Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 36 (1944)
Heft: (4-5): Schweizer Elektro-Rundschu = Chronique suisse de l'éléctricité

Artikel: Die Wärmepumpe: ihre Arbeitsweise und Wirtschaftlichkeit
Autor: Büttikofer, U.V.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922062

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: 16.07.2025

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

Schweizer Elektro-Rundschau April-Mai No. 4/5 1944
Chronique suisse de l'électricité

Beiblatt zur «Wasser- und Energiewirtschaft», Publikationsmittel der «Elektrowirtschaft»
Redaktion: A. Burri und A. Härry, Bahnhofplatz 9, Zürich 1, Telephon 7 03 55

Die Wärmepumpe: Ihre Arbeitsweise und Wirtschaftlichkeit

von Ing. *U. V. Büttikofer*, Elektrowirtschaft, Zürich

Die schwierige Lage in die die schweizerische Energieversorgung durch den Krieg und seine Auswirkungen geraten ist, hatte zur Folge, dass das Problem der Wärmepumpe über engere Fachkreise hinaus auch in die Oeffentlichkeit getragen wurde. Da nun einerseits der Meinungsaustausch an manchen Orten zu etwas falschen Hoffnungen Anlass gegeben hat und anderseits die mit der Wärmepumpe zusammenhängenden Fragen und Tatsachen auf Grund der meist sehr speziellen Fachartikel nur schwer zu übersehen sind, geben wir im folgenden eine knappe Zusammenfassung über die Arbeitsweise und Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe. Wir glauben, dass damit manchem Laien und auch manchem Fachmann, der nicht Zeit und Gelegenheit hat, sich eingehend mit diesem Problem zu befassen, die Wärmepumpe und ihre Problematik näher gebracht werden kann. Die Redaktion.

Grundsätzlich hat die Wärmepumpe die Aufgabe, die in Wärmeträgern, wie Luft, Wasser oder Dämpfen immer in grösserer oder geringerer Menge vorhandene Wärme zu entziehen und der Wirtschaft für beliebige Zwecke zur Verfügung zu stellen. Das Wort «entziehen» weist nun darauf hin, dass die Wärmepumpe nicht nur mit dem Heizen, sondern auch mit dem Kühlen als solchem in Zusammenhang gebracht werden kann. Je nachdem man die Wärme einem der genannten Wärmeträger entzieht mit der Absicht, diesen zu kühlen, ohne die entzogene Wärme nutzbringend zu verwerten, oder ob man ihn kühlt, um die gewonnene Wärme als solche für Heizzwecke zu verwenden, wird man von einer «Wärmepumpe» für Kälte- oder Heizzwecke sprechen. Der Begriff Wärmepumpe stellt demnach einen Oberbegriff dar, und man würde zweckmässiger im einzelnen von Kälte- oder Heizmaschinen sprechen, wie dies bereits von einer namhaften Konstruktionsfirma konsequent durchgeführt wird. Im allgemeinen versteht man in weitesten Kreisen unter dem Begriff «Wärmepumpe» jedoch nur eine Heizmaschine und zwar eine solche für Raumheizzwecke im besondern.

Aus oben Gesagtem geht aber bereits auch hervor, dass eine Verbindung von Kälte- und Heizmaschine wirtschaftlich von grösster Bedeutung sein muss. Ein Beispiel: Fig. 7a zeigt das Prinzipschema einer Wärmepumpenanlage. Ist für einen Betrieb das Kühlen die Hauptsache, so interessiert in erster Linie der Kreislauf a—b des Schemas in Fig. 7a, wo Wärme abgegeben, also «gekühlt» wird; ist es das Wärmen, so wird in erster Linie der Kreislauf c—d interessieren, wo Wärme aufgenommen, also «erwärmt» wird. Im ersten Fall ist der durch das Kühlen von a—b entstandene Wärmegewinn bei c—d verloren. Im zweiten Fall ist der durch das Erwärmen von c—d entstandene Kältegewinn bei a—b verloren. Erst ein Betrieb, der Bedarf für Kälte *und* für Wärme hat, nützt die Möglichkeiten einer «Wärmepumpe», entsprechend unserem Beispiel Fig. 7a, voll aus.

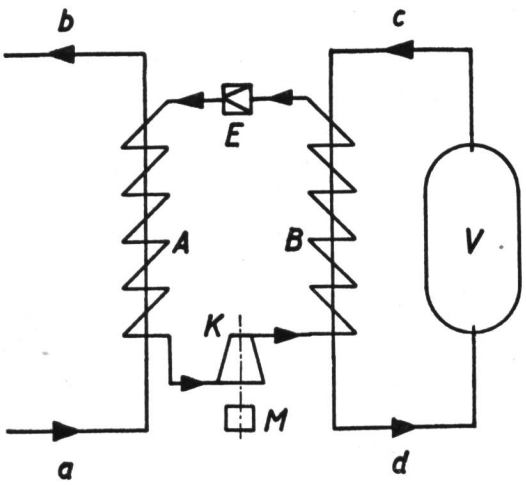

Fig. 7a Kaltdampfwärmepumpe

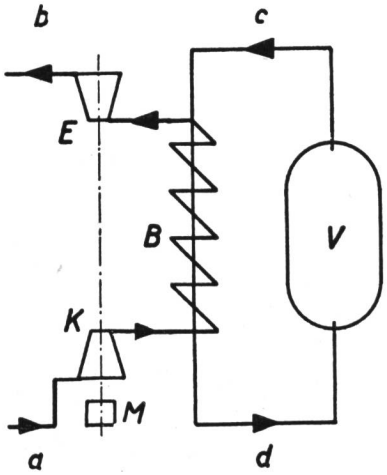

Fig. 7b Luftwärmepumpe

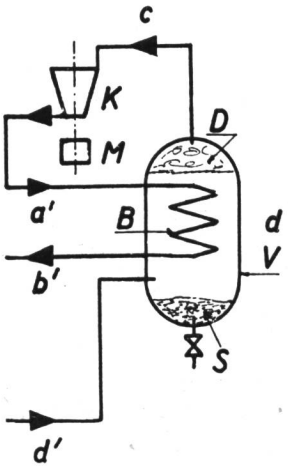

Fig. 7c Eindampfwärmepumpe

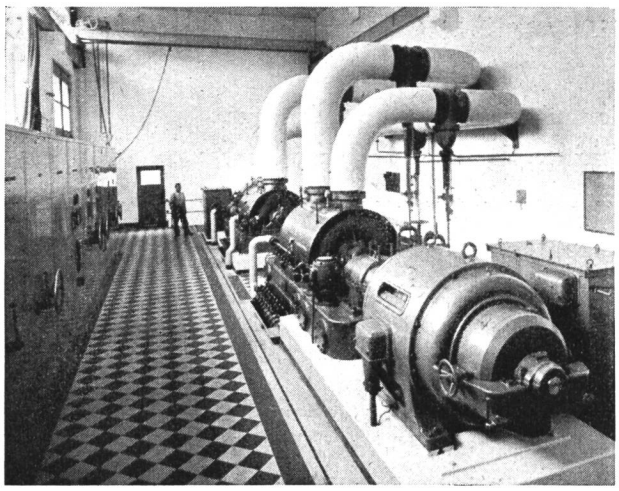

Fig. 8 Wärmepumpen der Salzgewinnungsanlage Ryburg mit 9 Mio Wärmeeinheiten Heizleistung pro Stunde (Escher Wyss).

