

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 127/128 (1946)
Heft: 12

Artikel: Betriebsereignisse der Wärmepumpanlage der Amtshäuser I bis V der Stadt Zürich
Autor: Zürich. Heizamt / Ostertag, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83905>

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: 14.05.2025

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

Betriebsergebnisse der Wärmepumpanlage der Amtshäuser I bis V der Stadt Zürich

Mitgeteilt vom Heizamt der Stadt Zürich

Nachdem die zur Heizung der Amtshäuser I bis V der Stadt Zürich im Jahre 1943 erstellte Wärmepumpanlage nun während zwei vollen Heizperioden mit Erfolg gearbeitet hat, dürften die dabei erzielten Betriebsergebnisse für weitere Kreise um so interessanter sein, als das Projekt damals von verschiedenen Seiten scharf kritisiert wurde¹⁾. Der Entschluss zur Erstellung der Anlage stützte sich damals auf sorgfältige Vorausberechnungen des Wärme- und Energiebedarfes im Verlauf eines Normalwinters sowie auf die über viele Jahre geführten Betriebsaufzeichnungen in den kohlengefeuerten Heizanlagen der Amtshäuser. Diesen Protokollen war zu entnehmen, dass die Vorlauftemperatur von 50° C bis zu einer Aussentemperatur von etwa 0° genügte und dass mit Heizwassertemperaturen unter 50° C im Vorlauf während rund 80% der ganzen Betriebszeit gearbeitet werden kann. Diese Feststellungen liessen beim Wärmepumpenbetrieb mit 50° höchster Heizwassertemperatur bei Kondenseraustritt günstige Betriebsergebnisse erwarten. Mitbestimmend waren die sehr befriedigenden Erfahrungen, die mit der Wärmepumpenheizentrale im Hallenbad der Stadt Zürich gemacht worden sind. Allerdings eigneten sich die dort gestellten Heizaufgaben für die Anwendung von Wärmepumpen besonders gut, indem die Betriebstemperaturen des aufzuheizenden Wassers bei Kondenseraustritt in der Gegend von nur 40° C liegen und in seltenen Ausnahmefällen bis 50° ansteigen. Ganz anders bei den Amtshäusern: Hier sind ausschliesslich Zentralheizungen mit Radiatoren, die z. T. aus dem Jahre 1914 stammen, zu speisen, deren Heizflächen so knapp bemessen sind, dass grosse Teile des Netzes zur Abgabe der grössten Heizleistung (bei -20° Aussentemperatur) Vorlauftemperaturen bis 90° verlangen. Diese grössten Heizleistungen betragen für die Gebäudegruppe I, III und IV 1,8 Mio kcal/h, für Gebäude II und V 1,52 Mio kcal/h, insgesamt 3,32 Mio kcal/h. Nach vollem Ausbau des Amtshauses V steigt der Wärmebedarf um 0,64 Mio kcal/h auf insgesamt 3,96 Mio kcal/h, für welche Leistung die bestehenden Heizkessel ausgebaut sind.

Die Wärmepumpenanlage kam auf Ende 1943 in Betrieb und hat seither bei nur wenig eingeschränktem Heizbetrieb fast den gesamten Wärmebedarf der angeschlossenen Zentralheizung gedeckt. Zunächst ist festzustellen, dass sie sich seither ausgezeichnet bewährt hat. Die Erwartungen hinsichtlich Heizgrenze und Wirtschaftlichkeit sind nicht nur erfüllt, sondern sogar übertroffen worden. In den letzten beiden Wintern musste die Kohlenfeuerung nie wegen ungenügender Wärmeleistung durch die

Wärmepumpen oder zu niedrigen Raumtemperaturen in Betrieb genommen werden. Nur zweimal griff man kurzzeitig auf sie zurück, um Betriebsstörungen zu überbrücken; in einen Falle handelte es sich um das Befestigen lose gewordener Kabel an den Hauptmotoren, im andern um eine Reparatur an einer Limmatwasserpumpe. Die Raumtemperaturen konnten im Mittel auf rund 17,5° C gehalten werden. Zum Aufrechterhalten der vollen Innentemperatur von 18 bis 19° C wird es allerdings bei länger dauernden Kälteperioden nötig sein, in vermehrtem Masse mit Kohlen nachzuheizen, besonders wenn die geplante Erweiterung des Amtshauses V durchgeführt sein wird.

