

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 74 (1956)
Heft: 19

Artikel: Lebensmittelfrischhaltung durch Kälte unter Anwendung von Zusatzverfahren
Autor: Kuprianoff, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-62620>

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: 14.01.2026

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

Lebensmittelfrischhaltung durch Kälte unter Anwendung von Zusatzverfahren

Von Prof. Dr.-Ing. J. Kuprianoff, Karlsruhe¹⁾

DK 664.8.037

Zweck der Zusatzverfahren

Eine gleichmässige Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln kann grundsätzlich auf zweierlei Arten verwirklicht werden. Entweder man erzeugt die Lebensmittel zeitlich nach Bedarf, wobei dann die Erhaltung ihres genussfähigen Zustandes nur während einer verhältnismässig kurzen Zeit — die für Transport und Vertrieb benötigt wird — interessiert, oder man stellt sich unter dem Druck der natürlichen, d. h. klimatisch und jahreszeitlich bedingten Gegebenheiten auf den saisonmässigen Anfall der Produkte ein und betreibt mit Hilfe der Konservierungsverfahren eine Vorratswirtschaft. Von der ersten Möglichkeit wird z. B. bei der Produktion von Eiern und beim Gemüseanbau in Treibhäusern zunehmend Gebrauch gemacht (vgl. Tabelle 1).

Diese Entwicklung ist zwar bemerkenswert, aber sie enthebt uns nicht der Notwendigkeit, die meist schnellverderblichen Produkte, die wir als Lebensmittel benötigen, doch auf irgendeine Weise vor Qualitätsminderung oder gar vor Verderb zu schützen. Dass hierbei die Anwendung der Kälte eine Schlüsselstellung einnimmt, ist eigentlich selbstverständlich. Die Möglichkeit, die Lebensmittel lediglich durch Temperatursenkung in ihrem ursprünglichen Frischzustand während einer bestimmten Zeit zu erhalten, ist aus vielen Gründen — nicht zuletzt aus hygienischen und wirtschaftlichen — besonders reizvoll. Bekanntlich werden alle kinetisch bedingten Vorgänge — wie chemische Reaktionen, Verdunstung, Mikrobenwachstum usw. — hierbei verlangsamt.

Da die bei den chemischen Reaktionen allgemein gültige van t'Hoffsche Regel in grossen Zügen auch für den Lebensmittelverderb gilt, setzt eine Temperatursenkung um 10° C die Geschwindigkeit der Gesamtheit der zum Verderb führenden Veränderungen im allgemeinen um das zwei- bis dreifache herab. Praktisch bedeutet dies, dass wir in der Lage sind, durch Temperaturniedrigung von z. B. 25° C auf 0° C die Haltbarkeit etwa zehnmal zu verlängern. Nun sind aber die meisten Lebensmittel bei normalen Raumtemperaturen so schnell verderblich, dass auch eine zehnmal grössere Haltbarkeit in vielen Fällen nicht ausreicht. Das heisst aber, dass wir vielfach mit dem verfügbaren, nach unten durch den Gefrierpunkt begrenzten Temperaturbereich nicht auskommen. Man muss in solchen Fällen entweder die Temperatur weiter senken — wobei man zwangsläufig zum Gefrieren von Lebensmitteln kommt — oder zusätzlich zur Temperatursenkung noch besondere Massnahmen zur Verlängerung der Haltbarkeit ergreifen, also Zusatzverfahren anwenden.

Bei Lebensmitteln handelt es sich fast ausschliesslich um gewachsene Naturprodukte, in denen das biologische Geschehen in irgendeiner Form auch während der Abkühlung und Kaltlagerung weitergeht, ja die sogar im Hinblick auf ihren biochemisch gesteuerten Stoffwechsel z. T. als lebend anzusehen sind. Es geht hier also nicht darum, die Temperatur schlechthin zu senken — vielmehr sollen die Funktionsintensitäten der verschiedenartigen Vorgänge in geordneter Weise herabgesetzt werden. Grosse Schwierigkeiten können hierbei dadurch entstehen, dass der sich im Lebensmittel harmonisch abspielende, äusserst komplexe Stoffwechsel aus einer grossen Anzahl verschiedener z. T. ineinandergreifender Reaktionen besteht, deren Temperaturkoeffizienten — auch

wenn sie innerhalb des oben genannten Bereiches von 2 bis 3 liegen — voneinander abweichen. Nach erfolgter Temperatursenkung kann daher durchaus der Fall eintreten, dass das biologische Geschehen im Lebensmittel in Unordnung gerät. Das Ergebnis dieser Stoffwechselstörungen ist ein schnellerer Verderb, der sich allerdings auf andere Weise offenbart als der Verderb bei höheren Temperaturen; wegen seiner physiologischen Ursachen wird er als Kaltlagerkrankheit bezeichnet.

Demnach darf die Temperatursenkung bei biologischen Lagergütern auch im Bereich oberhalb des Gefrierbeginns nicht beliebig erfolgen; vielmehr gelten für einzelne Produkte optimale Lagertemperaturen, bei deren Ueberschreitung der normale — van t'Hoffsche — Verderb beschleunigt und bei deren Unterschreitung sich der anomale Verderb — oder die Kaltlagererkrankung — einstellt. Dies bedeutet aber, dass es Fälle geben wird, in denen der Temperaturbereich oberhalb des Gefrierpunktes nicht vollständig für Verlängerung der Haltbarkeit ausgenutzt werden kann; auch hier wird man versuchen, die durch Temperatursenkung bis auf den optimalen Bereich erreichte Lagerdauer durch Anwendung besonderer Zusatzverfahren weiterhin zu verlängern.