Nach diesen mehr grundsätzlichen Bemerkungen zum Begriff «Wärmepumpe» wird im folgenden nur noch auf die Wärmepumpe für Wärmezwecke, d. h. auf die Heizmaschine näher eingegangen. Diese lässt sich heute nach drei technischen Systemen verwenden:

1. Am meisten wird das System der Kaltdampfwärmepumpe angewandt. Fig. 7a zeigt schematisch deren Betriebsweise. Im Kreislauf a—b wird einem Wärmeträger, der z. B. Fluss-, See- oder warmes Abwasser oder Abdampf sein kann, die Wärme entzogen. a ist die Wärmeträgertemperatur vor und b die Wärmeträgertemperatur nach Entzug der gewünschten Wärmemenge. Im Kreislauf c—d ist c die Temperatur des aufzuheizenden Wassers oder Luft, d die Temperatur des aufgeheizten Wassers oder Luft, die dem Verbraucher V, z. B. dem Zentralheizungssystem, zugeführt werden.

Zum Ueberführen der Wärme vom Kreislauf a—b nach Kreislauf c—d bedient man sich eines Hilfsmediums, meistens einer schon bei sehr tiefen, unter 0° C verdampfbaren Flüssigkeit, wie Ammoniak usw., woher auch die Bezeichnung Kaltdampfwärmepumpe herrührt. Im Wärmeaustauscher A entzieht diese Flüssigkeit dem Wärmeträger Wärme und verdampft dabei. K stellt nun die eigentliche Wärmepumpe dar. Eigentlich ist dies nichts anderes als ein Kompressor, der – beispielsweise durch einen Elektromotor angetrieben – den Kaltdampf komprimiert, wobei dessen Temperatur beträchtlich erhöht wird. Die Kompression muss nun so weit geführt werden, bis die Dampftemperatur grösser wird als die gewünschte Temperatur d im Kreislauf c—d. Im Wärmeaustauscher B kann der nun warme Kaltdampf einen Teil seiner Wärme an das aufzuheizende Wasser oder die Luft abgeben, wodurch deren Temperatur von c auf d steigt. Dabei verflüssigt sich der Kaltdampf wieder und wird in E über ein Ventil entspannt, um erneut dem Wärmeaustauscher A zugeführt zu werden.

Dass das Kaltdampfsystem einen Wärmeaustauscher A benötigt, liegt an der allgemein bekannten Tatsache, dass sich Flüssigkeiten nicht komprimieren lassen, dass also ihre Temperatur auf diese Art nicht erhöht werden kann. Es musste deshalb zum verdampfbaren Hilfsmedium gegriffen werden, dessen Dämpfe komprimierbar sind.

2. Neueren Datums ist die sowohl technisch wie auch wirtschaftlich interessante Lösung zum Entziehen von Wärme aus Luft (Fig. 7b). Hier benötigt man kein Hilfsmedium mehr, um Wärme von a—b nach c—d zu übertragen. Der Wärmeaustauscher A fällt somit weg. Die möglichst warme Luft wird hier direkt in der Wärmepumpe resp. dem Kompressor komprimiert und auf die gewünschte Temperatur gebracht. Im Wärmeaustauscher B wird die Wärme wie beim Kaltdampfsystem an das aufzuheizende Wasser oder die aufzuheizende Luft abgegeben. In E wird die Luft wieder entspannt, und zwar hier über eine «Turbine», in der die frei werdende Energie verwertet wird. Die Luft selbst verlässt dabei den Prozess kälter als wie sie in die Wärmepumpe eingetreten ist. Die Turbine treibt, zusammen mit dem Elektromotor M, den Kompressor K an. Der Elektromotor M benötigt damit bedeutend weniger Energie.

Der einfachen Arbeitsweise der Luftwärmepumpe stehen bedeutende konstruktive Anforderungen gegenüber, die die Anlagekosten wesentlich erhöhen. Ihr Vorteil der Einfachheit gegenüber dem Kaltdampfsystem wird dadurch in wirtschaftlicher Hinsicht weitgehend ausgeglichen.

