

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires
<b>Herausgeber:</b>	Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte
<b>Band:</b>	105 (1963)
<b>Heft:</b>	10
<b>Artikel:</b>	Die Schnellkühlung von Fleisch
<b>Autor:</b>	Emblick, Eduard
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-592142">https://doi.org/10.5169/seals-592142</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 02.02.2026

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

pigeons, des préparations à teneur de gamma-hexa et de mercure ne déterminent point d'intoxications. En revanche, des préparations à base de dieldrine et d'aldrine, englouties par des pigeons affamés, peuvent entraîner la mort.

### Riassunto

Furono provati dei mezzi corrosivi del commercio da una parte con il foraggiamento a lungo di frumento conciato e dall'altra con la somministrazione diretta di diverse quantità di corrosivi originali circa la loro tossicità per i piccioni. Si è rilevato che i preparati gammahexa e quelli contenenti mercurio, usati conformemente a prescrizione, non intossicano i piccioni. Invece la somministrazione di semi contenenti Dieldrin e Aldrin a dei piccioni d'ingrasso affamati può causare la morte degli animali.

### Summary

Ordinary commercial wheat-staining substances were tested for their toxicity on pigeons, on the one hand by feeding them on stained wheat for a long time, on the other hand by giving them directly various quantities of wheat-stain. It was shown that preparations containing gammahexa and mercury cause no poisoning in pigeons. In contrast, wheat stained with preparations containing dieldrine and aldrine can cause the death of pigeons feeding voraciously on it.

### Literatur

Ehrsam H.: Schweiz. Landw. Monatshefte 41, 100 (1963). — Fritzsch K. und E. Gerriets: Geflügelkrankheiten (1962). — Gylstorff: Mht. Vet. Med. 11, 678 (1956). — Löliger H.: Mht. Vet. Med. 11, 685 (1956).

## Die Schnellkühlung von Fleisch

Von PD Dr. Eduard Emblik, Winterthur<sup>1</sup>

Fleisch ist eines der höchstwertigen, aber gleichzeitig auch sehr leicht verderblichen Lebensmittel, weshalb eine ununterbrochene Kühlung von der Schlachtung bis kurz vor dem Verbrauch erforderlich ist.

Die Abkühlung von Fleisch gleich nach der Schlachtung hat den Zweck, das Wachstum von Mikroorganismen auf der Oberfläche des Fleisches zu verlangsamen und den Gewichtsverlust des Fleisches herabzusetzen.

Während man den Anfangskeimgehalt der Oberfläche durch hygienische Arbeitsweise niedrig halten kann, lässt sich ein gewisser Gewichtsverlust

<sup>1</sup> Auszug aus der Habilitationsschrift. Die Originalarbeit kann in der Hauptbibliothek der ETH eingesehen werden.

infolge der Verdunstung von Wasser aus dem Fleisch nicht vermeiden. Infolge der hohen Temperatur des frisch geschlachteten Fleisches ist der Partialdruck des Wasserdampfes über der Oberfläche stets wesentlich höher als in der umgebenden Luft, weshalb eine Verdunstung auch bei gesättigter oder gar übersättigter Umgebungsluft stattfindet.

Was den Gewichtsverlust anbelangt, so sind die tatsächlich gemessenen Werte wesentlich geringer als die mit Hilfe der bisher üblichen Berechnung ermittelten. Daraus folgt, daß bei den bisherigen Berechnungsverfahren nicht alle Faktoren berücksichtigt worden sind, welche auf die Verdunstung einwirken. Im nachfolgenden sei daher besonders der Verdunstungsvorgang bei der schnellen Abkühlung von Fleisch eingehend behandelt. Auf Grund der ermittelten Zusammenhänge läßt sich dann ein Verfahren entwickeln, bei welchem der Gewichtsverlust am geringsten ist.

