

# Die bivalente Heizung : grundlegende Betrachtungen und praktische Erfahrungen

Autor(en): **Kalischer, P. / Kebbekus, J.**

Objektyp: **Article**

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 (Jahr): **69 (1978)**

Heft 5

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-914849>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die bivalente Heizung – grundlegende Betrachtungen und praktische Erfahrungen

Von P. Kalischer und J. Kebbekus

Der Bericht befasst sich mit Heizungsanlagen, in denen elektrische Wärmerezeuger mit fossil gefeuerten kombiniert sind. Es werden die Jahresanteile der Heizarbeit, die von den beiden Wärmerezeugern bei unterschiedlicher Betriebsweise erbracht werden, diskutiert. Die Betrachtung der verschiedenen denkbaren elektrischen Wärmerezeuger zeigt, dass bivalente Wärmepumpenheizungen die Möglichkeit bieten, Heizöl durch elektrische Energie zu substituieren. Sie sind darüber hinaus in der Lage, den spezifischen Primärenergiebedarf zu senken, und bieten damit einen Vorteil, der sich nur durch Einsatz von Wärmepumpen erreichen lässt.

Wärmepumpenheizungen im bivalenten Alternativbetrieb bieten aufgrund ihrer Abschaltbarkeit dem Stromversorger die Möglichkeit, günstige Strompreise einzuräumen. Damit weisen sie sowohl aus elektrozitätswirtschaftlicher Sicht als auch aus der Sicht des Kunden die meisten Vorteile auf. Sie sind in der Praxis bereits mit gutem Ergebnis erprobt. Messungen haben die theoretischen Überlegungen zum Energieverbrauch bestätigt. Die Gesamtkosten der bivalenten Wärmepumpenheizung liegen gegenwärtig noch über denen einer Ölheizung.

Da bei der bivalenten Wärmepumpenheizung der Schwerpunkt der Gesamtjahreskosten auf den Kapitalkosten und nicht auf den ständig steigenden Energiekosten liegt, ist die zukünftige Kostenentwicklung und damit die Marktchance dieses Systems positiv zu beurteilen.

## 1. Allgemeine Gesichtspunkte

Die zunehmende Abhängigkeit der westlichen Industrieländer von importierten Energieträgern hat in der jüngsten Zeit eine Vielzahl von Aktivitäten zu deren Substitution eingeleitet. Insbesondere Haushalte und Kleinverbraucher bieten hierfür gute Ansatzmöglichkeiten. Untersuchungen haben gezeigt, dass die privaten Haushalte und die Kleinverbraucher mit über 46 % beinahe doppelt so stark am Mineralölverbrauch beteiligt sind wie die Industrie. Dabei kann gerade für diesen Sektor unterstellt werden, dass dieser Mineralölverbrauch nahezu ausschliesslich für Raumheizwecke benutzt wird. Es steht ausser Frage, dass gerade hier die besten Möglichkeiten bestehen, die erwünschte Substitution des Mineralöls zu vollziehen.

Leider kann die elektrische Speicherheizung die Anforderungen, die in diesem Zusammenhang rein quantitativ gestellt werden, nicht erfüllen, da ihre weitere Verbreitung nur in dem Masse sinnvoll ist, wie neue freie Nachtkapazitäten im Zuge des allgemeinen Absatzzuwachses entstehen.

Auch die Direktheizung, die den Wärmebedarf ausschliesslich und verzögerungsfrei durch elektrische Energie deckt, ist aus energiewirtschaftlicher Sicht – hohe Leistungsanspruchnahme und, gemessen daran, geringe, mit dem Witterungsverlauf schwankende Stromabnahme – nur in Sonderfällen einsetzbar.

Bivalente Heizsysteme übernehmen hier eine wichtige Rolle. Darunter werden Heizsysteme verstanden, die den Raumwärmebedarf eines Gebäudes über zwei voneinander unabhängige Energieträger decken. Im Sinne dieser Ausführungen handelt es sich folglich um elektrische Heizsysteme, die durch einen zweiten, brennstoffbefeugten Wärmerezeuger ergänzt werden. Dabei übernimmt die Elektroheizung die Deckung des Grundwärmebedarfs, während der Spitzenwärmebedarf an den wenigen kalten Tagen entweder teilweise oder ausschliesslich

Le présent rapport traite des installations de chauffage dans lesquelles des générateurs de chaleur électriques sont combinés avec des générateurs de chaleur utilisant les combustibles fossiles. Il discute de la part d'énergie de chauffage annuelle fournie par chacun des deux générateurs de chaleur dans le cas de différents modes de fonctionnement. L'étude des différents générateurs de chaleur électriques envisageables montre que les chauffages bivalents à pompe de chaleur offrent la possibilité de remplacer le mazout par l'énergie électrique. Ils sont en outre à même de réduire les besoins spécifiques d'énergie primaire, et offrent ainsi un avantage que seul l'emploi de pompes de chaleur permet d'obtenir.

Les chauffages à pompe de chaleur en marche bivalente alternative offrent, du fait qu'ils peuvent être déconnectés, au distributeur d'électricité la possibilité d'accorder des prix d'électricité avantageux. Ils présentent ainsi les avantages les plus nombreux aussi bien du point de vue de l'industrie électrique que du point de vue du client. Ils ont déjà été essayés dans la pratique avec un bon résultat. Les mesures ont confirmé les considérations théoriques concernant la consommation.

Etant donné que, pour le chauffage bivalent à pompe de chaleur, la part principale du coût annuel total est constituée par les frais d'immobilisation et non par le coût constamment croissant de l'énergie, l'évolution future du coût et ainsi les espoirs de ce système sur le marché doivent être considérés comme favorables.

über lagerbare, fossile Energieträger befriedigt wird. Dadurch wird es möglich, die Bereitstellung elektrischer Energie für Heizzwecke aus ihrer Klimaabhängigkeit weitgehend zu lösen.

Ein Blick auf die Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs – hier in normierter Darstellung – zeigt (siehe Fig. 1), dass ein Heizsystem, das nur 50 % der maximal erforderlichen Wärmeleistung zur Verfügung stellt, dennoch mehr als 90 % der Jahresheizarbeit liefern kann. Dabei übersteigt an lediglich 17 % aller Heizztage der Wärmebedarf die angebotene Wärmeleistung, so dass das brennstoffbefeugte Heizsystem zusätzlich in Betrieb genommen werden muss; dieses System hat etwa 10 % der Jahresheizarbeit bereitzustellen, muss jedoch ebenfalls 50 % der maximal erforderlichen Wärmeleistung zur Verfü

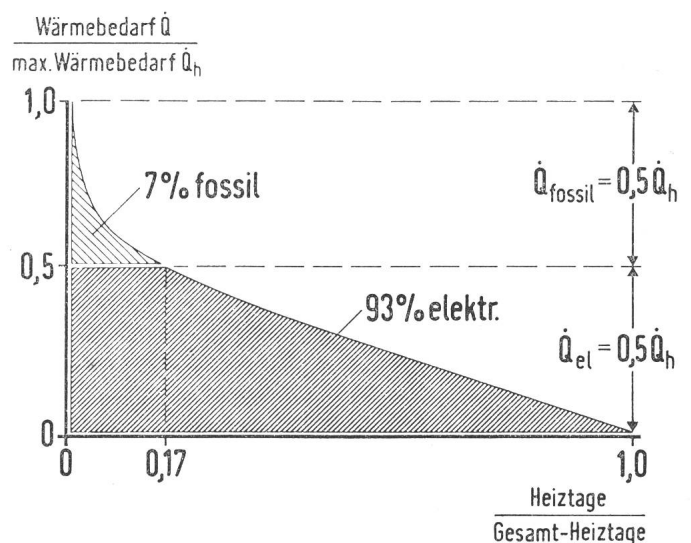


Fig. 1 Bivalente Wärmebedarfsdeckung im Parallelbetrieb (Jahresdauerlinie für Raum Essen)

gung halten. (Mittlere Jahresdauerlinie aus neun Jahren für Raum Essen.)

Die dargestellten Zahlenverhältnisse gelten dann, wenn an den kalten Tagen das elektrische und das brennstoffbefeuerte System parallel betrieben werden. Bei diesem Parallelbetrieb wird demnach auch an kalten Tagen – also in der Regel auch an Tagen mit hoher Belastung der elektrischen Versorgungseinrichtungen – elektrische Leistung beansprucht.

Zur Entlastung der Stromseite kann die bivalente Heizung jedoch auch so ausgelegt werden, dass die Elektroheizung an kalten Tagen durch das Zusatzsystem nicht ergänzt, sondern ersetzt wird. Die beiden Wärmeerzeuger werden also alternativ betrieben.

In der Jahresdauerlinie stellen sich die Verhältnisse dann folgendermassen dar: Die Wärmeleistung des elektrischen Heizsystems entspricht wieder 50% des maximal erforderlichen Wärmebedarfs. Diese Wärmeleistung reicht aus, um an 83% aller Heiztage den Wärmebedarf voll zu decken und damit 66% der Jahresheizarbeit zu liefern (Fig. 2). Das brennstoffbefeuerte Zusatzheizsystem kann mit seiner Wärmeleistung den maximalen Wärmebedarf voll befriedigen. Es ist an 17% aller Heiztage in Betrieb und deckt 34% der Jahresheizarbeit. (Mittlere Jahresdauerlinie aus neun Jahren, Raum Essen.)

Bei beiden Betriebsweisen – dem Parallelbetrieb oder auch dem Alternativbetrieb – fällt dem elektrischen Heizsystem die Grundlastdeckung zu, während das brennstoffbefeuerte System die Wärmebedarfsspitzen abfährt. Dabei bietet sich theoretisch eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten an, die jedoch nicht alle sinnvoll sind.

Für die Auswahl sinnvoller Paarungen gelten folgende grundsätzliche Kriterien:

- Die Energie zur Spitzendeckung sollte direkt beim Verbraucher speicherbar sein, da andernfalls grosse Investitionen für ein Leitungssystem zur Übertragung sehr kleiner Energiemengen erforderlich wären. Die Ergänzung der Elektroheizung durch Erdgas, Stadtgas oder Fernwärme scheidet folglich aus.

- Der technische und finanzielle Aufwand für die Brennstofflagerung muss in vernünftiger Relation zur gespeicherten Energiemenge stehen. Diese Forderung erfüllt das Heizöl beispielsweise sowohl im Parallelbetrieb bei geringem jährlichem

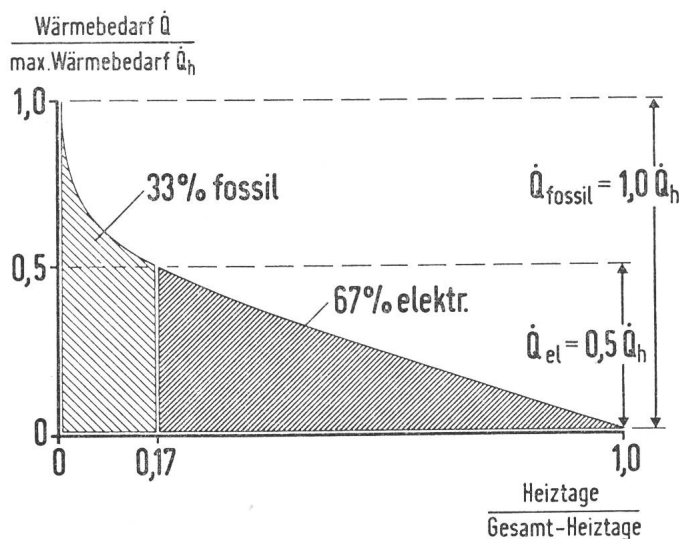


Fig. 2 Bivalente Wärmebedarfsdeckung im Alternativbetrieb (Jahresdauerlinie für Raum Essen)

Grundlastdeckung elektrisch	Spitzendeckung fossil		
	Heizöl	Flüssiggas	Kohle
Speicherheizung			
Widerstands-Direktheizung			
Wärmepumpen-Direktheizung			

Fig. 3 Bivalente Heizung: Sinnvolle Kombinationen und Betriebsweisen

Ölbedarf als auch im Alternativbetrieb bei demgegenüber etwa vierfach grösserer einzulagernder Ölmenge. Das Flüssiggas dagegen eignet sich in erster Linie für den Parallelbetrieb, da in diesem Fall die erforderliche geringe Gasmenge in vielen Fällen aus Gasflaschen vorgehalten werden kann.

– Der zusätzliche Bedienungsaufwand für das brennstoffbefeuerte Heizsystem muss in zumutbaren Grenzen gehalten werden. Das bedeutet für die Praxis, dass die Anwendung von Kohle in bivalenten Heizsystemen nur unter Vorbehalt denkbar ist.

Entsprechend diesen Forderungen beschränken sich alle weiteren Betrachtungen auf die sinnvoll erscheinenden Kombinationen nach Fig. 3, die jedoch zunächst noch ohne nähere Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zusammengestellt sind.

## 2. Primärenergieverbrauch

Der Primärenergieverbrauch der bivalenten Widerstandsheizung – gleichgültig ob im Parallelbetrieb oder Alternativbetrieb – ist rund doppelt so gross wie der einer Ölheizung. Bei dieser Betrachtung wurde vorausgesetzt, dass die Anlagen jeweils den gleichen Jahresheizwärmebedarf zu befriedigen haben. Das bedeutet, dass für die jeweiligen Gebäude der gleiche Grad an Wärmedämmung vorausgesetzt wurde.

Gänzlich anders liegen die Verhältnisse bei Einsatz einer Wärmepumpe, die unabhängig von der Betriebsweise in jedem Falle einen geringeren Primärenergiebedarf hat als eine Ölheizung. Im Falle des Parallelbetriebes ist die im Verlaufe eines Jahres aufgewendete Primärenergiemenge etwa genauso gross wie die an das Heizsystem abgegebene nutzbare Wärmemenge. Das entspricht einem Wirkungsgrad von 100% bei einem konventionellen Heizsystem. Dieses Ergebnis ist nur mit einer Wärmepumpe zu erreichen und sollte insbesondere im Vergleich mit der Nutzung von Kraftwerkabwärme mittels überregionaler Fernwärmesysteme näher diskutiert werden.

## 3. Substitution importierten Mineralöles

Für die Substitution von Mineralöl, also aus dem Blickwinkel der Importabhängigkeit, sind alle bivalenten Heizsysteme interessant. Während im Parallelbetrieb das Heizöl fast völlig verdrängt werden kann, geht der Verbrauch im Alternativbetrieb auf immerhin ein Drittel des Verbrauchs einer reinen Ölheizung zurück. Diese Analyse zeigt deutlich, dass gerade die Wärmepumpe im bivalenten Betrieb sowohl

hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs als auch hinsichtlich der Substitution von Mineralöl die besten Möglichkeiten bietet. In einer zusammenfassenden Darstellung, die sowohl den Primärenergieverbrauch als auch die Abhängigkeit des Heizsystems von importierten Energieträgern beinhaltet, lassen sich vier verschiedene Bereiche erkennen (Fig. 4):

- Im ersten Bereich (Fig. 4, links unten) sind die Heizsysteme zu finden, die sich sowohl durch geringen Primärenergieverbrauch als auch durch geringe Importabhängigkeit auszeichnen.

- Der zweite Bereich rechts unten kennzeichnet geringen Primärenergieverbrauch bei grosser Importabhängigkeit.

- Der dritte Bereich links oben ist den Systemen mit grossem Primärenergieverbrauch, aber geringer Importabhängigkeit zugeordnet.

- Im vierten Bereich rechts oben sind sowohl Primärenergieverbrauch als auch Importabhängigkeit gross.

Bei ausschliesslicher Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte zeigt sich eindeutig die Überlegenheit der Wärmepumpe, die sich sowohl durch geringen Primärenergieverbrauch als auch durch geringe Importabhängigkeit auszeichnet.

**Fazit**

- Bivalente Wärmepumpenheizungen bieten die Möglichkeit, Heizöl durch elektrische Energie zu substituieren.

- Bivalente Wärmepumpen sind darüber hinaus in der Lage, den spezifischen Primärenergiebedarf zu senken. Damit bieten sie einen Vorteil, der sich nur durch Einsatz von Wärmepumpen erreichen lässt.

**4. Elektrizitätswirtschaftliche Überlegungen**

Ergänzend zu den genannten allgemeinen Aspekten ist zu überprüfen, ob die bivalenten Wärmepumpenanlagen, auch elektrizitätswirtschaftlich betrachtet, Anreiz bieten. Insbesondere soll wegen der dominierenden Festkosten der Stromversorgung die je Anlage vorzuhaltende Leistung möglichst klein sein, da die Wettbewerbsfähigkeit des Systems entscheidend hiervon abhängt. Aus dem gleichen Grund ist eine möglichst hohe Jahresvollbenutzungsdauer dieser vorzuhaltenden Leistung anzustreben.

Um die bivalente Heizung hinsichtlich dieser beiden Kriterien beurteilen zu können, ist für beide Betriebsweisen der Zusammenhang zwischen der Wärmeleistung des elektrischen Heizsystems und seinem Anteil an der Deckung der Jahresnutzwärmemenge zu untersuchen. Fig. 5 gibt darüber für die Klimaverhältnisse im Raum Essen Aufschluss. Deutlich zeigt sich, dass die Elektroheizung im Parallelbetrieb schon mit einem Anteil von nur 10% an der maximal erforderlichen Wärmeleistung  $Q_h$  rund ein Drittel der Jahresnutzwärmemenge  $W_{ges}$  decken kann und bei 20% Leistungsanteil schon mehr als die Hälfte, während der Alternativbetrieb erst im Bereich zwischen 40 und 70% Leistungsanteil interessant wird.

Noch eindeutiger zeigen sich diese Zusammenhänge, wenn die erreichbare Jahresvollbenutzungsdauer über dem Wärmeleistungsanteil der Elektroheizung aufgetragen wird. Fig. 6 zeigt die Verhältnisse in normierter Darstellung. Bezugsgrössen sind der rechnerisch ermittelte Wärmebedarf  $Q_h$  bzw. dessen Vollbenutzungsdauer. Während im Parallelbetrieb mit steigendem Anteil der Elektroheizung an der maximal erforderlichen Wärmeleistung die Benutzungsdauer immer weiter abfällt,

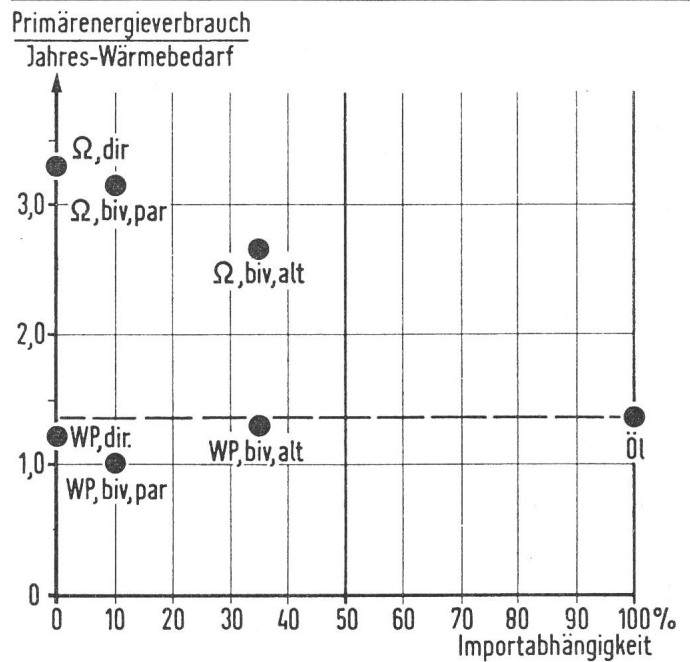


Fig. 4 Primärenergieverbrauch und Importabhängigkeit verschiedener Heizsysteme

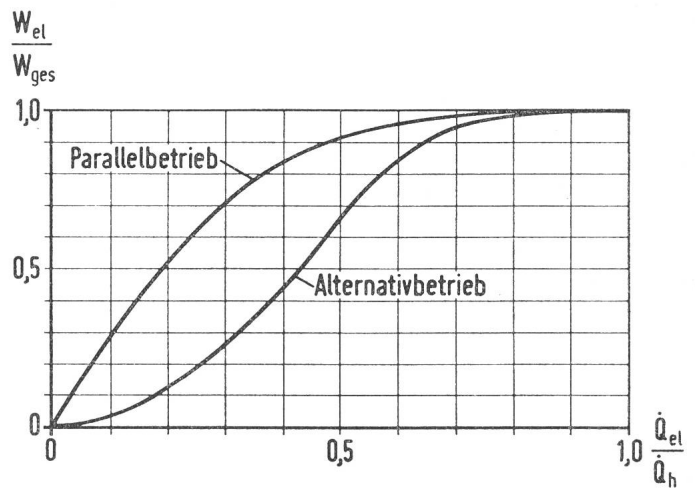


Fig. 5 Bivalente Heizung: Anteil der Elektroheizung an der Deckung des Jahreswärmebedarfes (Raum Essen)

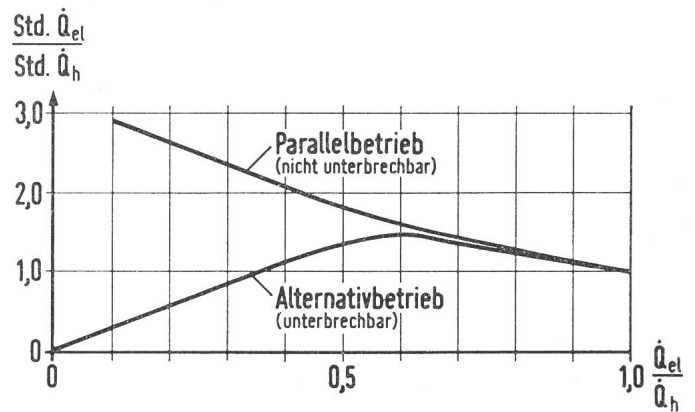


Fig. 6 Bivalente Heizung: Benutzungsstunden der elektrischen Raumheizung (Raum Essen)

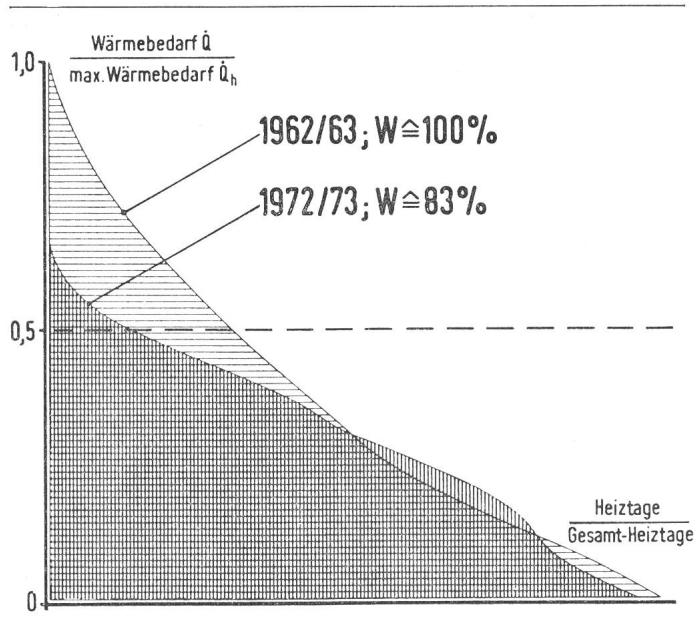


Fig. 7 Ausschliesslich Elektroheizung: Jahresheizarbeit  
(kalter Winter 1962/63 und warmer Winter 1972/73)

zeigt der Alternativbetrieb ein deutliches Maximum der erreichbaren Benutzungsdauer im Bereich zwischen 50 und 70 % Elektroanteil. Die Benutzungsdauer liegt dort bei etwa dem 1,5fachen derjenigen, die bei ausschliesslich elektrischer Direktheizung erreichbar wäre. Sinkt der Elektroanteil dagegen unter 35 %, so ist die Benutzungsdauer sogar ungünstiger als bei einer reinen Direktheizung.

Bei dieser Betrachtung sind jedoch Vorteile des Alternativbetriebes noch unberücksichtigt, die von ausschlaggebender Bedeutung sind:

- Die elektrische Wärmeerzeugung ist im Alternativbetrieb beliebig unterbrechbar, da der brennstoffbefeuerte Wärmeerzeuger jederzeit den vollen Wärmebedarf decken kann.
- Wegen des Alternativbetriebes ist mit einem milden Winter nicht mehr zwangsläufig ein geringerer Heizstromverbrauch verbunden, sondern es wird sich sogar der gegenteilige Effekt ergeben.

Zu diesem letzten Punkt sind noch nähere Erläuterungen zu geben. Fig. 7 vergleicht die geordnete Jahresdauerlinie des Heizwärmebedarfs aus dem strengen Winter 1962/63 mit der des milden Winters 1972/73. Die Darstellung zeigt, dass der Jahreswärmebedarf des milden Winters um 17 % hinter dem des strengen Winters zurückblieb. Bei ausschliesslicher Verwendung elektrischer Direktheizung auch am kältesten Wintertag bedeutet das, dass der Verkauf elektrischer Energie im gleichen Masse zurückginge.

Wesentlich ausgeglichener stellten sich die Verhältnisse für die bivalente Heizung im Parallelbetrieb dar (Fig. 8).

Fig. 9 gibt vergleichsweise die Jahresheizarbeit im Alternativbetrieb wieder. Es ist deutlich zu erkennen, dass im milden Winter nicht nur relativ, sondern auch absolut eine weit grössere Wärmemenge von der Elektroheizung geliefert werden kann.

Die alternativ betriebene bivalente Elektroheizung verhält sich damit in ihrer Abnahmecharakteristik antizyklisch zu den witterungsbedingten Abnahmeschwankungen anderer Verbrauchergruppen.

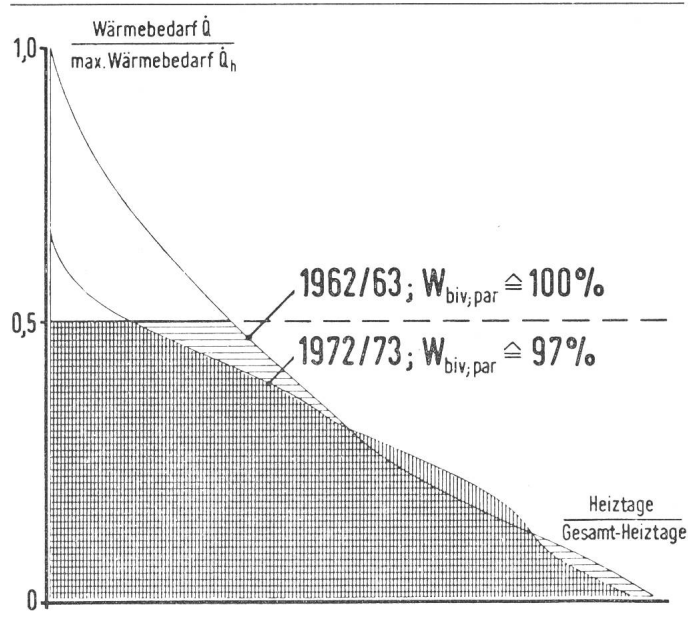


Fig. 8 Bivalente Heizung: Jahresheizarbeit im Parallelbetrieb  
(kalter Winter 1962/63 und warmer Winter 1972/73)

#### Fazit

Aus elektrizitätswirtschaftlicher Sicht ist die bivalente Wärmepumpenheizung eine sinnvolle Lösung. Sie erfüllt die Forderung nach kleiner spezifischer Anschlussleistung und möglichst grosser Jahresbenutzungsdauer. Sie bietet ausserdem die Möglichkeit, mit vorhandenen Versorgungskapazitäten eine beachtliche Zahl von Wohnungen zusätzlich mit elektrischer Heizenergie bei gleichzeitigem Wärmegewinn aus der Umwelt zu versorgen. Der Umfang der Substitution von Heizöl durch Strom ist bei diesen Systemen beachtlich.

Im Gegensatz zum Parallelbetrieb bietet der Alternativbetrieb darüber hinaus den Vorteil, dass an kalten Tagen, das heisst an Tagen mit hoher Belastung der elektrischen Versorgungseinrichtungen, keine elektrische Heizleistung beansprucht wird.

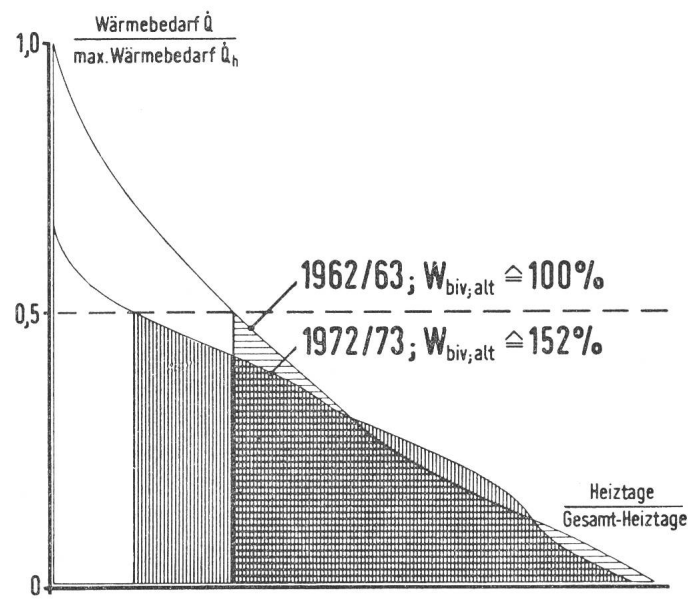


Fig. 9 Bivalente Heizung: Jahresheizarbeit im Alternativbetrieb  
(kalter Winter 1962/63 und warmer Winter 1972/73)



Betriebsweise	Energie	Energieverbrauch %	Energiekosten %
Monovalenz	Heizöl	100	100
Bivalenz	Elektro-Widerstandsheizung Heizöl	37	113
		39	39
		<u>76</u>	<u>152</u>
	Wärmepumpe Luft/Wasser Heizöl	13	38
		39	39
		<u>52</u>	<u>77</u>

Voraussetzung für die Verbreitung bivalenter Wärmepumpensysteme ist allerdings, dass einerseits ein kostendeckender Stromerlös erzielbar ist und dass andererseits diese Heizung auch aus der Sicht des Kunden attraktiv ist.

**5. Anforderungen aus der Sicht des Kunden**

Der Kunde verlangt eine Heizungsanlage, die vorwiegend auf seine Bedürfnisse ausgerichtet ist. Volkswirtschaftliche oder elektrizitätswirtschaftliche Gesichtspunkte spielen bei der Systemauswahl praktisch keine Rolle. Es sind statt dessen im wesentlichen die folgenden Anforderungen zu erfüllen:

- Die Festkosten – soweit sie vom Kunden getragen werden müssen – sollen möglichst gering sein, da der Privatbauherr in der Regel Finanzierungsprobleme hat.
- Die beweglichen Kosten (Energiekosten, Wartung und Unterhaltung) sollen nach Möglichkeit ebenfalls gering sein.
- Die Heizung soll ein Höchstmass an Komfort, das heisst auch ein Minimum an Bedienungsaufwand, aufweisen.
- Das System soll ein Höchstmass an Betriebs- und Versorgungssicherheit bieten.

**6. Praktische Erfahrungen**

Es sind eine Reihe bivalenter Heizungsanlagen in der Praxis erprobt worden, bei denen sowohl die elektrische Widerstandsheizung als auch die elektrisch angetriebene Wärmepumpe mit den fossilen Energieträgern Heizöl, Flüssiggas und feste Brennstoffe kombiniert wurden. Sämtliche Anlagen werden alternativ betrieben. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Kombination mit dem Energieträger Heizöl.

Fig. 10 zeigt den Aufbau bivalenter Anlagen. Bei Widerstandsdirektheizung ist von diesem Prinzip zum Teil abgegangen worden. Die Elektroheizflansche befinden sich hierbei direkt im Ölheizkessel. Bei anderen Anlagen wurde ein Elektrodurchlauferhitzer dem vorhandenen Heizkessel vorgeschaltet.

Bei diesen Schaltungen werden wegen der unterschiedlichen Kesseltemperaturen bei elektrischem Betrieb Bedenken wegen Taupunktunterschreitung und der damit verbundenen Korrosionsgefahr geäussert. Die so ausgeführten Anlagen sind nun seit etwa drei Jahren in Betrieb, ohne dass Korrosionsschäden festgestellt wurden. Das ist wohl darauf zurückzuführen, dass Taupunktunterschreitung nur bei Brennerbetrieb durch den im Abgas enthaltenen Wassergehalt auftreten kann.

Zu den bivalenten Anlagen mit E-Widerstandsdirkeizung ist festzustellen:

- Einfacher Aufbau der Anlage
- Niedrige Anlagekosten der elektrischen Wärmeerzeugung (komplett 3000 DM)
- Zuverlässiger Betrieb
- Einfache Anpassung an Anheiz- und Fortheizwärmebedarf durch aussentemperaturabhängige Stufenschaltung

Bivalente Heizungsanlagen mit Widerstandsheizung erbringen bei den heutigen Strompreisen für die Grundlastenergie Elektrizität höhere spezifische Energiekosten als die zur Spitzendeckung dienenden lagerbaren Energieträger. Aus diesem Grund hat diese Anlagenkonzeption trotz der nachgewiesenen Energieeinsparung gegenüber der Ölheizung heute noch keine Marktchance.

Dieses wird durch die Tabelle I deutlich. Wie die Tabelle zeigt, besteht auch für den Kunden bei bivalenten Heizungsanlagen mit Luft/Wasser-Wärmepumpen schon heute ein deut-

licher Anreiz. Diese bivalenten Wärmepumpenanlagen sind hinsichtlich des Anlagenaufbaus wie folgt zu unterscheiden:

- Aufstellung der Wärmepumpe im Heizungskeller
- Aufstellung der Wärmepumpe im Freien (Kompaktanlage)
- Aufstellung des Verdampfers im Freien; alle sonstigen Teile im Heizungskeller (Splitanlage)

Folgende Erfahrungen liegen vor:

*Aufstellung der Wärmepumpe im Heizungskeller*

Alle zur Heizungsanlage gehörenden Aggregate befinden sich in einem Raum. Es bestehen fast immer kurze und einfache Anbindungsmöglichkeiten der Wärmepumpe.

Zu- und Fortluft der Wärmepumpe sollten über Luftkanäle geführt werden. Zieht man die Luft frei über den Heizungsraum an, so muss sichergestellt sein, dass dem zu beheizenden Gebäude durch die Zuluft zur Wärmepumpe keine Wärme entzogen wird. Bei freier Ansaugung müssen daher Türschlitze zum Heizungskeller besonders abgedichtet und die Wände und Decke dieses Raumes besonders wärmedämmend sein.

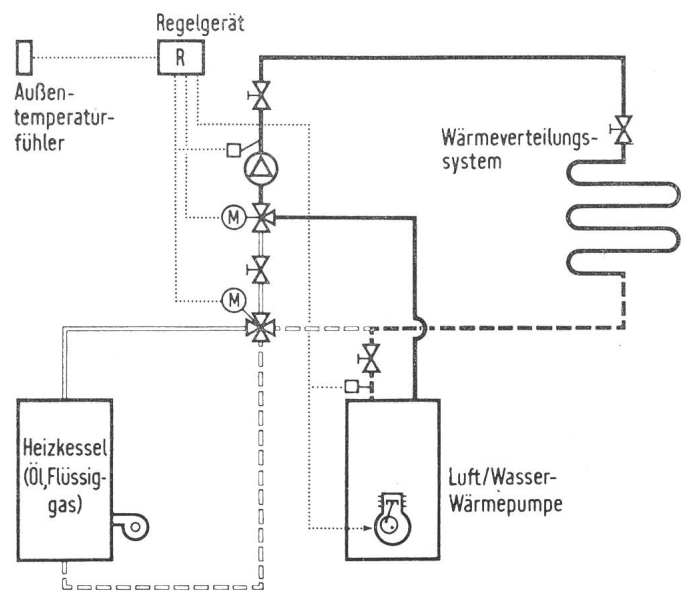


Fig. 10 Schema einer bivalenten Wärmepumpenheizungsanlage. Wärmepumpe in Betrieb

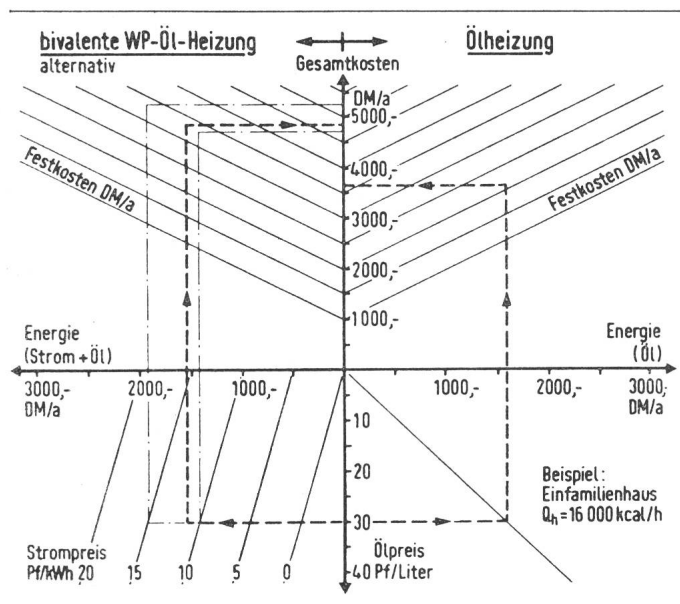


Fig. 11 Betriebskostenvergleich Ölheizung-bivalente Heizung WP-Öl

#### Aufstellung der Wärmepumpe im Freien (Kompaktanlage)

Da die Wärmepumpe ausserhalb des zu beheizenden Gebäudes steht, gibt es weder Luftführungsprobleme noch Wärmeentzug aus dem Gebäude. Der Geräuschpegel der Kompaktanlagen lässt sich ohne grosse Schwierigkeit in den Bereich der zulässigen Immissionsrichtwerte bringen. Die Kompaktanlage wird über einen Wasservor- und -rücklauf an die Heizung angebunden. Diese Anbindung erfordert einen zuverlässigen Schutz gegen Einfrieren bei Störung. Das Problem wird über elektrische Heizpatronen gelöst.

#### Splitanlage

Das Splitsystem, bei dem sich der Verdampfer im Freien befindet und die übrigen Anlagekomponenten im Heizungskeller untergebracht sind, vereint die Vorteile der vorgenannten Lösungen. Nachteile können sich durch die im kältetechnischen Teil erforderliche Montage vor Ort ergeben.

Es kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die in Betrieb befindlichen bivalenten Anlagen ohne nennenswerte Störungen arbeiten. Die aus theoretischen Betrachtungen gewonnenen Erkenntnisse für Energieeinsparung durch Einsatz von Wärmepumpen werden bestätigt.

Nach heutigem Stand bekommt man eine betriebsbereite Luft/Wasser-Wärmepumpe mit komplettem Anschluss an ein vorhandenes Heizsystem für ein mittleres Einfamilienhaus ab 8000 DM.

Fig. 11 zeigt die gegenwärtige Kostensituation für eine Ölheizung (rechte Seite der Darstellung) im Vergleich zu einer bivalent alternativ betriebenen Wärmepumpenheizung (linke Seite).

Bei einem Ölpreis von beispielsweise 30 Pf/Liter ergeben sich für die Ölheizung Jahresgesamtkosten von 3600 DM, wobei der Anteil für die Energiekosten bei etwa 1600 DM liegt.

Bei der bivalenten Wärmepumpen-Ölheizung sind die Festkosten spürbar höher als bei der Ölheizung. Die bivalente Wärmepumpe im Alternativbetrieb bietet jedoch wesentliche elektrizitätswirtschaftliche Vorteile, die es gestatten, einen

günstigen Strompreis einzuräumen. Dadurch ist ein begrenzter Ausgleich der Anlagemehrkosten möglich. Denkbare Strompreise liegen aus heutiger Sicht zwischen 10 und 15 Pf/kWh. Der Bereich ist in der Darstellung gekennzeichnet. Es ist zu erkennen, dass die reinen Energiekosten für das gewählte Beispiel bei 12 Pf/kWh und 30 Pf/Liter Heizöl gleich denen der Ölheizung sind. Unter diesen Voraussetzungen liegen also die Gesamtjahreskosten der bivalenten Wärmepumpenheizung durch den höheren Kapitaldienst um etwa 1000 DM höher als bei der Ölheizung.

Eine Änderung dieser Verhältnisse kann herbeigeführt werden durch Anstieg des Ölpreises, durch Senkung des Strompreises sowie durch Senkung der Investitionskosten für die Wärmepumpenanlage. Es ist wahrscheinlich, dass alle drei Faktoren zusammentreffen werden:

- Der Ölpreis hat die 30-Pf-Grenze bereits überschritten.
- Es werden bereits Strompreisregelungen angeboten, die einen Nettostrompreis von etwa 7,5 Pf/kWh ergeben.
- Die neuesten Angebote der Wärmepumpenhersteller weisen eine spürbare Senkung der Investitionskosten aus, die sich in absehbarer Zeit in etwa 500 DM/a niedrigeren Kapitalkosten niederschlagen werden.

Die Gesamtjahreskosten der bivalent-alternativ betriebenen Wärmepumpenheizung werden künftig, verglichen mit denen der Ölheizung, immer günstiger werden. In den beweglichen Kosten werden sie sogar schon heute spürbar billiger sein.

## 7. Schlussfolgerungen

Die bivalente Wärmepumpe als Heizaggregat für die Raumheizung ist heute technisch hinreichend ausgereift, um Eingang in die Praxis zu finden.

Sie steht am Anfang einer Entwicklung, die noch weitere Verbesserungen erwarten lässt.

Sie liegt in den Gesamtbetriebskosten zurzeit noch über denen einer Ölheizung, die reinen Energiekosten sind jedoch geringer. Es sind heute schon Ansätze für eine Kostensenkung erkennbar, die im Vergleich mit der Ölheizung innerhalb der nächsten zwei Jahre Gleichstand der Gesamtkosten erwarten lassen.

Die bivalente Wärmepumpenheizung nutzt Umweltwärme und trägt somit zur Energieeinsparung bei.

Sie ermöglicht die Substitution importierten Mineralöles auch bei bestehenden Heizungsanlagen.

#### Literatur

- [1] Studie des VDEW-Arbeitsausschusses Elektrische Raumheizung und Klimatisierung: «Zukünftige Elektroheizsysteme» (Januar 1977).

#### Adressen der Autoren

P. Kalischer, Dipl.-Ing., Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Kruppstrasse 5, D-4300 Essen 1, und J. Kebbekus, Ing.-grad., Main-Kraftwerke AG, Brüningstrasse 1, D-6230 Frankfurt-Höchst.