Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 71 (1979)

Heft: 3

Artikel: Die Nutzung der Sonnenenergie am Beispiel eines Mehrfamilienhauses im Tessin

Autor: Frey, Rudolf P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941437

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: 16.07.2025

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

Die Nutzung der Sonnenenergie am Beispiel eines Mehrfamilienhauses im Tessin

Rudolf P. Frey

Einleitung

Der Projektierungsbeginn des hier beschriebenen Mehrfamilienhauses geht auf das Jahr 1975 zurück. Von Anfang an war die Installation einer Sonnenanlage vorgesehen. Bauherr und Projektverfasser sind identisch, was eine freie Projektierung erlaubte. Auf diesem Gebiet sind vor allem die Kosten noch das Haupthindernis für den grossen Durchbruch. In diesem Sinne günstig wirken sich die milden klimatischen Verhältnisse in der Südschweiz mit einer langen Sonnenscheindauer aus.

Das Gesamtkonzept

Das Gebäude wurde hauptsächlich nach energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten konzipiert, ohne jedoch auf die heute üblichen Komfortansprüche zu verzichten. Es wurde im Gegenteil versucht, den Bewohnern des Solarhauses ein besseres Wohnempfinden zu offerieren. Auf der Kostenseite strebte man eine im Rahmen der Gegebenheiten möglichst günstige Lösung an, wobei jedoch die Kosten nicht mit einem traditionellen Heizsystem auf der heutigen üblichen Kostenbasis verglichen wurden. Man war sich im vornherein klar, dass die Sonnenheizanlage im momentanen Vergleich ungünstiger abschneiden würde. Langfristig ist ein Steigen der Energiepreise zu erwarten und zwar nicht nur infolge der bevorstehenden Energieverknappung, sondern auch, weil die Energiekostenentwicklung der Kostenentwicklung auf anderen Gebieten nicht ganz gefolgt ist.

Im Projekt suchte man somit eine im gesamten vom Energieverbrauch her günstige Lösung. Insbesondere wurde der Isolation des Gebäudes, der Wärmerückgewinnung und der Fassadenausbildung grösste Beachtung geschenkt. Die einschneidende Reduktion der Wärmeverluste und somit des Wärmebedarfes ist für den Betrieb einer Sonnenheizanlage ohne Zusatzheizung Bedingung.

Im weiteren versuchte man, die Sonnenkollektoren in das Gebäude zu integrieren, eine Bedingung, die die Kommission für den Natur- und Heimatschutz stellte. Vor der Genehmigung des Projektes wurde ein Modell des Hauses angefertigt, um eine bessere Beurteilung des Gesamtbildes der Südfassade mit den eingebauten Flachkollektoren zu erhalten.

Bauliches

Die Südseite des in Minusio gelegenen Grundstückes ist unverbaubar; somit musste keine spätere Schattenwirkung auf die Südfassade befürchtet werden. Eine energetisch günstige kubische Form des Gebäudes konnte jedoch wegen der beschränkten Bauhöhe und des in Ost—West-Richtung gestreckten Grundstückes mit geringer Tiefe nicht erreicht werden. Dafür ergab sich durch die weitgehend topographisch bedingte Gebäudeform eine im Verhältnis zum Gebäudevolumen grosse Fläche der Südfassade, mit der Möglichkeit, den Hauptteil der Kollektoren in die Fassade zu integrieren und sie als «Aussenhaut» zu benutzen.

Grosse Beachtung wurde der Wärmeisolation geschenkt. Mit einem elektronischen Rechenprogramm für Wärme-Verlustrechnungen war die Möglichkeit gegeben, ohne grossen Aufwand die verschiedenen Parameter zu variieren und so sofort den Einfluss der Änderung jedes Isolationsparameters auf die Gesamtwärmebilanz deutlich hervorzuheben.

