

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 118 (2000)
Heft: 47: Nachhaltigkeit

Artikel: Wärmelasten transparenter Bauteile und Sonnenschutzsysteme
Autor: Simmler, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80007>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

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

Wärmelasten transparenter Bauteile und Sonnenschutzsysteme

Der zunehmende Anteil von transparenten Flächen in der Gebäudehülle hat zur Folge, dass die einfallende Solarstrahlung sowohl für den Energiehaushalt als auch für Komforteigenschaften von Gebäuden an Bedeutung gewinnt.

Besonders bei modernen Grossbauten mit hohem Glasfassadenanteil treten oft grosse solare Wärmelasten mit entsprechendem Kühlleistungsbedarf und/oder kritischen thermischen Komfortbedingungen für die Benutzer auf. Für eine optimierte Energienutzung und zur Vermeidung von Komfortproblemen sind detaillierte Kenntnisse der Eigenschaften von modernen Fassadenbauteilen und Sonnenschutzsystemen notwendig, die oft nicht bekannt sind oder in heutigen Planungswerkzeugen und Rechenverfahren nur unzureichend berücksichtigt werden [1]. Damit die solaren und thermischen Eigenschaften solcher Systeme unter realen Bedingungen messtechnisch untersucht werden können, hat die Empa mit Unterstützung des Bundesamts für Energie (BFE) eine Aussenmessanlage für zwei Testfassaden in Dübendorf aufgebaut. In den folgenden Abschnitten werden die Anlagen und Resultate einer ersten Messreihe an verschiedenen Sonnenschutzsystemen vorgestellt.

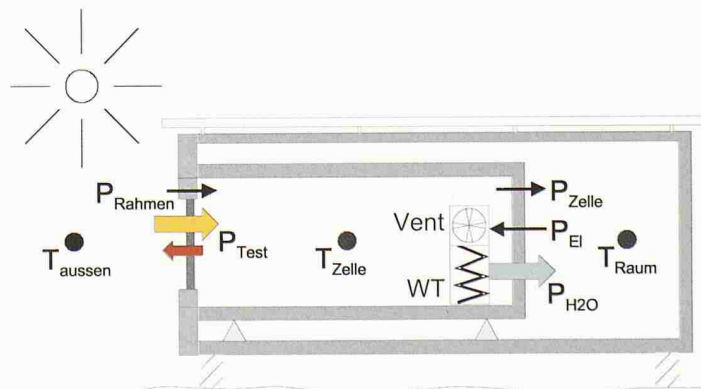
Messprinzip und Eigenschaften der Anlage

Zur Bestimmung optischer und thermischer Eigenschaften von Gläsern und anderen Materialien stehen heute verschiedene Labormethoden zur Verfügung. Grossflächige und komplexe Bauteile wie Fassadenelemente mit Verglasung, Sonnenschutzsystem und Belüftungsfunktionen können jedoch nicht unter realistischen Bedingungen im Labor untersucht werden. Aus diesem Grund ist die Empa-Anlage für den Einbau einer ganzen Testfassade ausgelegt, die dem Aussenklima ausgesetzt wird. Sie wird südseitig an eine hochisolierte, abgeschirmte Testzone angebaut. Der Energiestrom durch die Testfläche wird aus der Energiebilanz der Testzone bestimmt, wobei alle Beiträge durch direkte Messung (Heiz-/Kühlleistung) oder Kalibration (Transmissionsverluste/-gewinne durch die übrigen Flächen) bekannt sind (Bild 1). Unter Einbezug der Strahlungs- und Temperaturmessdaten lassen sich Kenngrössen wie der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) und der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) auswerten.

Die Anlage ist in einem gut isolierten Holzelementbau untergebracht. Zwei räumlich getrennte Testzellen aus hochisolierenden PU-Paneelen sind luftdicht zusammengesetzt und «schwebend» im Gebäude eingebaut. Sie weisen damit praktisch keine Wärmebrücken auf.

