

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 79 (1988)

Heft: 6

Artikel: Die Wärmepumpe im internationalen Vergleich

Autor: Halozan, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904006>

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: 01.02.2025

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

Die Wärmepumpe im internationalen Vergleich

H. Halozan

Die weltweite Verbreitung der Wärmepumpe ist durch steigende Verkaufszahlen in den USA und in Japan, dagegen durch stagnierendes Interesse in Europa gekennzeichnet. Ursachen hierfür sind unter anderem die klimatischen Gegebenheiten und die daraus resultierenden Einsatzweisen. Der Beitrag charakterisiert den Stand der Wärmepumpen in verschiedenen Ländern und zeigt Möglichkeiten und Voraussetzungen für eine breitere Markteinführung auf.

La propagation de la pompe à chaleur dans le monde est caractérisée par un accroissement des chiffres de vente aux USA et au Japon et une stagnation en Europe. Ceci est dû, entre autres, aux conditions climatiques et aux modes d'application en résultant. L'article caractérise la situation des pompes à chaleur dans divers pays et montre quelles sont les possibilités et les conditions pour une meilleure introduction sur le marché.

Leicht gekürzte Fassung eines Referates, gehalten anlässlich des Fachsymposiums «Die Wärmepumpe – Umweltenergie mit Zukunft» am 20./21. Oktober 1987 in Gmunden, Österreich.

Adresse des Autors

Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Halozan, Institut für Wärmetechnik, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 25, A-8010 Graz.

1. Einleitung

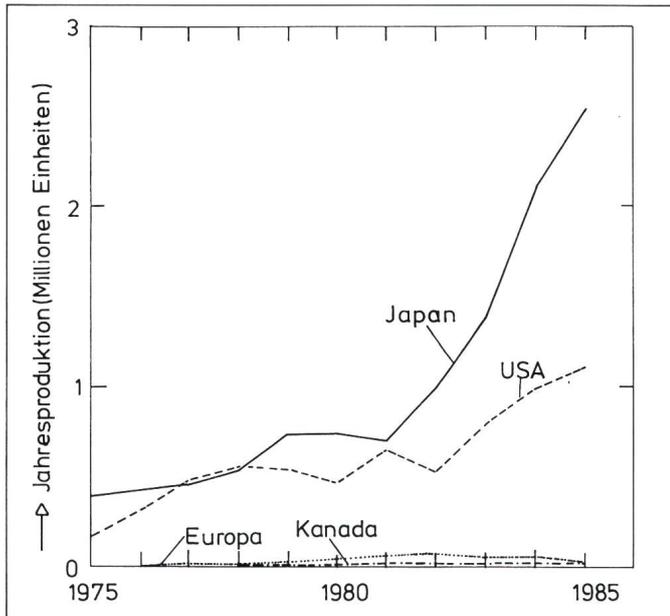
Die Wärmepumpe ist wohl eines der wichtigsten Instrumente zur Reduktion des Endenergieverbrauches, zur Substitution sensibler Energieträger wie Erdöl sowie zur Verringerung der Umweltbelastung. Dies ist die Aussage der 1980 von der Internationalen Energie-Agentur (IEA) mit Hilfe des Programmes MARKAL erstellten Strategiestudie [1], dies ist aber auch das Ergebnis der beiden Wärmepumpenkonferenzen der IEA, die 1984 in Graz [2] und 1987 in Orlando, Florida [3] stattfanden. Die Bedeutung der Wärmepumpe hat auch zur Gründung des IEA Heat Pump Centers mit Sitz in Karlsruhe geführt, an dem derzeit Belgien, die Bundesrepublik Deutschland, Finnland, Italien, Japan, Kanada, die Niederlande, Norwegen, Schweden, die USA und Österreich beteiligt sind. Im Rahmen dieses Centers wird versucht, die internationale Situation der Wärmepumpe und Wärmepumpenanwendung zu erfassen, wirtschaftliche und technische Trends zu analysieren und die beteiligten Länder darüber zu informieren.