Aufgrund dieser Berechnungen wurden die einzelnen Isolationswerte festgesetzt, wobei neben der Aussenwandisolation aus 12 cm starker Mineralwolle die gasgefüllte, getönte Doppelverglasung und die Ausbildung der Fensterrahmen mit doppeltem Falz und Gummiprofilen erwähnenswert sind. Kältebrücken wurden systematisch vermieden. So sind die Balkonplatten thermisch vom Gebäude getrennt und die Rolladen in der Aussenschale untergebracht. Eine stärkere Isolation ist zwischen dem Kellergeschoss und dem Erdgeschoss eingelegt.

Die in traditioneller, massiver Bauweise als belüftetes Doppelschalenmauerwerk erstellten Aussenwände mit einem guten Wärmeisolationswert bringen zudem den Vorteil der höheren Temperatur an der Wandoberfläche im Gebäudeinnern, was tiefere Raumtemperaturen bei gleichem physiologischem Wohnempfinden erlaubt.

Die Aussenschale der Südfassade wird durch die Kollektoren gebildet, deren Isolation auf ihrer Rückseite gleichzeitig als Aussenisolation der Wand dient und eine Reduktion der eigentlichen Wandisolation gestattete.

Die Berechnung des Energieverbrauchs

Mit den Werten der Gebäudeisolation sowie unter der Annahme von 32 ständigen Bewohnern des 8-Familien-Hauses und deren Verbrauchergewohnheiten wurde eine Energieverlustberechnung übers Jahr erstellt. Die Berechnung erfolgte mit Hilfe eines Computerprogrammes, welches die zeitabhängige Erfassung der Klimadaten erlaubte und den ganzen Betrieb des Hauses möglichst genau simulierte.

Aus den von der meteorologischen Zentralanstalt in Locarno-Monti über die letzten Jahrzehnte gemessenen Klimadaten wurde ein mittleres (typisches) Jahr synthetisiert. Der zeitliche Verlauf der Klimadaten dieses typischen Jahres gab dann die Möglichkeit, die Verluste in jedem Moment des Jahres zu berechnen, wobei auch typische Kälteperioden oder Regenperioden vorkommen, welche für die spätere Wärmespeicherbemessung auf der Energieangebotsseite wichtig sind.

Diese Berechnung führte unter anderem zum Beschluss, eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung einzubauen, welche eine weitere Senkung der Wärmeverluste bringt. Der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung beträgt etwa 70 %.

Die Sonnenenergieanlage

Bei der Sonnenanlage strebte man einen möglichst günstigen Wirkungsgrad an, welcher bei der Wahl von Flach-

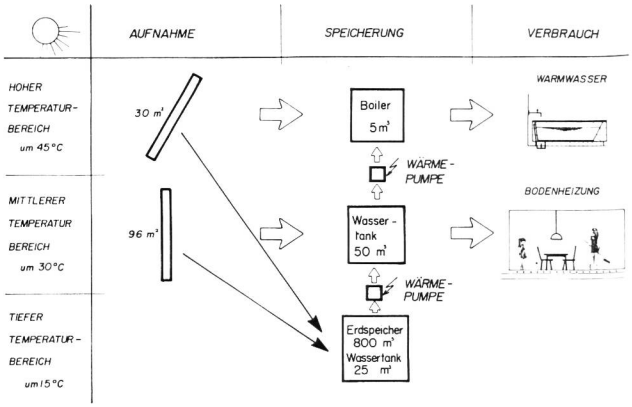

Bild 1. Energieflussdiagramm.