Die Ermittlung der effektiven Gradtage erfolgte auf Grund der Aufzeichnungen der meteorologischen Zentralanstalt Zürich. Zur Bestimmung der an die beiden Heiznetze abgegebenen Wärmemengen stand je ein Siemens-Wärmezähler²⁾ zur Verfügung. Diese Apparate, die von der «Siemens Elektrizitätserzeugnisse AG.», Zürich, geliefert wurden, messen mit zwei Thermoelementen 5 (Bild 1) die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf und mit einer Normblende 2 die umlaufende Heizwassermenge. Diese kann an einem Schwimmermanometer 3 abgelesen werden und wird laufend an einem dort eingebauten Zählwerk 6 gezählt. Die Multiplikation der Temperaturdifferenz mit der Menge kommt durch die Bewegung des Fallbügels 14 zustande, dessen Hub der Temperaturdifferenz und dessen stündliche Hubzahl der Wassermenge verhältnismässig sind. Hub mal Hubzahl ergibt eine Strecke, die vom Zählwerk 18 im eigentlichen Wärmezähler 1 registriert wird.

Das Zählwerk 7 im Schwimmermanometer ist mit einem Kontaktwerk versehen, das jeweilen nach Durchfluss einer bestimmten Wassermenge einen Stromimpuls durch die Leitung 19 gibt. Dieser rückt im Wärmezähler durch den Magneten 9 die Klinke 10 aus ihrem Eingriff aus, worauf der Motor 8 die Vertikalwelle um eine Umdrehung dreht, bis 10 wieder einklinkt. Die Zahl der Umdrehungen gibt wiederum die Durchflussmenge, die bei 11 gezählt wird. Der exzentrische Rand 12 am oberen Ende der Vertikalwelle nimmt bei der Drehung den Mitnehmer 13 mit und veranlasst so eine Ab- und Aufwärtsbewegung des Fallbügels 14. Bei der Abwärtsbewegung kommt die unten schräg abgeschnittene Platte 15 auf den Zeiger 7 zum Aufliegen (siehe oberer Teil des Bildes 1), wodurch der Hub des Fallhebels begrenzt wird; er ist also um so grösser, je grösser die Auslenkung des Zeigers 7. Hub und Hubzahl werden über das Sperrrad 17 auf das Zählwerk 18 übertragen und dort registriert.

Der Energieverbrauch der Ammoniakkompressoren und der Limmatwasser- und Umwälzpumpen wurde getrennt an zwei Zählern täglich jeweilen um 22.00 h abgelesen. Die Messergebnisse sind auf Tabelle 1 zusammengestellt.

²⁾ Siehe SBZ Bd. 102, S. 273* (1933).

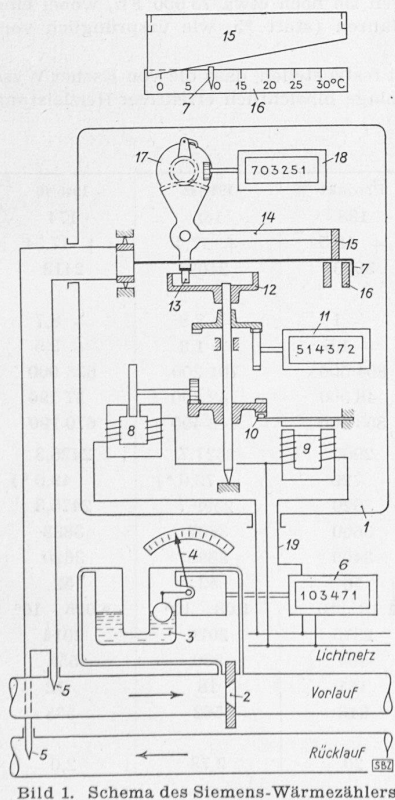


Bild 1. Schema des Siemens-Wärmezählers

¹⁾ Vergleiche SBZ Bd. 122, S. 34 (1943) und Bd. 124, S. 89 (1944).

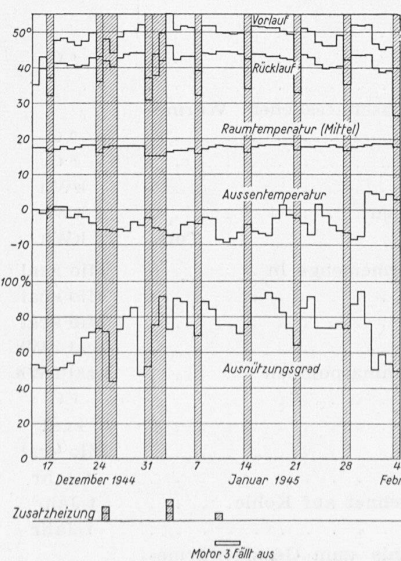
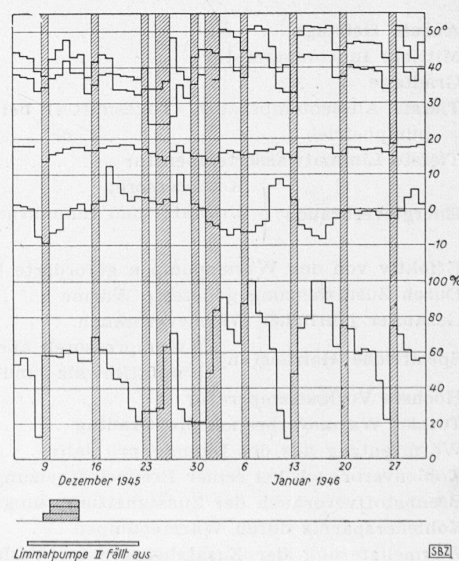


Bild 2 und 3. Ausschnitt aus dem Betriebsdiagramm der Winter 1944/45 und 1945/46
Unten: Anzahl eingesetzter Heizkessel und vorgekommene Betriebsstörungen



SBZ

Man erkennt als wichtigstes Ergebnis, dass die der Wirtschaftlichkeitsberechnung in der Weisung des Heizamtes an den Stadtrat vom 17. Juni 1943 zu Grunde gelegte mittlere spezifische Heizleistung der ganzen Heizsaison (einschliesslich Limmatwasser- und Umwälzpumpen) von 3400 kcal/kWh im Winter 1944/45 genau erreicht, im Winter 1945/46 sogar um 6,5 % überschritten worden ist. Dieses Ergebnis ist um so bemerkenswerter, als zur Ueberbrückung der Kälteperioden zeitweise mit höheren Vorlauftemperaturen (52 statt 50 °C) gearbeitet worden ist. Die günstigere spezifische Heizleistung des zweiten Winters rührt hauptsächlich vom wärmeren Limmatwasser her; dann auch vom Umstand, dass die Kälteperioden mit Aussentemperaturen wesentlich unter 0 ° gegenüber dem Vorwinter viel kürzer waren (s. Bild 2 u. 3) und somit weniger lange, nämlich nur 10 gegenüber 21 Tage, mit höchsten Vorlauftemperaturen (von 50 bis 52 °), also mit höchstem Energiebedarf gearbeitet werden musste.

Vergleicht man die Gradtage (Tabelle 1), so stellt man fest, dass der zweite Winter unwesentlich kälter war als der erste. Trotzdem musste im zweiten Winter weniger Wärme erzeugt werden (rund 4 %) als im ersten, während die mittleren Raumtemperaturen eher etwas höher lagen. Dieser scheinbare Widerspruch rührt hauptsächlich vom Umstand her, dass im zweiten Winter jeweiligen Samstag nicht gearbeitet wurde und demzufolge die Heizanlage bereits Freitag vormittags abgestellt werden konnte.

Die dem Projekt zu Grunde gelegten Verhältnisse sind in der ersten Spalte der Tabelle 1 aufgeführt. Sie stützen sich auf den gemessenen Vorkriegs-Kohlenverbrauch von 804 t pro Jahr und die entsprechende Heizwärme von 3620 Mio kcal (Heizwert 6900 kcal/kg; mittlerer Jahreswirkungsgrad 65 %). Davon sollten nach Projekt 80 % oder 2900 Mio kcal durch die Wärmepumpen geliefert werden.

Die effektive Heizleistung wurde von der Lieferfirma zu 1,5 Mio kcal/h garantiert, gemessen bei einer Limmatwassertemperatur von +4 °C und bei einer Vorlauftemperatur bei Kondenseraustritt von +50 °C. Die Betriebsmessungen mit vier gleichzeitig betriebenen Kompressoren ergaben bei Limmatwasser von 2 °C und 50 °C Vorlauftemperatur 1,32 Mio kcal/h, was nach Umrechnung mit Hilfe der Kompressorcharakteristik bei 4 °C Limmattemperatur die garantierte Heizleistung ergibt.

Um bei den gegebenen wärmeübertragenden Oberflächen der Verdampfer und Kondensatoren mit kleineren Temperaturdifferenzen arbeiten zu können und so günstige Leistungsziffern zu erhalten, wurden möglichst wenig Kompressoren gleichzeitig eingesetzt und die tägliche Betriebszeit bis an die durch die Sperrzeiten des Netzes gegebene Grenze ausgedehnt. Diese Betriebsweise war namentlich bei niedrigen Aussentemperaturen nötig, um trotz der kleineren Leistungsfähigkeit von 1,5 Mio kcal/h gegenüber 4,0 Mio kcal/h der bestehenden kohlengefeuerten Heizkessel den Wärmebedarf decken zu können. Man hielt also die Raumtemperaturen auch über Nacht angenähert auf normaler Höhe, und es wäre demzufolge bei diesem durchgehenden