Aufgrund des Arbeitsprinzipes der Wärmepumpe, also der Nutzung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, ist es durch sie möglich, freie Umgebungsenergie aus den natürlichen Wärmequellen Sonne, Luft, Wasser und Erdreich, aber auch Abwärme, die bisher ungenutzt an diese Umgebung abgegeben werden musste, auf das benötigte Temperaturniveau anzuheben und dadurch nutzbar zu machen. Das Hauptanwendungsgebiet ist derzeit der Bereich Raumheizung, also die Anwendung im Niedertemperaturbereich, aber auch die Nutzung der Wärmepumpe im industriellen Bereich, der üblicherweise ein höheres Temperaturniveau benötigt, gewinnt zunehmend an Bedeutung.

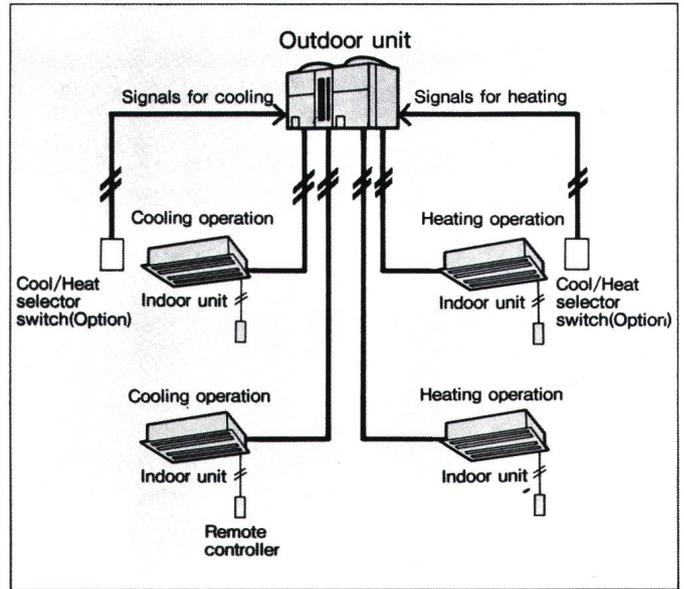
Die weltweite Verbreitung der Wärmepumpe ist durch zwei völlig unterschiedliche Entwicklungen gekennzeichnet, nämlich steigende Verkaufszahlen in Japan und in den USA und stagnierende, zum Grossteil sogar fallende in Europa [4] (Fig. 1). Ein weiterer gravierender Unterschied bei der Betrachtung von Japan und den USA einerseits und Europa andererseits sind die Verkaufszahlen: in Japan und in den USA wird mit Millionen Einheiten pro Jahr gerechnet, in Europa mit Tausenden. Als Ursachen für diese Situation werden die klimatischen Gegebenheiten und daraus resultierend die Einsatzweise, die Kosten für ein installiertes Wärmepumpen-Heizungssystem, die Energiepreise bzw. das Verhältnis der verschiedenen Energiepreise zueinander, also Strom zu Öl bzw. Strom zu Gas, angeführt. Aber sind das wirklich die alleinigen Ursachen?

2. Die Situation der Wärmepumpe in Japan

Japan ist, wenn man die verkauften Stückzahlen als Basis nimmt, das Land mit dem grössten Wärmepumpenmarkt. Das Land hat eine grosse Nord-Süd-Erstreckung und umfasst Zonen für Heizen, Heizen und Kühlen sowie nur Kühlen. Der Grossteil der japanischen Bevölkerung lebt in der Zone für Heizen und Kühlen mit milden Wintern und relativ heissen Sommern. Dementsprechend werden die eingesetzten Wärmepumpenaggregate für Heizen und Kühlen verwendet. Bei den eingesetzten Wärmepumpenaggregaten handelt es sich zum Grossteil um Luft-/Luft-Einzelraum-Split-Wärmepumpenaggregate mit Heizleistungen von 2,4 bis 5,6 kW, die einfach und kostengünstig installiert werden können. Es genügen ein Wanddurchbruch für zwei Kältemittelleitungen



Figur 1 Verkaufszahlen von Wärmepumpen für Raumheizung



Figur 3 Multi-Split-System



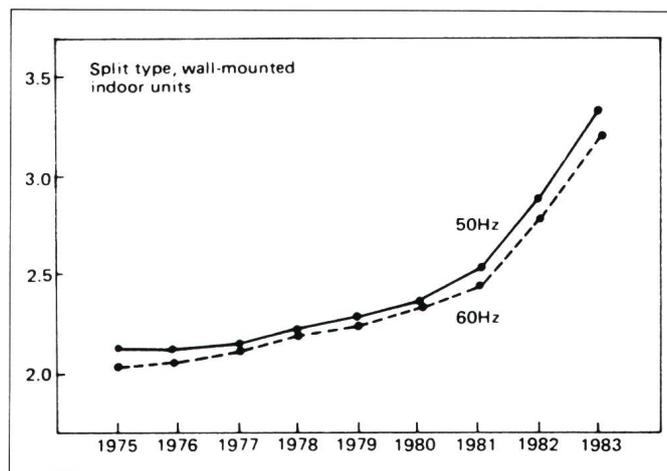
Figur 2 Einzelraum-Split-Wärmepumpen-Airconditioner mit verschiedenen Innenteilen

sowie ein Kabel für die Verbindung zwischen Innen- und Aussenteil, dazu kommt noch jeweils ein Kondensat-ablauf innen und aussen. Die Innenteile sind entsprechend den jeweiligen Anforderungen ausgebildet (Fig. 2). Neuerdings werden auch Multi-Split-Systeme eingesetzt, bei denen ein Aussenteil mehrere Innenteile versorgt, die individuell geregelt und so dem jeweiligen Bedarf angepasst werden können (Fig. 3).

Die Entwicklung und Weiterentwicklung von Wärmepumpenaggregaten wird durch Projekte des Ministeriums für Internationalen Handel und Industrie (MITI) bzw. dessen Organisationen gefördert, wobei die Industrie in diese Forschungsprojekte mit einbezogen wird. Des weiteren werden Wär-

mepumpenprojekte durch die japanischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen gefördert. Die stärkste treibende Kraft ist allerdings die Konkurrenzsituation zwischen den einzelnen Unternehmen selbst. Dies hat in den letzten Jahren zu einer stetigen Verbesserung der Wärmepumpenaggregate geführt (Fig. 4).

Highlights dieser Entwicklungsarbeiten sind Rollkolben- und Scrollkompressoren und vor allem der Inverter. Mit dem Inverter ist die stufenlose Leistungsregelung von Kompressoren möglich, die Ergebnisse dieser Technologie sind erhöhter Komfort bei reduziertem Energieverbrauch. Durch Gross-Serienfertigung war es möglich, dass die spezifischen Kosten von Invertergeräten, bezogen auf die



Figur 4 Steigerung der Leistungszahl von Wärmepumpen-Airconditionern

Heizleistung, bereits geringer sind als die von konventionellen Geräten, also solchen ohne Inverter. Die Verkaufszahlen waren in den letzten Jahren steigend, die Zahl der verkauften Invertergeräte ist sogar dramatisch angestiegen (Fig. 5).

3. Die Situation der Wärmepumpe in den USA

Die USA sind das Land mit dem grössten Wärmepumpenmarkt, bezogen auf die verkaufte Leistung. In den USA werden wie in Japan Luft-/Luft-Wärmepumpenaggregate in Zonen für Heizen und Kühlen verwendet, allerdings mit grösseren Heizleistungen, da jeweils ein Aggregat ein ganzes Haus beheizt bzw. kühlt. Die Wärmepumpenaggregate sind zumeist Split-Wärmepumpen, wobei der Innenteil an das Luftkanalsystem des Hauses angeschlossen wird. Kompaktgeräte sind eher selten [5].

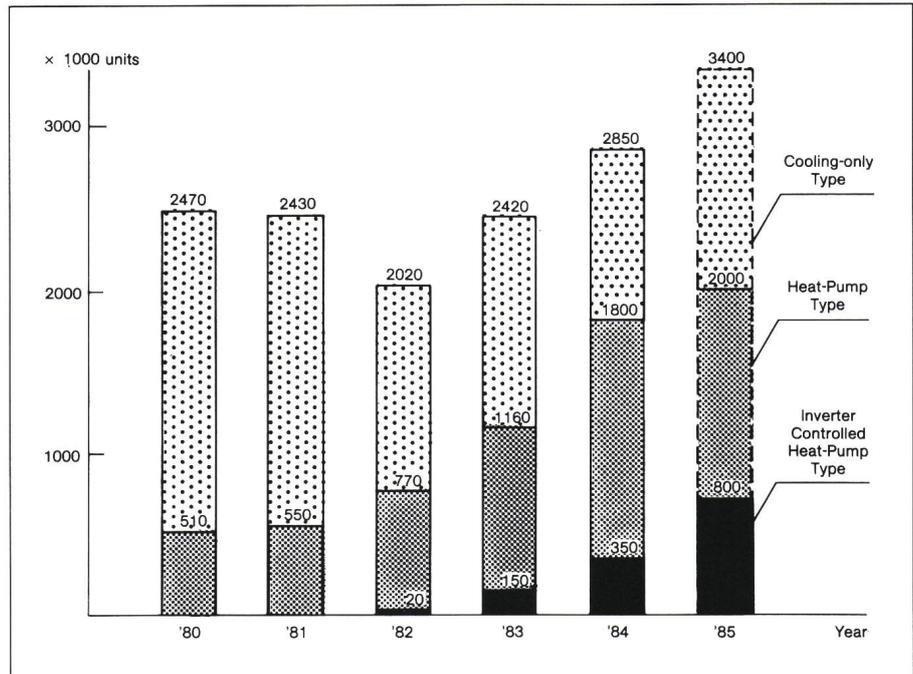
Bemerkenswert für den US-Markt ist die Zahl von 1,25 Millionen verkauften Einheiten im Jahr 1986 und noch mehr die Tatsache, dass mehr als ein Viertel aller in den letzten 10 Jahren gebauten Häuser mit Wärmepumpen beheizt werden.

Auch in den USA wurden die Wärmepumpenaggregate im Hinblick auf Leistungszahl und Jahresarbeitszahl entscheidend verbessert. Ebenso wird an der Entwicklung von invertergetriebenen Wärmepumpenaggregaten gearbeitet, wobei zu erwähnen ist, dass Inverter für grössere Leistungen schwieriger kostengünstig herzustellen sind als für kleine. Trotzdem sind die ersten Aggregate bereits auf dem Markt erhältlich.

4. Die Situation der Wärmepumpe in Europa

Europa, alles andere als ein homogener Markt, hat nun das Problem, dass hier reine Heizungswärmepumpen – die derzeit weder in Japan noch in den USA eingesetzt werden – benötigt werden, die noch dazu in Warmwasser-Verteilssysteme integriert werden müssen. Daher wird aber die Wärmepumpe zu einem Teil eines sorgfältig auszulegenden Systems, und damit kommen zu den Kosten für das Wärmepumpenaggregat, die aufgrund des kleinen Marktvolumens hoch liegen, noch die mindestens gleich hohen, zumeist aber höheren Installationskosten.

Betrachtet man die Verkaufszahlen



Figur 5 Verkaufszahlen von Airconditionern in Japan

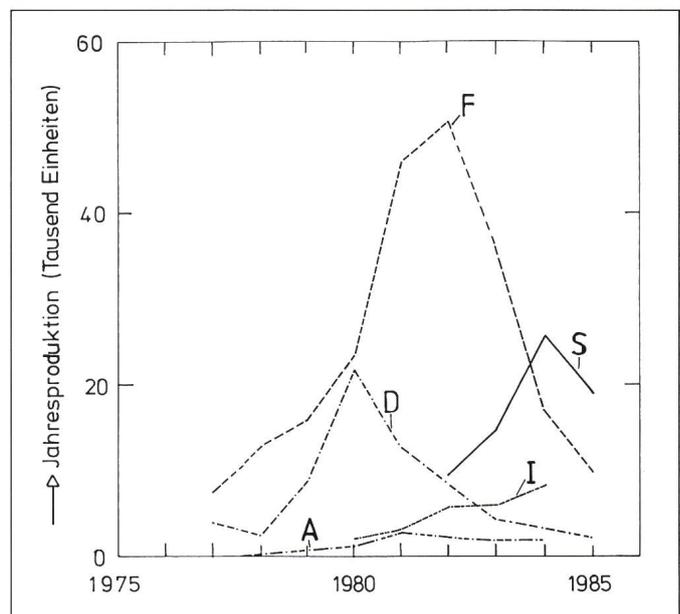
der letzten Jahre, so kann man erkennen, dass auch in Europa erfolgreiche Ansätze zu einem Wärmepumpenmarkt vorhanden waren (Fig. 6), wobei es bemerkenswert erscheint, dass die Höhepunkte dieser Entwicklungen in den verschiedenen Ländern zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgten.

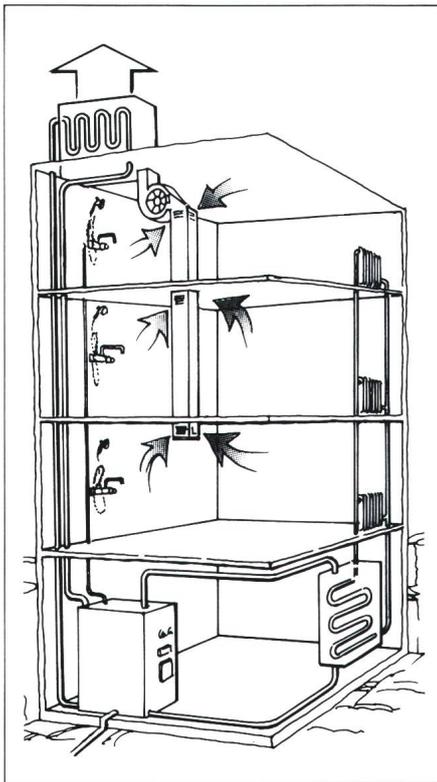
● Deutschland

Deutschland war in Europa der Vorreiter bei der Einführung der Wärmepumpe. In Deutschland hat der

Wärmepumpenmarkt seine Blüte im Jahr 1980 mit 22 000 verkauften Wärmepumpen erreicht. Die Verkaufszahlen von Heizungswärmepumpen sind seither rückläufig. Der Grund für diese rückläufige Tendenz sind Fehler, die bei der Markteinführung gemacht wurden. Nicht ausgereifte Wärmepumpenaggregate von kleinen und kleinsten Firmen, schlecht bzw. überhaupt nicht geschulte Installateure und Verkäufer, die übertriebene Hoffnungen in bezug auf erreichbare Heiz-

Figur 6 Verkaufszahlen von Wärmepumpen für Raumheizung in europäischen Ländern





Figur 7 Abluft-Wärmepumpensystem

kosteneinsparungen machten, haben die Bemühungen von soliden Unternehmen – und das war die Mehrzahl – zunichte gemacht.

● Frankreich

Frankreich hat im Rahmen des PERCHE-Programms, das von der Electricité de France (EdF) initiiert wurde, 1982 die stolze Zahl von mehr als 50 000 verkauften Einheiten pro Jahr erreicht, diese Entwicklung allerdings nicht in einen permanenten Markt umsetzen können.

● Schweden

Schweden ist das Land mit den grössten installierten Wärmepumpenaggregaten. Wärmepumpenheizwerke wurden in bestehende Fernwärmenetze integriert, wobei die unterschiedlichsten Wärmequellen wie geklärtes Abwasser, Meerwasser und die Ausenluft als Wärmequellen genutzt wurden. Die grösste Wärmepumpenheizzentrale hat eine Heizleistung von 150 MW, das grösste Wärmepumpenaggregat hat eine Heizleistung von 45 MW.

Aber auch auf dem Sektor Kleinwärmepumpen wurden erfolgreiche Entwicklungen durchgeführt und vermarktet, eine der Entwicklungen war

die Nutzung des Erdreichs als Wärmequelle, eine weitere die Nutzung der Abluft von Wohnbauten (Fig. 7). Die erreichten Verkaufszahlen waren mit 26 000 Einheiten pro Jahr erfreulich hoch, der Markteinbruch erfolgte durch das Zusammentreffen des Auslaufens der staatlichen Förderung mit dem Sinken der Ölpreise.

Wenn man also die gegenwärtige Situation in Europa betrachtet, sind die Marktchancen für Wärmepumpen ausgesprochen schlecht. Die Verkaufszahlen sinken, und viele Hersteller von Wärmepumpen haben bereits resigniert. Als Ursachen für diese Situation werden die klimatischen Gegebenheiten und daraus resultierend die Einsatzweise, die Kosten für ein installiertes Wärmepumpen-Heizungssystem, die Energiepreise bzw. das Verhältnis der verschiedenen Energiepreise zueinander, also Strom zu Öl bzw. Strom zu Gas, angeführt.

Können nun Wärmepumpenaggregate entwickelt werden, die auch in der gegenwärtigen Situation konkurrenzfähig sind?

5. Verbesserungen von Wärmepumpen und Wärmepumpen-Heizungssystemen

Derzeit ist die Wirtschaftlichkeit der reinen Heizungswärmepumpe nur in Sonderfällen gegeben. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit ist es erforderlich, die Investitionskosten für Wärmepumpen-Heizungssysteme (also nicht unbedingt die Wärmepumpenaggregate allein) zu reduzieren und durch die Verbesserung der Jahresarbeitszahl die Heizkosteneinsparung zu vergrössern. Dies scheint auf den ersten Blick ein Widerspruch in sich zu sein.

Wenn man allerdings neueste Technologien einsetzt, wie Mikrocomputer für die Wärmepumpensteuerung und Systemregelung und Makroelektronik für den Inverter zur stufenlosen Leistungsregelung der Wärmepumpe, muss es möglich sein, dieses Ziel zu erreichen.

Technische Verbesserungen von Wärmepumpenaggregaten

Die Voraussetzung für die Verbesserung von Wärmepumpenaggregaten ist die Analyse der Verluste, die sowohl im stationären Betrieb, wie er auf dem Prüfstand erfolgt, als auch im in-

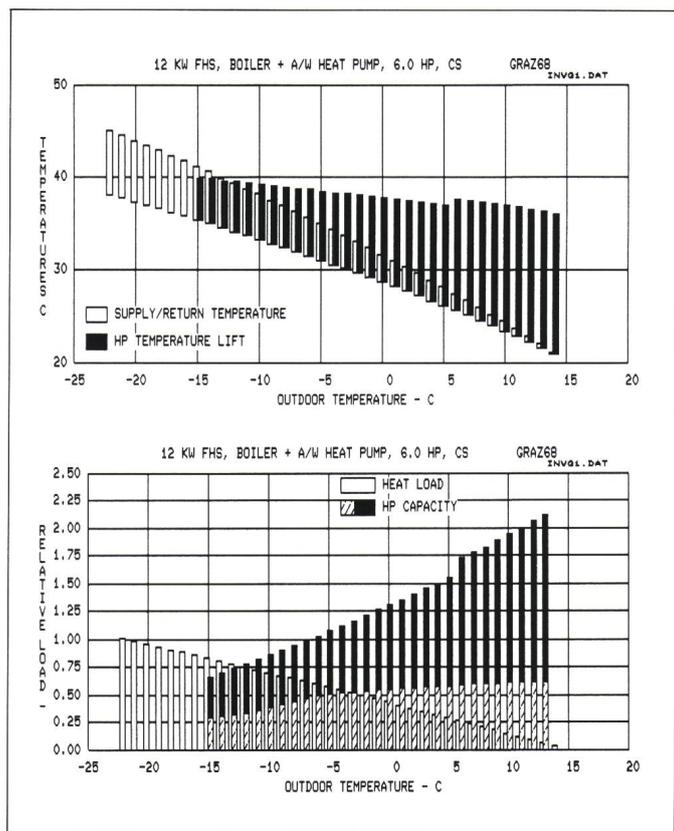
stationären Betrieb, also im Betrieb in einem Heizungssystem, auftreten. Während die Verluste im stationären Betrieb relativ gut bekannt sind, herrscht über die Grösse der Verluste beim Betrieb in einem Heizungssystem noch immer Unklarheit. Letztere setzen sich aus Verlusten durch Ein-Aus-Betrieb, Vereisen und Abtauen, Temperatur und Laständerungen sowie aus Mischungsverlusten zusammen. Einen Grossteil der Verluste bei instationärem Betrieb kann man durch inverterbetriebene Wärmepumpenaggregate vermeiden, wobei man allerdings den zusätzlichen Verlust, der durch den Inverter hervorgerufen wird, kompensieren muss [6].

Wenn man den Betrieb einer konventionellen, für monovalenten Betrieb ausgelegten Luft-Wasser-Wärmepumpe betrachtet (Fig. 8), die direkt in die Rücklaufleitung eines Niedertemperatur-Wärmeverteilungssystems integriert ist, erkennt man die extreme Überdimensionierung im Bereich hoher Aussentemperaturen – die Wärmepumpen-Heizleistung ist dabei mehr als doppelt so hoch als die Heizlast des Gebäudes – und auch die hohen Wärmepumpen-Austrittstemperaturen, die die erforderliche Heizungsvorlauftemperatur extrem überschreiten. Die Leistungszahl in diesem Betriebsbereich wird also durch diese überhöhten Wärmepumpen-Austrittstemperaturen, die Mischungsverluste, und den Ein-Aus-Betrieb entscheidend vermindert.

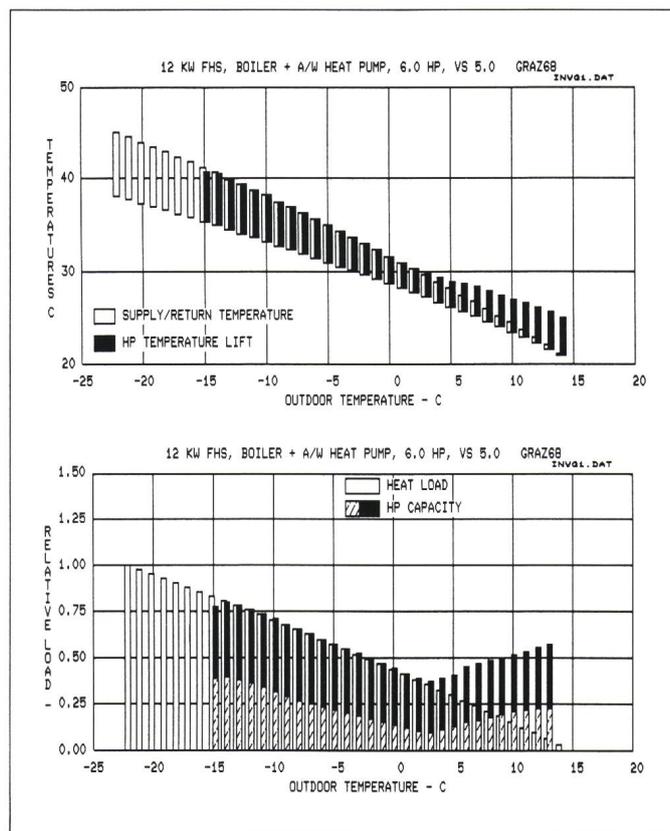
Nimmt man dagegen eine inverterbetriebene Wärmepumpe (Fig. 9), ändern sich die Verhältnisse entscheidend: Überleistungen und Übertemperaturen sind abgebaut, Leistungs- und Jahresarbeitszahl sind somit wesentlich höher als beim unregulierten Aggregat.

Wenn man den Leistungsverlauf betrachtet, kann man erkennen, dass sich beim inverterbetriebenen Aggregat noch weitere Vorteile ergeben: Dieses Aggregat muss nicht für die bei hohen Aussentemperaturen und niedrigen Vorlauftemperaturen auftretenden Leistungen dimensioniert werden, es kann für die effektiv erforderlichen Leistungen ausgelegt werden. Bei gleicher maximaler, im Betrieb erforderlicher Heizleistung kann das inverterbetriebene Aggregat kleiner dimensioniert werden als das Aggregat ohne Leistungsregelung.

Auf diese Weise ist der technische Widerspruch in sich gelöst. Ist damit aber auch das Problem der Wärmepumpe gelöst?



Figur 8 Luft-Wasser-Wärmepumpe ohne Inverter



Figur 9 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Inverter, Regelbereich 1:5

Verbesserung der Akzeptanz der Wärmepumpe

Die viel wichtigere Frage ist allerdings, ob die Wirtschaftlichkeit das ausschlaggebende Kriterium ist. Die Wärmepumpe bietet noch andere Aspekte wie stabile Energiekosten, den Wegfall von brennbaren Energieträgern im Haus, Umweltfreundlichkeit durch den Wegfall von Emissionen und damit Immissionen. Zur Nutzung dieser unbestrittenen Vorteile fehlt allerdings eines, nämlich das Vertrauen der potentiellen Betreiber in diese Technologie.

Dieses Vertrauen wurde während der ersten Wärmepumpeneuphorie vielfach zerstört. Es gab viele Verursacher, so z. B. Hersteller, die nicht ausgereifte Wärmepumpenaggregate auf den Markt brachten, Installateure, die die Wärmepumpe wie einen Kessel behandelten, also überdimensionierte Aggregate falsch in Heizungssysteme integrierten, Verkäufer, die Energiekosteneinsparungen versprochen, die nicht gehalten werden konnten usw. Diejenigen, die reelle Arbeit leisteten und vernünftige Anlagen lieferten – und das war die Mehrzahl – wurden durch die Fehler der anderen in Mitleidenschaft gezogen. Eine funktionie-

rende Anlage führte vielleicht zum Bau einer weiteren, eine nicht funktionierende Anlage verhinderte mindestens zehn weitere. Auf diese Weise wurde so mancher Markt zerstört, und einmal verlorenes Vertrauen ist nur sehr schwer wieder herzustellen. Vor allem, wer kann dieses Vertrauen wieder herstellen?

Die beiden einzigen Institutionen, die dazu in der Lage sind, sind der Staat und die Elektrizitätsversorgungsunternehmen, und diese beiden sollten auch die sein, die an der Verbreitung dieser Technologie das grösste Interesse haben müssten. Die Erfolge in Japan, die Erfolge in den USA und die Teilerfolge in Schweden, Frankreich und Deutschland sind auf diese Weise, also mit Hilfe der EVUs, entstanden und bestehen mit Hilfe der EVUs weiter.

6. Zusammenfassung

Es gilt also, das Vertrauen in die Wärmepumpentechnologie wieder herzustellen, und dies ist eine Aufgabe der Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Sie stellen die Energie bereit, die selbstverständlich für Beleuchtung, Herd, Waschmaschine und Kühl-

schränk verwendet wird. Mit der gleichen Selbstverständlichkeit sollte sie auch für den Betrieb der Wärmepumpe verwendet werden. Damit wäre allen geholfen, dem Staat, Handel, Gewerbe und Industrie, dem Benutzer und vor allem der Umwelt.

Literatur

- [1] IEA (1980) A Group Strategy for Energy Research, Development and Demonstration OECD/IEA, Paris.
- [2] Proceedings IEA Heat Pump Conference (1984) Current Situation and Future Prospects (Graz, 22. bis 25. Mai 1984), dbv-Verlag, Graz.
- [3] Proceedings IEA Heat Pump Conference (1987) Prospects in Heat Pump Technology and Marketing (Orlando, Florida, 28. bis 30. April 1987) Lewis Publisher, Chelsea, Michigan.
- [4] Calm JM (1987) Estimating International Heat Pump Use. IEA Heat Pump Conference: Prospects in Heat Pump Technology and Marketing. Orlando, Florida, 28. bis 30. April 1987.
- [5] Calm JM (1987) Heat Pumps for Residential Use in the USA. ISES Solar World Congress. Hamburg, FRG, 13. bis 18. September 1987.
- [6] Halozan H (1987) Current and Future Advances in Small Heating-Only Heat Pump Systems. IEA Heat Pump Conference: Prospects in Heat Pump Technology and Marketing. Orlando, Florida, 28. bis 30. April 1987.

Der Beitrag wurde erstmals in der «Österreichischen Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft» 41(1988)1 veröffentlicht.