtung, die zur Bestimmung der Gefrierzeiten diente, die Temperatur an verschiedenen Stellen der Anlagen gemessen. Bei den Anlagen mit bewegter Kühlung wurden die Fühler im Raum, in den Kanälen oder Fächern vor und hinter dem Luftkühler und in einem ungünstig gelegenen Fach untergebracht. In der Anlage mit stiller Kühlung wurden sie mit einer gut wärmeleitenden Klebmasse an der Oberfläche der Verdampferplatten befestigt und in der Fachmitte eines halb gefüllten Faches über dem Gefriergut aufgehängt.

Außer der Temperatur wurde die Luftfeuchtigkeit bei den Warmraumanlagen in einem in der Mitte der Anlage gelegenen Fach und in der Kaltraumanlage zwischen den Fachreihen mit Thermohygrographen normaler Bauart registriert. Die Laufzeiten der Maschinen wurden mit Hilfe eines Laufzeit-schreibers der Fa. Kienzle, die Luftgeschwindigkeiten z. T. mit einem Flügelradanemometer der Fa. Lambrecht, z. T. mit einem Hitzdrahtanemometer der Fa. Fuess (Meßbereich 0,02 bis 5 m/sec) gemessen. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Die gewünschte durchschnittliche Lagertemperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$  mit Temperaturschwankungen von nicht über  $1^{\circ}\text{C}$  wurde den Messergebnissen zufolge in den Truhenanlagen eingehalten. Sowohl die Anlagen mit bewegter als auch die Anlagen mit stiller Kühlung arbeiteten jedoch vor Beginn der Untersuchung mit einer um rd.  $2^{\circ}\text{C}$  höheren durchschnittlichen Lagertemperatur, so daß eine Neueinstellung des Thermostats bzw. Pressostaten erforderlich war.

Die Maschine der Kaltraumanlage wurde von Hand geschaltet; der Temperaturanstieg in den Fächern während des Stillstandes der Maschine hätte durch häufigeres Schalten ohne weiteres von  $3^{\circ}$  auf  $1^{\circ}\text{C}$  vermindert werden können. Die Kältemaschine lief hier während des Normalbetriebs vor-

wiegend nachts. Tagüber sollte sie zwar bei Überschreiten einer Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$  eingeschaltet werden; es ist jedoch anzunehmen, daß die Kaltraumtemperatur während des Tages zeitweise wesentlich höher anstieg und daß hierin die Ursache der Klagen von Fachbesitzern über eine mangelhafte Qualität der eingelagerten Gefrierware zu suchen ist.

Während der Messungen in der Schrankanlage herrschte im Aufstellungsraum eine Temperatur von 22 bis  $26^{\circ}\text{C}$ . Nur an so heißen Sommertagen ist mit einem Temperaturanstieg von  $3^{\circ}\text{C}$  während der Stillstandszeiten in den ungünstig liegenden Eckfächern zu rechnen. Zu einem späteren Zeitpunkt nahm die Temperatur in diesen Fächern nur um  $0,5$  bis  $1^{\circ}\text{C}$  während des Stillstandes der Maschine zu.

Neben diesen vom Karlsruher Institut vorgenommenen Messungen wurde außerdem durch die *Bundesforschungsanstalt für Hauswirtschaft* und durch landwirtschaftliche Beratungskräfte die Lagertemperatur in einer Reihe von Anlagen verschiedener Bauart in den einzelnen Ländern des Bundesgebiets kontrolliert. Die dabei durch regelmäßige Messungen in drei Fächern gefundenen durchschnittlichen Temperaturhöchstwerte und -tiefstwerte und die kleinsten und größten Temperaturunterschiede innerhalb der Fächer einer Anlage sind in Tabelle 3 zusammengefaßt. Von den 22 kontrollierten Anlagen arbeiteten 15 im Temperaturbereich von  $-17$  bis  $-19^{\circ}\text{C}$ , 7 bei Temperaturen von  $-12$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  und eine bei  $-10^{\circ}\text{C}$ . Die Schrank- und Truhenanlagen mit bewegter Kühlung, in denen diese höheren Temperaturen meist auftraten, waren 1953 gebaut worden und gehörten damit zu den älteren Anlagen. Die verhältnismäßig hohen Temperaturen waren jedoch in der Regel nicht auf technische Fehler in der Anlage zurückzuführen, sondern auf die Einstellung des Thermostaten bzw. auf den ausschließlichen Betrieb der Anlage mit Nachtstrom. Es bestand die Absicht, durch diese

**Tabelle 2. Lagerbedingungen in Gemeinschaftsgefrieranlagen verschiedener Bauart**

		Anlagen mit bewegter Kühlung			Truhenanlage mit stiller Kühlung	
		Kaltraum	Schrank	Truhe		
Durchschnittliche Fachtemperatur $^{\circ}\text{C}$		$-17$ bis $-18$	$-17$ bis $-18$	$-19$ bis $-20$	$-18$	
Temperatur am Luftkühler	Laufzeitende	Austritt $^{\circ}\text{C}$	$-20$	$-20$	$-22$	
		Eintritt $^{\circ}\text{C}$	$-20$	$-18$	$-21$	
	Laufzeitbeginn	Austritt $^{\circ}\text{C}$	$-19$	$-19$	$-20$	
		Eintritt $^{\circ}\text{C}$	$-16$	$-16$	$-17$	
Temperatur in den Fächern	Laufzeitende	tiefste $^{\circ}\text{C}$	$-19$	$-18$	$-20$	
		höchste $^{\circ}\text{C}$	$-18$	$-18$	$-19$	
	Laufzeitbeginn	tiefste $^{\circ}\text{C}$	$-18$	$-17$	$-19$	
		höchste $^{\circ}\text{C}$	$-15$	$-15$	$-18$	
Tagestemperatur	Aufstellungsraum $^{\circ}\text{C}$	—	22 bis 26	12 bis 18	17 bis 21	
	Außen <sup>2)</sup> $^{\circ}\text{C}$	12 bis 25	23 bis 29	11 bis 22	15 bis 22	
relative Luftfeuchtigkeit	in den Fächern $\%$	85 bis 90 <sup>3)</sup>	85 bis 90	80 bis 85	65	
	Aufstellungsraum $\%$	—	—	70 bis 90	50 bis 80	
	Außen $\%$	50 bis 95	35 bis 50	45 bis 85	40 bis 90	
Windgeschwindigkeit	hinter dem Verdampfer $\text{m/s}$		2,7 <sup>4)</sup>	—	2,9	—
	Vorgefrierfach $\text{m/s}$		—	0,3	1,2	—
	vor dem Verdampfer $\text{m/s}$		1,6 <sup>4)</sup>	—	3,6 <sup>4)</sup>	—
	Lagerfächer	horizontal $\text{m/s}$ vertikal $\text{m/s}$	— 0,2 bis 0,7	0,1 bis 0,15 0,1 bis 0,2	0,05 bis 0,7 <sup>5)</sup> 0,05 bis 0,3	— —
Kältemaschine	mittlere Laufzeit $\text{Std.}$		rd. 7 <sup>6)</sup>	0,5 bis 0,8	0,7 bis 0,8	0,4 bis 0,5
	mittlere Stillstandszeit $\text{Std.}$		rd. 5	0,3 bis 0,5	0,7 bis 0,8	0,2 bis 0,4
	Laufzeit/24 Std.		rd. 14	15	12	14

<sup>1)</sup> Temperatur der Verdampferplatten.

<sup>2)</sup> Mit Ausnahme der Temperatur am Aufstellungsort der Schrankanlage, die wir um 18 Uhr abgelesen haben, wurden die angegebenen Mindesttemperaturen um 8 Uhr gemessen.

<sup>3)</sup> Diese Werte wurden zwischen den Fachreihen im Kaltraum gemessen.

<sup>4)</sup> Im Kanal gemessen.

<sup>5)</sup> Niedriger Wert in der Mitte zwischen zwei stark belegten Fächern; hoher Wert in der Mitte des Faches am Verdampfer in Höhe der Saugschlitzes gemessen.

<sup>6)</sup> Die Maschine wurde von Hand geschaltet.

**Tabelle 3. Lagertemperaturen in Gemeinschaftsgefrieranlagen verschiedener Bauart**

Art der Anlage	Zahl der untersuchten Anlagen	Durchschnittliche Temperatur		Temperaturunterschied	
		Tiefstwert °C	Höchstwert °C	Tiefstwert °C	Höchstwert °C
Kaltraumanlagen mit stiller Kühlung ....	3	-18	-18	0	0
Kaltraumanlagen mit bewegter Kühlung ..	3	-18	-16,5	0	2
Schrankanlagen mit stiller Kühlung ....	2	-19	-18	0	2
Schrankanlagen mit bewegter Kühlung ..	8	-17,5	-10	0	4
Truhenanlagen mit stiller Kühlung*) ..	4	-18	-18	0	0
Truhenanlagen mit bewegter Kühlung ..	2	-14	-14	2	2

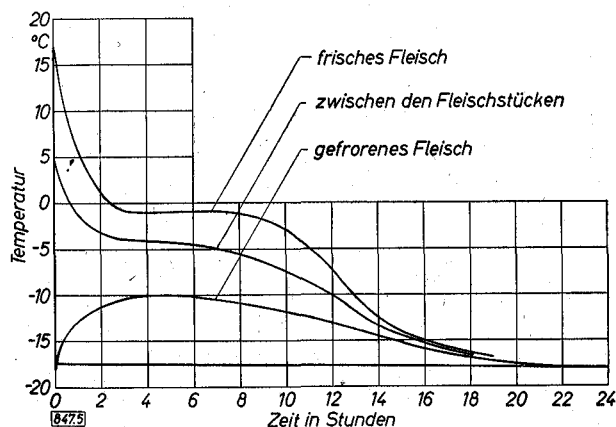
\*) Darunter eine Anlage mit Mantelkühlung.

Betriebsweise den Stromverbrauch und dementsprechend die laufenden Kosten der Anlage zu vermindern. In anderen Fällen trug aber auch die mangelhafte Wartung die Schuld am Auftreten einer erhöhten Lagertemperatur; oft fehlten Kontrollthermometer in den Anlagen.

Die Meßwerte zeigen, daß zwar die weitaus meisten Anlagen in dem für die Lagerung von Lebensmitteln empfohlenen Temperaturbereich von  $-17$  bis  $-19^{\circ}\text{C}$  arbeiten, daß aber auch mit dem Auftreten von Lagertemperaturen bis  $-10^{\circ}\text{C}$  gerechnet werden muß.

Die in Tabelle 2 und 3 angegebenen Temperaturen gelten für normalen Betrieb in Fächern, in denen nicht gefroren wird. Eine Beschickung des Vorgefrierfaches in der von uns geprüften Schrankanlage mit etwa 25 kg Gefriergut hatte eine Temperaturerhöhung der Luft in den Fächern am Ende des Verteilungskanals um  $1^{\circ}\text{C}$  zur Folge. Beim Gefrieren im Lagerfach stieg die Lufttemperatur in diesem bei den Anlagen mit bewegter Kühlung während der Stillstandszeiten der Maschine kurz nach dem Einbringen der frischen Ware um 3 bis  $5^{\circ}\text{C}$ . Auch in einem halbgefüllten Lagerfach der Truhenanlage mit stiller Kühlung erhöhte sich die Temperatur der Luft um  $4^{\circ}\text{C}$  beim Gefrieren der gleichen Lebensmittelmenge. Die Temperatur der schon eingelagerten Gefrierprodukte wird also durch diesen verhältnismäßig schnell auf den Ausgangswert zurückgehenden Temperaturanstieg im Durchschnitt nur unwesentlich erhöht.

Sehr viel größer ist die Temperaturschwankung in einem Teil der gefrorenen Produkte, wenn — wie es in der Truhenanlage und teils auch in der Schrankanlage üblich ist — die frische Ware im Kontakt mit der gefrorenen abgekühlt wird.



**Bild 5. Temperaturverlauf im Kern einer gefrorenen und einer im Kontakt mit ihr gefrierenden frischen Fleischpackung sowie zwischen den Packungen im Lagerfach einer Truhenanlage mit stiller Kühlung bei  $-18^{\circ}\text{C}$**

Nach Messungen von *Shelov* und *Woodroof* [18] stieg z. B. in einem Haushaltsgefrierschrank die Temperatur im Kern von 44 mm hohen gefrorenen Packungen mit Trauben in Zuckermischung um  $7^{\circ}\text{C}$ , wenn Packungen der gleichen Abmessungen mit einer Ausgangstemperatur von 20 bis  $24^{\circ}\text{C}$  im Kontakt mit ihnen gefroren wurden.

Um den Temperaturanstieg bei den in deutschen Gemeinschaftsgefrieranlagen üblichen Gefrierbedingungen zu überprüfen, wurden 1,5 kg schwere Rindfleischstücke mit den Abmessungen  $20 \times 13 \times 6$  cm auf gleich großen Fleischstücken liegend im Fach einer Truhenanlage bei  $-18^{\circ}\text{C}$  gefroren. Die Fleischstücke waren wie für die Bestimmung der Gefriergeschwindigkeit verwendeten in Polyäthylenfolie verpackt. Temperaturfühler wurden vor dem Gefrieren im geometrischen Mittelpunkt der Fleischpackungen und zwischen den satt aufeinanderliegenden Flächen angebracht. Das gefrorene Lagergut hatte vor Beginn der Messung im gesamten Querschnitt die Lagertemperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$  angenommen. Bei einer Einbringtemperatur des frischen Fleisches von  $+17^{\circ}\text{C}$  wurden vom Temperaturschreiber die in Bild 5 wiedergegebenen Werte registriert.

Beim Gefrieren im Kontakt mit gefrorenen Packungen stellt sich — wie der Kurvenverlauf zeigt — unmittelbar nach der Berührung die gleiche Oberflächentemperatur an den sich berührenden Seiten ein. Die Randtemperatur der gefrorenen Packungen stieg bei dieser Messung auf  $+5^{\circ}\text{C}$  an, um dann durch den Temperaturausgleich zwischen den Fleischstücken und die Einwirkung der Umgebungstemperatur stetig abzusinken. Gleich nach dem Einlegen des frischen Fleisches begann auch die Temperatur im Kern des gefrorenen Fleischstückes schnell anzusteigen, bis abklingend nach 4 bis 5 Stunden der Höchstwert von  $-10^{\circ}\text{C}$  erreicht war. Von diesem Zeitpunkt an gingen dann alle Temperaturen langsam zurück und glichen sich einander an. Im gefrorenen Fleischstück wurde bei dieser Art des Gefrierens eine Kerntemperatur von  $-12^{\circ}\text{C}$  während 8 Stunden überschritten.

Über den Einfluß der Lagertemperatur auf die Qualitätserhaltung der Lebensmittel wird in einem besonderen, in dieser Zeitschrift erscheinenden Aufsatz berichtet werden.

### Zusammenfassung

In Gemeinschaftsgefrieranlagen verschiedener Bauart wurde der Temperaturverlauf im Kern einzeln liegender Fleischstücke und gestapelter Fleischwaren während des Gefrierens gemessen und aus der ermittelten Gefrierzeit die Gefriergeschwindigkeit berechnet. Dabei wurden die 1,5 kg schweren und 6 cm dicken einzeln liegenden Fleischstücke mit einer Geschwindigkeit von 0,22 cm/h bis 1 cm/h gefroren. Die kleinste Gefriergeschwindigkeit trat in der Fachmitte einer Truhenanlage mit stiller Kühlung bei  $-18^{\circ}\text{C}$ , die größte im Kaltluftstrom des Gefrierabteils einer Kaltraumanlage bei  $-25$  bis  $-28^{\circ}\text{C}$  auf. In der Mitte von Fleischstapeln, die im Lagerfach einer Schrankanlage mit bewegter Kühlung gefroren wurden, stellte sich die geforderte Lagertemperatur erst nach 2 bzw.  $5\frac{1}{2}$  Tagen ein.

