

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117/118 (1941)
Heft: 23

Artikel: Die Bestreitung von Heizungs- und Wärmeprozessen mittels der Wärmepumpe
Autor: Wirth, P.E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83460>

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: 06.02.2025

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

INHALT: Die Bestreitung von Heizungs- und Wärmeprozessen mittels der Wärmepumpe. — Ausbauprojekt 1940 der kantonalen Universitätsklinik (Kantonspital) Zürich. — Norwegische Methoden zur Absenkung von Seen. — Neues vom Kraftwerk-Projekt Andermatt. — Mitteilungen: XXI. Hauptversammlung der «Sektion Ostschweiz». Das Speicherkraft-

werk Lucendro. Der R-Träger. Die Schweiz. Ofenbau-Fachschule. Prof. Dr. h. c. Conrad Matschoss. Stadtkirche von Glarus. — Wettbewerbe: Neue Bebauung der Rue Calvin in Genf. — Nekrologe: Dr. phil. Eugen Robert Müller. Ernst Baer. Prof. Dr. Ernst B. H. Waser. — Literatur. — Vortragskalender. — Mitteilungen der Vereine.

Band 117

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 23

Die Bestreitung von Heizungs- und Wärmeprozessen mittels der Wärmepumpe

Von Dipl. Ing. P. E. WIRTH, Winterthur

Die Wärmepumpe hat im Zusammenhang mit der Brennstoffverknappung in sehr begreiflicher Weise grosse Beachtung gefunden. Die bisherigen Veröffentlichungen berührten in der Hauptsache die technische Entwicklung. Da wir in einer sehr ersten Zeit leben, ist es zweckmässig, auch die wirtschaftlichen Möglichkeiten zu beleuchten, denn wir werden alle Mühe haben, durch Paarung von technischem Wagemut mit nüchternen, zahlenmässiger Ueberlegung unser Wirtschaftschiff an allen Klippen vorbeizusteuern. Deshalb sind in der Folge die allgemeinen Grundlagen der Wärmepumpe so auseinandergesetzt, dass die wirtschaftlichen Aussichten in Abhängigkeit von den Preisen für Strom und Kohle leicht überblickt werden können.

Das Wesen der Wärmepumpe wurde vor Jahren noch verkannt, weshalb sich der Verfasser schon 1936 in der «SBZ»¹⁾ darüber äusserte. Aus der damaligen Mitteilung sei die grundsätzliche Erwägung herübergenommen, dass mit der Wärmepumpe nicht Wärme erzeugt, sondern vorhandene Wärme nutzbar umgesetzt wird. Abwärme irgendwelcher Art, deren Temperaturhöhe nicht mehr genügt, um heizen, trocknen, kochen usw. zu können, wird durch die sog. Wärmepumpe wieder auf eine solche Temperatur gehoben, dass eine nützliche Verwertung neuerdings möglich ist. Nur auf diese Weise kann mit der kWh mehr Wärme umgesetzt werden als ihrer Wärmeäquivalenz von 863 Cal — an sich eine unverrückbare physikalische Grösse — entspricht. Jeder Hebevorgang erfordert Energie, und der Ausdruck Wärmepumpe spielt auf die naheliegende Analogie einer Wasserpumpe an. Je höher die Wärme hinaufgehoben werden muss, umso mehr Energie ist erforderlich und umso geringer ist die Ausbeute an umgesetzter Wärme. Es werden deshalb Begriff und Auswirkung der sog. Leistungsziffer und Umsetzungszahl²⁾ beschrieben.

Die Leistungsziffer sagt, wievielmals mehr Wärme in der betreffenden Anwendung nutzbar umgesetzt wird gegenüber direkter Umwandlung der elektrischen Energie in Wärme. Die Umsetzungszahl gibt direkt an, wieviele Cal pro kWh in der betreffenden Anwendung nutzbar umgesetzt worden sind (Leistungsziffer \times 863 Cal).

In der Tabelle I sind die Leistungsziffern für verschiedene Anwendungsgebiete in der Reihenfolge steigender Zahlen zusammengestellt und gleichzeitig auch die Vollbetriebstunden pro Jahr erwähnt, indem beide die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpenanlage in starkem Masse bestimmen.

Anwendungsgebiet der Wärmepumpe	Vollbetriebstunden pro Jahr	Leistungsziffer
A Lüftung und Trocknung	1500 u. mehr 3000 u. mehr	2 bis 3
B Raumheizung (mit normalen Wassertemperaturen)	1400 bis 1700	2 bis 3
C Raumheizung (mit niedrigen Wassertemperaturen)	1400 bis 1700	4 bis 5
D Warmwasser für industrielle Zwecke (aus warmen Abwässern), Schwimmbäder	3000 u. mehr	5 bis 10
E Eindampfung (Lösungen und Laugen, Salzgewinnung, Wasserdestillation)	3000 bis 8000	10 bis 20

Für A kommen Kaltluftmaschinen in Frage, bei denen der Wärmeträger für die Wärmepumpe gleichbedeutend ist mit der Luft, die in der Lüftungs- oder Trocknungsanlage umgewälzt wird. Unter der Anwendung für Lüftung ist in der Betriebstundenzahl nur der Winterbetrieb berücksichtigt.

Für die Gebiete B, C und D werden als Wärmepumpen die bekannten Kältemaschinen verwendet. Es sind sog. Kaltdampfmaschinen, die einen besonderen Wärmeträger benötigen und einen Verdampfer für die Wärmeaufnahme und einen Kondensator für die Wärmeabgabe zu Heizungszwecken besitzen. In der

¹⁾ Die Bestreitung von Wärmeprozessen mittels Wärmepumpe, «SBZ» Bd. 107, S. 189* (25. April 1936). [Vgl. auch P. Ostertag in Bd. 73, S. 33*, 1919; ferner M. Hottinger in Bd. 76, S. 107* und K. H. Grossmann in Bd. 107, S. 52. Red.]

²⁾ Die Umsetzungszahl darf nicht verwechselt werden mit der sog. Umsatzziffer nach kaufmännischen Begriffen und ist deshalb mit Absicht im Wortlaut abweichend ausgedrückt.

Leistungsziffer von B und C ist berücksichtigt, dass die Heizung nicht bis zur maximalen Leistung mit der Wärmepumpe bestritten werden soll.

Die Kategorie E umfasst Anwendungen, in denen Wasser verdampft werden muss. Die Wärmepumpe besteht nur aus einem Kompressor, der Wasserdampf verdichtet. Diese sog. «Brüdenverdichtung» wurde in der Schweiz schon 1914/18 angewendet³⁾.

In der Tabelle II sind die Umsetzungszahlen für die Kategorien A bis E notiert und gleichzeitig auch die Energieverbrauchsahlen in kWh pro 1000 000 (Mio) umgesetzter Cal, ohne Nebenbetriebe, eingetragen, weil die nachfolgenden Berechnungen stets auf eine Mio Cal bezogen sind.

Anwendungsgebiet	Umsetzungszahl Cal pro kWh (abgerundet)	Energieverbrauch kWh pro 1 Mio Cal (abgerundet)
A Lüftung und Trocknung	1700 bis 2600	500 i. Mittel 400 i. Mittel
B Raumheizung, normale Wassertemperatur	1700 bis 2600	460 i. Mittel
C Raumheizung, niedrige Wassertemperatur	3400 bis 4300	250 i. Mittel
D Warmwasserbereitung aus Abwässern	4300 bis 8600	230 bis 120
E Eindampfung	8600 bis 17000	120 bis 60

Die eigentlichen Wirtschaftlichkeitsrechnungen müssen wegen der verschiedenen Betriebstundenzahlen und Leistungsziffern, bzw. Umsetzungszahlen getrennt nach Anwendungsgebieten, bzw. Kategorien durchgeführt werden, wobei die Raumheizung nach den Kategorien B und C vorausgenommen wird.

