

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93/94 (1929)
Heft: 3

Artikel: Die Herstellung und Verwendung des Kohlensäure- oder Trocken-Eises
Autor: Schwarz, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-43287>

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: 17.05.2025

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

Die Herstellung und Verwendung des Kohlensäure- oder Trocken-Eises.

Von J. SCHWARZ, Ingenieur E. T. H., Genf.¹⁾

Während bisher Kohlensäure nur in flüssigem Zustand, in den bekannten Stahlflaschen abgefüllt, auf den Markt gelangte, ist es vor einigen Jahren gelungen, auch feste Kohlensäure industriell herzustellen²⁾. Obwohl die erste bezügliche Patentanmeldung schon auf das Jahr 1895 zurückgeht, war erst dem im Januar 1924 von Thomas B. State eingereichten Patentgesuch Erfolg beschieden. Im darauffolgenden Jahre nahm die „Dry Ice Corporation of America“ nach dessen Patent die fabrikmässige Herstellung von Trockeneis auf, und kurz darauf folgte die „Solid Carbonic Company“ mit dem „Carbonic Ice“. In Europa traten unseres Wissens bis heute nur H. Dehottay in Malmédy (Belgien) und die Carba A. G. in Bern mit etlichen Mengen fester Kohlensäure hervor.

Die technische Gewinnung des Kohlensäure- oder Trockeneises erfordert drei Stadien: Die Herstellung der gasförmigen Kohlensäure; die Verflüssigung des Gases; die Verstarung der Flüssigkeit.

Die beiden ersten Vorgänge sind bekannt, sodass es sich erübrigt, hier näher darauf einzutreten. Der dritte Vorgang tritt ganz aus den gebahnten Wegen. Wenn auch, beim Hervordringen von flüssiger Kohlensäure aus dem Mundstück einer nach abwärts gerichteten Flasche, die infolge der Vergasung eines Teiles der Flüssigkeit erzeugte Kälte dazu genügt, um die Erstarrung des nicht verflüchtigten Restes als Schneemasse zu bewirken, so eignet sich dieses klassische Laboratoriums-Verfahren nicht für eine Fabrikation im grossen, da zur Gewinnung von 1 kg fester Kohlensäure 6 bis 7 kg flüssiger Kohlensäure erforderlich sind. Die „Dry Ice Corporation of America“ hat eine Methode entwickelt, die bloss 2,7 bis 3,0 kg flüssiger Kohlensäure erfordert. Sie soll hier, vorbehaltlich in späterer Zeit durchgeführter Umgestaltungen, eingehend erörtert werden.

Die Apparatur besteht aus einer Reihe zylindrischer Verdampfer von je 1500 mm Höhe und mit konzentrischem Doppelmantel von 915 mm Aussendurchmesser und 25 mm Ringspaltweite. Sorgfältig durch eine Korkverkleidung von der Umgebung isoliert, weisen diese Verdampfer an ihrem oberen Ende, auf der Fläche der Innenbohrung, ein Filtertuch auf, das von einem schweren, engmaschigen Metallsieb auf seinen Sitz festgedrückt und in seiner Wirkung unterstützt wird. Seitlich und unweit des Bodens ist ein Mannloch aus den Wandungen der beiden Mäntel ausgeschnitten, das, in seiner Mitte, eine Düse von 2 mm Durchmesser zur Einspritzung der flüssigen Kohlensäure aufnimmt. Diese, auf rd. 75 kg/cm² verdichtet und gehörig vorgekühlt, strömt in die Verdampfer als feiner Nebel, worauf die bei der Ausdehnung und Vergasung eines Tröpfchenteils erzeugte Kälte die Erstarrung des Restes als Schneemasse unter Luftabschluss bedingt. Das während des Vorgangs freigemachte Gas entweicht durch das Filtertuch und das Metallsieb, umspült den Ringspalt zwischen den beiden Mänteln, wobei es infolge seines kleinen Diathermanvermögens die Fortpflanzung der Wärme auf den Innenraum verhindert, und fliesst durch eine nahe am Boden des äusseren Mantels angeschlossene Leitung in die Kompressoren zurück. Vor ihrem Eintritt in diese durchströmt, die eine Endspannung von etwa 0,7 kg/cm² aufweisende, gasförmige Kohlensäure einen Wärmeaustauscher, worin sie die flüssige Kohlensäure, die in entgegengesetzter Richtung nach der Einspritzdüse fliesst, abkühlt. Der Verfasser, dem diese Beschreibung entlehnt wurde, betont, wie wichtig diese Vorkühlung der flüssigen Kohlensäure ist, wenn die Erstarrung von 33% bis 37% der in die Verdampfer geleiteten Menge gelingen soll. Da jeder Verdampfer auf einer Wage ruht, kann man die aufgehäufte Schneemasse leicht kontrollieren; sobald ein bestimmtes Gewicht, im vorliegenden Falle 136 kg, erreicht ist, sperrt man den Zufluss ab, öffnet das Mannloch und leert mittels eines Krammeisens den Gefässinhalt in würfelförmige Stahlmulden, die nach einer hydraulischen Presse gebracht werden. Dort wird er unter einem Druck von 35 bis 55 kg/cm² in Würfel von 254 mm Seitenlänge und 18,2 kg Einzelgewicht gepresst, die entweder in ihrer Originalgrösse, oder, nach

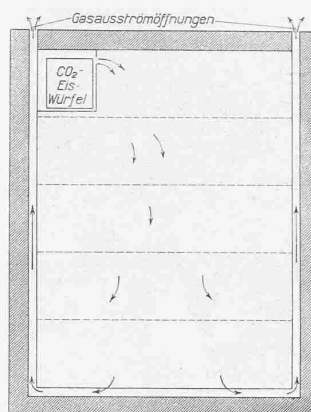


Abb. 2. Eisschrank mit Trocken-Eis.



Abb. 1. Verladen von Trocken-Eis.

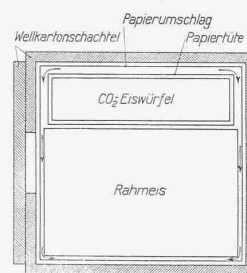


Abb. 3. Ice-Cream-Verpackung samt CO₂-Eis in Wellkarton.

Zerschneiden mit einer Bandsäge, in den Formaten 254,0 × 127,0 × 76,2 mm und 63,0 × 63,0 × 50,4 mm in den Handel gebracht werden (Abb. 1).

Zwischen der Herausnahme des Schnees aus den Verdampfern und der Niederlagerung der Würfel in die isolierten Gruben beträgt der Substanzverlust kaum 10%. Drei Verdampfer mit Handbedienung gestatten eine Tageserzeugung von 3 bis 4 t Fertigprodukt, die unter Zuhilfenahme geeigneter Vorrichtungen weit überschritten werden kann.

In der Form von komprimierter Schneemasse hat die feste Kohlensäure das Aussehen eines blendend weissen, undurchsichtigen Körpers, dessen spezifisches Gewicht, je nach dem Verdichtungsgrad, zwischen 1,06 (Dry Ice Corporation of America) und 1,28 (Solid Carbonic Company) schwankt und der, laut Angaben des „Bureau of Standards“, bei $-81,4^{\circ}\text{C}$ unter Atmosphärendruck, und bei $-56,7^{\circ}\text{C}$ unter einem Druck von 5,27 kg/cm², schmilzt. Die vom festen Körper gebundene Wärme beträgt unter Atmosphärendruck 139,9 cal/kg bei -20°C , 152,6 cal/kg bei 0° und 165,2 cal/kg bei $+20^{\circ}\text{C}$ Endtemperatur des Gases.³⁾ Ein kg Kohlensäure-Eis entwickelt, bei 0°C und 760 mm QS, 0,506 m³ Gas.

Sowohl an trockener als auch an feuchter Luft verdunstet das Kohlensäure-Eis sehr langsam. Bei trockener Luft wird der Wärmedurchgang von der einen kleinen Diathermanvermögen besitzenden Oberflächengasschicht verzögert, während bei feuchter Luft der sich entwickelnde Dunst samt dem sich auf den Seiten bildenden Reif die gleiche Wirkung hervorruft; es ist anzunehmen, dass dieser Reif ein Kohlensäurehydrat von noch unbestimmter Zusammensetzung ist.