1

Messprinzip Solarprüfstand für Fassadenbauteile. Im Betrieb bei gleicher, konstanter Zellen- und Raumtemperatur entspricht die technische Heiz-/Kühlleistung bis auf kleine Korrekturen dem Wärmestrom durch die Testfläche



An der Gebäudesüdseite können zwei Testflächen angeflanscht werden (Bild 2). Alle übrigen Testzellenoberflächen sind von temperatureregelter Raumluft umgeben. Im üblichen Betrieb werden die Lufttemperaturen der Testzelle und des umgebenden Raums auf den gleichen konstanten Wert gesetzt, wodurch störende Wärmeströme durch die Zellwände sehr klein bleiben. Die Anlage weist damit bedeutende Konstruktionsvorteile gegenüber anderen Anlagen im europäischen Raum auf [2]. Für Untersuchungen an Fassadenelementen kann eine Öffnung von $2,85 \times 2,36 \text{ m}^2$ (Breite $\times$ Höhe) genutzt werden. Hochisolierende Standard-Prüfraumen stehen für transparente Komponenten mit Abmessungen von $1,50 \times 1,25 \text{ m}^2$ und $1,50 \times 2,00 \text{ m}^2$ (Breite $\times$ Höhe) zur Verfügung. Eine modular aufgebaute Datenerfassung zeichnet Temperaturen, Wärmeflüsse, Heiz-/Kühlleistung und Klimadaten auf. Die Messung der Direkt- und Diffusstrahlung mit Hilfe eines elektronischen Nachführsystems erlaubt die Untersuchung winkelabhängiger Eigenschaften.

Datenauswertung

Die Art der Datenauswertung ist von den Messbedingungen und der Testfassade abhängig. Falls Speichereffekte und Temperaturschwankungen in der Testzone klein sind, ergeben quasistationäre Mittelwertberechnungen der verschiedenen Bilanzbeiträge und Temperaturen brauchbare Resultate. Bei bekanntem U-Wert kann so ein mittlerer g-Wert des Testelements berechnet werden. Nachteilig sind allerdings lange Messzeiten und grosse Messunsicherheiten. Für genauere Auswertungen und kürzere Messzeiten ist eine Parameteridentifikation auf der Basis eines dynamischen Modells erforderlich. Die europäische Pasklink-Gruppe von Instituten mit vergleichbaren Anlagen hat ein speziell für bauphysikalische Systeme konzipiertes Widerstand-/Kapazitäten-Modell Lord [3] entwickelt, das auch an der Empa eingesetzt wird. Dank der einfachen thermischen Situation kann das zeitliche Verhalten einer Empa-Testzone mit eingebautem Leichtbauteil durch wenige Elemente und Knoten modelliert werden.

Kalibration und Messunsicherheit

Bevor Messungen mit einer unbekannten Testfassade durchgeführt werden können, muss das thermische Verhalten der gesamten Testzone bekannt sein. Diese Systemkalibration erfolgt etwa anhand von stufenförmigen Lastwechseln ohne Kühlanlage. Dabei wird die Testöffnung im hochisolierenden Prüfraumen durch ein Element mit dem gleichen Schichtaufbau verschlossen. Durch Variation der Widerstände und Kapazitäten im Modell ergibt sich eine gute Anpassung von berechneter und gemessener Lufttemperatur in der Testzone (Bild 3). Die so bestimmten Systemgrößen werden für die Analyse der Messungen mit dem Testelement konstant gehalten.

Die Messunsicherheit des Wärmestroms durch die Testfläche lässt sich durch die Bilanz aus Bild 1 abschätzen. Durch statistische Addition der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit ergibt sich ein Gesamtwert von rund 8 W. Als dominierende Grösse bezüglich Genauigkeit

stellt sich die Kühlleistung heraus, die entsprechend aufwendig kalibriert wird.

Bei der Angabe eines g-Werts ist zusätzlich die Messunsicherheit der Globalstrahlung vertikal zu berücksichtigen, die in der Grössenordnung von 3 bis 5 % liegt. Typischerweise ergeben sich relative Messunsicherheiten für $g \approx 0,15$ von 15–20 %, für $g \geq 0,30$ von etwa 10 %, gute Strahlungsverhältnisse vorausgesetzt.

Messungen an Sonnenschutzsystemen

In hochverglasten Gebäuden ist ein wirksamer Sonnenschutz bekanntlich die wichtigste Voraussetzung für akzeptable Innenklimabedingungen und Kühllasten. Damit die Gebäudetechnik optimal ausgelegt werden kann, sind möglichst realitätsnahe Informationen über die zu erwartenden solaren Wärmelasten wichtig. Aufgrund dieser Fragestellung wurden in einer ersten Messreihe effektive g-Werte von verschiedenen Kombinationen Glas-Sonnenschutz (meist Lamellenstoren) bestimmt. Als Beispiel ist in Bild 4 der zeitliche Verlauf der Kühlleistung in der Testzone während einer Messphase mit zwei unterschiedlichen g-Werten grafisch dargestellt.