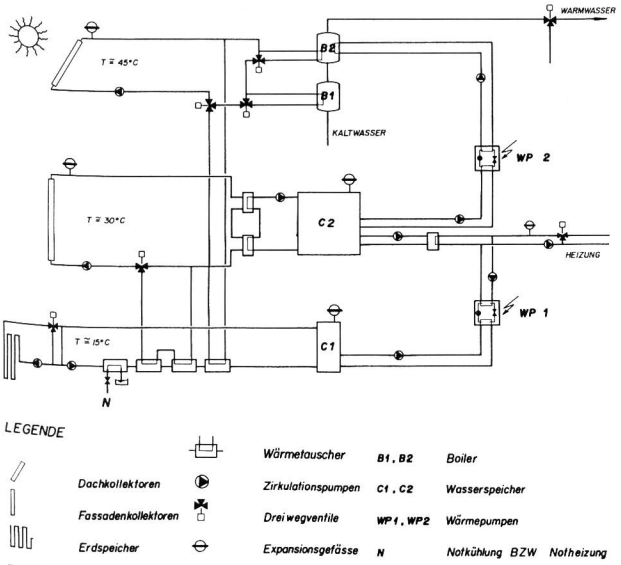

Bild 2. Prinzipschema der Sonnenheizanlage.

Zusammenstellung der wichtigsten technischen Daten — Tabelle 1

Gebäudedaten

8-Familien-Wohnhaus mit einer Nettowohnfläche von 865 m²
Umbauter Raum nach SIA 6000 m³
Geschosse: Keller, Erdgeschoss, 1. Obergeschoss
Grundriss: in Ost—West-Richtung gestrecktes Gebäude mit grossem Südfassadenanteil

Isolationswerte, Wärmerückgewinnung

Kellerboden gegen Erdreich	k = 1,16	W/m² °C
Kellerdecke	k = 0,45	W/m² °C
Aussenwände Wohngeschosse	k = 0,30	W/m² °C
Dach (Flachdachterrasse)	k = 0,23	W/m² °C
Fenster, Balkontüren (getönte Doppelverglasung)	k = 1,62	W/m² °C

Gebäudelüftung mit Wärmerückgewinnung (System Q-Dot)

Heizung, Warmwasser

Gesamtwärmebedarf des Gebäudes bei —3 °C Aussentemperatur 19 140 W
Mittlere Temperatur des Wassers der Fussbodenheizung 27,5 °C
Brauchwassertemperatur am Hahn 40 °C

Solaranlage — Tabelle 2

Hochtemperaturkreislauf (für Brauchwasser) mit 30 m² Kollektorfläche und geneigten Kollektoren (60 °), Temperaturniveau rund 45 °C, 2 Boiler mit je 2,5 m³ Inhalt

Mitteltemperaturkreislauf (für Bodenheizung) mit 96 m² Kollektorfläche, vertikale Kollektoren in Fassade integriert, Temperaturniveau rund 30 °C

Wasserspeicher mit 50 m³ Inhalt

Speicherkreislauf mit einem Erdspeichervolumen von 800 m³; summierte Rohrlänge im Erdreich 1600 m (Durchmesser 1'') bei einem normalen Temperaturniveau von 10 bis 20 °C, Zwischenspeicher (Puffer) von 25 m³ Inhalt

Wärmepumpe mit minimaler Eintrittstemperatur von 5 °C und Austrittstemperatur von 35 °C; thermische Leistung 22,0 kW, Elektrische Leistung 7,0 kW

Wärmepumpe mit maximaler Eintrittstemperatur von 35 °C und Austrittstemperatur von 50 °C; thermische Leistung 4,75 kW, Elektrische Leistung 1,5 kW

Rechnerisch ermittelte Energiebilanz in einem Normaljahr bei 32 Bewohnern — Tabelle 3

Wärmebedarf für die Heizung	40 MWh/Jahr
Wärmebedarf für das Warmwasser	36 MWh/Jahr
Zusammen	76 MWh/Jahr
Wärmeerzeugung durch Solaranlage	66 MWh/Jahr
Verbrauch an elektrischer Energie	10 MWh/Jahr
Zusammen	76 MWh/Jahr
Wärmeentwicklung der Bewohner und der elektrischen Haushaltgeräte im Winter zum Ausgleich der Verluste und Rechenungenauigkeiten	20 MWh/Jahr

kollektoren mit tiefen Betriebstemperaturen erreicht wird. Um die Wärme, die für den direkten Verbrauch auf zu tiefen Temperaturen anfällt, ausnützen zu können und um die Speicherkapazitäten bis auf minimale Temperaturen auszuweiten, sind zwei Wärmepumpen installiert.