Betrieb ein gegenüber der früheren Kohlenheizung grösserer Wärmeverbrauch pro Gradtag zu erwarten gewesen. Demgegenüber ergeben die Betriebsbeobachtungen, wie aus Tabelle 1 hervorgeht, um 8,5 bis 13 % kleinere Verbrauchszahlen. Dieses günstige Ergebnis rührt von den wesentlich milderen und dem effektiven Wärmebedarf feiner angepassten Vorlauftemperaturen und der damit zusammenhängenden aufmerksameren Bedienung der Wärmeverteilung her. So wurden die mit grösseren Heizflächen ausgerüsteten neuen Gebäude mit Rücklaufwasser aus den älteren, knapp bemessenen Raumheizanlagen beschickt, wodurch das Ueberheizen einzelner Raumgruppen und die durch Fensteröffnen entstandenen grösseren Wärmeverluste vermieden werden konnten.

Bei voller Leistung kühlt sich das den Verdampfern zugeführte Limmatwasser um 0,2 °C ab; auf die minimale Wasserführung der Limmat von 33 m³/s bezogen, beträgt die Abkühlung höchstens 0,01 °C.

Bei der Berechnung der Betriebskostensparnisse gegenüber Brennstoffheizung (Tabelle 2) wurden die in den Heizperioden 1944/45 und 1945/46 effektiv gemessenen Wärmemengen eingesetzt, in der Annahme, dass die oben erwähnten Betriebsverbesserungen auch beim Heizkesselbetrieb erzielt worden wären.

Die Bedienungskosten waren bedeutend kleiner als sie bei reiner Brennstoffheizung gewesen wären; sie konnten im zweiten Winter durch Einschränken des Betriebes an Samstagen und vermehrte Ausnutzung der Automatik gegenüber dem ersten Winter weiter gesenkt werden. In noch weit höherem Masse war dies bei den Kosten für Revisionen und Betriebsmittel (Öl, Ammoniak) der Fall und es ist anzunehmen, dass diese Beträge in Zukunft noch weiter sinken werden.

Für die Berechnung der Brennstoffkosten, die sich bei reiner thermischer Heizung mit den bestehenden Kesseln ergeben hätten, wurde für die beiden Winter je ein besonderer Feuerungsplan aufgestellt, in dem die zugeteilten und aus dem Vorrat noch verfügbaren Brennstoffsorten zu den von der Preiskontrollstelle vorgeschriebenen Preisen eingetragen wurden. Dies ergab die in Tabelle 2 aufgeführten Durchschnittspreise, umgerechnet auf den Wärmewert von 1 t Koks. Im zweiten Winter hätten wesentlich mehr einheimische Ersatzbrennstoffe verfeuert werden müssen, weshalb dort ein bedeutend höherer Durchschnittspreis einzusetzen war. Diese hohen Brennstoffpreise ergeben sehr bedeutende Betriebskostenüberschüsse, die nach Abzug des für die Verzinsung erforderlichen Betrages eine rasche Amortisation der Anlagekosten ermöglichten. Selbstverständlich werden die zur Amortisation verfügbaren Beträge mit der Verbesserung der Kohlenversorgung kleiner ausfallen; bei einem Durchschnittspreis von 180 Fr./t, wie er heute für Koks aus Importkohle gilt und Vorkriegsheizung, betragen sie noch etwa 73 000 Fr., wobei eine Amortisation in acht Jahren (statt 25, wie ursprünglich vorgesehen) möglich wäre.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die von Escher Wyss erstellte Wärmepumpenanlage hinsichtlich effektiver Heizleistung

Tabelle 1. Betriebsergebnisse der Wärmepumpenanlage der städtischen Amtshäuser in Zürich

		Projekt	1944/45	1945/46
Anzahl Heiztage		198	165	174
Mittlere Innentemperatur	°C	+ 18,5	+ 17,4	+ 17,54
Gradtage		3070	2409	2412
Tiefste Aussentemperatur (Tagesmittel) bei ausschliesslichem Wärmepumpbetrieb	°C	— 1	— 8,8	— 8,7
Tiefste Limmatwassertemperatur	°C	+ 1,5	+ 1,3	+ 3,5
Energieverbrauch {	Kompressoren	kWh	804 500	701 200
	Umwälz- und Limmatpumpen	kWh	48 500	42 200
	Total	kWh	853 000	743 400
Effektiv von den Wärmepumpen geförderte Wärmemenge in	Mio kcal	2900	2527,7	2426,3
Durch Zusatzheizung gelieferte Wärme	Mio kcal	720	72,0 *)	49,0 *)
Gesamter jährlicher Wärmeverbrauch	Mio kcal	3620	2599,7	2475,3
Spezifische Heizleistung {	Kompressoren allein	kcal/kWh	3600	3602
	mit Umwälz- und Limmatpumpen	kcal/kWh	3400	3398
Höchste Vorlauftemperatur	°C	50	52	52
Totaler Wärmeverbrauch pro Gradtag	kcal	1,18 · 10 ⁶	1,08 · 10 ⁶	1,025 · 10 ⁶
Wärmeentzug aus der Limmat pro Jahr	Mio kcal	2375	2070	2014
Kohlenverbrauch bei reiner Brennstoffheizung	t/Jahr	804	580	550
Brennstoffverbrauch der Zusatzheizung, umgerechnet auf Kohle	t/Jahr	161	18	12
Kohlensparnis durch Wärmepumpen	t/Jahr	643	562	538
Wärmelieferung der Zusatzheizung im Verhältnis zum Gesamtwärmeverbrauch	%	20	2,78	2,0

