Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 84 (1966)

Heft: 9

Artikel: Weiterentwicklung des Absorptionsprozesses zu neuartigen Kälte- und Wärmekreisläufen

Autor: Stierlin, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-68844

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: 02.07.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Professor Rudolf Plank zum 80. Geburtstag

Wohl kaum einem andern der heute lebenden Forscher verdankt die Kältetechnik soviel wie Rudolf Plank, dessen 80. Geburtstag wir am 6. März feiern können. Es ist nicht nur die grosse Zahl wertvoller Erkenntnisse, die er in über 200 Veröffentlichungen der Fachwelt geschenkt hat, von denen viele längst zum selbstverständlichen geistigen Gemeingut des Kälteingenieurs zählen, sondern es ist die Tatsache, dass die Kältetechnik in Plank einen Wegbereiter von umfassendem Weitblick gefunden hat. So ist er einer der ganz wenigen, die zu praktisch allen Gebieten der Kältetechnik schöpferisch beigetragen haben. Natürlich lagen ihm von seiner Lehrtätigkeit her die thermodynamischen Grundlagen besonders nahe. Zu erwähnen sind hier seine Arbeiten über Zustandsgleichungen und die von ihm durchgeführte oder angeregte Aufstellung von Zustandsdiagrammen. Aber auch die technische Verwirklichung, ja jede konstruktive Einzelheit fand sein volles Interesse. Seine drei Berichte über «amerikanische Kältetechnik» und sein gemeinsam mit Kuprianoff verfasstes Buch über Kleinkältemaschinen legen davon Zeugnis ab. Er und seine Schüler übertrugen thermodynamische Betrachtungsweisen auch in die Lebensmittelindustrie. Ergebnisse dieser Arbeiten waren einerseits eine Formel über die Gefriergeschwindigkeit anderseits Enthalpiediagramme von Lebensmitteln. Diese weitausholende Forschungstätigkeit fand ihre Krönung in dem zwölfbändigen Werk über Kältetechnik, von dem heute neun Bände erschienen sind (die drei noch fehlenden Bände werden bald folgen).

Es ist verständlich, dass sich bald eine stattliche Zahl von Schülern um Prof. Plank scharte und so das 1926 gegründete Kältetechnische Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe zum unbestrittenen Mittelpunkt der deutschen Kältetechnik heranwuchs. Viele seiner Schüler sind inzwischen zu einflussreichen Stellungen in der Industrie aufgerückt oder sind heute selbst als Dozenten und Professoren in Karlsruhe oder an anderen Hochschulen tätig. Wohl alle aber bindet noch das feste Gefühl der Zusammengehörigkeit.

Aus der vollendeten geistigen Bewältigung eines grossen Gebietes und aus der Erkenntnis seiner inneren Entwicklungsgesetze erkannte Plank ungleich klarer als die meisten seiner Zeitgenossen all jene noch schwachen Ansätze einer kommenden aussichtsreichen Enfaltung. So wurde auf seine Initiative im Herbst 1928 die Studienrichtung Apparatebau an der TH Karlsruhe ins Leben gerufen, die unter E. Kirschbaum sich zum ältesten deutschen verfahrenstechnischen Institut glanzvoll entwickelte. 1936 folgte die Gründung des Reichsinstituts für Lebensmittelfrischhaltung in Karlsruhe, das 1942 in eine Reichsforschungsanstalt umgewandelt wurde. In diesem Zusammenhang sind auch seine Bemühungen zur Einführung des «studium generale» an der TH Karslruhe zu erwähnen.

Seinem umfassenden Geist konnte auch die Kältetechnik trotz ihrem steten Wechsel von Theorie und Praxis, von abstrakten Gedankenmodellen und technischen Verwirklichungen und trotz der Vielfalt ihrer Aufgaben auf die Dauer nicht genügen. Er fühlte sich immer hingezogen zu einer umfassenden Betrachtung von Kultur und Zivilisation, zur Ordnung unseres vielfältigen Wissensstoffs in einprägsame Schemata, zum Aufzeigen der Brücken zwischen den Teilgebieten von Wissenschaft und Technik, um so schliesslich zu einer Gesamtschau über alle Betätigungsfelder des menschlichen Geistes zu gelangen. Dies ist die Wurzel seiner Bemühungen um das «studium generale», mancher seiner Aufsätze, auch seiner Tätigkeit auf literarischem Gebiet. Hier ist vor allem zu nennen sein Buch «Die Blätter fallen» (Verlag C. F. Müller, Karlsruhe 1952), das vollendete Übersetzungen französischer und russischer Lyrik enthält[1]).

Rudolf Plank wurde am 6. 3. 1886 in Kiew geboren. Er widmete sich zunächst dem Studium der Mathematik an den Universitäten Kiew und Petersburg, wandte sich dann aber dem Maschinenbau an der Technischen Hochschule Dresden zu, der damals dort unter Richard Mollier in hervorragender Weise vertreten war. Nach seiner Promotion in Dresden habilitierte er sich 1911 an der Technischen Hochschule Danzig als Assistent von H. Lorenz. Von 1911 bis 1913 war er bei der Firma Borsig in Berlin praktisch tätig. Schon mit 27 Jahren wurde er als ordentlicher Professor für Technische Thermodynamik und Direktor des Maschinenlaboratoriums der Technischen Hochschule Danzig berufen. 1925 folgte er einem Ruf an die TH Karlsruhe. Wie bekannt, ist er dieser Hochschule bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1954 treu geblieben, ja man kann wohl sagen, dass er auch jetzt noch mit dieser Hochschule aufs engste verbunden ist.

Über diese Tätigkeit in Karlsruhe weit hinausgreifend hat er seine Umsicht, seine Menschenkenntnis und sein Geschick im Umgang mit Menschen und in der Representation auch vielen nationalen und internationalen Institutionen zur Verfügung gestellt. So war er fast ein Jahrzehnt Vorsitzender des Deutschen Kältetechnischen Vereins, als dessen Altvorsitzender er zur Zeit nocht tätig ist. 1947 bis 1952 war er Kurator des Vereins Deutscher Ingenieure und während längerer Zeit Vorsitzender bzw. Mitglied des Technischen Beirates desselben Vereins. Auf internationaler Ebene hat er sich als Präsident der Generalkonferenz des Internationalen Kälteinstituts hervorgetan.

Es ist verständlich, dass ein so reiches Lebenswerk auch durch viele und hohe Auszeichnungen die gebührende Anerkennung gefunden hat. So ist Plank Ehrendoktor der Universitäten Heidelberg, Göttingen und Padua, Mitglied mehrerer in- und ausländischer Akademien, Träger des grossen Verdienstkreuzes des Bundesverdienstordens und zahlreicher Medaillen und Auszeichnungen.

Wir wünschen Rudolf Plank, dass er sich noch lange einer guten Gesundheit erfreuen möge und neben seiner sicher wohlverdienten Ruhe auch noch weiter als Nestor der Kältetechnik seinen jüngeren Kollegen und Mitarbeitern ein Vorbild sein kann.

P. Grassmann

[1]) Vgl. dazu auch die in dieser Zeitschrift erschienene Würdigung von R. Plank aus Anlass seines 75. Geburtstages (SBZ. *79*, 1961, S. 131).

Weiterentwicklung des Absorptionsprozesses zu neuartigen Kälte- und Wärmekreisläufen

DK 536.76:621.576

Von **Hans Stierlin,** dipl. Ing. ETH, Schlieren

Der Absorptionsprozess gewinnt in letzter Zeit wieder an Bedeutung. Als Anwendungsgebiete können die Klimatisierung und der Kühlschrank angeführt werden. Tatsächlich ist der Absorptionskühlschrank im Zusammenhang mit der ***-Entwicklung[1]) wieder voll konkurrenzfähig geworden. Es zeigt sich, dass diese Bauart für Zweitemperaturen-Kühlschränke geradezu *das* prädestinierte System darstellt. Stromverbrauch und Leistung sind mindestens so gut wie beim Kompressor, Regulierung und Abtauung jedoch wesentlich einfacher. Als Beispiel sei ein 190-Liter-Haushaltkühlschrank mit ***-Tiefkühlfach angeführt, dessen Normverbrauch gemäss Messresultaten in Karlsruhe 1,3 kWh/24 Std. beträgt. Die vollautomatische Abtauung arbeitet ohne Fremdwärme und ohne Beeinträchtigung des Tiefkühl-Abteils. Bei 20 °C Raumtemperatur sind + 10 °C im Schrank und — 25 °C im Tiefkühl-Abteil ohne Schwierigkeiten möglich.

Das Feuer der oft totgesagten Absorption flackert also immer wieder auf. Es fragt sich nun, weshalb es eigentlich jeweils zu Grabgesängen kam. In erster Linie doch wohl, weil der Überblick über die thermodynamischen Möglichkeiten dieses Systems schwierig und dieses daher eigentlich auch noch wenig erforscht ist. Es bestehen heute zwar ausgezeichnete Berechnungs-Unterlagen, etwa die Diagramme von Bošnjakovic und ähnliches, die die rechnerische Erfassung der bekannten Anlagen sehr erleichtern und zu wertvollen

[1]) In der Tiefkühltechnik für Lebensmittelkonservierung werden Anlagen für Raumtemperaturen nicht höher als —6 °C mit einem Stern bezeichnet, solche für mindestens —12 °C mit zwei und solche für mindestens —18 °C mit drei Sternen.

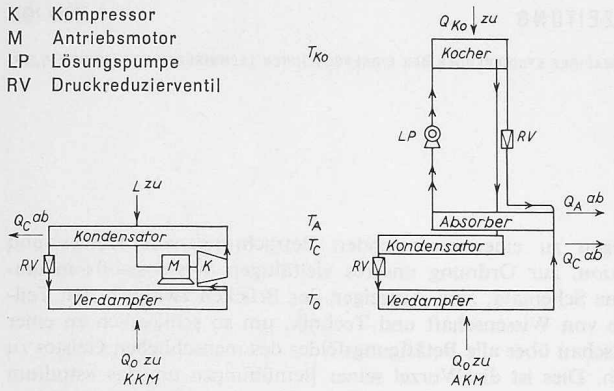

Bild 1a. Kreislaufschemata einer Kompressionskältemaschine (KKM) und einer Absorptionskältemaschine AKM.

Verbesserungen im einzelnen führen, die aber den allgemeinen Überblick eher erschweren. So kommt es, dass sogar elementare Fragen, jedenfalls in der Fachliteratur, nicht beantwortet sind.

Als Beispiel hiefür sei darauf hingewiesen, dass der Absorptionsprozess sehr oft – richtigerweise übrigens – als Kombination einer Wärmekraftmaschine mit einer Kompressions-Kältemaschine dargestellt wird, Bild 1a. Im T,s-Diagramm wurde der Prozessverlauf idealisiert, etwa nach Bild 1b dargestellt. Da keine äussere Arbeit auftritt und beide Prozesse umkehrbar sein sollen, muss $F_A = F_K$ sein. Wie jedoch beim Absorptionsprozess F_A in F_K übergeht, ist unklar.

Im Sinne eines zweiten Beispieles sei darauf hingewiesen, dass die oben erwähnte Analogie (Absorptions-Kältemaschine = Wärmekraftmaschine + Kompressions-Kältemaschine) beliebig viele Variationsmöglichkeiten aller drei Temperaturen offen lässt, wie aus Bild 2 ersichtlich ist. Überall ist die Bedingung $F_A = F_K$ erfüllt. Man ist versucht, z. B. das Wärmeverhältnis als $\zeta = \eta_{th}\ \varepsilon_K$[2]) anzuschreiben, womit beliebige Werte zwischen 0 und ∞ erreichbar würden. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass bei normalen, einstufigen Absorptions-Kältemaschinen nur eine bestimmte Auswahl solcher Prozesse möglich ist und das Wärmeverhältnis den Wert von 1 auch theoretisch nicht ohne weiteres überschreiten kann.

Es ist hier nicht der Ort zur theoretischen Abklärung solcher Fragen, dies ist bereits früher geschehen [1]. Dabei ergab sich, dass die bisherige Darstellung des Absorptionsprozesses im T,s-Diagramm unrichtig war, woraus sich eine ganze Reihe von Konsequenzen ergaben. Da wir zur Erläuterung des vorliegenden Themas jedoch nicht um die Ausdeutung der Darstellung im T,s-Diagramm herumkommen, sei auf das richtige Diagramm, Bild 3, hingewiesen.

Der geschlossene Linienzug lässt sich bei Berücksichtigung der Tatsache, dass überall ein- und dieselbe Menge an Arbeitsmittel zirkuliert, nur in ganz bestimmten Proportionen zeichnen. Daraus ergibt sich, dass bei zwei gegebenen Temperaturen die dritte nicht mehr frei wählbar ist. Auch hier muss natürlich $F_A = F_K$ sein.

Zu klären ist die Frage, wie die umlaufene Arbeitsfläche F_A in die Fläche F_K übergeht. Mit dem Diagramm nach Bild 3 lässt sich das sehr einfach und anschaulich erklären, indem man den oberen vom unteren Teil an passender Stelle trennt, Bild 4. Unschwer erkennt man im unteren Teile einen idealisierten Kompressions-Kälteprozess, sobald zwischen 7a und 3a ein isothermer Kompressor eingesetzt wird. Die Arbeit dieses Kompressors entspricht der Fläche F_K.

Etwas ungewohnt erscheint der obere Teil. Dort wird zwischen 3 und 7 eine isotherme Turbine eingeschaltet, deren Expansion bei Raumtemperatur stattfindet, und deren Arbeit der Fläche F_A gleichkommt.

Die von der Turbine abgegebene Leistung entspricht nun genau der Leistung, die dem Kompressor zugeführt werden muss. Dies ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, dass:

$$L_{Turb} = F_A\,, \quad L_{Kompr} = F_K \quad \text{und} \quad F_A = F_K$$

Durch mechanische oder elektrische Kupplung dieser zwei Maschinen lassen sich also die beiden Teile der Anlage wieder vereinigen.

Praktisch steht in der Absorptions-Kältemaschine am Ende des Antriebsteils die gewonnene Arbeit in Form einer Druckdifferenz des Kältemitteldampfes bei Raumtemperatur zwischen 3 und 7 zur Verfügung. Sie könnte durch isotherme Expansion voll in hochwertige mechanische oder elektrische Energie umgewandelt werden. Im Kälteteil dagegen ist eine gleich grosse Druckdifferenz von 7a nach 3a zu überwinden. Dies wäre durch einen isothermen Kompressor unter Aufwand von hochwertiger mechanischer Energie zu bewerkstelligen.

Da nun Drücke und Temperaturen im oberen und unteren Teile an den Punkten 3 und 3a bzw. 7 und 7a identisch sind, und die gleiche Menge pro Zeiteinheit in beiden Teilen zirkuliert, erübrigen sich die mechanischen Teile, d. h. die entsprechenden Punkte können direkt miteinander verbunden werden. Durch diese enorme Abkürzung im Wege des Energieflusses erklärt sich auch der relativ hohe Carnot-Wirkungsgrad der Absorptions-Kältemaschine im Vergleich zu einer Kompressions-Kältemaschine, falls man deren Energiebilanz bis in ein Wärmekraftwerk verfolgt.

Bisher sind wir noch immer nicht weggekommen von theoretischen Überlegungen. Kehren wir jedoch für einen Moment zum oberen Teile des aufgeschnittenen Entropie-Diagrammes zurück, Bild 5. Hier zeigt sich nun eine neuartige, unter Umständen praktisch äusserst interessante Wärmekraftmaschine. Sie hat den Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses, denn der Kreislauf ist reversibel zwischen konstanten Temperaturen, und die Turbinenarbeit entspricht der umlaufenen Fläche F_A. Dabei spielt sich jedoch die *ganze* Expansion bei *Raumtemperatur* ab, d. h. alle beweglichen Teile sind *kalt*. Nur der Kessel, d. h. der Kocher und Teile eines Wärmeaustauschers liegen im Bereich der hohen Temperaturen, die zur Erreichung eines guten thermischen Wirkungsgrades selbstverständlich notwendig sind.

Die Vorteile einer solchen Anlage werden deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass das Haupthindernis bei der thermischen Verbesserung der heutigen Wärmekraftanlagen bei den hohen Temperaturen in den mechanisch beanspruchten Teilen der Arbeitsmaschinen liegt. Apparate dagegen, d. h. Kessel und Wärmeaustauscher, könnten für wesentlich höhere Temperaturen gebaut werden, insbesondere dann, wenn es gelingt, sie von hohen Drücken zu entlasten. Und gerade auch dies wäre mit der erwähnten Anlage möglich.

Schematisch dargestellt, würde eine solche Anlage etwa gemäss Bild 6 aussehen. Der im Kocher *a* ausgetriebene Dampf des Arbeitsmittels entsteht unmittelbar in überhitztem Zustande. Darin liegt der Schlüssel zum Verständnis des Prozesses. Dieser Dampf kann nun nämlich durch Wärmeaustausch in *b* an die zum Kocher strömende Flüssigkeit bis auf Raumtemperatur abgekühlt werden, ohne dass er kondensiert. Erst dann expandiert er in einer isothermen Maschine *d*,

[2]) Hierin bedeuten: ζ das Wärmeverhältnis der Absorptionsmaschine, d. h. das Verhältnis der nützlichen Kälteleistung Q_0 zur im Kocher zuzuführenden Heizleistung Q_{K0} (vgl. [1]); η_{th} den thermischen Wirkungsgrad Wärmekraftanlage (rd. 42 % bei grossen Dampfkraft- oder Dieselanlagen); ε_K die Leistungsziffer der Kältemaschine, d. h. das Verhältnis der nützlichen Kälteleistung zum Wärmewert des Leistungsverbrauchs an der Kompressorwelle.

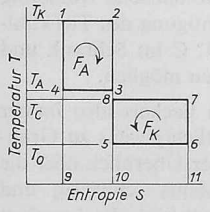

Bild 1b. T,s-Diagramm einer einstufigen Sorptionsmaschine (bisherige Darstellung)

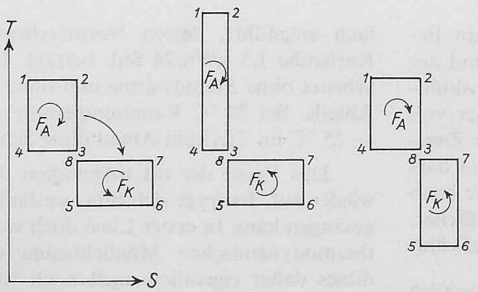

Bild 2. Idealisierte T,s-Diagramme verschiedener Kombinationen von Wärmekraftmaschinen mit Kompressionskältemaschinen

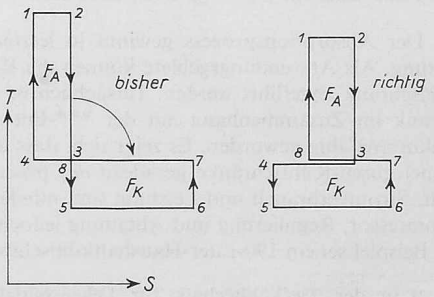

Bild 3. Bisherige und richtige T,s-Diagramme einstufiger Absorptionskältemaschinen

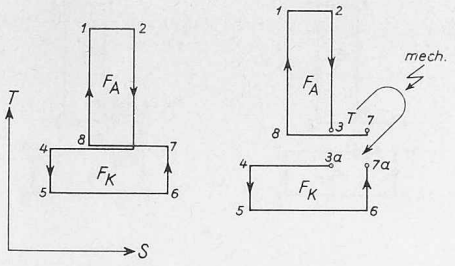

Bild 4. Idealisiertes T,s-Diagramm des Absorptionsprozesses. Dampfseitige Trennung in Antriebs- und Kälteteil; äussere Kopplung durch mechanische oder elektrische Energie.

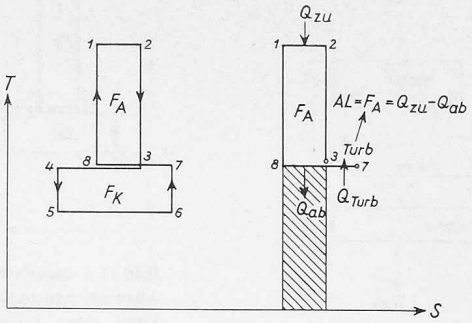

Bild 5. Idealisiertes T,s-Diagramm eines Kaltturbinen-Wärmekreislaufs.

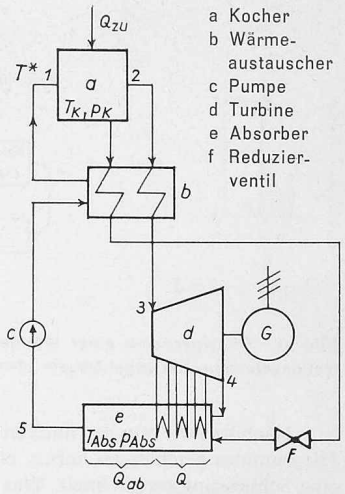

Bild 6 (rechts). Prinzipschema eines Zweistoffprozesses mit kalter Turbine.

deren Wärmebedarf aus dem Absorber *e* gedeckt werden kann. Bemerkenswert ist ferner, dass der Kocher und alle drei Wärmeaustauschersträge unter demselben Drucke stehen. Sie können daher mit geeigneten Mitteln mechanisch völlig entlastet werden.

Die praktische Verwirklichung einer solchen Anlage könnte man sich etwa nach Bild 7 denken. Es ist hier nicht der Ort, näher auf die thermodynamischen Berechnungen, die auftretenden Irreversibilitäten und dergleichen einzugehen. Dies wurde in [2] eingehend getan, wobei Prof. Grassmann es in verdankenswerter Weise unternahm, gleichzeitig die Verträglichkeit dieses Prozesses mit der Clausius-Clapeyronschen Gleichung nachzuweisen [3]. Gesagt muss jedoch werden, dass brauchbare Zweistoffgemische für eine solche Anlage vorläufig noch nicht genannt werden können. Ob, und in welcher Form sich ein solcher Prozess überhaupt verwirklichen lässt, hängt weitgehend davon ab, ob geeignete Arbeitsstoffe zu finden sind. Selbst bei negativem Ergebnis dürfte für den Thermodynamiker die Erkenntnis immerhin interessant sein, dass ein Wärmekreislauf mit dem Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses existiert, dessen Maschine ausschliesslich bei Raumtemperatur arbeitet.

Doch kehren wir zur Absorptions-Kältemaschine bzw. zu deren Entropie-Diagramm zurück. Dieses lässt sich nämlich noch in einer anderen Weise zerlegen, wobei abermals interessante Teilkreisläufe zutage treten, Bild 8. So einfach wie im vorhergehenden Beispiele ist es nun hier allerdings nicht, eine externe Energie-Verbindung der beiden Kreisläufe zu sehen. Zwischen 4 und 8, im oberen Teile, ist keine Druckdifferenz vorhanden, die sich in mechanische Energie umwandeln liesse. Bringt man das reine, flüssige Arbeitsmittel von Punkt 4 mit der Lösung bei 8 zur Mischung, so erfolgt eine reine Entropievermehrung, ähnlich wie bei der Drosselung eines idealen Gases, wobei, solange keine Lösungswärme im Spiele ist, nicht einmal Temperaturänderungen auftreten.

Im unteren Teile wäre zwischen 8a und 4a eine isotherme Trennung des Arbeitsmittels von der Lösung erforderlich. Dies liesse sich mit mechanischen Mitteln durch eine Molekular-Filtration allenfalls bewerkstelligen, verspricht aber wohl keinerlei Vorteile gegenüber traditionellen Kälteprozessen mit Kompression des Kältemitteldampfes.

Wesentlich erfolgversprechender erweist sich dagegen ein anderer Weg, der vielleicht auch praktische Bedeutung erhalten könnte. Bekanntlich werden ja in letzter Zeit riesige finanzielle Mittel zur Forschung auf dem Gebiete der Meerwasser-Entsalzung eingesetzt. Eine der dabei meistverfolgten Richtungen stellt die Konzentrationsveränderung mit Hilfe der Elektro-Dialyse dar, und es sind hierbei unseres Wissens bereits beachtliche Erfolge zu verzeichnen.

Gelingt es, mit Hilfe der Elektro-Dialyse, tatsächlich, Konzentrationsveränderungen in wirtschaftlich interessanter Weise durchzuführen, so liesse sich dieses Verfahren auch für Kältemaschinen auswerten. Der Prozess liesse sich dann im *T,s*-Diagramm etwa gemäss Bild 9a darstellen. Man käme zu einer elektro-chemischen Absorptions-Kältemaschine der in Bild 9b schematisch dargestellten Bauart.

Verläuft die Dialyse verlustlos isotherm, so hat der Kreislauf den Wirkungsgrad des entsprechenden Carnot-Prozesses und ist diesbezüglich der Kompressions-Kältemaschine ebenbürtig. Der Vorteil einer solchen Anlage läge, ähnlich wie bei der normalen Absorptions-Kältemaschine, in der Abwesenheit mechanisch bewegter Bauteile und deren Reibung. Daraus könnte sich, besonders bei kleinen Temperaturdifferenzen, ein verbesserter Carnot-Wirkungsgrad und eine wirtschaftlichere Bauweise ergeben. Dies wird zu untersuchen sein.

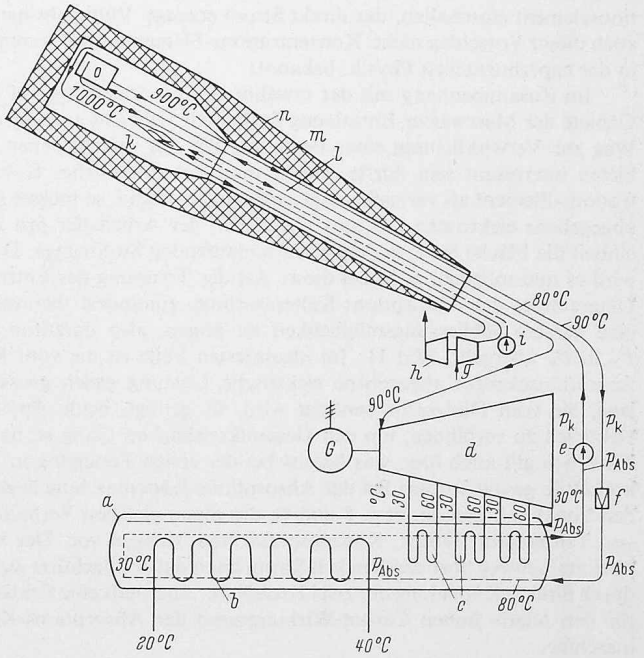

Bild 7. Vorschlag für eine Anlage, die nach dem Kaltturbinenprozess arbeitet.

a Absorber
b Kühlschlangen
c Zwischenerhitzer
d «kalte» Turbine
e Lösungspumpe
f Reduzierventil
g Luftkompressor
h Abgasturbine
i Brennstoffpumpe
k Brennraum
l Wärmeaustauscher
m Isolation
n Druckmantel
o Dampfabscheider

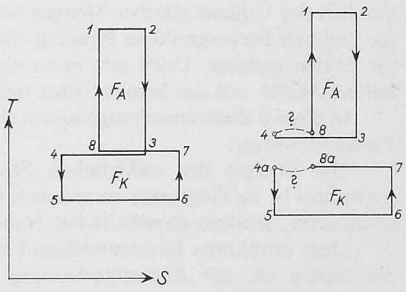

Bild 8. Idealisiertes T,s-Diagramm des Absorptionsprozesses mit flüssigkeitsseitiger Trennung in Antriebs und Kälteteil.

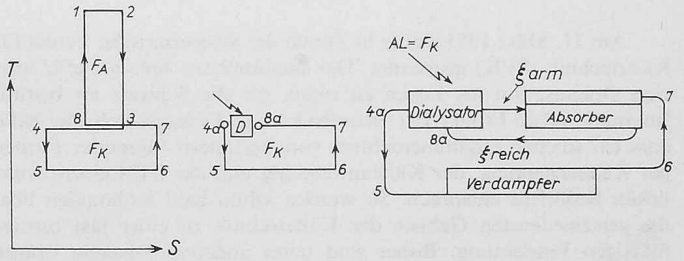

Bild 9a Bild 9b

Bild 9. Prinzipschema einer Elektrodialyse-Kältemaschine mit zugehörigem idealisiertem T,s-Diagramm.

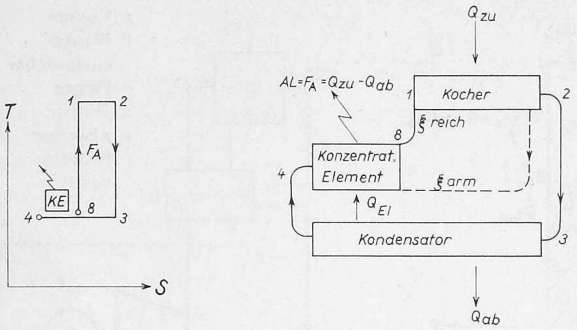

Bild 10. Prinzipschema einer Wärmekraftanlage mit Konzentrationselement und zugehörigem idealisiertem T,s-Diagramm.

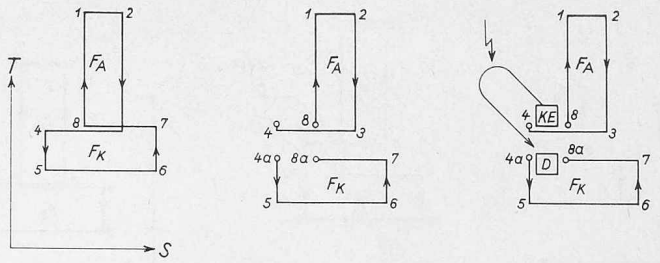

Bild 11. Idealisierte T,s-Diagramme eines Absorptionsprozesses mit äusserer Koppelung des flüssigkeitsseitig getrennten Kreislaufs durch elektrische Energie.

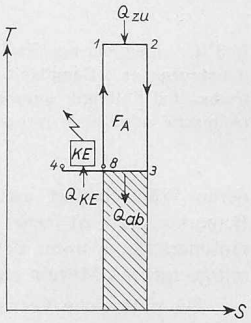

Bild 12 (rechts). Zu- und abgeführte Wärmemengen bei einer Wärmekraftanlage mit Konzentrationselement (wird Q_{KE} nach aussen abgeführt, so muss sich das Element KE bei Entnahme von elektrischer Energie abkühlen).

Nachdem wir nun den unteren Teil des aufgeschnittenen Entropie-Diagrammes geschlossen haben, ergibt sich auch für den oberen Teil eine Schliessungsmöglichkeit. Was der Kälte recht ist, ist der Wärme billig. Zwischen 4 und 8 (Bild 10) lässt sich nämlich ein Konzentrationselement einschalten, das direkt Strom erzeugt. Völlig abwegig ist auch dieser Vorschlag nicht. Konzentrations-Elemente sind, zumindest in der experimentellen Physik, bekannt.

Im Zusammenhang mit der erwähnten Grossforschung auf dem Gebiete der Meerwasser-Entsalzung findet sich vielleicht auch hier ein Weg zur Verwirklichung eines Prozesses, der auf verschiedenen Gebieten interessant sein dürfte. Denkt man sich ein solches Konzentrations-Element als verlustlos und isotherm arbeitend, so müsste seine abgegebene elektrische Leistung gleich sein der Arbeit der pro Zeiteinheit die Fläche im *T, s*-Diagramm umlaufenden Stoffmenge. Damit wird es nun möglich, auch bei dieser Art der Trennung des Entropie-Diagrammes der Absorptions-Kältemaschine, zumindest theoretisch, eine äussere Schliessungsmöglichkeit zu zeigen, also darzutun, wie F_A in F_K übergeht, Bild 11: Im idealisierten Falle ist die vom Konzentrationselement abgegebene elektrische Leistung gleich gross wie jene, die vom Dialysator benötigt wird. Es genügt, beide Apparate elektrisch zu verbinden, um den Gesamtkreislauf im Gang zu halten. Natürlich gilt auch hier, was bereits bei der ersten Zerlegung in Teilkreisläufe gesagt wurde: Bei der Absorptions-Kältemaschine liegen in den Punkten 4 und 4a, bzw. 8 und 8a die genau gleichen Verhältnisse von Temperatur, Druck, Konzentration und Mengen vor. Der komplizierte Umweg über elektrischen Strom kann daher abgekürzt werden durch direkte Koppelung der zwei Kreisläufe. Abermals eine Erklärung für den relativ hohen Carnot-Wirkungsgrad der Absorptions-Kältemaschine.

Allerdings liesse sich durch externe Koppelung der zwei Kreisläufe eine der Hauptfesseln der Absorptions-Kältemaschine sprengen, nämlich der Umlauf gleicher Mengen im Antriebs- und Kälteteil und die dadurch hervorgerufene Bindung einer der drei Temperaturen an die beiden anderen. Doch gibt es zu diesem Zwecke andere, vorteilhaftere Mittel, wie das bereits früher nachgewiesen wurde [1].

In diesem Zusammenhange sei am Rande noch auf einen weiteren Punkt verwiesen:

Die Energie des elektrischen Stromes eines Konzentrations-Elementes ist im Gegensatz zu anderen, galvanischen Elementen nicht chemischer, sondern physikalischer Natur.

Dem erwähnten Konzentrations-Element muss daher, wie leicht einzusehen ist, zur Aufrechterhaltung seiner isothermen Funktion stets Wärme von Raumtemperatur zugeführt werden, was, wie bei der kalten Turbine aus dem Absorber, hier aus dem Kondensator geschehen kann. Dies zeigt das entsprechende Entropie-Diagramm, Bild 12.

Was geschieht, wenn diese Wärme nicht zugeführt wird? Unter diesen Umständen muss sich das Element abkühlen, da die nach aussen abgegebene Arbeit dem Prozesse entzogen wird. Dieser Vorgang entspricht offensichtlich der Expansion unter Arbeitsleistung bei der Kaltgas-Maschine. Vielleicht liegt auch hier ein Effekt vor, der in der Kältetechnik von Nutzen sein könnte. Jedenfalls würde es sich lohnen, wenigstens experimentell dieser Erscheinung nachzugehen.

Leider ist es nicht möglich, Bilder fertiger Anlagen des einen oder anderen der erwähnten Teilkreisläufe vorzuführen. Nicht einmal experimentelle Resultate sind vorhanden. Um was es hier jedoch geht, ist vor allem die weitere Klärung des Absorptions-Prozesses. Dabei zeigt sich einmal mehr die Brauchbarkeit des *T, s*-Diagrammes bei der grundsätzlichen Beurteilung thermodynamischer Vorgänge.

Vielleicht ist es darüber hinaus auf Grund der oben dargestellten Gedankengänge auch möglich, einige Wegweiser für künftige Forschungsrichtungen in der Kälte- wie auch der Wärmetechnik zu errichten. Ob diese Wege zur Verwirklichung praktisch brauchbarer Anlagen führen, wird die Zukunft zeigen. Jedenfalls geht hervor, dass in der Kältetechnik dem spekulativen Geiste immer noch Möglichkeiten offen stehen und aus ihr vielleicht auch anderen thermodynamischen Gebieten neue Impulse zugeführt werden können.

Schrifttum

[1] *Stierlin, H.:* Beitrag zur Theorie der Absoptions-Kältemaschine; «Kältetechnik», 16 (1964), S. 147–151.

[2] *Stierlin, H.:* Ein neuer Wärmekreisprozess mit Carnot-Wirkungsgrad und kalter Turbine; «Brennstoff – Wärme – Kraft», 6 (1965), S. 292 bis 295.

[3] *Grassmann, P.:* Die Verträglichkeit des Kaltturbinenprozesses mit der Clausius-Claypeyron-Gleichung; «Brennstoff – Wärme – Kraft», 6 (1965), S. 296–298.

Der Schweizerische Verein für Kältetechnik

DK 061.2:621.565

Am 21. März 1955 wurde in Zürich der Schweizerische Verein für Kältetechnik (SVK) gegründet. Der unmittelbare Anlass hiefür war, eine Organisation ins Leben zu rufen, die die Schweiz im Institut International du Froid (IIF) vertreten konnte. Es zeigte sich aber bald, dass ein solcher Zusammenschluss von Vertretern führender Firmen der Kälteerzeugung, der Kälteanwendung und der ETH einem wirklichen Bedürfnis entsprach. So wurden schon bald Kolloquien über die verschiedensten Gebiete der Kältetechnik zu einer fast turnusmässigen Einrichtung. Bisher sind unter anderem folgende Fragen behandelt worden: Anwendung der Kälte zur Lebensmittelkonservierung; Anwendung tiefer Temperaturen bei der Verflüssigung und Trennung von Gasen und Einfluss der tiefen Temperaturen auf metallische Werkstoffe; Gaslagerung und Klimatechnik; Mess- und Regelprobleme in der Klima- und Kältetechnik; Erfahrungen, Anregungen und Wünsche des Verbrauchers von Kälte in Landwirtschaft, Gewerbe und Haushalt. Ausserdem werden die Mitglieder des Vereins auch zu den im Maschinenlaboratorium der ETH stattfindenden «Kolloquien für Mechanik und Thermodynamik» eingeladen, soweit Fragen behandelt werden, die in das Gebiet der Kältetechnik fallen.

An der jährlich stattfindenden Generalversammlung werden jeweils die laufenden Vereinsangelegenheiten erledigt, über das abgelaufene Jahr Bericht erstattet und eine Vorschau auf das kommende Jahr vorgelegt. Der anschliessende Festvortrag behandelt dann ein allgemein interessierendes Thema, das häufig nicht unmittelbar die