

# Erfahrungen mit dem Betrieb einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage in einem Einfamilienhaus

Dr.-Ing. Helmuth te Gude

Die Einsparung von Heizungskosten durch Verwendung einer bivalent/alternativ betriebenen Wärmepumpe anstelle einer Ölheizung ist nur dann hinreichend genau zu ermitteln, wenn das beheizte Haus im Vergleichszeitraum wärmetechnisch nicht verändert wurde und die klimatischen Verhältnisse in den verglichenen Zeiträumen weitgehend übereinstimmen.

In einem Hamburger Einfamilienwohnhaus wurde der Öl- und Stromverbrauch nach Einbau einer bivalent/alternativ betriebenen Luft/Wasser-Wärmepumpe während eines Jahres (24. 7. 1979 bis 23. 7. 1980) täglich gemessen. Demgegenüber standen Aufzeichnungen über den Ölverbrauch des gleichen Hauses aus den Jahren 1960-1979 zur Verfügung, die der Eigentümer regelmäßig in 8- bis 14tägigem Abstand (mit Ausnahme von Urlaubszeiten) gemacht hatte. Die Vergleichbarkeit der Klimaverhältnisse wird dadurch hinreichend genau ermöglicht, daß für die 12 Kalendermonate in den 20 Jahren Ölheizung der durchschnittliche Monats-Ölverbrauch mit der Monats-Durchschnitts-Lufttemperatur in Beziehung gebracht wurde. Aus dieser Kurve (Bild 1) kann dann für jede Monatsdurchschnitts-Lufttemperatur im „Wärmepumpen-Jahr“ 1979/80 angegeben werden, wie hoch der Ölverbrauch gewesen wäre, wenn auch im Jahr 1979/80 nur die Ölheizung betrieben worden wäre. Dieser Verbrauch wird im folgenden „hypothetischer Ölverbrauch“ genannt, er gibt eine zuverlässige Vergleichsbasis gegenüber dem wirklichen Verbrauch an Strom und Öl im Jahre 1979/80.

## 1 Das Haus

Baujahr:	1959/60
Baustil:	Bungalow, voll unterkellert
Umbauter Raum:	Erdgeschoß 414 m <sup>3</sup> nach DIN 277 Keller 332 m <sup>3</sup> Dachboden 65 m <sup>3</sup>
Bebaute Fläche:	156 m <sup>2</sup>
Beheizte Wohnfläche:	120,3 m <sup>2</sup> (Keller unbeheizt) nach DIN 283
Außenmauern:	Hohlblocksteine+Klinker mit ca. 2 cm Luftzwischenraum; k=ca. 0,7 W/m <sup>2</sup> K
Fensterfläche:	22,8 m <sup>2</sup> , davon isolierverglast 17,8 m <sup>2</sup>
Dach:	Dachboden nicht ausgebaut, aber begehbar, mit Stein- und Glaswolle matten gut isoliert
Heizkörper:	12 Stahlradiatoren (DIN 4722) in den nur mäßig isolierten Fensternischen untergebracht.
Klimazone:	II
Himmelsrichtung:	Sämtliche Wohnräume liegen an der Südseite, ein Schlafraum, das Bad und Nebenräume nach Osten bzw. Norden.

Das Haus wurde im Berichtszeitraum (1960 bis 1980) von 4 Personen bewohnt.

Tabelle 1: Jahresgang des monatlichen Ölverbrauchs in Mittelwerten aus den Jahren 1960-1979 Ermittlung des hypothetischen Ölverbrauches für 1979/80 (Spalten 4 und 5)

Monat	1 Mittlerer Ölverbrauch in		3 Mittlere Lufttemperaturen in Hamburg 1951-1970 [°C]	4 Mittlere Lufttemperatur in Hamburg 1979/80 [°C]	5 Hypothetischer Ölverbrauch 1979/80 [l]
	Litern	% des Jahresverbrauches			
Januar	911	17,4	0,2	-2,4	1060
Februar	774	14,8	0,1		
März	738	14,1	3,1		
April	526	10,1	7,4	6,7	510
Mai	301	5,8	11,7		
Juni	41	0,8	15,5		
Juli*	40	0,8	16,5	14,5	110
August	70	1,3	16,1		
September	98	1,9	13,5		
Oktober	327	6,3	9,6	8,8	400
November	567	10,8	4,9		
Dezember	829	15,9	1,5		
Jahr	5222	100,0	8,3	8,0	5490

\*Mittelwert für 24. 7. - 31. 7. 1979 und 1. 7. - 23. 7. 1980

## 2 Die Heizanlage

Beim Entwurf des Hauses wurde vom Architekten ein Wärmebedarf nach DIN 4701 von  $Q_h = 19820 \text{ kcal/h} = 23 \text{ kW}$  errechnet, das entspricht einem spezifischen Bedarf  $q_h$  von  $191 \text{ W/m}^2$  beheizter Wohnfläche. Das Brauchwasser wird getrennt (elektrisch) erwärmt. Installiert wurde ein Ölheizkessel mit einer Leistung von  $25000 \text{ kcal/h} = 29 \text{ kW}$ . Der Ölbrenner hat folgende Spezifikation:

Leistung, min. Durchsatz:  $3 \text{ kg/h}$   
 max. Durchsatz:  $6 \text{ kg/h}$   
 Viskosität:  $1,4^\circ\text{E}/20^\circ\text{C}$   
 Motor:  $125 \text{ W}$   
 Düse:  $0,85/60^\circ$   
 eingestellte Leistung:  $3,8 \text{ l/h}$ .

