

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

Band: 69 (1978)

Heft: 13

Artikel: Zukunftsaussichten für den kombinierten Betrieb von Ölheizung und Luft-Wasser-Wärmepumpe in Wohngebäuden

Autor: Grivat, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-914917>

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: 19.11.2024

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

Zukunftsaussichten für den kombinierten Betrieb von Ölheizung und Luft-Wasser-Wärmepumpe in Wohngebäuden

Von J. Grivat

Der Alternativbetrieb einer Ölheizung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe bietet eine interessante Möglichkeit zur Einsparung von Heizöl. Dieses Heizsystem ist heute technisch bereits ausgereift, hat aber die Schwelle für einen wirtschaftlichen Betrieb noch nicht durchgehend erreicht. Bei einer Änderung der Preisrelation von Heizöl und elektrischer Energie könnte sich dieses kombinierte Heizsystem jedoch in Zukunft rasch entwickeln.

1. Einleitung

Fast 2 Millionen Wohnungen in der Schweiz besitzen eine Öl-Zentralheizung. Der gesamte Energieverbrauch liegt in der Größenordnung von jährlich rund 4 Millionen Tonnen Heizöl extraleicht, was etwa 170 000 TJ oder ungefähr 26 % des gesamten schweizerischen Endverbrauchs an Energie entspricht.

Zur Verminderung dieses Ölverbrauchs bieten sich verschiedene Möglichkeiten an. Es sind dies vor allem: Senkung der Raumtemperatur; Verstärkung der Gebäudeisolation; Verwendung anderer Energien wie Erdgas, Sonnenenergie, Elektrizität aus Wasser- oder Kernkraftwerken.

Die Verwendung elektrischer Energie in Widerstandsheizungen sollte mit Rücksicht auf die hohe Wertigkeit dieser Energie auf neue und renovierte Liegenschaften beschränkt werden, also auf Gebäude mit guter Wärmeisolation und, wenn möglich, mit einer Lüftungsregelung und einer automatischen Temperatursteuerung in jedem Raum. Die elektrische Widerstandsheizung kann sich deshalb nur langsam entwickeln, da die jährlichen Zuwachsraten von Neu- und Umbauten zwischen etwa 1 und 3 % liegen und diesbezüglich keine wesentliche Änderung in den nächsten Jahrzehnten zu erwarten ist.

Für nicht renovierte Altbauten mit Öl-Zentralheizungen bietet sich durch eine zusätzliche Installation einer Wärmepumpe eine interessante Möglichkeit zur Heizöleinsparung an.

¹⁾ Als Güte- oder Leistungsziffer ϵ wird das Verhältnis zwischen der aus dem Netz bezogenen elektrischen Energie und der erzeugten Heiz-Nutzwärme bezeichnet.

Le chauffage combiné mazout/pompe à chaleur air-eau à fonctionnement alterné offre des possibilités d'économie d'huile intéressantes dans l'habitat existant. Cette technique de chauffage est presque au point, mais elle ne permet pas encore d'atteindre systématiquement le seuil de rentabilité.

La version en français de cet article a paru intégralement dans le Bulletin ASE/UCS N° 7/1978.

2. Möglichkeiten des Wärmepumpen-Einsatzes in bestehenden Liegenschaften

Allgemein kommen nur Wärmepumpen, die die Luft als Wärmequelle benutzen, für eine systematische Verwendung in Altbauten mit konventionellen, zentralen Warmwasserheizungen in Frage. Luft ist die einzige Wärmequelle, die überall zur Verfügung steht.

Verschiedene Anwendungssysteme dieser sogenannten Luft-Wasser-Wärmepumpen fallen in Betracht, wobei die vorhandenen Warmwasser-Heizkörper benutzt werden können:

- Ersatz des Heizkessels durch eine Wärmepumpe,
- Beibehaltung des Heizkessels und alleiniger Betrieb der Wärmepumpe (über einer gewissen Aussentemperatur) oder Parallelbetrieb von Wärmepumpe und Ölheizung (bei Unterschreitung der oben erwähnten Temperaturgrenze),
- Beibehaltung des Heizkessels und Alternativbetrieb von Wärmepumpe (über einer gewissen vorgegebenen Grenze der Aussentemperatur) oder Ölheizung (unterhalb dieser Temperaturgrenze).

