

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 73/74 (1919)
Heft: 4

Artikel: Entwicklungsformen des Dampf-Kälteprozesses
Autor: Ostertag, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-35567>

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: 05.04.2026

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

INHALT: Entwicklungsformen des Dampf-Kälteprozesses. — „Arbeiter-Wohnungen“. — Le Domaine de Tournay. — Miscellanea: Zum Kapitel „Standeshre“. Die Grenzen der Kraftübertragung mittels Wechselströmen. Zur Geschäftsmoral im Baugewerbe. Internationale technische Kommissionen. Jubiläum der Technischen Hoch-

schule in München. Teuerung und Teuerungszulagen. — Konkurrenzen: Bebauungsplan Biel und Vororte. — Literatur: Der ewige Kreislauf des Weltalls. Literar. Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Schweiz. Ing.- u. Arch.-Verein. Zürcher Ing.- u. Arch.-Verein. Tafeln 3 bis 6: Le Domaine de Tournay.

Band 73.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 4.

Entwicklungsformen des Dampf-Kälteprozesses.

von Prof. P. Ostertag, Winterthur.

Eine einfache und klare Darstellung des Kreisprozesses in der Dampfkompansions-Kältemaschine erhält man mit Benützung der Entropietafel. Eine Wärme-Energie dQ mit der Temperatur T kann als Produkt $T \cdot dS$ aufgefasst werden und stellt sich als Flächenstreifen dar, wenn T als Ordinate und die Entropiezunahme dS als Abszisse aufgetragen wird.

Solange der Kälte-träger flüssig ist, liegen die Zustandspunkte auf der unteren Grenzkurve (spezifische Dampfmengen $x = 0$), der gesättigte Dampfzustand ist durch die obere Grenzkurve ($x = 1$) gekennzeichnet. Kurven links von der unteren Grenzkurve gelten für das Gebiet der elastischen Flüssigkeit, rechts von der oberen Grenzkurve für überhitzten Dampf; Punkte zwischen den Grenzkurven zeigen feuchten Dampf an.¹⁾

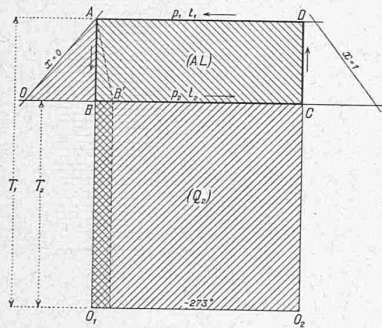


Abb. 1.

Als Idealvorgang ist der Prozess von Carnot anzusehen. Der flüssige Kälte-träger (Punkt A' in Abbildung 1) steht unter dem hohen Druck p_1 und der entsprechend hohen Temperatur t_1 . Die zur Kälte-wirkung nötige tiefe Temperatur t_2 wird durch adiabatische Expansion (AB) im Zylinder EZ (Abb. 2) erzielt, wobei ein Teil der Flüssigkeit verdampft. Der übrige Teil nimmt im Verdampfer V eine Wärme Q_2 aus der Umgebung auf, bewirkt somit die Kälteleistung, die in Abbildung 1 als Rechteck BCO_2O_1 dargestellt ist. Nun muss der Kältestoff auf den Anfangsdruck p_1 verdichtet werden, was durch adiabatische Kompression im Zylinder KZ geschieht (CD). Bleibt der Endpunkt (D in Abbildung 1) im Sättigungsgebiet (nasses Verfahren), so ist als letzte Zustandänderung DA die Wärme Q_1 (Rechteck DAO_1O_2) zu entziehen, was im Kondensator K vor sich geht.

Der geschlossene Prozess gibt die Kälteleistung Q_2 und verlangt die Arbeit L, deren Wärmewert AL ($A = 1/428$) als Rechteck ABCD sichtbar ist. Aus der Abbildung 1 folgt:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}, \quad Q_1 = Q_2 + AL$$

¹⁾ Näheres siehe: Ostertag, «Berechnung der Kältemaschinen», Berlin 1913. Verlag von Jul. Springer.

Die Kälteleistung auf 1 PSh beträgt

$$q_0 = \frac{Q_2 \cdot 3600 \cdot 75}{L} = 632 \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Die Leistungsfähigkeit einer Anlage ist demnach um so grösser, je kleiner der Temperatur-Unterschied zwischen Kühlwasser und Sole ist.