Aufgrund einer gründlich studierten Wärmestrategie mit verschiedenen Prioritäten wurde ein Energieflussdiagramm entworfen. Die aus den Kollektoren erhaltenen Energien sollten nach Möglichkeit auf dem Verbrauchertemperaturniveau anfallen (wenn es die Wetterverhältnisse gestatten) und dann dem Verbraucher direkt zugeführt werden. Wärme wird gespeichert, wenn sie im Überschuss oder wenn sie auf zu tiefen Temperaturen für den direkten Verbrauch anfällt. Dies bedingt auf der Verbraucherseite möglichst tiefe Temperaturen, um den Kollektorwirkungsgrad hoch und gleichzeitig die Wärmeverluste in den Leitungen und Zwischenspeichern tief zu halten. So beträgt die Temperatur am Warmwasserhahn 40 °C. Eine Bodenheizung wird mit einer mittleren, sehr bescheidenen Wassertemperatur von 24 bis 28 °C betrieben. Dies ist möglich dank der geringen Wärmeverluste des Gebäudes. Zudem vermeidet man damit zu warme Fussböden. Weitere Vorteile bringen die Selbstregelungseigenschaften einer solchen Tieftemperaturheizung; eine Raumüberhitzung ist weitgehend ausgeschlossen.

Um die Kollektoren optimal an die beiden Verbrauchstemperaturen anzupassen, wurden zwei unabhängige Kollektorkreisläufe vorgesehen. Die vertikalen Fassadenkollektoren boten sich wegen des günstigeren Wirkungsgrades in den Wintermonaten als Wärmequelle für die Heizung an. Für die Warmwassererzeugung ist auf dem Flachdach eine Batterie geneigter Flachkollektoren installiert.

Die Kollektorsysteme sind mit einer korrosionsverhindernden und frostsicheren Flüssigkeit gefüllt und über Wärmetauscher mit den drucklosen Wasserkreisläufen verbunden.

Die Speicher

Als Speicher sind im Brauchwasserkreislauf zwei Boiler mit je 2,5 m³ Inhalt installiert. Der obere Teil eines Boilers wird ständig, nötigenfalls durch die Wärmepumpe 2, auf dem Verbrauchstemperaturniveau von 45 °C gehalten und in erster Priorität aufgeladen. Die Restwärme wird an den zweiten Boiler abgeführt (Vorwärmeboiler).

Der Heizungskreislauf wird von einem Wassertank mit 50 m³ Inhalt beschickt. Er hat die Aufgabe eines Zwischenspeichers mit der notwendigen Vorlauftemperatur für den Heizungsbetrieb.

Um bei schwachem Energieangebot auch die bei tiefen Temperaturen unter den Sollwerten anfallende Wärme ausnützen zu können, sind beide Kollektorkreisläufe unabhängig voneinander mit einem Tieftemperatur-Speicherkreislauf verbunden. Dieser besteht aus einem Erdspeicher von 800 m³ Nutzinhalt und einem Wassertank, der als Puffer wirkt und der Wärmepumpe 1 als kalte Quelle dient. Die Speichertemperatur schwankt um wenige °C um den Wert der natürlichen ganzjährigen mittleren Erdtemperatur von etwa 14 °C. Bei einer zu grossen Anhebung der Temperatur würde die Wärme ins umgebende Erdreich abfliessen, und die Verluste würden stark ansteigen.

Die Wärmepumpen

Die drei verschiedenen Temperaturniveaus sind auf der Verbraucherseite durch zwei Wärmepumpen in Kaskadenschaltung verbunden. Die Aufteilung in zwei Aggregate wurde des günstigen Gesamtwirkungsgrades und schalttechnischer Gründe wegen vorgenommen.

Die erste Wärmepumpe zwischen dem Speicherkreislauf

(Temperaturen von 10 bis 20 °C) und dem Heizungskreislauf (Temperatur um 30 °C) versorgt das Heizungssystem direkt, kann aber auch zur Aufladung des Speichertanks verwendet werden. Es besteht daher die Möglichkeit, den Wassertank mit Nachtstrom zu heizen und eine Wärmereserve zu schaffen.
Beim Absinken der Temperatur im Brauchwasserboiler unter den Sollwert von 45 °C springt die zweite, kleinere Wärmepumpe ein. Sie bezieht die Energie vom Heizungstank auf dem mittleren Temperaturniveau. Ihr Betrieb richtet sich nach dem Warmwasserverbrauch.

Die Steuerung

Die Steuerung wurde wegen der drei getrennten Kreisläufe und der Querverbindungen des Systems über die beiden unabhängigen Wärmepumpen aufwendig, dürfte sich jedoch durch den erreichbaren Wirkungsgradgewinn der Gesamtanlage bezahlt machen. Im wesentlichen basiert die Regelung auf Temperaturvergleichen. Absoluttemperaturmessungen (Thermostate) werden in der Regel nur aus Sicherheitsgründen gebraucht.
Die Kollektorkreisläufe werden durch eine Solarsonde in Betrieb genommen. Nur die jahreszeitabhängigen Prioritäten werden von Hand geschaltet. Alle anderen Funktionen sind automatisch. Die Heizungsregelung ist in der Solarsteuerung integriert. Sämtliche Instrumente sind in einem Schaltschrank untergebracht. Kontrollampen zeigen die Betriebsfunktionen an. Eine Sicherheitsschaltung (Kühlung mit Wasser aus dem Gemeindenetz) tritt bei einer eventuellen Kollektorüberhitzung in Funktion.

Die Bemessung der Sonnenanlage

Aus den berechneten Verbrauchswerten ist der Energiebedarf des Gebäudes in jedem Zeitpunkt des errechneten Jahres bekannt und muss von der Angebotsseite her gedeckt werden können. Auf dem Computer erfolgte mit den gleichen Klimadaten eine Simulation der Solaranlage. Durch die Variation der verschiedenen Parameter wie Speichervolumen, Kollektorfläche, Kollektorwirkungsgrad in Funktion der Vorlauftemperatur und des Neigungswinkels usw. wurden die Speichervolumen und die Kollektorflächen optimiert und die Energiebilanz errechnet.
Der Erdspeicher war bei der Projektierung der Anlage nicht vorgesehen, und sein Einbau ergab sich aufgrund fundationstechnischer Massnahmen. Eine grössere Lehmschicht musste für die Fundierung des Hauses durch Kiesmaterial ersetzt werden. Damit ergab sich die Gelegenheit, für wenig Geld vom notwendigen Bodenaustausch etwas für die Sonnenanlage zu profitieren, indem das Kiesvolumen als Langzeitspeicher benutzt wird. Als Folge dieser Umdisponierung in letzter Minute erwiesen sich die Wassertanks im Betrieb als überdimensioniert.

Ausführung und Inbetriebnahme

Beim Bau wurde vor allem auf grösste Sorgfalt in den Isolationsdetails geachtet. Die Aggregate der Sonnenheizung sowie die beiden Speichertanks und die Boiler sind zentral im Kellergeschoss untergebracht, ebenso die Steuerung. Die Ventilation mit der Wärmerückgewinnungsbatterie ist in einem Dachlokal installiert. Zwei Vertikalschächte nehmen sämtliche Rohrleitungen zu den Kollektorgruppen sowie die Lüftungsrohre für die Wärmerückgewinnungsanlage auf.
Die Befestigung der Kollektoren an der Südfassade wurde in Zusammenarbeit mit dem Kollektorhersteller und dem Architekten erarbeitet, wobei vor allem die Platzverhältnisse problematisch waren. Der Fassadenkreislauf ist in

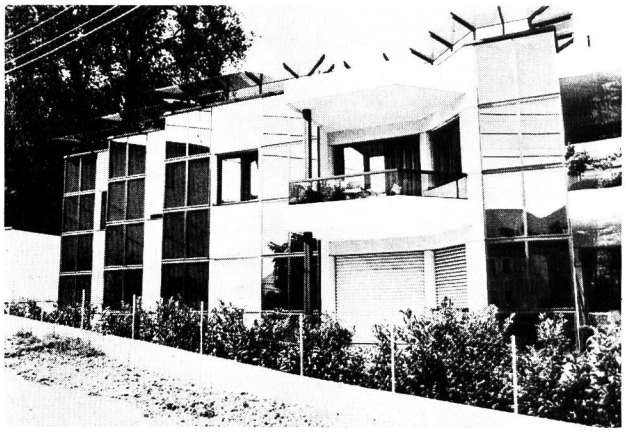

Bild 3. Ein Teil der Südfassade des Hauses mit eingebauten Sonnenkollektoren. Die auf dem Dach montierten, geneigten Sonnenkollektoren für die Warmwasserversorgung sind nicht sichtbar.

parallel geschaltete Gruppen mit Absperrventilen aufgeteilt, um einzelne eventuell defekte oder beschädigte Kollektoren austauschen zu können, ohne die ganze Anlage entleeren und stillegen zu müssen.
Einige Schwierigkeiten bestanden auf dem Materialsektor. Es konnte häufig nicht auf günstige Seriebauteile zurückgegriffen werden, und es mussten spezielle, für andere industrielle Zwecke vorgesehene Produkte eingebaut werden, die zum Teil erheblich teurer zu stehen kamen als vorgesehen.
Die Anlage konnte nach etlichen baulichen Verzögerungen erst anfangs Oktober 1977 in Betrieb genommen werden, also zu einem ungünstigen Zeitpunkt vor Winterbeginn. Die fehlende Speicherenergie aus dem Sommer wurde zwar teilweise durch einen geringeren Wärmeverbrauch kompensiert, da das Haus in den ersten Monaten nicht vollständig bewohnt war und der Energieverbrauch somit unter den vorausberechneten Werten lag. Aber das Haus musste getrocknet werden; die Witterung im Winter 77/78 war dazu gar nicht günstig.
Aus diesen Gründen wurde das Wasser in den Tanks, das zu Beginn eine Temperatur von ca. 20 °C hatte, mit den Wärmepumpen bis zum März 78 auf 5 °C ausgekühlt, ebenso dasjenige in den Serpentinen im umgebenden Erdreich. Der Betrieb verlief bisher erfolgreich, von einigen Anfangsschwierigkeiten während der ersten Betriebswochen abgesehen, die vor allem mit der Justierung der Regelung zusammenhingen.

Schlussfolgerungen

Das ausgeführte Experiment bestätigte die technische Möglichkeit, praktisch den gesamten Wärmeverbrauch eines Hauses für Heizung und Warmwasseraufbereitung mit Sonnenkollektoren zu decken. Der Verbrauch an elektrischer Energie dürfte sich in einem Normaljahr auf etwa 10 MWh einstellen. Er entspricht somit etwa 3 % des Energieverbrauches eines nach üblichen Kriterien gebauten Hauses. Der Hauptteil der Einsparung, etwa 75 %, ist der ausgezeichneten Isolation zuzuschreiben. Den Rest deckt im wesentlichen die Solaranlage.
Während die Isolation auf jeden Fall eine gute Investition darstellt, sind die Verhältnisse bei der Solaranlage etwas weniger günstig, insbesondere was die Heizung selbst anbetrifft. Die gewonnene Erfahrung lässt aber die Möglichkeit von bedeutenden Einsparungen für künftige Anwendungen erwarten.

Adresse des Verfassers: Rudolf P. Frey, Ing., Ingenieurbüro Dr. G. Lombardi, Via Ciseri 3, 6601 Locarno.