Raumheizung, Kategorie B und C

Es ist wichtig, dass man sich über das Belastungsdiagramm eines Heizungsbetriebes ein richtiges Bild verschafft, was durch Abb. 1 geschieht. Das Belastungsdiagramm der Raumheizung ist eingetragen in das Rechteck, das einen durchgehenden, gleichmässig mit 100% belasteten Jahresbetrieb darstellt.

Die Heizung füllt nur einen Bruchteil des durchgehenden Jahresbetriebes aus, dabei sind die Annahmen eher zu Gunsten der Heizung getroffen, indem 220 Heiztage angenommen wurden. Da man bei Anwendung der Wärmepumpe an keine Einschränkungsmassnahmen gebunden wäre, so ist dies berechtigt. Der Heizungsbetrieb weist eine ausgesprochene Spitze auf und deshalb ist es gegeben, die teure Wärmepumpe nicht auf diese auszudehnen, sondern sich mit rund 50% der Maximalleistung zu begnügen, mit der 70 bis 80% des totalen Wärmebedarfes gedeckt werden können. Die weisse Fläche (weisse Kohle) stellt diesen durch die Wärmepumpe übernommenen Anteil dar, die dunkle Fläche (schwarze Kohle) enthält die Wärmespitzen, die durch eine gewöhnliche brennstoffgefeuere Anlage getragen werden sollen. Es muss zunächst etwas befremden, für eine Heizung die Wärmeerzeugung mit zwei verschiedenen Mitteln vorzuschlagen; wenn man aber bedenkt, dass eine Wärmeerzeugungsanlage mit brennstoffgefeuerten Kesseln für die ganze Spitzenleistung und einer Wärmepumpe für ungefähr 50% dieser Spitzenleistung schätzungsweise 30 bis 40% weniger kostet als eine Wärmepumpe für die Maximalleistung, so wird man eine solche Unterteilung begreifen. Sie ist auch deshalb zu begrüssen, weil sie erlaubt, die Energie-

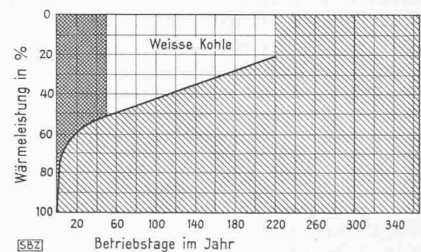


Abb. 1. Belastungs-Diagramm

³⁾ Vgl. R. Peter, Siedesalzerzeugung in Bd. 100, S. 323*. Red.

lieferanten von Spitzenleistungen zu befreien, die im Heizungsgebiet gerade dann eintreten, wenn die Wasserläufe am weitesten zurückgegangen sind. Auch betriebswirtschaftlich wirkt sich diese Unterteilung vorteilhaft dahin aus, dass für die Wärmepumpe nicht nur 1000 bis 1200 Stunden vollen Betriebes, sondern 1400 bis 1700 angenommen werden können.

Für Raumheizungszwecke bedient man sich, wie schon erwähnt, der altbekannten Kaldampf-Kältemaschine, die technisch bereits derart entwickelt ist, dass einmal die nachher angegebenen Richtpreise als zuverlässige Werte anzusprechen sind, die sich nicht auf Erstauführungen beziehen, und dass auch der Wirkungsgrad bereits so hoch getrieben ist, dass die Leistungsziffern keine fühlbaren Änderungen mehr erfahren können. Auch eine Preissenkung durch Serienarbeit ist sehr fraglich, weil eine Wärmepumpenanlage nicht verkauft werden kann wie eine Handelsware, z. B. gusseiserne Gliederkessel. Die Voraussetzung für Serienarbeit ist stets der Serienabsatz.

Für die Raumheizung muss eine Wärmequelle fremder Natur gefunden werden, da die aus einem geheizten Gebäude nach aussen verlorene Wärme nicht wieder gefasst werden kann. (Bei einer Lüftungsanlage liegen die Verhältnisse anders, was unter Kategorie A erwähnt wird.) Um die Antriebsenergie niedrig zu halten, muss eine Wärmequelle mit möglichst hoher Temperatur gesucht werden, und man wird sich, in etwas allgemeinerem Sinne ausgedrückt, nicht der Luftwärme, sondern der Erdwärme bedienen, die in Form von See-, Fluss- oder Grundwasser in der bequemsten Form zur Verfügung steht, weil das Uebertragungsmittel flüssig ist und deshalb sehr leicht durch Wärmeaustauschapparate geleitet werden kann. Die untere Temperatur ist begrenzt, weil das Wasser bei 0°C gefriert und dann die ganze Zirkulation stockt.

Die Beschaffung des nötigen Heizwassers für den Verdampfer der Wärmepumpe erfordert noch einige Ueberlegungen, denn sie bedeutet einen Nebenbetrieb, der den Hauptbetrieb der Wärmepumpe zusätzlich belastet. Wohl stehen, wie in der Literatur schon angedeutet wurde, in unseren Seen, Flüssen und Grundwasserströmen enorme Abwärmemengen zur Verfügung, die heute zum grössten Teil ungenützt aus dem Lande fließen. Trotzdem sind der Verwendung dieser Wärmequellen bestimmte Grenzen gesetzt. In den wenigsten Fällen wird der Besitzer eines Gebäudes in nächster Nähe eines Wasserlaufes sein, der übrigens nur dann günstig ist, wenn seine Wassertemperatur nicht zu nahe dem Nullpunkt liegt und wenn er erhebliche Wassermengen führt. Man kommt deshalb zur Ueberlegung, inwieweit die kommunalen Wasserversorgungsanlagen in der Lage wären, Wasser als Wärmequelle zur Verfügung zu stellen, das eine Temperatur von wesentlich über 0°C hat. Eine Wasserversorgungsanlage ist im Winter im allgemeinen nicht voll ausgenützt, und es besteht das Spiegelbild zur Elektrizitätsversorgung, die im Sommer Ueberschussenergie zur Verfügung hat, während eine Wasserversorgung im Winter über Wasserüberschuss verfügt. So sollte es eigentlich möglich sein, von einem Wasserversorgungswerk das Wasser zum Heizen des Verdampfers zu ebenso günstigen Bedingungen zu erhalten, wie wenn man selbst eine eigene Wasserversorgung erstellt, die nicht über das ganze Jahr voll ausgenützt wird, sondern nur in den Wintermonaten im Betrieb steht. Es handelt sich auch bei der Wasserbeschaffung nicht um eine ausgesprochene Spitzenleistung. Die Spitzenleistung wird, wie aus Abb. 1 hervorgeht, durch brennstoffgefeuerten Kessel übernommen, sodass in den Zeiten strengster Kälte weder elektr. Energie noch Heizwasser für den Verdampfer der Wärmepumpe abzugeben ist.

Als letzte und nicht unwichtigste Frage muss die bereits angetönte Energielieferung zum Antrieb der Wärmepumpe noch kurz erörtert werden, und zwar zunächst in der Richtung der Strompreise, die zu Heizwecken mit Wärmepumpe in Frage kommen können. Vorausgesetzt ist immer eine allgemeinere Ausbreitung solcher Anlagen und nicht nur die Aufstellung einzelner sog. Musteranlagen, die im Rahmen einer grösseren Elektrizitätsversorgung stets möglich sind. Es ist anderweitig schon bemerkt worden, dass man den Elektrizitätswerken für die Liefere-

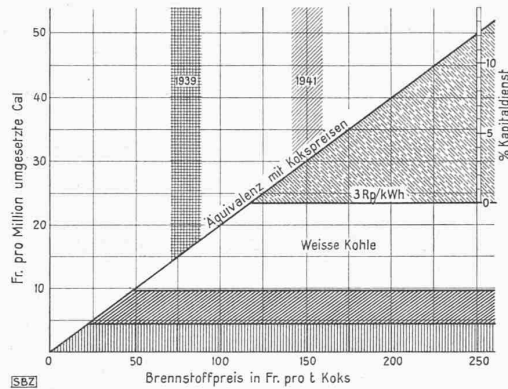


Abb. 2a

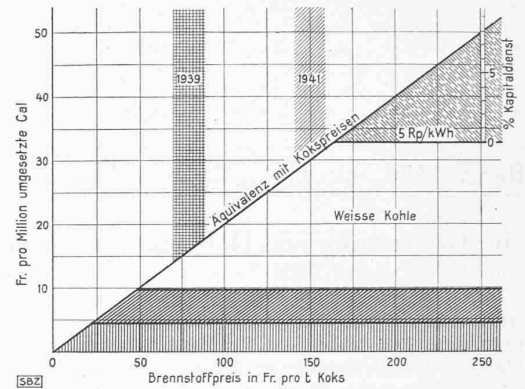


Abb. 2b

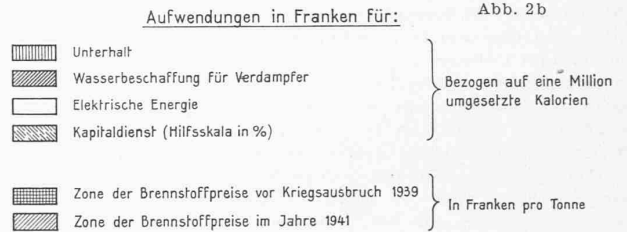


Abb. 2. Heizung mit normalen Wassertemperaturen nach B 1550 Vollbetriebstunden pro Jahr. a Strompreis 3 Rp./kWh, b Strompreis 5 Rp./kWh

rung von Wärmepumpenenergie einen Anreiz in Form von etwas höheren Strompreisen bieten sollte, was durchaus begründet ist, denn diese Werke verfügen im Winter am allerwenigsten über sog. billigen Abfallstrom. Da nach Abb. 1 neben der Wärmepumpe auch eine brennstoffgefeuerten Kesselanlage aufgestellt werden soll, die die maximalen Wärmeleistungen im Winter übernehmen kann, wird der Energielieferant von den Spitzenleistungen befreit. Es besteht überdies die Möglichkeit, in Fällen ausserordentlicher Wasserknappheit über die Spitzenzeiten hinaus die Stromlieferung zu unterbrechen, wobei dann die Kessel die ganze Wärmelieferung bestreiten müssen. Eine Wärmepumpenanlage benötigt daher weder Abfallstrom noch besteht eine unbedingte Lieferungsverpflichtung des Elektrizitätswerkes. Der Verfasser setzt in den folgenden Rechnungen einen Strompreis von 3 bzw. 5 Rp./kWh ein, ohne sich damit ein kompetentes Urteil in Sachen Stromtarifpolitik anmassen zu wollen.

Die nachstehenden Erstellungskosten können, wie schon erwähnt, zuverlässig geschätzt werden, weil es sich um vollständig entwickelte, normale Konstruktionstypen der Kältemaschinenbranche handelt. Für eine Wärmepumpenanlage von einigen hunderttausend Kalorien Kondensatorleistung kann ein spezifischer Preis von 0,34 Fr./Cal eingesetzt werden. Darin sind noch Kostenanteile enthalten, die auf die Verbindung mit der brennstoffgefeuerten Kesselanlage der Heizung und auch auf gewisse bauliche Arbeiten entfallen. Ein Abzug für wegfallende, gewöhnliche Kesselanlagen kann nicht gemacht werden, weil eine solche nach den Ueberlegungen gemäss Abb. 1 in vollem Umfange bestehen bleibt. Für die Wasserbeschaffung zum Verdampfer ist in den Anlagekosten nichts vorgesehen, weil diese auf der Betriebsseite in Form von Wasserbezugskosten erscheint, wie sie bei Gewährung eines Spezialtarifes bei Lieferung durch ein Wasserwerk zu erwarten sind. Kleinere Anlagen von hunderttausend Kalorien an abwärts kommen wesentlich teurer zu stehen; umgekehrt ist ein spezifischer Preis unter 0,30 Fr./Cal zu erwarten für Wärmepumpenanlagen, deren Leistung eine halbe Million Kalorien übersteigt.

Damit sind alle Zahlen genannt, die nötig sind, um eine Anlage- und Betriebskostenberechnung aufzustellen, die zur einfachen Vergleichsmöglichkeit mit den Betriebskosten einer brennstoffgefeuerten Anlage auf eine Million Kalorien umgesetzt bzw. erzeugter Wärme bezogen ist. Bei im Mittel 1550 Vollbetriebstunden pro Winter machen die Anlagekosten 220 Fr./Mio umgesetzter Cal aus. In der Betriebsrechnung wird für Unterhalt ein Betrag von 2% eingesetzt und die Betriebskosten stellen sich dann für die Kategorien B und C folgendermassen, wenn man Strompreise von 3 bzw. 5 Rp./kWh annimmt:

	Kat. B Fr./Mio Cal	Kat. C Fr./Mio Cal
Unterhalt	4,40	4,40
Wasserbeschaffung für Verdampfer	5,50	6,90
Kosten für elektrische Energie	13,80 bzw. 23	7,50 bzw. 12,50

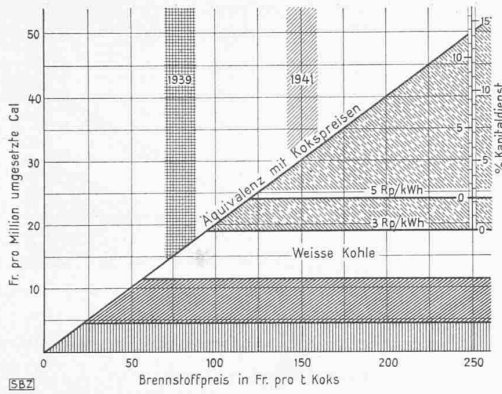


Abb. 3. Raumheizung mit niedrigen Wassertemperaturen nach C. 1550 Vollbetriebstunden pro Jahr. Strompreis 3 und 5 Rp./kWh. Legende siehe Abb. 2

Heizung mit normalen Wassertemperaturen nach B

Der Vergleich mit den Erzeugungskosten der Wärme durch Brennstoff wird in Abhängigkeit vom Kohlenpreis am besten graphisch ausgedrückt und ist in den Abb. 2a und 2b für Kategorie B, und 3 für Kategorie C veranschaulicht. Als Brennstoff ist Koks und als nutzbarer Heizwert desselben sind 5000 Cal/kg angenommen. Dieser Vergleich erlaubt, die nötigen Schlüsse zu ziehen über die Aussichten hinsichtlich Verzinsung und Abschreibung der Anlagekosten der Wärmepumpe. Die Gebiete der heutigen und der mutmasslich nach Eintritt normaler Wirtschaftsverhältnisse zu erwartenden Kohlenpreise sind ebenfalls angedeutet, wobei nicht mit einem völligen Rückgang auf Vorkriegsverhältnisse gerechnet wird.