3. Das dritte System ist das weitaus einfachste und auch das relativ billigste, hat jedoch den Nachteil, dass es aus technischen Gründen nur in ganz bestimmten Fällen und nur zum Heizen und nicht auch zum Kühlen angewendet werden kann. Für Raumheizzwecke kann dies System leider ebenfalls nicht verwendet werden. Bedingung für den Bau einer solchen Anlage ist, dass aus einer flüssigen Lösung die gelöste Substanz, aus Salzwasser z. B. das Salz gewonnen, oder dass irgendein Produkt im Vakuum bei Temperaturen, die unter 100° C liegen, zwecks Erhaltung von Nährwerten, Vitaminen usw. gekocht werden soll. Die Lösung wird im ersten Fall eingedampft, deshalb auch der Name Eindampf-Wärmepumpe und für den zweiten Fall der Name Kocherei-Wärmepumpe (Fig. 7c).

Die Lösung oder das Kochgut wird mit der Temperatur d' dem Verdampfer V zugeführt und dort auf die Temperatur d gebracht. Das Lösemittel, meistens Wasser, verdampft dabei unter Zurücklassen

der Substanz S, die sich am Boden des Verdampfers absetzt. Das verdampfte Lösemittel verlässt mit einer relativ hohen Temperatur c den Verdampfer V und wird in der Wärmepumpe K wieder so weit komprimiert, dass es eine Temperatur a' annimmt, die höher liegt als die Temperatur d. Nun wird der Dampf dem Wärmeaustauscher B zugeführt, der hier direkt im Verdampfer V eingebaut ist. Hier gibt der Dampf den grössten Teil seiner Wärme an die neu zu verdampfende Lösung in V ab und verflüssigt sich dabei. Durch diese Wärmeabgabe wird die oben erwähnte Temperaturerhöhung von d' auf d erzielt. Das Lösemittel verlässt darnach den Prozess mit der nur noch geringen Temperatur b'.

Die benötigte Wärme wird hier also nicht mehr einem mit dem wärmeverbrauchenden Betrieb oder Betriebsteil in keinem Zusammenhang stehenden Wärmeträger entzogen. Die Wärmepumpe erfüllt hier die Aufgabe einer technisch auf die Spitze getriebenen Wärmerückgewinnungs-Anlage, die aus einem Arbeitsprozess die sonst verlorene Wärme dem Betrieb zum Selbstunterhalt wieder zuführt.

Aus dem bisher Gesagten ist es wohl ohne weiteres einleuchtend, und zwar ohne dass es an dieser Stelle mathematisch bewiesen werden müsste, dass, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen der Bedarfs- (d) und der Ausgangstemperatur (c) in jedem der drei Systeme ist, um so geringer die aufzuwendende Arbeit der Wärmepumpe bzw. des Kompressors sein wird, um die Umleitung der Wärmemenge von a nach d zu bewerkstelligen, oder anders gesagt: bei gleicher Wärmepumpenarbeit wird die umgeleitete Wärmemenge um so grösser sein, je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen c und d ist. Das Grössenverhältnis der von a nach d umgeleiteten Wärme zu der Antriebsarbeit der Wärmepumpe wird deshalb auch als Mass betrachtet für die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage.

Daraus geht auch hervor, dass für den Fall, in dem die Verhältniszahl, die mit griechisch e = ε (Epsilon) bezeichnet wird, z. B. 1 oder gar kleiner ist, von einer Wirtschaftlichkeit der Anlage nicht mehr gesprochen werden kann, was folgende Ueberschlags-Rechnung zeigt. Einer Kilowattstunde (kWh) entsprechen rund 860 Wärmeeinheiten (WE). Bei einem ε von 1 werden demnach mit einem Aufwand von einer kWh nur ca. 860 WE von a nach d übergeführt, was der nutzbaren Wärmemenge von ungefähr 0,17 kg Kohle entspricht. Ohne Berücksichtigung des Kapitaldienstes für die relativ teuren Wärmepumpen-Anlagen ergäbe sich bei einem Vorkriegspreis von 8 Rp., dass für ein kg Kohle eine kWh höchstens 1,36 Rp. kosten dürfte, ansonst es billiger würde, statt die Wärme einem Wärmeträger zu entziehen, direkt Kohle zu verbrennen. Berücksichtigt man noch das Verhältnis des Kapitalaufwands und die Unterhaltskosten einer Wärmepumpenanlage gegenüber einer gewöhnlichen mit Brennstoff befeuerten Kesselanlage, das sich für Raumheizzwecke auf ca. 12 500 : 1 stellt, so sieht man, dass, selbst wenn man die elektrische Energie gratis liefern würde, die Wirtschaftlichkeit der Anlage für ein ε = 1 höchst fragwürdig wäre.

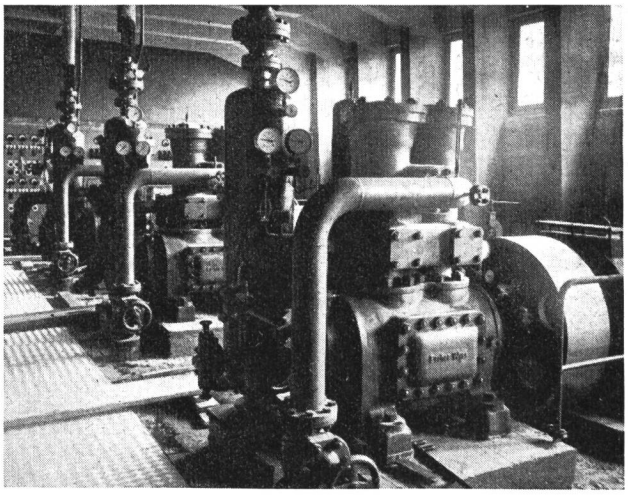

Fig. 9 Die Wärmepumpenzentrale der Raumheizanlage der Amtshäuser in Zürich (Escher Wyss). Heizleistung 1,5 Mio Wärmeeinheiten pro Stunde.

Technisch ist man jedoch schon seit 1917 in der Lage, Industrieanlagen für ein ε von sogar 20 zu bauen, d. h. entsprechend dem vorstehenden Beispiel: mit einer kWh oder 860 WE werden von a 20 $\times$ 860 = 19 000 WE nach d übergeführt. Dies entspricht nun der nutzbaren Wärmemenge von rund 4 kg Kohle. Wieder für 8 Rp. pro kg Kohle berechnet, dürfte in diesem Falle die kWh entsprechend dem hohen technischen Stand von kohlebefeuerten Grossanlagen bis zu 13,3 Rp. ohne Berücksichtigung des Kapitalaufwandes, und 9 bis 10 Rp. bei Berücksichtigung des Kapitalaufwandes kosten, da hier das Verhältnis der Anlagekosten einer brennstoffbefeuerten Anlage zu einer Wärmepumpenanlage relativ gering ist, handelt es sich hier doch um sogenannte Eindampf-Wärmepumpenanlagen entsprechend Fig. 1c. Die 9 bis 10 Rp. sind nun aber Preise, die weit über dem liegen, was heute im Mittel für den Antrieb von Wärmepumpenanlagen bezahlt werden muss. Die entsprechenden Preise liegen zwischen 4 und 6 Rp., was den Anreiz zum Bau solcher Anlagen z. Z. besonders erhöht, stehen doch die Kohlenpreise heute fast doppelt so hoch als nach unserer Annahme für die Vorkriegszeit.

Zwischen den beiden dargelegten Fällen ist nun eine ganze Reihe von verschiedenen ε möglich.

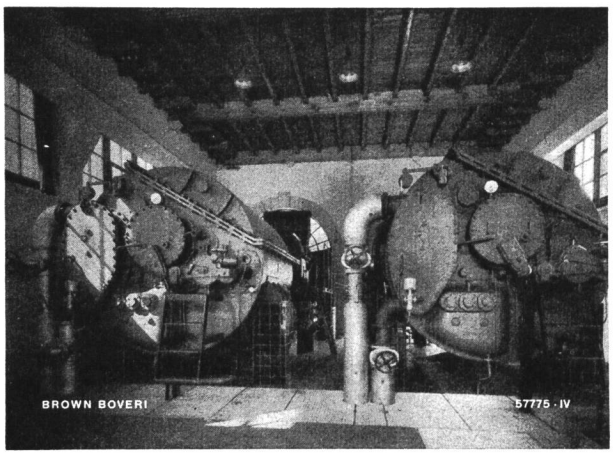

Fig. 10 Wärmepumpenanlage der Kunstseide A. G. Steckborn.
2 Brown-Boveri-Thermoblocs als Heizmaschinen.
Heizleistung je 1,0—1,7 Mio Wärmeeinheiten pro Stunde.

Ordnet man all diese ε nach Grösse in Gruppen, so ergibt sich, dass sich damit zugleich auch die Anwendungsgebiete der Wärmepumpe entsprechend ihrem wirtschaftlichen Wert in die gleichen Gruppen einordnen lassen, wie die Tabelle zeigt.

Tabelle I

	ε	Temperaturdifferenz zwischen c u. d, die ausgeglichen werden muss in °C
1. Eindampfung von Lösungen (nach Schema 7c)	20—10	10—15
2. Warmwasserbereitung für industrielle Zwecke aus Abwärme (nach Schema 7a) und industrielle Kocherei (nach Schema 7c)	10—5	15—25
3. Raumheizung aus See- oder Flusswasser bei Vorlauftempertur des Heisswassers von 50—70° C (nach Schema 7a)	3—2	45—65
4a. Raumheizung aus See- oder Flusswasser bei Vorlauftemperatur des Heisswassers von 70—90° C (nach Schema 7a)	3—2	45—65
4b. Lüften, Trocknen, Warmwasserbereiten, Luftvorwärmen bei Ausnützen von Umweltwärme z. B. aus Luft (nach Schema 7b)	3—2	45—65

Anlagen der Gruppen 1 und 2 der Tabelle befinden sich schon seit vielen Jahren mit grösstem Erfolg im Betrieb. Wie auf Grund der überschlagsweisen Wirtschaftlichkeitsrechnung bereits gezeigt wurde, liegt für diese Anwendungsgebiete der Wärmepumpe, selbst noch gegenüber Kohlenpreisen von 1939, ein wirtschaftlicher Anreiz vor. Wenn auch bei Gruppe 3 die Wirtschaftlichkeit für Anlagen mit langen Betriebszeiten pro Jahr noch recht interessant liegt, so wird sie für Raumheizzwecke bereits kritisch wegen der relativ kurzen Ausnützung der Anlage pro Jahr. Für die Gruppen 4a und 4b dagegen ist die Frage der Wirtschaftlichkeit nur noch für industrielle Anlagen mit durchgehendem Jahresbetrieb eindeutig und positiv bejahend zu beantworten. Für alle andern Anwendungszwecke bedarf es in jedem einzelnen Fall einer Abklärung der Verhältnisse.

Wärmepumpenanlagen für reine Raumheizzwecke werden sich selbst für den Fall, dass sich die Kohlenpreise nicht wieder auf den Vorkriegsstand von 8 Rp. pro kg zurückbilden, gegen brennstoffbefeuerte Anlagen nicht oder nur in ganz besonderen Fällen durchsetzen können. Ein solcher Fall kann gegeben sein, wenn gegenüber der Wirtschaftlichkeit Gründe, wie Betriebssicherheit, Hygiene usw. (Spitalbauten), stark ins Gewicht fallen. Erst technische Fortschritte, die die Anlagekosten wesentlich herabsetzen, werden hier eine Aenderung herbeiführen können.

Ausschlaggebende Faktoren der Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpenanlagen sind neben der Verhältniszahl ε die Anlagekosten, die für die Gruppe 1 der Tabelle am niedrigsten sind. Für die Gruppe 2 sind sie im Mittel bereits doppelt so gross und für die Gruppe 3, 4a und 4b dreimal so gross wie für solche der ersten Gruppe. Wesentlich ist jedoch auch die Benützungsdauer einer Anlage; das ist die Anzahl Stunden, während deren eine Anlage pro Jahr im Betrieb steht. Je mehr Betriebsstunden eine Anlage aufweist, desto geringer werden bekanntlich die pro Stunde aufzuwendenden Anlagekosten sein. Bei einem gegebenen Betrieb bleiben sich die festen Kosten ja gleich gross, ob die Anlage z. B. 1000 oder 8000 Stunden in Betrieb steht.

Für Raumheizungsanlagen beträgt die Benützungsdauer nur rund 1550 Stunden, für industrielle Betriebe mit ganzjährigem Bedarf von Warmwasser oder Warmluft (Färbereien, Papierfabriken usw.) beträgt sie jedoch bereits 3600 bis 6000 Stunden. Industriebetriebe zur Salzgewinnung oder Erzeugung von Zellwolle und Kunstseide usw. weisen dagegen eine Benützungsdauer von 8000 und mehr Stunden auf.

Daraus geht ebenfalls eindeutig hervor, dass sowohl in den Anlagekosten als auch in der Benützungsdauer die Wärmepumpe für Raumheizzwecke allein weitaus am schlechtesten abschneiden muss gegenüber allen andern Möglichkeiten.

Zum Schluss sei noch einmal auf die Temperaturdifferenz von c zu d hingewiesen, die von der Wärmepumpe auszugleichen und deren Grösse nach unseren eingangs gemachten Ausführungen für die Grösse von ε ausschlaggebend ist. In der vorstehenden Tabelle sind für die verschiedenen ε die entsprechenden Differenzen in ° C zur Orientierung angegeben. Die Ergänzung zeigt besonders eindrücklich, dass es in den Gegebenheiten der verschiedenen Betriebsarten selbst liegt, wenn vorläufig die Wär-

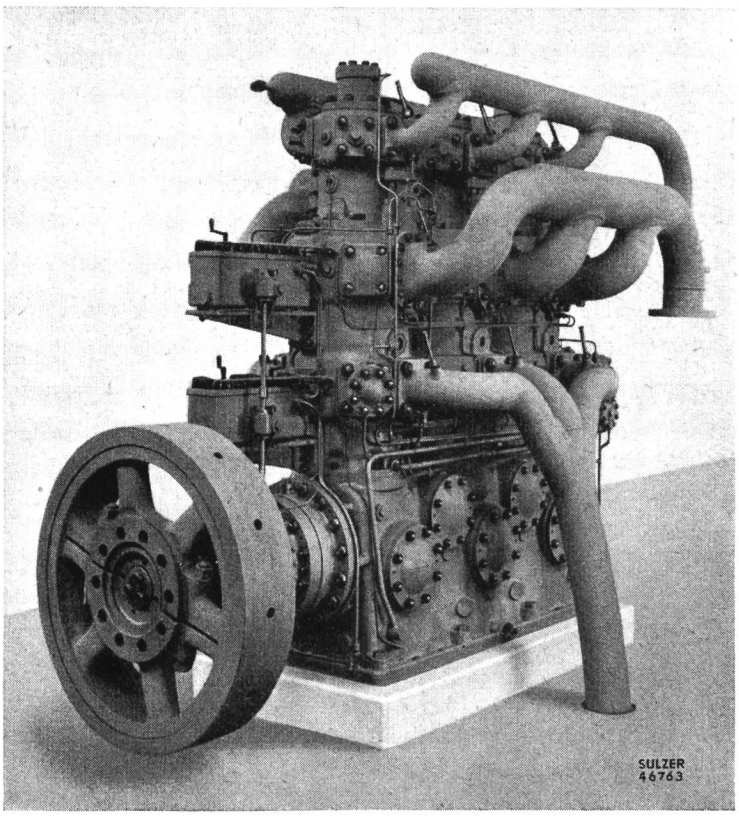

Fig. 11
Die Wärmepumpe (Kolbenkompressor) der Firma Gebr. Sulzer für die Wärmepumpenanlage des Fernheizkraftwerkes an der ETH.
Heizleistung: 2 Mio Wärmeeinheiten pro Stunde.
In der gleichen Anlage stehen noch zwei Wärmepumpen von Brown Boveri mit ebenfalls je 2 Mio Wärmeeinheiten Heizleistung pro Stunde.

mepumpe für Raumheizzwecke noch nicht die Lösung darstellen kann, die die gesamte schweizerische Energiewirtschaft wesentlich entlasten könnte. Wärmepumpen für industrielle und grossgewerbliche Anwendungen, sei es als Heiz- oder als Kältemaschinen, konnten dagegen bis heute bereits in vielen Fällen mithelfen, hochwertige ausländische Kohle in grossen Mengen für andere wichtige Bedürfnisse frei zu machen.

Viele interessante Ausführungsbeispiele von Wärmepumpenanlagen in Industrie und Verwaltungsbetrieben sowie eingehende wirtschaftliche und technische Einzelfragen sind in Heft 7—9 der bei der Elektrowirtschaft in Zürich erscheinenden Internationalen Monatsschrift «Elektrizitäts-Verwertung» dargestellt. Dieses Heft,[1] das bereits in zweiter Auflage erschien, kann jedermann, der sich eingehender mit Wärmepumpenfragen beschäftigen will, als umfassende Unterlage empfohlen werden, wie das Inhaltsverzeichnis zeigt:

Entwicklungs- und Wirtschaftlichkeitsfragen der Wärmepumpenbetriebe. Von R. Peter, Obering., Zürich.

Wirtschaftliche Grenzen verschiedener Arbeitsgebiete von Wärmepumpenanlagen. Von U. V. Büttikofer, Ing., Elektrowirtschaft, Zürich

Die Energiewirtschaft in der Kunstfaser-Erzeugung. Von Herm. Karlen, Obering., Emmenbrücke (Luzern).

Die Konzessionierung von Wärmepumpenanlagen zur Gewinnung von Wärme aus Flusswasser. Von Henri Kreis, Dr. jur., Winterthur.

Die Schweizer Flüsse als Wärmequelle für Wärmepumpen. Von D. Mettler, Obering., Zürich.

La pompe à chaleur, sa théorie physique et son rôle économique. Par Dr. B. Bauer, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich.

Questions tarifaires et détermination des prix de l'énergie lors du raccordement d'installations de pompes à chaleur. Par A. Engler, ing., directeur de la N.O.K., Baden.

Das Projekt der Wärmepumpenanlage des neuen Kantonsspitals Zürich. Von Max Egli, Ing., Zürich.

Die bestehenden Raumheiz-Wärmepumpenanlagen Zürichs: Die Wärmepumpe des Rathauses Zürich. Die Luft-Wärmepumpenanlage des Kongresshauses Zürich. Die Wärmepumpe des Hallenschwimmbades Zürich. Die Wärmepumpenanlage des Fernheizkraftwerks an der E.T.H. (Anlage Walche). Die Wärmepumpenanlage der Amtshäuser I—V der Stadt Zürich.

Einige Gross-Wärmepumpenanlagen. Von A. Baumann, Ing., Baden.

Der Kolbenkompressor als Wärmepumpe. Von A. Landolt, Direktor, Winterthur.

Kreiskolbengebläse für Thermo-Kompressionsanlagen. Von Th. Bremi, Ing., Winterthur.

[1] Das Sonderheft kann bei der Elektrowirtschaft, Bahnhofplatz 9, Zürich, zum Preis von sFr. 6.— bezogen werden.