Um Anhaltspunkte für die Anwendung der Zusatzverfahren zu erhalten, müssen wir die im Lebensmittel vor sich gehenden Veränderungen etwas näher ansehen. Wir stellen hierbei fest, dass von den einzelnen Vorgängen, die schliesslich zum Verderb führen, die meisten der physikalisch-chemisch und mikrobiell bedingten Veränderungen Oberflächenerscheinungen sind oder wenigstens von der Oberfläche aus ihren Ausgang nehmen. Hierher gehören ebenso das Austrocknen der Oberfläche und die Verfärbung des Kühlgutes, wie auch der eigentliche mikrobielle Verderb. Fast immer wird er durch Infektion der Oberfläche ausgelöst, da die meisten von gesunden Tieren und Pflanzen stammenden Produkte in ihrem Innern steril sind. Enzymatisch bedingte Vorgänge erstrecken sich dagegen auf das ganze Kühlgut — wenn nicht gerade an der Oberfläche zusätzlich besonders günstige Bedingungen (pH-Wert usw.) vorliegen. Da die Veränderungen, die in erster Linie unterdrückt werden sollen, je nach Kühlgut u. U. sehr verschieden sind, wird es kein in allen Fällen gültiges Rezept geben, und auch das anzuwendende Mittel mag nicht immer das gleiche sein.

Allgemeine Anforderungen an die Zusatzverfahren

Die Anforderungen, welchen ein Zusatzverfahren entsprechen muss, um in die Praxis Eingang zu finden, sind vielfältig. Selbstverständlich darf das Verfahren das Gut in keiner Weise ungünstig beeinflussen; es muss vom gesundheitlichen Gesichtspunkt aus unbedenklich sein; es muss ferner einfach anzuwenden, wirksam und billig sein, d. h. der erforderliche Aufwand muss wirtschaftlich gerechtfertigt sein. Im übrigen spielt es aber keine Rolle, ob ein Zusatzverfahren dauernd angewendet wird oder nur vorübergehend während der Kaltlagerung, oder schliesslich nur einmalig und kurzzeitig, z. B. vor Beginn der Einlagerung. Nach dem heutigen Stand der Entwicklung können folgende Zusatzverfahren in Betracht kommen:

A. Veränderung der Zusammensetzung der Lageratmosphäre

a) Gaslagerung;

Stickstofflagerung (Ausschaltung von Sauerstoff);
Kohlendioxidlagerung (Verminderung des Sauerstoffgehaltes und spezifische Wirkung des Gases selbst);

b) Vakuumanwendung (Ausschaltung von Sauerstoff).

¹⁾ Vortrag gehalten am 8. Febr. 1956 an der Generalversammlung des Schweizerischen Vereins für Kältetechnik im Maschinenlaboratorium der ETH in Zürich.

Tabelle 1. Landwirtschaftlich genutzte Gewächshausfläche in Holland in 1000 ha

Jahr	1912	1940	1946	1951
Obst	0,08	0,85	0,77	0,73
Gemüse	0,57	2,10	1,86	2,47
Zusammen	0,65	2,95	2,63	3,20

B. Anwendung chemischer (meist bakterizider) Mittel

- a) Ozon (Luft- und Kühlgutoberflächenentkeimung);
- b) Bakterizides Eis (Kühlgutoberflächenentkeimung);
- c) Schwefeln;
- d) Bakterizides Einwickelmaterial (Diphenyl);
- e) Antioxydantien (Oele, Fisch);
- f) Keimungshemmungsmittel (Kartoffeln).

C. Anwendung ionisierender Strahlen

- a) UV-Strahlen (Oberflächenentkeimung);
- b) Röntgen-Strahlen (Oberflächenentkeimung);
- c) Gamma-Strahlen (je nach Energie Oberflächenentkeimung oder Tiefenwirkung);
- d) Beta-Strahlen (Entkeimung oberflächennaher Schichten).

A. Veränderung der Zusammensetzung der Lageratmosphäre

Eine Herabsetzung des Sauerstoffgehaltes durch Verwendung von Stickstoff hat sich in Verbindung mit Kaltlagerung praktisch nicht bewährt, da zwar der Sauerstoff und damit Oxydationsprozesse, aber nicht die auch ohne Sauerstoff lebenden (anaeroben) Bakterienarten ausgeschaltet werden; ausserdem zeigt es sich, dass im Lebensmittel u. U. als Bestandteile auch Sauerstoffgeber enthalten sein können, so dass es selbst bei Abwesenheit von Luftsauerstoff zu Oxydationsprozessen kommen kann. Ähnlich verhält es sich mit der Anwendung des Vakuums.

Die Kaltlagerung in kohlendioxidhaltiger Atmosphäre hat eine erhebliche Verbreitung gefunden und darf heute wohl als das am meisten angewendete Zusatzverfahren gelten. Die hauptsächlichsten Anwendungen findet man bei Kaltlagerung von Obst, Fruchtsäften (das schweizerische Böhi-Verfahren), Eiern und Frischfleisch [1]; es hat sich gut bewährt bei Geflügel, Fischen und anderen Lebensmitteln. Die guten Ergebnisse beruhen auf der in höheren Konzentrationen eintretenden bakteriziden und besonders guten fungiziden Wirkung des CO₂-Gases; sie lässt eine Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit im Lagerraum zu. Ferner verdrängt das CO₂-Gas den Sauerstoff und wirkt — wenigstens für einige Enzymsysteme — enzyminhibierend. Besonders wichtig ist aber bei Obst die infolge erhöhter Konzentration der Lagerluft an CO₂ eintretende Verlangsamung des gesamten Stoffwechsels, was eine wesentlich verzögerte Reifung bewirkt und damit bei einigen Sorten eine beachtliche Ausdehnung der Lagerdauer ermöglicht, wobei in Verbindung mit erhöhter Luftfeuchte geringere Gewichtsverluste entstehen. Die Wirkung des CO₂-Gases ist hierbei derjenigen der Temperatursenkung gleichgerichtet. Schliesslich wirkt CO₂ auch noch insektizid und tötet tierische Schädlinge.

Die Lagerung in kohlendioxidhaltiger Atmosphäre wird in Räumen, Behältern (Tanks), Kisten und Kleinpäckungen durchgeführt. Es kann aber auch durch geeignete «Verpackung» eines Einzelproduktes Gaslagerung erreicht werden.