Die Heizung ist mit einem Vierwegemischer ausgestattet, einem elektronischen Regelgerät mit Schaltuhr, Außen- und Vorlauftemperaturfühlern und Raumthermostat mit Nachtabsenkung. Die Tages-Raumtemperatur wurde auf  $20\text{-}21^\circ\text{C}$ , die Nachttemperatur während 8 Stunden (22-6 Uhr) auf  $16^\circ\text{C}$  eingestellt.

### Zeitraum 1960-1979 (Ölheizung)

Der tatsächliche Ölverbrauch betrug im Durchschnitt von 20 Jahren  $5222 \text{ l}$  jährlich. Hieraus errechnet sich eine mittlere jährliche Wärmeleistung von

$$Q_h = \frac{B_a \cdot H \cdot \eta_{\text{ges}}}{F} = \frac{5222 \text{ Ltr} \cdot 9,85 \text{ kWh/Ltr} \cdot 0,72}{120,3 \text{ m}^2}$$

$$= \frac{37034 \text{ kWh}}{120,3 \text{ m}^2}$$

$$= 308 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

$B_a$  = mittlerer Ölverbrauch in Litern  
 $H$  = Heizwert des Öles =  $9,85 \text{ kWh/l}$   
 $\eta_{\text{ges}}$  = Gesamtwirkungsgrad der Heizanlage =  $0,72$   
 $F$  = beheizte Wohnfläche in  $\text{m}^2$   
 $\eta_{\text{ges}} = \eta_F \cdot \eta_V \cdot \eta_{\text{St}} = 0,83 \cdot 0,94 \cdot 0,93 = 0,72$   
 $\eta_F$  = feuertechnischer Wirkungsgrad =  $83\%$   
 $\eta_V$  = Verteilungswirkungsgrad =  $94\%$   
 $\eta_{\text{St}}$  = (Bereitschaftsverluste =  $7\%$ ) =  $93\%$

Die durchschnittliche jährliche Betriebsstundenzahl im betrachteten Zeitraum wird auf  $t_a = 1600 \text{ h/a}$  geschätzt. Damit ergibt sich ein spezifischer Wärmebedarf im 20-jährigen Durchschnitt von

$$Q_s = \frac{Q}{t_a \cdot A} = \frac{37034}{1600 \cdot 120,3} = 192 \text{ W/m}^2.$$

Angesichts der Tatsache, daß in den Jahren bis 1970 in bezug auf die Wärmedämmung oft nur die Mindestwerte der DIN 4108 („Wärmeschutz im Hochbau“) erreicht wurden, ist der spezifische Wärmebedarf von  $192 \text{ W/m}^2$  ein normaler Wert. (Heute ist mit neuzeitigen Wärmedämmmaßnahmen ein Wert von ca.  $100 \text{ W/m}^2$  für ein Haus dieser Größe und Bauart erreichbar.)

Für die **Wartung der Heizanlage** bestand seit 1968 ein Service-Vertrag mit einer einschlägigen Firma. Typische Meßergebnisse aus den Service-Protokollen sind:

Abgastemperatur:  $230\text{-}250^\circ\text{C}$   
 $\text{CO}_2$ -Gehalt:  $9\text{-}12\%$   
 Ruß:  $1\text{-}2$   
 Feuerungstechnischer Wirkungsgrad:  $83\text{-}89\%$

Der Ölverbrauch wurde in den Heizperioden regelmäßig in 8- bis 14-tägigem Abstand (ausgenommen Urlaubszeit) ermittelt, und zwar mit Hilfe des Peilstabes im Tank, seit 1970 mit einem Betriebsstundenzähler für den Brenner. Dieser Zähler wurde etwa alle 1-2 Monate durch Peilstab-Kontrollmessungen im Tank kontrolliert.

### 3 Die Luft/Wasser-Wärmepumpe

Im Juli 1979 wurde eine Luft/Wasser-Wärmepumpe in Betrieb genommen. Sie ist außerhalb des Hauses in geringer Ent-

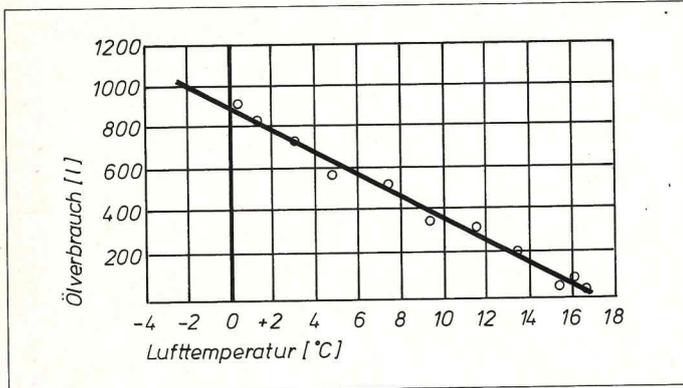


Bild 1: Zusammenhang zwischen mittlerer monatlicher Lufttemperatur und mittlerem monatlichem Ölverbrauch in den Jahren 1960 bis 1979

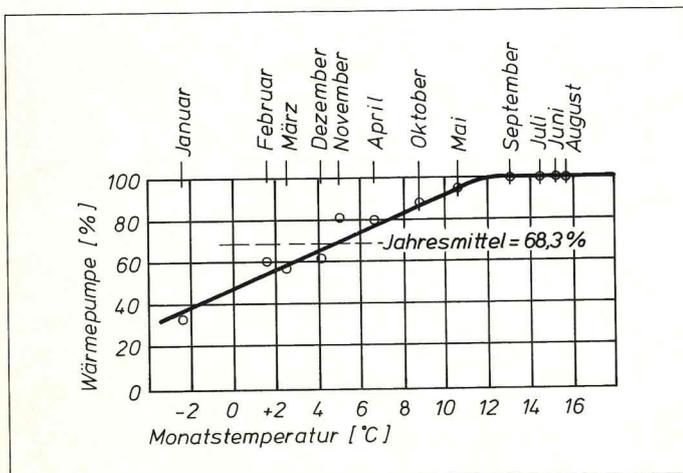


Bild 2: Anteil der Wärmepumpe am Heizbedarf im Vergleich zur mittleren Monatstemperatur

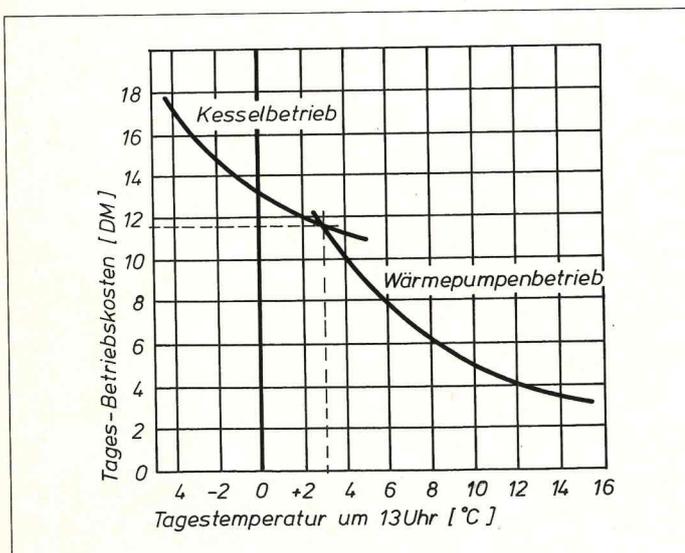


Bild 3: Betriebskosten bei reinem Kessel- bzw. reinem Wärmepumpenbetrieb (Öl  $0,624 \text{ DM/l}$ ; Strom  $0,14 \text{ DM/kWh}$ )