*) Effektiver Heizwert wegen Stossbetrieb nur 4000 kcal/kg.

und Energiebedarf den abgegebenen Garantien entspricht. Das Anwendungsgebiet ist wesentlich weiter, als die vorsichtige Vorausberechnung erwarten liess: die aufgetretenen Kälteperioden mit Spitzen bis $-8,8^{\circ}\text{C}$ (Tagesmittel) konnten mit den Wärmepumpen allein bewältigt werden, wobei die Innentemperaturen nicht nennenswert absanken, während nach Vorausberechnung bereits bei -1°C mit thermischer Zusatzheizung hätte begonnen werden müssen. Die Bedienungskosten sind wesentlich kleiner als bei reiner Brennstoffheizung; es ist zu erwarten, dass auch die übrigen Betriebskosten noch weiter erheblich gesenkt werden können. Bei gleich grosser Wärmelieferung mit den bestehenden, mit festen Brennstoffen gefeuerten Kesseln hätten sich wegen der Notwendigkeit, teure einheimische Ersatzbrennstoffe verwenden zu müssen, sehr viel höhere Betriebskosten ergeben. Die gegenüber einem solchen Betrieb erzielten Ersparnisse gestatteten, in den zwei Heizperioden 1944/45 und 1945/46 die Anlagekosten von 820 000 Fr. auf 575 754 Fr. zu amortisieren. Wenn auch in den kommenden Jahren wegen niedrigeren Vergleichspreisen für feste Brennstoffe mit kleineren, zur Amortisation verfügbaren Betriebsüberschüssen zu rechnen ist, so zeigt doch der bisherige Betrieb, dass die Wärmepumpen der Amtshäuser der Stadt Zürich nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich eine sehr zweckmässige Lösung des Heizproblems darstellen.

*

Im Anschluss an den Bericht des Städtischen Heizamtes seien nachfolgend einige grundsätzliche Bemerkungen über die Aussichten der Wärmepumpen für Raumheizung in unserem Lande angeführt. Die finanziell sehr günstigen Betriebsergebnisse, die in den Zürcher Amtshäusern erreicht worden sind, beruhen, wie aus dem Bericht hervorgeht, zur Hauptsache auf den ausserordentlich hohen Brennstoffkosten, die ohne Wärmepumpen hätten ausgelegt werden müssen. Nachdem die Kohlenversorgung sich zu bessern beginnt und die besonders teuren Ersatzbrennstoffe für Vergleichsrechnungen nicht mehr zu berücksichtigen sind, ergeben sich naturgemäss kleinere Betriebskostenüberschüsse zugunsten der Wärmepumpe und es stellt sich die Frage, ob für neue Anlagen, die in den nächsten Jahren in Betrieb kommen sollen, diese neue Heizart auch noch berechtigt sei. Hierauf ist zunächst zu antworten, dass eine generelle Regel nicht aufgestellt werden kann, sondern jeder einzelne Fall für sich sorgfältig geprüft werden muss. Nichts würde der gesunden Entwicklung mehr schaden, als das Erstellen von Anlagen, die sich später als ungeeignet erweisen sollten.

Die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe ist im wesentlichen durch die Anlagekosten (bzw. Mehrkosten gegenüber Brennstoffheizungen), sowie durch die jährlichen Einsparungen an Betriebsmittel- und Bedienungskosten gegenüber einer mit Brennstoff gefeuerten Heizung bestimmt, mit denen die An-

lagekosten zu verzinsen und zu amortisieren sind. Löhne und Materialpreise sind gegenüber 1943 (Erstellungsjahr der Amtshäuser-Anlage) noch angestiegen. Ein Senken der Anlagekosten kann daher vorläufig nur durch technische Verbesserungen herbeigeführt werden. Dies scheint bei der Verdampferanlage tatsächlich möglich zu sein: Die seinerzeit vom Besteller für die Amtshäuserheizung gestellte Bedingung, dass die Anlage bei den niedrigsten Limmatwassertemperaturen ($+1,5^{\circ}\text{C}$) noch voll müsse arbeiten können, zwang zur Wahl sehr grosser Verdampferoberflächen und ergab so lange, kostspielige Kanäle für das Limmatwasser. Es fragt sich, ob nicht bei neu zu erstellenden Anlagen diese Bedingung etwas gelockert werden könnte, etwa durch Festsetzen einer niedrigsten Berechnungstemperatur von $+2^{\circ}\text{C}$. Bei tieferen Temperaturen der Wärmequelle (unter $+2^{\circ}\text{C}$), die nur sehr selten vorkommen, ergeben sich bei geeigneter Verdampferkonstruktion infolge Eisansatzes etwas kleinere Heizleistungen, ohne dass dadurch der Betrieb wesentlich eingeschränkt werden müsste. Hier ist zu beachten, dass die Verringerung der Oberfläche nicht im Verhältnis mit der Zunahme der mittleren Temperaturdifferenz, sondern viel stärker gewählt werden kann, da bei schwachen Flächenbelastungen, wie sie in solchen Fällen angewendet werden müssen, die Durchgangszahlen mit diesen Belastungen stark anwachsen.

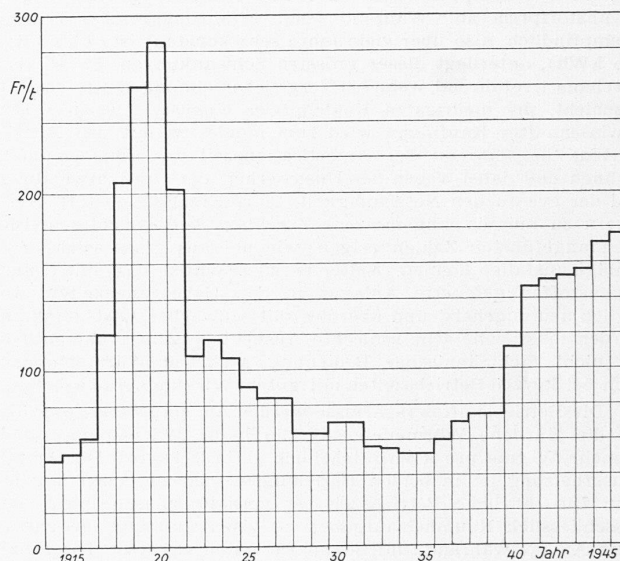


Bild 4. Kokspreise für Grossbezüger in Zürich, 1914 bis 1946

Tabelle 2. Betriebskosten und Amortisation

		Projekt	1944/45	1945/46
Wärmepumpe. Strompreis	Rp./kWh	4,6	3,8	5,0
Stromkosten, einschliesslich Zählergebühren {	Wärmepumpenzentrale.	Fr. 36 950	28 327	33 565
	Alte Heizwasserpumpen	Fr. 2 230	2 200	2 350
Brennstoffkosten für Zusatzheizung	Fr.	28 980	2 826	2 658
Bedienung	Fr.	12 000	9 331	8 244
Aufsicht, Revisionen, Betriebsmittel	Fr.	2 000	5 196	3 607
Wasserzins für Oelkühler	Fr.	—	450	450
Entschädigung für Wärmebezug aus der Limmat	Fr.	1 000	1 150	1 150
	Fr.	83 160	49 480	52 024
<i>Brennstoffgefeuerte Vergleichsanlage</i>				
Brennmaterial pro Jahr {	Menge.	t	804	580
	Einheitspreis	Fr./t	180	272
	Kosten	Fr.	144 720	157 760
Bedienung	Fr.	15 000	15 000	15 000
Revision und Kesselreinigung	Fr.	250	250	250
Schlackenabfuhr	Fr.	100	100	100
Kaminfeger	Fr.	500	500	500
Strom für Umwälzpumpen	Fr.	3 330	2 750	2 900
Gesamte Betriebskosten	Fr.	163 900	176 360	223 350
<i>Betriebskosten-Ueberschuss der reinen Brennstoffheizung gegenüber Wärmepumpe</i>				
Wärmepumpe	Fr.	80 740	126 880	171 326
Anlagekapital	Fr.	820 000	820 000	721 820
Betrag für Verzinsung, $3\frac{1}{2}\%$	Fr.	28 700	28 700	25 260
Betrag für Amortisation	Fr.	52 040	98 180	146 066
Kapital nach erfolgter Amortisation	Fr.	767 960	721 820	575 754

Eine weitere starke Verkleinerung der Verdampferanlage scheint auch durch solche konstruktive Massnahmen möglich, die bezwecken, den Wärmeübergang vom verdampfenden Kältemittel an die Wand zu verbessern; die heute meist noch üblichen grossen Unterschiede in den Durchgangszahlen zwischen Kondensatoren und Verdampfer deuten auf Verbesserungsmöglichkeiten hin, die in letzter Zeit bereits in einzelnen Fällen mit Erfolg ausgenützt werden konnten.