### 1. Der Abkühl- und Verdunstungsvorgang

Wird ein feuchter Körper abgekühlt, dann findet außer der reinen Wärmeübertragung auch noch eine Verdunstung statt, die ihrerseits mit einem zusätzlichen Wärmetransport verbunden ist. Durch die Verdunstung wird somit zwar der Abkühlvorgang beschleunigt, jedoch gleichzeitig ein Gewichtsverlust des Kühlgutes hervorgerufen.

Der sich abkühlende feuchte Körper gibt sowohl Wärme als auch Feuchtigkeit durch seine Oberfläche an die umgebende Kühlraumluft ab, weshalb dem Zustand der Oberfläche eine besondere Bedeutung zukommt. Solange im Kern des abzukühlenden Körpers noch eine höhere Temperatur herrscht, erfolgt von dort aus durch die Masse des Körpers ein Nachschub von Wärme an die Oberfläche. Gleichzeitig findet eine Feuchtigkeitswanderung von innen her an die Oberfläche statt. Die von der feuchten Oberfläche durch Verdunstung abgegebene Wassermenge ist proportional der Differenz der Partialdrücke des Wasserdampfes unmittelbar über der feuchten Oberfläche und in der umgebenden Luft.

### 2. Der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit auf die Verdunstung

Der Partialdruck des Wasserdampfes über einer Oberfläche, aus welcher Feuchtigkeit durch Verdunstung abgegeben wird, ist nur dann gleich dem Sättigungsdruck, wenn die Oberfläche naß ist. Gewöhnlich wird auch bei der Berechnung der Verdunstung aus der Oberfläche von Fleisch so gerechnet, als ob es sich um eine einfache nasse Fläche handeln würde. Es wird dabei zwar berücksichtigt, daß es sich beim Fleischsaft um eine Lösung handelt, deren Dampfdruck bei der gleichen Temperatur etwas geringer ist als der Dampfdruck über reinem Wasser, jedoch ist dieser Unterschied so gering, daß er vernachlässigt werden kann.

In Wirklichkeit bildet sich auf der Oberfläche des frisch geschlachteten Fleisches bald nach Beginn der Abkühlung ein äußerst dünner trockener Film, der an sich zur Herabsetzung des Bakterienwachstums erwünscht ist. Dieser Trockenfilm lässt nun zwar den Wasserdampf durch, bietet ihm jedoch einen gewissen Widerstand. Infolgedessen ist der Teildruck des Wasserdampfes über der Fleischoberfläche bedeutend geringer als der Sättigungsdruck, und zwar ist die Abweichung um so größer, je intensiver der Verdunstungsvorgang verläuft. Die Verhältnisse sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt, wobei der Oberflächenfilm aus zeichnungstechnischen Gründen übertrieben dick angedeutet ist, was aber am Prinzip des Dampfdruckverlaufes nichts ändert.

Nimmt man an, daß auf der Innenseite des Oberflächenfilmes der zur Oberflächentemperatur  $t_0$  gehörige Sättigungsdruck  $p_s$  herrscht, dann ist der Dampfdruck auf der Außenseite  $p_o$  von der Verdunstungsgeschwindigkeit abhängig. Je größer die Verdunstungsgeschwindigkeit ist, um so größer ist auch der Unterschied zwischen  $p_s$  und  $p_o$ . Bei unveränderlichem  $p_o$  ist also der Partialdruck des Wasserdampfes unmittelbar über der Oberfläche  $p_s$  um so kleiner, je intensiver die Verdunstung vor sich geht. Außerdem ist die Differenz  $p_s - p_o$  um so größer, je höher der Dampfdurchlaßwiderstand des Oberflächenfilmes ist.