1. Dauerlagerung in Räumen

Die Gaskaltlagerung in grossen Lagerräumen wird heute vor allem von Obst — vorwiegend von Äpfeln und Birnen — und vornehmlich in England, Südafrika, USA und Holland durchgeführt. Sie wurde von Kidd und West in England zuerst vorgeschlagen und eingeführt, da das englische Kernobst eine verhältnismässig schlechte Haltbarkeit bei 3 bis 5° C aufwies, tiefere Temperaturen aber Kaltlagerkrankheiten verursachten. Die heutige Lagerkapazität in England erreicht etwa 100 000 t, was rd. 1/6 der britischen Eigenherzeugung an Kernobst entspricht. Das allgemeine Interesse an Gaslagerung ergab sich später u. a. auch wegen der Qualitätsverbesserung der bei etwas erhöhter Temperatur gelagerten Äpfel auch bei nicht zu Kaltlagerkrankheiten neigenden Sorten gegenüber einer Lagerung bei -0,5 bis 0° C [11], und da die

Haltbarkeit vieler schnellverderblicher Produkte allgemein verlängert werden konnte. Die optimalen Lagerbedingungen sind für die einzelnen Produkte bzw. deren Sorten, die für die Gaslagerung in Betracht kommen, recht verschieden; für einige davon finden wir sie in Tabelle 2.

Die Grösse der Gaskaltlager für Äpfel und Birnen, die meist am Erzeugerort stehen, variiert zwischen etwa 20 und 3000 t. Die Räume werden entweder mit einer dichtgelöteten bzw. durch besondere Fugenkitte gedichteten Verkleidung aus verzinktem Blech ausgeführt oder aber neuerdings auch auf andere Weise dichtend abgedeckt, z. B. unter Verwendung von bituminiertem Gewebe [4].

Wenn bei der Gaskaltlagerung von Obst die Summe der Gehalte von CO₂ und O₂ 21 Vol. Prozent beträgt, wenn also die Zusammensetzung der Atmosphäre so gewählt wird, dass das CO₂ lediglich einen Teil des O₂ in der Luft ersetzt, kann sowohl der CO₂- als auch der O₂-Gehalt allein durch Ventilation geregelt werden; dies ist möglich, da das Volumen des bei der Atmung verbrauchten Sauerstoffs dem Volumen des produzierten CO₂ etwa gleich ist. Diese Regelung kann recht gut von Hand durch Verstellung von Schiebern oder Ventilen vorgenommen werden; sie kann aber auch automatisiert werden; alsdann genügt es, die CO₂-Konzentration allein, z. B. mit Hilfe eines CO₂-Messgerätes zu überwachen.

Liegt aber die Summe der gewünschten Gehalte an CO₂ und O₂ unter 21 Vol. %, so muss die Messung und Regelung von CO₂ und O₂ unabhängig voneinander vorgenommen werden. Der Sauerstoffgehalt wird, wie oben, durch Luftzufuhr geregelt und der Ueberschuss an CO₂ in einem Absorptionsturm («Scrubber») z. B. durch Natronlauge absorbiert (Bild 1).

Die Raumkühlung kann entweder nach dem «Jacket-System» (Kaltmantel-System, Bild 2) oder durch Unterbringung des Luftkühlers im Gaslagerraum selbst (Bild 1) erfolgen. In England wird meist das letztgenannte System in Verbindung mit einem Ventilator angewendet. Wenn auch diese Anordnung raumsparender ist, so ist hierbei der Luftkühler schwerer zugänglich. Ferner birgt sie bei Anwendung direkter Verdampfung wegen möglicher Undichtheit ein gewisses Risiko und erfordert zur Aufrechterhaltung hoher relativer Luftfeuchte grosse Verdampferflächen. Schliesslich verursacht hierbei die Frage nach der Lage der gasdichten Schicht und der Wahl geeigneten Isoliermaterials einiges Kopfzerbrechen: da gasdicht praktisch zugleich auch wasserdampfdicht bedeutet, tritt bei innenliegendem Mantel im Verlauf der Zeit Kondensation in der Isolierung ein, auch wenn diese von aussen zunächst abgedichtet wird. Eine sorgfältige Abdichtung der Isolierung lediglich von aussen führt daher zu Vorteilen [4].

Bei Verwendung des Luftmantels (Bild 2) kann der Verdampfer kleiner gewählt werden; er bleibt zugänglich und eine Ansammlung von Wasser in der Isolierung kann nicht eintreten; die relative Luftfeuchtigkeit im Lagerraum erreicht hier 95—97 %. Wird ein Scrubber verwendet, so befindet er sich dabei ausserhalb des Kühlraumes, was den Vorteil hat, dass man mit einem Apparat für mehrere Kühlräume auskommt. Es ist hierbei zu beachten, dass der erforderliche Kältebedarf nicht nur durch die von aussen einfallende Wärme, sondern auch durch das Wärmeäquivalent der Ventilatorarbeit und die — wenn auch infolge des erhöhten CO₂-Gehaltes und erniedrigten Temperatur reduzierte — aber immer noch beachtliche Reaktionswärme der biochemischen Prozesse (z. B. der Atmungswärme bei Obst) bestimmt wird.

Das Obst muss bei der Einlagerung — die sofort nach der Ernte erfolgt — eine gleichmässige, aber nicht zu weitgehende Reife aufweisen [2, 3, 5]. Da der Raum erst verschlossen wird, wenn er vollgepackt ist, soll das Beladen möglichst schnell erfolgen. Die Inbetriebnahme eines solchen Raumes erfolgt auf einfachste Weise dadurch, dass man zunächst die Ventilationsklappen schliesst, bis infolge der natürlichen Atmung des Obstes der CO₂-Gehalt der Raumluft unter gleichzeitigem Verbrauch von O₂ etwa den gewünschten Wert erreicht und fängt dann erst mit der Regelung der Belüftung an. Die relative Luftfeuchte erreicht 90 bis 97 %; es ist darauf zu achten, dass die bei so hohen Feuchtegraden leicht an der etwas kälteren Raumdecke eintretende Kondensation nicht auf das darunter lagernde Obst tropfen kann. Die Gaslager bleiben dicht geschlossen bis zur Auslagerung. Ausgelagertes Obst (Äpfel) zeigt bessere Qualität und wesentlich

Tabelle 2. Haltbarkeit verschiedener Birnensorten bei +1° C in Monaten [3]

Birnensorte	Conference	Comice	Williams Christ
Kaltlagerung	3	2,5	1,5
Gaslagerung	6	4	5

bessere Haltbarkeit während des Vertriebes. Man rechnet heute mit rd. 20 % Mehrkosten für Gaslagerung (z.B. in Holland 1,5 cts/kg und Jahr) gegenüber der Kaltlagerung; der Gewichtsverlust ist nur $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ so hoch wie im normalen Kaltraum. Die Verbesserung der Haltbarkeit britischer Birnen durch Gaslagerung zeigt Tabelle 3.

