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

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 87 (1996)

Heft: 24

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

Autor: Geisseler, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902402

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

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

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 m² 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:

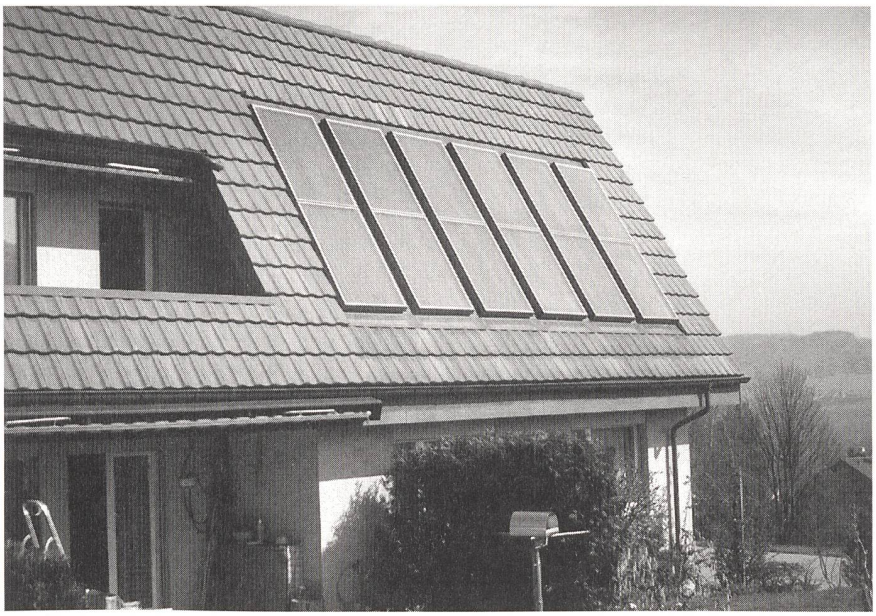

Bild 1 Luftkollektorfeld Zweifamilienhaus Ettenhausen/TG, Baujahr 1987.

Adresse des Autors:
Max Geisseler
Frauenackerstrasse 9, 8356 Ettenhausen

Brutto-Energiebedarf von Energiespar-Einfamilienhäuser (EFH):

Raumheizung:	$w_{RHbr.}$ = 80 kWh/m² + a →	$W_{RHbr.}$	=	12 000	kWh/a
Energiekennzahl		$E_{net.}$	=	230	MJ/m² + a
Warmwasser:	$w_{WWbr.}$ = 24 kWh/m² + a →	$W_{WWbr.}$	=	3 600	kWh/a
Energiekennzahl		$E_{net.}$	=	70	MJ/m² + a

Brutto-Energiebedarf von Niedrigenergie-EFH:

Raumheizung:	$w_{RHbr.}$ = 40 kWh/m² + a →	$W_{RHbr.}$	=	6 000	kWh/a
Energiekennzahl		$E_{net.}$	=	112	MJ/m² + a
Warmwasser:	$w_{WWbr.}$ = 20 kWh/m² + a →	$W_{WWbr.}$	=	3 000	kWh/a
Energiekennzahl		$E_{net.}$	=	56	MJ/m² + 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%.

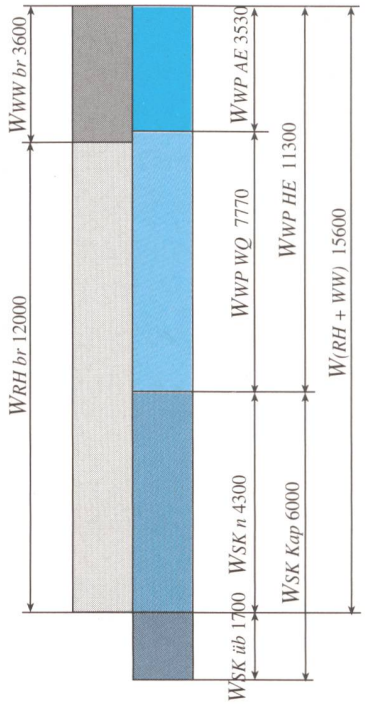

Bild 2 Energieströme beim Energiespar-EFH mit WP solu-Heizung.

Energiespar-Einfamilienhäuser

Heiz- und Wärmepumpen-Daten, Energieverbräuche und Jahresheizkosten

Kenngrössen / Heizsystem		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 ϵ_{WP}	–	–	–	2,5	3,0	3,2
W_{WPAE}	kWh/a	–	–	4 800	5 200	3 530
Umweltenergie nutzbar	kWh/a	0	0	7 200	10 400	12 070
% von $W_{(RW+WW)br.}$	–	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 β_{HS}	–	0,79	0,72	1,9	3,0	4,4
W_{ElRH}	kWh/a	0	0	4 800	4 000	2 715
W_{ElWW}	kWh/a	2 000	0	4 000	1 165	815
$W_{El(RH+WW)}$	kWh/a	2 000	0	8 800	5 165	3 530
$E_{RHnet.}$	MJ/m² + a	319	353	115	96	65
$E_{WWnet.}$	MJ/m² + a	96	107	96	29	20
Energieverbrauch						
Öl	l/a	1 530	–	–	–	–
Gas	m³/a	–	2 100	–	–	–
Strom	kWh/a	4 400	2 400	11 200	7 600	5 930
Energiekosten KE						
Öl	Fr./a	440.–	–	–	–	–
Gas	Fr./a	–	882.–	–	–	–
Strom	Fr./a	686.–	448.–	1495.–	1066.–	868.–
Jahresheizkosten JK						
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.–
Jahresheizkosten JK	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 Öl = 28.73 Rp./l).

Gaspreis:
gemäss Angaben von Technische Betriebe Wil, Dezember 1995 (k Gas = 42 Rp./m³).

Strompreis in Aadorf:
Grundtarif für 5½-Zimmer-Wohnung
k_{ElGT} = 13.50 Fr./Mt.
k_{EL} Niedertarif (80%)
k_{ElNT} = 10.3 Rp./kWh
k_{El} Hochtarif (20%)
k_{ElHT} = 18.3 Rp./kWh

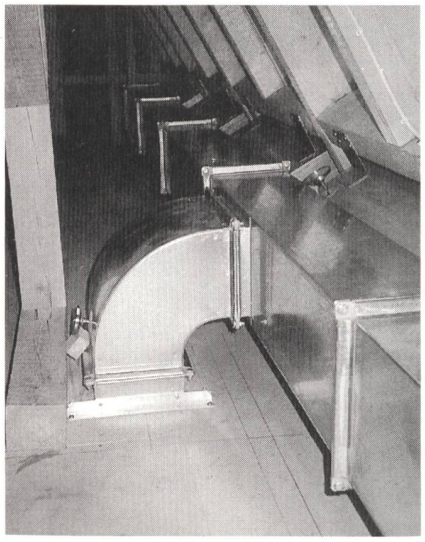

Bild 3 Heissluft-Sammelkanal nach Luftkollektoren.

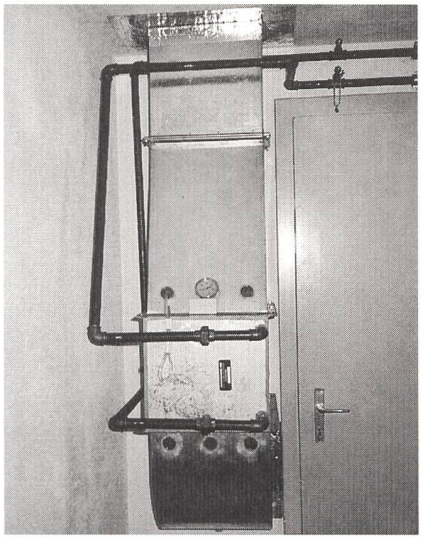

Bild 4 Luft/Wasser-Wärmetauscher nach Heissluft-Sammelkanal.

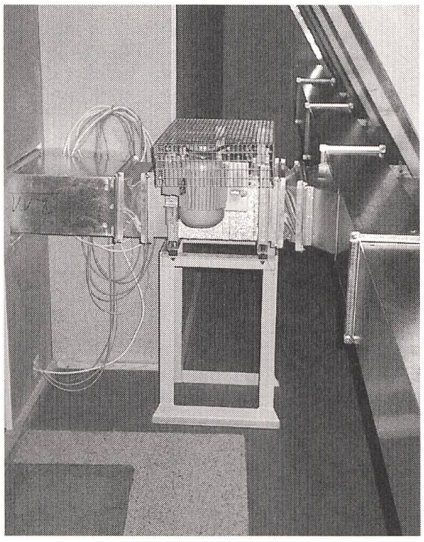

Bild 5 Umluftventilator mit Kaltluft-Verteilkanal nach Luft/Wasser-Wärmetauscher.

