Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 35

Artikel: Haustechnik und Energiebilanz des Fensters
Autor: Püntener, Toni W. / Frank, Thomas
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76686

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: 13.07.2025

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

Haustechnik und Energiebilanz des Fensters

Von Toni W. Püntener und Thomas Frank, Dübendorf

Das Zusammenwirken von Fenster und Haustechnik wurde im Rahmen des IEA-Projektes «Windows and Fenestration» mit einer Parameterstudie rechnerisch untersucht. Der Einfluss von Art, Regelung und Betriebsweise des Heizungssystems auf die Ausnutzbarkeit der Sonnenenergiegewinne durch Fensterflächen wird näher erläutert. Die Resultate werden in Form von Ausnutzungsfunktionen für ein stationäres Energiebilanzmodell dargestellt.

Einleitung

Das energetische Verhalten eines Gebäudes wird stark vom Bauteil Fenster geprägt. Es gibt dabei eine Vielzahl von Einflussfaktoren und Wechselwirkungen mit zu berücksichtigen. Die Wärmebilanz eines Fensters kann deshalb nicht losgelöst von den übrigen Randbedingungen des Gebäudes betrachtet werden. Neben dem Benutzer kommt den haustechnischen Einrichtungen eine grosse Bedeutung zu: Während der Heizperiode soll die einfallende Sonnenstrahlung zusammen mit den im Raum anfallenden Wärmegewinnen dazu beitragen, den Heizenergiebedarf zu reduzieren. Dies erfordert eine auf die Gewinnsituation abgestimmte Regelung der Wärmeabgabe des Heizsystems, damit eine Überwärmung des Raumes so gering wie möglich gehalten werden kann. Im Rahmen des IEA-Projektes «Fenster» wurde auf rechnerischem Wege untersucht, welchen Einfluss Wärmeabgabesystem, Heizungsregulierung und Heizungsbetrieb auf die Ausnutzbarkeit der Wärmegewinne eines Fensters ausüben. Als Rechenmodell wurde das an der EMPA entwickelte Simulationsprogramm Helios 1 [1] verwendet. Um die Resultate anwendungsorientiert interpretieren zu können, wird eine Energiebilanz-Darstellung verwendet, welche auch im Entwurf der SIA-Norm 380/1 «Energie im Hochbau» [2] zur Anwendung gelangt:

$$Q_H = Q_V - \eta \cdot Q_G$$

wobei:

Q_H = Heizenergiebedarf (Nutzenergie)
Q_V = Wärmeverluste infolge Transmission und Lüftung
Q_G = Wärmegewinne infolge Sonneneinstrahlung und interner Lasten
η = Ausnutzbarkeit der Gewinne

Die Ausnutzbarkeit der Gewinne gibt an, welcher Anteil der freien Wärme heizwirksam ist, d. h. zu einer Verringerung des Heizenergiebedarfes führt. Mit diesem Faktor werden somit die dynamischen Vorgänge im Gebäude (Wärmespeicherung) und das Verhalten des Heizungssystems (Heizungsregulierung) berücksichtigt.

Die Ermittlung der Ausnutzungsfaktoren erfolgte für eine Monats-Bilanzmethode in folgenden drei Schritten:

1. Schritt
Dynamische Berechnung des Heizenergiebedarfes $Q_{H(0)}$ für den Fall, dass keine Wärmegewinne vorliegen ($Q_G = 0$).

$\rightarrow \; Q_v = Q_{H(0)}$

2. Schritt
Dynamische Berechnung des Heizenergiebedarfes Q_H unter Berücksichtigung der Wärmegewinnsituation Q_G.

3. Schritt
Berechnung der monatlichen Ausnutzungsfaktoren η:

$$\rightarrow \; \eta = \frac{Q_v - Q_H}{Q_G}$$

Da die Erfassung des Temperaturverhaltens eines Raumes bei intermittierendem Heizungsbetrieb (Nachtabschaltung) mit stationären Rechenmethoden nicht möglich ist, werden diese Einflüsse auch in die Ausnutzungsfunktion miteinbezogen.

Randbedingungen

Der Wahl der festen Randbedingungen kommt bei einer Parameterstudie eine grosse Bedeutung zu, können sie doch die Resultate der Berechnungen wesentlich beeinflussen. Im Vordergrund der vorliegenden Untersuchung steht das thermische Verhalten des Einzelraumes, wobei ein adiabatischer Abschluss gegen die Nachbarräume angenommen wurde. Tabelle 1 enthält eine Übersicht der wichtigsten festen Kenngrössen des Raumes.