Eine Anmerkung zur Bezeichnung «effektiver g-Wert»: Der effektive, in unseren Messungen bestimmte g-Wert ist ein Mittelwert bezüglich der Globalstrahlung in der Fassadenebene im realen Klima. Er setzt sich aus einem – über den Sonnengang gemittelten – Direktanteil und einem Diffusanteil zusammen. Labor-g-Werte werden für vorgegebene Positionen einer Strahlungsquelle an einer verkleinerten Prüffläche gemessen und bei Bauprodukten üblicherweise für senkrechten Lichteinfall und eine Lamellenstellung von 45° angegeben. Es ist deshalb plausibel, dass deklarierte (Normal-)g-Werte beträchtlich von effektiven g-Werten abweichen können.

In den Tabellen sind Ergebnisse von Messungen an 2-fach-Isolierverglasungen (IV) mit integrierten Flachlamellen und an einer 2-fach-IV ($U = 1,4 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$) mit aussenliegenden profilierten Verbunddraffstoren zusammengestellt. Klar ersichtlich ist die Abhängigkeit des effektiven g-Werts von der Lamellenstellung des Sonnenschutzes. Es ist auch zu beobachten, dass eine 2-fach-IV mit integrierter Lamellenstore die Anforderung $g \leq 0,15$ nach SIA 180 (2000) für eine Konstruktion ohne besonderen Sonnenschutz nachweis nur bei ganz geschlossenen weissen Lamellen knapp erreicht. Beim Öffnungswinkel 45° sind alle Werte höher.

Bei den aussenliegenden Lamellenstoren liegen die Werte bis zum Öffnungswinkel 45° dagegen unter 0,10. Im nicht geschlossenen Zustand ergibt die braune Oberfläche in der gewählten Einbausituation einen kleineren g-Wert als die weisse Oberfläche. Dies könnte auf den höheren Reflexionsgrad der weissen Lamelle (d.h. höherer Transmissionsgrad für Streustrahlung) zurückzuführen sein.

Ausblick

Die im Rahmen des Aufbauprojekts laufenden Messungen an Sonnenschutzsystemen werden in nächster Zeit abgeschlossen. Es ist vorgesehen, weitere Messun-

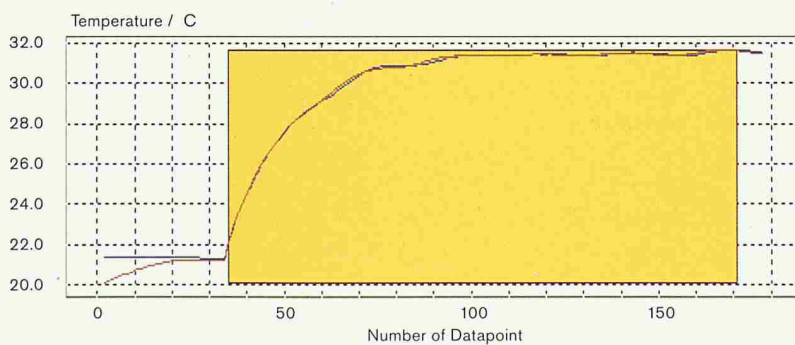


2

Der Empa-Solarprüfstand besteht aus zwei symmetrischen, räumlich getrennten Testzonen, hier mit angebauten weissen Prüfraumen und eingesetzten Verglasungen. Dazwischen befindet sich die Ausenklimatenerfassung mit dem Nachführsystem für die Direktstrahlungsmessung

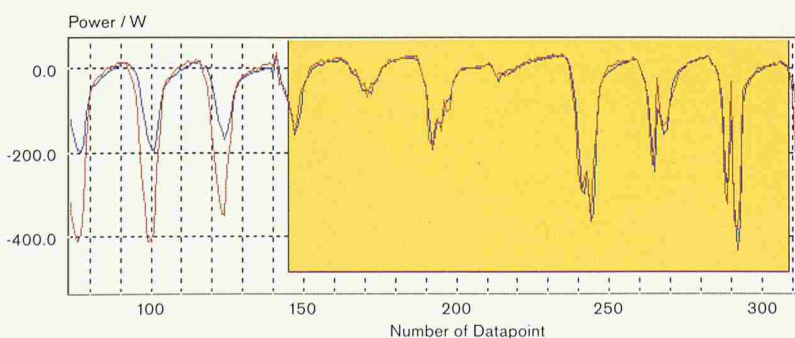
3

Gemessener und berechneter Temperaturverlauf der geschlossenen Testzone nach einer stufenförmigen Erhöhung der internen Wärmelast



