

# **Jahresheizkosten bei Energiespar- und Niedrigenergie-Einfamilienhäuser : Aussicht auf wirtschaftlich konkurrenzfähige und ökologisch hochwertige Wärmepumpen-Heizungen mit Solarunterstützung durch Luftkollektoren**

Autor(en): **Geisseler, Max**

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): **87 (1996)**

Heft 24

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-902402>

## **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.

Viele Veröffentlichungen über Heizkosten führen aus eigennützigen Gründen nur die Energiekosten auf und vermitteln dadurch ein falsches Bild. In der vorliegenden Arbeit werden tabellarisch die Gesamtjahres-Heizkosten, bestehend aus den Kapitalkosten für die Anlageinvestitionen sowie den Fest- (Betriebs-) und Energiekosten von Energiespar-EFH heute üblicher Bauweise und von Niedrigenergie-EFH mit weitergetriebener Gebäudehüllen-Wärmedämmung, einander gegenübergestellt. Die Vergleichswerte gelten für EFH mit 150 m<sup>2</sup> Nettowohnfläche und einen Vierpersonenhaushalt sowie für Öl-, Gas-, bisher üblichen und fortgeschrittenen WP-Heizsystemen und die Kostenverhältnisse in Aadorf/TG.

# Jahresheizkosten bei Energiespar- und Niedrigenergie-Einfamilienhäuser

**Aussicht auf wirtschaftlich konkurrenzfähige und ökologisch hochwertige Wärmepumpen-Heizungen mit Solarunterstützung durch Luftkollektoren**

■ Max Geisseler

## Berechnungsgrundlagen

In allen Fällen ist ein Haushaltstromverbrauch von  $W_{HH} = 2400$  kWh/a angenommen.

Bei den Wärmepumpen(WP)-Heizungen wurde eine Anlage mit separatem

Warmwasser-Elektroboiler und eine Anlage mit integrierter Wärmepumpe für Raumheizung und Warmwasserbereitung in Betracht gezogen.

Von der neuartigen Wärmepumpen-Heizung mit Solarunterstützung durch Luftkollektoren (nachfolgend WP solu genannt) zeigen die Bilder 1 und 3–6 einige Einzelheiten des Heizsystems. Es ist in separaten Berechnungen behandelt.

Für die Warmwasserbereitung sind folgende Annahmen zugrunde gelegt:



Bild 1 Luftkollektorfeld Zweifamilienhaus Ettenhausen/TG, Baujahr 1987.

### Adresse des Autors:

Max Geisseler  
Frauenackerstrasse 9, 8356 Ettenhausen



## Wärmepumpen-Heizung

### Brutto-Energiebedarf von Energiespar-Einfamilienhäuser (EFH):

Raumheizung: $w_{RHbr.} = 80 \text{ kWh/m}^2 + a \rightarrow$	$W_{RHbr.} = 12\,000 \text{ kWh/a}$
Energiekennzahl	$E_{net.} = 230 \text{ MJ/m}^2 + a$
Warmwasser: $w_{WWbr.} = 24 \text{ kWh/m}^2 + a \rightarrow$	$W_{WWbr.} = 3\,600 \text{ kWh/a}$
Energiekennzahl	$E_{net.} = 70 \text{ MJ/m}^2 + a$

### Brutto-Energiebedarf von Niedrigenergie-EFH:

Raumheizung: $w_{RHbr.} = 40 \text{ kWh/m}^2 + a \rightarrow$	$W_{RHbr.} = 6\,000 \text{ kWh/a}$
Energiekennzahl	$E_{net.} = 112 \text{ MJ/m}^2 + a$
Warmwasser: $w_{WWbr.} = 20 \text{ kWh/m}^2 + a \rightarrow$	$W_{WWbr.} = 3\,000 \text{ kWh/a}$
Energiekennzahl	$E_{net.} = 56 \text{ MJ/m}^2 + a$

**Ölheizung:** Winterhalbjahr mit Heizkessel, Sommerhalbjahr mit Elektroboiler (EB)

**Gasheizung:** Ganzjährig mit Heizstation und Warmwasser-Speicher

**WP+EB:** Ganzjährig im Elektroboiler

Im weiteren sind für die Berechnungen folgende Annahmen getroffen worden:

**Kapitalkosten:**

Zinssatz 5,5%; Gebäudeteile Abschreibedauer 35 Jahre, Annuität 6,5%; Einrichtung Abschreibedauer 15 Jahre, Annuität 10%.

