

# **Energetische Bewertung von Einrichtungen für den Sonnen- und Sichtschutz als thermischer Abschluss von transparenten Bauteilen - Quantifizierung der Wirkung und normative Bewertung**

Kurzbericht zum Projekt SWD-10.08.18.7-15.14  
vom 15. November 2017

## **Projektlaufzeit**

Juni 2015 bis Dezember 2017

## **bearbeitet von**

Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH  
Leipziger Straße 184  
34125 Kassel

Das Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-15.14). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

**Projektleitung:**

**Ingenieurbüro Prof.-Dr. Hauser GmbH**  
Dr.-Ing. Stephan Schlitzberger  
Leipziger Straße 184  
34125 Kassel  
Telefon +49 (0) 561 / 94990432  
Fax +49 (0) 561 / 494935  
Mail schlitzberger@ibh-hauser.de  
Internet www.ibh-hauser.de

**Bearbeitung:**

- Dipl.-Ing. Christoph Kempkes  
Mail: c.kempkes@ibh-hauser.de  
Tel: 0561/94990436
- Dipl.-Ing. Barbara Falkenhof  
Mail: falkenhof@ibh-hauser.de  
Tel: 0561/94990435
- Dipl.-Ing. Christiane Schwenk  
Mail: schwenk@ibh-hauser.de  
Tel: 0561/94990434

Kassel, 15. November 2017

Dr. Stephan Schlitzberger

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Kurzbeschreibung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Projektdurchführung</b> .....	<b>4</b>
2.1	Beteiligte Forschungseinrichtungen .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
2.1.1	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH (ift Rosenheim) .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
2.1.2	Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Fraunhofer IBP) .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
2.2	Industriebeteiligungen.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
2.2.1	Hunter Douglas Kassel .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
2.2.2	Verband innenliegender Sicht- und Sonnenschutz .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
2.2.3	ift Rosenheim .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
2.2.4	Fraunhofer-Institut für Bauphysik.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>5</b>
3.1	Ergebnisse der Forschungsarbeit.....	5
3.2	Perspektive und weitergehender Forschungsbedarf.....	6

## 1 Kurzbeschreibung

In dem Vorhaben werden Abschlüsse (Sonnen- bzw. Sichtschutz) von Fenstern und Fassaden im Gesamtsystem mit dem transparenten Bauteil vor dem Hintergrund heutiger normativer und gesetzlicher Bestimmungen einerseits und den heute marktverfügbaren Systemen andererseits einer umfassenden Analyse hinsichtlich ihrer Auswirkung auf den Energiebedarf von Gebäuden unterzogen. Das Vorhaben bezieht sich rechnerisch/theoretisch auf die gesamte Bandbreite möglicher Ausführungsvarianten (innen-, außen-, sowie zwischen den Scheiben liegend), messtechnisch wird der Fokus auf innenliegende Systeme gesetzt, weil hierfür derzeit ein klares Defizit im Bereich der normativ-rechnerischen Bewertungsgrundlagen identifiziert werden kann.

Auf die rechnerisch/messtechnischen Untersuchungen aufbauend werden Vorschläge für eine konsistente Berücksichtigung thermischer Abschlüsse bei der rechnerischen Ermittlung des Nutzwärmebedarfs von Gebäuden (Energieberatung/Nachweisführung auf der Basis der DIN V 18599) und Grundlagen für die herstellerseitige Bereitstellung der erforderlichen Produktkenndaten erarbeitet.

Nachstehende Handlungsfelder stellen den Umfang der im Rahmen der Forschungsarbeit behandelten Themenbereiche dar.

