

Anforderungen an Elektrowärmepumpen zur Wohngebäudeheizung

# Echte Alternative zu anderen Heizsystemen?

Werner Eicke-Hennig\*  
Wolfgang Schulz\*\*

Die Elektrowärmepumpe für die Gebäudeheizung war vor wenigen Jahren fast von der Bildfläche verschwunden. Jetzt wird sie wieder mit großem Aufwand beworben. Doch wer das System genauer unter die Lupe nimmt, wird feststellen, daß es nur unter ganz bestimmten Bedingungen eine wirkliche Alternative zu anderen Heizsystemen ist.

Sowohl die Hauptberatungsstelle Elektrizitätsanwendung (HEA) als auch die Vereinigung deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) riefen 1999 in ihrer „Leipziger Erklärung“ die Elektrowärmepumpe (EWP) zum „Heizsystem der Zukunft“ aus. Mit der kommenden Energieeinsparverordnung 2000 verstärkt sich gleichzeitig die Diskussion um die Effizienz von Heizsystemen. In den ersten Entwürfen nimmt die Elektrowärmepumpe einen besonderen Platz ein. Vor diesem Hintergrund und der Tatsache, daß es sich um ein elektrisches Heizsystem handelt, das – nach den Fehlentwicklungen der 80er Jahre – erneut massiv in den Markt eingeführt werden soll, stellen sich folgende Fragen:

- Unter welchen Bedingungen können EWP energiepolitisch sinnvoll eingesetzt werden?
- Welche Energiesparmaßnahmen sind für den Wohnungsbau unter volkswirtschaftlichen und langfristigen Annahmen kostenoptimal und CO<sub>2</sub>- wie primärenergie-seitig am wirkungsvollsten?

Zur Klärung dieser Fragen liegen inzwischen zwei aussagekräftige Studien vor [1], [2].

## Technische Effizienz fortschrittlicher EWP

Allgemein ist unstrittig, daß Elektrowärmepumpen seit den achtziger Jahren verbessert wurden und ihre Effizienz (Leistungsziffern) noch nicht völlig ausgereizt ist. Dies belegen diverse BMFT-geförderte Studien, die verbesserte Leistungsziffern zeigen [3], [8]. Entscheidend sind jedoch die Jahresarbeitszahlen  $\beta$  (Verhältnis von Nutzheiz-

Wärmequelle				Zitatquelle
Erdreich	Grundwasser	Massivabsorber	Luft	
Theoretische Bestwerte aus Studien oder Einzelaussagen				
4,5–4,6	4,9	–	3,2–3,4	[1] für 5–16 kW <sub>th</sub> Leistung; gerechnet für deutsches Klima auf Basis der sieben besten Schweizer EWP
2,6–3,2	–	–	–	[2] Klein-EWP für NEH ca. 8 kW <sub>th</sub>
4–5	5–6	–	>3	[1]
4	4,5	–	3	[1]
3,8	4,2	–	3,4	[1] An das BAW gerichtete Förderanträge 1997
4,2	–	–	3,3	[3]
4	–	–	–	[1] Wert im Programm HEIKO der RWE Energie
Gemessene Praxiswerte				
3,2–4,2	3,5–3,8	3,2	3,3	[4]
3,6	–	–	–	[5]
3,0–3,7	–	–	–	[6] (Siedlungsversorgung, Konkurrenz zur möglichen BHKW-Lösung); Höchstwert erst nach Aggregat austausch
1,9–3,4	–	2,8–3,5	–	[7] Arbeitszahlen von 40 Wärmepumpenanlagen
2,1–2,7	–	–	–	[7]
3,4	–	–	–	[8]
5,0* bivalent	–	–	2,0–2,7	[9] Aktuelle Schweizer Projekte (3 Neubauten)
–	2,5	–	2,75	[16] Schweiz: Schwerpunkt der Meßwerte in Neu- und Altbau 1999 (bivalent und monovalent)
–	3,44	–	–	[16] Schweiz: 18 wissenschaftlich begleitete Anlagen in Neubauten
–	3,0 bivalent	–	2,2 bivalent	[10] Zum Vergleich: Einzelne Schweizer Meßwerte von 1989
* sehr guter Wert bei bivalentem Betrieb und Erdsondenauslegung auf 35 statt 55 W/m sowie Vorlauftemperatur von 27 °C				

Tabelle 1 Übermittelte bzw. exemplarisch aus der Literatur entnommene aktuelle Jahresarbeitszahlen von fortschrittlichen monovalenten Heizwärmepumpen

\* Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig ist Mitarbeiter des IWU, Darmstadt, und leitet das Impulsprogramm Hessen, Telefon (0 61 51) 13 85 10, Telefax (0 61 51) 13 85 20

\*\* Wolfgang Schulz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Bremer Energie-Institut

wärme-Output zum Total-Elektrizitäts-Input), die sich durch die jeweiligen Bedingungen im praktischen Einsatz ergeben und auch nur dort gemessen werden können. Hier gibt es verblüffend wenige wissenschaftlich gewonnene Erkenntnisse über die Effizienz von Wärmepumpensystemen unter Praxisbedingungen. Der Verweis auf gestiegene Leistungsziffern unter Prüfstandsbedingungen reicht jedoch nicht aus. Das wäre so, als wolle man die Qualität des Niedrigenergiehauses allein mit den besseren k-Werten der Bauteile beweisen. Der Beweis für die Machbarkeit dieses Standards wurde unter Praxisbedingungen in Hunderten von Modell- und Förderprojekten erbracht, in denen der sich einstellende Heizenergieverbrauch nachgewiesen wurde:

- Der richtige Maßstab beim Niedrigenergiehaus ist der Heizwärmebedarf als verbrauchsorientierter Kennwert, der in der Praxis überprüft werden kann und unter Praxisbedingungen jeweils objektspezifisch entsteht.
- Für die EWP ist analog die Jahresarbeitszahl der richtige Maßstab. Sie ergibt sich aus den realen Belastungen im realen Projekt über das Jahr und spiegelt die Qualität der Planung und Ausführung, Wartung und Nutzung. Auch sie kann in der Praxis überprüft werden.

Tabelle 1 zeigt dieses Problem. Einerseits werden dort die optimistischen Werte für Jahresarbeitszahlen neuer Systeme auf Basis von Annahmen oder Berechnungen genannt. Andererseits zeigen die wenigen aus der Literatur gewinnbaren empirischen Werte, daß diese optimistischen Zielwerte unter den heutigen Praxisbedingungen noch nicht erreicht werden.

### Investitions- und Nutzwärmekosten

Tabelle 2 zeigt die Mehrkosten für eine EWP-Heizung am Beispiel eines Einfamilienhauses mittlerer Größe. Die EWP ist gegenüber einer Ölheizung um bis zu 65 % und gegenüber einer Gasheizung um bis zu 110 % teurer. Pro m<sup>2</sup> Wohnfläche entstehen bis zu 120 DM Mehrkosten. Dies ist eine beträchtliche Größenordnung, die die

	EWP-Erdsonde*	Ölkessel	Gasbrennwertkessel (Dachzentrale)
	DM	DM	DM
Heizwärmeerzeuger	8 300	5 300	5 300
Pufferspeicher	1 600	–	–
Regelung	2 400	1 500	1 500
Heizverteilung (install.)	1 200	1 800	2 000
Heizflächen (install.)	6 200	2 400	2 900
Erschließung Wärmequelle	6 000	–	–
Installation Elektro	1 300	1 000 (Gesamtinstallation)	1 200
Sonstige bauliche Maßnahmen	1 000	–	2 600 (Anschluß Gas/El.)
Öltank	–	1 600	–
Öllagerraum	–	2 500	–
Heizraum	3 200	3 000	1 500
Schornstein	–	3 300	1 000
<b>Investition gesamt</b>	<b>31 200</b>	<b>22 100</b>	<b>18 000</b>

\* Investitionskosten: EWP-Wärmequelle Erdkollektor: 8300 DM, Grundwasser: 7900 DM, Massivabsorber 8300 DM, Luft: 10 000 DM, Wärmepumpenleistung 6,5 kW, Wärmebedarf 5 kW, Ausblendzeit 6 h/d (Quelle: [1])

**Tabelle 2 Investive Mehrkosten der EWP mit Erdsonde gegenüber einer Öl- bzw. Gasbrennwertkesselösung für ein EFH mit 100 m<sup>2</sup> Wohnfläche (EWP mit Fußbodenheizung, Kessel mit Plattenheizkörpern)**

reinen Baukosten um ca. 5–7 % verteuert. Diese Mehrkosten entstehen nicht in Konkurrenz, sondern zusätzlich zum Niedrigenergiestandard. Hieraus ergeben sich zwei wichtige Schlußfolgerungen:

- Wärmepumpenheizanlagen stellen für den Bereich des Mietwohnungsbaus keine Option dar, da die Mehrinvestition kaum auf die Miete umgelegt werden kann und der Nutzen nur beim Mieter entsteht. Diese Einschätzung teilt auch die VDEW [11].
- Für den Bereich der Ein-/Zweifamilien- und Reihenhäuser sind die beachtlichen Mehrkosten zumindest eine bedeutende

Erschwernis beim Marktzugang gegenüber Heizkesselanlagen. Angesichts solcher Mehrkosten muß die Effizienz augenfällig nachgewiesen sein.

Die bereits mehrfach zitierte Studie des Bremer Energie-Instituts [1] berechnet auf Basis der obigen Investitionskosten und Bestwertannahmen bei den Jahresarbeitszahlen (4,5–4,9) zukünftige Nutzwärmekosten ohne Förderung und ohne Wärmepumpen-Sondertarife. Die Annahmen begründen sich damit, daß bei breiter Markteinführung der EWP – ähnlich wie beim Niedrigenergiehaus – die Förderung entfallen muß, da

	Nutzwärmemehrkosten gegenüber Gas-Brennwertkessel	Nutzwärmemehrkosten gegenüber Ölheizkessel
NEH-Reihenhaus	28 % (L) bis 46 % (Gw)	22 % bis 39 %
EFH (Wärmeschutzstandard minus 25 % gegenüber WSV0 1995)	41 % (Eso) bis 50 % (Gw)	29 % bis 37 %
EFH (WSVO 1995)	48 % (Gw) bis 74 % (L)	32 % bis 55 %

NEH = Niedrigenergiehaus, L = Wärmequelle Luft, Eso = Wärmequelle Erdsonde, Gw = Wärmequelle Grundwasser (Quelle: [1])

**Tabelle 3 Nutzwärme-Mehrkosten von EWP-Heizanlagen gegenüber Öl- und Gaskesselösungen im Wohnungsneubau**

	Minderung der CO <sub>2</sub> -Emissionen gegenüber Gas-Brennwertkessel	Minderung der CO <sub>2</sub> -Emissionen gegenüber Ölheizkessel
<b>nur Heizung</b>		
– NEH-Reihenhaus	–11 % (Gw) bis –72 % (L)	–6 % bis 31 %
– EFH (Wärmeschutzstandard –25 % gegenüber WSV0 1995)	– 6 % (Gw) bis –73 % (L)	–8 % bis 34 %
– EFH (WSVO 1995)	1 % (Gw) bis –73 % (L)	–9 % bis 37 %
<b>Heizung und Warmwasserbereitung*</b>		
– NEH-Reihenhaus	– 1 % (Gw) bis –44 % (L)	7 % bis 33 %
– EFH (Wärmeschutzstandard –25 % gegenüber WSV0 1995)	1 % (Gw) bis –51 % (L)	3 % bis 36 %
– EFH (WSVO 1995)	5 % (Gw) bis –57 % (L)	–132 % bis 39 %

Hinweis: negatives Vorzeichen bedeutet keine CO<sub>2</sub>-Minderung, sondern Mehrausstoß; Legende: NEH = Niedrigenergiehaus, L = Wärmequelle Luft, Gw = Wärmequelle Grundwasser; \* Warmwasserbereitung mit EWP, Elektrodurchlauferhitzer würden die CO<sub>2</sub>-Einsparung aufheben (Quelle: [1])

**Tabelle 4 Vergleich von EWP-Heizanlagen gegenüber Öl- und Gaskessellösungen im Wohnungsneubau im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei Jahresarbeitszahl 4,9**

subventionierte Systeme auf Dauer nicht überlebensfähig sind. Hinzu kommt, daß auch die Sondertarife der EVU bei Masseneffekten nicht durchgehalten werden können.

Das Ergebnis zeigt: Unter langfristigen Gesichtspunkten ist die EWP selbst unter der Annahme heutiger Bestwerte bei den Jahresarbeitszahlen den Gas- und Ölkessellösungen unterlegen (Tabelle 3). Die Nutzwärmekosten liegen gegenüber dem Ölkessel um 22–55 % höher, gegenüber dem Gaskessel um 28–74 % höher. Eine Absenkung des Strompreises von 30 auf 25 Pf/kWh beseitigt diesen Kostennachteil im Betrieb nicht. Erst wenn die heute üblichen Förderungen und subventionierten Tarifpreisen eingerechnet werden und zur Investitionskostenreduzierung auf einen Pufferspeicher verzichtet wird, liegen die EWP-Nutzwärmekosten auf gleicher Höhe mit den Kessellösungen (unter Ansatz künftiger Best-Jahresarbeitszahlen um 4,5–4,9). Allerdings kann eine Zukunftsbetrachtung mit den heute üblichen EWP-Tarifen kaum als realistisch angesehen werden. Deshalb bleibt es bei der Aussage: „Unter Rahmenbedingungen, die der gesamtwirtschaftlichen Perspektive entsprechen, führen Wärmepumpen zu deutlich höheren Heizkosten als Heizkessellösungen.“ [1]

## Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die Vergleiche hinsichtlich der CO<sub>2</sub>- bzw. der CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen lassen klar erkennen, daß sich höhere Nutzwärmekosten der EWP in Gebieten, in denen Erdgas als Alternative zur Verfügung steht, trotz der aus heutiger Sicht hoch angesetzten Jahresarbeitszahlen nicht durch Entlastung bei den klimawirksamen Spurengasen auszahlten [1]. Hierzu trägt entscheidend bei, daß die Stromerzeugung eines bestandsdurchschnittlichen Steinkohlekraftwerks als Erzeugungsbasis für Wärmepumpenstrom herangezogen werden muß. Elektrische Heizungswärmepumpen werden in Deutschland (im Gegensatz zur Schweiz oder Schweden) vor allem durch die im Hinblick auf CO<sub>2</sub> ungünstig zu beurteilende Stromerzeugungsbasis abgewertet. Für die

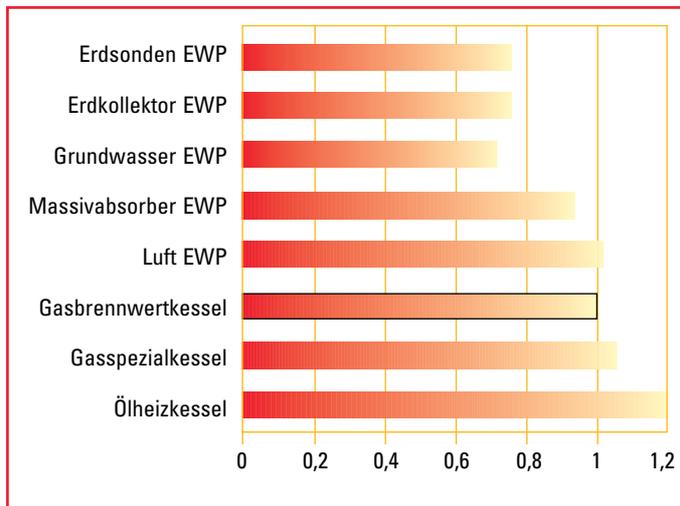
Gebiete Deutschlands, in denen nur eine Ölheizung zur Verfügung steht, lassen sich dagegen mit Grundwasser- und Erdwärmepumpen bei einem akzeptablen Minderungskostenniveau erkennbare CO<sub>2</sub>-Minderungen erzielen. Dies gilt jedoch nur unter den Bedingungen:

- hohe Jahresarbeitszahlen über 4,0
- Warmwasserbereitung mit der EWP, denn dezentral-elektrische Lösungen (Elektrodurchlauferhitzer) würden auch gegenüber der Ölkessellösung höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen erzeugen.

Bezieht man die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen in die Betrachtung ein, sind die Veränderungen minimal. Das Niveau ändert sich gegenüber der reinen CO<sub>2</sub>-Betrachtung beim Gaskessel um nur 4 %. Die Aussagen werden dadurch nicht verändert. Die Kosten der CO<sub>2</sub>-Minderung liegen zwischen 0,41 DM/kg bei Gebäuden nach WSV0 1995 mit Grundwasser-EWP gegenüber Ölkessel und bis zu 44,79 DM/kg beim EFH mit verbesserten Dämmstandard (WSVO minus 25 %) mit Grundwasserwärmepumpe im Vergleich zum Gas-Brennwertkessel (Tabelle 4).

## Primärenergieeinsparung durch Heizungs-EWP

Die Höhe der erzielbaren Primärenergieeinsparung hängt von der erzielbaren Jahresarbeitszahl ab. Die in [1] gewählten Bestwerte für Jahresarbeitszahlen über 4,5 zeigen entsprechend eine erkennbare Primärenergieeinsparung gegenüber Öl- und Gaskessellösungen. Ausgeschlossen ist hier nur die Luft-EWP, die primärenergetisch einen Mehrverbrauch bringt (Bild 1). In [2] wird ebenfalls für ein Einfamilienhaus im ähnlichen Dämmstandard mit einem Heizwärmebedarf von 70 kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche und Jahr eine primärenergeti-