Obwohl Kohlensäure-Eis 10 mal teurer als Wasser-Eis ist (Fr. 57,50 gegenüber Fr. 5,75 pro 100 kg innerhalb des New Yorker Bezirkes) und, auf den ersten Anblick, gar keine Aussichten auf einen umfangreichen Absatz hat, so fand es doch, in Anbetracht seiner Vorteile, solchen Anklang, dass es sich der Mühe lohnt, dessen Hauptmerkmale im Vergleich zum Wasser-Eis zu skizzieren.

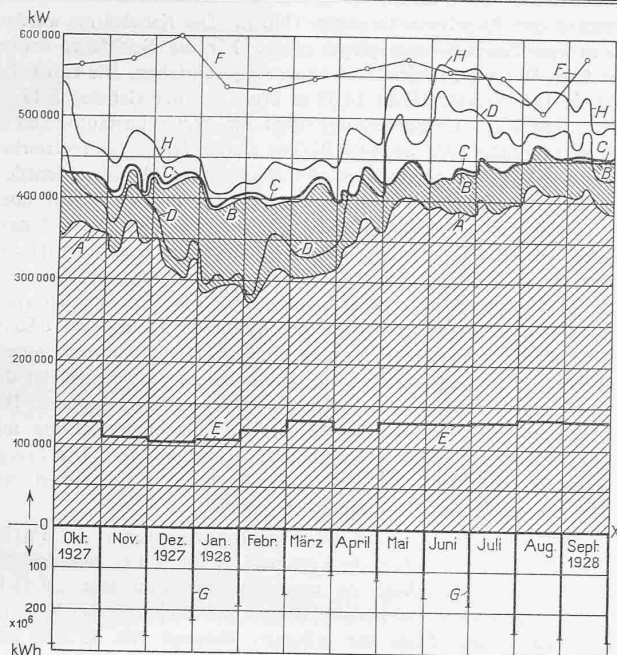
Unter Atmosphärendruck und bei 0°C bindet Kohlensäure-Eis, bei seiner Zustandsänderung, 90,75% mehr Wärme als das selbe Gewicht Wassereis ($152,6 : 80 - 1 = 1,9075 - 1$) und gestattet, je nach dem eintretenden Falle, eine Temperaturniedrigung bis auf $-81,4^{\circ}\text{C}$. Sonach genügt eine viel geringere Menge zur Erreichung des nämlichen Kälteeffekts.

Bei seiner Zustandsänderung liefert es weder Flüssigkeit noch schlammigen und anfressenden Niederschlag, sondern ein trockenes Gas, das, im üblichen weit unter der für den Menschen gefährlichen Maximalgrenze von 3% bis 5% Gehalt in der Luft, keinen physiologischen Einfluss ausübt und die Verwesung organischer Substanzen verhindert. In Anbetracht des kleinen Diathermanvermögens des entwickelten Gases, das sowohl das Kohlensäure-Eis selbst als auch

¹⁾ Auszug aus einem von der „Classe d'Industrie et de Commerce“ der „Société des Arts“ in Genf gehaltenen Vortrag.

²⁾ Es mag daran erinnert werden, dass Kohlensäure erstmals von Faraday (1823) verflüssigt und erstmals von Thilorier (1834) in festem Zustand gewonnen worden ist.

³⁾ Diese Werte sind der Zusammenstellung H. F. Taylors entnommen. Nach J. W. Martin Jr. soll dagegen, bei 0°C , die gebundene Wärme 154,44 cal/kg (285 B. T. U.) anstatt 152,6 cal/kg betragen.



LEGENDE: OX-A aus Flusskraftwerken gewonnene Leistung; A-B in Saison-Speicherwerken erzeugte Leistung; B-C kalorisch erzeugte Leistung und Einfuhr aus ausländischen Kraftwerken; OX-D auf Grund des Wasserzuflusses in den Flusskraftwerken verfügbar gewesene Leistung; OX-E durch den Export absorbierte Leistung; OX-F Höchstleistung an den Monatsmitte zunächst gelegenen Mittwochen; abwärts gerichtete Ordinaten OX-G auf Monatsende in den Saison-Speicherwerken vorrätig gewesene Energie. OX-H Disponible Leistung der Flusskraftwerke zuzüglich der den Saisonspeicherwerken entnommenen Leistung. Die Fläche zwischen den Kurven B und H gibt die nicht verwertete Energie an. Sie beträgt ungefähr 736 Millionen kWh.

die dadurch gekühlten Waren umhüllt, lassen sich einfach durchgebildete Schränke (Abb. 2) und beim Versand sehr leichte Verpackungen gebrauchen; dazu verwendet man Balsaholzkisten, ja sogar Wellpappenschachteln (Abb. 3). Der tägliche Verlust eines in Balsaholzkiste verpackten Würfels Kohlensäureeis überschreitet kaum 10%. Auf der Strecke New York-Washington (361 km) ergaben z. B. Sendungen von 100 kg Nettogewicht einen Verlust von 9,4% nach 24 Stunden und einen solchen von 13,5% nach 48 Stunden. Im Hochsommer, der freien Umgebungstemperatur ausgesetzt, braucht ein 18,2 kg schwerer Würfel 28 Stunden zum Verdunsten.

Im Vergleich zur flüssigen Kohlensäure ist das Kohlensäure-Eis natürlich auch viel billiger zu transportieren. Während für den Versand von 90 kg flüssiger Kohlensäure drei Stahlflaschen von je 60 kg Eigengewicht, also 180 kg Verpackungsmaterial die Hin- und Rückreise zurücklegen müssen, beträgt das Gewicht der einzigen Balsaholzkiste für den Versand der gleichen Menge Kohlensäure-Eis nur 45 kg.

Ein Beispiel aus amerikanischen Verhältnissen möge noch zeigen, welche Ersparnisse mit Kohlensäure-Eis gegenüber Wasser-Eis erzielt werden können. Zur Kühlung eines Eisenbahnwagens, unter Einhaltung äusserster Temperaturgrenzen von $-3,33^{\circ}$ und $-2,22^{\circ}$ C, waren für eine Reisedauer von drei Tagen 8026 kg Wasser-Eis (= 461 Fr.) und 803 kg Industriesalz (= 18 Fr.), erforderlich, dagegen nur 544 kg Kohlensäure-Eis (= 313 Fr.), was einer Ersparnis von 166 Fr. oder 34,7% entspricht. Tatsächlich ist diese Ersparnis noch grösser, da, mit Ausnahme von Grossbritannien und den Vereinigten Staaten, alle Länder Salz schwer besteuern. In Genf kostet z. B. denaturiertes Salz 26 Fr. pro 100 kg.

Die Verwendungsmöglichkeit des Kohlensäure-Eises ist eine vielseitige. Soweit Angaben über dessen Anpassung an die Bedürfnisse des Gewerbes und der Industrie zweckdienlich sind, weisen wir, u. a., auf folgende Druckschriften hin: Harden F. Taylor: Carbon Dioxide or Dry Ice in the Fish Industry, in „Ice and Refrigeration“, Bd. 71, Oktober 1926, S. 211. — D. H. Killeffer: Solid Carbon Dioxide, in „Industrial and Engineering Chemistry“, Bd. 19, Februar 1927, S. 192. — J. W. Martin Jr.: The Field of Dry Ice in modern Refrigeration, in „Refrigerating Engineering“, Februar 1928, S. 33.

Statistik der Energieproduktion in der Schweiz.

Seit 1. Oktober 1926 führt das Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke eine Statistik der Energieproduktion in der Schweiz. Auf Seite 9 von Band 91 (7. Januar 1928) haben wir die Ergebnisse des ersten Jahres bekannt gegeben. Im Anschluss daran geben wir nachstehend eine graphische Darstellung der Verhältnisse im zweiten Jahre. Berücksichtigt sind darin nur die Elektrizitätswerke, die Energie verkaufen; nicht inbegriffen sind die Kraftwerke der Schweizer Bundesbahnen und der industriellen Unternehmungen, die die Energie nur für den Eigenbedarf erzeugen. Die Kurven A, B, C, und D stellen die Tagesmittel aller Mittwoche, die Kurve E das Monatsmittel dar.