Für Wärmepumpenanlagen in Heizungen mit normalen Wassertemperaturen, was für den allergrössten Teil der Anlagen zutrifft, ist selbst bei den heutigen Kohlenpreisen, je nach den Strompreisen, kaum oder gerade noch eine Verzinsung des Anlagekapitals zu erwarten. Eine Amortisationsquote ist erst bei weitersteigenden Kohlenpreisen möglich und auch dann nicht in einem Ausmass, dass eine rasche Abschreibung der Anlagekosten möglich würde. Wenn auch Mutmassungen über die Preisentwicklung der Kohle sehr unsicher sind, so fehlt in dieser Kategorie irgendwelcher spekulativer Anreiz, weil auch ein weiteres, kräftiges Anziehen der Kohlenpreise in der Kapitalrechnung nur wenig zum Ausdruck kommen würde. Die Erstellungskosten können im günstigsten Falle nur ganz ungenügend über den Heizungsbetrieb abgeschrieben werden und jede fühlbare Senkung der Kohlenpreise lässt umgekehrt die Verzinsungsmöglichkeit verschwinden. Wer Wärme hochpumpen will und dazu das Erstellungskapital aufnehmen muss, wird sich schwerlich zu solchen Anschaffungen entschliessen können. Im einzelnen Falle können aber Verhältnisse eintreten, die es gestatten, die Anlage über andere Konten abzuschreiben, oder in denen alle Einflüsse sich ausnahmsweise nach der günstigen Seite hin auswirken. Diese Überlegungen gelten sinngemäss für die ganze Arbeit.

Uebt man, um die Wärmepumpe für gewöhnliche Heizungen nicht aussichtslos erscheinen zu lassen, unter dem Kapitel «Erstellungskosten» eine gewisse Nachsicht, so muss umgekehrt der «Betriebskosten»-Vergleich auch Zahlen standhalten, die einigermaßen normalen Preisverhältnissen entsprechen. Es kann sich nicht darum handeln, mit der Wärmepumpe zu heizen, koste es was es wolle. Auch die Betriebskostenrechnung in der Kategorie B präsentiert sich nicht sehr vorteilhaft, denn schon bei einem Kokspreis von 100 Fr./t kann man die ins Auge gefassten Preise für elektrische Energie nicht mehr bezahlen und wird unter Umständen zur Koksfeuerung zurückkehren. Der Grund liegt darin, dass eine Leistungsziffer der Wärmepumpe von 2 bis 3 noch nicht genügend hoch liegt, um Motorenstrompreise gewährleisten zu können. Leider ist die Wärmepumpe in normalen Heizungen auch heute wirtschaftlich nicht interessant.

Raumheizung mit niedrigen Wassertemperaturen nach C (Abb. 3)

Die Erstellungskosten sind gleich angenommen wie unter B, obwohl wegen der kleineren Förderhöhe eine geringfügige Verminderung angenommen werden dürfte; dafür sind die bedeutend höheren Mehrkosten für Heizflächenvergrösserung bei gewöhnlichen Heizungen nicht in Rechnung gesetzt. Ohne solche kommt man nur bei den natürlichen Niedertemperatur-Heizungen, wie sie in Form der Deckenheizung bestehen, aus. Die günstigere Leistungsziffer äussert sich in den geringeren Stromkosten, die einen etwas grösseren Spielraum für den Kapitaldienst übriglassen, ohne dass Abschreibungen in spekulativem Sinne möglich sind. Aus dem selben Grunde ist auch das Betriebskostenbild etwas günstiger, indem bei sinkenden Kohlenpreisen die angenommenen Strompreise länger bezahlt werden können.

Diese etwas besseren aber keineswegs günstigen Verhältnisse gelten zudem nur für eine beschränkte Zahl von Heizungen und geben keinen Anlass, an eine Umwälzung im Sinne einer grundlegenden Aenderung in der Abhängigkeit von ausländischen Brennstoffen zu glauben.

Uebrigens sind auch die Möglichkeiten der Stromlieferung beschränkt: der Verfasser suchte sich schon vor einigen Jahren darüber Rechenschaft zu geben. Anstelle längerer Ausführungen ist in Abb. 4 eine graphische Uebersicht, gewissermassen in der Heizungssprache gegeben, die keines grossen Kommentares bedarf. Die dunkeln Flächen zeigen jeweils den Wärmebedarf der Schweiz für Raumheizung, nach Wintermonaten, der bisher aus Brennstoff bestritten wurde. Die weisse Fläche stellt den Anteil dar, der noch aus elektrischer Abfallenergie (weisser Kohle) hätte gedeckt werden können. Angedeutet sind auch die verfügbaren Energiemengen, die sich aus der Unterbindung des Exportes elektrischer Energie und aus der Ausschöpfung der letzten Reserven ergeben würden. Das Bild bestätigt die von den Elektrizitätswerken immer wieder unterstrichene Tatsache, dass für die Raumheizung in der Hauptsache nur noch in den Uebergangszeiten gewisse Energiemengen zur Verfügung stehen, die im eigentlichen Winter fast auf null zusammenschrumpfen. In der Figur rechts ist noch angedeutet, wieviel mehr man an Wärmeprozessen bestreiten könnte, wenn man sich der Wärmepumpe allgemeiner bedienen könnte⁴⁾.

Will man einen namhaften Anteil der Raumheizung mit elektrischer Energie übernehmen, so muss man neue Werke bauen, wobei sich das Bild wiederholt, dass der grössere Teil der neu gewonnenen Energie im Sommer und nur der kleinere im Winter erzeugt wird, wenn man von ausgesprochenen Speicherkraftwerken absieht. Umso begründeter ist es, für eine solche Entwicklung angemessene Strompreise einzusetzen. Es ist zum mindesten auch logisch, wenn heute von verschiedenen Seiten die Frage der Speicherung von Sommerenergie für Winterheizung angeschnitten wird, wobei die Kosten einer solchen Speicherung noch nicht zuverlässig abgeklärt sind, insbesondere auch im Vergleich zu Speicherkraftwerken.

⁴⁾ Die Leistungsziffern sind Untersuchungen von Prof. Stodola und Prof. Eichelberg entnommen.

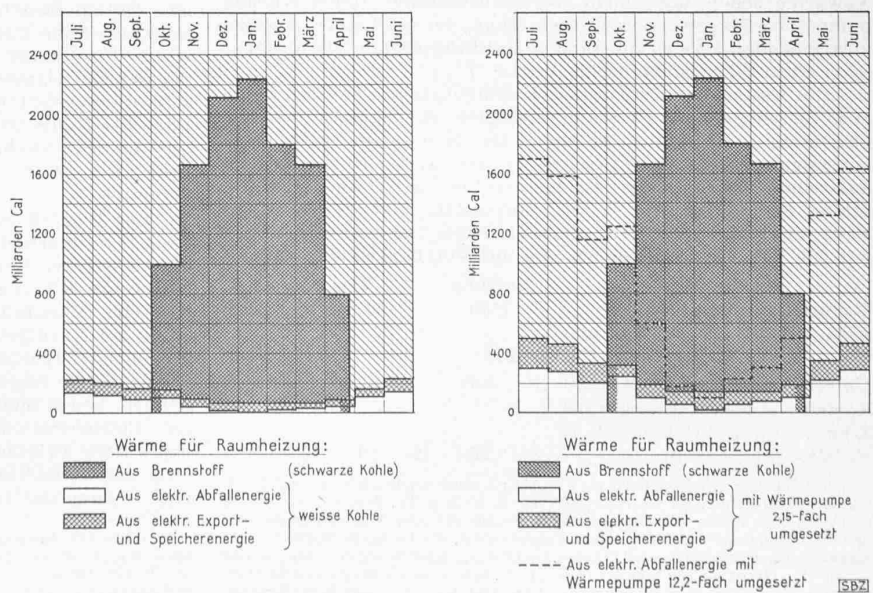


Abb. 4. Monatlicher Wärmebedarf der Schweiz für Raumheizung und für Heizzwecke verfügbare Abfall-, Export- und Speicherenergie. Links ohne, rechts mit Wärmepumpe

Für eine allgemeinere Verbreitung der elektrischen Heizung ist grundsätzlich noch zu beachten, dass beim Befolgen der Dezentralisation die elektrischen Verteilnetze verstärkt werden müssten und bei Anwendung der Wärmepumpe ebenso die Wasserversorgungsanlagen, da man nur auf diesem Wege die See- oder Grundwasserwärme vielen Bezügern zur Verfügung stellen könnte. Dadurch entstehen neue zusätzliche Kosten.