**Bild 1 Relation des Primärenergieverbrauchs für EWP und Heizkessellösungen für ein Einfamilienhaus mit einem um 25 % verbesserten Dämmstandard gegenüber WSV0 1995**

sche Betrachtung unter Annahme von Jahresarbeitszahlen zwischen 2,6–3,2 durchgeführt (Radiatoreheizung). Diese Jahresarbeitszahlen sind unter heutigen Bedingungen als realistischer einzustufen [16], während die in [1] getroffenen Annahmen eher zukünftigen Bedingungen entsprechen. In der Schweiz will man z. B. bis zum Jahr 2005 durch Weiterbildung Jahresarbeitszahlen zwischen 3,5 und 4,5 als Bestwerte erzielen.

Tabelle 5 zeigt, daß die Erzielung hoher Jahresarbeitszahlen entscheidend ist für einen primärenergetischen Nutzen der EWP. Für den hier zugrunde gelegten Fall läßt sich bei Jahresarbeitszahlen unter 2,9 nur schwer eine Primärenergieeinsparung erzielen. Primärenergiekennwerte unter 100 kWh/(m<sup>2</sup>a) für das EFH entstehen nur durch den Einfluß der mitgerechneten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Niedertemperatur- und Brennwertkessel liegen bei geringeren Investitions- und Nutzwärmekosten gleichauf, am besten schneidet die BHKW-Lösung ab, die für kleinere Neubaugebiete immer interessanter wird.

## Wie lassen sich hohe Jahresarbeitszahlen erreichen?

Die Erzielung hoher Jahresarbeitszahlen (JAZ) ist von vielen Bedingungen in der Praxis abhängig. Unerlässlich ist eine gute Planung aller Komponenten, ein fachgerechter Einbau und eine regelmäßige Pflege/Wartung mit Dokumentation der Jahresarbeitszahlen. Für die entscheidend sind neben der verbesserten Effizienz der Aggregate selbst:

- Ein tiefes Temperaturniveau der Heizungsverteilung,
- Exakte Planung und exakter Einbau der Komponenten mit
- Abstimmung von Gebäudewärmebedarf und EWP-Leistung,
- Geringe Stromverbräuche der Hilfsantriebe,
- Anteil und Art der Warmwasserbereitung,
- Betriebsweise: Verbrauchsmessung, jährliche JAZ-Kontrolle, regelmäßige Wartung.

## Weitere technische Randbedingungen

- Heizungsverteilung:
  - Fußbodenheizung
  - geringstes Vorlauftemperaturniveau unter 35 °C

- Wärmequellenanlage:
  - Erdreich
  - Grundwasser
  - keine Außenluftanlagen, wegen der zu geringen Effizienz
- Technische Einzelaspekte:
  - Dichte Bebauung schließt geräuschintensivere Lösungen (Luftwärmepumpen) zusätzlich aus.
  - Grundwassernutzung muß ohne Konkurrenz zum Nachbarn möglich sein.
  - Die Wärmeleitung des Erdreichs bei Erdkollektoranlagen muß bekannt sein und eingeschätzt werden können. Kleine Grundstücke (Reihenhäuser) zwingen eher zu Erdsondenanlagen.

- Regelmäßige Wartung, Jährliche Berechnung der JAZ. Hierzu ist der Einbau eines Strom- und eines Wärmemengenzählers erforderlich.
- Schulungsprogramme für Handwerk und Ingenieure.

## Beschränkte Einsatzmöglichkeiten

Tabelle 6 zeigt den Einfluß des Vorlauftemperaturniveaus auf die Jahresarbeitszahl und verdeutlicht damit, daß EWP-Anlagen ohne Fußbodenheizung der Vergangenheit angehören müssen. Damit sind auch die Einschränkungen für den Einsatz von EWP im Gebäudebestand deutlich, sie beschränken sich hier letztlich auf Einzelfälle.

Heizsystem im Niedrigenergiehaus bei 70 kWh/(m <sup>2</sup> × a) Nutzenergiebedarf	Primärenergiekennwert kWh/(m <sup>2</sup> × a) nach Heizsystemen			
	Niedertemperaturkessel	Gasbrennwertkessel	Sole-EWP (JAZ 2,6–2,9)	BHKW
Fensterlüftung, Verteilung im beheizten Bereich, Heizkörper, Warmwasserbereitung über Kessel mit 150-l-Speicher	124	110	125	70
Abluftanlage, Verteilung im beheizten Bereich, Heizkörper, Warmwasserbereitung über Kessel mit 150-l-Speicher	119	108	100*	–
Lüftung mit Wärmerückgewinnung 65 %, Verteilung im beheizten Bereich, Heizkörper, Warmwasserbereitung über Kessel mit 150-l-Speicher	105	96	88	–
Lüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung 80 %, Verteilung im beheizten Bereich, Heizkörper, Warmwasserbereitung über Kessel mit 150-l-Speicher	97	88	81	–
Abluftanlage, Verteilung im beheizten Bereich, Heizkörper, Warmwasserbereitung über Kessel mit 300-l-Speicher und Solaranlage (5 m <sup>2</sup> )	101	93	–	–