1. Thermische Bewertung innenliegender Abschlüsse auf der Basis von messtechnischen Parameterstudien
2. Erarbeitung von Empfehlungen für eine Erweiterung von normativen Grundlagen zur messtechnisch/rechnerischen Produktkennzeichnung
3. Rechnerische Parametervariation zur Quantifizierung des Energiebedarfs von Gebäuden unter Berücksichtigung thermischer Abschlüsse auf Stundenbasis (dynamische Simulation)
4. Erarbeitung von Vorschlägen zur Berücksichtigung thermischer Abschlüsse bei der monatlichen Energiebedarfsberechnung gemäß DIN V 18599

Im Rahmen der Forschungsarbeit wird das bereits vorliegende Jahresbilanzverfahren zur Berücksichtigung thermischer Abschlüsse zu einer monatlichen Methodik erweitert und so modifiziert, dass eine geeignete Möglichkeit zur rechnerischen Berücksichtigung im Bilanzrahmen der DIN V 18599 entsteht. Als Ergebnis des Vorhabens wird eine vollständige Berechnungsvorschrift zur Integration in den bestehenden Bilanzrahmen der DIN V 18599 zur Berechnung des Jahres-Nutzwärmebedarfs bereitgestellt.

Für die messtechnische und vereinfachend rechnerische Ermittlung des hierbei erforderlichen Produktkennwertes  $\Delta R$  werden die Grundlagen für eine Erweiterung bzw. Ergänzung bestehender Regelwerke insbesondere in Hinblick auf innenliegende Systeme erarbeitet.

## 2 Projektdurchführung

Die Bearbeitung der Forschungsarbeit erfolgt im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ nach Antragstellung vom 13.10.2014 gemäß Bewilligungsbescheid vom 22.6.2015 sowie nach Aufstockungsantrag 10.5.2016 und Zuwendungsbescheid der Aufstockung vom 15.6.2016. Der Bearbeitungszeitraum erstreckt sich von Juni 2015 bis Dezember 2017. Die Projektleitung und Koordination erfolgt durch das Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser. Die Bearbeitung erfolgte unter Mitwirkung der Forschungseinrichtungen

- ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH (ift Rosenheim) und
- Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Fraunhofer IBP)

Eine Teilfinanzierung erfolgte durch die Industriepartner

- Hunter Douglas Components Zweigniederlassung der Hunter Douglas GmbH und
  - Verband innenliegender Sicht- und *Sonnenschutz (ViS)*
-

## 3 Zusammenfassung und Ausblick

### 3.1 Ergebnisse der Forschungsarbeit

Im Zuge der Durchführung der messtechnischen Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass dem Einfluss der Hinterströmung eines innenliegenden Abschlusses hinsichtlich der thermischen Wirkung eine größere Bedeutung zukommt, als ursprünglich angenommen. Im Rahmen einer Projektaufstockung erfolgte daher eine gezielte zusätzliche Untersuchung und Auswertung zu dem Einfluss der Hinterströmung. Nur durch diese zusätzliche Untersuchung konnte eine zielführende Bearbeitung der formulierten Projektziele erfolgen.

Als erstes wesentliches Projektergebnis konnte aus der Durchführung von Simulationsrechnungen unter Ansatz unterschiedlicher Aktivierungsszenarien eine Berechnungsvorschrift zur Aufnahme entsprechender Bilanzierungsregeln in die Normenreihe DIN V 18599 entwickelt werden. Die Ergebnisse wurden dem zuständigen Normenausschuss vorgelegt und in die Ausgabe der DIN V 18599-2:2016-10 überführt. Für eine Inbezugnahmen in gesetzes- bzw. verordnungstechnischen Regelungen (Energieeinsparverordnung EnEV, Gebäudeenergiegesetz GEG) zur energetischen Nachweisführung wurde hierdurch eine wichtige Grundlage geschaffen. Neben der öffentlich-rechtlichen Bedeutung stellt die Erweiterung der DIN V 18599-2 zur Bewertung der Wirkung eines temporären Wärmeschutzes aber auch ein wichtiges Instrument für die rechnerische Bewertung im Zuge einer Energieberatung dar.