Bei zentraler Erzeugung der Wärme fallen die Verstärkungen der soeben genannten Leitungsnetze weg, an deren Stelle tritt ein Wärmeverteilungsnetz im Sinne der Fern-, bzw. Städteheizung. Erfahrungsgemäss kommen solche Fernheizungen wegen der hohen Erstellungskosten nur in Stadtteilen mit grosser Baudichte in Frage, können also nur eine beschränkte Zahl von Heizungen bedienen.

Die Ueberlegungen dieses Abschnittes gehen auf sehr lange Sicht — weit über die heutige politische Situation hinaus auf Zeiten, wo die Brennstofflagerstätten, d. h. Kohlenbergwerke und Oelvorkommen Anzeichen von Erschöpfung aufweisen und eine allgemeine Preissteigerung eintreten müsste, wenn die Wissenschaft inzwischen nicht andere Wärmequellen zur Verfügung stellen kann, wobei ganz besonders an die Atomphysik zu denken ist. Die verschiedenen Initianten, denen unsere Abhängigkeit von ausländischen Brennstoffen begreiflicherweise gerade heute wieder schwer aufliegt und die eine Loslösung von dieser Abhängigkeit suchen, mögen nicht enttäuscht sein, wenn sie bei einer zu weiten Steckung des Zieles die alte Erfahrung neuerdings machen müssen, dass es einem gelegentlich als ebenso grosser Fehler angekreidet wird, wenn man mit einer Idee zu früh kommt als wenn man zu spät ist⁵⁾.

Lüftung und Trocknung, Kategorie A

Für Lüftungsanlagen gelten ähnliche Betriebsbedingungen wie für Heizungen; sie sind unter «Heizung» bereits ausführlich beschrieben. Die Trocknung hingegen leitet auf die industriellen Betriebe über.

Die Kaltluftmaschine, die für diese Anwendungsgebiete in Betracht fällt, ist die älteste Kältemaschine, die in der geschichtlichen Entwicklung der mechanischen Kühlung einen wichtigen Platz eingenommen hat und in der ersten Form schon im Jahre 1845 erfunden wurde. Wegen ihres grossen Kraftbedarfes ist sie später durch die Kaltdampf-Kompressions-Kältemaschine verdrängt worden, und es ist recht bemerkenswert, dass heute Ausführungsformen bestehen, die bei verhältnismässig kleinen Leistungen Leistungsziffern zwischen 2 und 3 aufweisen.

Die Kaltluftmaschine erfordert keine besondere Wärmequelle wie die Wärmepumpe für Raumheizung und infolgedessen auch keinen Wärmeaufnahmeapparat wie den Verdampfer der Kaltdampfmaschine. Die Wärme wird der Luft entnommen, die umgewälzt wird und infolgedessen fallen in der Betriebsrechnung auch die Kosten für Heizwasserbeschaffung zum Verdampfer weg. Zu beachten ist, dass die Kaltluftmaschine nicht zum eigentlichen Heizen dient, sondern zur Bestreitung von Wärmeprozessen, in denen Luft zirkuliert, sei es zwecks Lüftung von Räumen, die dicht besetzt sind, oder in Apparaten, in denen getrocknet wird.

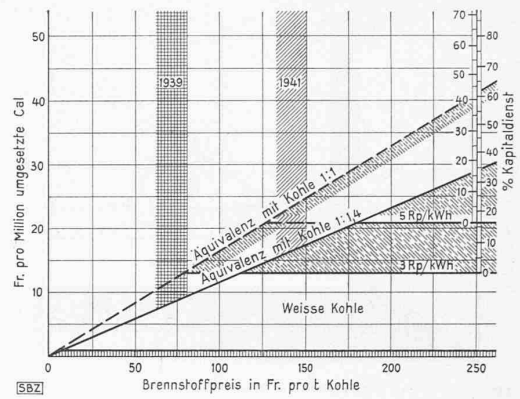
Es ist noch zu erwähnen, dass ein namhafter Anteil der Abwärme schon mit einem Wärmeaustauscher (ohne Wärmepumpe) zurückgewonnen werden kann, der geringere Anlagekosten bedingt als eine vollständige Kaltluftmaschine, die übrigens auch einen Wärmeaustauscher besitzt⁶⁾.

Die Erstellungskosten einer Kaltluftmaschine müssen heute noch denjenigen der Kaltdampfmaschine gleichgesetzt werden, obwohl sie grundsätzlich einfacher ist, denn es sind noch keine normalen Serientypen entwickelt. In der nachstehenden Kostenaufstellung ist für Unterhalt entsprechend der einfacheren Maschine ein Betrag von 1 1/2 % eingesetzt, und es sind drei Fälle auseinandergehalten: einmal Lüftung und dann Trocknung mit 300 Tages-Betriebsstunden und mit durchgehendem Betrieb.

Kategorie A	Lüftung	Trocknung
Vollbetriebstunden/Jahr	1550	3600
Anlagekosten in Fr./Mio umgesetzter Cal	220.—	94.—
Unterhalt 1 1/2 % = Fr./Mio Cal	3.30	1.40
Kosten für elektr. Energie bei 3, bzw. 5 Rp./kWh nach Tab. II		
Fr./Mio Cal	15.—/25.—	12.—/20.—

⁵⁾ Nach der Niederschrift dieser Arbeit sind die Vorschläge von Prof. Gasser, Winterthur, im Bulletin SEV Nr. 6, S. 93 u. ff., erschienen, die in konsequenter Weise die Sommerspeicherung mit der Wärmepumpe und der Städteheizung verbinden, eine Kombination, die im Sinne vorstehender Ausführungen ebenfalls auf längere Sicht aufgefasst werden muss. In der Frage der Grosspeicher werden dabei neue, interessante Wege beschritten, die eine Erhöhung sowohl der Leistungsziffer wie auch der Betriebsstunden der Wärmepumpe anstreben.

⁶⁾ Vgl. B. Bauer, «Luftwärmepumpe» in Bd. 114, S. 13* (1. Juli 1939).



Aufwendungen in Franken für:

- Unterhalt
- Wasserbeschaffung für Verdampfer
- Elektrische Energie
- Kapitaldienst (Hilfsskala in %)

} Bezogen auf eine Million umgesetzte Kalorien

- Zone der Brennstoffpreise vor Kriegsausbruch 1939
- Zone der Brennstoffpreise im Jahre 1941

} In Franken pro Tonne

Abb. 5. Trocknung nach A. 7200 Vollbetriebstunden pro Jahr Strompreis 3, bzw. 5 Rp./kWh

Durch Wegfall der Kosten für Wasserbeschaffung rückt die Lüftung trotz etwas höheren Energieverbrauches ungefähr in die Kategorie C. Sie ist momentan aber noch weniger interessant, weil uns bei Brennstoffknappheit mangelnde Lüftung doch weniger plagt als mangelhafte Heizung. Die Möglichkeit der Sommerkühlung mit der selben Wärmepumpe tritt unter diesem Gesichtspunkte noch mehr in den Hintergrund. Deshalb wird auch auf die graphische Darstellung dieses Falles verzichtet.