### 3. Der auf die abgegebene Wärme bezogene Gewichtsverlust

Bei der Abkühlung von Fleisch ist man daran interessiert, daß während des Abkühlungsvorganges möglichst wenig Feuchtigkeit aus dem Kühlgut verdunstet. Andererseits soll die Abkühlung im Sinne einer Zeitersparnis möglichst rasch vor sich gehen. Die Wasserabgabe des Kühlgutes muß also im Vergleich zur Wärmeabgabe möglichst gering sein. Mathematisch lässt sich das Verhältnis der Wasserabgabe zur Wärmeabgabe durch den

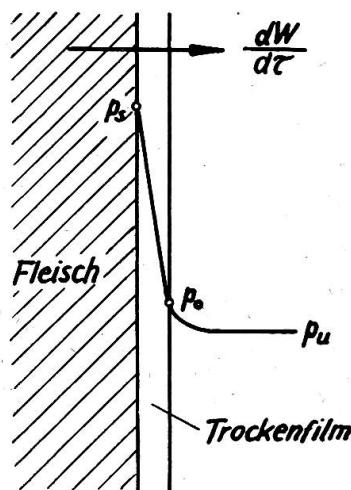


Abb. 1 Abnahme des Wasserdampf-Teildruckes über der Fleisch-Oberfläche.

Differentialquotienten  $dW/dQ$  ausdrücken, wobei W die durch Verdunstung abgegebene Wassermenge und Q die in der gleichen Zeit von der gleichen Fläche abgegebene Wärmemenge bedeuten.

Dieser auf die Wärmeabgabe bezogene Feuchtigkeitsverlust des Kühlgutes ist ein Kriterium für den Gewichtsverlust, den das Kühlgut während des gesamten Abkühlvorganges erleidet; multipliziert mit der Verdampfungswärme des Wassers ergibt er eine dimensionslose Zahl, die im weiteren als Verlustzahl z bezeichnet sei. Sie ist gleich dem Verhältnis der durch Verdunstung übertragenen Wärme zu der durch konvektiven Wärmeübergang abgegebenen Wärme. Je geringer die Verlustzahl ist, um so günstiger verläuft der Abkühlvorgang.

#### 4. Der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Verlustzahl

##### a) Oberflächentemperatur

In Abbildung 2 ist die Verlustzahl als Funktion der Oberflächentemperatur aufgetragen, und zwar mit der Umgebungstemperatur, das heißt der Kühlraumtemperatur als Parameter.

Wie man sieht, nimmt die Verlustzahl bei konstanter Umgebungstemperatur mit sinkender Oberflächentemperatur zunächst ab, erreicht ein Minimum und steigt dann wieder an. Bei  $0^{\circ}\text{C}$  Umgebungstemperatur liegt beispielsweise dieses Minimum bei einer Oberflächentemperatur von etwa  $+4,5^{\circ}\text{C}$ . Sinkt die Oberflächentemperatur unter diesen Wert, so hat dies einen steilen Anstieg der Verlustzahl zur Folge.

Will man mit der Oberflächentemperatur tiefer herunter gehen, ohne daß die Verlustzahl ansteigt, dann muß mit einer tieferen Lufttemperatur gekühlt werden. Erfolgt die Abkühlung beispielsweise in einem Raum von  $-5^{\circ}\text{C}$ , dann liegt das Minimum der Verlustzahl bei ungefähr  $0^{\circ}\text{C}$  Oberflächentemperatur. Ein weiteres Absinken der Oberflächentemperatur wird man auf alle Fälle vermeiden, damit die Oberfläche nicht gefriert.

##### b) Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Luft

Die Abhängigkeit der Verlustzahl von der Temperaturdifferenz zwischen Fleischoberfläche und Raumluft geht aus Abbildung 3 hervor. Je geringer diese Temperaturdifferenz ist, um so größer ist die Verlustzahl. Hieraus folgt, daß es vorteilhaft ist, mit möglichst großer Temperaturdifferenz abzukühlen. Gegen Ende des Abkühlvorganges muß natürlich die Temperaturdifferenz kleiner werden, da ja sonst das Kühlgut an der Oberfläche gefrieren würde.

Aus Abbildung 3 geht auch der Einfluß des Dampfdurchlaßwiderstandes der sich auf der Oberfläche bildenden Trockenhaut deutlich hervor.

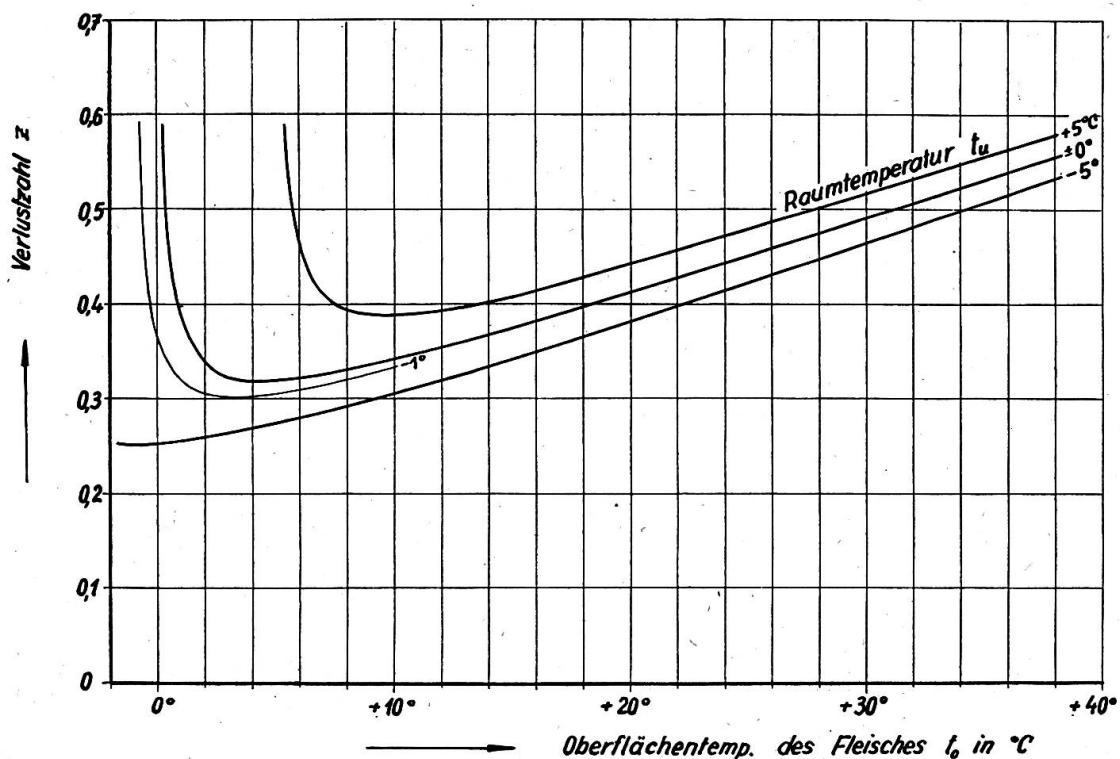


Abb. 2 Abhängigkeit der Verlustzahl von der Oberflächentemperatur bei verschiedenen Werten der Raumtemperatur.

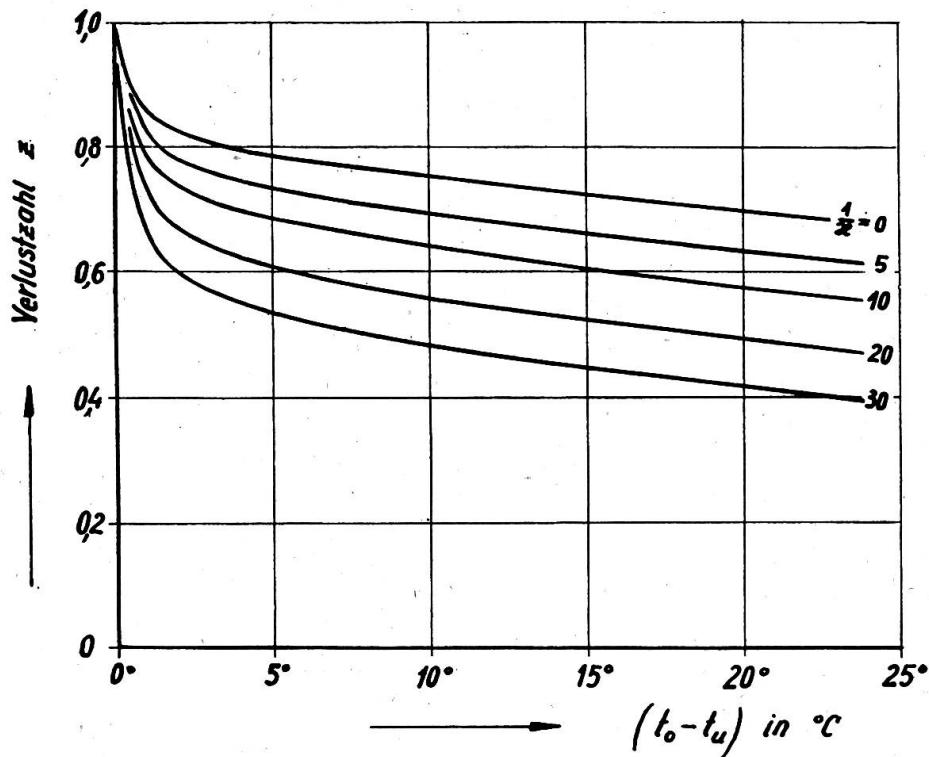


Abb. 3 Abhängigkeit der Verlustzahl von der Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Kühlung für verschiedene Werte des Dampfdurchlaßwiderstandes des Oberflächenfilms. Es bedeuten:  $t_0$  = Oberflächentemperatur,  $t_u$  = Umgebungstemperatur,  $x$  = Wasserdampf-Durchgangszahl des Trockenfilmes in  $\text{kg}/\text{mh}^2 \text{ Torr}$ .

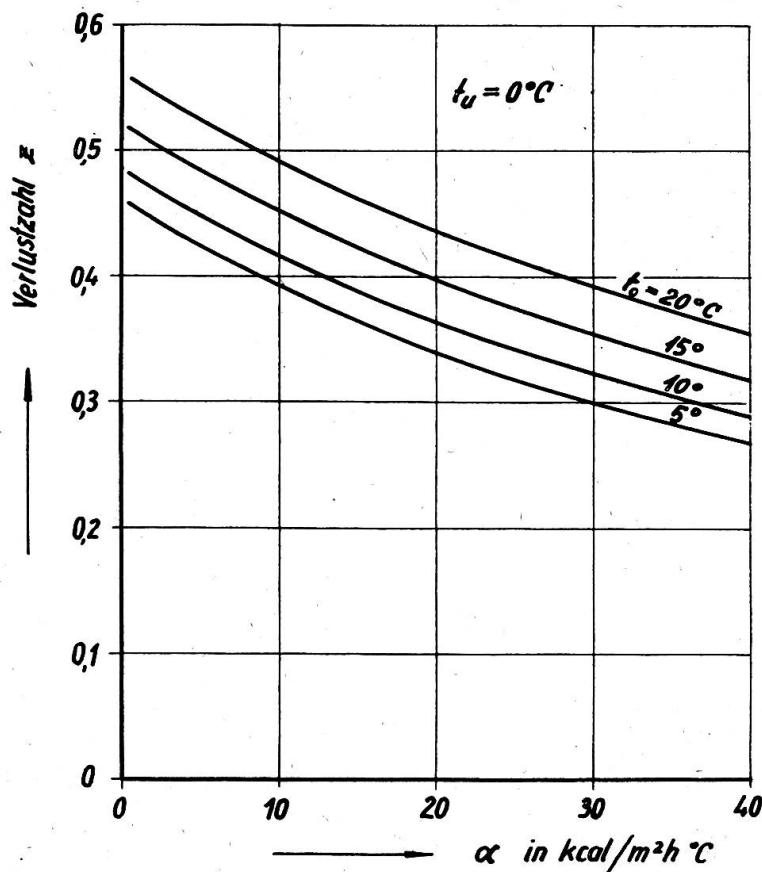


Abb. 4 Abhängigkeit der Verlustzahl von der Wärmeübergangszahl  $\alpha$  zwischen Fleischoberfläche und kühlender Luft bei einer Temperatur der letzteren von  $t_u = 0^\circ\text{C}$  und verschiedenen Werten der Oberflächentemperatur  $t_o$ .