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 Kopiengebühren 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.–
Kapitalkosten KK	**Fr./a 455.–**	**Fr./a 1 800.–**
Feste Kosten		
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		**Fr./a 700.–**
Ölverbrauch und Kosten (η_{HK} = 90%)		
$V_{ÖlRH} = \frac{W_{HKHbr.}}{\eta_{HK} \cdot H_u}$		l/a 670
$V_{ÖlWW} = \frac{W_{WWbr.}}{2 \cdot \eta_{HK} \cdot H_u}$		l/a 170
$V_{Öl}$		l/a 840
$K_{Öl} = V_{Öl} \cdot k_{Öl}$		Fr./a 240.–
Elektrizitätsverbrauch und Kosten (η_{EB} = 90%)		
W_{ElWW} im Sommerhalbjahr = $\frac{W_{WWbr.}}{2 \cdot \eta_{EB}}$		kWh/a 1 700
W_{ElHH}		kWh/a 2 400
W_{El}		kWh/a 4 100
(W_{El} Hilfsantriebe bei KF)		
$K_{ElGT} = 12 \cdot k_{ElGT}$		Fr./a 162.–
$K_{ElNT} = W_{ElNT} \cdot k_{ElNT}$		Fr./a 338.–
$K_{ElHT} = W_{ElHT} \cdot k_{ElHT}$		Fr./a 150.–
K_{El}		Fr./a 650.–
Jahresheizkosten JK Öl = KK + KF + KE		**Fr./a 3 845.–**

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.–
Kapitalkosten KK	**Fr./a 488.–**	**Fr./a 1 250.–**
Feste Kosten		
Service, Reparaturen und Rauchgaskontrolle		Fr./a 380.–
Strom für Hilfsantriebe, Zählermiete und Versicherung		Fr./a 120.–
Feste Kosten KF		Fr./a 500.–
Gasverbrauch und Kosten (η_{GH} = 95%, $\eta_{WW\text{-}Sp}$ = 85%)		
$V_{Gas} = \frac{W_{(RH+WW)br.}}{\eta_{GH} \cdot \eta_{WW\text{-}Sp} \cdot H_u}$		m³/a 1 210
$K_{Gas} = V_{Gas} \cdot k_{Gas}$		Fr./a 508.–
Elektrizitätskosten für W_{HH}		
W_{ElHH}		kWh/a 2 400
W_{El} Hilfsantriebe bei KF		
$K_{ElGT} = 12 \cdot k_{ElGT}$		Fr./a 162.–
$K_{ElNT} = W_{ElNT} \cdot k_{ElNT}$		Fr./a 198.–
$K_{ElHT} = W_{ElHT} \cdot k_{ElHT}$		Fr./a 88.–
K_{El}		Fr./a 448.–
Jahresheizkosten JK Öl = KK + KF + KE		**Fr./a 3 194.–**

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.–
Kapitalkosten KK	**Fr./a 585.–**	**Fr./a 3 000.–**
Feste Kosten		
Unterhalt WP-Anlage KF		Fr./a 200.–
Elektrizitätsverbrauch und Kosten (ϵ_{WP} = 2,5, EB = η 90%)		
$W_{E1RH} = W_{WPAE} = W_{RHbr.}/\epsilon_{WP}$		kWh/a 2 400
$W_{EIWW} = W_{WWbr.}/\eta_{EB}$		kWh/a 3 335
W_{EIHH}		kWh/a 2 400
W_{El}		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_{El}		Fr./a 1 130.–
Jahresheizkosten JK WP + EB = KK + KF + KE		**Fr./a 4 915.–**

Integrierte WP-Heizung

Elektrizitätsverbrauch und Kosten (ϵ_{WP} = 3,0)	
$W_{EIWP} = W_{WP(RH+WW)br.}/\epsilon_{WP}$	kWh/a 3 000
W_{EIHH}	kWh/a 2 400
W_{El}	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_{El}	Fr./a 805.–
Jahresheizkosten JK WP Integr. = KK + KF + KE	**Fr./a 4 590.–**

WP-Heizung solu

Heizanlage-Investitionen	Gebäude	Einrichtung
Geologie und Bewilligung für Erdsonde	Fr. 700.–	
Elektroanschlüsse für WP + Speicher	Fr. 300.–	
Erdsonde und Zubehör	Fr. 3 500.–	Fr- 2 500.–
WP und Zubehör		Fr. 7 000.–
Luftkollektoren 7,5 m²		Fr. 3 800.–
Umluftkanäle und Ventilator		Fr. 3 700.–
Kombispeicher 1000/400 l		Fr. 6 000.–
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.–
Kapitalkosten	**Fr./a 295.–**	**Fr./a 3 400.–**
Feste Kosten		
Unterhalt WP- und SK-Anlage		Fr./a 250.–
Elektrizitätsverbrauch und Kosten (ϵ_{WP} = 3,2)		
$W_{EIWPAE} = [W_{(RH+WW)br.} - W_{SK}\,\text{nutzbar}]/\epsilon_{WP}$		kWh/a 1 840
W_{EIHH}		kWh/a 2 400
W_{El}		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_{El}		Fr./a 666.–
Jahresheizkosten JK WP solu = KK + KF + KE		**Fr./a 4 611.–**

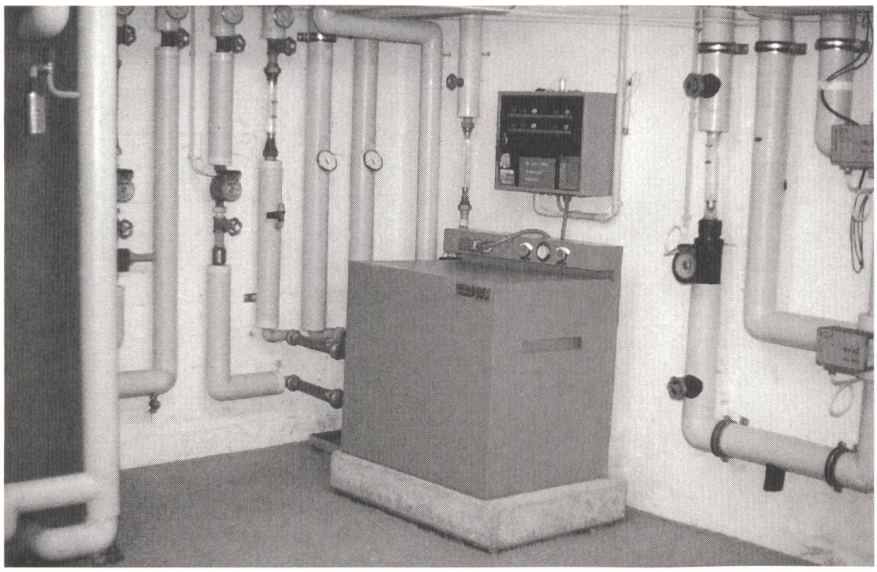

Bild 6 Sole/Wasser-Wärmepumpe, Baujahr 1982. Heute gibt es wesentlich kleinere und kompaktere Modelle.

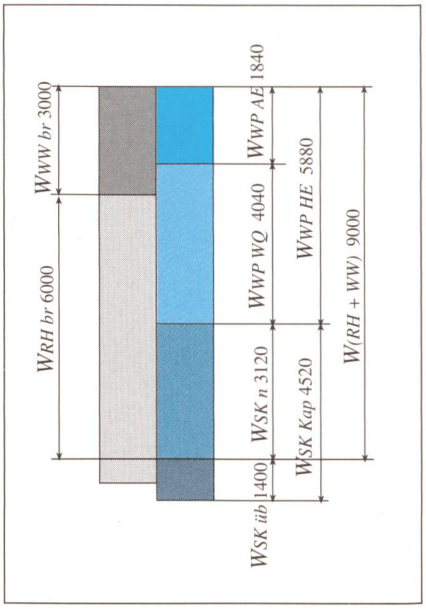

Bild 7 Energieströme bei Niedrigenergie-Einfamilienhaus mit WP solu-Heizung.

Niedrigenergie-Einfamilienhäuser

Heiz- und Wärmepumpen-Daten, Energieverbräuche und Jahresheizkosten

Kenngrössen / Heizsystem		1 Öl	2 Gas	3a WP + EB	3b WP integr.	4 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
$W_{(Rü+WW)br.}$	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 ϵ_{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 β_{HS}	–	0,72	0,67	1,6	3,0	4,9
W_{ElRH}	kWh/a	0	0	2 400	2 000	1 227
W_{ElWW}	kWh/a	2 000	0	3 355	1 000	613
$W_{El(RH+WW)}$	kWh/a	2 000	0	5 735	3 000	1 840
$E_{RHnet.}$	MJ/m² + a	148	161	58	48	30
$E_{WWnet.}$	MJ/m² + a	89	89	80	24	15
Energieverbrauch						
Öl	l/a	840	–	–	–	–
Gas	m³/a	–	1 210	–	–	–
Strom	kWh/a	4 100	2 400	8 135	5 400	4 240
Energiekosten KE						
Öl	Fr./a	240.–	–	–	–	–
Gas	Fr./a	–	508.–	–	–	–
Strom	Fr./a	650.–	448.–	1130.–	805.–	666.–
Jahresheizkosten JK						
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.–
Jahresheizkosten	Fr./a	3 845.–	3 194.–	4 915.–	4 590.–	4 761.–

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 m² 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.