3. Alternativbetrieb von Ölheizung und Luft-Wasser-Wärmepumpe

Infolge

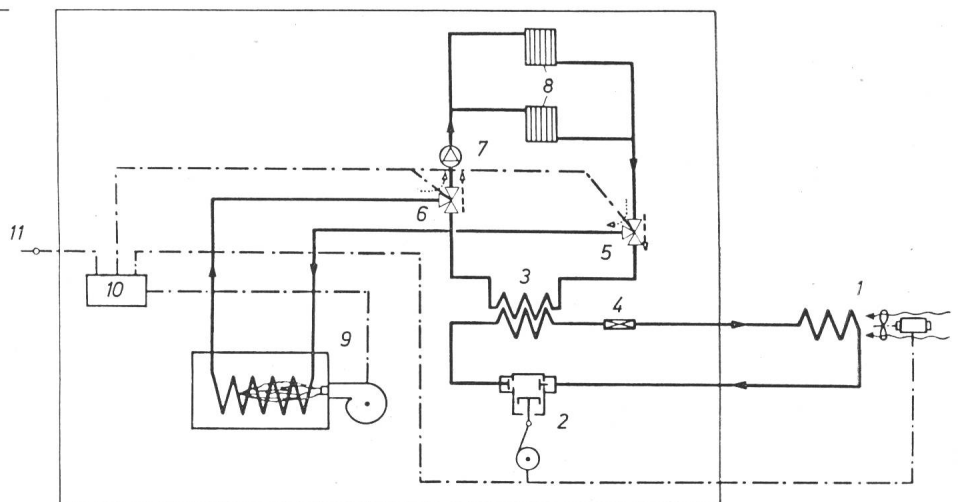
- des relativ hohen Investitionsbedarfs für Wärmepumpen und
- der mit steigender Temperaturdifferenz zwischen Kondensator und Verdampfer sinkenden Gütezahl ϵ ¹⁾ (also bei tiefer Aussentemperatur und dementsprechend hoher Heizwassertemperatur)

Fig. 1
Kombinierte Anlage Ölheizung/Luft-Wasser-Wärmepumpe

.....> Ölbetrieb
(unter +2/+3 °C)
oder
- - -> Wärmepumpenbetrieb
(über +2/+3 °C)

Prinzipschema

- 1 Verdampfer
- 2 Verdichter
- 3 Verflüssiger
- 4 Druckreduzierung
- 5 und 6 Dreiweg-Ventile
- 7 Zirkulationspumpe
- 8 Heizkörper
- 9 Heizkessel
- 10 Steuerung
- 11 Aussenthermostat



wird das Luft-Wasser-Wärmepumpensystem vorteilhafterweise nur bis zu Aussentemperaturen von 2 bis 3 °C eingesetzt. Unter dieser Grenztemperatur übernimmt die Ölheizung die gesamte erforderliche Wärmeerzeugung (siehe Fig. 1). Dies erlaubt die Erzeugung von je ungefähr der Hälfte der gesamthaft benötigten Wärme über die Wärmepumpe beziehungsweise die Ölheizung. Andererseits kann der Ölverbrauch auf etwas über die Hälfte der sonst aufzuwendenden Menge gesenkt werden. Die mittlere Belastung der Ölheizung erhöht sich, und damit kann eine bessere durchschnittliche Brennstoffausnutzung erreicht werden.

4. Wirtschaftlichkeit des Alternativbetriebs von Ölheizung und Luft-Wasser-Wärmepumpe

4.1 Altbauten

In Altbauten mit bestehenden Öl-Zentralheizungen muss sich eine Wirtschaftlichkeitsrechnung für den Alternativbetrieb von Luft-Wasser-Wärmepumpe und Ölheizung einerseits auf die Aufwendungen für die Verzinsung und Amortisation der zusätzlich erforderlichen Investitionen und die Stromkosten für den Betrieb der Wärmepumpe und ihrer Hilfsbetriebe sowie andererseits auf die gegenüber der konventionellen Ölheizung erzielbaren Einsparungen (Öl-Minderverbrauch wie auch Einsparungen von Betriebs- und Unterhaltskosten) abstützen.