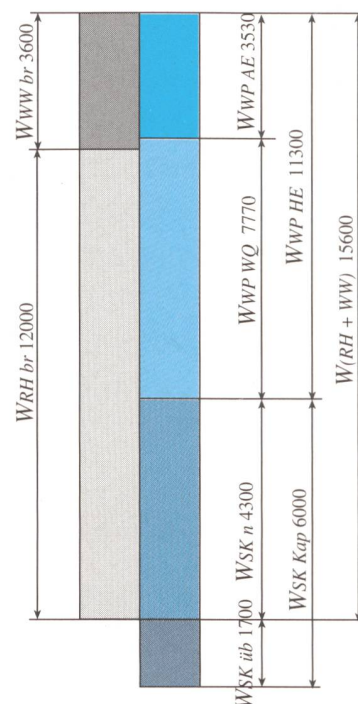


Bild 2 Energieströme beim Energiespar-EFH mit WP solu-Heizung.

### Energiespar-Einfamilienhäuser

Heiz- und Wärmepumpen-Daten, Energieverbräuche und Jahresheizkosten

Kenngrößen	Heizsystem	Heizsystem				
		1 Öl	2 Gas	3a WP + EB	3b WP integr.	4 WP solu
$W_{RHbr.}$	kWh/a	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000
$W_{WWbr.}$	kWh/a	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600
$W_{(RH+WW)br.}$	kWh/a	15 600	15 600	15 600	15 600	15 600
$W_{HH}$	kWh/a	2 400	2 400	2 400	2 400	2 400
$W_{SK}$ nutzbar	kWh/a	-	-	-	-	4 300
$W_{WPHE}$	kWh/a	-	-	12 000	15 600	11 300
WP-Leistungszahl $\epsilon_{WP}$	-	-	-	2,5	3,0	3,2
$W_{WP AE}$	kWh/a	-	-	4 800	5 200	3 530
Umweltenergie nutzbar	kWh/a	-	-	-	-	-
	kWh/a	0	0	7 200	10 400	12 070
% von $W_{(RH+WW)br.}$	-	0	0	46,2	66,7	77,4
$P_{WPHL}$	kW	-	-	10,0	11,1	8,7
$P_{WPAL}$	kW	-	-	4,0	3,7	2,7
Arbeitszahl von Heizung $\beta_{HS}$	-	0,79	0,72	1,9	3,0	4,4
$W_{EIRH}$	kWh/a	0	0	4 800	4 000	2 715
$W_{EIWW}$	kWh/a	2 000	0	4 000	1 165	815
$W_{EI(RH+WW)}$	kWh/a	2 000	0	8 800	5 165	3 530
$E_{RHnet.}$	MJ/m <sup>2</sup> + a	319	353	115	96	65
$E_{WWnet.}$	MJ/m <sup>2</sup> + a	96	107	96	29	20
<b>Energieverbrauch</b>						
Öl	l/a	1 530	-	-	-	-
Gas	m <sup>3</sup> /a	-	2 100	-	-	-
Strom	kWh/a	4 400	2 400	11 200	7 600	5 930
<b>Energiekosten KE</b>						
Öl	Fr./a	440.-	-	-	-	-
Gas	Fr./a	-	882.-	-	-	-
Strom	Fr./a	686.-	448.-	1495.-	1066.-	868.-
<b>Jahresheizkosten JK</b>						
Kapitalkosten KK	Fr./a	2 530.-	1 750.-	4 015.-	4 015.-	51 563.-
Festkosten KF	Fr./a	900.-	502.-	200.-	200.-	300.-
Energiekosten KE	Fr./a	1 126.-	1 330.-	1 495.-	1 066.-	868.-
<b>Jahresheizkosten JK</b>	Fr./a	4 556.-	3 582.-	5 710.-	5 281.-	6 321.-

**Ölpreis:**

für Frauenfeld gemäss FOB September 1994 bei Lieferung von 2500 l ( $k_{\text{Öl}} = 28,73 \text{ Rp./l}$ ).

**Gaspreis:**

gemäss Angaben von Technische Betriebe Wil, Dezember 1995 ( $k_{\text{Gas}} = 42 \text{ Rp./m}^3$ ).

**Strompreis in Aadorf:**

Grundtarif für 5 1/2-Zimmer-Wohnung

$k_{EIGT} = 13,50 \text{ Fr./Mt.}$

$k_{EL}$  Niedertarif (80%)

$= 10,3 \text{ Rp./kWh}$

$k_{EI}$  Hochtarif (20%)

$= 18,3 \text{ Rp./kWh}$



Bild 3 Heissluft-Sammelkanal nach Luftkollektoren.



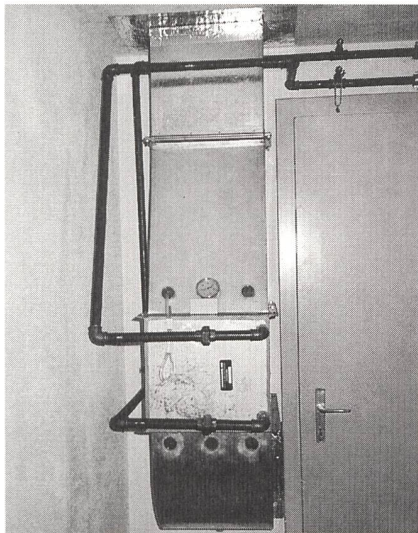


Bild 4 Luft/Wasser-Wärmetauscher nach Heissluft-Sammelkanal.

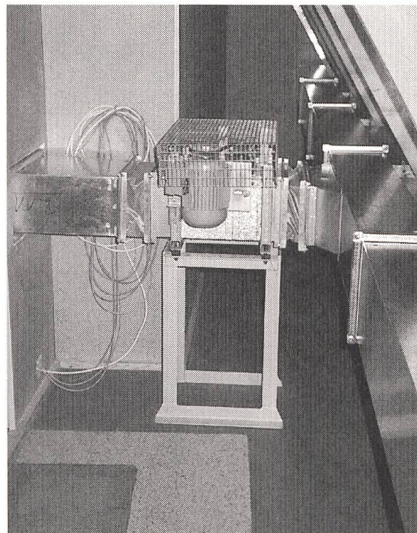


Bild 5 Umluftventilator mit Kaltluft-Verteilkanal nach Luft/Wasser-Wärmetauscher.

Die Energieströme beim Energiespar-Einfamilienhaus mit WP solu-Heizung sind in Bild 2 graphisch dargestellt.

Weil Wärmepumpen-Heizanlagen bedeutend höhere Heizkosten als fossilgefeuerte Heizungen ergeben, wurden die Ergebnisse für Energiesparhäuser aus Platzgründen nur in Tabellenform wiedergegeben. Detaillierte Angaben können gegen Kopsgebühren vom Autor bezogen werden.

### Aussichten für fortgeschrittene WP-Heizsysteme

Unter den betrachteten Heizsystemen sind diejenigen mit Wärmepumpen neben ihrer einfachen Bedienung und hohen Betriebssicherheit unbestritten die umweltschonendsten Methoden, ergeben aber wegen der hohen Anlageinvestitionen vorläufig auch noch die höchsten Kosten. Sowohl bei Energiespar- als auch bei Niedrigenergie-Häusern liegen die Kosten der bisher üblichen Wärmepumpen-Heizungen 20 bis 25% über denen der Ölheizung, wobei allerdings noch keine der zur Diskussion

