

11 (1984) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

D. Oswald

## Untersuchung einer Wärmepumpenheizung mit massivem Dachabsorber und Erdkollektor und ihrer Wirtschaftlichkeit

### Aufgabenstellung

Der weiteren Verbreitung der Wärmepumpe steht ihre unzureichende Wirtschaftlichkeit entgegen, zwei Faktoren jedoch können die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpenanlagen erhöhen:

- 1) eine monovalente Wärmepumpenbeheizung zwecks Einsparung eines zweiten Wärmeerzeugers und somit von Investitionen,
- 2) ein vorwiegendes Ausnutzen des Schwachlast-Stromtarifbereiches zur Senkung der Betriebskosten.

In Stuttgart-Zuffenhausen wurden Messungen an einer Wärmepumpenanlage in einem Einfamilienhaus durchgeführt (vgl. auch Bild 1), wobei die wesentlichen Merkmale der Anlagenkonzeption folgende sind:

- Ein relativ hoch wärmegeprägtes Haus (mittlerer k-Wert der Gebäudehülle  $0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) mit 2 1/2 Geschossen und  $150 \text{ m}^2$  Wohnfläche, ausgeführt in Massivbauweise. Innerhalb der Wärmedämmung befinden sich 200 to Baumasse, die zusammen mit 34 to Estrich die Temperaturschwankungen dämpfen sollen, die durch den beabsichtigten diskontinuierlichen Wärmepumpenbe-

- trieb verursacht werden. Als Heizsystem wurde eine Fußbodenheizung gewählt.

Ein Dach-Massivabsorber, bestehend aus 17 cm starken Betonfertigteilen mit eingegossenen Solerrohren, außenseitig beklebt mit schwarzen Asbestzementschindeln und innenseitig mit einer 14 cm starken Wärmedämmung versehen. Der Massivabsorber soll zum einen sich in den Stillstandszeiten der Wärmepumpe wieder aufladen und zum anderen die tagsüber auftreffende Sonneneinstrahlung aufnehmen und in den Abendstunden abgeben.

- Ein Erdkollektor, teilweise unter dem Haus in der Bodenplatte verlegt und teils in der Baugrubenböschung (Wärmezugfläche etwa  $200 \text{ m}^2$ ). Eine Regelung schaltet vom Dachabsorber auf den Erdkollektor um, wenn die Soletemperatur einen eingestellten Wert, meist  $+3^\circ \text{C}$ , unterschreitet. Die Anlage ist so ausgelegt, daß das Dach zwei Drittel und der Erdkollektor ein Drittel der jährlich benötigten Wärmequellenenergie liefert.

- Eine Wärmepumpe, die mit 18 KW Heizleistung überdimensioniert ist (der Wärmebedarf beträgt nach DIN 4701 14 KW), um auch bei kälteren Klimaperioden die vom EVU vorgegebenen Sperrzeiten zu überbrücken.

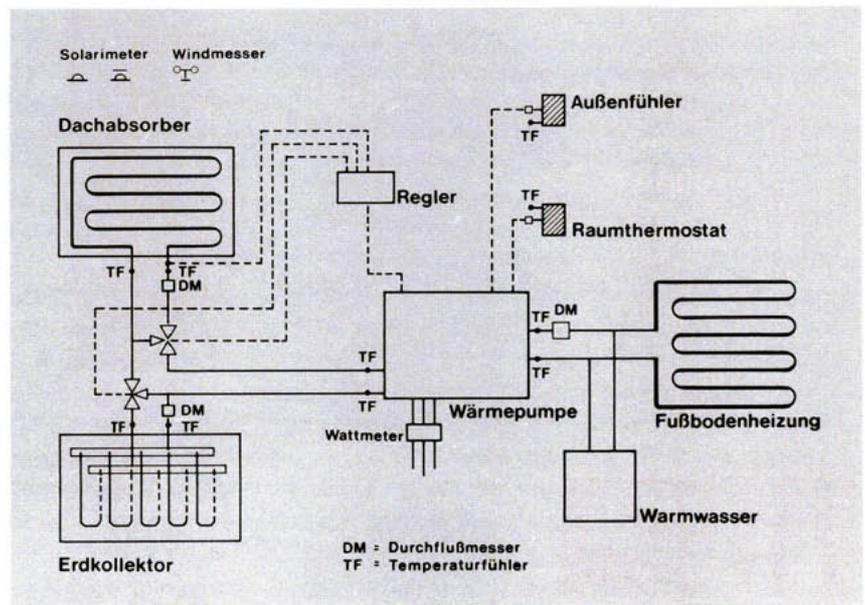


Bild 1: Heizanlage und Meßeinrichtung.

Es war experimentell zu untersuchen, ob die Behaglichkeitsanforderungen bei allen Klimabedingungen erfüllt werden, wie die Arbeitszahl und die anteiligen Energielieferungen der Wärmequellen vom Klima abhängen und ob das System wirtschaftlich ist (vgl. auch Bild 1).

## Meßergebnisse

- 1) Die geforderte und eingestellte Raumtemperatur wurde auch in kältesten Klimaperioden um  $-10^{\circ}\text{C}$  Tagesmitteltemperatur erreicht.
- 2) Die täglichen Temperaturschwankungen betragen trotz des diskontinuierlichen Wärmepumpenbetriebes nicht mehr als 2K.
- 3) Die Arbeitszahl (abgegebene Heizenergie dividiert durch aufgenommene elektrische Energie) betrug in den kälteren Monaten Dezember und Januar 2,5 bis 2,7 und in den Übergangsmonaten um 3,0. In den Sommermonaten ist sie mit 2,6 anzusetzen trotz des hohen Temperaturniveaus der Wärmequellen, da die benötigte Heizenergie (für Warmwasserbereitung) gering war und sich somit der anteilige Stromverbrauch der Umlaufpumpen und der Steuerung stärker bemerkbar machte (vgl. Tabelle). Die im gesamten Jahr 1982 gemittelte Arbeitszahl betrug 2,8.

