Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 69 (1977)

Heft: 11-12

Artikel: Elektromechanische Wärmepumpen : Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungsaussichten in der Schweiz

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941511

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: 22.07.2025

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

Elektromechanische Wärmepumpen

DK 621.577

Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungsaussichten in der Schweiz

Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR), Würenlingen

Ende 1974 beauftragte das Eidg. Amt für Energiewirtschaft das EIR, Untersuchungen über die Einsatzmöglichkeiten und die Entwicklungsaussichten von Wärmepumpen in der Schweiz durchzuführen. Vor uns liegt ein 400seitiger Bericht des EIR[1]), dem wir die Schlussfolgerungen entnehmen. Es wurden darin Studien des EIR, die zusammen mit schweizerischen Ingenieurunternehmungen und Industrien erarbeitet worden sind, zusammengefasst. Untersuchungen in direktem Zusammenhang mit der Sonnenenergie wurden nicht berücksichtigt.

Folgerungen und Empfehlungen

Rahmenbedingungen

Eine Einführung des Wärmepumpenverfahrens in grösserem Ausmass ist in der Schweiz im Hinblick auf die folgenden Vorteile erwünscht:

a. Dieses Verfahren ermöglicht es, beträchtliche Mengen fossiler Brennstoffe zu substituieren.

b. Bei ihm beträgt der Verbrauch an elektrischer Energie nur einen Bruchteil jenes einer elektrischen Heizung von gleicher Wärmeerzeugung.

c. Der Betrieb ist in hohem Masse umweltfreundlich. Dagegen besteht bei den Kraftwerken, welche elektrische Energie für den Kompressorantrieb liefern, eine gewisse Umweltbelastung.

d. Bei sachgemässer Ausführung verringert sich der Primärenergieverbrauch.

Die Probleme, die sich bei einer solchen Einführung stellen, konnten zwar nicht abschliessend, aber doch soweit untersucht werden, dass sich ihre Lösungsmöglichkeiten beurteilen lassen. Hieraus ergeben sich die nachstehenden Folgerungen und Empfehlungen.

Vielfalt der Aufgaben

Als ein erstes Ergebnis darf festgestellt werden, dass es in unserem Lande technisch möglich ist, dieses Verfahren für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung in beträchtlichem Ausmasse anzuwenden und damit fossile Brennstoffe einzusparen. Dabei sind allerdings verschiedene Bedingungen zu erfüllen, soll ein wirtschaftlicher Betrieb mit geringem Verbrauch an elektrischer Energie erzielt werden. Diese wurden bereits in Kapitel I genannt. Ihre Erfüllung gehört in erster Linie zu den Aufgaben der Firmen und der Fachleute, die sich mit Entwicklung, Projektierung und Ausführung von Wärmepumpen befassen. Dabei sind verschiedene Einflussgrössen zu beachten; die wichtigsten sind: das Klima, die Bauweise des Gebäudes, die Charakteristik des Heiznetzes und der Wärmequelle, die Lieferbedingungen der elektrischen Energie und der eventuell erforderlichen Zusatzenergie. Bei der Raumheizung sei vorerst festgestellt, dass alle heute üblichen Heizsysteme mit Wärmepumpen betrieben werden können, auch solche, die mit hohen Heizwassertemperaturen arbeiten. Als Beispiel hierfür sei auf die in Kapitel IX beschriebene Anlage in den Amtshäusern der Stadt Zürich hingewiesen; das Heiznetz, das sie versorgt, ist für die Heizwassertemperaturen 90/70 °C bemessen. Allerdings ist dabei eine Zusatzheizung für die Deckung des Spitzenbedarfs erforderlich. Um aber die oben erwähnten Vorteile zu erzielen, wird man die Heizsysteme so vorsehen, dass sie mit niedrigen Heizwassertemperaturen betrieben werden können.

Auch bei der Warmwasserbereitung gibt es eine höchste Temperatur, die mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erreichbar ist. Sie dürfte bei etwa 50 °C liegen, was für die meisten Anwendungen genügt. Wo noch wärmeres Wasser benötigt wird, ist es empfehlenswert, das vorgewärmte Wasser mit herkömmlichen Mitteln nachzuerwärmen.

Neuartige Aufgaben stellt die sachgemässe Erschliessung der verfügbaren Wärmequellen, worüber in Kapitel IV eingehend berichtet wurde. Die wichtigsten unter ihnen sind die öffentlichen Gewässer. Da diese nur in beschränktem Masse vorkommen und sowohl auf andere Wasserbenützer als auch auf die ökologischen Verhältnisse Rücksicht genommen werden muss, gehört es zu den Aufgaben der zuständigen Amtsstellen, für eine gerechte Zuteilung der Nutzungsrechte und für eine zweckdienliche Konstruktion der Entnahme- und Rückgabebauwerke zu sorgen. Dabei ist zu beachten, dass das Wasser nur abgekühlt, aber sonst nicht verunreinigt wird, es also auch noch für andere Zwecke verwendet werden kann.

Die Nutzung der Bodenwärme kann für Kleinanlagen bedeutungsvoll sein, wie aus den Betriebsergebnissen an einzelnen Ausführungen zu schliessen ist. Auch die Kombination mit Sonnenkollektoren verdient Beachtung. Zahlreiche Anlagen aller Grössen verwerten die Wärmemengen, die in gewerblichen und industriellen Abwässern sowie in der Abluft von Gebäuden enthalten sind. Bei allen Anlagen mit derartigen Wärmequellen müssen die Apparate an deren Eigenarten angepasst werden.

Einen wichtigen Aufgabenkreis, der auf weite Sicht geplant werden muss, bildet die Versorgung mit elektrischer Energie. Bei der Planung der Elektrizitätsversorgung ist der zukünftige Bedarf für Wärmepumpenanlagen angemessen zu berücksichtigen.

Im ganzen ergibt sich eine grosse Vielfalt von Aufgaben, an deren Lösungen ausser den auf den einschlägigen Gebieten zuständigen Industrien und Fachleuten auch die Bauherrschaften und die Amtsstellen der öffentlichen Hand beizutragen haben. Dass diese Aufgaben sachgemäss bearbeitet werden, daran sind nicht nur die einzelnen Wärmekonsumenten, sondern auch der Staat und die Oeffentlichkeit interessiert.

Erste Empfehlungen

Aus den Aufgaben, auf die vorhin hingewiesen wurde, ergeben sich die folgenden Empfehlungen:

Erstens stellt bei Wärmepumpenanlagen die Bearbeitung jener Aufgaben, die vorwiegend technischer Natur sind (Entwicklung, Projektierung, Konstruktion, Betriebsführung), wesentlich höhere Anforderungen an die damit betrauten Fachleute, als das bei brennstoffbefeuerten Heizanlagen der Fall ist. Sollen Misserfolge und Schäden vermieden

[1]) Elektromechanische Wärmepumpen — Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungsaussichten in der Schweiz. Eidg. Institut für Reaktorforschung, EIR, Würenlingen, Mai 1977. (Leitung J.-C. Mayor und F. J. Mustoe, Redaktion A. Ostertag). Erhältlich bei der EDMZ, Bern. Preis 29 Fr.

werden, so ist nachdrücklich zu empfehlen, diese Aufgaben von entsprechend ausgebildeten Sachkennern bearbeiten zu lassen und sich dazu an vertrauenswürdige Firmen zu wenden, welche über die nötigen Erfahrungen verfügen.

Zweitens verbinden sich mit der Einführung von Wärmepumpen in grösserem Ausmass Aufgaben, für deren Bearbeitung die Elektrizitätswerke und einzelne Amtsstellen zuständig sind. Es sind das einerseits Lieferbedingungen und Tarifverträge für elektrische Energie, die den Besonderheiten des Wärmepumpenbetriebs entsprechen, anderseits Richtlinien und, wenn nötig, Verordnungen, die eine sachgemässe Nutzung natürlicher Wärmequellen, deren gerechte Zuteilung an die Benützer sowie die Erhaltung gesunder ökologischer Verhältnisse bezwecken.

Drittens setzt eine solche Einführung eine auf weite Sicht angelegte Planung voraus: Es sollten die Gebiete abgegrenzt werden, für deren Versorgung Fernheiznetze vorgesehen sind, für deren Versorgung ein Ferngasnetz besteht oder geplant ist, oder in welchem günstige Wärmequellen für Wärmepumpenanlagen verfügbar sind, oder schliesslich in denen Einzelheizungen in Frage kommen. In Gebieten mit vorwiegend Wärmepumpenheizungen dürfte es empfehlenswert sein, Nutzungspläne für die infragekommenden Flussstrecken und Grundwasserströme aufzustellen.

Verzögernde Umstände

Es besteht ein allgemeines Interesse, möglichst bald in den Genuss der Vorteile zu kommen, die das Wärmepumpenverfahren bietet. Nun stehen aber dessen rascher Einführung in grösserem Ausmasse folgende Umstände entgegen:

a. Sowohl bei der Konstruktion geeigneter Heizsysteme als auch auf dem Gebiet des Kompressoren- und Apparatebaus sind noch beträchtliche Entwicklungsarbeiten zu leisten, wenn optimale Verhältnisse hinsichtlich Energieverbrauch und Wirtschaftlichkeit erzielt werden sollen. Der Anreiz hierfür ist die Aussicht auf einen angemessenen Umsatz. Dieser besteht vorläufig noch kaum.

b. Die Preise der apparativen Ausrüstung sind heute noch verhältnismässig hoch. Ausnahmen bilden lediglich jene Erzeugnisse, die vom Kältemaschinenbau unverändert übernommen werden können und dort in grossen Serien fabriziert werden. Die Preise der anderen Teile werden mit zunehmender Nachfrage sinken.

c. Planung und Ausbau der Erzeugungs- und Verteilanlagen für die elektrische Energie benötigen bei den heute in diesem Sektor herrschenden Verhältnissen viel Zeit.

d. Wohl der bei weitem wichtigste Verzögerungsgrund ist die Tatsache, dass es für den privaten Wärmekonsumenten gegenwärtig kaum einen unmittelbaren Anlass gibt, das Wärmepumpenverfahren anzuwenden. Es besteht keine akute Notlage auf den Brennstoffmärkten wie etwa während der beiden Weltkriege. Bei den heutigen Preisverhältnissen ist der wirtschaftliche Vorteil gering. Und schliesslich sind die Anlagekosten meistens beträchtlich höher als die brennstoffbefeuerter Heizungen. Mehrkosten müssen durch Einsparungen bei den Betriebsmitteln amortisiert werden, was lange dauert und unsicher ist.

Nun entbinden aber verzögernde Umstände der genannten Art nicht von der Aufgabe, die Entwicklungs- und Planungsarbeiten, auf die oben hingewiesen wurde, sowie die generelle Projektierung von Anlagen tatkräftig zu fördern. Dadurch sollen die Rahmenbedingungen erfüllt werden, aufgrund welcher Ausführungsprojekte ausgearbeitet werden können. Die Empfehlung ist um so eher berechtigt, als sich die Versorgungslage auf den Brennstoffmärkten unversehens verschlechtern und die Nachfrage nach Wärmepumpen rasch zunehmen kann.

Wärmequellen

Es besteht ein verhältnismässig reiches Angebot an natürlichen und künstlichen Wärmequellen. Um beurteilen zu können, wie diese Möglichkeiten verwendet werden sollen, muss man sich über die hierfür massgebenden Bewertungskriterien klar sein. Als solche kommen in Betracht:

a. Die technische Eignung (Temperatur, Reinheit).

b. Die Verfügbarkeit (Menge und zeitlicher Verlauf der gewinnbaren Wärme).

c. Die Aufwendungen für die Erschliessung (Energieverbrauch, Anlage- und Unterhaltskosten).

d. Ort der Vorkommen und Eignung für den Transport.

e. Die Forderungen des Umweltschutzes.

Zu diesen Kriterien kommen in jedem einzelnen Fall die Anforderungen, welche die Heizaufgabe an die Betriebsweise der Anlage stellt. So müssen bei der Raumheizung bestimmte Tagesprogramme erfüllt werden, die sich je nach der Aussentemperatur in weitem Bereiche verändern. Diesen Programmen entspricht der zeitliche Verlauf der Wärmequellenbeanspruchung. Bei Klimaanlagen sowie bei der Warmwasserbereitung ist es meist vorteilhaft, Speicher vorzusehen, welche die Verschiebung des Betriebs auf Niedertarifzeiten erlauben.

Wie die genannten Kriterien zur Eignungsbewertung der verschiedenen Wärmequellen zu gebrauchen sind, muss in jedem einzelnen Fall untersucht werden (siehe Kapitel IV). Dabei empfiehlt es sich, bei sonst gleicher Eignung technische Abwärmen gegenüber natürlichen Wärmequellen vorzuziehen, ganz besonders dann, wenn eine unerwünschte Umweltbelastung durch diese Abwärme gemildert werden kann. Man erspart sich damit zugleich die Kosten für Erschliessungsbauwerke und Nutzungsgebühren. Bei der Nutzung von Kühlwasser als Wärmequelle wird nicht nur eine Wärmebelastung des Vorfluters vermieden, sondern es verringert sich auch der Frischwasserbedarf.

Empfehlenswerte Entwicklungsaufgaben

Die ersten beiden der nachfolgend vorgeschlagenen Entwicklungsaufgaben bezwecken bessere Anpassungen einiger Anlageteile an die Erfordernisse eines wirtschaftlichen Wärmepumpenbetriebs. Da sie höhere Anlagekosten ergeben, scheint ihre Einführung den im Bauwesen bisher üblichen Bewertungskriterien zu widersprechen. Nun beginnt sich aber neuerdings auch dort die Tendenz zum Sparen mit Energie und Wärme abzuzeichnen, wobei man höhere Anlagekosten, z. B. für bessere Gebäudeisolierungen, in Kauf nimmt. Es dürften daher auch Massnahmen auf den Gebieten der Erzeugung und Verteilung von Wärme gutgeheissen werden, durch welche sich die gleiche Wirkung erzielen lässt.

Wärmeverteilsysteme

Die Deckenstrahlungs- und die Fussbodenheizung eignen sich dank niedriger Heizwassertemperaturen sehr gut für den Wärmepumpenbetrieb. Da sie aber einige Nachteile aufweisen, besteht ein noch ungedeckter Bedarf an preisgünstigen Heizkörpern und Wärmeverteilsystemen, die sich mit ähnlich niedrigen Temperaturen betreiben lassen. Dazu sind noch Entwicklungsarbeiten durchzuführen.

Kompressoren

Die in der Kältetechnik neuerdings für kleinere und mittlere Anlagen verwendeten Kolbenkompressoren genügen den höheren Anforderungen vielfach nicht, die bei Wärmepumpenanlagen an den Wirkungsgrad und die Laufruhe gestellt werden müssen. Bei der Entwicklung geeigneter Typen wird man die Beziehung zwischen der Wirkungsgradverbesserung und der Erhöhung der Gestehungskosten zu beachten haben und jene Lösung zur Serienfertigung vorsehen, die bei den am meisten vorkommenden Betriebsverhältnissen minimale Jahreskosten ergibt. Bei grossen Leistungen dürfte der Turbokompressor in seiner heutigen Form weitgehend genügen.

Automatische Steuerung und Messgeräte

Gewisse Entwicklungsarbeiten sind namentlich für jene Fälle noch zu leisten, wo Wärmepumpen mit Zusatzheizungen für die Spitzendeckung zusammenarbeiten und zwar dahingehend, dass die Wärmepumpe bei kombiniertem Betrieb möglichst gut ausgelastet wird. Erwünscht ist ferner ein preisgünstiger Wärmezähler, der es den einzelnen Konsumenten ermöglicht, ihren Verbrauch festzustellen.

Arbeitsmittel

Da die heute hierfür meist verwendeten fluorierten Chlorkohlenwasserstoffe ungünstige Strömungs- und Wärmeübergangs-Eigenschaften aufweisen, wäre ein neu zu entwickelndes Arbeitsmittel erwünscht, bei dem diese Eigenschaften ähnlich sind, wie bei Ammoniak, das aber weder giftig noch brennbar, noch sonst umweltschädigend ist. Solange ein solches Mittel fehlt, wird man in manchen Fällen auf Ammoniak zurückgreifen und dafür sorgen, dass allfällige Undichtheiten sofort erkannt und behoben werden. Dazu sollte ein kostengünstiges Gerät verfügbar sein, das Spuren von Ammoniak im Wasser anzeigt.

Schlussbemerkungen

Dass es in der Schweiz technisch möglich ist, das Wärmepumpenverfahren für die Raumheizung, die Warmwasserbereitung und für andere ähnliche Zwecke anzuwenden, beweisen die Betriebsergebnisse einer grösseren Anzahl derartiger Anlagen, die während und nach dem Zweiten Weltkrieg erstellt worden sind. Die Anlagekosten von Heizanlagen mit Wärmepumpen sind meist beträchtlich höher als jene mit brennstoffbefeuerten Heizkesseln. Die Betriebskosten hängen von der Auslegung, der Betriebsweise und den Energiekosten ab. Sie sind bei den heutigen Energiepreisen und bei richtig bemessenen und zuverlässig betriebenen Wärmepumpenanlagen meist beträchtlich geringer als bei gleichwertigen Vergleichsanlagen mit Heizölfeuerungen. Dadurch werden die Jahreskosten bei Anlagen mit Wärmepumpen unter Annahme heute üblicher Zinssätze und Amortisationsdauern meist etwas höher ausfallen als bei solchen mit ölbefeuerten Heizkesseln. Trotz dieses Kostenunterschieds kann sich die Aufstellung einer Wärmepumpenanlage rechtfertigen, weil sie anderweitige Vorteile bietet. Vor allem lassen sich fossile Brennstoffe, hauptsächlich Rohöl und Erdgas, substituieren. Man kann damit die natürlichen Bestände schonen, die Abhängigkeit von unsicheren ausländischen Märkten mildern und die Luftverschmutzung in Wohngebieten verringern.

