Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 106 (1988)
Heft: 21

Artikel: Passive Sonnenenergienutzung mit konvektiven Systemen
Autor: Filleux, Charles
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85732

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: 11.07.2025

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

Heizsysteme für Energiesparhäuser

Die Grenzen energiesparender Bauweise werden heute häufig durch das Heizsystem gesetzt. Zudem stehen einem immer kleiner werdenden Heizenergiebedarf immer teurere und komplexere Heizsysteme gegenüber. Um diesbezüglich unkonventionelle Heizsysteme und neue Trends in der Heizungstechnik dem Planer bekanntzumachen, führt das Impulsprogramm Haustechnik unter der Leitung von Mark Zimmermann den zweitägigen Weiterbildungskurs «Heizsysteme für Energiesparhäuser» durch (vgl. Angaben im Kästchen). Der Kurs richtet sich primär an Architekten und Haustechnikplaner und zeigt, wie energiegerechte Haustechnikkonzepte für Wohn- und Bürogebäude mit niedrigem Energiebedarf aussehen sollten.

Der «Schweizer Ingenieur und Architekt» veröffentlicht in vier Folgen spezifische Teile aus dem für den Kurs erarbeiteten Handbuch (vgl. Hinweise im Kästchen).

Passive Sonnenenergienutzung mit konvektiven Systemen

Die passive Sonnenenergienutzung mit konvektiven Systemen hat zum Zweck, die Überschüsse an Sonnenenergie an der Südfassade und den Wärmebedarf eines Gebäudes - insbesondere der Nordräume - auszugleichen. Die Anwendungsmöglichkeiten der konvektiven Solarsysteme sind vielfältig: freistehende Einfamilien- und Reihenhäuser, Mehrfamilienhäuser und Dienstleistungsgebäude in kompakter Bauweise, sowie Sport- und Lagerhallen.
Beim Einfamilienhaus eignet sich ein konvektives Solarsystem vor allem bei guter Sonnenexposition, grosszügig verglaster Südfassade und guter Wärmedämmung der Gebäudehülle.
Mehrfamilienhäuser mit grossen Balkonen an SE/S/SW-Fassaden sind eher ungeeignet. In Dienstleistungsgebäuden ist zu berücksichtigen, dass der Anteil an internen Lasten (Personen, Beleuchtung, Geräte) gross ist. Damit der Anteil an nutzbarer Sonnenenergie hoch wird, braucht es eine optimale Abstimmung der einzelnen Komponenten.

Weiterbildungskurs «Heizsysteme für Energiesparhäuser»

☐ Nächste Kurse: Winter 1988/1989
Auskünfte erteilt:
R. Äberli, Kurskoordinator
Impulsprogramm Haustechnik
Postfach 65, 8117 Fällanden
Telefon 01/825 08 12

☐ Kursunterlage: Heizsysteme für Energiesparhäuser, 1. Auflage März 1987, Fr. 20.–, Best.-Nr. 724.609 d (f für Französisch), Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern. Die vollständige Publikation wird an die Kursteilnehmer abgegeben.

Heiztechnisches Konzept

Das Gesamtsystem besteht aus dem konvektiven Solarsystem als Grundlastheizung und einem Zusatzheizsystem

VON CHARLES FILLEUX, ZÜRICH

zur Spitzendeckung und Überbrückung sonnenloser Perioden. Das Solarsystem kann bei richtiger Planung in Wohngebäuden 40 bis 60% Heizenergie einsparen.

Sonnenheiz-System mit konvektiven Gewinnen

Das Solarsystem beruht auf Luft als Wärmetransportmittel und besteht im wesentlichen aus folgenden Komponenten: dem Luftkollektor (als Bauteil in der Fassade integriert), einem Ventilator und Luftkanalsystem für den Transport der Luft, dem Speicher und dem Wärmeabgabesystem. Konvektive Sonnenheizsysteme sind praktisch nur in Verbindung mit einer Speichermöglichkeit sinnvoll, da sonst Überwärmung im Gebäude und ein schlechter Ausnutzungsgrad der Sonnenenergie resultiert.

Wärmeerzeugung im Kollektor

Der Kollektor kann als Fensterkollektor (mit beweglichen Jalousien) oder als Luftkollektorwand ausgebildet sein. Im Fensterkollektor wird bei schwacher bis mittlerer Sonnenstrahlung die Rafflamellenstore geöffnet (Bild 2). Die Sonne erwärmt dann den Raum direkt. Bei starker Sonnenstrahlung wird die Rafflamellenstore geschlossen. Die Luft im Fensterzwischenraum wird in der Folge erwärmt und gelangt mit Hilfe eines Ventilators in den Geröllspeicher. Dadurch wird die Überwärmung des Raumes vermieden und die gewonnene Wärme für eine spätere Nutzung im Kern des Gebäudes gespeichert.