\* ungefährer Wert, da in Quelle [2] nicht berechnet; für EWP günstigster Anschluß aus Differenz der PE-Kennwerte der Fälle Abluftanlagen/WRG bei NTK und Brennwertkesseln

**Tabelle 5 Primärenergie-Kennwerte für konventionelle und EWP-Heizungen im Niedrigenergiehaus**

- Massivabsorber haben eine um 1,0 geringere Jahresarbeitszahl gegenüber Erdkollektor oder Sonden, sie sind damit keine „einfache“ Alternative bei fehlendem Platz für Erdkollektoren etc.
- Platz für Erdkollektor muß vorhanden sein. Z. B. mind. 150 m<sup>2</sup> beim NEH-Reihenhaus oder 310 m<sup>2</sup> bei EFH mit 170 m<sup>2</sup> Wohnfläche.
- Vorsichtige Dimensionierung des Kollektors/der Sonde: 25 W/m<sup>2</sup> bzw. 60 W/m. Am Markt werden auch höhere Leistungen „versprochen“ (Kälteleistung/Entzugsleistung/Leistung pro Meter).

Wie wenig Sensibilität für diesen dramatischen Abfall der Leistungsziffer bei steigenden Vorlauftemperaturniveau besteht, zeigt die 1999 aktuell über die HEA ausgelieferte Broschüre „Strom hat Zukunft“ [15], die an keiner Stelle bei den vorgestellten Objekten eine Aussage über gemessene Jahresarbeitszahlen unter Praxisbedingungen macht, aber gleich sechsmal

ein von der EWP leistbares Vorlauftemperaturniveau von 50–65 °C als besondere Leistung der EWP herausstellt, ohne darauf zu verweisen, daß bei diesem Temperaturniveau die Leistungsziffer weit unter 3,0 liegt. Fazit: Es ist noch viel Weiterbildungsarbeit erforderlich. Zur Sicherung der notwendigen Randbedingungen ist ein bundesweites Schulungsprogramm für Ingenieure und Handwerker ähnlich dem Wärmepumpen-Seminar im Schweizer RAVEL-Impulsprogramm erforderlich.

## Keine Renaissance in den Absatzzahlen

Die gegenwärtigen Absatzzahlen zeigen die ausgerufenen „Renaissance“ der Heizungs-Elektrowärmepumpe noch nicht. Während um 1980 auf dem Höhepunkt der ersten Wärmepumpenwelle 14 000 Anlagen pro Jahr installiert wurden sind es heute mit leicht steigender Tendenz 3000–3500 Anlagen pro Jahr. Nur rund 1–2 % der EFH/RH-Neubauten werden jährlich mit Heizungs-EWP ausgerüstet. Der Gesamtbestand war bisher rückläufig, da immer noch Altanlagen stillgelegt werden. Heute existieren in Deutschland rund 47 000 Alt- und Neuanlagen. Diese Zahl müßte allein jährlich an EWP-Neuanlagen hinzukommen, strebte man die heutigen Wärmepumpen-Installationszahlen der Schweiz an. Die Schweiz hat jedoch eine andere Energieträgerstruktur in der Stromerzeugung, ein eigenes Wärmepumpen-Prüfinstitut und schulte die Installationserfordernisse jahrelang in seinen Impulsprogrammen. Ähnliches existiert in Deutschland nicht [13], [14].