4

Gemessene und berechnete Kühlleistung in der Testzone bei konstanter Temperatur mit einer eingebauten 2-fach-IV mit integrierter weisser Flachlamellenstore. Die Anpassung im unterlegten Berechnungs-Zeitfenster (Lamellen horizontal) ist gut. Im linken Bereich (Lamellen geschlossen) sind die Messwerte der Kühlleistung deutlich kleiner



Verglasung	Sonnenschutz	Effektiver g-Wert bei Lamellenstellung		
		geschlossen	45°	horizontal
2-IV 6/27/6 Ar90% Suncool brillant / ESG	Flachlamelle silber	0,20 ± 0,03	0,24 ± 0,03	0,26 ± 0,03
2-IV 6/27/6 Ar90% Suncool brillant / ESG	Flachlamelle weiss	0,14 ± 0,03	0,18 ± 0,03	0,28 ± 0,03
2-IV 6/27/6 Ar90% ESG / k-Glas	Flachlamelle silber	0,20 ± 0,03	0,24 ± 0,03	0,42 ± 0,04
2-IV 6/27/6 Ar90% ESG / k-Glas	Flachlamelle weiss	0,15 ± 0,03	0,21 ± 0,03	0,34 ± 0,04

5

Effektive g-Werte von 2-fach-Isolierverglasungen mit integrierten Flachlamellenstoren

Verglasung	Sonnenschutz	Effektiver g-Wert bei Lamellenstellung		
		30°	45°	60°
2-IV 4/16/4 Ar90% ESG / Silverstar	Profillamelle weiss	0,10 ± 0,03	0,09 ± 0,03	0,12 ± 0,03
2-IV 4/16/4 Ar90% ESG / Silverstar	Profillamelle braun	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,07 ± 0,02
2-IV 4/16/4 Ar90% ESG / Silverstar	Profillamelle weiss, perforiert	0,07 ± 0,02	0,10 ± 0,03	0,11 ± 0,03

6

Effektive g-Werte einer 2-fach-Isolierverglasung mit aussenliegenden Verbundraffstoren (Profillamellen)

Literatur

- 1 Simmler, H. and Manz, H.: Measurement and Modeling of Solar Façade Components and Shading Systems. Proceedings CISBAT'99. Lausanne 1999
- 2 The PASSYS Services, Summary Report. Hrsg. P. Wouters, L. Vandaele, BBRI, EC DG XII. Brüssel 1994
- 3 LORD 2000 FB. Entwickler O. Gutschker, Technische Universität Cottbus, 2000
- 4 Thematic Network «IQ-Test». EC ERK6-CT-1999-20003, c/o P. Wouters, BBRI. Brüssel 2000

gen in Zusammenarbeit mit Herstellern und Verbänden durchzuführen und die Resultate in Form eines Leitfadens zu veröffentlichen. Dabei stehen neuere Systeme mit tageslicht-optimierten bzw. lichtlenkenden Eigenschaften und Fassadenbauteile mit integriertem Sonnenschutzsystem im Vordergrund.

In Vorbereitung sind Projekte zur messtechnischen und numerischen Untersuchung von «intelligenten» Fassadenkonstruktionen mit integralen Sonnenschutz-, Tageslicht- und Lüftungsfunktionen, die in grösseren Bauprojekten mit hohem Glasanteil in Zukunft eine wichtige Rolle spielen werden. Mittelfristig ist eine Integration von verifizierten Kenngrössen und Rechenverfahren in bestehende Gebäudesimulationsprogramme geplant.

Zur Sicherung der Qualität ist die Empa an einem thematischen Netzwerk der EU [4] mit anderen europäischen Betreibern vergleichbarer Anlagen beteiligt. Im Projekt werden Mess- und Datenauswerteverfahren anhand von identischen Referenzobjekten validiert. In laufenden Optimierungsarbeiten wird ausserdem die Messgenauigkeit der Anlage weiter verbessert.

Schliesslich sei daran erinnert, dass der Empa-Solarprüfstand auch für Messungen an vorhandenen Bauprodukten und Entwicklungen von Fassadenherstellern zur Verfügung steht.

Hans Simmler, dipl. phys., Dr. phil. II. Empa Bauphysik/Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit (ZEN), Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf