

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 82 (1964)
Heft: 43

Artikel: Das Temperaturfeld in einem Gefriergutstapel
Autor: Emblik, Ed.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-67600>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Von PD Dr. Ed. Emblük, Winterthur¹⁾

Bei der Herstellung und der Verteilung von tiefgekühlten Lebensmitteln hat man es im allgemeinen mit dreierlei Problemen zu tun: 1. Kälteerzeugung in den verschiedenen Gliedern der Tiefkühlkette; 2. Probleme der Kälteanwendung, nämlich die Wahl der geeigneten Gefrier- und Lagerungsverfahren; 3. Organisatorische Probleme, die mit der strikten Einhaltung der Tiefkühlkette vom Erzeugungsort bis zum Verbraucher zusammenhängen. Im nachfolgenden sei ein Teilproblem der letztgenannten Gruppe kurz behandelt, nämlich der Temperaturverlauf in gestapelten Gefriergutpackungen.

Die standardisierten Gefriergutpackungen werden normalerweise auf Paletten gestapelt und als Stapel im internen Kühlhausverkehr transportiert. In dieser Form werden die Waren auch durch Tiefkühlcamions vom Kühlhaus abgeholt oder dorthin befördert, wobei eine Zwischenabstellung auf der Rampe meistens nicht zu vermeiden ist. Ist die Temperatur der Ware während eines längeren Transportes etwas angestiegen, so wird ein solcher Stapel in einen Nachgefriererraum gefahren, wo dann die Abkühlung auf die richtige Lagerungstemperatur erfolgt.

Sei es nun, dass ein Gefriergutstapel auf der Rampe in der warmen Aussenluft steht, oder dass er im Tiefkühl tunnel nachkühlen soll, immer verläuft die Temperaturänderung innerhalb der verschiedenen Teile eines Stapels sehr unterschiedlich. Dies hängt mit der endlichen Wärmeleitzahl der gestapelten Ware zusammen. Nur wenn die Wärmeleitzahl unendlich gross wäre, würde sich über das gesamte Volumen des Stapels eine gleichmässige Temperatur einstellen, indem die durch die örtlichen Unterschiede im Wärmeaustausch mit der Umgebung hervorgerufenen Temperaturdifferenzen sofort ausgeglichen würden. Tatsächlich ist aber die mittlere Wärmeleitzahl der verpackten Waren verhältnismässig gering, so dass sich der Temperaturengleich um so langsamer vollzieht, je weiter weg von der Oberfläche die in Betracht gezogene Stelle im Stapel liegt. An der Oberfläche selbst, insbesondere aber an den Kanten und Ecken, gleicht sich die Temperatur des Stapelgutes sehr rasch an die der umgebenden Luft an, weil der Ausgleich mit der tiefer liegenden Masse des Gutes langsam vor sich geht.

Wenn man von einer gleichmässigen Temperatur im gesamten Stapel ausgeht, so ergibt sich im Laufe der Zeit ein Temperaturfeld, das heisst eine zeitlich und räumlich veränderliche Temperaturverteilung im Stapel. Die Berechnung eines solchen Temperaturfeldes ist von F. Berger [1] angegeben worden; sie ist ausserordentlich kompliziert. Dabei müssen gewisse Stoffwerte, wie Dichte und Wärmeleitzahl, als Mittelwerte eingesetzt werden, obwohl es sich ja bei einem Stapel von Packungen um eine diskontinuierliche Masse handelt, die abwechselnd aus dem Gefriergut selbst und dem Verpackungsmaterial besteht, möglicherweise auch noch mit kleineren Lufteinschlüssen.

Nimmt man für die Wärmeleitzahl, die spezifische Wärme und die Dichte des Stapels Mittelwerte an, dann erhält man für die Temperaturdifferenz zwischen einem Punkt im Stapel und der Umgebungsluft einen Verlauf gemäss Bild 1. Die hier wiedergegebenen Kurven gelten sowohl für die Abkühlung als auch für die Erwärmung. Ihr Verlauf hängt ab von der Temperaturleitzahl des Gutes, sowie vom Verhältnis seiner Wärmeleitzahl zur Wärmeübergangszahl an der Oberfläche des Stapels.

Der Temperaturanstieg an verschiedenen charakteristischen Punkten eines Gefriergutstapels, der sich in einer wärmeren Umgebung befindet, geht aus Bild 2 hervor, dem eine Temperatur der Aussenluft von +20°C zugrunde liegt. Temperaturanstiege dieser Art treten sowohl beim Abstellen eines Gefriergutstapels auf einer Verladerrampe in warmer Aussenluft auf als auch beim Transport in einem ungenügend gekühlten Beförderungsmittel.

Wie man sieht, ändert sich die Temperatur in der Mitte des Stapels während der in Betracht gezogenen Zeit kaum, wogegen an den Ecken ein rascher Temperaturanstieg feststellbar ist. Auch in einer Tiefe von 1 cm und sogar 6 cm findet ein merklicher Temperaturanstieg innerhalb verhältnismässig kurzer Zeit statt.

Man könnte vielleicht meinen, es handle sich bei 1 bis 6 cm dicken Schichten nur um verhältnismässig dünne Oberflächenteile, deren Masse im Vergleich zum gesamten Stapel unbedeutend sei. Eine einfache Berechnung zeigt jedoch, dass dies durchaus nicht zutrifft: Bei einem Stapel von 80 × 120 cm Grundfläche und 100 cm Höhe ent-

spricht eine allseitige Oberflächenschicht von 6 cm Dicke einem Volumanteil von rund 30 %, und sogar eine nur 1 cm dicke Aussen-schicht enthält etwa 6 % des Stapelinhalt.

Aus obigen Darlegungen folgt, dass man Gefriergutstapel möglichst nicht in der warmen Aussenluft stehen lassen sollte. Wenn dies jedoch aus betriebstechnischen Gründen nicht ganz vermeidbar ist, dann müssen die Kanten und Ecken des Stapels durch Überdecken isoliert werden, um den Temperaturanstieg an diesen besonders exponierten Stellen in mässigen Grenzen zu halten.

Soll dagegen ein Gefriergut, dessen Temperatur während eines Transportes leicht angestiegen ist, wieder abgekühlt werden, dann muss das Gut im Gefrierraum so gestapelt werden, dass möglichst alle Teile des Stapels, insbesondere auch die mittleren Partien, von der kalten Luft gut umspült werden.

Der zum Nachgefrieren erforderliche Kältebedarf ist, wenn man von Verlusten absieht, gleich der Wärmemenge, die der Stapel beim Stehen an der warmen Aussenluft aufgenommen hat. Hat beispielsweise ein Stapel mit einer gleichmässigen Anfangstemperatur von -20°C eine Stunde auf einer Rampe bei +20°C Aussenlufttemperatur gestanden, so hat sich gemäss Bild 2 die Oberfläche um 13°C erwärmt, während der Temperaturanstieg in 1 cm Tiefe 9° und in 6 cm Tiefe rund 2° beträgt. Sieht man von der verhältnismässig geringen Masse der Ecken und Kanten ab, dann lässt sich die gesamte aufgenommene Wärmemenge graphisch ermitteln. Unter Zugrundelegung einer spezifischen Wärme von rund 1 kcal/kg°C, in welcher auch die bei der Temperaturänderung auftretende latente Wärme enthalten ist, ergibt

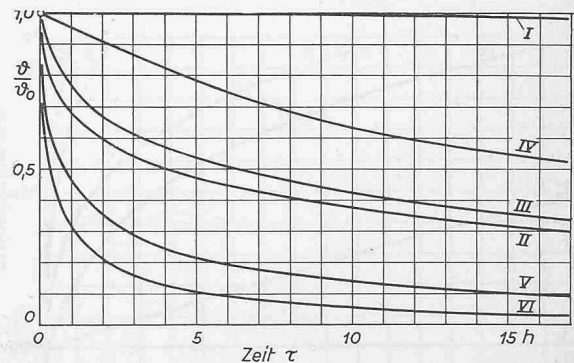


Bild 1. Temperaturverlauf in grossen rechteckigen Stapeln bei Erwärmung in gefrorenem Zustand oder beim Nachgefrieren. Mindestabmessung des Stapels rund 80 cm.

ϕ = Differenz zwischen der Temperatur im Stapel und der umgebenden Luft in °C zur Zeit τ
 ϕ_0 = gleiche Temperatur-Differenz im Zeitpunkt $\tau = 0$

Kurve I Mitte Stapel
 Kurve II Oberfläche
 Kurve III 1 cm unter der Oberfläche
 Kurve IV 6 cm unter der Oberfläche
 Kurve V Kante
 Kurve VI Ecke

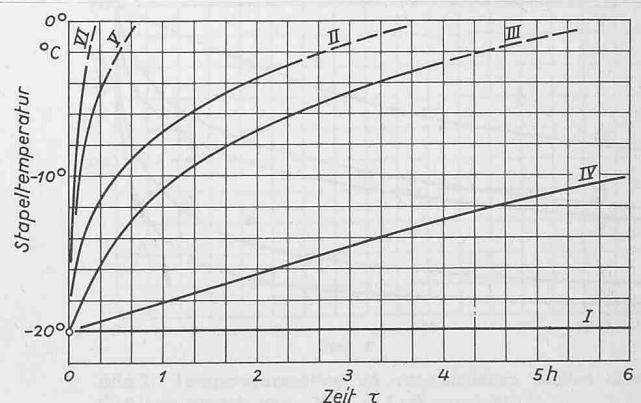


Bild 2. Temperaturanstieg an verschiedenen Stellen eines Gefriergutstapels von -20°C in Luft von +20°C.

Bezeichnung der Kurven wie Bild 1.

¹⁾ Vortrag gehalten am Kolloquium des Schweizerischen Vereins für Kältetechnik vom 22. Oktober 1963 in Zürich.

die Berechnung folgendes: Um die ursprüngliche Temperatur von -20°C wieder zu erreichen, müssen von einem Stapel mit den Abmessungen $80 \times 120 \times 100 \text{ cm}$ insgesamt rund 1900 kcal Wärme abgeführt werden. Bei anderen Abmessungen des Stapels ändert sich der Kältebedarf ungefähr proportional dem Stapelvolumen.

Literatur:

- [1] F. Berger: Ueber die Berechnung des Temperaturverlaufes in einem Rechkant beim Abkühlen und Erwärmen. «Zeitschr. für Angew. Mathematik u. Mechanik», 8 (1928), S. 479.

Wettbewerb für den Neubau des Konviktes der Bündner Kantonsschule in Chur

DK 628.27:727.113

Das alte Konvikt wurde 1902 im Rahmen der Kantonsschulbauten an der Halde in Chur auf Grund eines Wettbewerbes (SBZ Band 37, H. 3, S. 33, 26. Januar 1901) durch die Architekten Walcher & Gaudi, Rapperswil, erstellt (Baukosten 350000 Fr., Kubikmeterpreis 20 Fr.). Gemäss der damaligen Auffassung des «Zusammenlebens» in einem Konvikt enthielt der Bau grosse Schlafsäle, grosse Studiensäle, einen grossen Essaal für die gemeinsamen Mahlzeiten und dazu noch grosse Aufenthaltsräume für die gemeinsame Entspannung. Im Laufe der Jahrzehnte wandelte sich die Auffassung, und das Gebäude wurde der Forderung nach mehr persönlicher und privater Atmosphäre angepasst. Die Schlafsäle wurden in Zimmer unterteilt. Den neuen Raumbedürfnissen fielen auch die übrigen Gemeinschaftsräume mit Ausnahme des Essaales zum Opfer. Wenn auch bei dieser Umgestaltung versucht wurde, das Beste unter den gegebenen Verhältnissen herauszuholen, so blieb dieses Beste doch mit schwerwiegenden Mängeln behaftet (allein schon die lichte Höhe von $3,80 \text{ m}$ ist für kleine Schlaf- und Wohnzimmer ein Unding). Die bis heute im Konvikt bestehenden Missverhältnisse, die strukturellen

Mängel und der teils fragwürdige Bauzustand bewogen die vom Kleinen Rat eingesetzte Studienkommission für die Sanierung und den Ausbau der Kantonsschulgebäude an der Halde (SBZ 1964, H. 42, S. 726) einen Neubau des Konviktes ausserhalb des Schulareals zu beantragen, der 100 Schülern Platz bieten sollte. 1963 konnte der Kanton ein genügend grosses Grundstück «hinter St. Luzi» in guter Lage zu den Schulbauten erwerben. Dessen Hanglage bot für die Projektierung allerdings erhebliche Schwierigkeiten. Indessen erwies ein Vorprojekt (mit Modell), welches durch das Kantonale Hochbauamt erstellt wurde, die Ausführbarkeit eines Konviktsneubaus auf dem vorgesehenen Gelände. Daraufhin wurde im Juli 1963 ein Projektwettbewerb eröffnet (SBZ 1963, H. 35, S. 628) und im Februar 1964 entschieden (SBZ 1964, H.10, S. 167). Entsprechend dem Antrag des Preisgerichtes lud der Kleine Rat die Verfasser des 1. bis 4. Preises zu einer Überarbeitung ihrer Entwürfe ein. Das unveränderte *Raumprogramm* enthielt im wesentlichen: 76 Doppel- und Einzelzimmer, aufgeteilt in 2 Wohneinheiten, 4 Wohnzimmer, je 2 Spielzimmer, Speisesäle und Werkräume, eine Krankenabteilung, Musikzellen, Räume für die Verwaltung, Wirtschaftsräume, 3 Wohnungen und Einerzimmer für Vorsteher und Personal, ferner Abstellräume, Schutzraum- und Aussenanlagen.



Schaubild des im Jahre 1901 unter 33 Entwürfen erstprämierten Wettbewerbsprojektes (Preissumme 900 Fr.) für das Konvikt der Bündner Kantonsschule. Architekten Walcher & Gaudi, Rapperswil.

Urteil: «Ausgezeichnet dem Terrain angepasste Disposition, geschickte Gruppierung der Gebäudemassen, die ohne allen Luxus wirken» usw. Quae mutatio rerum!

Ausführungsprojekt Otto Glaus und Ruedi Lienhard, Zürich, Teilnehmer: Ruedi Lienhard und Andrea Ludwig, Mitarbeiter Ernst Bringolf und Heidi Disler

Beurteilung (SBZ 1964, H. 36, S. 640). Das Preisgericht prüfte die vier Projekte hinsichtlich folgender *Kriterien*: Situation (Erschliessung, Gebäudeorientierung, Geländeeinpassung), Betriebsorganisation (Betriebswege, Anordnung der Raumgruppen, Raumgruppierung, Raumeinrichtung, -belichtung und -belüftung), städtebauliche und architektonische Gestaltung (Einpassung in das Stadt- und Landschaftsbild, Bezugnahme auf die Eigenart von Standort und Geländeformationen, Gestaltung der Baukörper, Fassaden und Innenräume, speziell auch in bezug auf die Eigenart der Bauaufgabe) und Wirtschaftlichkeit (betrieblich, bau- und ausführungstechnisch, Kubikinhalt).

Das Preisgericht kam einstimmig zum Beschluss, das Projekt Nr. 2 zur Weiterbearbeitung zu empfehlen, als beste und reifste Grundlage für das Bauvorhaben.

Die Eröffnung der Verfasserkuverts ergab als Urheber für Projekt Nr. 1 Monica Brügger, Chur, Projekt Nr. 2 Otto Glaus und Ruedi Lienhard, Zürich, Teilnehmer: Ruedi Lienhard und Andrea Ludwig, Mitarbeiter Ernst Bringolf und Heidi Disler, Projekt Nr. 3 Richard Brosi in Firma Brosi und Flotron, Zürich, Projekt Nr. 4 H. P. Menn, Chur.

Modellbild aus Südwesten



Situation 1: 2500