Die Fig. 3 zeigt den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage, nämlich

- die Verzinsung des Anlagekapitals,
- die Abschreibungsdauer der Wärmepumpe und ihrer Hilfsbetriebe (von der Betriebszuverlässigkeit der Installationen abhängig),

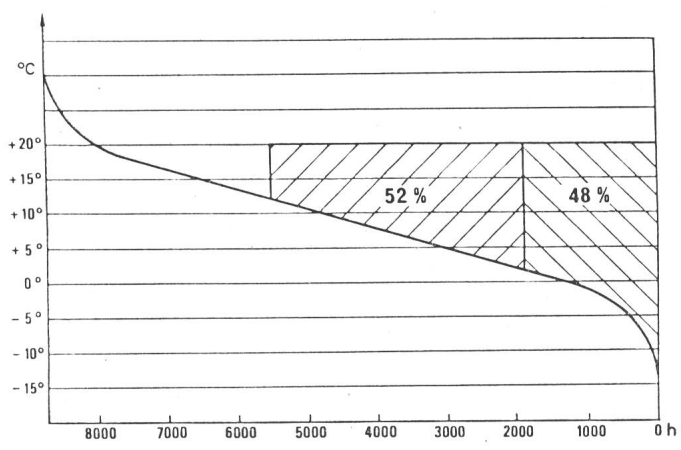


Fig. 2 Kombinierte Anlage Ölheizung/Luft-Wasser-Wärmepumpe
Geordnete Temperaturkurve für das schweizerische Mittelland [1]

- Wärmepumpenbetrieb
- Ölbetrieb

Gewünschte Raumtemperatur	20 °C
Heizgrenze bei einer Aussentemperatur von	12 °C
Minimale Aussentemperatur für den Wärmepumpenbetrieb	2 °C
Heizgradtage bei Heizölbetrieb	1794
Heizgradtage bei Wärmepumpenbetrieb	1978
Total der Heizgradtage	3772
Heiztage	231
Betriebsdauer der Wärmepumpe (1978 × 24) : (20 – 2)	2637 h

– die spezifischen Anlagekosten der Wärmepumpe, das heisst die zusätzlichen Investitionskosten geteilt durch den Leistungsbedarf aus dem elektrischen Versorgungsnetz,

– die jährliche Betriebsdauer des Antriebsmotors des Wärmepumpen-Verdichters (in Abhängigkeit von der geordneten Kurve der Aussentemperaturen, der gewählten Temperaturgrenzen und dem Verhältnis der Güteziffern $\epsilon_{\min}/\epsilon_{\text{mittel}}$),

- die Kosten des zusätzlichen Strombezugs,
- die eingesparten Heizölkosten,
- die Güteziffer der Wärmepumpe (inkl. Hilfsbetrieb) während der Heizperiode.

Aufgrund der bestehenden Systeme von Raumheizanlagen in Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern lassen sich die wichtigsten Einflussfaktoren für das schweizerische Mittelland folgendermassen beziffern:

– Die mittlere Anlagelebensdauer beträgt etwa 12 bis 15 Jahre; bei 15 Jahren und einem Zinsfuss von 4,5 % ergibt sich eine Annuität der zusätzlichen Investitionskosten von rund 9,3 %.

– Die spezifischen Anlagekosten einer Wärmepumpe inklusive Hilfsbetriebe sowie Installations- und Anschlusskosten betragen rund 2000 bis 4000 Fr./kW Anschlussleistung.

– Die jährliche Ausnutzungsdauer der Wärmepumpe erreicht gemäss Fig. 2:

$$(1978 \times 24) \text{ Grad-Stunden} : (20 - 2) \text{ Grad} = 2637 \text{ Stunden.}$$

Nimmt man ein Verhältnis von etwa 0,75 zwischen der Güteziffer ϵ bei 2 °C und dem ϵ bei einer mittleren gewichteten Temperatur von 7 °C an, so ergibt sich eine Benutzungsdauer des Wärmepumpenmotors von rund 1980 Stunden (Quotient der benötigten Kilowattstunden und der erforderlichen Leistung in Kilowatt).

Wird eine Grenztemperatur von 3 °C anstelle von 2 °C in die Rechnung eingesetzt, so reduziert sich die jährliche Benutzungsdauer auf rund 1760 Stunden.

– Die Strompreise sind in der Schweiz sehr unterschiedlich, je nach der Art des Verteilwerkes. Für die Berechnung wird ein mittlerer Strompreis von 8 bis 12 Rp./kWh für den Hoch- und Niedertarif-Energiebezug eingesetzt. Dazu kommen noch 1 bis 2 Rp./kWh für die Unterhaltskosten von Wärmepumpe und ihren Hilfsbetrieben.

– Der Preis für Heizöl extraleicht schwankt zurzeit für Jahreslieferungsmengen von 2 bis 10 Tonnen zwischen 320 und 370 Fr./Tonne. Dieser Preis ist um rund 50 bis 100 Fr./Tonne zu erhöhen, um die Kosten für die Revision des Öltanks, die Unterhaltskosten für Brenner und Heizanlage sowie für den Stromverbrauch von Brenner, Umwälzpumpen usw. abzudecken. Der gesamte Saisonwirkungsgrad schwankt, je nach Anlagegrösse und -alter, zwischen 50 und 70 % [2, 3].

Das Rechteck c (siehe Fig. 3), welches sich als Überschneidung des Bereiches a (eingesparte Heizölkosten und damit verbundene Unkosten) mit dem Bereich b (Kosten der benötigten elektrischen Energie, erhöht durch die Kosten für Abschreibung, Verzinsung und Unterhalt) ergibt, liegt in einer Zone mit mittleren Güteziffern über 2,3. Unter optimalen Annahmen müsste die Anlage ein mittleres ϵ von 2,3 während der Heizperiode und unter ungünstigen Vorausset-

zungen ein ϵ von mindestens 6,5 erreichen, damit die Ergänzung der bestehenden Ölheizung durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe wirtschaftlich ist.

Obwohl die theoretische Gütezahl (gemäss dem Satz von Carnot) bei einer Kondensatortemperatur von $+55^\circ\text{C}$ und einer Verdampfertemperatur von $+2/+3^\circ\text{C}$ den Wert von 6,2 bis 6,3 erreicht, reduziert sich die mittlere saisonale Gütezahl infolge der Verluste des Verdichters und der Wärmetauscher im allgemeinen auf 2,0 bis 3,0.

Eine solche Anlage ist deshalb heute nur in seltenen Fällen wirtschaftlich. So vor allem, wenn billige elektrische Energie zur Verfügung steht oder die Anlagekosten besonders tief liegen. Auch beim Ersatz des Öltanks (wobei eine kleinere Öltankgrösse gewählt werden kann) ergibt sich eine Einsparung, die von den Wärmepumpen-Anlagekosten abgezogen werden kann.

Andersseits genügt eine nochmalige Verdoppelung der Heizölpreise (in der Folge der Erdölkrise 1973 haben sie sich verdreifacht!), um bei sonst gleichen Parametern die Wirtschaftlichkeit des Alternativbetriebs von Ölheizung und Luft-Wasser-Wärmepumpe zu erreichen.

In diesem Falle dürfte die Wärmepumpe im Heizsektor einen Aufschwung erleben, insofern auch den Herstellern die Lösung der technischen Probleme gelingt, die heute noch den Betrieb solcher Anlagen behindern. Mit der Weiterentwicklung der Wärmepumpe durch den Bau von Grossserien dürfte sich auch eine Erhöhung der mittleren Gütezahl sowie der Betriebssicherheit und gleichzeitig auch eine Preisreduktion erreichen lassen.

Diese Weiterentwicklung der Luft-Wasser-Wärmepumpe in Altbauten würde es erlauben, im Extremfall jährlich 1 bis 2 Millionen Tonnen Heizöl im Vergleich zu den heute benötigten 4 Millionen Tonnen einzusparen.

4.2 Neubauten

Die Kosten der konventionellen Öl-Zentralheizung und diejenigen einer mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe ergänzten Ölheizung müssen bei einer Wirtschaftlichkeitsberechnung

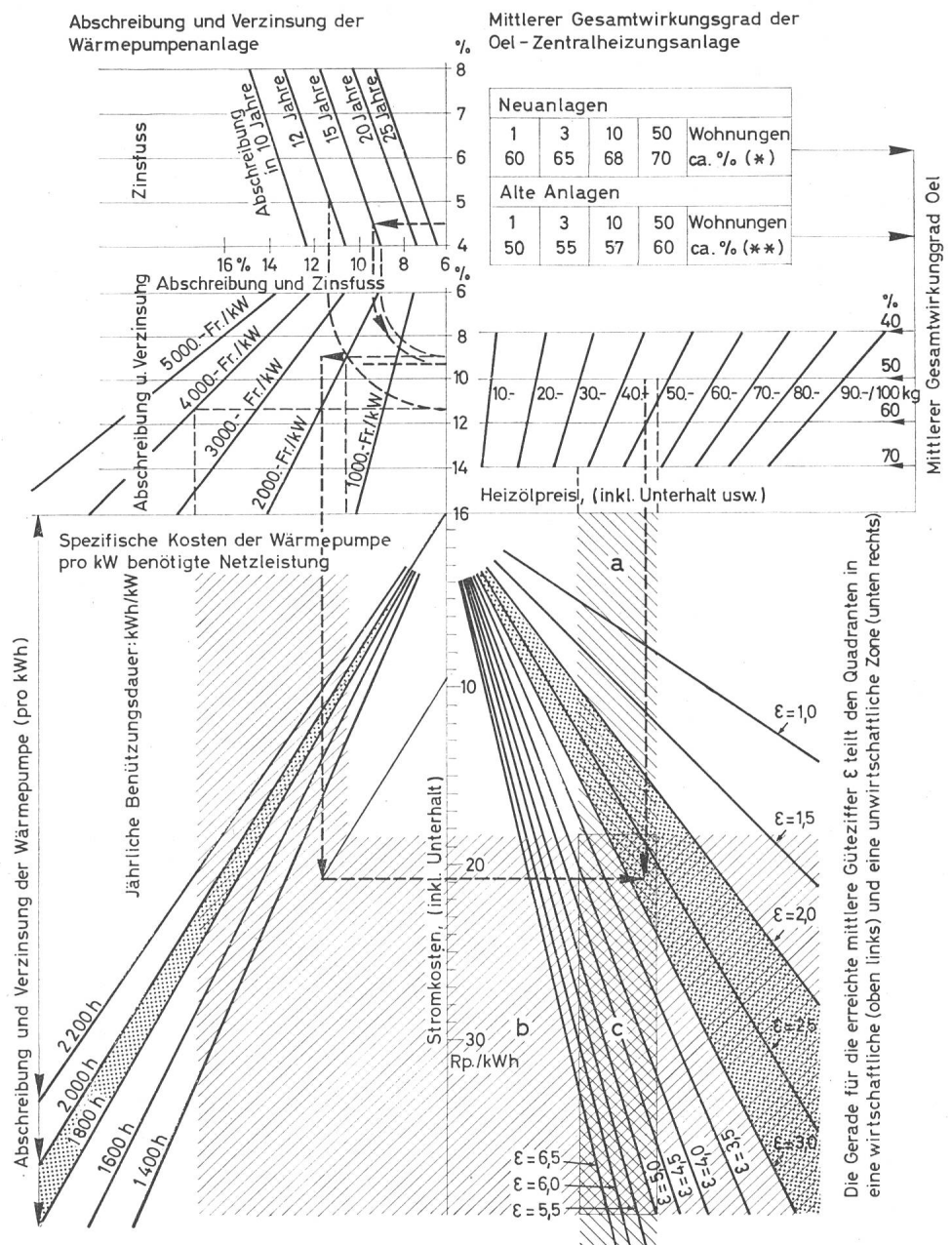


Fig. 3
Wirtschaftlichkeit einer die bestehende Ölzentralheizung ergänzenden Luft-Wasser-Wärmepumpe

Bei Alternativbetrieb (Wärmepumpenbetrieb über $+2/+3^\circ\text{C}$, Heizölbetrieb unter $+2/+3^\circ\text{C}$) und in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren

Anwendungsbeispiel:

Annahmen:

Zinsfuss = 4,5 %; Abschreibungsdauer 15 Jahre; Installationskosten der Wärmepumpe: Fr. 2400.- pro kW erforderliche Leistung; Benützungsdauer (kWh/kW) = 1980 h; Strompreis: $8 + 1,5 = 9,5$ Rp./kWh; Heizölpreis: Fr. 360.- + Fr. 90.- = Fr. 450.- pro Tonne; Wirkungsgrad der Anlage = 50 %

Wirtschaftlichkeit ist gegeben, falls die mittlere saisonale Gütezahl der Anlage (ϵ) den Wert 2,8 erreicht oder darüber liegt

*) Gemäss Studie des Schweiz. Brennstoffhändler-Verbands [2]

**) Daten gemäss * mal 0,85

nung einander gegenübergestellt werden. Eine neue Anlage arbeitet im allgemeinen wirtschaftlicher als eine bestehende Ölheizung, die nachträglich mit einer Wärmepumpe ergänzt worden ist. Es ergeben sich vor allem anfänglich einige Einsparungen, hauptsächlich infolge der geringeren Dimensionierung der Öltankanlage.

In den meisten Fällen muss festgestellt werden, dass die klassische Ölheizung sowie die bei Einfamilien- oder kleineren Mehrfamilienhäusern integrierte elektrische Heizung [2; 3] wirtschaftlich interessanter sind.

4.3 Wirtschaftlichkeit des Alternativbetriebs von Ölheizung und Luft-Wasser-Wärmepumpe mit gleichzeitiger Brauchwarmwasserbereitung

Die meisten Raumheizanlagen erzeugen gleichzeitig das benötigte Brauchwarmwasser. Sofern man sich mit einer Brauchwarmwasser-Temperatur von etwa 50 °C begnügt (was im allgemeinen für den üblichen Haushaltgebrauch ausreichend ist), so kann das Brauchwarmwasser mit der Wärmepumpe erzeugt werden, und zwar nicht nur während der Übergangszeiten und den nicht allzu kalten Wintertagen (rund 152 Tage gemäss Fig. 2), sondern auch im Sommer (rund 134 Tage). Mit dieser Verlängerung der Betriebsdauer kann auch eine Verbesserung der mittleren Gütezeiffer erreicht werden. Gleichzeitig wird ein Heizkesselbetrieb mit sehr geringem Wirkungsgrad in der Grössenordnung von 10 bis 20 % während der Sommermonate, in denen nur Brauchwasser erzeugt wird, vermieden.

Die Wirtschaftlichkeit einer die Ölheizanlage ergänzenden Wärmepumpe erhöht sich deshalb bei einem Einsatz für die Brauchwarmwasser-Erzeugung.

Sollte die Brauchwarmwasser-Temperatur von 50 °C nicht genügen, so muss ein zusätzlicher elektrischer Wasserverwärmer vorgesehen werden, wodurch sich die Investitions- und Betriebskosten etwas erhöhen.

5. Schlussfolgerungen

Der Alternativbetrieb von Ölheizung und Wärmepumpe bietet nur in bereits mit Zentralheizungen versehenen Gebäuden Vorteile. Im allgemeinen kommen nur Wärmepumpen mit der überall verfügbaren Luft als Wärmequelle in Betracht. Andererseits erlaubt zurzeit nur der Alternativbetrieb von Wärmepumpen (über einer Aussentemperatur von + 2/ + 3 °C) oder Ölheizung (unterhalb dieser Temperaturschwelle) ohne grösseren technischen Aufwand eine Reduktion der nachteiligen Auswirkungen, die mit der erheblichen Verschlechterung der Gütezeiffer bei grosser Kälte und bei Vereisung des Verdampfers verbunden sind.

Dieses kombinierte Heizsystem ¹⁾ im Alternativbetrieb hat heute die Schwelle der Kommerzialisierung noch nicht durchgehend erreicht. Allerdings könnte sich die Ergänzung von bestehenden Ölheizanlagen durch Luft-Wasser-Wärmepumpen rasch durchsetzen, sofern der Ölpreis erheblich ansteigen würde, wie dies ja auch schon der Fall war. Auch die Großserienfertigung von Wärmepumpen, die eine Preisreduktion solcher Anlagen nach sich ziehen würde, sowie die

¹⁾ Dieses Heizsystem wird gewöhnlich durch deutsche Autoren als «bivalente Heizung» bezeichnet. Anstelle dieser strittigen Bezeichnung könnten Ausdrücke wie «bienergetische Heizung» oder «Hybridheizung» verwendet werden. Eine internationale Normalisierung dieses Begriffes wäre wünschenswert.

Verbesserung der Betriebssicherheit und der Gütezeiffer könnten zu einer Steigerung der Nachfrage nach diesem Heizsystem führen.

Es wäre denkbar, dass im Grenzfall in Zukunft ein erheblicher Teil der konventionellen Zentralheizungen, die heute in der Schweiz rund 2 Millionen Wohnungen mit Wärme versorgen, mit Luft-Wasser-Wärmepumpen ausgerüstet werden. Wenn jede zweite Wohnung so beheizt würde, liesse sich eine jährliche Heizöleinsparung von rund 1 Million Tonnen erzielen.

Da die Typenleistungen solcher Wärmepumpenmotoren relativ gering sind und diese Maschinen zudem bei tiefen Aussentemperaturen nicht betrieben werden (das heisst in den Zeiten der grössten Netzbelastung), würde selbst eine grosse Verbreitung dieses Heizsystems nur geringfügige Verstärkungen der Anlagen für die Produktion, Übertragung und Verteilung der elektrischen Energie bedingen. Allerdings könnten die entstehenden Stromstösse beim Einschalten gewisse Probleme des Spannungsabfalls in Verteilnetzen mit langen Freileitungen ergeben.

Bei einem angenommenen mittleren Wirkungsgrad einer Ölheizung von 60 % und einer Gütezeiffer der Wärmepumpe von 2,5 ergäbe sich ein Elektrizitätsbedarf von rund 2,8 TWh, dem eine Einsparung von 1 Million Tonnen Heizöl gegenübersteht. Wenn man weiter voraussetzt, dass diese elektrische Energie ausschliesslich in einem Kernkraftwerk mit einem Wirkungsgrad von 29 % (Übertragungs- und Verteilverluste eingeschlossen) erzeugt wird, ergibt sich ein Primärenergieeinsatz von 34 800 TJ. Dieselbe Menge Heizöl von 1 Million Tonnen entspricht, bei rund 5 bis 6 % Verlusten für die Raffination und für den Transport, ungefähr 44 000 TJ. Unter den vorgenannten Bedingungen ist die kombinierte Heizung in bezug auf den Primärenergieaufwand bedeutend interessanter als die konventionelle Ölheizung.

Das kombinierte Heizsystem mit Ölheizung und Luft-Wasser-Wärmepumpe, technisch zwar ausgereift, aber noch verbesserungsfähig, hat die Schwelle der Wirtschaftlichkeit heute noch nicht erreicht. Allerdings würde eine neue, massive Ölpreiserhöhung genügen, um diese Wirtschaftlichkeitsschwelle zu erreichen und der Wärmepumpe in bestehenden Gebäuden zum Durchbruch zu verhelfen. Dadurch liessen sich erhebliche Mengen an Heizöl einsparen ohne wesentliche technische und kostenmässige Auswirkungen auf die Anlagen der Elektrizitätswerke.

Literatur

- [1] SIA-Empfehlungen 380/1975.
- [2] Heizkostenvergleich. Schweiz. Brennstoffhändler-Verband, Lausanne, 1976.
- [3] J. Grivat: Considérations sur la rentabilité de l'électrothermie. Elektrizitätsverwertung 11/1977.

Adresse des Autors

J. Grivat, Vizedirektor der Compagnie Vaudoise d'Electricité, 1, rue Beau-Séjour, 1002 Lausanne.