Neben der rechnerischen Auseinandersetzung mit dem temporären Wärmeschutz und der Quantifizierung der energetischen Wirkung erfolgte im Zuge der Projektbearbeitung eine intensive messtechnische Untersuchung von inneren Abschlüssen. Dabei erfolgte einerseits die Bestimmung abschlusspezifischer Kennwerte für den zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstand  $\Delta R$  für reale Abschlüsse. Zusätzlich wurden Messungen an idealisierten Abschlüssen (Blech und Dämmstoffplatte) durchgeführt und hieraus Rechenvorschriften zur Behandlung der in einem  $\Delta R$ -Wert enthaltenen Teilwiderstände des Abschlusses ( $R_{sh}$ ) und der zwischen Abschluss und Fenster bzw. Fensterglas befindlichen Luftschicht ( $R_{air}$ ) abgeleitet. Abhängig von der wirksamen Gesamtfugenbreite  $e_{tot}$  als Kenngröße für die Luftdurchlässigkeit der Anschlusssituation geht aus dieser Untersuchung ein Vorschlag hervor, wie auf Basis einer Hotbox-Messung eines Fenster mit Abschluss im abgeklebten Zustand (unterer, oberer und seitliche Anschlüsse des Abschlusses an Laibung bzw. Wand werden durch Klebeband abgedichtet) Kennwerte für den zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstand bei unterschiedlichen Luftdurchlässigkeiten der Anschlusssituation abgeleitet werden können. Die vorgeschlagene Vorgehensweise ist hierbei eine Kombination aus einer messtechnischen Untersuchung und einer rechnerischen Berücksichtigung des Widerstands der (im abgeklebten Zustand ruhenden) Luftschicht zwischen Abschluss und Fenster nach DIN EN ISO 6946. Der wesentliche Vorteil der vorgeschlagenen Vorgehensweise besteht gegenüber der Messung einer realen Anschlusssituation darin, dass aus nur einer Messung  $\Delta R$ -Werte für unterschiedliche Luftdurchlässigkeiten der Anschlusssituation abgeleitet werden können. Erfolgt die Messung für eine reale Einbausituation, muss der messtechnisch ermittelten  $\Delta R$ -Wert als einbauspezifischer Wert betrachtet werden, welcher auch nur für die bei der Messung in der Hotbox vorhandenen Spaltmaße Gültigkeit hat. In diesem Zusammenhang muss unterstrichen werden, dass ein auf herkömmliche Weise (also im nicht abgeklebten Zustand) ermittelter  $\Delta R$ -Wert nicht als Kennwert für einen bestimmten Abschluss, sondern „nur“ als einbauspezifischer Kennwert für einen bestimmten Abschluss verstanden werden muss. Die vorgeschlagene Vorgehensweise zur Ermittlung von  $\Delta R$ -Werten durch Kombination aus Messung und Rechnung kann hiernach eine deutlich breitere Verwendbarkeit der Messergebnisse gewährleisten. Darüber hinaus stellt die Vorgehensweise sicher, dass in einem messtechnisch ermittelten  $\Delta R$ -Wert kein Einfluss der Hinterströmung abgebildet wird. Dadurch wird die Vergleichbarkeit von Messungen, die in unterschiedlichen Prüfeinrichtungen durchgeführt werden, verbessert. Im Rahmen der Projektbearbeitung durchgeführte Vergleichsmessungen in den Prüflaboren des ift Rosenheim und des Fraunhofer-Instituts für

Bauphysik in Stuttgart zeigen, dass eine Vergleichbarkeit von Messergebnissen für reale Anschlusssituationen praktisch nicht möglich ist, da selbst geringe Abweichungen in den Spaltmaßen bei der Montage zu sehr hohen Abweichungen bei den gemessenen  $\Delta R$ -Werten führen.

Aus den durchgeführten messtechnischen Untersuchungen an realen und idealisierten Abschlüssen im abgeklebten und nicht abgeklebten Zustand sowie unter Anwendung der entwickelten faktoriellen Korrekturvorschriften wurden als weiteres wesentliches Projektergebnis tabellarisierte Anhaltswerte für typische innere Abschlüsse abgeleitet, die in folgender Tabelle wiedergegeben werden.

**Tabelle 1: Vorschlag von Anhaltswerten für Wärmedurchlasswiderstände von Abschlüssen  $R_{sh}$  und zusätzliche Wärmedurchlasswiderstände  $\Delta R$  in Abhängigkeit von der Luftdurchlässigkeit für typische äußere und innere Abschlüsse. Kennwerte der äußeren Abschlüsse gemäß DIN EN ISO 10077-1:2010-05 bzw. DIN EN 13125:2001-10**

Art des Abschlusses	Typischer Wärmedurchlasswiderstand des Abschlusses $R_{sh}$ ( $m^2K$ )/W	Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand bei einer bestimmten Luftdurchlässigkeit der Abschlüsse $\Delta R$ ( $m^2K$ )/W				
		Luftdurchlässigkeit				
		sehr hoch	hoch	duchschnittl.	niedrig	luftdicht
<b>äußere Abschlüsse</b>						
Rollläden aus Aluminium	0,01	0,08	0,09	0,12	0,15	0,18
Rollläden aus Holz oder Kunststoff ohne Dämmstoffeinlage	0,10	0,08	0,12	0,17	0,22	0,27
Rollläden aus Kunststoff mit Dämmstoffeinlage	0,15	0,08	0,13	0,19	0,26	0,31
Abschlüsse aus Holz, 25 mm bis 30 mm dick	0,20	0,08	0,14	0,22	0,30	0,36
<b>innere Abschlüsse - Montage zwischen den Glasleisten</b>						
Plissee/Faltstore/Rollo	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,13
Einkammer-Wabenplissee	0,08	0,03	0,06	0,09	0,13	0,19
Doppelkammer-Wabenplissee	0,22	0,04	0,07	0,12	0,19	0,30
<b>innere Abschlüsse - Montage in der Laibung</b>						
Plissee/Faltstore/Rollo	0,01	0,04	0,06	0,09	0,13	0,17
Einkammer-Wabenplissee	0,08	0,04	0,07	0,11	0,16	0,23
Doppelkammer-Wabenplissee	0,22	0,05	0,09	0,15	0,23	0,35
<b>innere Abschlüsse - Montage vor der Nische</b>						
Plissee/Faltstore/Rollo	0,01	0,03	0,06	0,11	0,14	0,17
Einkammer-Wabenplissee	0,08	0,03	0,07	0,12	0,16	0,21
Doppelkammer-Wabenplissee	0,22	0,04	0,09	0,15	0,20	0,29

Die Ergebnisse der Projektbearbeitung stellen einen wichtigen Beitrag bezüglich der Möglichkeit zur energetischen Bilanzierung der temporären Wärmeschutzwirkung von Abschlüssen dar. Insbesondere innere Abschlüsse betreffend stehen jetzt tabellarisierte Kennwerte für zur Verfügung, welche der heutigen Wirkungsbandbreite typischer Abschlüsse entsprechen. Gegenüber der bisherigen normativen Erfassung wird außerdem eine deutliche Verbesserung dadurch geschaffen, dass nunmehr die Quantifizierung der Wirkung eines temporären Wärmeschutzes im Bilanzrahmen der DIN V 18599 als perspektivisch ausschließliches Rechenverfahren zur energetischen Nachweisführung nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) bzw. Energieeinsparverordnung (EnEV) möglich ist.

### 3.2 Perspektive und weitergehender Forschungsbedarf

Ausgehend von den durch die Projektbearbeitung geschaffenen Möglichkeiten zur rechnerischen Berücksichtigung eines temporären Wärmeschutzes sollen die Ergebnisse und die für unterschiedliche Ausgangssituationen quantifizierten Einsparpotenziale eine Diskussionsgrundlage bezüglich der Zulässigkeit eines rechnerischen Ansatzes im Zuge der energetischen Nachweisführung gemäß GEG bzw. EnEV bereitstellen. Hierbei geht es um die grundsätzliche Frage, ob bzw. unter welchen Voraussetzungen ein rechnerisch ermitteltes theoretisch vorhandenes Einsparpotenzial praktisch auch erreicht werden kann. Zumindest für solche Abschlüsse, deren „Aktivierung“ durch eine Regelung oder Steuerung automatisiert erfolgt, sollte der Ordnungsgeber den rechnerischen Ansatz der infolge einer Automatisierung sicher erschließbaren Einsparpotenziale zulassen. Insbesondere im Kontext

der Diskussionen zur Flexibilisierung bezüglich der Erfüllung ambitionierter Anforderungsniveaus sollten die Regeln zur Nachweisführung der im Zuge der Smart-Home-Entwicklung immer selbstverständlicher werdenden Automatisierung und den damit verbundenen Möglichkeiten gerecht werden.

Aus den messtechnischen Untersuchungen kann weitergehender Forschungsbedarf insofern abgeleitet werden, als dass die entwickelten Ansätze zur faktoriellen Korrektur der Teilwiderstände  $R_{sh}$  eines Abschlusses und  $R_{air}$  der Luftschicht zwischen Abschluss und Fenster bzw. Fensterglas durch weitergehende Untersuchungen geprüft und bestätigt bzw. nach Notwendigkeit ggf. auch korrigiert werden sollten. Insbesondere für die zur Bewertung der Montagesituation „zwischen den Glasleisten“ vorgeschlagene Adaption der für die Montagesituation „in der Laibung“ abgeleiteten Faktoren ist eine messtechnische Bestätigung wünschenswert.

Grundsätzlicher weitergehender Untersuchungsbedarf besteht hinsichtlich einer Überprüfung der aus DIN EN 13125 „übernommenen“ Regelungen zur Abhängigkeit des  $\Delta R$ -Wertes von der wirksamen Gesamtfugenbreite  $e_{tot}$ . Für die Montagesituation „vor der Nische“ existiert bislang keine normative Vorgabe, wie in diesem Fall eine wirksame Gesamtfugenbreite zu ermitteln ist. Dies vor dem Hintergrund, dass hier keine wie bei der in DIN EN 13125 vorgesehenen oberen, unteren und seitlichen Abstände innerhalb der Laibung angegeben werden können, sondern der (mittlere) horizontale Abstand des Abschlusses zur Wand die eigentlich messbare Größe darstellt.

Normativer Fortschreibungsbedarf besteht außerdem bezüglich der Formulierung von einheitlichen Vorgaben zur Durchführung von Hotbox-Messungen an Fenstern mit Abschlüssen. Auf Basis der gegenwärtigen diesbezüglichen Regelungen kann keine Vergleichbarkeit von Messungen bzw. Reproduzierbarkeit von Messergebnissen gewährleistet werden. Dies betrifft insbesondere die Notwendigkeit zur Angabe von geometrischen Vorgaben für die Versuchsdurchführung, die zwischen Messungen für äußere Abschlüsse und Messungen für innere Abschlüsse unterscheiden. Für die Fortschreibung der normativen Regelungen kann dabei der im Rahmen der Forschungsarbeit entwickelte Vorschlag zur Durchführung von Messungen an Fenstern mit Abschlüssen im abgeklebten Zustand einen Ausgangspunkt darstellen, da der Einfluss einer Hinterströmung des Abschlusses einen großen Einfluss auf den messtechnisch zu erfassenden Wärmedurchgang hat und diese Unsicherheit durch ein Abkleben umgangen werden kann bzw. eine bessere Reproduzierbarkeit von Messergebnissen ermöglicht.

---