Die Zahlen für Trocknung hingegen versprechen interessante Ergebnisse. Die höhere Zahl der Betriebsstunden⁷⁾ lässt in der Betriebsrechnung den Unterhalt zusammenschumpfen und erhöht in der Kapitalrechnung die Möglichkeit von Verzinsung und Tilgung. Trotzdem sind auch in der Trocknung der Wärmepumpe wirtschaftliche Grenzen gesetzt, denn im Vergleich der Gesteungskosten der Wärme sollen günstige Werte industrieller Kesselanlagen eingesetzt werden. Da die Wärmepumpe gewöhnlich nur einen Bruchteil des gesamten Wärmebedarfes bestreiten kann, bleibt stets die Hauptwärmeversorgung auch die Hauptquelle von Wärmesparnissen oder -Verlusten und daher ist diese in erster Linie sorgfältig zu überprüfen. Darüber hinaus gibt es bei Trocknungsanlagen Mittel und Wege, um die vom Kessel her zugeführte Frischwärme durch teilweise Rückgewinnung besser auszunützen, als es in der Raumheizung möglich ist. Durch Einschaltung eines schon erwähnten Wärmeaustauschers kann man leicht eine 1,4fache Ausnützung der Frischwärme bzw. mehr erreichen. Abb. 5 erlaubt, wie in den vorangegangenen Darstellungen, einerseits den Kapitaldienst, andererseits die Aussichten bei Rückgang der Kohlenpreise abzuschätzen. Für gute Kohle ist die verhältnismässig hohe Nutzwärme von 5800 bis 5900 Cal/kg angenommen. Wie in Abbildung 3 sind die Bilder für die Preise von 3 und 5 Rp./kWh⁸⁾ in einer Darstellung vereinigt.

Der Wegfall von Wasserbeschaffungskosten und der Rückgang des Unterhaltanteiles werden teilweise ausgeglichen durch die niedrigeren Gesteungskosten der Frischwärme und deren bessere Ausnützung. Die vielversprechenden Zahlen erfahrungsgemäss eine Einschränkung. Bei dem in Abb. 5 angenommenen Tag- und Nachtbetrieb sind zwar bei steigenden Kohlenpreisen erhebliche Tilgungsanteile möglich. Die Kohlenpreise hingegen, bei denen die angenommenen Energiepreise noch bezahlt werden können, liegen ziemlich hoch. Dies hat seinen Grund in der für die Betriebsrechnung ausschlaggebenden Leistungsziffer, die heute noch zwischen 2 und 3 liegt. Da die technische Entwicklung der Kaltluftmaschine noch nicht abgeschlossen ist, ist auch eine Hebung der Leistungsziffer anzustreben.

⁷⁾ Die auf das ganze Jahr verteilte Betriebszeit erlaubt auch gegenüber dem E. W. als Ganzjahr-Stromabnehmer aufzutreten.

⁸⁾ Die Grenze von 3 Rp./kWh ist mehr für industrielle Ganzjahres-Stromabnahme gedacht, wo u. a. auch keine neuen Verteilnetze nötig werden, diejenige von 5 Rp./kWh eher für winterrliche Raumheizung unter allfälliger Verstärkung der Zuleitungsnetze.

Zeitgemäss wäre der Einwand, unter ausserordentlichen Umständen wie heute dürfte man nicht allzu kaufmännisch oder gar spiessbürgerlich rechnen. Sicherlich sind alle Befürworter der Wärmepumpe davon ausgegangen, es sei mehr als bedauerlich, gerade heute für Kohle soviel Geld ins Ausland geben zu müssen, wo sie so teuer ist.

Nach den bisherigen Bildern dienen die steigenden Kohlenpreise hauptsächlich dazu, angemessene Energiepreise⁹⁾ zu bezahlen, die den Bau neuer Elektrizitätswerke¹⁰⁾ ohne besondere Unterstützung rechtfertigen. Die Anlagekosten der Wärmepumpe können heute unter A reichlich verzinst, von Ausnahmefällen abgesehen und mit Rücksicht auf die Äquivalenz 1:1,4 aber nicht in kürzester Frist abgeschrieben werden. Unter B und C kommt man bestenfalls zu einer angemessenen Verzinsung, keinesfalls aber zu einer fühlbaren Abschreibung. Eine kurzfristige Tilgung im Sinne einer Konjunkturausnutzung ist in keiner der bisher besprochenen Anwendungen möglich, bei weichen den Kohlenpreisen wird die Verzinsung ganz oder teilweise in Frage gestellt und es kommt etwas früher oder später der Zeitpunkt, wo man für den Strom zu viel zahlt.

Wir hoffen, mit starkem Willen und noch mehr mit einer guten Vorsehung unsere Friedensinsel erhalten zu können, aber sie darf nicht zur Preisinsel werden, die durch einen übertriebenen Lebensstandard den notwendigen Handel mit der Umwelt unmöglich macht. Sicherlich ist die produktive Arbeitsbeschaffung äusserst wichtig, aber das «koste es was es wolle» bedarf einer gründlichen Ueberprüfung. Es gibt auf allen Gebieten Anwendungen, die uns Arbeit verschaffen in einer Weise, dass auch die betreffenden Probleme auf längere Sicht produktiv gelöst sind¹¹⁾. Wir können nicht Wärmepumpen subventionieren, Elektrizitätswerke subventionieren, die Strompreise fiskalisch zu stark belasten usw., ohne damit die Gesamtbelastung ins Untragbare zu steigern. Unsere Wirtschaft muss möglichst gesund in normalere Verhältnisse hinübergeleitet werden, und wir müssen billiger leben und billiger produzieren können, damit wir auch billiger verkaufen können. Wer verkaufen will, muss aber auch kaufen, d. h. Gegengeschäfte machen, und es besteht keine Gefahr, dass ein in dieser Beziehung gefährlicher Anteil des Kohlenimportes durch «weisse» Kohle ersetzt werden kann, dazu fehlen uns ganz einfach die nötigen elektrischen Energiemengen.

Es ist nun von besonderem Interesse, zum Schluss noch zu untersuchen, ob die noch nicht besprochenen Kategorien D und E, d. h. industrielle Wärmepumpenanlagen mit hoher Leistungsziffer, den vorangegangenen Ueberlegungen in erheblich weiterem Ausmasse entsprechen als die Kategorien B, C und auch A.

Kategorie D, Warmwasserbereitung für industrielle Zwecke

Es handelt sich um die Ausnutzung von Abwärme aus warmen Abwässern, die zur Bereitung von entsprechendem warmem Frischwasser ausgenutzt wird. Unter diese Kategorie fallen auch Schwimmbäder. In Frage kommen grundsätzlich Kaldampfmaschinen und Dampfkompressoren. Da die letztgenannten mit sehr hohem Vakuum arbeiten müssten, stehen sie noch nicht in erster Konkurrenz mit der Kaldampfmaschine.

⁹⁾ Für das u. a. in Diskussion stehende Splügenwerk wird ein Energiepreis von 1,5 bis 2 Rp./kWh ab Werk erwähnt. Die in dieser Studie angenommenen Preise von 3 bzw. 5 Rp./kWh beim Verbraucher scheinen auch in diesem Zusammenhang angemessen, vorbehalten das Urteil der zuständigen Fachleute.

¹⁰⁾ Während der Niederschrift ist der Bericht über die Generalversammlung 1941 des Schweiz. Energie-Konsumenten-Verbandes eingegangen, der sich gegen übertriebene Abgaben, Fiskal- und Konzessionsgebühren wehrt.

¹¹⁾ Für Laufwerke wird eine Bauzeit von 3, für Speicherwerke eine Bauzeit von 4 Jahren angegeben. Werke, die heute beschlossen werden, kommen also erst in einigen Jahren zur Auswirkung, und nichts vermöchte die Berechtigung der Beurteilung auf längere Sicht besser zu belegen, die der Verfasser anstrebt. Ob dann die Brennstoffpreise im Steigen oder Fallen begriffen sind, kann man heute nicht sagen; wichtig ist es, dass die Berechnungen sowohl einer Hausse wie auch einer Baisse standhalten.

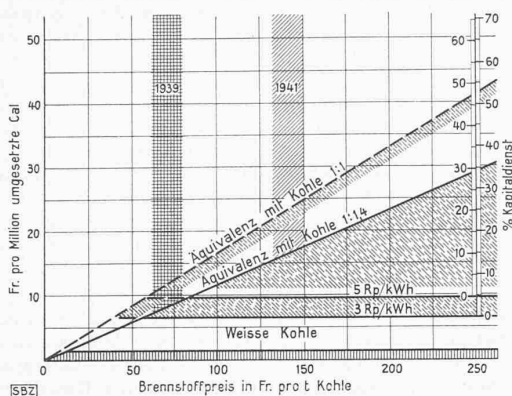


Abb. 6. Warmwasserheizung nach D. 3000 Vollbetriebsstunden pro Jahr. Strompreis 3 bzw. 5 Rp./kWh

Legende siehe links nebenan

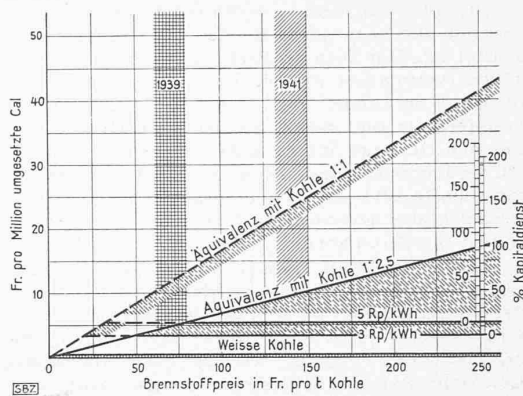


Abb. 7. Eindampfung nach E. 7200 Vollbetriebsstunden pro Jahr. Strompreis 3 bzw. 5 Rp./kWh

Die mittleren Erstellungskosten sind deshalb schwer zu schätzen, weil die Ausnutzung der Abwasserwärme entweder eine zeitliche Uebereinstimmung mit der Zubereitung des Frischwassers oder dann gewisse Speicheranlagen bedingt. In einem Schwimmbad ist die Speicherung im Bassin bereits verwirklicht. Die Annahme der mittleren Gesteungskosten zu 0,20 Fr./Cal umgesetztter Nutzwärme wird der Grössenordnung nach richtig liegen und erlauben, das Betriebskostenbild wie vorher aufzustellen, wobei eine Betriebstundenzahl von 3000 angenommen ist, die für gewisse Zwecke eher zu hoch als zu niedrig ist.

Dem Energiebedarf liegt eine Umsetzungszahl von rund 6000 Cal/kWh zu Grunde, womit pro 1 Mio Cal rund 170 kWh nötig werden. Die Unterhaltsquote ist mit Rücksicht auf die Verwendung einer Kaldampfmaschine wieder auf 2% angesetzt.

Kategorie D	Fr./Mio Cal
Anlagekosten	67.—
Unterhalt	1.35
Kosten für elektrische Energie	5.10 bzw. 8.50

In Abb. 6 ist auch die Möglichkeit berücksichtigt, dass man in der Warmwasserbereitung durch einen gewöhnlichen Wärmeaustauscher einen Teil der Abwärme zurückgewinnt und dadurch auch bei gewöhnlicher Wärmeerzeugung den Wärmeaufwand herabsetzen kann. Das Bild zeigt, dass der Unterhalt nicht mehr stark ins Gewicht fällt und die Abschreibungsmöglichkeiten wesentlich günstiger sind als bei den früheren Kategorien, sodass die spekulative Idee gerechtfertigt ist, man könne ein Ansteigen, bzw. Andauern der hohen Brennstoffpreise über einige Jahre hin benützen, um die Anlagen abzuschreiben. Umgekehrt müssen die Brennstoffpreise sehr weit zurückgehen, bis der elektrische Betrieb nicht mehr interessant ist.

Schliesslich sei noch die letzte Gruppe mit den höchsten Leistungsziffern kurz beleuchtet¹²⁾.

Kategorie E, Eindampfung

Während die industriellen Anwendungen unter A und D gewöhnlich nur Teilprozesse eines Fabrikationsgebietes betreffen, die Wärmeerzeugungsanlagen schon vorhanden sind und deshalb bei Erstellung einer Wärmepumpenanlage nicht wegfallen, so gibt es im Gebiete der Eindampfung Industrien, wo diese den Hauptprozess darstellt, wie beispielsweise in der Gewinnung des Kochsalzes. Bei der Erstellung einer Anlage kann deshalb der Fall eintreten, dass durch die Wärmepumpenanlage der grösste Teil einer neuen Kesselanlage wegfällt und das Bild der Anlagekosten sich noch günstiger darstellt als unter den vorhergegangenen Abschnitten (vgl. Fussnote ³, S. 26).

Diese Anlagekosten sind in der Kategorie E an sich schon am niedrigsten, weil der technische Aufbau einer Eindampfung mit Brüdenverdichtung sehr einfach ist. In der Rechnung werden sie mit 0,10 Fr./Cal eingesetzt, der Unterhalt wird mit 1 1/2% angenommen, die Umsetzungszahl mit 10 000 Cal/kWh, sodass 100 kWh/Mio Cal nötig sind.

Bei zwei verschiedenen Betriebstundenzahlen ergeben sich folgende Kosten:

Kategorie E	3600	7200
Betriebstunden/Jahr		
Spezifische Anlagekosten	Fr./Mio Cal 28.—	14.—
Unterhalt 1 1/2% =	Fr./Mio Cal —.42	—.21
Elektr. Energie	Fr./Mio Cal 3 bzw. 5.—	3 bzw. 5.—

¹²⁾ Die Initianten der Wärmepumpenbewegung in der Kriegszeit 1914-18 haben sich nicht nur zufällig, sondern aus wirtschaftlichen Ueberlegungen seinerzeit gerade dieser Kategorie zugewendet und eine Anzahl Anlagen geschaffen, die heute noch im Betriebe stehen und den Vergleich mit den neuesten Anstrengungen in jeder Beziehung aufnehmen können.

In Abb. 7 sind die Verhältnisse einer grossen Eindampfanlage mit durchgehendem Betrieb wiedergegeben, wobei berücksichtigt ist, dass auch bei Brennstoffbetrieb der Wärmeverbrauch fühlbar vermindert werden kann, wenn man sog. Mehrkörperapparate verwendet, bei denen die Abwärme des einen Verdampfers als Heizwärme für den nächstfolgenden dient. Angenommen ist, dass mit 1 Cal Frischwärme 2,5 Cal Verdampfungswärme umgesetzt werden können. Damit wird das ausserordentlich vorteilhafte Bild der Eindampfung wieder etwas beschnitten, erscheint aber trotzdem noch sehr günstig. Auch hier handelt es sich um Stromabnahme über das ganze Jahr.

Man trifft heute immer wieder die Auffassung, bei den gegenwärtigen Kohlenpreisen könne man so und soviel für die elektrische Energie zu Heizzwecken zahlen. Diese Ueberlegung geht auf sehr kurze Sicht, denn wenn einmal die rückläufige Preisbewegung eintritt, werden diese Heizanwendungen mit Elektrizität wieder aufgegeben. Solche Aussichten sind keine Basis für neue Kraftwerke.

Unter den Kategorien D und E ist es aber möglich, bei den heutigen Brennstoffpreisen die Erstellungskosten einer Anlage in den Zeitläufen abzuschreiben, über die die hohen Kohlenpreise vielleicht noch andauern. In die rückläufige Preisbewegung kann man dann mit ganz oder teilweise abgeschriebenen Anlagen eintreten, wobei in den Betriebsrechnungen gegenüber

Kohlebetrieb immer noch Ueberschüsse erscheinen, die zur Verbilligung der Produktion benützt werden können. Äquivalenz zwischen Kohle und Elektrizität besteht auch noch bei einem sehr starken Zurückgehen der Kohlenpreise. Bedenkt man ferner, dass unter Kategorie E spezifische Anlagekosten von 14 Fr./Mio Cal solchen von 220 Fr./Mio Cal unter Kategorie B und C gegenüberstehen, dass mit den gleichen Anlagekosten unter E mehr als 15mal mehr Wärme umgesetzt werden kann als bei B und C, so greift man das zurückhaltende Urteil über die Zweckmässigkeit der Wärmepumpe in der Raumheizung und den Wunsch, Fehlleitungen zu vorzuzukommen. Nur wenn man ein ganzes Gebiet überblickt und nicht nur die einzelnen Abschnitte, kann man das Beste herausgreifen.

So einfach diese Ueberlegung im allgemeinen ist, so schwierig ist es offenbar, ihr bei der Vielgestaltigkeit unserer Wirtschaft im einzelnen immer zu folgen. Beispielsweise scheint der alte Bruderzwist zwischen Gas und Elektrizität heute wieder etwas aufzuleben, wobei man um die Vermutung nicht herumkommt, die gegenwärtige Volkstümlichkeit der «weissen Kohle» stehe etwas im Zusammenhang damit. Man kann der Pflicht nicht ausweichen, gerade in der heutigen Zeit, wo wir mehr denn je haushalten müssen, immer und immer wieder auch in der Wirtschaft vor Zersplitterung zu warnen und zu einheitlichem, auf das Ganze gerichtetem Handeln zu mahnen.

Ausbauprojekt 1940 der kantonalen Universitätskliniken (Kantonsspital) Zürich

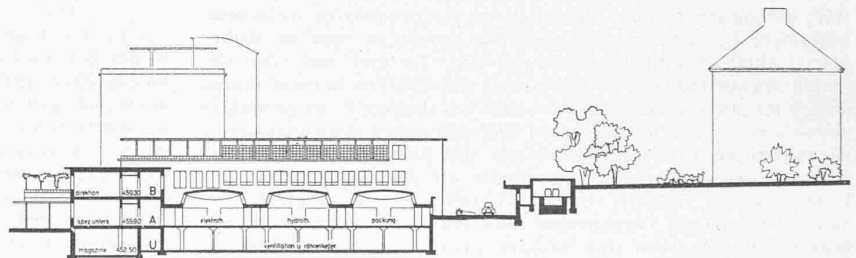
Das Physikalisch-Therapeutische Institut (Schluss von S. 261)

Für dieses ist ein Flachbau in der Verlängerung des Bettenhauses-Ost geplant. Dadurch besteht für das Institut die nötige Anpassungsfähigkeit in baulicher Hinsicht. Die Behandlungsräume, die poliklinischen Untersuchungszimmer, der Unterrichtsraum und die Abteilung für Spezialuntersuchungen liegen auf dem Geschoss A und sind von der Gloriosastrasse aus ebenerdig zugänglich (Abb. 15 und 16). Die Behandlungsabteilung gliedert sich in einen grösseren Abschnitt für Frauen und einen etwas kleineren Anteil für Männer. Jeder für sich ist unterteilt in drei Hallen für Elektro- und Hydro-Therapie (trockene und nasse Behandlung) und Packungen samt Ruheräumen. Dazwischen liegt eine gemeinsame Abteilung für besondere Behandlungsmethoden und die Fangoküche. Die einzelnen Behandlungsplätze sind in den Hallen durch Wände abgeteilt, der Mittelgang dient dem Badepersonal. Zwischen den drei Hallen und längs den Aussenwänden liegen die Patientenzugänge mit den Auskleidekabinen.

Das Geschoss B enthält die Direktionsräumlichkeiten, Versuchsbäder und Laboratorien, sowie die Bettenabteilung, die sich

noch über einen Viertel dieses Geschosses im Bettenhaus-Ost erstreckt. Sie umfasst 36 allgemeine und fünf Privatbetten mit Liegeterrassen vor den Zimmern und erhält eine besondere Klimakammer.

Ein Aufbau in der Höhe des Geschosses C enthält die Aufenthaltsräume für Bad- und Massagepersonal-Schüler und Schülerinnen, sowie die Ventilationsanlage. Auf dem Geschoss F des Bettenhauses-Ost befindet sich eine Sonnenbadeanlage (vgl. Abb. 11 auf Seite 259 in letzter Nr.).



PHYSIKALISCH-THERAP. INSTITUT DERMATOLOGIE
Abb. 16. Schnitt durch den Flachbau des Physikalisch-Therapeutischen Instituts. — 1 : 800

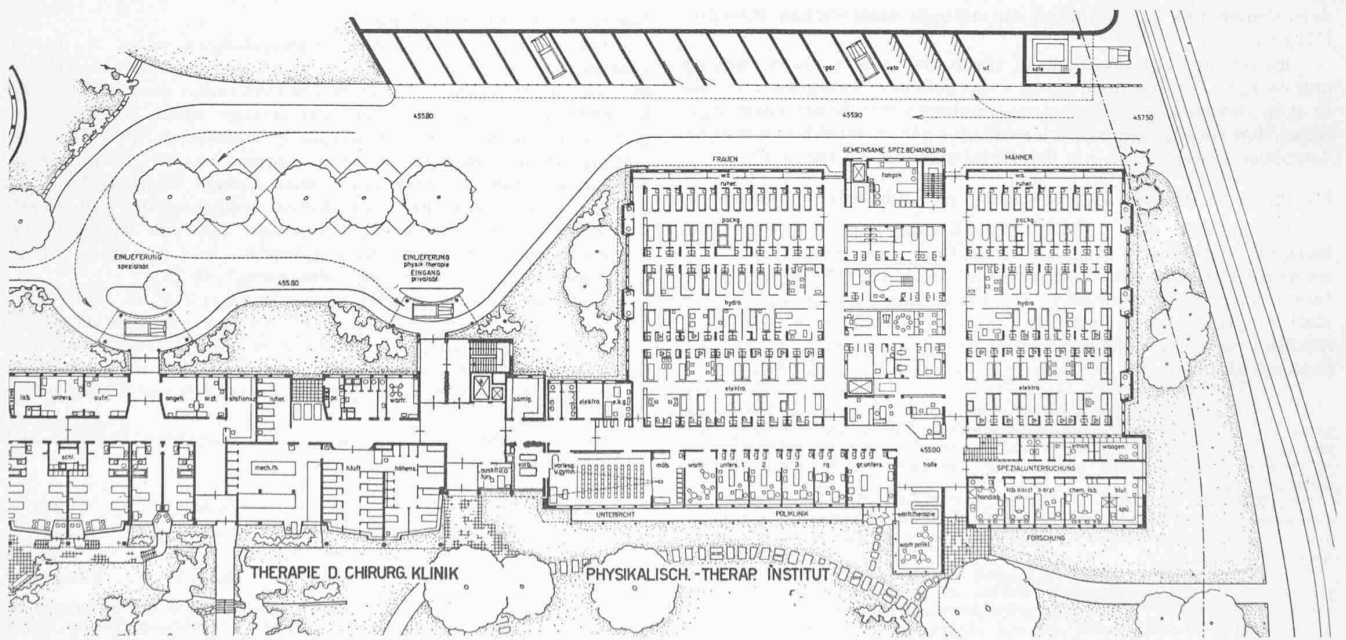


Abb. 15. Ostliches Ende des Bettenhauses Ost, Geschoss A, rechts die Gloriosastrasse, Zugang zum Hörsaalflügel und Einlieferung links: Spezialabteilung (Absonderung, vgl. Abb. 4, S. 255); rechts davon in das Physikalisch-Therapeutische Institut Masstab 1 : 800