Beim Fensterkollektor können etwa 60% der Globalstrahlung im aktiven Betrieb genutzt werden, beim Wandkollektor sind es etwa 70%. Das Verhältnis von Kollektorfläche zur Energiebezugsfläche (EBF) sollte etwa 0,2 betragen. Die Energiebilanz beider Kollektortypen findet sich in Bild 4.

Luftkollektorwand und Fensterkollektor sind im Grunde genommen zwei Lösungsansätze derselben Idee: Sammeln von Wärme an der Südfassade und Transport dieser Wärme in einen im Hausinnern gelegenen Speicher. Die Kollektorwand (Luftkollektor als Fassade der gut gedämmten Südwand) muss als opakes Element notwendigerweise durch Fenster ergänzt werden (Tageslicht, Aussicht, Lüftung). Der Fensterkollektor, bestehend aus einer inneren und äusseren Verglasung und einer dunklen «Absorber-Lamellenstore» im Zwischenraum, erfüllt sowohl die Funktion des Fensters wie der Wärmegewinnung.

Luftführung und Regelung

Die Luftführung muss unbedingt einen Sommer- und einen Winter-Betrieb ermöglichen. Beim Sommer-Betrieb muss der Fensterkollektor durch grosszügige Belüftungs- und Entlüftungsöffnungen gekühlt werden können. Andernfalls kommt es zu Überhitzung im Kollektor und im dahinterliegenden Raum.

Im Winter-Betrieb muss die erwärmte Luft über einen geschlossenen Kreislauf dem Speicher zugeführt werden. Ein offener oder undichter Kreislauf hätte Kondensationserscheinungen zur Folge. Die Auslegung des Luftkreislaufes ist für Luft- und Fensterkollektoren etwa gleich. Die geförderte Luftmenge sollte max. 80 m^3/hm^2 Kollektorfläche, der Kanalquerschnitt ca. 60 cm^2/m^2 Kollektorfläche betragen. Die Luftgeschwindigkeit im Fensterkollektor sollte wegen der Rafflamellen 0,6 m/s nicht übersteigen.

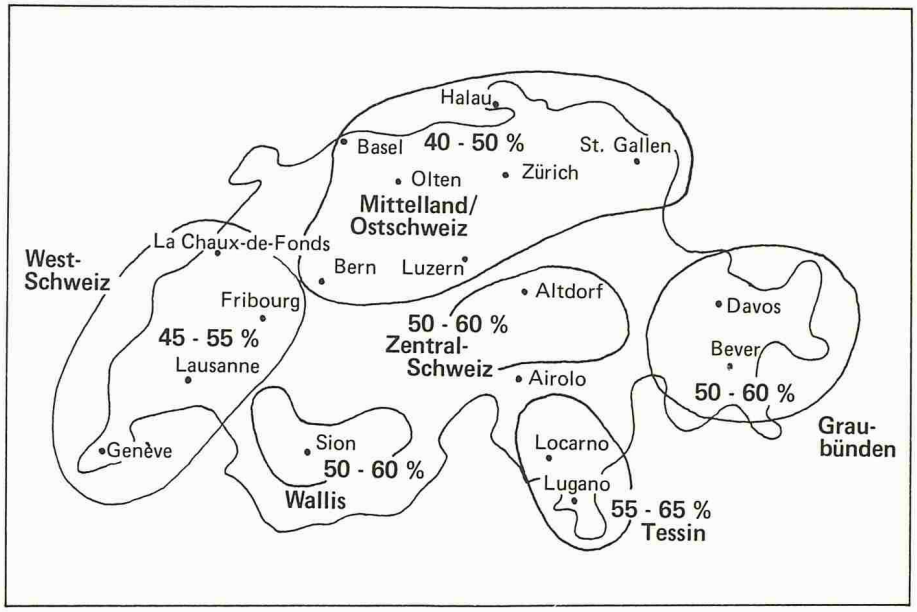

Bild 1. Mögliche Heizenergieeinsparungen durch passive Sonnenenergienutzung mit konvektiven Systemen im Ein- und Mehrfamilienhaus (nach Kurer)