Eine Dauergaslagerung von *Frischfleisch* wird beim Schiffstransport von Uebersee (Australien, Neuseeland nach England) mit gutem Erfolg vorgenommen. Diese Frage erwies sich in neuerer Zeit wegen der Bevorzugung des Frischfleisches gegenüber Gefrierfleisch in England von besonderem Interesse. Dabei ergab sich die Notwendigkeit, mit der Lagertemperatur so tief wie möglich — bis auf $-1,5^{\circ}\text{C}$ im Raum — herunterzugehen und die Konzentration des CO_2 bei etwa 10 % zu halten; bei 20 % wird die Fleischfarbe merklich angegriffen, ohne dass die Haltbarkeit wesentlich verbessert würde [1]. Bei ausgesuchter, hygienisch einwandfreier Exportware lässt sich Rindfleisch durch Gaskaltlagerung bis zu 8 bis 10 Wochen in ausgezeichnetem Zustand erhalten. Das Auftreten von Ranzigkeit bei Fetten wird durch Lagerung in CO_2 -Gas ebenfalls verzögert.

Auch bei *Fisch* erweist sich die Gaslagerung als günstig [7]; bei optimalen CO_2 -Gehalten von 20 bis 25 % konnte die Lagerfähigkeit des mit Eis bepackten Magerfisches verdoppelt werden. Allerdings haben hier u. a. die bei höheren CO_2 -Gehalten eintretende Verfärbung des Fischfleisches sowie die Schwierigkeiten, bei dem rauen Betrieb der Fischdampfer in geeigneter Weise ohne Gefährdung der Besatzung CO_2 anzuwenden, die Einführung des Verfahrens in die Praxis nicht ermöglicht; das Problem der Gasdichtheit der Fischbunker spielte hierbei auch eine Rolle. Vielleicht wird man aber doch noch eine Lösung finden, die der Praxis mehr gerecht wird.

2. Dauerlagerung in Behältern

Die Gaslagerung von *Eiern* in drucksicheren Tanks hat früher eine grössere Rolle gespielt als heute [6]. Man hat gelernt, die Eierzeugung unabhängig von der Jahreszeit dem Bedarf weitgehend anzupassen und begnügt sich im übrigen meist mit der Kaltlagerung, in neuerer Zeit in Verbindung mit dem Einölen [12].

Neuerdings werden in den USA die Kisten für Obst in einer Weise mit ausreichend gasdichter Folie ausgeschlagen, dass darin eine Anreicherung des CO_2 -Gehaltes eintritt; hierdurch wird die Transport- und Lagerfähigkeit von Obst verbessert.

Zunehmende Verbreitung findet auch die von Böhi vorgeschlagene Verwendung von Kohlendioxydgas zur Verbesserung der Haltbarkeit von unvergorenen, frischen Süssmosten. Nach diesem Verfahren wird die Hefevermehrung in hefearmen Säften unterbunden, wenn der CO_2 -Gehalt des Saftes 1,5 Gew. % erreicht; zur Einstellung dieser Konzentration muss je nach Lagertemperatur der entsprechende CO_2 -Druck gewählt werden, der z.B. bei 15°C etwa 7,7 atü und bei 5°C etwa 3 atü beträgt. Heute neigt man in Grossbetrieben zum Mitteldruckverfahren, bei dem man sich mit einem CO_2 -Druck von 3 atü begnügt und wobei die Lagertemperatur auf nicht über 3 bis 4°C gehalten wird; dies reicht vor allem dann aus, wenn der Saft zuvor durch EK-Filter entkeimt wurde.

3. Gasdichte Einzelverpackung

Zur Veränderung der Zusammensetzung der das Gut umgebenden Atmosphäre führt auch die *Einzelverpackung*, wie man sie bei einzelnen in geöltes Papier

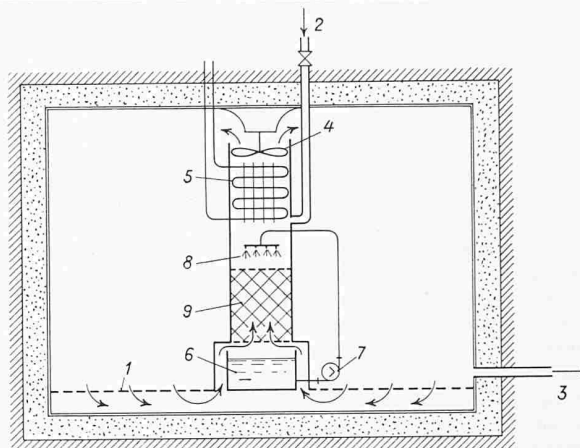


Bild 1. Gaslagerraum für beliebige O_2 - und CO_2 -Gehalte

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 gelochter Boden | 6 Laugenbehälter |
| 2 Frischluft-Zufuhr | 7 Zirkulationspumpe |
| 3 Abluft-Ableitung | 8 Brause |
| 4 Ventilator | 9 Füllkörperföhlung |
| 5 Luftkühler | |

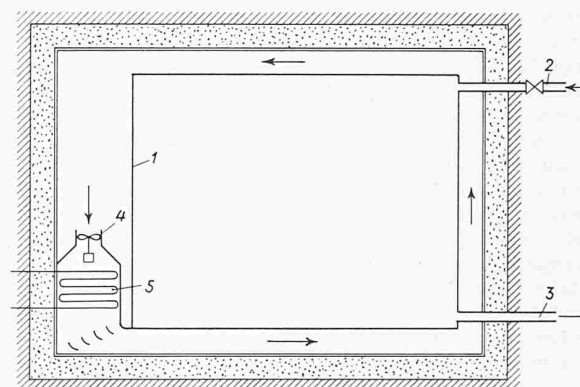


Bild 2. Gaslagerraum mit eingebautem Luftkühler

- | | |
|--|--------------|
| 1 Einbau, der den Luftmantel nach innen begrenzt | 4 Ventilator |
| 2 Frischluft-Zufuhr | 5 Luftkühler |
| 3 Abluft-Ableitung | |

Tabelle 3. Optimale Bedingungen bei der Gaslagerung von Lebensmitteln [2, 3, 5, 10 u. a.]

Produkte	Land	t in $^{\circ}\text{C}$	CO_2 -Geh. in Vol. %	O_2 -Geh. in Vol. %	CO_2 -Entw. in l/t. h	Wärmeent- wicklung in kcal/t. h
Aepfel			3...10	2...12		
Bramley's Seedling	(E)	4,5	9...10	10...12	2,3	11
McIntosh	(U)	4,5	5	2,5		
Golden Delicious	(H)	3,5	10	10		
Golden Delicious	(U)		5...10	2,5...3		
Jonathan	(U)	4,0	6	15		
Jonathan	(Au)	0...2,2	5	16		
Jonathan	(H)	3,5 od. 4,5	7 od. 7,5	13 od. 3,5		
Cox Orange Pippin	(E)	4...4,5	5	2,5...4	3,2	15
Ellison's Orange		1,1	5	2,5	2,1	10
Laxton's Superb		4,5	10	2,5	2,8	14
Birnen			5...10	2...16		
Conference	(E)	0,6...1	5	2...3	2,4	11,5
Conference	(H)	0,5	5	15		
Williams Christ	(E)	0,6...1	10	11	2,4	11,5
Williams Christ	(A)	-0,5...0	5...7	16...14		
Bosc	(A)	-0,5...0	5...7	16...14		
Passe Crassane	(F)	1,0	5...10	5		
Passe Crassane	(S)	0	10	10		
Kirschen	(U)	0	10	11		
Pfirsiche	(Au)	5...7	8...10	13...11		
Kastanien	(F)	0	10	10		
Eier		-1,5...0	2...2,5	—	—	—
		-1,5...0	60...100	—	—	—
Fleisch		-1,5	~10	~11	—	—
Fisch, mager		0	30...40	—	—	—

A = Südafrika; Au = Australien; E = England; F = Frankreich; H = Holland;
S = Schweiz; U = USA.

(z. B. für Äpfel, Orangen) oder neuerdings in Folie eingewickelten Früchten oder in kleinen Portionen für Selbstbedienungsständen verpacktem Obst und Gemüse oder Frischfleisch findet. Wenn es auch hierbei nicht gelingt, die optimalen Bedingungen hinsichtlich der Abstimmung der einzelnen die Haltbarkeit beeinflussenden Faktoren zu erreichen, so erhält man doch durch Hemmung des Stoffwechsels und der Verdunstung sowie durch Schutz vor weiterer äusserer Infektion eine beachtenswerte Verbesserung der Haltbarkeit bzw. der Qualität, so dass die Anwendung derartiger Massnahmen in Verbindung mit Kaltlagerung sich vielfach lohnt.

Aber auch durch *geeignete Ueberzüge* kann die Zusammensetzung der internen Atmosphäre der Produkte günstig beeinflusst werden [8]. Wenn z. B. bei der Apfelsorte Jonathan im Gaslager die Haltbarkeit gegenüber der Kaltlagerung verdoppelt wurde, so konnte sie durch Wachstüberzug immerhin um 50 % verlängert werden [14]. Im Gegensatz zu der normalen Gaslagerung, bei der nach der Auslagerung die Einwirkung der Atmosphäre aufhört, ist dies bei Einzelverpackung oder Ueberzug nicht der Fall.

Hierher gehört auch das Einölen von Eiern, das zur Abdichtung der Schalenporen dient und u. a. auch eine Erhöhung des CO_2 -Gehaltes im Ei durch das bei den autolytischen Umsetzungen entstehende CO_2 -Gas bewirkt. Das Einölen hat eine ausserordentlich starke Verbreitung gefunden, da es vor allem den Gewichtsverlust und damit die Grösse der Luftblase im Ei verringert und nach vorangegangener Kaltlagerung sich auch günstig auf die Haltbarkeit beim Vertrieb auswirkt [12].

Auch bei Einzelverpackung ist der Einfluss der internen Packungsatmosphäre zu beachten. So besteht z. B. bei Fleisch die Gefahr der Verfärbung ins Braune, wenn der Sauerstoffgehalt zu gering wird. Bei geölten Eiern ist es erforderlich, nach der Auslagerung aus dem Kühlhaus eine gewisse Erwärmungsgeschwindigkeit nicht zu überschreiten, da sonst die Gefahr besteht, dass das Eiklar durch die Poren herausgedrückt wird — was zur Schimmelbildung führt — oder gar die Eischale platzt; auch kann es vorkommen, dass z. B. beim Kochen eines so behandelten Eies eine schaumige Eiklarstruktur entsteht, die meist abgelehnt wird; dies gilt natürlich auch, wenn Gaslagerung im grossen angewandt wurde.

4. Stossweise Behandlung mit Kohlendioxydgas

Eine kurze, stossweise Begasung von Lebensmitteln mit hohen CO_2 -Konzentrationen von 10 bis 40 Vol. %, wie sie z. B. vor dem Versand ausgeübt werden könnte, erwies sich vielfach als sehr nützlich. So werden z. B. frische Süskirschen (aber auch andere Obst- und Gemüsearten) vor Antritt eines langfristigen Transportes von der Westküste der USA nach den grossen Verbrauchszentren im Osten im Kühlwaggon einem «Kohlendioxyd-Schock» ausgesetzt, wobei Anfangskonzentrationen bis zu 40 % angewendet werden; im Verlauf der Fahrt geht dann der CO_2 -Gehalt im undichten Wagen — trotz Eigenproduktion des Gutes — stark zurück, doch wird bei der Ankunft nach fünf- bis siebentägiger Reise ein sehr guter Zustand der Ware vorgefunden.

Es ist von Interesse, festzustellen, dass je nach der Temperatur des Gutes die Dauer der Einwirkung bestimmter CO_2 -Konzentrationen bestimmte Zeiten nicht überschreiten darf, da sonst Schädigung des Produktes eintritt. So vertragen nach amerikanischen Versuchen z. B. einzelne Pfirsichsorten bei $+15^\circ \text{C}$ einen CO_2 -Gehalt von 50 % bis zu 40 Stunden und Himbeeren einen solchen von 30 bis 40 % bis zu 30 Stunden; bei Tomaten findet nach zu langer Einwirkung einer zu hohen CO_2 -Konzentration kein Nachreifen mehr statt. Bei der Anwendung des Verfahrens ist daher Vorsicht am Platze.

B. Anwendung chemischer Mittel

Chemisch wirkende Mittel müssen im Hinblick auf die bei den einzelnen Lebensmitteln dominierenden Verderbnisarten ganz verschiedenen Anforderungen entsprechen und demgemäss auch ganz verschiedene Eigenschaften aufweisen. Vor allem müssen sie natürlich gesundheitlich unbedenklich sein. Grundsätzlich können sie gegen chemische Umsetzungen, gegen den Stoffwechsel oder auch gegen Entwicklung der Mikroorganismen wirksam sein.

Gegen unerwünschte chemische Reaktionen wirken Substanzen, wie Antioxydantien, die z. B. Oelen und Fetten, aber auch Fruchtsäften zugesetzt werden können und alle durch

Oxydationen hervorgerufenen Beeinträchtigungen der sauerstoffempfindlichen Lebensmittel, wie Ranzigwerden, Verfärbungen usw. hemmen. Mit der Anwendung von Antioxydantien ist man bisher sehr zögernd gewesen; hierbei spielen neben lebensmittelrechtlichen oder wirtschaftlichen Gesichtspunkten auch die z. T. nicht befriedigenden Ergebnisse eine Rolle, die in manchen Fällen die Zugabe solcher Stoffe zur Bildung von Fremdgeschmack führte. Den Stoffwechsel hemmen z. B. die sog. Keimungshemmungsmittel, die bei Kartoffeln, Karotten und anderen Wurzelgemüsen Anwendung finden. Und schliesslich wäre die grosse Gruppe der mikrobienhemmenden, vor allem fungiziden Mittel zu nennen, die wie das gasförmige Ozon zur Luftentkeimung oder Schwefeldioxyd zur Begasung der kaltgelagerten Weintrauben (1 % SO_2 in Luft, 20 Min.: Farberhaltung, Atmungsverzögerung, mikrobizid) — die statt dessen neuerdings auch mit Natriumbisulfatlösung bespritzt werden [16] — verwendet oder wie Diphenyl zum Imprägnieren des Einwickelpapieres für Orangen benützt werden. Oelprägniertes Papier (15 Gew. % Oel) oder Einlagen wird aber auch gegen Scald bei Äpfeln verwendet.

Die günstigen Wirkungen von Ozon [13] — aber auch die Grenzen für seine Verwendbarkeit — werden durch die ausserordentlich starke Reaktionsfähigkeit des bei seinem Zerfall entstehenden atomaren Sauerstoffes bestimmt. Im allgemeinen ist Ozon stärker fungizid als bakterizid. Es kann lediglich an der Oberfläche reagieren, wobei sich bildende Mikrobenkulturen angegriffen werden, aber auch Fettranzigkeit entstehen kann; in der Luft kann Ozon durch Reaktion mit flüchtigen und oxydierbaren Geruchstoffen oder z. B. mit Äthylen diese Substanzen ausschalten. Die Meinungen über den Nutzeffekt von Ozon sind uneinheitlich. Ein Gehalt von 1 bis 2 mg O_3 pro kg Luft erwies sich bei Obst günstig im Hinblick auf die desodorisierende Wirkung und zur Verhütung des Schimmelwachstums auf Kisten und Wänden.

Bakterizide Mittel werden auch als Zusatz zum Eis genommen, um durch Beisen von Fisch mit dem so gewonnenen bakteriziden Eis den mikrobiellen Fischverderb hinauszuzögern; von den vielen Stoffen, die hierfür vorgeschlagen worden sind, wurde bisher nur Natriumnitrit in Kanada zugelassen [21].

Literaturverzeichnis

- [1] Kuprianoff J.: Neuere Erkenntnisse über die Veränderungen von Fleisch beim Kühlen und Gefrieren. «Kältetechn.», Bd. 4 (1952), S. 156/165.
- [2] Kidd F. und C. West: The refrigerated gas storage of apples. «Food Invest. Leaflet», Nr. 6 (1950).
- [3] Kidd F. und C. West: The refrigerated gas storage of pears. «Food Invest. Leaflet» Nr. 12 (1949).
- [4] van Hiele T., P. Noordzij, J. C. Tol und A. de Jong: Wasserdampf- und gasdichte Isolierung von Kaltlagerräumen für Obst. «Kältetechn.» Bd. 7 (1955), S. 262/265.
- [5] Hall E. G. und M. T. Sykes: The cool storage of pears. «New South Wales, Dept. of Agric. - Div. Hortic.» (1953).
- [6] Moran T.: The cold storage and gas-storage of eggs. «Food Invest. Leaflet» Nr. 8 (1939).
- [7] Coyne F. P.: The effect of carbon dioxide on bacterial growth with special reference to the preservation of fish, Part II. Gas Storage of fresh fish. «Journ. Soc. Chem. Ind.» Bd. 52 (1933), Nr. 4, S. 19/24.
- [8] Kaess G.: Der Einfluss des Ueberzugs einer Mineralölemulsion auf die Haltbarkeit von Äpfeln bei der Kühllagerung. «Zs. ges. Kälteind.» Bd. 45 (1938), S. 227.
- [9] Anon.: What's New in Food Radiation Discussed at Symposium. «Food Eng.» Bd. 27 (1955), Nr. 12, S. 103.
- [10] van Hiele T. und J. B. van de Plasse: «Tuinbouw Gids» 1953, S. 375.
- [11] Fidler J. C.: Trends and Practices in the refrigerated storage of foodstuffs in the Commonwealth, S. 29—36; Control of the Composition of the Atmosphere in Gas Stores, S. 235—237. «Bull. Inst. Intern. du Froid», Annexe 1953 — 1.
- [12] Kuprianoff J.: Die Beeinflussung der Haltbarkeit von Eiern durch Waschen und Einölen. «Kältetechn.» Bd. 7 (1955), S. 38/44.
- [13] Kuprianoff J.: Die Verwendung von Ozon bei der Obstkaltlagerung. «Kältetechn.» Bd. 5 (1953), S. 283/286.
- [14] Hall E. G. und S. M. Sykes: Effect of skin coatings on the behaviour of apples in storage. «Mod. Refr.» Bd. 58 (1955), S. 14.
- [15] Sauter E.: Anwendungsmöglichkeiten der UV-Strahlung in der pharmazeutischen und Nahrungsmittel-Industrie. «Fette, Seifen, Anstrichmittel», Bd. 57 (1955), S. 354/362.
- [16] App J., G. J. Lorant, O. L. Worthington, E. H. Weigand und W. A. Walker: More Storage Time for Grapes. «Ice and Refrig.» Bd. 121 (1951), Mai/Juni.

- [17] Proctor B. E., J. T. R. Nickerson, J. J. Licciardello, S. A. Goldblith und E. E. Lockhart: Extension of Food Storage Life by Irradiation. «Food Technol.» Bd. 9 (1955), S. 523/527.
- [18] Brownell L. E., L. L. Kempe und J. T. Graikoski: Gamma Rays lengthen refrigerated life of fresh foods. «Refr. Eng.» Bd. 63 (1955), No. 3, S. 42/47.
- [19] Kuprianoff J.: Lebensmittelkonservierung durch ionisierende Beta- und Gamma-Strahlen. «Z. f. Lebensmittel-Unters. u. For-schung» Bd. 100 (1955), S. 275—303.
- [20] Kuprianoff J.: Zur Frage der gesundheitlichen Unbedenklichkeit der durch ionisierende Strahlen behandelten Lebensmittel. «Deutsche Lebensm.-Rdsch.» Bd. 52 (1956), H. 1, S. 1—8.
- [21] Partmann W.: Neuere Ergebnisse zur Wirksamkeit von bactericiden Zusätzen für die Fischbeisung. «Fette, Seifen, Anstrich-mittel» Bd. 56 (1954), S. 505/512.

Schluss folgt

Dr. h. c. A. Zwygart siebzigjährig

Am Ausgabetag dieser Nummer der SBZ feiert unser Kollege Dr. sc. techn. h. c. Alfred Zwygart, Direktor der Bauabteilung der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG., in voller Rüstigkeit, mitten in grosser Arbeit stehend, seinen 70. Geburtstag.

Seit bald 50 Jahren widmet A. Zwygart seine Arbeitskraft fast ausschliesslich dem schweizerischen Kraftwerkbau, wovon beinahe 40 Jahre im Dienste der NOK. An allen Kraftwerkbauten dieser Unternehmung und ihrer Tochtergesellschaften ist er, sei es als Mitglied der Bauleitung, sei es als Mitglied des Verwaltungsrates oder sonst in beratender Aufgabe, massgebend beteiligt. Als Ausdruck seiner eigenen Persönlichkeit tragen seine Bauten den Stempel der Natürlichkeit, der inneren Sicherheit, des Wärschaften und Gediegenen. Es liegt in der Art seiner Arbeit, dass seine Werke Eingriffe in Natur und Landschaft bedeuten. Als Wanderer, Bergsteiger und Skifahrer selbst mit der Natur und Heimat eng verbunden, ist es stets sein Bestreben, Natur und Technik, soweit dies überhaupt möglich ist, miteinander in Einklang zu bringen.

Mitarbeiter und Geschäftsfreunde, die in ihm den loyalen Kollegen, den verständnisvollen Vorgesetzten und den recht-denkenden Partner achten und ehren, entbieten ihm zu seinem Festtag ihre aufrichtigen Glückwünsche!

50 Jahre Simplontunnel

DK 624.19:93

Am 17. und 18. Mai werden Feiern dies- und jenseits des Simplons daran erinnern, dass am 1. Juni 1906 der regelmässige Bahnbetrieb durch den Simplontunnel eröffnet wurde. Bei Anlass dieser Fünfzigjahrfeier soll auch hier der Männer gedacht werden, die den Mut hatten, jenes Werk zu unternehmen und zu vollbringen. Es seien daher das Werk und die ungewöhnlichen Schwierigkeiten, die es zu seiner Erstellung zu überwinden galt, kurz in Erinnerung gebracht, nachdem der Bau seinerzeit in allen seinen Stadien von der SBZ genau verfolgt und eingehend beschrieben worden ist.

Die gerade Entfernungen zwischen den Mundlöchern der beidseitigen Richtstollen beträgt 19 732 m. Mit den beidseitigen Anschlusskurven misst Tunnel I 19 803 m, Tunnel II 19 824 m. Das Nordportal liegt 681 m, das Südportal 634 m und der Kulminationspunkt im Tunnel 705 m. ü. M. Die Ueberlagerung über dem Tunnel misst an der höchsten Stelle 2200 m. Die Erbauer des Simplontunnels standen somit vor einer neuen Aufgabe. Noch nie war ein so langer, besonders ein so tief unter der Erdoberfläche liegender Tunnel erstellt worden. Er ist heute noch der längste und tiefste Tunnel.

Die rechtlichen Grundlagen dieses Baues waren der Staatsvertrag mit Italien vom 25. November 1895, der 1903, als die Jura-Simplonbahn (JS) an den Bund übergang, einige Ergänzungen erfuhr, sowie der Bauvertrag der JS mit der Unternehmung Brandt, Brandau & Cie. vom 15. April 1898, der anlässlich der Verstaatlichung der JS ebenfalls einige Aenderungen erhielt. Diese Unternehmung bestand aus den Ingenieuren A. Brandt, Erfinder der nach ihm benannten Bohrmaschine, und K. Brandau, den Firmen Locher & Cie. in Zürich, Gebr. Sulzer in Winterthur und der Bank in Win-

terthur. Die JS, bzw. ab 1903 die SBB, vertrat der Unternehmung gegenüber Oberingenieur A. Zollinger mit einem Stab zugeteilter Mitarbeiter.

Die Länge des Tunnels warf neben organisatorischen Problemen hauptsächlich ein solches der mechanischen Bohrung auf, das durch die Einführung der damals bewährten Brandtschen Bohrmaschine gelöst wurde. Die hohe Ueberlagerung bedeutete aber neue geologische und geophysikalische Probleme. Wie sich das Gebirge unter der grossen Ueberlagerung verhalten würde, war fraglich. Das Hauptproblem bildeten die in solchen Tiefen zu gewärtigenden Gesteinstemperaturen. Nach den Erfahrungen am Gotthard erwartete man eine Höchsttemperatur von 42 bis 45 ° C. Diese Temperatur, die in Wirklichkeit ganz wesentlich überschritten wurde, erforderte eine ausserordentliche Lüftung, die mit 25 bis 35 m³/s angenommen wurde, mit der Möglichkeit, sie bis 50 m³/s zu steigern. Solche Luftmengen konnten nicht mehr wirtschaftlich durch Röhren in den Tunnel eingeführt werden. Das führte die Unternehmung dazu, die Ausführung eines Zwillingstunnels vorzusehen. Statt eines doppelspurigen Tunnels wurden zwei parallele einspurige mit einem Axabstand von 17 m projektiert. Der eine, Tunnel I, wurde sogleich fertig ausgebaut, während von Tunnel II vorläufig nur der Richtstollen aufgeföhren wurde, um während der ersten Bauetappe als Luftkanal zu dienen. Sein Ausbau sollte später erfolgen.

Der Tunnel wurde im August 1898 von beiden Seiten her in Angriff genommen. Seitens der Unternehmung übernahm Ingenieur A. Brandt persönlich die Oberleitung auf der Nordseite. Er starb jedoch am 29. November 1899 in Brig, worauf Oberst Ed. Locher an seine Stelle trat. Leiter der Südseite war Ingenieur K. Brandau. Er und Ing. Brandt waren ehemalige Studierende der ETH und Mitglieder der G. E. P. Oberst Locher stand Oberingenieur v. Kager zur Seite, als Oberingenieur der Südseite amtierte K. Pressel, später Professor an der Technischen Hochschule München.

Die ersten Schwierigkeiten traten auf der Südseite auf. Bei Km. 4,430 wurden Quellen von zusammen 1200 l/s (Temperatur 12 ° C) angeschlagen, die natürlich den Vortrieb verzögerten, bis es gelang, sie in einem Querschlag zu fassen und abzuleiten. Die zweite Ueberraschung folgte sogleich wieder auf der Südseite, indem der Stollen am 5. November 1901 bei Km. 4,452 auf eine plastische Masse stiess, die auf etwa 50 m anhielt. Nach Prof. C. Schmidt handelte es sich um kaolinigen Glimmerkalk. Erst als für den Einbau des Richtstollens Mann an Mann gestellte Eisenrahmen verwendet wurden, gelang es, in sieben Monaten die kurze Strecke zu durchfahren. Ihr Ausbau zum fertigen Tunnel erforderte weitere 18 Monate!

Auf beiden Seiten machte sich nach und nach durch die grosse Last der Ueberlagerung erzeugter echter Gebirgsdruck geltend, anfänglich noch in Form von heftigen Bergschlägen, dann, in grösseren Tiefen, auch plastische Erscheinungen verursachend. Die grösste Sorge bereitete jedoch die besonders auf der Nordseite unerwartet rasch steigende Gesteinstemperatur, die, entgegen den früheren Annahmen, auf einer Länge von über 2 km 50 ° C überstieg und sogar die Höhe von 55,4 ° C erreichte. Die Lüftung allein genügte zur Herstellung erträglicher Arbeitsverhältnisse nicht mehr. Die Luft musste vor Erreichen der Baustellen durch Wasser gekühlt werden. Das erforderte bedeutende Einrichtungen, handelte es sich doch nach Messungen von Ingenieur E. Mermier von der JS bzw. der SBB, z. B. bei einer Gesteinstemperatur vor Ort von 52 ° C (also noch lange nicht das Maximum) um die Abführung von rund 400 kcal/s aus den Arbeitsstrecken, bzw. 830 kcal/s aus dem ganzen Tunnel. Schliesslich wurden noch heisse Quellen von 47 bis 50 ° C angeschlagen, die grosse Wärmemengen in den Tunnel ergossen und katastrophal gewirkt hätten, wenn der Parallelstollen nicht die Möglichkeit geboten hätte, ihr Wasser auf kürzestem Wege abzuleiten.

Durch die erwähnte Druckstrecke war die Südseite gegenüber der Nordseite in Rückstand gekommen. Der Richtstollen der Nordseite wurde deshalb über den Kulminationspunkt (Km. 9,573 ab NP) hinaus weitergetrieben. Weitere heisse Quellen zwangen aber am 28. Mai 1904 bei Km. 10,382 ab NP Schluss zu machen. Der Durchschlag erfolgte dann am 24. Februar 1905 von Süden her und zwar mit erfreulicher Genauigkeit. Die Abweichungen betrugen: seitlich 202 mm, in der Höhe 87 mm, in der Länge 790 mm. In Anbetracht