Einweihung der Industrieabwasser-Recycling-Anlage der Swissair in Kloten

DK 628.33/34

Die am 26. September eingeweihte Industrieabwasseranlage erlaubt es, die aus dem technischen Betrieb anfallenden Industrieabwasser zentral zu reinigen und als Brauchwasser wieder zu verwenden.

Im technischen Betrieb einer Fluggesellschaft fallen Industrieabwasser dezentralisiert an und sind mengenmässig und in ihrer Belastungsart recht unterschiedlich. Sie stammen aus Galvanik-, Reinigungs- und mechanischen Werkstätten, Oberflächenbehandlungslinien, Rissprüfung, Garagebetrieben und Flugzeugwerften.

Eine Kreislaufführung der gesamten Industrieabwasser ist bei herkömmlichen Verfahren nicht möglich. Erstmals wurde hier eine patentierte Verfahrenskombination, bestehend aus Elektroflotation und Umkehrosmose eingesetzt. Diese wurde zuvor im Dauerversuch mit über 5000 Betriebsstunden in einer Pilotanlage erfolgreich getestet[1]).

Das Elektroflotationsverfahren nach Baer und Xylander wurde ursprünglich zur Trennung von Oelemulsionen entwickelt und ist heute vor allem in der Transport- und Automobilindustrie in Deutschland gut eingeführt. Das Verfahren arbeitet mit Flockungschemikalien, wobei die Flocken mittels Flotation, beziehungsweise Schwimmaufbereitung abgetrennt werden.

[1]) Die Anlage und die angewendeten Verfahren wurden beschrieben in «Wasser- und Energiewirtschaft» 66 (1974), S. 185—195. H. P. Roth: Integrales Industrieabwasserprojekt mit Elektroflotation und Umkehrosmose.

Bild 1. Schematische Darstellung der Industrieabwasser-Recycling-Anlage der Swissair in Kloten.

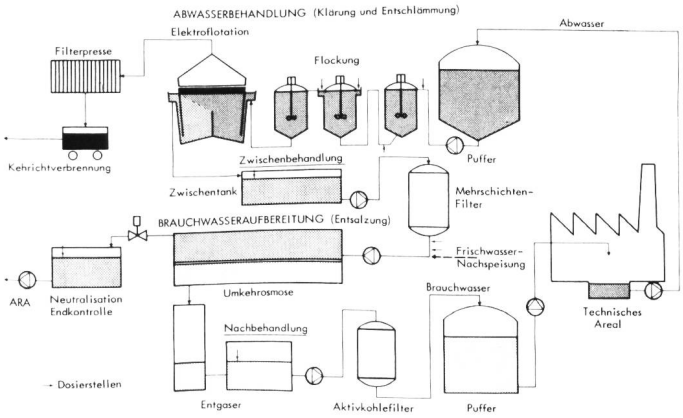
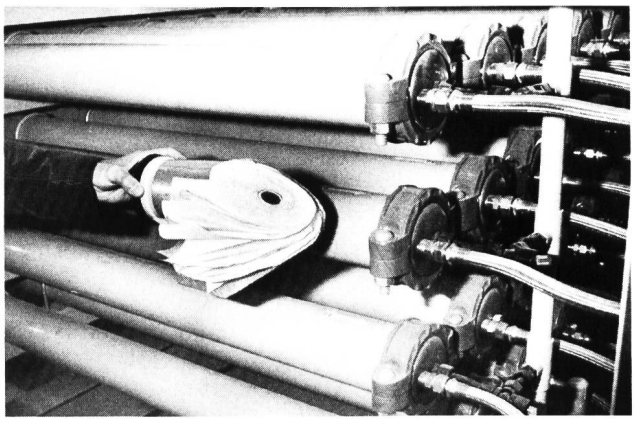
Bild 2. Aufgeschnittener Umkehrosmose-Modul. Daneben die eingebauten spiralgewickelten Zelluloseazetat-Module (im ganzen 210), die für eine Reinwasserausbeute von 80 % ausgelegt sind.