Die erste Abweichung vom beschriebenen Vorgang besteht im Ersatz des Expansionszylinders durch ein einfaches Drosselventil (R in Abbildung 2). Im Diagramm wird die Linie AB durch die Drosselkurve AB' ersetzt; die Kälteleistung vermindert sich um das Rechteck unter BB' und der Arbeitsbedarf wächst um das Stück OAB.

Die zweite Abweichung besteht in der Einführung des trockenen Verfahrens; der Kompressor saugt nur Dampf an, was durch Vorschalten eines Flüssigkeitsabscheiders A_1 (Abbildung 3) erreicht wird. Dadurch erstreckt sich die Wärmeaufnahme im Verdampfer bis zur oberen Grenzkurve (Punkt C in Abbildung 4) und die Verdichtung bringt den angesaugten Dampf sofort in den überhitzten Zustand (Adiabate CD). Es hat sich nämlich als Vorteil erwiesen, wenn der Zylinder keine Flüssigkeit empfängt, die sich an den Wandungen ansetzt, dort den Wärmeübergang von den Wandungen an den angesaugten Dampf fördert und bei der Expansion aus dem schädlichen Raum durch Verdampfung den Liefergrad vermindert. Jede Feuchtigkeit im Kompressor wirkt demnach schädlich.

Dagegen soll im Verdampfer eine Ueberflutung stattfinden, damit dort der Wärmeübergang leicht vor sich geht. Man erreicht dies durch Hochstellen des Ab-

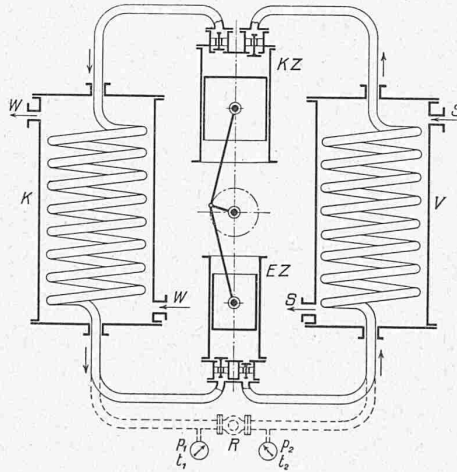


Abb. 2.

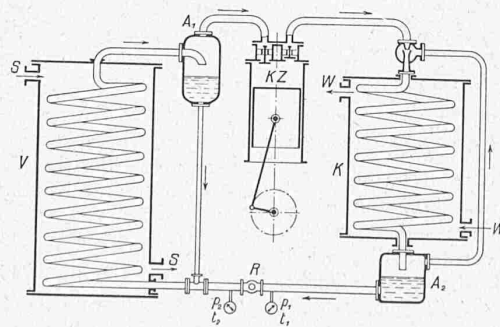


Abb. 3.

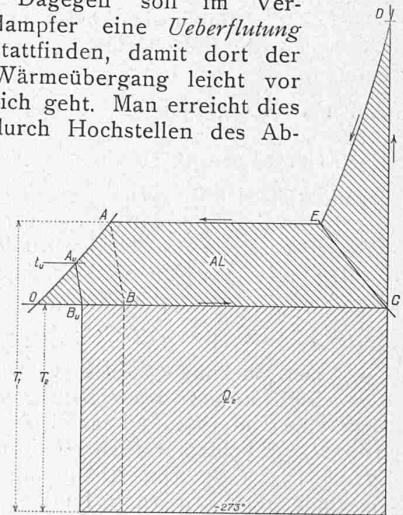


Abb. 4.

scheiders A_1 und Rückleitung der abgeschiedenen Flüssigkeit in die Zuleitung zum Verdampfer (Abbildung 3).

Der Kompressor KZ stösst das heisse Gas von oben in den Kondensator K. Man kann beim Eintritt in die Schlange eine Düsenwirkung hervorrufen, um die im Sammler A_2 noch eintretenden Restgase abzusaugen und dem Kondensator nochmals zuzuführen.

Wird die Oberfläche des Kondensators reichlich bemessen und das Kühlwasser W im Gegenstrom mit lebhafter Bewegung durchgeleitet, so gelingt es, das Kondensat unter die Sättigungstemperatur t_1 auf t_u abzukühlen. Im Diagramm (Abbildung 4) rückt nun die Drossellinie AB

nach $A_u B_u$ und der Gewinn der *Unterkühlung* stellt sich als Rechteck mit der Breite BB_u dar. Diese Wirkung macht sich besonders bei Verwendung von Kohlendioxyd als Kältr ager fühlbar, da dieser Stoff eine grosse Flüssigkeitswärme besitzt. Häufig wird bei solchen Anlagen hinter den Kondensator ein besonderer Flüssigkeitskühler gesetzt. (Siehe die Anlage von Escher Wyss & Cie. an der Landesausstellung Bern 1914. Schweiz. Bauzeitung 1915, Bd. LXXV, No. 26 vom 26. Juni 1915).

Als ein derartiges Beispiel sei angenommen, im Verdampfer herrsche eine Temperatur von $-10^{\circ}C$, im Kondensator eine solche von $28^{\circ}C$. Der Kompressor hat demnach den Dampf von $27,1$ at auf 70 at abs. zu bringen (CD in Abbildung 5). Die hierzu nötige Arbeit ergibt sich als Differenz der Wärmeinhalte von D und C :

$$AL = 66,8 - 56 = 10,8 \text{ Cal.}$$

Im Kondensator ist eine bedeutende Wärme abzuleiten, um den gesättigten Zustand zu erreichen (Fläche unter DE) und einen zweiten Teil (Rechteck unter EA), um den Dampf zu verflüssigen. Kann eine Unterkühlung

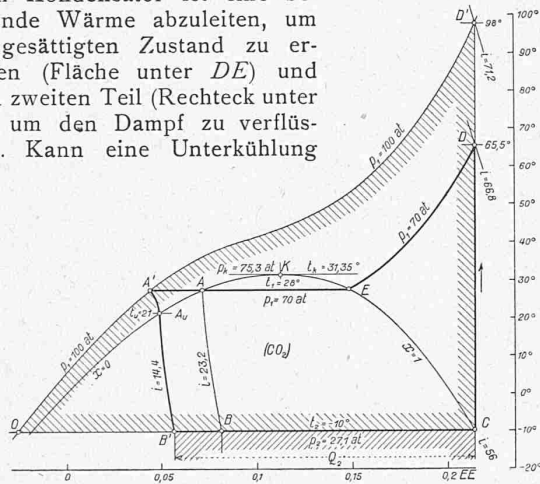


Abbildung 5.

nicht stattfinden, so trägt der Stoff die Flüssigkeitswärme $i = 23,2$ Cal durch das Drosselventil in den Verdampfer (AB), wo die Kälteleistung $Q_2 = 56 - 23,2 = 32,8$ Cal entsteht.

Auf 1 PSh ergibt dies $q_2 = 632 \cdot \frac{32,8}{10,8} = 1920 \text{ Cal}$

Nach Carnot würde erhalten $q_0 = 632 \cdot \frac{263}{38} = 4370 \text{ Cal}$

Damit stellt sich der Wirkungsgrad gegen „Carnot“ auf 0,44.

Das Ergebnis wird günstiger mit der Annahme, das Wasser vermöge die flüssige Kohlensäure auf 21° zu unterkühlen. (AA_u). Nun werden nur noch 14,4 Cal in den Verdampfer getragen und es ist

$$Q_2 = 56 - 14,4 = 41,6 \text{ Cal}; \quad q_2 = 632 \cdot \frac{41,6}{10,8} = 2440 \text{ Cal}$$

Der Wirkungsgrad steigt jetzt auf 0,56, d. h. um 12 %.

Soll dieselbe Kälteleistung zustande kommen, ohne dass eine Unterkühlung möglich ist, so muss das Gas auf 100 at verdichtet werden (CD') und verlangt die Arbeit $AL = 15,2$ Cal. Die Abkühlung vollzieht sich alsdann oberhalb des kritischen Punktes K ($D'A'$), wobei der Uebergang in den elastisch-flüssigen Zustand ohne scharf abgegrenzte Dampfbildung vor sich geht.

Ein anderes Verfahren schlagt R. Plank vor. Das Gas wird nur auf 70 at verdichtet; nach der Abkühlung erfährt die Flüssigkeit eine Druckzunahme von 70 auf 100 at in besonderer Pumpe (AA'), sodass dieselbe Kälteleistung erzielt wird. Die Arbeit der Pumpe ist in Abbildung 5 als Rechteck unter AA' dargestellt, dafür f llt die Kompressor-Arbeit kleiner aus, entsprechend DD' .

In Abbildung 6 ist das Schema einer *Zwischen-Verdampfung mit zweistufiger Kompression* gezeichnet. Sie erweist sich zweckmässig, wenn an zwei Orten Kälte mit verschiedenen tiefen Temperaturen erzeugt werden soll. Der kältere Dampf strömt aus dem Verdampfer V_n zum N.-D.-Zylinder und von da zum H.-D.-Zylinder. Auf dem Wege

dorthin vereinigt er sich im Behälter B mit dem weniger kalten Dampf, der im Verdampfer V_h eine Kälteleistung in kleineren Temperaturgrenzen erzeugt hat. Beide Mengen werden vom H.-D.-Zylinder in den Kondensator K gedrückt und fliessen durch die Regulierventile R_h und R_n den Verdampfern zu.

Das Schema zeigt einen Riesel-Kondensator, Bauart Riedinger, dessen Schlange in drei Zonen unterteilt ist. Die beiden untern Zonen bringen die Abkühlung und Kondensation hervor, der Restdampf steigt aus dem Abscheider A zur obersten Schlange, wo das ankommende kalte Wasser die kräftigste Wirkung ausübt.

Das Diagramm dieses Prozesses (Abbildung 7) gilt für Ammoniak, und zwar soll das Kühlwasser eine Unterkühlung von 40° auf 30° zustande bringen (AA_u). Nach der Drosselung ($A_u B_u$) auf den Druck p_0 in V_n erzeugt ein Teil der Flüssigkeit die Kälteleistung ($B_u C$):

$$Q_{2h} = 271,8 \text{ Cal};$$

der andere Teil der Flüssigkeit geht durch das zweite Ventil ($A'B'$, Abbildung 7) und erzeugt in V_h die Kälteleistung ($B'C$) $Q_{2n} = 287,35$ Cal. Bei der Verdichtung im N.-D.-

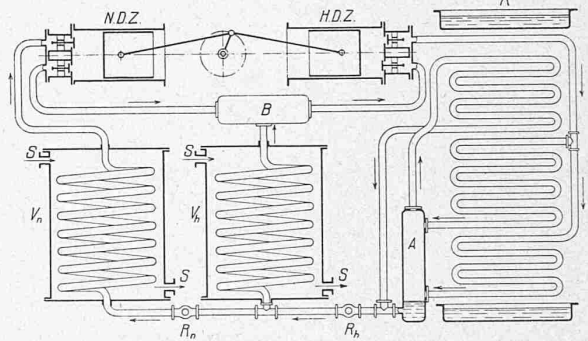


Abbildung 6.

Zylinder überhitzt sich der Dampf auf $70,5^{\circ}$ (CD') und kommt im Behälter mit dem Dampf aus V_h zusammen ($+10^{\circ}$); dadurch entsteht eine Mischtemperatur, die wir vorerst zu $t_m = 30^{\circ}$ sch tzen, um das Diagramm mit der Linie $C_m D$ schliessen zu können. Die beiden Arbeitsflächen betragen

$$AL_h = 353 - 316 = 37 \text{ Cal}$$

$$\text{und } AL_n = 337,3 - 298,7 = 38,6 \text{ Cal}$$

Nehmen wir eine geforderte Kälteleistung von 500 000 Cal/h an, die sich zu 200 000 auf V_n und zu 300 000 auf V_h verteilen soll, so betragen die Gewichte des umlaufenden Stoffes

$$G_h = \frac{300\,000}{271,8} = 1104 \text{ kg/h} \quad G_n = \frac{200\,000}{287,35} = 696 \text{ kg/h},$$

zusammen 1800 kg/h. Damit ergibt sich der Energiebedarf, abgesehen von Nebenverlusten

$$N_h = \frac{1800 \cdot 37}{632} = 105,5 \text{ PS} \quad N_n = \frac{696 \cdot 38,6}{632} = 42,5 \text{ PS}$$

oder zusammen 148 PS. Für die Anlage beträgt die Kälteleistung auf 1 PSh: $q_2 = 3380$ Cal.

Im Idealprozess sind zwei Rechtecke AL_h und AL_n zu unterscheiden, aus denen die Gleichung entwickelt werden kann

$$q_0 = 632 \frac{G_h \cdot Q_{2h} + G_n \cdot Q_{2n}}{(G_n + G_h) AL_h + G_n AL_n} = 632 \frac{G_h T_0 + G_n T_2}{(G_n + G_h) (T_1 - T_0) + G_n (T_0 - T_2)}$$

Für unser Beispiel ist damit $q_0 = 4120$ Cal pro 1 PSh, was im vorliegenden Prozess einen Wirkungsgrad von 0,82 ergibt, abgesehen von Nebenverlusten.

Im Behälter entsteht eine Mischtemperatur

$$t_m = \frac{696 \cdot 70,5 + 1104 \cdot 10}{1800} = 33,4^{\circ} C$$

Es muss demnach im Behälter eine Abkühlung um $3,4^{\circ}$ erfolgen, wenn die anfangs gesch tzte Mischtemperatur