Die sich in der Zukunft durch Neubauten verbessernden Kraftwerkswirkungsgrade sind kein Argument für einen verstärkten

Typ	Temperatur Erdreich [°C]	Temperatur Heizkreis-Vorlauf [°C]	Elektrische Leistungsaufnahme [kWh]	Heizleistungsabgabe [kWh]	Arbeitszahl (nicht JAZ)
TX 5291 VS	0	30	4,4	19,7	4,5
TX 5291 VS	0	35	4,7	18,7	4,0
TX 5291 VS	0	55	5,4	14,8	2,7

**Tabelle 6** Einfluß des Vorlauftemperaturniveaus auf die Leistungsziffer (Arbeitszahl) von Wärmepumpen am Beispiel eines Fabrikats der Firma Waterkotte (Quelle: [6])

Zubau von EWP, da mit dem Zubau von neuen Kraftwerken in Deutschland vor allem die Kraft-Wärme-Kopplung vorangebracht werden muß. Eine verstärkte Förderung von EWP konkurriert mit KWK-Lösungen nur dann nicht, wenn EWP in den Heizölgebieten des ländlichen Raumes eingesetzt werden, hier sind jedoch die investiven Mehrkosten ein starkes Marktzugangsproblem. Aus Gründen des verstärkten Einsatzes von EWP ist kein Zubau von Kraftwerkskapazität erforderlich. Maximal 100 MW elektrische Leistung würde jährlich gebunden, wenn Deutschland ähnliche EWP-Durchdringungsraten wie die Schweiz (34 % der EFH-Neubauten) hätte. Hiervon sind wir mit 2 % jedoch noch weit entfernt bzw. herrscht immer noch wegen des Abgangs von Altanlagen Stagnation bei der durch EWP beanspruchten KW-Leistung.

## Wesentlich höhere Mehrinvestitionen und Jahreskosten

Als wichtigste Erkenntnis der vorliegenden Studien zu EWP [1], [2] ist hervorzuheben, daß für Neubauten der Niedrigenergiestandard im Wärmeschutz Priorität genießen sollte. Die thermodynamisch aufwendigen

Systeme der elektrischen Wärmepumpenheizung führen in der Regel zu wesentlich höheren Mehrinvestitionen und Jahreskosten, die sich trotz erzielter Fortschritte nicht in entsprechendem Maße durch erzielbare CO<sub>2</sub>-Minderungseffekte rechtfertigen lassen. Das Niedrigenergiehaus wird unter CO<sub>2</sub>- und Kostengesichtspunkten mit Gas- und Ölkessellösungen effizient beheizt. Niedertemperatur- und Brennwertkessel sind gute Lösungen, die in größeren Neubaugebieten um die KWK ergänzt werden können. Weitere zentrale Erkenntnisse sind:

- Klein-Elektrowärmepumpen für die Gebäudeheizung können nur für den Neubau und hier für Ein-/Zweifamilien- und Reihenhäuser empfohlen werden, die in Gebieten ohne Gasversorgung entstehen (Heizölgebiete). Luft-Wärmepumpen sind generell zu ineffizient. Für Mehrfamilienhäuser sind die Mehrkosten generell zu hoch.
- Für Gasversorgungsgebiete bietet der Gas-Brennwert- oder Gas-Niedertemperaturkessel nicht nur geringere Nutzwärmeleistungen, sondern die EWP zeigt hier keinerlei zusätzliche CO<sub>2</sub>-Einsparung. Bei der Entscheidung über eine EWP in ein RH oder EFH in „Heizölgebieten“ muß vom Handwerk, Ingenieur, Bauträger oder GU zum einen eingefordert werden, daß die Anlagen sorgfältig geplant und montiert werden. Außerdem sollte nach dem Bezug des Gebäudes über zwei vollständige Heizperioden hinweg eine Jahresarbeitszahl um 4,0 nachgewiesen werden müssen. Die Warmwasserbereitung muß mit der EWP vorgenommen werden, da sonst durch die dezentral-elektrischen Systeme die CO<sub>2</sub>-Einsparung aufgehoben wird.

## Förderung von Heizungs-EWP

Der BMWi fördert Elektrowärmepumpen zur Gebäudeheizung seit dem 1. 9. 1999 nur noch, wenn sie mit elektrischem Strom aus regenerativen Quellen betrieben werden (bis zu 300 DM pro installierten kW Heizleistung). Aus der Sicht der Autoren sollten Förderprogramme für EWP grundsätzlich von folgenden Kriterien abhängig gemacht werden:

- EWP mit Außenluft als Wärmequelle: Von der Förderung ausgenommen.
- Gasversorgungsgebiete: Generelle Streichung der EWP-Förderung.
- Geschlossene Neubaugebiete: Förderung von EWP nur bei Vorlage eines Energiekonzeptes, das auch die Fern- oder Nahwärmeversorgung alternativ berücksichtigt (Strom rationell erzeugen hat Vorrang vor Verbrauch für die Gebäudeheizung).
- Einzelanforderungen: Festlegung des maximalen Vorlauftemperaturniveaus durch technische Maßnahmen an der EWP auf maximal 40 °C oder Nachweis einer Fußbodenheizung. Warmwasser zwingend mit der Heizungs-EWP.