Zahlenmässig ausgedrückt stellen sich die Energieverhältnisse im ersten und zweiten Berichtsjahr (laut „Bulletin des S. E. V.“ vom 20. Dezember 1928) wie folgt dar:

	1926/27 10 ⁶ kWh	1927/28 10 ⁶ kWh
In den Flusskraftwerken disponible Energie rd.	3515	3622
Von den Saisonspeicherwerken erzeugte Energie	439,5	457,5
Importierte Energie	20,5	15,7
Von thermischen Kraftwerken erzeugte Energie	1,7	2,18
Total der disponiblen Energie	3976,7	4097,4
Von dieser Energie konnten nicht verwertet werden rd.	900	736
Die verwertete Energie betrug	3076	3361
Davon wurden exportiert	984	1085,4
In der Schweiz verwendet:		
a) für normalen Gebrauch	1880	2002
b) für thermische Zwecke, wo Energie ohne Lieferungsverpflichtung abgegeben wurde	212	274
Die in der Schweiz verbrauchte Energie verteilt sich ungefähr wie folgt:		
Für allgemeine Zwecke	1433	1590
Traktion (nicht inbegriffen Verbrauch der S. B. B.)	180	192
Elektrochemie, Metallurgie, elektrothermische Zwecke (nicht inbegriffen die Energie, die für diese Zwecke von den Fabriken in eigenen Werken erzeugt wird)	479	494
Total der in der Schweiz verbrauchten Energie	2092	2276

In den Stauseen konnten 1928 310×10^6 kWh (1927 295×10^6 kWh) aufgespeichert werden. Ende September 1928 enthielten sie noch $274,3 \times 10^6$ kWh (September 1927 295×10^6 kWh).

Von der total erzeugten Energie entfallen $99,36\%$ auf die hydraulischen Kraftwerke und $0,64\%$ auf die thermischen Reservekraftwerke.

Das Verhältnis der verwerteten Energie zu derjenigen, die im verflossenen Jahre hätte erzeugt werden können, beträgt $(3361 \times 10^6) : (4097 \times 10^6) \times 100 = 82\%$ (gegenüber 77% im letzten Jahre), ein ausserordentlich günstiges Verhältnis, das zeigt, wie sehr man bestrebt ist, möglichst das Maximum aus den Werken herauszuholen. Es ist um so beachtenswerter, dass man ein so günstiges Verhältnis erreichen konnte, als die wöchentliche Nutzenergieproduktion nicht 7 mal, sondern nur 6,35 mal so gross ist wie diejenige eines Wochentages.

Der Bericht im Bulletin des S. E. V. enthält ausserdem eine graphische Darstellung des Verlaufs der Leistungsabgabe während je eines Mittwochs im Dezember, März, Juni und September. Während eines Arbeitstages variierte die Belastung innerhalb folgender Grenzen, wenn die mittlere Belastung zu 1 angenommen wird:

	Minimale Belastung	Maximale Belastung
Im Dezember 1927 (1926)	0,65 (0,63)	1,42 (1,42)
Im März 1928 (1927)	0,67 (0,65)	1,31 (1,31)
Im Juni 1928 (1927)	0,73 (0,71)	1,29 (1,32)
Im September 1928 (1927)	0,74 (0,71)	1,26 (1,32)

Die Mehrproduktion an Energie gegenüber dem Vorjahre wird zum grössten Teil (rd. 230×10^6 kWh) durch intensivere Ausnützung der bestehenden Kraftwerke erreicht, denn während des verflossenen Jahres wurde durch die Vergrösserung der Leistungsfähigkeit zweier Kraftwerke nur ein Mehrbetrag von 55×10^6 kWh geliefert. Die Benützungsdauer der Maximalleistung war im Berichtsjahr $3361 \times 10^6 : 600000 = 5601$ h (gegenüber 5390 h für 1926/27). Die Zunahme der Maximalleistung war prozentual wesentlich geringer als die Zunahme der Energielieferung.