Sobald statt Flusswasser Grundwasser als Wärmequelle verwendet werden kann, lässt sich die Verdampferanlage bedeutend billiger bauen: Die grösseren verfügbaren Temperaturdifferenzen gestatten eine sehr beträchtliche Verkleinerung der Oberflächen. Da keine Einfriergefahr besteht, lassen sich geschlossene Röhrenbündelapparate verwenden, die im Maschinenraum oder im Kellergeschoss untergebracht werden können und deren Aufstellung nur ganz geringfügige bauliche Massnahmen erfordern. Zudem kommt man mit etwas kleineren Kompressoren aus, und der Wirkungsgrad der Gesamtanlage verbessert sich, da der Wärmeentzug bei höherer, das ganze Jahr hindurch unveränderlicher Temperatur stattfindet. Alle diese Momente wirken im Sinne einer Verkleinerung der Anlage- und Betriebskosten.

Die erzielbaren Einsparungen an Betriebsmittelkosten hängen vom Strompreis und vom heiztechnisch gleichwertigen Brennstoffpreis ab. Während jener erfahrungsgemäss krisenunempfindlich, also über viele Jahre sehr konstant ist (4 bis 5 Rp. pro kWh), unterliegt dieser grössten Schwankungen. Es ist also durchaus irreführend, wenn bei Vergleichsrechnungen, wie das oft geschieht, die niedrigsten Kohlenpreise eingesetzt werden. Ein gewissenhafter Kaufmann wird zum mindesten mit den Mittelwerten, die während der Amortisationszeit zu erwarten sind, rechnen und dabei wegen der Unsicherheit der Preisentwicklung und der eventuellen Notwendigkeit, teure Ersatzbrennstoffe verbrennen zu müssen, angemessene Zuschläge berücksichtigen. Die oben angeführten Zahlen zeigen, wie überaus gross solche Zuschläge ausfallen können. Weiter ist zu beachten, dass mit festen Brennstoffen gefeuerte Anlagen in den Uebergangszeiten, wo täglich neu angeheizt und überdies mit schwacher Last gefahren werden muss, eine sehr schlechte Ausbeute ergeben, namentlich bei nicht fachmännischer Bedienung, während Wärmepumpen auch bei kurzen Betriebszeiten mit gutem Wirkungsgrad arbeiten.

Die Betriebsmittelsparnisse werden um so grösser, je grösser die jährliche Wärmelieferung durch die Wärmepumpe und je mehr Wärme pro kWh tatsächlich gefördert wird. Die Amtshäuserheizung ist in beiden Beziehungen ausgesprochen ungünstig: Die jährliche Betriebszeit ist verhältnismässig klein, da ausschliesslich Raumheizaufgaben zu lösen sind und die ganze teure Anlage während fünf Sommermonaten stillsteht. Die Heiznetze, die z. T. aus dem Jahre 1914 stammen, verlangen hohe Heizwassertemperaturen. Andererseits wird das Limmatwasser im Winter sehr kalt (bis $+1,5^{\circ}\text{C}$). Es ist also ein grosses Temperaturgefälle zu überwinden, was entsprechend viel Energie pro geförderte Wärmeeinheit verlangt. Demgegenüber wird es bei neuen Anlagen in vielen Fällen möglich sein, sie wenigstens teilweise das ganze Jahr zu betreiben, z. B. für Warmwasserbereitung zur Versorgung von Bädern, Wäschereien, Hotels, oder durch Kombination mit Kühlanlagen. Die Warmwasserbereitung gestattet das Ausnützen von Verlust- und Abwärmen (Oelkühler, Zylinderkühlung, Unterkühlung des verflüssigten Betriebsmittels, Kühlluft der Antriebsmotoren), und ermöglicht so eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades. Moderne Zentralheizungen werden aus hygienischen Gründen mit milden Heizwassertemperaturen ausgelegt, so dass sich für Wärmepumpen höhere spezifische Heizleistungen ergeben. Besonders günstig sind Strahlungsheizungen, deren Vorlauf nur ausnahmsweise 40°C überschreitet. Bedenkt man schliesslich, dass die Bedienung bei Wärmepumpen nur etwa die Hälfte der mit festen Brennstoffen arbeitenden Heizkessel kostet und dass der saubere, ruhige Betrieb der Wärmepumpen ohne Rauch, Russ und Staub weitere wesentliche Vorteile besonders in dicht besiedelten Gebieten bietet, so erkennt man, dass namhafte Momente vorliegen, die zugunsten der Erstellung weiterer Wärmepumpenanlagen auch unter den heutigen, veränderten Verhältnissen wirken. Tatsächlich sind denn auch in letzter Zeit eine grössere Anzahl solcher Anlagen erstellt worden, und weitere Anlagen befinden sich im Bau.

Abschliessend sei noch darauf hingewiesen, dass der Begriff Wirtschaftlichkeit oft viel zu eng aufgefasst wird: Man rechnet meist nur mit den guten Zeiten und den alsdann geltenden günstigen Preisen und gesicherten Versorgungsverhältnissen. Es ist aber für unser kleines, vom Ausland wirtschaftlich stets stark abhängiges Land doppelt wichtig, dass unsere Betriebe auch in Kriegs- und Krisenzeiten ohne gefährliche Be-

einträchtigung ihrer Arbeitsleistungen durchkommen. Um dies zu ermöglichen, müssen entsprechende Massnahmen in guten Zeiten getroffen werden, auch wenn eine Wirtschaftlichkeit, gemessen mit den üblichen Masstäben, alsdann nicht nachgewiesen werden kann. Zu solchen Massnahmen gehört das Erstellen von richtig disponierten Wärmepumpen, die mit geringem Energieaufwand erhebliche Brennstoffmengen einzusparen gestatten und so mithelfen, die Krisenempfindlichkeit unserer Volkswirtschaft zu mildern.

A. Ostertag

Berghang-Entwässerung

Exkursionsbericht aus dem Gebiet Giswilerstock-Entlebuch

Nachdem bereits Autoritäten wie Escher von der Linth, Coaz und Albert Heim mit Nachdruck darauf aufmerksam gemacht hatten, ist es das unbestreitbare Verdienst des Geologen Dr. Hans Stauber in Zürich, auf Grund sorgfältiger Forschungsarbeit¹⁾ auf die zunehmende Vernässung der Berghänge und deren von Jahr zu Jahr steigende Schäden (Entwertung ausgedehnter Weid- und Waldflächen, Rutschungen, Rufen, Wildbäche, Murgänge, Produktion von Geschiebe) hingewiesen und Mittel zur Abhilfe gezeigt zu haben. Der Schweizerische Verband für Wasserwirtschaft und die Schweizerische Vereinigung für Landesplanung hatten bereits letzten Herbst in dieser Sache eine Exkursion ins Prätigau veranstaltet, die sich recht fruchtbar ausgewirkt hat, sodass die genannten Organisationen dadurch ermutigt vom 27.—29. Juni 1946 eine Exkursion in das Gebiet der Giswilerstöcke und ins Entlebuch folgen liessen. Um im vorliegenden Bericht Wiederholungen möglichst zu vermeiden, verweisen wir auf den letztjährigen Exkursionsbericht von Dr. E. Staudacher²⁾. Es sei hier nur kurz erinnert, dass sich die Vernässung besonders katastrophal in Gebieten von Flysch, Bündner-Schiefer, Molasse und Grundmoränen auswirkt und zum grossen Teil der Vernachlässigung der Quellvorkommen und Wasserläufe zuzuschreiben ist. Ferner sei daran erinnert, dass die Bestrebungen von Dr. Stauber dahin gehen: Radikale Entwässerung der Einzugsgebiete von oben nach unten nach einem durch Fachgeologen erstellten Quell- und Vernässungsplan, Fassen aller Quellen direkt am Horizont und offene Ableitung je nach den örtlichen geologischen und topographischen Verhältnissen in einer Nachbildung natürlicher Bäche mit Natursteinbelag als Sohlensicherung möglichst in der direkten Fallrichtung, möglichste Verwendung des gefassten Wassers als Trinkwasser, zur Bewässerung zu trockener Gebiete, unter Umständen für kleine Kraftwerke in Berggemeinden. Gegen die Notwendigkeit einer Sanierung des Wasserhaushaltes der Einzugsgebiete hat man bisher keine Stimmen vernommen. Die Kritik namentlich aus Technikerkreisen gegen die Methode Dr. Stauber erstreckte sich in der Hauptsache auf Zweifel an der Stabilität seiner

¹⁾ Dr. Hans Stauber: Wasserabfluss, Bodenbewegung und Geschiebetransport in unseren Berglandschaften; «Wasser- und Energiewirtschaft» 1944, Hefte 4—5, 7—8, 10—11, auch als Sonderdruck erhältlich.

²⁾ Berghang-Entwässerung. Bericht über eine Exkursion. Von Dr. E. Staudacher, Bauingenieur, Zürich; SBZ, Bd. 126, Nr. 19 vom 10. November 1945.



Bild 1. Schuttkegel des Laubaches, Kt. Obwalden. Unter dem Grundwald am linken Ufer liegt 40 m unter dem Schutt das alte Dorf Giswil begraben. Im Hintergrund das heutige Giswil