- Die EWP ist keine Technik, bei der die Güte des Aggregats ab Industrie-Werkbank für die Gesamt-Effizienz allein entscheidend ist: Durch ein bundesweit durchgeführtes Schulungsprogramm für Handwerk und Ingenieure können die Randbedingungen für die EWP günstiger gestaltet werden. Durch wissenschaftliche Untersuchungen von Demonstrationsmaßnahmen müssen zunächst für eine hinreichende Anzahl ausgeführter Objekte auch die Bestwerte von Jahresarbeitszahlen um 4,0 in der Praxis nachgewiesen und publiziert werden – dabei würden die bereitzustellenden Randbedingungen deutlich. Ohne solche Anstrengungen wird es bei den heutigen geringen Zuwachszahlen bleiben, die energiepolitisch, wie für den Kraftwerkszubau, nicht von Bedeutung sind.

#### Literatur:

[1] Schulz, Wolfgang, Bremer Energie Institut, Energieeinsparung im Wohnungsneubau, Teil 2, Kosten-Nutzen-Verhältnisse bei Investitionen in elektrische Wärmepumpenheizungen und in Wärmerückgewinnungsanlagen sowie Vergleich dieser Systeme mit Wärmeschutzmaßnahmen und thermischen Solaranlagen, Bremen 1998

[2] Passivhaus-Institut, Heizung im Niedrigenergiehaus – ein Systemvergleich, Darmstadt 1998

[3] Wobst Eberhard, Institut für Luft und Klimatechnik Dresden, Wärmepumpen im Leistungsbereich kleiner 15 kW mit alternativen Kältemitteln, Abschlußbericht des BMFT-Forschungsvorhabens 0326957A, 1997

[4] BINE, FIZ CD-ROM Energiedatenbank Volume 4, Wärmepumpen, Karlsruhe 1998; dokumentierte Objekte des Informationszentrums Wärmepumpen, Anlagen in 1999 aktueller CD-ROM von BINE-FIZ Karlsruhe, lt. Auskunft von dort jedoch nicht überprüfte Werte aus unklaren telefonischen Erhebungen

[5] Leonhardt, H., Vergleichende Untersuchungen von Wärmepumpen- und Brennwertkesselheizungsanlagen, in: Sanitär- und Heizungstechnik 4/1996

[6] Riedel, Markus, Analyse des Heizwärmeverbrauchs von sechs Niedrigenergie-Mehrfamilienhäusern im Wohnpark Kraienbruch, Essen, für die Heizperiode 1995/96, FH Münster, Fachbereich Versorgungstechnik, 1996

[7] Rommel, Kurt, Praxis monoenergetischer Wärmepumpen, in: elektrowärme international, 19/1993, mit einem überreichten Anhang: Meßwerte Arbeitszahlen von 40 EWP mit Jahresarbeitszahlen deutlich unter 3,5, zumeist unter 3,0.

[8] Holzapfel, K., Wärmepumpen-Heizungsanlagen mit Drehzahlregelung, BMFT-Projekt 032 8856 A 1991 (Testbedingungen)

[9] Energie2000 ÖKO-Bau, Wärmepumpen im Öko-Haus, Basler & Hofmann, Zürich 1999

[10] Keller, Max, Energetisches Verhalten von Wärmepumpen, in: Schweizer Ingenieur und Architekt, 11/1989

### Leserbriefe,

*Meinungen, Kommentare  
zu Beiträgen bitte möglichst  
per Fax oder eMail an  
die SBZ-Redaktion unter*

**(07 11) 6 36 72 55**  
**sbz@shk.de**

*per Post:  
Gentner Verlag Stuttgart,  
SBZ-Redaktion,  
Forststraße 131, 70193 Stuttgart*

[11] VDEW AG, Elektrowärmepumpen Energie – Umwelt – Marktsituation, Frankfurt 1993

[12] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Schriftenreihe 06.044, Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen, Bonn 1980

[13] VDI-Nachrichten, 2. Juli 1999, Die Zahl der Wärmepumpen in Deutschland stagniert

[14] BE, Stromheizung für Niedrigenergiehäuser, in: Sonnenenergie & Wärmetechnik 1/1999

[15] Strom hat Zukunft, Sonderheft zur Wärmepumpe, Hrsg. HEA, Frankfurt Juni 1999

[16] Bundesamt für Energiewirtschaft, Wärmepumpen – heute und morgen, CH-Burgdorf 1999