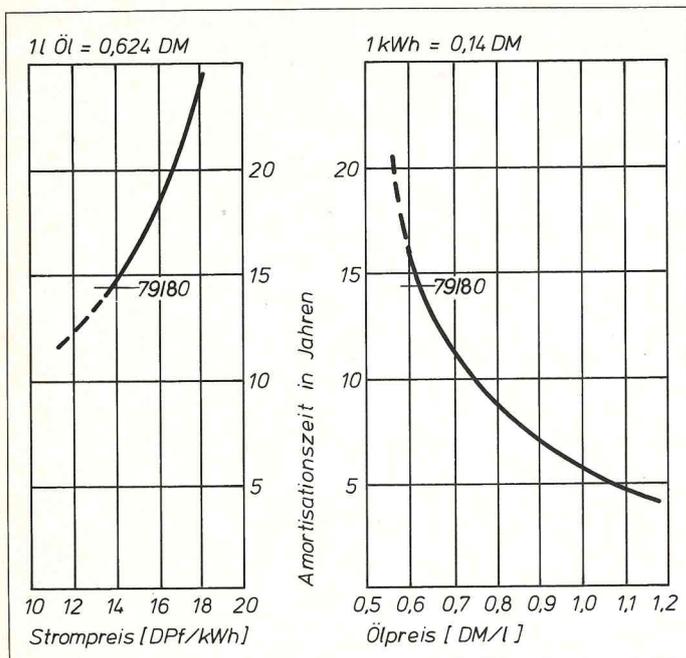


Bild 4: Einfluß von Strom- und Ölpreis auf die Amortisation

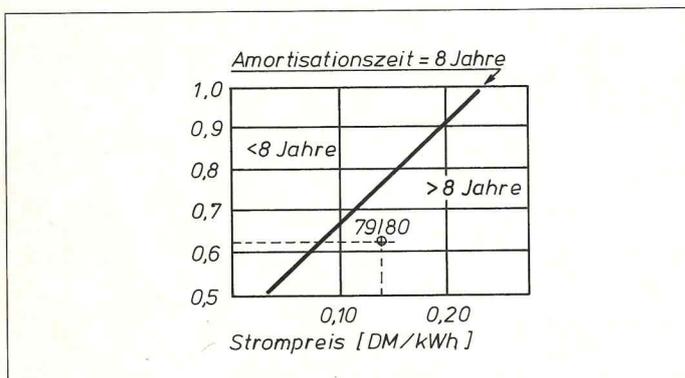


Bild 5: Relation Ölpreis/Strompreis, wenn die Amortisationszeit 8 Jahre betragen soll

fernung vom Heizkeller in einem Wetterschutzhäuschen untergebracht und besteht aus zwei gleichen Moduln. Die zum Heizsystem führenden Rohre haben eine Länge von  $2 \times 8 \text{ m}$  und sind besonders gut isoliert in der Erde verlegt. Der vorhandene Heizungs-Mischer wird durch einen Kompaktregler gesteuert, dessen Regelkurve einer Außentemperatur von  $-20^\circ\text{C}$  eine Vorlauftemperatur von  $80^\circ\text{C}$  zuordnet. Wie in den Vorjahren wurde mit einer Raumtemperatur von  $20\text{-}21^\circ\text{C}$  und einer 8stündigen Nachtabsenkung (22-6 Uhr) auf  $16^\circ\text{C}$  gearbeitet.

Die Wärmepumpe hat folgende Daten:  
 Heizleistung bei  $+3^\circ\text{C}$  Außenlufttemperatur und 70% rel. Luftfeuchte: 11,6 kW  
 Vorlauftemperatur:  $45^\circ\text{C}$   
 Betriebsart: bivalent/alternativ  
 Bivalenzpunkt:  $+2^\circ\text{C}$   
 Leistungsaufnahme des Verdichters: ca. 4,1 kW  
 Leistungsaufnahme des Ventilators: 0,3 - 0,45 kW  
 Heizungswasser-Durchsatz:  $2,0 \text{ m}^3/\text{h}$   
 Außenluftmenge: ca.  $4000 \text{ m}^3/\text{h}$

#### 4 Heizenergie – Vergleich zwischen 1960/79 und 1979/80

Die Messungen begannen am 24. 7. 1979 und endeten am 23. 7. 1980. Dieser Zeitraum wird im folgenden kurz mit „79/80“ bezeichnet.

In den Jahren seit dem Bau des Hauses bis zur Installation der Wärmepumpe, also von 1960 bis zum Juli 1979 wurde der Ölverbrauch regelmäßig erfaßt. Zwar gibt es einige Lücken wegen Urlaubsabwesenheit, doch bleiben mehr als 120 zuverlässige Monatserfassungen. Diese fallen überwiegend in die Heizperiode Oktober bis Mai, während in den Sommermonaten etwas weniger Material vorliegt. Es ist nun zunächst zu untersuchen, inwieweit diese Erfahrungswerte als verlässliche Vergleichsunterlage angesehen werden können.

Die Tabelle 1 gibt in Spalte 1 die Mittelwerte des Ölverbrauchs für jeden Monat aus dem Zeitraum 1960/79 an, während Spalte 3 die mittleren Außentemperaturen in Hamburg-Fuhlsbüttel aus den Jahren 1951/70 verzeichnet; diese Werte

Tabelle 2: Öl- und Stromverbrauch im Versuchsjahr. Energiekosten. Ersparnis durch die Wärmepumpe.

1 Zeitraum	2 Aus den Vorjahren errechneter „hypothetischer“ Ölverbrauch [l]	3 Heizkosten zu Spalte 2* [DM]	4 Verbrauch im Versuchsjahr		6 Heizkosten im Versuchsjahr [DM]	7 Einsparung [DM] [%]
			Öl [l]*	Strom [kWh]**		
24. 7. – 31. 7.	26	16,20	0	61	8,54	7,66
August	70	43,70	0	208	29,12	14,58
September	180	112,30	0	352	49,28	63,02 56
Oktober	400	249,60	55	896	159,76	89,84 36
November	600	374,40	56	1650	265,94	108,45 29
Dezember	650	405,60	247	1280	333,33	72,27 18
Januar	1060	661,50	678	417	481,45	180,05 27
Februar	800	499,20	323	990	340,15	159,05 32
März	730	455,50	313	1065	344,41	111,09 24
April	510	318,20	53	1098	186,79	131,41 41
Mai	300	187,20	16	646	100,42	86,77 46
Juni	80	49,90	0	316	44,24	5,66
1. 7. – 23. 7.	84	52,40	0	299	41,86	10,54
Jahressumme:	5490 Liter	3425,70 DM	1741 Liter	9278 kWh	2385,29 DM	1040,39DM 30,37

\* – 0,624 DM/l

\*\* – 0,14 DM/kWh

werden von den Wetterämtern als repräsentativ für derartige Vergleiche angesehen [1]. Die Entfernung des hier betrachteten Wohnhauses von der Meßstelle des Wetteramtes in Hamburg-Fuhlsbüttel beträgt nur 2,5 km.

In Bild 1 ist die Beziehung zwischen den Temperaturen der Spalte 3 und dem Verbrauch nach Spalte 1 dargestellt. Zieht man in Betracht, daß außer der Lufttemperatur auch noch die Sonneneinstrahlung und der Wind einen Einfluß auf den Heizbedarf haben, so sind die in Tabelle 1 erkennbaren geringen Abweichungen verständlich.

An Hand dieser Werte kann der „hypothetische“ Ölverbrauch (Spalte 5) für die Berichtsperiode 79/80 mit Hilfe der während dieser Zeit gemessenen monatlichen mittleren Lufttemperaturen (Spalte 4) ziemlich gut geschätzt werden. Die Temperaturangaben stammen vom Seewetteramt Hamburg (Meßstelle wieder Hamburg-Fuhlsbüttel). Es handelt sich bei den auf diese Weise gewonnenen Zahlen also um den Ölverbrauch, der ohne Betrieb der Wärmepumpe mit großer Wahrscheinlichkeit angefallen wäre.

Die Jahresschätzung für 79/80 liegt mit 5490 Litern um 5,1% über dem langjährigen Durchschnitt von 5222 Litern, die mittlere Lufttemperatur des Versuchsjahres 79/80 mit 8,0°C etwas unter dem langjährigen Durchschnitt von 8,3°C.

### 5 Die Einsparung an Heizkosten im Jahr 1979/80

Dem in Abschnitt 4 ermittelten „hypothetischen“ Ölverbrauch wird nun in Tabelle 2 der tatsächliche Verbrauch an Öl und Strom in der Zeit vom 24. 7. 79 bis zum 23. 7. 80 gegenübergestellt (Spalten 4 und 5). Ferner enthält diese Tabelle die dem hypothetischen Verbrauch entsprechenden Kosten (Spalte 3), die tatsächlichen Kosten des Öl- und Stromver-

brauches (Spalte 6) und die sich daraus errechnende Einsparung (Spalte 7). Diese beträgt im Versuchsjahr 1049,39 DM. Das sind 30,37% der bei reiner Ölheizung zu erwartenden Kosten.

Bei der Betrachtung der prozentualen Einsparung während der 12 Monate sollte berücksichtigt werden, daß in den Sommermonaten Juni, Juli und August nur an wenigen Tagen die Wärmepumpe lief. Da sie aber betriebsbereit gehalten wurde, fielen täglich 2,58 kWh Stromverbrauch für die Kurbelwannenheizung an, also rund 77 kWh im Monat. Dies beeinflusst das Ergebnis in den Sommermonaten hinsichtlich der Einsparung deutlich, und es wird daher im folgenden besser auf die Einbeziehung dieser Monate verzichtet. Tut man dies, so ergibt sich erwartungsgemäß, daß die prozentuale Einsparung in den Monaten April, Mai, September, Oktober und Februar über und im November bis März unter dem Jahresdurchschnitt liegt. Die Einsparung an Litern Öl beträgt 68,3%, an Kosten 30,4%.

Geht man davon aus, daß der elektrische Strom nur zu einem sehr geringen Teil (ca. 5%) aus der Primärenergie Öl gewonnen wird, dann ist die Aufgabe der Wärmepumpe, nämlich die Substitution von Öl, weitgehend gelöst. Außerdem entfällt der unwirtschaftlichste Teil der Betriebszeit, in dem die Kesselbelastung der Ölheizung unter 50% liegt. Damit werden die Bereitschaftsverluste verringert.

### 6 Sonstige Ergebnisse und Daten

#### 6.1 Anteil der Energiequellen Öl und Strom an der Jahres-Heizleistung

An der erforderlichen Wärmeleistung des ganzen Jahres sind als Energiequellen das Öl, der elektrische Strom und der

Tabelle 3: Anteil der verschiedenen Energiearten an der Deckung des Wärmebedarfs im Berichtszeitraum 1979/80

	Aufwand		Wirkungsgrad	Nutzenergie	
	[kWh]	[%]		[kWh]	[%]
Öl 1741 Liter	17149	64,9	$\eta = 0,72$ $\eta_v = 0,94$	12347	31,7
elektrischer Strom	9278	35,1		8721	22,4
Umluftwärme				17867	45,9
Summe	26427 kWh	100		38935	100

Tabelle 4: Beteiligung der Wärmepumpe und des Heizkessels an den Heiztagen des Berichtsjahres

Monat	Mittlere Lufttemperatur °C	Heiztage	Zahl der Tage mit nur		Tage mit WP + Kessel	Beteiligung in % der Heiztage		
			WP	Kessel		WP	Kessel	WP + Kessel
Januar	-2,4	31	0	19	12	0	61,3	38,7
Februar	1,6	29	3	5	21	10,3	17,2	72,5
März	2,5	31	4	0	27	12,9	0	87,1
April	6,7	30	17	0	13	56,7	0	43,3
Mai	10,6	31	16	0	15	51,6	0	48,4
Juni	15,2	24	24	0	0	100	0	0
Juli	14,5	28	28	0	0	100	0	0
August	15,7	13	13	0	0	100	0	0
September	13,1	29	29	0	0	100	0	0
Oktober	8,8	31	27	2	2	87,0	6,5	6,5
November	5,0	30	21	1	8	70,0	3,3	26,7
Dezember	4,1	31	13	3	15	42,0	9,7	48,3
Jahr	8,0	338	195	30	113	57,7	8,9	33,4

Wärmeinhalt der Außenluft in dem in Tabelle 3 aufgeführten Verhältnis beteiligt. Der Betrag für die Wärmeenergie aus der Umluft ergibt sich aus der Differenz von „hypothetischem“ Energieverbrauch bei Ölheizung und der Energie des tatsächlichen Öl- und Stromverbrauches. Die 38 935 kWh „hypothetischer“ Energieverbrauch (Summe in Spalte „Nutzenergie“ der Tabelle 3) resultieren aus dem „hypothetischen“ Ölverbrauch aus Spalte 5 der Tabelle 1.

## 6.2 Leistungszahl der Wärmepumpe

Die Leistungszahl ist definiert durch das Verhältnis

$$LZ = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{aufgenommene Leistung}}$$

Da sie von der Temperaturdifferenz (Außentemperatur – Heizwassertemperatur) abhängt, müßte man sie für eine bestimmte Vorlauftemperatur in Abhängigkeit verschiedener Außentemperaturen darstellen. Das ist an Hand der vorliegenden Meßergebnisse nicht möglich. Wollte man die Leistungszahl an einzelnen Tagen oder Gruppen von Tagen ermitteln, so scheitert man daran, daß die Nutzenergie nicht gemessen wurde. Nur für Monate oder das ganze Jahr ist mit dem hypothetischen Verbrauch eine Größe vorhanden, die man in guter Näherung der Nutzenergie gleichsetzen kann. Es wird daher mit den Werten aus Tabelle 3 die Jahresleistungszahl berechnet, die ein gut verwertbarer Durchschnitt ist:

$$LZ_a = \frac{8721 + 17867}{9278} = 2,87$$

## 6.3 Betriebsstunden der Wärmepumpen-Modul

Im Berichtsjahr waren in Betrieb:

Modul 1 1931 h = 64,3% der Gesamtbetriebszeit (Modul1+2)

Modul 2 1072 h = 55,5% der Betriebszeit von Modul 1

Gesamt 3003 h

Aus dem Verbrauch von 9278 kWh (Tabelle 2, Spalte 5) ergibt sich eine durchschnittliche Stromaufnahme eines Moduls von

$$\frac{9278}{3003} = 3,09 \text{ kW.}$$

## 6.4 Betriebsstunden der Ölheizung

Die Ölheizung lief während 457 h und verbrauchte dabei 1741 l Öl, das sind 3,81 l/h im Durchschnitt.

Tabelle 5: Beteiligung der Wärmepumpe am monatlichen Heizbedarf

Monat	Mittlere Temperatur [°C]	Anteil der Wärmepumpe am Heizbedarf [%]
Januar	-2,4	36
Februar	1,6	60
März	2,5	57
April	6,7	90
Mai	10,6	95
Juni	15,2	100
Juli	14,5	100
August	15,7	100
September	13,1	100
Oktober	8,8	86
November	5,0	91
Dezember	4,1	62
Jahr	8,0	68,3

## 6.5 Anteil der Wärmepumpe bzw. Ölheizung an den Heiztagen des Jahres

Das Berichtsjahr hatte 366 Tage, geheizt wurde an 338 Tagen (oft nur kurzzeitig).

Zahl der Tage, an denen nur die Wärmepumpe arbeitete: 195 = 57,7%

Zahl der Tage, an denen nur die Ölheizung arbeitete: 30 = 8,9%

Zahl der Tage mit gemischtem Betrieb:  $\frac{113}{338} = 33,4\%$   
 $\frac{338}{338} = 100\%$

Die Verteilung auf die Monate des Jahres zeigt die Tabelle 4. In den Monaten mit einer mittleren Temperatur unter 13°C war Heizung nötig. In Monaten mit mittleren Temperaturen von mehr als 4-5°C hat die Wärmepumpe allein an mehr als 50% der Heiztage den Bedarf gedeckt.

## 6.6 Anteilige Deckung des Heizbedarfes in den Monaten des Jahres

Tabelle 5 gibt an, wieviel % der erforderlichen Heizleistung in den Monaten des Berichtsjahres von der Wärmepumpe gedeckt wurden. Dieser Prozentsatz in Abhängigkeit von der mittleren Temperatur des Monats ist in Bild 2 dargestellt. Trotz kleiner „Ausreißer“ ist erkennbar, daß bei mittleren Monats-temperaturen oberhalb 3°C mehr als 60% des Wärmebedarfes durch die Wärmepumpe gedeckt wurden.

## 6.7 Wahl der Bivalenttemperatur und Wirtschaftlichkeit

Trägt man die täglichen Betriebskosten bei reinem Wärmepumpenbetrieb bzw. bei reinem Kesselbetrieb über der Tagestemperatur (z. B. um 13 Uhr) auf, so erhält man zwei sich schneidende Kurven (Bild 3). Der Schnittpunkt bei 3°C besagt, daß unterhalb dieser Temperatur (bei den jetzigen Energiepreisen) der Kesselbetrieb billiger ist, oberhalb 3°C ist der Wärmepumpenbetrieb billiger. Bei der betrachteten Anlage war der Bivalentpunkt auf +2°C eingestellt, wodurch möglicherweise keine optimale Wirtschaftlichkeit erreicht wurde.

## 7. Abschreibung der Anlage

Nach Grallert [2] ist die Amortisationszeit gegeben durch die Beziehung

$$n = \frac{\ln \left( 1 + \frac{s-q}{E_1/Q_0 - r} \right)}{\ln (s/q)}$$

n = Abschreibungszeit in Jahren

E<sub>1</sub> = Einsparung im ersten Jahr in DM

Q<sub>0</sub> = Anschaffungskosten der Geräte, soweit sie nach der Zeit n zu ersetzen sind in DM

s = 1 + c; c = jährliche Teuerungsrate des Heizmittels in %

q = 1 + p; p = Zinsfuß in %

r = Wartungsrate in %

Im vorliegenden Fall wird eingesetzt:

E<sub>1</sub> = 1040 DM

Q<sub>0</sub> = 13000 DM (2 Moduln = 10000 DM, Sonstiges Zubehör 1500 DM, Mehrwertsteuer)

geschätzt: c = 9%, p = 8%, r = 1%

Man erhält mit diesen Zahlen eine Amortisationszeit von n = 14,5 Jahren.

Die Abschreibungszeit sinkt mit steigendem Ölpreis und steigt mit steigendem Strompreis (Bild 4). Eine Amortisation von 14,5 Jahren ist insofern unakzeptabel, als die Lebensdauer der Anlage nur wenig über der halben Amortisationszeit liegen dürfte. Bild 5 zeigt, bei welchen Preisen eine

Amortisation von 8 Jahren erreichbar ist (z. B. bei  $-0,14$  DM/kWh Strompreis und  $-0,78$  DM/l Ölpreis. Bei einer 10%igen Erhöhung des Strompreises müßte der Ölpreis um 29% auf  $-0,80$  DM/l steigen, damit sich die Anlage in 8 Jahren amortisiert.

Man kann auch danach fragen, bei welchem Anschaffungswert  $Q_0$  der Anlage bei den heutigen Energiepreisen eine Amortisationszeit  $n = 8$  Jahre erreichbar sein würde. Man erhält ein  $Q_0 = 7390$  DM. Schließlich ergibt sich, daß bei festgehaltenem Ölpreis von  $-0,624$  DM/l die Elektrizitätswerke bei den heutigen Anlagenpreisen den Strompreis auf  $-0,08$  DM/kWh senken müßten, wenn sich eine bivalent/alternativ betriebene Luft/Wasser-Wärmepumpe in 8 Jahren amortisieren soll.

### 8 Allgemeine Beobachtungen und Erfahrungen

Die Wärmepumpe arbeitete während des ganzen Jahres einwandfrei und ohne jede Störung. Eine Wartung oder besondere Pflege war nicht erforderlich.

Die zahlreichen Besucher, die die Wärmepumpe besichtigten, empfanden das Geräusch als unbedeutend. Im Wohnhaus hört man die Pumpe – im Gegensatz zur Ölheizung – nicht. Das Ausblasgeräusch wird durch schalldämpfende Luftschläuche soweit herabgesetzt, daß es in 1 m Abstand nicht mehr wahrnehmbar ist.

Der Verdichter der Pumpe ist mit einer Kurbelwannenheizung ausgerüstet, durch die Störungen der Schmierung ausgeschaltet werden sollen. Sie verbraucht etwa 135 Watt, auch wenn das Aggregat auf Kesselbetrieb umgeschaltet hat. Im Versuchsjahr betrug der Stromverbrauch der Kurbelwannenheizung immerhin 11,8% des gesamten Stromverbrauches, was im Interesse der Betriebssicherheit der Anlage in Kauf genommen wurde.

### 9 Zusammenfassung

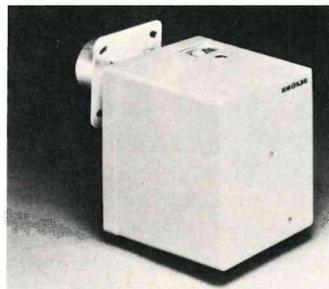
Der Betrieb einer alternativ/bivalent eingesetzten Luft/Wasser-Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus in Hamburg erbrachte bei einer Jahresleistungszahl von 2,87 im ersten Betriebsjahr eine Heizkosteneinsparung von 1040 DM. Die Amortisationszeit der Anlage ist mit etwa 14 Jahren bei dem derzeitigen Öl/Strom-Preisverhältnis etwa doppelt so lang wie die geschätzte Lebensdauer des Gerätes, wobei ein zu amortisierender Betrag von 13000 DM, ein Ölpreis von 0,62 DM je l und ein Strompreis von 0,14 DM je kWh angesetzt wurden. Die Anlage arbeitete wartungs- und störungsfrei.

#### Literatur:

- [1] Das Klima von Hamburg, Bericht Nr. 141 des deutschen Wetterdienstes
- [2] Grallert, H.: Solarthermische Heizungssysteme, Oldenbourg-Verlag

### Brötje-Ölbrenner mit Ölvorwärmung

Höhere Viskositäten als 6 cSt bei 20 °C erfordern eine Ölvorwärmung, da bei niedrigeren Temperaturen als 20 °C dieses Öl nicht mehr störungsfrei verbrannt werden kann. Die Brötje-Ölbrenner Turbotherm O-111 sind im Leistungsbereich bis 5 kg/h Öldurchsatz mit elektrischer Ölvorwärmung ausgerüstet. Die Leistungsaufnahme des Ölvorwärmers (max. ca. 80 W)

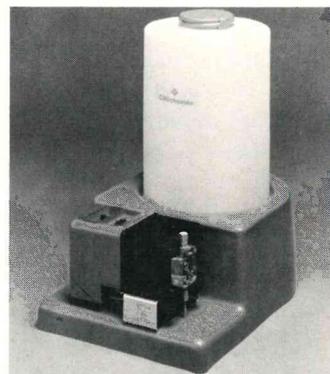


ist temperaturabhängig; sie fällt mit steigender Öltemperatur. Die Freigabe der Ölzufuhr beim Brennerstart erfolgt über einen im Ölvorwärmer eingebauten Thermostaten erst nach Erreichen einer bestimmten Öltemperatur. Über einen Widerstand im Ölvorwärmer wird eine Überhitzung des Öls mit eventuellen Crack-Erscheinungen verhindert. Die robuste, zuverlässige und sparsame Brennerserie Brötje Turbotherm O-111 ist somit auch für die zu erwartende höhere Ölviskosität bestens gerüstet. Auch für den nachträglichen Einbau bietet Brötje Umrüstsätze mit Ölvorwärmung an, und zwar für die Serien Turbotherm O-111, O-110 und Serie 81.

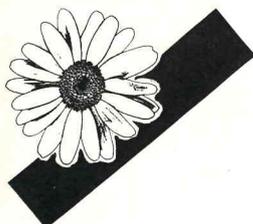
August Brötje GmbH & Co., Postfach 30, 2902 Rastede 1, Tel. (04402) 801.

### Cillit Schwimmbad-Dosierstation '80

Mit der Cillit Schwimmbad-Dosierstation '80 kann vollautomatisch eine auf die individuellen Badegewohnheiten abgestimmte Menge an Desinfektionslösung dosiert werden. Sie kann sowohl im Dauer- als auch im Parallelbetrieb mit der Filteranlage eingesetzt werden. Die Dosierung ist über eine Frequenzverstellung zu regulieren. Bei Wirkstoffen, die zum Ausga-



sen neigen (Clorlösung), ist es möglich, durch lange Intervalle zwischen den einzelnen Zugaben in Verbindung mit einer großen Dosiermenge pro Einzelhub Gaspolster und damit verbundene Störungen zu vermeiden. Durch speziell gestaltete Wärmeableitungsvorrichtungen ist die Cillit Schwimmbad-Dosierstation auch bei Umgebungstemperaturen bis zu 40 °C einsetzbar. Cillichemie Ernst Vogelmann GmbH & Co., Postfach 1520, 7100 Heilbronn, Tel. (07131) 5091.



«Erfahrung ist keine Sache von heute und morgen.»

Das automatische WC-Bidet, das sicher funktioniert in Kundenhand, ist Ihnen am liebsten. Wer bearbeitet schon gern Reklamationen.



Ein Produkt der Deutschen clos o matic GmbH, Rheinfelden