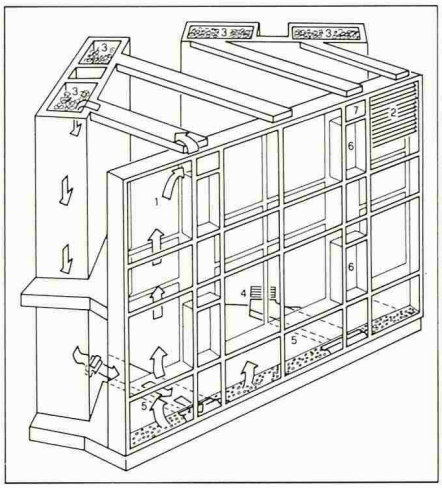

Bild 2. Isometrie und Funktionsschema eines konvektiven Sonnenheizsystems im Ladebetrieb. Die im Fassadenzwischenraum (1) an den als Absorber ausgebildeten Rafflamellenstoren (2) erwärmte Luft gelangt über Deckenkanäle in den Speicher (3). Im Normalfall wird die Luftzirkulation durch Ventilatoren (4) betrieben. Über Bodenkanäle (5) fliesst die Luft zum Fensterkollektor zurück. 4 Fenster (6) sind als normal zu öffnen ausgebildet. Lüftungsklappen (7) dienen im Sommer zur Belüftung des Fensterkollektors

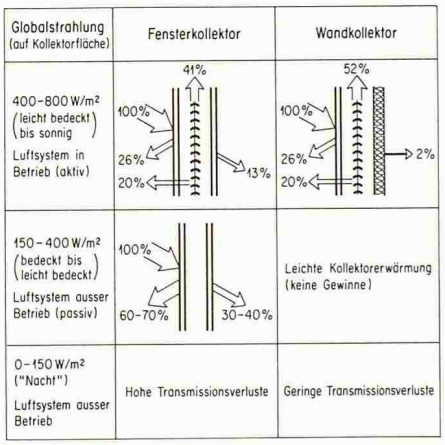

Bild 3. Energiefluss für Fensterkollektor (links) und Luftkollektorwand (rechts) bei unterschiedlichen Betriebszuständen

Bild 4. Energiebilanz für Fenster- und Luftkollektoren für Zürich (SMA). Die Globalstrahlung auf die vertikale Südfassade beträgt während der Heizperiode 1782 MJ/m², wovon im aktiven Betrieb 1123 MJ/m² (63%) anfallen. Die Heizgradtage betragen 3305 Kd.

MJ/m² Glasanteil Aussenelement, Heizperiode (Oktober–April)	Fensterkollektor aussen zweifach verglast	Wandkollektor zweifach verglast
Transmissionsverlust «dynamisch», nach aussen	-213	-65
Gewinn im aktiven Speicherbetrieb	410	570
Gewinn an Raum während aktiver Nutzung	73	gering
Gewinn an Raum im passiven Betrieb	259	-
Energieaufwand für Ventilator und Steuerung	-27	-27
Energiebilanz für Zürich SMA	502	478

Für den Lufttransport eignen sich herkömmliche Lüftungskanäle in runder oder rechteckiger Form. Sie werden so dimensioniert, dass die maximale Luftgeschwindigkeit 3 bis 5 m/s nicht übersteigt. Dies bedeutet einen Querschnitt von ungefähr 0,7 cm²/m³/h.

Zur Isolation der Kanäle eignen sich ca. 5 cm dicke Mineralwollmatten (querstehende Faser), wie sie für Lüftungsanlagen verwendet werden. Die Ventilatorleistung wird bestimmt durch die maximale Förderleistung und die Luftwiderstände des Systems.

Das Einschalten der Ventilatoren wird mit Vorteil durch eine Temperatursonde im oberen Teil des Kollektors gesteuert, das Ausschalten auf Grund einer Temperaturdifferenzsteuerung im Kollektor-Rück- und -Vorlauf. Das Anlaufen der Ventilatoren wird die Temperatur im Kollektor senken. Durch stufenweises Anfahren und den Einbau einer Zeitverzögerung kann ein ständiges Ein- und Ausschalten der Ventilatoren vermieden werden.

Die Steuerung der Klappen ist mit der Ventilatorsteuerung zu kombinieren, da ihre Hauptfunktion ein Verhindern von Rückwärtszirkulation (vor allem nachts) ist. Ausserhalb der Heizperiode sind die Ventilatoren abzustellen.