Monat	Energieverbrauch [kWh]	Anteil vom Jahresverbr. [%]	Arbeitszahl
Januar	5 029	18,2	2,54
Februar	4 313	15,5	2,65
März	3 861	14,0	3,06
April	2 694	9,8	3,2
Mai	1 296	4,7	3,0
Juni	348	1,3	2,6
Juli	289	1,0	2,6
August	244	0,9	2,6
September	361	1,3	2,6
Oktober	2 541	9,2	3,0
November	3 290	11,9	2,73
Dezember	3 358	12,2	2,71
	27 624	100	2,8

Arbeitszahl und anteiliger Energieverbrauch in den Monaten des Jahres 1982

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Wirtschaftlichkeitsüberlegungen energiesparender Anlagen benötigen folgende vier Eingangsgrößen:

- Mehrinvestition der Anlage gegenüber einem konventionellen System, z. B. Ölheizung. Bei der betrachteten Anlage beträgt sie DM 28.000,- (vgl.[1]).
- Energiekosteneinsparung im 1. Jahr, gemessen oder berechnet. Im vorliegenden Fall betrug sie DM 1.900,-, d.h. 7 % der Mehrinvestition (vgl.[1]).
- Lebensdauer der Anlage, sie wird hier mit 15 Jahren angesetzt (vgl.[1]).
- Entwicklung der Randbedingungen innerhalb der Lebensdauer.

Bei der dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung werden jährlich alle Einsparungen und Verpflichtungen auf einem fiktiven Konto summiert. Der Kontostand am Ende der Lebensdauer zeigt an, ob die Anlage wirtschaftlich ist. Zu den Verpflichtungen gehören die Kosten für aufgenommenes Kapital, das sich im vorliegenden Falle aus einer 15jährigen Tilgung mit 8,5 % Kapitalzinssatz und einer steuerlichen Berücksichtigung der Schuldzinsen mit einem Steuersatz von 35 % ergibt (der Einfachheit halber wurde die Tilgungsdauer gleich der Lebensdauer gesetzt). Die Gewinne bestehen aus den steuerlichen Abschreibungsmöglichkeiten (bei Wärmepumpen 10 Jahre lang 10 % der Investitionssumme) und den Energiekosteneinsparungen, die infolge der Energieverteuerung jährlich mit 5 % Steigerung bewertet werden. Dabei wird ein Vergleich mit einer Ölheizung gleicher Leistung durchgeführt. Mit diesen Annahmen beträgt der Kontostand am Ende der Lebensdauer DM 13.000,-, die Anlage ist also im Sinne der dynamischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung als wirtschaftlich anzusehen.

Ein Nachteil dieser Methode ist, daß die Festlegung der Randbedingungen innerhalb langer Lebensdauern mit Unsicherheiten behaftet ist. Entsprechend unsicher ist somit auch das Endergebnis. Aussagekräftiger sind daher Vergleichsrechnungen. Die Sensitivitätsanalyse untersucht mit Hilfe der dynamischen Methode, wie stark die einzelnen Parameter die Wirtschaftlichkeit einer Anlage beeinflussen. Ausgehend von den Werten für Investition, Energiekosteneinsparung und Lebensdauer und den wahrscheinlichsten Randbedingungen werden die Parameter einzeln zu ihren oberen und unteren Werten so verändert, daß ihre Abweichungen vom Ausgangszustand miteinander vergleichbar sind. Die Differenz der jeweils errechneten Konto-Endbestände, bezogen auf den des Ausgangszustandes, spiegelt den Einfluß des jeweiligen Parameters auf die Wirtschaftlichkeit wider. Führt man dies für einige der wichtigsten Parameter durch (Bild 2), erkennt man, daß die Lebensdauer den stärksten Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit ausübt, danach folgen die Investitionen und die Arbeitszahl. Vergleichsweise geringer ist der Einfluß der Verteuerung und Verzinsung. Dieses Ergebnis zeigt zum Beispiel, daß bei der Entwicklung von Wärmepumpen der Lebensdauer eine höhere Priorität einzuräumen ist als der Arbeitszahl.

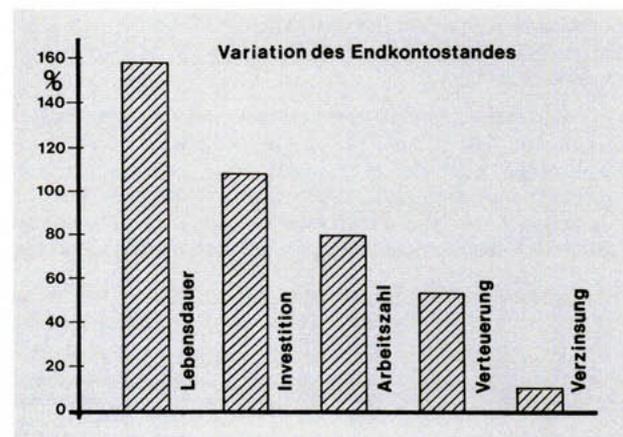


Bild 2: Einfluß der wichtigsten Parameter auf die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpenanlage

## Literatur:

- [1] D. Oswald, "Wärmetechnische Untersuchungen an einer Wärmepumpenheizung mit massivem Dachabsorber und einem Erdkollektor". BW 168/83, Bericht aus dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik, August 1983



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK  
7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel. (0711) 6868-00  
Außenstelle:  
8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel.(08024)643-0

Herstellung und Druck:  
IRB Verlag, Informationszentrum RAUM und BAU  
der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart  
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des  
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik