

Wohnkolonie Limmatstrasse, Zürich: Ergebnisse der energetischen Sanierung: neue Technologien: Gasmotor-Wärmepumpe und Sonnenkollektoranlage

Autor(en): **Gass, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 12

PDF erstellt am: **16.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75431>

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.

werden nur einstufig betrieben, obwohl ihr zweistufiger Betrieb technisch möglich und energetisch sinnvoll ist; beide Kessel sind dauernd warm und können erst nach einem Umbau der Warmwassersteuerung so gefahren werden, dass bis ca. 0 °C Aussenlufttemperatur ein Kessel abgestellt bleibt. Die effektive Dauer der Heizperiode lässt den Schluss zu, dass eine Heizgrenze von ca. 14 °C gefahren wird, anstatt 10 °C, wie sie bei gut wärmegeprägten Bauten möglich ist.

Die *aussentemperaturabhängige Steuerung* der Unterstationen hat die typische Problematik der ungenügenden Nachtabenkung mit Thermostatventilen gezeigt. Dieser Mangel ist durch bessere Heizgruppen-Trennung (Nord/

Tabelle 1. Daten der Heizzentrale

	2 Kessel/Brenner Leistung [kW]	Vollbetriebs- stunden [h/a]	Abgas- temperatur [°C]	max. Vorlauftemperatur [°C]	
				Fernleitung	Radiator
1980 Bauausführung	1791 (Kessel max.)	1518*		105	90
Winter 1980/81	1422 (Düse red.)	1915*	253	95	80
Winter 1981/82	1262 (Düse weiter red.)	2105*	210	95	80
ab Winter 1984/85 (geplant)	ca. 1000 kW (Düse noch weiter reduziert)	ca. 2400**	ca. 180 (ca. 120 auf ½ Stufe)	75	65

* einstufiger Betrieb beider Kessel

** zweistufiger Betrieb beider Kessel

Süd) und -Regelung einerseits, durch tiefere Nachtabenkung (über 5 °C:

nachts ab) und durch mengenregulierte Umwälzpumpen zu lösen.

Neue Technologien: Gasmotor-Wärmepumpe und Sonnenkollektoranlage

Von Jürg Gass, Dübendorf

Die Gasmotor-Wärmepumpe

Von der Haustechnik her gesehen steht das Haus Typ 2A mit einem *Wärmekollektiv*, dessen Kernstück eine gasmotorgetriebene Wärmepumpe ist, im Zentrum des ganzen Experimentes. Diese Anlage wurde von Anfang an bewusst als Kleinanlage konzipiert, sozusagen als Demonstrationsobjekt für die Anwendbarkeit dieser Technologie für kleinere Mehrfamilienhäuser. Von den Behörden der Stadt Zürich wurde dem Projekt besondere Bedeutung zugemessen als eine der wärmetechnischen Sanierungsmöglichkeiten unter städtischen Verhältnissen. So wurde zum Beispiel bewusst auf den Bau einer unterirdischen Zentrale für die Wärmepumpen-Anlage im Hof der Siedlung verzichtet, da dies normalerweise nicht möglich ist. Dafür wurde in Kauf genommen, dass der Kellerboden im bestehenden Gebäude abgesenkt werden musste, um genügend Raum zu schaffen für die Speichertanks.

Die Funktionsweise der Wärmepumpenanlage

Auf der kalten Seite des Wärmepumpenkreislaufes stehen zwei Wärmequellen zur Verfügung (Bild 1). Die eine Wärmequelle besteht aus etwa 2000 m Kunststoffrohr als Dachabsorber, aufgeteilt in zwei Sektoren, der eine Sektor als «Auf-Dach-Absorber» (ADA) auf der horizontalen Fläche der Dachrinne

liegend (etwa 45,4 m²) und der andere Sektor als «Unter-Dach-Absorber» (UDA) in der nach Südosten geneigten Dachschräge unter den Ziegeln liegend (etwa 45,6 m²). Beide Absorber-Sektoren liefern ihre Wärme an einen Kollektor-Speicher mit 1600 l Inhalt. Sobald dieser Kollektorspeicher auf 20 °C aufgeladen ist, kann der ADA weitere Wärmegewinne in einen Speicher liefern zur Vorwärmung des Warmwassers.

Energiebilanz des Wärmekollektivs

Für den ersten Betriebswinter ist der Anteil der Mankodeckung grösser als im zweiten Winter. Der Grund dafür sind die Ausfälle der Anlage, die im ersten Winter häufiger waren. Während der Ausfallzeiten wurde die Wärmeversorgung voll durch die Mankodeckung übernommen. Für den zweiten Betriebswinter wurde in der Software des Regelsystems eine Änderung vorgenommen, so dass die Vorlauftemperatur in der Aufheizphase am Morgen je nach Aussentemperatur beschränkt wurde (vorher wurde die Vorlauftemperatur nur durch die Stellung der Radiatorventile bestimmt). Man erhoffte sich dadurch eine bessere Auslastung der Wärmepumpe und eine Verringerung des Anteils der Mankodeckung. Der Anteil der Mankodeckung ist im zweiten Winter für die vergleichbaren Monate ohne Ausfälle (Jan./Feb.) etwa 3% kleiner, aber der gesamte Wärmebedarf ist um 8% kleiner, so dass schliess-

lich der Einfluss dieser Software-Änderung nicht beurteilt werden kann.

Als zweite Wärmequelle steht eine *Wärmerückgewinnungsanlage* aus dem Abwasser aus Küchen und Badezimmern zur Verfügung. Dieses Abwasser kann bis maximal auf +5 °C abgekühlt werden.

Das Kernstück der Anlage bildet die eigentliche *Wärmepumpe*, deren Kompressor von einem Ford-Escort-Industriemotor (1,6 l) mit Erdgasausrüstung angetrieben wird. Die Wärmeabgabe an das Wärmekollektiv geschieht über drei Wärmetauscher:

- Kondensator des Wärmepumpenkreislaufes
- Kühlwasser des Motors
- Abgas des Motors.

Die vom Motor an die Umgebung abgegebene Wärme wird mittels eines unmittelbar neben dem Motor stehenden Zusatzverdampfers von etwa 4 kW Leistung zurückgewonnen.

Der *Motor* wird etwa mit 1800 Umdrehungen pro Minute betrieben und gibt dabei etwa 7 kW mechanische Leistung ab, was je nach Situation eine Wärmeleistung zwischen 20 und 25 kW am Kondensator ergibt. Die maximale thermische Leistungsabgabe an das Wärmekollektiv liegt zwischen 32 und 38 kW. Die zur Verfügung stehende Wärmeleistung ist für das Haus Typ 2A zu gross; es waren keine geeigneten kleineren Gasmotoren für stationären Betrieb auf dem Markt. Um vernünftige Betriebszyklen der Anlage zu erreichen, wurden zwei Heizwasserspeicher von je 2700 l Inhalt installiert, die zwischen 55 °C und etwa 25 °C betrieben werden.

Die *gespeicherte Wärme* steht einerseits für die Raumheizung zur Verfügung,

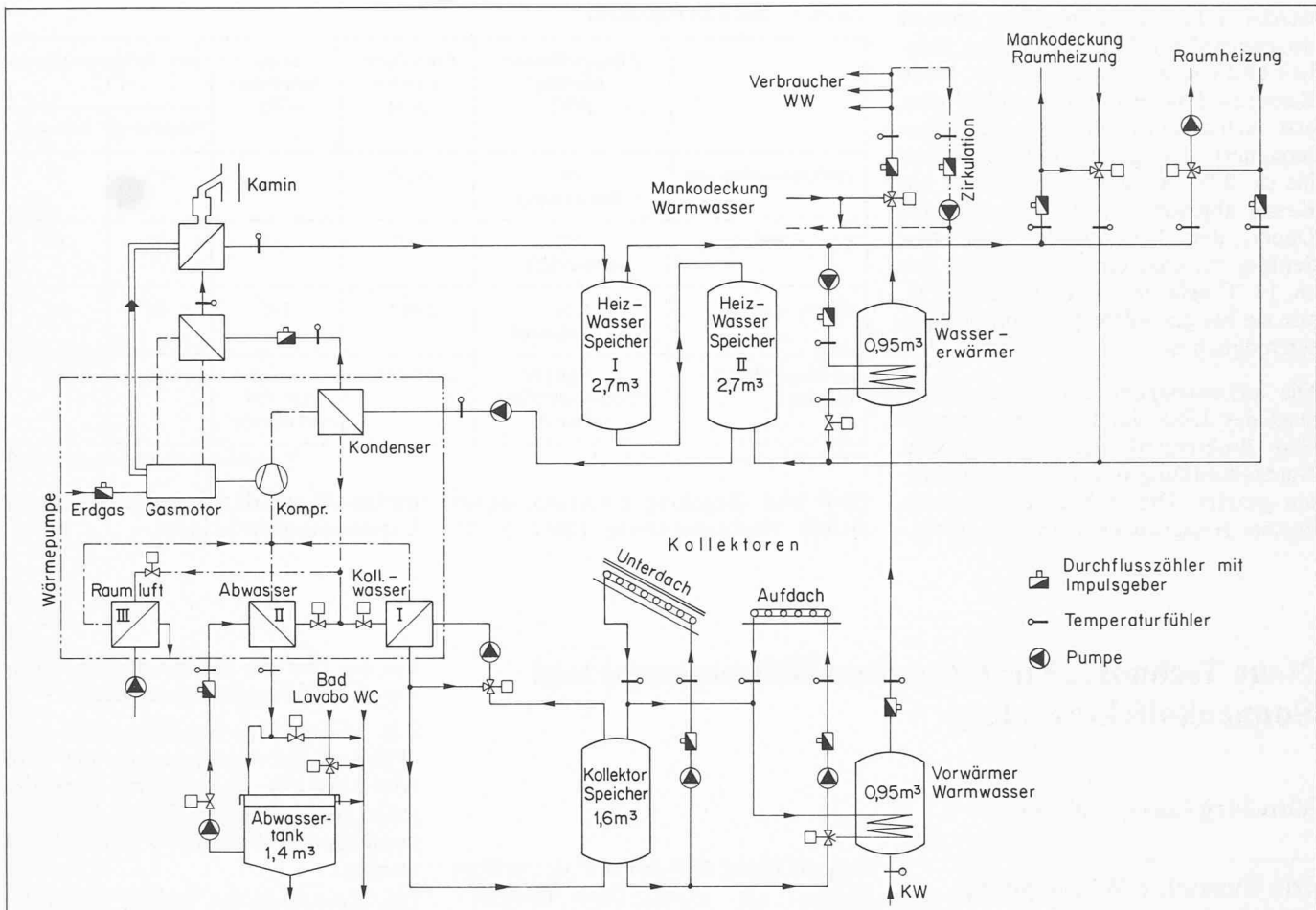


Bild 1. Prinzip-Schema des Wärmekollektivs

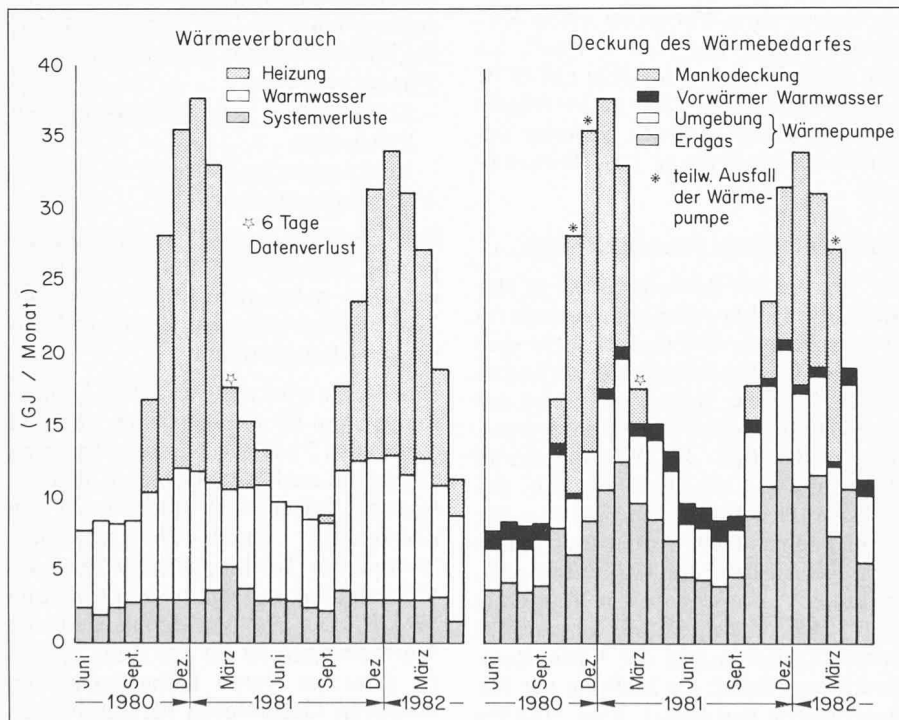


Bild 2. Monatliche Energiebilanz des Kollektivs

andererseits wird über einen Wärmeaustauscher der Warmwasserspeicher aufgeladen. Ist die Temperatur des Heizwassers oder des Warmwassers zu tief, wird dieses durch Beimischung aus den

entsprechenden Ringleitungen der Siedlung auf das gewünschte Niveau angehoben (Mankodeckung). Die Nutzenergie des gesamten Hauses wird im Winter zu 56,9% vom Wärme-

kollektiv (Wärmepumpe und Warmwasservorwärmer) und zu 43,1% von der Mankodeckung geliefert (Bild 3).

Die Analyse zeigt, dass die *Heizziffern* des Wärmepumpensystems zwischen 1,11 und 1,21 liegen. Bezieht man aber die Leitungs- und Speicherverluste mit in die Rechnung ein, bleiben im Sommer noch 79,4% und im Winter 88,2% des Endenergieaufwandes als Nutzenergie zur Verfügung. Diese Leitungs- und Speicherverluste können zwar nicht vollständig der Wärmepumpe angelastet werden, doch sind die Leitungen und Speicher zu einem grossen Teil wegen der Wärmepumpe vorhanden. Auch unter Berücksichtigung dieser Tatsachen muss man feststellen, dass eine moderne konventionelle Anlage mit einem Gasheizkessel wahrscheinlich mit einem Gesamtwirkungsgrad arbeiten würde, der höchstens 15-20% darunter liegt.

Schlussfolgerungen

Der Betrieb dieser Pilotanlage und die damit verbundene 2jährige Messkampagne hat viele interessante Details über die Ertragsmöglichkeiten einer solchen Anlagekonzeption gebracht. In den Sommermonaten richtete sich der Anlagebetrieb nach dem Bedarf. In den Wintermonaten hingegen wurde die

Betriebsdauer und die abgegebene Wärmemenge durch die auf der Kaltseite zur Verfügung stehende Wärmemenge limitiert.

Zusätzlich zeigen die Messungen, dass zu *kleine Anlagen* nicht nur von der Kostenseite her, sondern auch von der Energieseite her *ungünstig* sind. Insbesondere sind die relativen Abgas- und Oberflächenverluste des Motors bei grösseren Anlagen wesentlich kleiner, so dass diese normalerweise Heiziffern zwischen 1,6 bis 1,8 erreichen [1, 2]. Bei der ausgeführten Anlage liegen die Momentan-Werte zwischen 1,0 und 1,3.

Eine wesentliche Rolle spielt in unserem Fall sicher auch die zu geringe Belastung des Motors (nur etwa 7 kW von maximal möglichen 24 kW) und die tiefe Drehzahl (etwa 1800 U/min, optimale Drehzahl 3000 U/min). Der Wirkungsgrad des Motors kann im optimalen Arbeitspunkt etwa 33% [3] erreichen (hier etwa 25%). Auch der relative Anteil der Leitungs- und Speicherverluste nimmt bei grösseren Anlagen ab.

Eine energetisch sinnvolle Anlage sollte etwa fünfmal grösser sein als in der Wohnkolonie Limmatstrasse, also eine Wärmeleistung von über 100 kW aufweisen. Der hier verwendete Ford-Motor würde bei einem solchen Wärmeleistungsbedarf von 100 bis 125 kW optimal ausgelastet sein und sich für den Einsatz in Mehrfamilienhäusern eignen.

Die Sonnenkollektoranlage für Trinkwassererwärmung

Allgemeines

Der als *Pilotversuch* gedachte Einsatz von solaren Trinkwasser-Erwärmungsanlagen an einem städtischen Mehrfamilienhaus sollte Erkenntnisse bringen über:

- die Ertragsmöglichkeiten einer zum vornherein nur für Teildeckung konzipierten Solaranlage;
- die hinzunehmende Einbusse durch die am bestehenden Gebäude vorgegebene Kollektororientierung (Neigung 39 °C, Orientierung Süd-Ost);
- die baulichen Probleme, die durch die Integration eines Solarsystems in einem Altbau entstehen.

Das Konzept der Anlage

Für die Wärmegewinnung steht ein Kollektorfeld von 24 m² zur Verfügung (Bild 4). Die von den Kollektoren gesammelte Wärme wird über eine Rohrleitung, die in einem alten Kamin platziert werden konnte, in den Keller

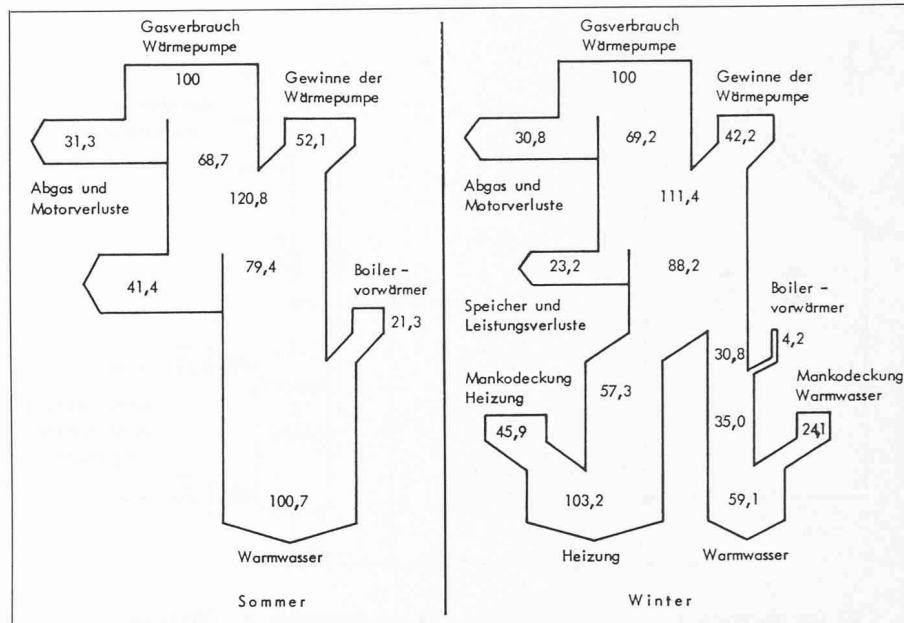


Bild 3. Energieflussdiagramm des Wärmekollektivs für Sommer und Winter in % der von der Wärmepumpe verbrauchten Erdgasmenge (Sommer 100% = 24,4 GJ für 4 Monate; Winter 100% = 99,4 GJ für 8 Monate)

transportiert und dort über einen Wärmetauscher an den Speicher I abgegeben. Ein zweiter Speicher dient als Bereitschaftsspeicher. Die obere Hälfte dieses Bereitschaftsspeichers wird durch die aus der Ringleitung der Siedlung gespiesene Mankodeckung auf Temperatur gehalten. Beide Speicher haben zusammen ein Volumen von 3,6 m³. Das Kaltwasser strömt zuerst in den Kollektorspeicher I und anschliessend in den in Serie geschalteten Bereitschaftsspeicher II. Steigt die Temperatur in Speicher I über diejenige im Speicher II, so werden die beiden Speicherinhalte umgewälzt.

Anlageertrag

Die *sommerlichen Spitzenenerträge* des Nettowärmeertrages erreichen etwa 3–4 GJ/Mt. und decken dabei 30–40% des Wärmebedarfs für Warmwasser. In einem extrem günstigen Monat (August 1981) erreicht der Deckungsgrad sogar fast 50%. In den tiefen Wintermonaten liefert die Anlage allerdings nur noch wenige Prozent des Bedarfs (Tab.1).

Während der ersten Betriebsmonate (Juni–August 1980) existierte noch ein Planungsfehler in der Anlage. Bei gewissen Betriebszuständen konnten grössere Mengen kaltes Wasser aus der Kaltwasserzuleitung durch beide Speicher hindurch in die Rücklauf-Leitung der Mankodeckung strömen.

Für eine Abschätzung der *oberen Grenze der Ertragsmöglichkeiten* im Vergleich zu den erzielten Erträgen müssen folgende Überlegungen gemacht werden:

- Die anormalen Systemverluste können vermieden werden.

Tabelle 1. Jahresertrag der Sonnenkollektoranlage

	1980/81 [GJ]	1981/82 [GJ]
Kollektorertrag	33,5	36,5
Systemverluste	11,3	12,9
Netto-Wärmeertrag	22,3	23,5
System-Wirkungsgrad	24,8%	25,9%

- In der bisherigen Rechnung sind die gesamten Systemverluste eingesetzt worden, inklusive diejenigen des Bereitschaftsspeichers, der auch ohne Solaranlage vorhanden wäre. Auf den Solarteil entfallen nur etwa 1/3 der Systemverluste.
- Durch eine verbesserte Isolation können die Wärmeverluste in der Solaranlage halbiert werden.

Mit diesen Massnahmen könnten die Systemverluste von etwa 12 auf etwa 3,8 GJ/a reduziert werden.

Der *gemessene Systemwirkungsgrad* lag im Mittel bei 25,3%. Anhand dieser Überlegungen lässt sich ableiten, dass ein System-Wirkungsgrad von 30–35% erreichbar sein sollte. Diese Überlegungen gelten für einen Jahres-Deckungsgrad von etwa 20%. Werden höhere Deckungsgrade angestrebt, ist wieder mit einem entsprechend tieferen System-Wirkungsgrad zu rechnen [5 und 6].

Zusätzlich muss noch die nicht optimale Positionierung der Kollektoren (SE-orientiert mit einer Neigung von 39°) berücksichtigt werden. Eine *optimale Positionierung* (Neigung 45° nach Süden) lässt eine etwa um 20% höhere Einstrahlung erwarten.

Die *obere Grenze der Ertragsmöglichkeit* für die klimatischen Verhältnisse

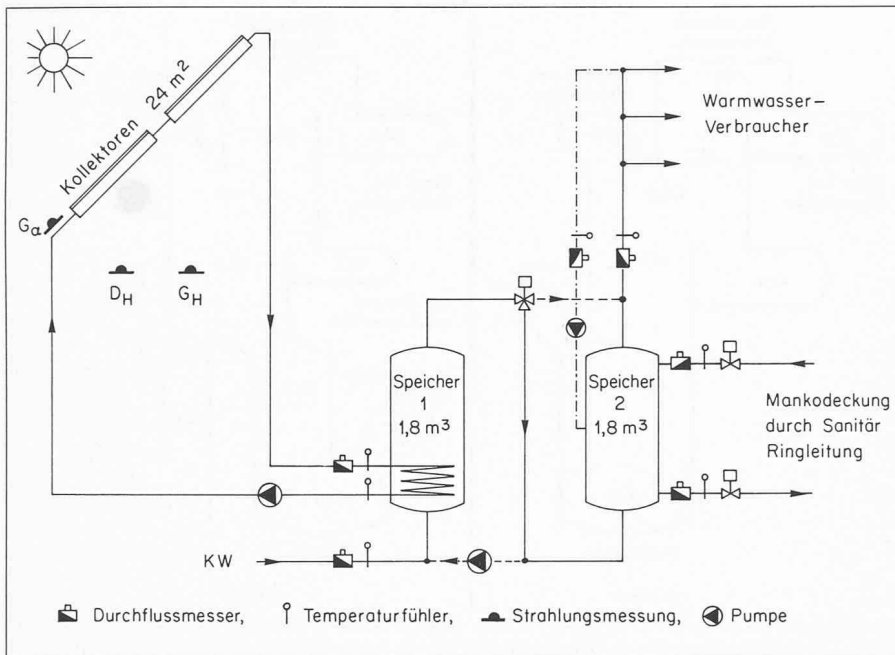


Bild 4. Schematische Darstellung der Sonnenkollektoranlage mit den für das Projekt notwendigen Messfühlern

Literatur

- [1] Engelbrecht, G.: «GWP heizt Kloster-Gymnasium Niederalteich». Sonnenenergie und Wärmepumpe, 8. Jg., Heft 2/83
- [2] Fujimura, Y.; Yamagishi, K.: «Gasmotor-Wärmepumpen in Japan». Sonnenenergie und Wärmepumpe, 8. Jg., Heft 2/83
- [3] Rieke, A.; Pegley, A.C.: «Gasmotoren kleiner Leistung zum Antrieb von Hauswärmepumpen». Sonnenenergie und Wärmepumpe, 8. Jg., Heft 2/83
- [4] Stadelmann, M.: «Die Entwicklung der Gas-Wärmepumpe in der Schweiz». Heizung/Klima 9/82
- [5] Suter, J.M.; Keller, J.; Widder, F.; Kesselring, P.: Wärmeeinträge und Kenngrößen von Sonnenkollektoren. EIR Würenlingen, 1980
- [6] Keller, J. und Kyburz, V.: Wärmeeinträge und Kenngrößen von Sonnenkollektoren. EIR Würenlingen, 1982

in der Stadt Zürich liegt somit bei optimaler Positionierung und Reduktion der Systemverluste bei $1,5 \text{ GJ/m}^2 \cdot \text{a}$ (d.h. $430 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$).

Modulares Regelsystem mit Verbrauchsabrechnung

Von Conrad U. Brunner, Zürich

Pilotanlage

Im Testhaus Typ 2A mit 10 Wohnungen wurde eine *Pilotanlage* mit einer *programmierbaren raumlufttemperaturabhängigen Heizungsregelung* eingebaut und die Verteilung der Raumwärme nach diesem System untersucht [1]. Die zur Heizkostenabrechnung für die einzelnen Wohnungen verwendete Grösse ist eine durch die Raumgrösse gewichtete Gradtagzahl jedes Zimmers, die durch die Summe aus der Differenz zwischen der individuell programmierten Raumlufttemperatur und der Ausenlufttemperatur während der Heizperiode gebildet wird. In einer Zentraleinheit, die vom Hauswart überwacht wird, kann die Gradtagzahl der einzelnen Wohnungen jederzeit ausgedruckt werden.

Für den Versuch in der Wohnsiedlung Limmatstrasse standen folgende Fragen im Vordergrund:

- Ist das System auch in Altbauten mit mehreren vertikalen Heizzonen der Heizleitungen einsetzbar?
- Sind die Bewohner in der Lage, das Programmsystem zu bedienen?
- Sind die Benutzer willig, ihren tatsächlichen wechselnden Bedarf einzugeben?
- Folgt die tatsächliche Raumlufttemperatur in etwa der vom Bewohner programmierten Temperatur?

- Ist die Steuerung der Vorlauftemperatur im Heizsystem nach diesem System (Statistik der Ventilstellungen der Radiatoren) möglich?
- Sind die Abweichungen der Wärmenachfrage der Bewohner untereinander gross genug, um die Investitionskosten des Systems für eine gerechtere Verteilung der Heizkosten zu rechtfertigen?
- Wie gross ist der messbare Spareffekt insgesamt?

Ergebnisse

Der *Einbau* des modularen Regelsystems in ein bestehendes Gebäude mit vertikal erschlossenen Steigzonen der Heizverteilung ist möglich. Im vorliegenden Fall ist für die innere Anordnung der Heizkörper ein Steigstrang im Korridor und liegt die Verteilung auf fünf Gruppen mit je einem Magnetventil an der Korridordecke. Die Magnetventile der Heizverteilung erfordern eine elektrische Verbindung zum Regler des modularen Regelsystems in der Wohnung, das im Korridor als Unterputzkasten angeordnet ist.

Die Bewohner haben das Programmiergerät unterschiedlich oft benützt und die Programme geändert:

- 2 Bewohner *sehr häufig*
- 5 Bewohner *häufig*
- 3 Bewohner *selten*

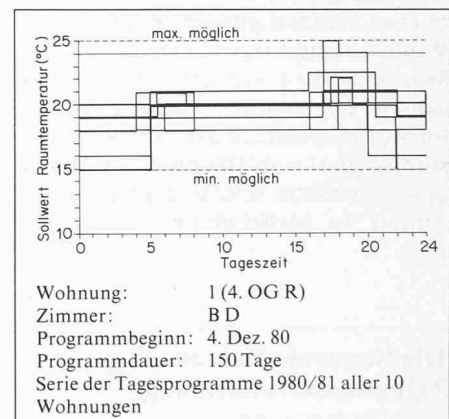


Bild 1. Tagesgang der einprogrammierten Raumlufttemperatur der Benutzer des modularen Regelsystems

Insgesamt wurden im Winter 1980/81 während 202 untersuchten Heiztagen in 58% der Räume Sollwertsprünge im Tagesgang vollzogen, wobei 17% 3 und 4 Sprünge, 41% 2 Sprünge pro Tag verwendeten. Diese Beobachtungen zeigen, dass der grosse Anteil der Bewohner tatsächlich sein Bedarfsprofil zu ermitteln versucht, dieses programmiert und je nach Anforderung auch wieder ändert (Bild 1).

Die Übereinstimmung der tatsächlichen Raumlufttemperatur mit der Solltemperatur konnte in der Untersuchungsperiode erfasst, aber noch nicht ausgewertet werden. Sicher sind durch die Trägheit der z.T. innenliegenden Wohnungen mit guter Wärmedämmung (Zeitkonstante etwa 150 h) entsprechende Verzögerungen und reduzierte Temperatur-Absenkwerte zu erwarten. Andererseits ist bei unter-