### c) Luftgeschwindigkeit

Je höher die Luftgeschwindigkeit im Abkühlraum ist, um so größer ist die Wärmeübergangszahl. Mit zunehmender Luftgeschwindigkeit wächst aber auch die Verdunstungszahl, und es lässt sich nicht ohne weiteres übersehen, wie sich eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit auf den Gewichtsverlust auswirkt.

Trägt man die Verlustzahl als Funktion der Wärmeübergangszahl gemäß Abbildung 4 auf, so erkennt man deutlich den Vorteil der hohen Luftgeschwindigkeit: je höher die Luftgeschwindigkeit und damit die Wärmeübergangszahl, um so geringer ist die Verlustzahl.

### 5. Vorschlag eines günstigen Abkühlverfahrens

Bei der Wahl eines Abkühlverfahrens sind zwei Forderungen zu berücksichtigen. Einerseits soll der Gewichtsverlust möglichst gering sein, andererseits soll die Kälteanlage möglichst wirtschaftlich arbeiten. Die mit der erstgenannten Forderung zusammenhängenden Fragen wurden bereits in

den vorhergehenden Abschnitten behandelt, und es sei nun auf die zweite Forderung eingegangen.

Bei konstanter Raumtemperatur ist der vom Fleisch abgegebene Wärmestrom zu Beginn der Abkühlung wegen der großen Temperaturdifferenz zwischen Fleisch und Luft besonders groß. Soll die Raumtemperatur während des Abkühlvorganges nicht ansteigen, so muß die Kältemaschine zu Beginn der Abkühlung bei tieferer Verdampfungstemperatur arbeiten, um die erhöhte Kälteleistung übertragen zu können. Ist die Leistung der Kälteanlage für den zu Beginn vorliegenden Kältebedarf bemessen, so muß sie im Laufe des Abkühlvorganges reduziert werden, damit die Raumtemperatur nicht zu tief absinkt.

Praktisch stellt sich zu Beginn des Abkühlvorganges eine etwas erhöhte Raumtemperatur ein, wodurch ein Ausgleich zwischen dem vom Fleisch abgegebenen und dem vom Luftkühler aufgenommenen Wärmestrom entsteht. Der Gewichtsverlust wird dementsprechend etwas größer als bei streng konstanter Raumtemperatur, jedoch erhöht sich andererseits die Wirtschaftlichkeit der Kältemaschine, die dann nicht bei so tiefer Verdampfungstemperatur arbeitet.

Verschiedentlich wendet man zu Beginn der Abkühlung Raumtemperaturen von  $-8^{\circ}\text{C}$  und tiefer an, um den Abkühlvorgang zu beschleunigen. Auch wenn der Gewichtsverlust bei der Anwendung so tiefer Lufttemperaturen zumindest in der ersten Periode des Abkühlvorganges sehr gering ist, so hat dieses Verfahren den Nachteil, daß die Kältemaschine nur während einer kurzen Zeit voll ausgenützt ist.

Vorteilhafter dürfte es sein, das Fleisch zuerst in einem starken Kaltluftstrom von etwa  $-1^{\circ}\text{C}$  abzukühlen, bis die Oberflächentemperatur auf etwa  $+3$  bis  $+4^{\circ}\text{C}$  gesunken ist. Bei dieser Temperatur ist nämlich gemäß Abbildung 2 die Verlustzahl am kleinsten. Hiernach muß die Lufttemperatur gesenkt werden, um einen Anstieg der Verlustzahl zu vermeiden. Gleichzeitig ist die Luftumwälzung zwecks Herabsetzung der Wärmeübergangszahl zu reduzieren, und zwar so, daß die Oberflächentemperatur möglichst konstant auf  $0^{\circ}\text{C}$  bleibt. Das Abkühlverfahren besteht somit aus einer ersten Phase, während welcher mit konstanter Raumtemperatur gekühlt wird, und einer zweiten Phase, während welcher die Oberflächentemperatur des Kühlgutes konstant gehalten wird.

Für die Schnellabkühlung von Fleisch sind querbelüftete Kühlkammern und längs durchströmte Kühl tunnel bekannt. Der Tunnel hat den Vorteil, daß man bei der gleichen stündlichen Luftpumwälzung eine höhere Luftgeschwindigkeit und somit eine höhere Wärmeübergangszahl erhält als in der Kühlkammer. Somit wäre für den ersten Teil der Schnellabkühlung ein Tunnel geeignet, während für die Durchführung des zweiten Teiles eine Kammer dienen kann.

Eine weitere Herabsetzung des Gewichtsverlustes ließe sich erreichen, wenn man die Wasserdampfdurchgangszahl der Oberfläche künstlich

herabsetzen würde. Dies dürfte gegebenenfalls durch Aufsprühen einer dünnen wasserdampfdichten Haut möglich sein, deren Dampfdurchlaßwiderstand wesentlich größer wäre als derjenige der natürlichen Trockenhaut. Diese Schicht müßte nach beendigter Abkühlung wieder entfernt werden. In diesem Falle könnte man außerdem noch den Abkühlverlauf besser an die gegebene Kältemaschinenleistung anpassen.

### Résumé

Il se forme sur la surface de la viande à réfrigérer un mince film sec qui offre une résistance à la vapeur d'eau. Il s'en suit que la pression partielle de la vapeur d'eau à la surface de la viande est plus petite qu'à l'intérieur. La différence est d'autant plus grande que le processus d'évaporation est plus intense. Ainsi s'explique l'écart entre les pertes de poids contrôlées et les valeurs qui ont été enregistrées selon les procédés utilisés jusqu'à présent. Il est préférable, lors de la réfrigération, de retirer de la viande autant de chaleur que possible par unité, mais ceci avec un minimum d'eau. Après introduction d'un chiffre sans dimension, il est loisible d'évaluer l'influence de la température superficielle, de la vitesse de l'air, ainsi que la différence de température entre surface et air de frigorifique sur la perte de poids. Il sera ainsi possible de proposer un procédé avantageux de réfrigération.

### Riassunto

Sulla superficie della carne da refrigerare si forma un sottile strato asciutto che offre una resistenza al vapore acqueo. Quindi la tensione parziale del vapore acqueo sulla superficie della carne è minore di quella nell'interno e infatti la differenza è tanto più elevata quanto più intenso si verifica il fenomeno della evaporazione. Così si chiarisce la differenza fra la perdita di pesi misurati realmente ed i valori che finora sono stati accertati con i calcoli. Nella refrigerazione è desiderabile di sottrarre alla carne, per unità di tempo, il più che sia possibile molto calore, ma anche poca acqua. Dopo l'introduzione di un numero senza dimensioni, si può determinare l'influenza della temperatura superficiale, della velocità dell'aria e della differenza di temperatura fra la superficie e l'aria del frigorifero sulla perdita di peso e così si consiglia un procedimento favorevole di refrigerazione.

### Summary

On the surface of the meat to be cooled a thin, dry film is formed, which offers resistance to water vapour. The partial pressure of the steam on the surface of the meat is therefore less than in the interior, and the difference increases when the evaporation process is intensified. This explains the difference between the loss of weight actually measured and the values that had been calculated. In cooling the aim is to extract as much heat but as little water as possible in any given interval of time. The introduction of a non-dimensional figure allows us to determine how the weight-loss is influenced by surface-temperature, atmospheric movement and temperature-difference between the surface of the meat and the air of the cooling room. In this way a favourable process of cooling may be suggested.