Die variablen Parameter sind in Tabelle 2 zusammengestellt:

Bodenfläche:
30 m²

Raumvolumen:
75 m³

Luftwechsel:
0,5 l/h bei Raumtemperaturen über 26 °C
Erhöhung auf 10 l/h

Bauweise:
massiv, Backsteinwände, Betondeckenkonstruktion

Aussenflächen:
Wand k = 0,3 W/m² K
Fensterrahmen k = 2,0 W/m² K

Nutzung:
Wohnraum

interne Lasten:
8–18 h 100 W
18–22 h 400 W

Tabelle 1. Kenngrössen des gewählten Raumes

Tabelle 2. Parametervarianten des Modellraumes

Orientierungen:
Süd und Nord

Fensterflächen:
0–9 m² (0–10–20–30% der Bodenfläche)

Verglasungen:
- 2-IV (k = 3,1 W/m² K)
- 3-IV (k = 2,1 W/m² K)
- 3-IV$_{IR}$(k = 1,4 W/m² K)

Klima:
Genf, La Chaux-de-Fonds, Locarno, Zürich Kloten, Maugwil

Wärmeabgabesystem:
- 90/70 System
- 60/45 System
- 45/35 System

Heizungsregelung:
- nach Innentemperatur
- nach Aussentemperatur (Heizkurve)
- nach Sonnen-Lufttemperatur (Heizkurve + Solarkorrektur)

Heizungsbetrieb:
- durchgehend
- Nachtabsenkung (Heizkurve)
- Nachtabschaltung

Tabelle 3. Selbstregeleffekt der Heizflächen in Abhängigkeit der Heizkörpermitteltemperatur und der Raumlufttemperatur

Raumlufttemperatur	relative Wärmeabgabe [%]			
	Heizkörpermitteltemperatur [°C]			
[°C]	30	40	60	80
20	100	100	100	100
21	84	93	97	98
22	69	87	93	96
23	53	80	90	93
24	36	74	87	91

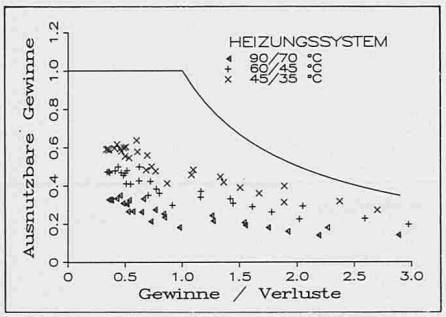

Bild 1. Ausnutzbarkeit der Wärmegewinne bei verschiedenen Heizungs-Systemtemperaturen

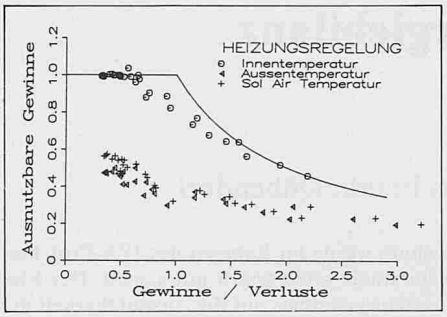

Bild 2. Ausnutzbarkeit der Wärmegewinne bei verschiedenen Regelungsarten (durchgehender Heizbetrieb).

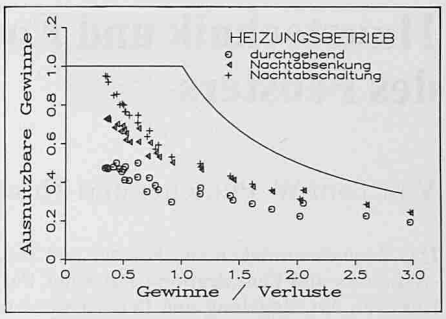

Bild 3. Ausnutzbarkeit der Wärmegewinne bei verschiedenen Heizbetriebsarten (Regelung nach Aussentemperatur)

Ergebnisse

Einfluss des Wärmeabgabesystems

Treibende Kraft bei der Wärmeabgabe eines Heizkörpers ist die Temperaturdifferenz zwischen Heizfläche und der Raumluft. Steigt in einem Raum die Temperatur durch anfallende Wärmegewinne an, so wird die Wärmeabgabe beeinflusst, d. h. es kann ein Selbstregeleffekt beobachtet werden. Wie gross dieser ausfällt, hängt stark von der Systemtemperatur der Heizflächen ab. Tabelle 3 veranschaulicht dies für verschiedene Systeme.

Systeme mit niedrigen Vorlauftemperaturen weisen deutlich bessere Selbstregeleigenschaften auf.

Wie sich der Selbstregeleffekt auf die Ausnutzbarkeit der Wärmegewinne auswirkt, ist aus Bild 1 ersichtlich.

Einfluss der Heizungsregelung

Die Heizungsregulierung erfolgt heute normalerweise über eine witterungsgeführte Steuerung der Vorlauftemperatur. Da in der Regel die Aussenlufttemperatur auf der Nordseite gemessen wird, erfolgt bei Sonneneinstrahlung keine Drosselung der Wärmeleistung. Eine wirksame Reaktion auf anfallende Wärmegewinne ist nur mit einer Raumtemperaturregelung möglich. Bild 2 verdeutlicht dies am Beispiel der Ausnutzungskurven.

Die Verwendung von Heizkörperthermostatventilen führt bei korrekter Plazierung und Einstellung zu einer ähnlichen Wirkung wie bei der Raumtemperaturregelung.

Einfluss des Heizungsbetriebes

Die in einem Raum vorhandene Speichermasse sollte durch eine geeignete Bewirtschaftung für die gezielte Be- und Entladung mit freien Wärmegewinnen verfügbar gemacht werden können. Der Heizungsbetrieb bietet hierzu eine Möglichkeit an. Folgende Varianten wurden miteinander verglichen:

- durchgehender Betrieb (24 h)
- Nachtabsenkung (Reduktion der Vorlauftemperatur oder des Raumtemperatursollwertes)
- Nachtabschaltung (ohne Schnellaufheizung am Morgen)

Bei gut wärmegedämmten Bauten sind bei Nachtabsenkung oder Abschaltung keine wesentlichen Komforteinschränkungen in den Morgenstunden zu erwarten, da sich die Auskühlung der Räume in der Grössenordnung von 1–2 K bewegt. In Bild 3 ist der Einfluss der Heizungsbetriebsart auf die Ausnutzbarkeit der Wärmegewinne dargestellt.

Der Heizungsbetriebsart kommt somit bei Aussentemperaturregelung eine wesentliche Bedeutung zu. Die Nachtabschaltung als technisch einfach zu realisierende Massnahme sollte bei gut isolierten Bauten unbedingt angewendet werden.

Zusammenfassung

Ausnutzungsfunktionen sind Bestandteil eines stationären Rechenverfahrens zur Bestimmung des Jahresenergieverbrauches unter Einbezug der Wärmegewinne. Sie sind jedoch wenig anschaulich, wenn es um die Beurteilung von Verbrauchswerten geht. In Tabelle 4 ist der Einfluss des Heizungssystems und der Regelung auf den Heizenergiebedarf eines südorientierten Direktgewinnraumes dargestellt (20% Fensterflächenanteil, 2–IV):

Tabelle 4. Heizenergiebedarf eines südorientierten Raumes bei verschiedenen Heizsystem- und Regelungsarten (Heizperiode Genf 80/81).

Variante	*Heizenergiebedarf*	
	MJ/m²	%
Ideales Heizsystem (Raumtemperaturregelung)	98	100
90/70-System mit Aussentemperaturregelung	186	190
45/35-System mit Aussentemperaturregelung	151	154
45/35-System mit Aussentemperaturregelung + Nachtabschaltung	122	124
45/35-System mit Sonnenlufttemperaturregelung + Nachtabschaltung	110	112

Das vorliegende Beispiel macht deutlich, dass der Haustechnik besonders bei Bauten mit passiver Sonnenenergienutzung eine entscheidende Bedeutung zugemessen werden muss. Eine sorgfältige Planung des Heizungssystems und des Regelkonzeptes ist daher unerlässlich.

Adresse der Autoren: *T.W. Püntener*, Ing. HTL/-HLK, und *Th. Frank*, dipl. Ing. ETH, EMPA, Abteilung Bauphysik, 8600 Dübendorf.

Literatur

[1] *Th. Frank*, Programmbeschrieb Helios 1, EMPA Dübendorf, 1982
[2] SIA 380/1, Vernehmlassungsentwurf 1986