Wärmeverteilung

Für die Wärmeverteilung bestehen zwei Möglichkeiten:

☐ offene Systeme, bei welchen die erwärmte Luft aus dem Kollektor über Öffnungen direkt an die Räume abgegeben wird,

☐ geschlossene Systeme, bei welchen die Luft indirekt heizt, indem sie einen Speicher oder Heizflächen, sog. Hypokausten, erwärmt.

Offene Systeme führen oft zu Überwärmung und sind auch in lufthygienischer Hinsicht unbefriedigend. Als vorteilhaft kann bei geschlossenen Systemen die angenehme Art der Wärmeabgabe durch Strahlung hervorgehoben werden.

Speicher und Wärmeabgabe

Der Speicher soll im Kern des Gebäudes angeordnet werden, damit alle abgegebene Wärme nutzbar ist. Die Wärmeabgabe ist konstruktiv so zu steuern, dass in den unbesonnten Hausteil mehr Wärme abfliesst als in den besonnten. Wegen der relativ geringen Wärmeabgabeleistung sind grosse Speicherflächen anzustreben.

Die Entladung des Speichers kann durch Transmission, geschlossene oder offene Konvektion erfolgen. Transmissionsverluste lassen sich nie ganz vermeiden. Sie hängen ab vom Transmissionswiderstand und von der Temperaturdifferenz. Beides sind Grössen, die während dem Betrieb kaum beeinflusst werden können. Die Wärmeabgabe durch Transmission ist nicht regelbar. Wärmespeicher werden deshalb mit Vorteil auf der kalten Seite des Gebäudes angeordnet; also dort, wo während der Heizperiode fast immer ein Wärmebedarf vorhanden ist. Diese Wärmeabgabe kann als Grundlastheizung so dimensioniert werden, dass im Übergangsmonat der Wärmebedarf der Nord-Räume gerade gedeckt wird. Für Nordräume mit darunterliegendem Geröllspeicher kann von folgenden Richtwerten für die Wärmedurchgangszahl k zwischen Speicher und Raum ausge-

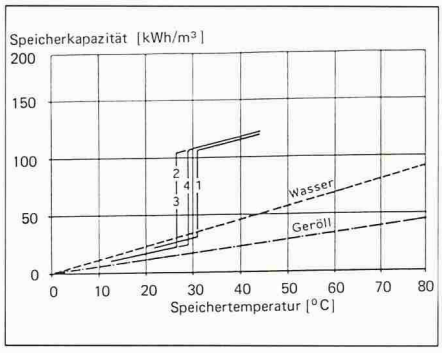

Bild 5. Speichercharakteristik verschiedener Latentspeicherprodukte im Vergleich zur sensiblen Wärmespeicherung mit Wasser oder Geröll. (1) Conergy C 31, Conergy SA, 8305 Dietlikon; (2) Cristopia STL 27, EOL AG, 8472 Seuzach; (3) Thermol 81, Dow Chemical, 8810 Horgen; (4) Thermac, 1700 Fribourg

gangen werden: k = 0,8 - 1,0 W/m²K für geschützte, gut gedämmte Räume und k = 1,0 - 1,4 W/m²K für exponierte, gut gedämmte Räume.

Gegenüber der Aussenluft oder dem Erdreich rechtfertigt sich eine Dämmdicke von etwa 15 cm (k = 0,25). Wichtiger als eine Superdämmung ist hier das Vermeiden von Wärmebrücken (z.B. ins Fundament) sowie von Wärmeverlusten durch unerwünschte Luftwechsel.

Speichermaterialien:

Wärme kann sensibel oder latent gespeichert werden. Bild 5 zeigt den Unterschied der beiden Speichertypen. Währenddem beim sensiblen Speicher Wärme durch Erhöhung der Speichertemperatur aufgenommen werden kann, ermöglicht der Latentspeicher durch einen Phasenwechsel die Wärmeaufnahme bei praktisch konstanter Speichertemperatur.

Im Zusammenhang mit konvektiven Sonnenenergiesystemen kommen heute praktisch nur Geröllspeicher und Latentspeicher zum Einsatz.

Beim Geröllspeicher sollte sauber gewaschener Kies, Grösse 50/70, verwendet werden. Er ist billig, hat eine gute Wärmespeicherfähigkeit und eine grosse Oberfläche, die ideal für einen raschen Wärmeaustausch ist.

Latentspeichermaterialien sollten eine Schmelztemperatur zwischen 25 und 35 °C aufweisen. Der Vorteil dieser Materialien liegt darin, dass grössere Wärmemengen bei konstanter und tiefer Temperatur gespeichert werden können. Marktreife Produkte werden in Stäben, Kugeln und Waben angeboten. Bei der Anordnung ist darauf zu achten, dass die Oberfläche genügend gross ist für einen effizienten Wärmeaustausch.