Niedrigenergiehäuser		
Ölheizung mit Warmwasser-Elektroboiler		
Heizanlage-Investitionen	Gebäude	Einrichtung
Feuerschutz- und Öllagerbewilligung sowie Heizungsabnahme	Fr. 300.-	
Tankraum, Kamin und Maurer	Fr. 6 700.-	
Kombiheizkessel		Fr. 8 000.-
Elektroboiler 300 l		Fr. 2 400.-
Öltank und Zubehör		Fr. 3 000.-
Installation und Elektroanschlüsse		Fr. 4 600.-
Gesamtinvestitionen	Fr. 7 000.-	Fr. 18 000.-
<b>Kapitalkosten KK</b>	<b>Fr./a 455.-</b>	<b>Fr./a 1 800.-</b>
<b>Feste Kosten</b>		
Kaminfeger und Tankreinigung		Fr./a 200.-
Strom für Hilfsantriebe		Fr./a 50.-
Service, Reparaturen und Rauchgaskontrolle		Fr./a 400.-
Brennstoffzins und Versicherung		Fr./a 50.-
Feste Kosten KF		<b>Fr./a 700.-</b>
<b>Ölverbrauch und Kosten (<math>\eta_{HK} = 90\%</math>)</b>		
$V_{ÖIRH} = \frac{W_{HKHbr.}}{\eta_{HK} \cdot H_u}$		l/a 670
$V_{ÖIWW} = \frac{W_{WWbr.}}{2 \cdot \eta_{HK} \cdot H_u}$		l/a 170
$V_{ÖI}$		l/a 840
$K_{ÖI} = V_{ÖI} \cdot k_{ÖI}$		Fr./a 240.-
<b>Elektrizitätsverbrauch und Kosten (<math>\eta_{EB} = 90\%</math>)</b>		
$W_{EIWW}$ im Sommerhalbjahr = $\frac{W_{WWbr.}}{2 \cdot \eta_{EB}}$		kWh/a 1 700
$W_{EIHH}$		kWh/a 2 400
$W_{EI}$		kWh/a 4 100
( $W_{EI}$ Hilfsantriebe bei KF)		
$K_{EIGT} = 12 \cdot k_{EIGT}$		Fr./a 162.-
$K_{EINT} = W_{EINT} \cdot k_{EINT}$		Fr./a 338.-
$K_{EIHT} = W_{EIHT} \cdot k_{EIHT}$		Fr./a 150.-
$K_{EI}$		Fr./a 650.-
<b>Jahresheizkosten JK Öl = KK + KF + KE</b>		<b>Fr./a 3 845.-</b>

Gasheizung mit Warmwasser-Speicher		
Heizanlage-Investitionen	Gebäude	Einrichtung
Feuerschutzbewilligung und Heizungsabnahme	Fr. 200.-	
Gasanschluss	Fr. 4 000.-	
Kamin und Maurer	Fr. 3 300.-	
Heizstation und WW-Speicher		Fr. 8 500.-
Installation und Elektroanschlüsse		Fr. 4 000.-
Gesamtinvestitionen	Fr. 7 500.-	Fr. 12 500.-
<b>Kapitalkosten KK</b>	<b>Fr./a 488.-</b>	<b>Fr./a 1 250.-</b>
<b>Feste Kosten</b>		
Service, Reparaturen und Rauchgaskontrolle		Fr./a 380.-
Strom für Hilfsantriebe, Zählermiete und Versicherung		Fr./a 120.-
Feste Kosten KF		Fr./a 500.-
<b>Gasverbrauch und Kosten (<math>\eta_{GH} = 95\%</math>, <math>\eta_{WW-sp} = 85\%</math>)</b>		
$V_{Gas} = \frac{W_{(RH+WW)br.}}{\eta_{GH} \cdot \eta_{WW-sp} \cdot H_u}$		m <sup>3</sup> /a 1 210
$K_{Gas} = V_{Gas} \cdot k_{Gas}$		Fr./a 508.-
<b>Elektrizitätskosten für <math>W_{HH}</math></b>		
$W_{EIHH}$		kWh/a 2 400
$W_{EI}$ Hilfsantriebe bei KF		
$K_{EIGT} = 12 \cdot k_{EIGT}$		Fr./a 162.-
$K_{EINT} = W_{EINT} \cdot k_{EINT}$		Fr./a 198.-
$K_{EIHT} = W_{EIHT} \cdot k_{EIHT}$		Fr./a 88.-
$K_{EI}$		Fr./a 448.-
<b>Jahresheizkosten JK Öl = KK + KF + KE</b>		<b>Fr./a 3 194.-</b>



Wärmepumpen-Heizung mit Warmwasser-Elektroboiler		
Heizanlage-Investitionen	Gebäude	Einrichtung
Geologie und Bewilligung für		
Erdsonden	Fr. 1 000.–	
Elektroanschlüsse für WP + Speicher	Fr. 800.–	
Erdsonden und Zubehör	Fr. 7 200.–	Fr. 6 000.–
WP und Zubehör		Fr. 12 500.–
Kombispeicher 650/270 l mit El.-Einsatz		Fr. 4 000.–
Steuer- und Regeleinrichtung sowie		
Elektroinstallation		Fr. 4 000.–
Transport und Montage		Fr. 1 500.–
Planung und Inbetriebnahme		Fr. 2 000.–
Gesamtinvestitionen	Fr. 9 000.–	Fr. 30 000.–
<b>Kapitalkosten KK</b>	<b>Fr./a 585.–</b>	<b>Fr./a 3 000.–</b>
<b>Feste Kosten</b>		
Unterhalt WP-Anlage KF		Fr./a 200.–
<b>Elektrizitätsverbrauch und Kosten (<math>\epsilon_{WP} = 2,5</math>, <math>EB = \eta 90\%</math>)</b>		
$W_{EIRH} = W_{WP AE} = W_{RH br.} / \epsilon_{WP}$		kWh/a 2 400
$W_{EIWW} = W_{WW br.} / \eta_{EB}$		kWh/a 3 335
$W_{EIH H}$		kWh/a 2 400
$W_{EI}$		kWh/a 8 135
$K_{EIGT} = 12 \cdot k_{EIGT}$		Fr./a 162.–
$K_{EINT} = W_{EINT} \cdot k_{EINT}$		Fr./a 670.–
$K_{EIHT} = W_{EIHT} \cdot k_{EIHT}$		Fr./a 298.–
$K_{EI}$		Fr./a 1 130.–
<b>Jahresheizkosten JK WP + EB = KK + KF + KE</b>		<b>Fr./a 4 915.–</b>

Integrierte WP-Heizung		
Elektrizitätsverbrauch und Kosten ( $\epsilon_{WP} = 3,0$ )		
$W_{EIWP} = W_{WP(RH+WW)br.} / \epsilon_{WP}$		kWh/a 3 000
$W_{EIH H}$		kWh/a 2 400
$W_{EI}$		kWh/a 5 400
$K_{EIGT} = 12 \cdot k_{EIGT}$		Fr./a 162.–
$K_{EINT} = W_{EINT} \cdot k_{EINT}$		Fr./a 445.–
$K_{EIHT} = W_{EIHT} \cdot k_{EIHT}$		Fr./a 198.–
$K_{EI}$		Fr./a 805.–
<b>Jahresheizkosten JK WP Integr. = KK + KF + KE</b>		<b>Fr./a 4 590.–</b>

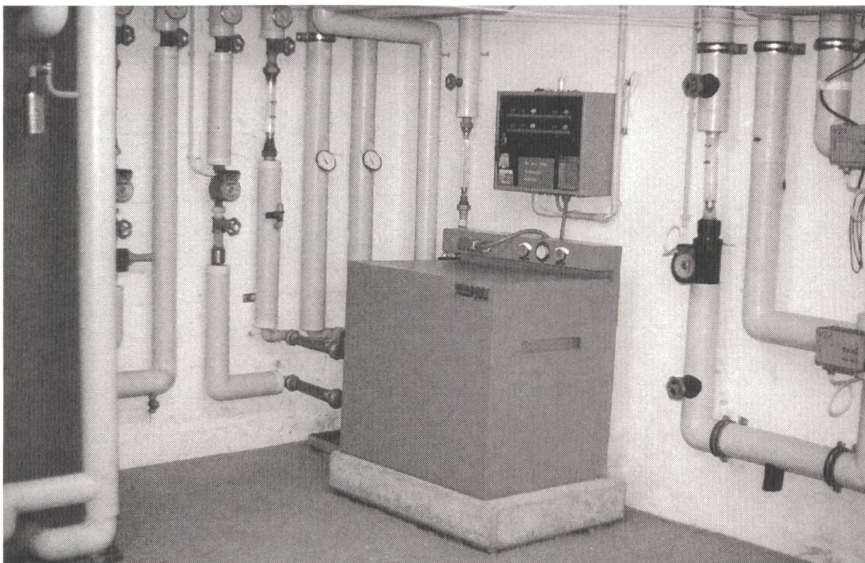


Bild 6 Sole/Wasser-Wärmepumpe, Baujahr 1982. Heute gibt es wesentlich kleinere und kompaktere Modelle.

WP-Heizung solu		
Heizanlage-Investitionen	Gebäude	Einrichtung
Geologie und Bewilligung für		
Erdsonde	Fr. 700.–	
Elektroanschlüsse für		
WP + Speicher	Fr. 300.–	Fr. 2 500.–
Erdsonde und Zubehör	Fr. 3 500.–	Fr. 7 000.–
WP und Zubehör		Fr. 3 800.–
Luftkollektoren 7,5 m <sup>2</sup>		Fr. 3 700.–
Umluftkanäle und Ventilator		Fr. 6 000.–
Kombispeicher 1000/400 l		
Steuer- und Regeleinrichtung sowie		
Elektroinstallation		Fr. 5 000.–
Transport und Montage		Fr. 2 500.–
Planung und Inbetriebnahme		Fr. 3 500.–
Gesamtinvestitionen	Fr. 4 500.–	Fr. 34 000.–
<b>Kapitalkosten</b>	<b>Fr./a 295.–</b>	<b>Fr./a 3 400.–</b>
<b>Feste Kosten</b>		
Unterhalt WP- und SK-Anlage		Fr./a 250.–
<b>Elektrizitätsverbrauch und Kosten (<math>\epsilon_{WP} = 3,2</math>)</b>		
$W_{EIWP AE} = [W_{(RH+WW)br.} - W_{SK nutzbar}] / \epsilon_{WP}$		kWh/a 1 840
$W_{EIH H}$		kWh/a 2 400
$W_{EI}$		kWh/a 4 240
$K_{EIGT} = 12 \cdot k_{EIGT}$		Fr./a 162.–
$K_{EINT} = W_{EINT} \cdot k_{EINT}$		Fr./a 349.–
$K_{EIHT} = W_{EIHT} \cdot k_{EIHT}$		Fr./a 155.–
$K_{EI}$		Fr./a 666.–
<b>Jahresheizkosten JK WP solu = KK + KF + KE</b>		<b>Fr./a 4 611.–</b>

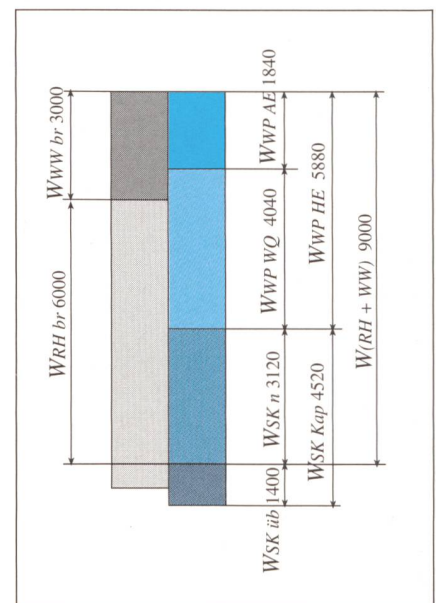


Bild 7 Energieströme bei Niedrigenergie-Einfamilienhaus mit WP solu-Heizung.



**Niedrigenergie-Einfamilienhäuser**

Heiz- und Wärmepumpen-Daten, Energieverbräuche und Jahresheizkosten

Heizsystem		1	2	3a	3b	4
Kenngrössen		Öl	Gas	WP + EB	WP integr.	WP solu
$W_{RHbr.}$	kWh/a	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000
$W_{WWbr.}$	kWh/a	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
$W_{(RH+WW)br.}$	kWh/a	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000
$W_{HH}$	kWh/a	2 400	2 400	2 400	2 400	2 400
$W_{SK}$ nutzbar	kWh/a	–	–	–	–	3 120
$W_{WPHE}$	kWh/a	–	–	6 000	9 000	5 880
WP-Leistungsziffer						
$\epsilon_{WP}$		–	–	2,5	3,0	3,2
$W_{WPAE}$	kWh/a	–	–	2 400	3 000	1 840
Umweltenergie nutzbar	kWh/a	0	0	3 600	6 000	7 160
% von $W_{(RH+WW)br.}$		0	0	40,0	66,7	79,6
$P_{WPHL}$	kW	–	–	5,0	6,4	4,5
$P_{WPAL}$	kW	–	–	2,0	2,1	1,4
Arbeitszahl von Heizung $\beta_{HS}$		0,72	0,67	1,6	3,0	4,9
$W_{EIRH}$	kWh/a	0	0	2 400	2 000	1 227
$W_{EIWW}$	kWh/a	2 000	0	3 355	1 000	613
$W_{Ei(RH+WW)}$	kWh/a	2 000	0	5 735	3 000	1 840
$E_{RHnet.}$	MJ/m <sup>2</sup> + a	148	161	58	48	30
$E_{WWnet.}$	MJ/m <sup>2</sup> + a	89	89	80	24	15
<b>Energieverbrauch</b>						
Öl	l/a	840	–	–	–	–
Gas	m <sup>3</sup> /a	–	1 210	–	–	–
Strom	kWh/a	4 100	2 400	8 135	5 400	4 240
<b>Energiekosten KE</b>						
Öl	Fr./a	240.–	–	–	–	–
Gas	Fr./a	–	508.–	–	–	–
Strom	Fr./a	650.–	448.–	1 130.–	805.–	666.–
<b>Jahresheizkosten JK</b>						
Kapitalkosten KK	Fr./a	2 255.–	1 738.–	3 585.–	3 585.–	3 845.–
Festkosten KF	Fr./a	700.–	500.–	200.–	200.–	250.–
Energiekosten KE	Fr./a	890.–	956.–	1 130.–	805.–	666.–
<b>Jahresheizkosten</b>	<b>Fr./a</b>	<b>3 845.–</b>	<b>3 194.–</b>	<b>4 915.–</b>	<b>4 590.–</b>	<b>4 761.–</b>

stehenden Umweltschutzgebühren berücksichtigt sind.

Weil jedoch bei der WP solu-Heizung in Niedrigenergie-EFH die Wärmepumpen-Antriebsleistung nur noch 1,4 kW beträgt, kann dafür anstelle der Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonde auch die kostengünstigere Luft/Wasser-Wärmepumpe vorgesehen werden (entsprechende WP mit dieser kleinen Heizleistung sind noch nicht auf dem Markt). Dabei sind jedoch die etwas höheren Wärmepumpen-Preise und der höhere Stromverbrauch in Kauf zu nehmen. Mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpen-Anlage liessen sich die Jahresheizkosten auf schätzungsweise 4200 Franken/Jahr senken und kämen damit in den Bereich der Ölheizung.

Sofern sich die Bau- und Haustechnikbranchen sowie die Wärmepumpen-Hersteller und Elektrizitätserzeuger der noch notwendigen Entwicklung tatkräftig annehmen, wird es möglich, mit WP solu-Heizungen zu den in höchstem Masse umweltschonenden und wirtschaftlich aussichtsreichsten Heizungen mit sehr niedrigem Restenergieverbrauch zu kommen und damit etwa 80% des Bruttoenergiebedarfes durch Nutzung der Umweltenergie zu decken.

Das Ziel der aufgezeigten Entwicklung ist die Konzeption und Erstellung eines Niedrigenergiehauses mit einer WP solu-Heizung und dessen energetische Ausmessung.

Die Energieströme beim Niedrigenergie-Einfamilienhaus mit WP solu-Heizung sind in Bild 7 grafisch dargestellt. Die Kenngrössen der Heizungen von Niedrigenergie-Einfamilienhäusern sind in nebenstehender Tabelle zusammengefasst.

## Frais de chauffage annuels pour des villas à faible et très faible consommation d'énergie

**Perspectives d'un chauffage par pompe à chaleur concurrentiel et écologique avec apport d'énergie solaire par des collecteurs d'air**

De nombreuses publications sur les frais de chauffage ne mettent, dans leur propre intérêt, que les coûts de l'énergie en évidence, donnant ainsi une fausse image générale. La présente étude compare les frais de chauffage annuels composés des coûts du capital investi dans les installations, des coûts fixes ainsi que des coûts d'exploitation et de l'énergie pour des villas à faible consommation d'énergie telles qu'elles sont construites aujourd'hui avec ceux de villas à très faible consommation d'énergie obtenue grâce à de meilleures mesures d'isolation thermique portant sur l'enveloppe du bâtiment. La comparaison concerne une villa de 150 m<sup>2</sup> de surface habitable et un ménage de quatre personnes ainsi que des systèmes de chauffage au mazout et au gaz, des systèmes de chauffage par pompe à chaleur utilisés habituellement et d'autres techniquement plus avancés, la situation des prix étant celle de Aadorf/TG.