Die durchschnittliche Temperatur in den Lagerfächern betrug bei dem größten Teil der kontrollierten Anlagen  $-17$  bis  $-19^{\circ}\text{C}$ ; ein Teil der Anlagen arbeitete jedoch, um Strom zu sparen, nur mit Nachtstrom, so daß auch Temperaturen von  $-10$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  gemessen wurden. Die Temperaturunterschiede in den Anlagen betragen 1 bis  $3^{\circ}\text{C}$ , die Temperaturschwankungen in den einzelnen Fächern während des Normalbetriebs rd.  $1^{\circ}\text{C}$  (in Extremfällen bis  $3^{\circ}\text{C}$ ). Beim Einbringen frischer Lebensmittel (etwa  $\frac{1}{5}$  des maximalen Füllgewichts) in die Fächer stieg die Lufttemperatur um 3 bis  $5^{\circ}\text{C}$  an. In einer gefrorenen Fleischpackung von 6 cm Dicke wurde eine Temperaturerhöhung von  $-18$  auf  $-10^{\circ}\text{C}$  im Kern gemessen, wenn — wie es beim Gefrieren im Lagerfach oft vorkommt — eine gleich große Packung von frischem Fleisch (Temperatur  $+17^{\circ}\text{C}$ ) im Kontakt mit ihr gefroren wurde. [847]

### Schrifttum

- [1] M. Bäckström: Kältetechnik; Verlag G. Braun, Karlsruhe 1953.
- [2] H. C. Diehl und K. F. Werner: Circular No. 709, U.S. Dept. of Agric. Washington, Aug. 1945.

- [3] G. F. Dunker u. O. G. Hankins: Food Technol. 7 (1953), S. 505.
- [4] J. Gutschmidt: Das Haltbarmachen von Lebensmitteln durch Gefrieren; DLG-Merkblatt Nr. 12, Dtsch. Landwirtschafts-Ges. Verlags-G.m.b.H., Frankfurt/M., 1. Aufl. 1953; 4. Aufl. 1956.
- [5] J. Gutschmidt, K. F. Leopold u. W. Timm: Aufbau und Betrieb von Gemeinschaftsgefrieranlagen; Schriftenreihe des AID, Heft 90, Verlag Kommentator G.m.b.H., Frankfurt/M., 1. Aufl. 1954; 2. Aufl. 1957.
- [6] J. L. Hall, J. Kalen, B. D. Westerman, D. L. Mackintosh u. G. E. Vail: Refrig. Eng. 57 (1949), S. 247.
- [7] R. Heiss: Fortschritte in der Technologie des Konservierens von Gemüse und Obst; Verlag Dr. Serger & Hempel, Braunschweig 1955.
- [8] J. Kuprianoff: Kältetechnik 7 (1955), S. 215.
- [9] F. A. Lea, R. F. Brooks, A. M. Pearson, J. I. Miller u. Fr. Volg: Food Research 15 (1950), S. 8.
- [10] F. A. Lea, R. F. Brooks, A. M. Pearson, J. I. Miller u. J. J. Wanderstock: J. Amer. diet. Ass. 30 (1954), S. 351 (Referat).
- [11] F. A. Lea u. W. A. Gortner: Refrig. Eng. 57 (1949), S. 148.
- [12] F. A. Lea, W. A. Gortner u. J. Whiteamba: Ind. Eng. Chem. 38 (1946), S. 341.
- [13] A. O. Mackey, A. W. Oliver u. S. C. Fang: Food Research 17 (1952), S. 409.
- [14] D. G. McCoy, G. A. Hayner, W. Reiman u. R. Heckman: Refrig. Eng. 57 (1949), S. 971.
- [15] C. G. Mraz: Circular No. 153; Calif. Agric. Ext. Service, Univ. of Calif., Berkely, Juni 1949.
- [16] P. Paul u. M. Ferley: Food Research 19 (1954), S. 272.
- [17] R. Plank: Beiheft z. Zs. ges. Kälteind. 1941, R. 3, H. 10.
- [18] E. Shelor u. J. G. Woodroff: Refrig. Eng. 62 (1954), S. 45.
- [19] W. Tamm: Kältetechnik 7 (1955), H. 5, Beilage des Frideairewerks der Adam Opel A. G., Rüsselsheim.