Zusatzheizung

Der geringe Nettowärmebedarf eines Gebäudes mit passiver Sonnenenergienutzung und der Einsatz zur Spitzendeckung rufen nach einer möglichst einfachen und klein dimensionierten Heizungsanlage. Die Zusatzheizung sollte womöglich vom Sonnenheizsystem unabhängig sein. Als mögliche Lösungen kommen in Frage:

- traditionelle Heizanlage mit Öl oder Gasheizkessel,
- Holzheizkessel oder Kachelöfen,
- öl-, gas- oder holzbefeuerte (nur EFH) Warmluftheizung.

Warmluftheizung mit Luftkollektoren?

In Verbindung mit Luftkollektoren liegt der Gedanke an eine Luftheizung nahe. Die bei traditionellen Luftheizungen auftretenden starken Luftströmungen und die damit verbundenen Zugserscheinungen und Staubaufwirbelungen sind bei sehr gut wärmegedämmten Gebäuden weitgehend vermeidbar. Voraussetzung für einen einwandfreien Temperaturkomfort bei einer Luftheizung ist deshalb ein Wärmeverlustkoeffizient der gesamten Gebäudehülle von nicht mehr als etwa 1 W/K · m² EBF.

Erfahrungen und praktische Hinweise

Aus verschiedenen Objekten mit konvektiver Sonnenenergienutzung ist die Erfahrung gewonnen worden, dass es von Vorteil ist, einen in die Südfassade integrierten Luftkollektor in einen Anteil Fensterkollektor und einen Anteil Luftkollektorwand aufzuteilen.

Die grosszügige Verglasung der Südfassade bringt viel Licht ins Haus, bedingt aber nachts eine konsequente Anwendung der Wärmedämmvorrichtung (Storen, Vorhang, evtl. innenseitige Dämmläden).

Das Verhältnis von Speichervolumen zu Kollektorfläche hat einen grossen Einfluss auf das Temperaturniveau im Speicher. Im einen Einfamilienhaus in Urnäsch [4] betrug dieses 0,85 m³/m² und führte zu mittleren Speichertemperaturen (warmseitig) von ca. 30 °C in der Übergangszeit und knapp 25 °C im Winter, was als günstig angesehen werden kann.

Bei Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit sind folgende besonderen Merkmale eines konvektiven Sonnenenergiesystems zu berücksichtigen:

- Der Fensterkollektor ist nicht Zusatz, sondern ersetzt einen relativ teuren Bauteil, das Fenster, vollwertig.
- Bei der Energiebilanz des Kollektors ist die Verlustminderung einzurechnen. Es zählt nicht nur der Ertrag an den Speicher.
- Durch den Einsatz eines passiven Solarsystems mit konvektiven Gewinnen kann der Heizenergiebedarf soweit reduziert werden, dass eine sehr einfache Heizanlage möglich wird.

Lüftung

In solarbeheizten Gebäuden wird man soweit möglich einer natürlichen Belüftung den Vorzug geben.

Warmwasser

Die Kombination der Trinkwassererwärmung mit dem hybriden Solarsystem ist mittels Wärmepumpen-Boiler möglich. Dazu wird der Absorber direkt in den Geröllspeicher verlegt. Diese Lösung ist jedoch nur bei beschränktem Warmwasserverbrauch zweckmässig. Sie hat jedoch den Vorteil, dass auf diese Weise dem Speicher auch Feuchtigkeit entzogen werden kann.
Grundsätzlich kommen aber auch alle vom Heizsystem unabhängigen Systeme in Frage. Bei konventioneller Öl- oder Gasheizung sowie bei holzbefeuerter Warmwasser-Zentralheizung ist auch eine Kombination mit dem Heizsystem sinnvoll.

Literatur

[1] *M. Zimmermann:* Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung, SIA/BEW-Dokumentation D 010, Zürich 1986
[2] *V. Kurer et al.:* Forschungsprojekt «Solar Trap», Schlussbericht NEFF, Zürich 1982
[3] *C. Filleux:* Konvektive Systeme, BEW/NEFF, 1987
[4] *U. Schäfer:* SIA-Energiepreis: Einfamilienhaus in Urnäsch, SIA-Heft 43/86
[5] *K. Haas:* SIA-Energiepreis: Erdbedecktes Bürohaus, SIA-Heft 43/86