



# TR 108 Abschlüsse und Markisen - Wärmeschutz

---

Technische Richtlinie 108, herausgegeben vom Technischen Kompetenzzentrum  
Bundesverband Rollläden + Sonnenschutz e.V.

**Auswirkung auf U-Wert Fenster  
Energieeinsparung**

Ausgabe Juni 2014

**Inhaltsverzeichnis**

Anwendungshinweise .....	3	5 Berechnungsverfahren .....	11
1 Vorwort.....	3	5.1 Berechnung von $\Delta R$ .....	11
2 Grundlagen .....	4	5.2 U-Wert-Berechnung Fenster.....	12
2.1 Historie.....	4	5.3 Rechenbeispiele.....	12
2.2 Normen und Vorschriften.....	4	6 Energieeinsparung .....	14
2.3 Wärmetechnische Berücksichtigung .....	5	6.1 Einfache Energiebilanz.....	14
2.4 Einflussgrößen .....	5	6.2 Oberflächentemperaturen.....	15
3 Luftdurchlässigkeit.....	6	6.3 Forschungsprojekt „Hauser“ .....	16
3.1 Allgemeine Definition .....	6	7 Literaturverzeichnis .....	18
3.2 Definition bei Rollläden .....	6	Schlusswort .....	19
3.3 Klassifizierung äußere Abschlüsse.....	6		
3.4 Markisen, Abschlüsse innen .....	8		
4 Werte für $R_{sh}$ .....	9		
4.1 Pauschalwerte.....	9		
4.2 Genauere Bestimmung .....	9		
4.3 Empfohlene Werte .....	10		

**Frühere Ausgaben**

Technische Hinweise, Blatt 1.1, Februar 1984

Technische Richtlinie, Blatt 1.1, August 1996

Technische Richtlinie, Blatt 1.1, November 1997

Technische Richtlinie, Blatt 1.1, Februar 2002

Technische Richtlinie, Blatt 1.1, April 2004

**Mit freundlicher Unterstützung durch:**

Technischer Ausschuss, Bundesverband Rollläden + Sonnenschutz e.V. (BVRS), Bonn

Fachausschüsse Rollläden und Raffstore der Industrievereinigung Rollläden-Sonnenschutz-Automation (IVRSA) im Industrieverband Technische Textilien – Rollläden – Sonnenschutz e.V. (ITRS), Mönchengladbach

Fördermitglieder des BVRS (Industrie)

## Anwendungshinweise

Diese Technische Richtlinie steht jedermann zur Anwendung frei. Durch das Anwenden dieser Richtlinie entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jegliche Haftung des Herausgebers ist ausgeschlossen. Bitte beachten Sie auch das Schlußwort.

Die Inhalte dieser Richtlinie sind urheberrechtlich geschützt. Auch eine auszugsweise Wiedergabe ist nur mit Quellenangabe zulässig.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Der Herausgeber behält sich insofern sämtliche in Betracht kommenden Ansprüche insbesondere auf Unterlassung und Schadenersatz ausdrücklich vor.

Die Verbreitung dieser Richtlinie erfolgt vorzugsweise in elektronischer Form. Eine Druckfassung kann auf Anfrage gegen Kostenerstattung zur Verfügung gestellt werden.

Das Einräumen eines Zugangs für Dritte zu den Dokumenten sowie deren Einstellen in das Internet und/oder in lokale Intranetsysteme (z.B. Kundendatenbanken) sind stets widerruflich zugelassen. Dabei ist jegliche Umgestaltung der Dokumente unzulässig.

Der Nutzer ist verpflichtet, die Zugriffsmöglichkeiten nicht missbräuchlich zu nutzen und den anerkannten Grundsätzen zum Schutz der Datensicherheit Rechnung zu tragen; er wird ferner aufgefordert, dem Herausgeber Hinweise auf eine missbräuchliche Nutzung unverzüglich anzuzeigen.

## 1 Vorwort

Diese Richtlinie beschreibt die Auswirkungen von Abschlüssen und Markisen auf den U-Wert von Fenstern.

Die Erstausgabe vom Februar 1984 galt nur für Rollläden, die Angabe zu den Verbesserungen des Wärmeschutzes erfolgte aus Untersuchungsergebnissen. Die Anforderungen an wärmedämmende Rollläden wurden grundlegend festgelegt. Zusätzlich war die „Tischendorf-Formel“ für den k-Wert (heute U-Wert) von Rolllädenkästen enthalten.

Im August 1996 war die Einarbeitung der Wärmeschutzverordnung (WSVO) 1995 [1] abgeschlossen. Enthalten waren Anforderungen an Rolllädenkästen nach Bundesanzeiger, also der eindimensionale Nachweis (nicht Berechnung!) des k-Werts von 0,6 W/m<sup>2</sup>K. Obwohl gemäß WSVO nicht für den öffentlich-rechtlichen Nachweis zugelassen, wurde auf eine Darstellung des „Deckelfaktors“ für Rollläden nicht verzichtet. Diese Richtlinie wurde unverändert im Jahre 2000 in die erste Auflage des Planungshandbuchs übernommen.

Zum April 2004 erfolgte die Erweiterung auf alle Arten von Abschlüssen unter Bezugnahme auf die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 [2] und europäische/internationale Normen. Da laut diesen Normen der Rolllädenkasten nur in Ausnahmefällen Einfluss auf die Wärmedämmung hat, erfolgte die Herausnahme der Anforderungen an Rolllädenkästen. Auch in der EnEV erfolgt bis heute keine Berücksichtigung der zusätzlichen taugzeitlichen Wärmedämmung durch Abschlüsse.

Der Einfluss des Rolllädenkastens ist anderweitig geregelt, nämlich in DIN 4108-2 [3] bzw. dem Beiblatt 2 zur DIN 4108 [4]. Nähere Ausführungen hierzu in TR 103 Rollläden, Außensonnenschutz - Kästen.

## 2 Grundlagen

Abschlüsse und Markisen, wie sie in **DIN EN 12216** Abschlüsse – Terminologie, Benennungen und Definitionen [5] definiert sind, bewirken an einem Fenster einen zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstand  $\Delta R$ , der in der Regel unabhängig vom U-Wert des Fensters bzw. der Verglasung ist. Ursache ist die Luftschicht zwischen Abschluss und Fenster, der Wärmedurchgangswiderstand  $R_{sh}$  des Abschlusses sowie dessen strahlungstechnische Eigenschaften. Eine einseitig aufgebrachte Beschichtung mit niedrigem Emissionsvermögen (low-E) kann signifikante Verbesserungen hervorrufen.

Die Verbesserung durch geschlossene Abschlüsse und Markisen kann entweder im Labor gemessen oder berechnet werden.

### 2.1 Historie

Die Anfänge der Normung zur Berechnung lässt sich bis in das Jahr 1990 zurückverfolgen. CEN/TC89/WG 7 – der für Fenster zuständige Normenausschuss – wurde beauftragt, eine vereinfachte Methode zu entwickeln. Recht früh wurde auch schon TC33/WG 3 in das Verfahren einbezogen, unter Mitwirkung des BVRs.

Aufgrund von Berechnungen des französischen Prüfinstituts CSTB und Messungen des ift Rosenheim wurden drei Formeln für hohe, mittlere und niedrige Luftdurchlässigkeit entwickelt, schon unter Verwendung von  $R_{sh}$ -Werten. Diese wurden im März 1992 in einem ersten Normenentwurf für DIN EN ISO 10077-1 [6] festgehalten.

Den Mitgliedern von TC33/WG3, insbesondere Deutschland und Frankreich, erschien diese Regelung zu ungenau und auch zu schlecht für gute, also dichte Abschlüsse.

Deshalb wurden August 1992 eigene Vorschläge gemacht, die auf Untersuchungen des Centre Experimental du Batiment et des Travaux Publics (CEBTP) und Laboratoire National des Essais (LNE) beruhte. Dieser Vorschlag hatte dann schon die heute üblichen Inhalte und ist in der weltweit gültigen DIN EN ISO 10077-1 enthalten.

### 2.2 Normen und Vorschriften

Hersteller von Abschlüssen können gemäß DIN EN 13659 – Abschlüsse außen – Leistungs- und Sicherheitsanforderungen die Werte von  $\Delta R$  angeben; eine Verpflichtung besteht zurzeit noch nicht. Mit dem Erscheinen der nächsten Fassung der **DIN EN 13659** Abschlüsse - Leistungs- und Sicherheitsanforderungen [7] dürfte sich dies ändern, dann handelt es sich um eine mandatierte Eigenschaft, die mit dem CE-Zeichen angegeben werden muss, wie z. B. der Widerstand gegen Windlast.Grundsätzlich geregelt ist dies in der Bauproduktenverordnung (BauPV) [8].

Lieferanten von Komponenten, also Rollladenpanzern oder Ladenflügeln, erleichtern ihren Kunden die Bestimmung des temporären (tageszeitlichen) Wärmeschutzes durch die Angabe des  $R_{sh}$ -wertes, also des Wärmedurchgangswiderstandes des Behangs (sh = shutter), näheres hierzu in Abschnitt 4.

Kleinere, meist handwerkliche Hersteller (nach BauPV) können dann mit Hilfe dieser Richtlinie den Wärmedurchlasswiderstand  $\Delta R$  und/oder den verbesserten U-Wert des Fensters berechnen.

Grundlage für die Berechnung ist die **DIN EN ISO 10077-1** - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 1: Vereinfachtes Verfahren.

Auf Basis dieser Norm wurde von CEN/TC33/WG3, dem europäischen Normenschuss für Abschlüsse und Markisen, die DIN EN 13125 Abschlüsse – Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand, Zuordnung einer Luftdurchlässigkeitsklasse zu einem Produkt [9], entwickelt.

Während DIN EN ISO 10077-1 nur die Berechnung von äußeren Abschlüssen enthält, können mit DIN EN 13125 auch Markisen und innere Abschlüsse berechnet werden. Deshalb enthält diese Richtlinie nicht nur den Einfluss von äußeren Abschlüssen, wie dies bisher der Fall war.

### 2.3 Wärmetechnische Berücksichtigung

Die DIN 4108-4 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte [10] enthält folgende Anmerkung:

*Der Wärmedurchgangskoeffizient für Fenster, Fenstertüren sowie Dachflächenfenster kann durch Abschlüsse (Rollläden) weiter verbessert werden. Unter stationären Bedingungen können bei regelmäßiger und sachgerechter Benutzung automatisch (zeitgesteuert) bediente Abschlüsse eine Verbesserung von etwa  $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  und manuell bediente von  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bewirken. Im Bemessungswert bleibt diese Möglichkeit unberücksichtigt.*

**Dies bedeutet, dass zurzeit keine Berücksichtigung zugelassen ist!**

### 2.4 Einflussgrößen

Für die Berechnung des zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstands  $\Delta R$  von Abschlüssen und Markisen sind folgende Einflußgrößen von Bedeutung:

- ▶ Luftdurchlässigkeit des Produktes,
- ▶ Wärmedurchlasswiderstand  $R_{sh}$  des Behangs,
- ▶ strahlungstechnische Eigenschaften des Behangs.

**Hinweis: Die wärmetechnischen Eigenschaften des Fensters sind hier ohne Bedeutung!**

Die Bestimmung der Luftdurchlässigkeit des gesamten Produktes ist in Abschnitt 3 beschrieben, zur Vereinfachung der Berechnung erfolgt eine Einteilung in Luftdichtheitsklassen.

Für den Wärmedurchlasswiderstand  $R_{sh}$  (Abschnitt 4) liegen normativ nur für Rollläden und Ladenflügel Angaben vor. Neuere Berechnungen und Messungen haben abweichende Werte ergeben, diese müssen aber noch in den einschlägigen Normen ihren Niederschlag finden.

Eine Berücksichtigung der strahlungstechnischen Eigenschaften des Behangs ist normativ bisher nur für innenliegende Abschlüsse möglich. Im Abschnitt 5.1.3 ist ein Berechnungsverfahren nach DIN EN 13125 beschrieben.

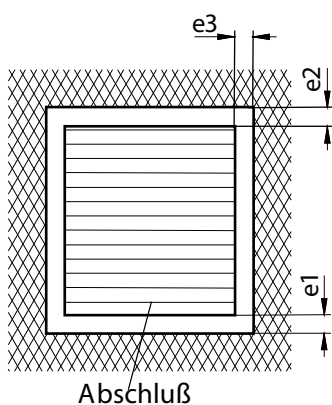
Es liegen jedoch durchaus verwendbare Einschätzungen bzw. Berechnungen für andere Produkte, wie z. B. Rollläden vor (Abschnitte 4 und 6).

### 3 Luftdurchlässigkeit

#### 3.1 Allgemeine Definition

Kriterien für die Bewertung der Luftdurchlässigkeit von Abschlüssen und Markisen sind die Ausführung des Behanges (z. B. Porosität) und die Größe des umlaufenden Luftspaltes.

Für die Bestimmung der Luftdurchlässigkeit wird, ausgehend von geometrischen Überlegungen, eine Hilfsgröße  $e_{tot}$  herangezogen.



Bei festen Abschlüssen ist  $e_{tot}$  die Summe der Zwischenräume  $e_1$ ,  $e_2$  und  $e_3$ . Die seitlichen Zwischenräume  $e_3$  werden jedoch nur einmal berücksichtigt, da sie die Durchlässigkeit weniger beeinflussen als oben und unten.

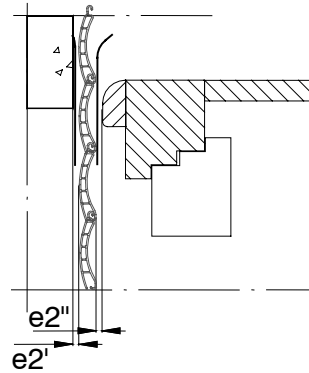
In Abhängigkeit von den zu bewertenden Produkten werden Abschlüsse und Markisen in Luftdurchlässigkeitsklassen eingeteilt, die genaue Zuordnung ist in DIN EN 13125 geregelt.

In den Einbauanleitungen der Hersteller sind die einzuhaltenden Zwischenräume anzugeben, um die zugesicherte Eigenschaft  $\Delta R$  zu erfüllen.

#### 3.2 Definition bei Rollläden

Der obere Zwischenraum  $e_2$  ist bei Rollläden das kleinere der Maße  $e_2'$  und  $e_2''$  (siehe Skizze).

Dies ist deshalb möglich, da von einer Luftdichtheit des Rollladenkastens ausgegangen wird und der Luftaustausch von außen in den Zwischenraum Fenster/Behang nur über die beiden Luftspalte erfolgt.



Zumindest bei raumabschließenden Rollladenkästen (Einbau- und Aufsatzkästen) ist dies Regel der Technik, bei Vorbaukästen ist in der Regel auch eine ausreichende Luftdichtheit vorhanden.

Die seitlichen Zwischenräume bei Rollläden werden durch die Ausführung der Führungsschienen bestimmt. Wie dies bewertet werden kann, ist in DIN EN 13125 beispielhaft aufgeführt.

#### 3.3 Klassifizierung äußere Abschlüsse

Bei äußeren Abschlüssen, also Rollläden, Außenjalousien/Raffstores und Läden, kommen in Übereinstimmung mit DIN EN ISO 10077-1 fünf Leistungsklassen zur Anwendung. Weitergehende Festlegungen und Beispiele sind in DIN EN 13125 enthalten.

##### Klasse 1

##### Abschlüsse mit höchster Luftdurchlässigkeit

Zu dieser Klasse gehören Abschlüsse, deren Gesamtfläche sämtlicher Zwischenräume, dazu zählen die umgebenden Zwischenräume, Durchbrüche und geöffnete Licht- und Luftschlitze, 25 % der Gesamtfläche des Behanges nicht überschreitet.

DIN EN ISO 10077-1 gibt hier als Bedingung  $e_{tot} > 35$  mm an.

Mindestklassen ohne Nachweis nach DIN EN 13125:

- ▶ Faltläden geführt (Akkordeon),
- ▶ Abschluss mit wendbaren Stäben (z. B. Außenjalousien/Raffstores),
- ▶ Drehladen mit feststehenden Öffnungen.

## Klasse 2

### Hohe Luftdurchlässigkeit

Hierzu zählen Abschlüsse, bei denen die Licht- und Luftschlitze geschlossen sind, und das Maß  $e_{\text{tot}}$  zwischen 15 und 35 mm liegt.

Die mathematische Definition nach DIN EN ISO 10077-1 ist  $15 \text{ mm} < e_{\text{tot}} < 35 \text{ mm}$ .

Mindestklassen ohne Nachweis für  $e_{\text{tot}}$  nach DIN EN 13125 für folgende Produkte:

- ▶ Holzrollladen.
- ▶ Verbundraffstores in geschlossener Stellung.

**Anmerkung:** Diese Angaben sind produktbezogene Auslegungen der Norm, da kein Produkt eindeutig genannt wurde (gilt auch für die nachfolgenden Klassen)

## Klasse 3

### Mittlere Luftdurchlässigkeit

Dies sind Abschlüsse mit geschlossenen Lichtschlitzen, die Stäbe des Panzers müssen ineinandergreifen oder überlappen (z. B. Rollladen aus Einschiebestäben), das Maß  $e_{\text{tot}}$  liegt zwischen 8 und 15 mm.

Die mathematische Definition nach DIN EN ISO 10077-1 ist  $8 \text{ mm} < e_{\text{tot}} < 15 \text{ mm}$

Mindestklassen ohne Nachweis nach DIN EN 13125 für folgende Produkte:

- ▶ Faltladen geführt ohne Öffnungen in geschlossener Stellung,
- ▶ Drehläden ohne Öffnungen, in der Laibung eingepasst,
- ▶ Rollladen aus Einschiebestäben mit Führungsschienen ohne Keder (z. B. in Führungsnuten aus Holz).

**Anmerkung:** Standard für Rollläden!

## Klasse 4

### Geringe Luftdurchlässigkeit

Abschlüsse wie Klasse 3,  $e_{\text{tot}}$  ist jedoch kleiner als 8 mm. Die mathematische Definition nach DIN EN ISO 10077-1 ist  $e_{\text{tot}} \leq 8 \text{ mm}$ .

DIN EN 13125 nennt hier insbesondere Rollläden in Führungsschienen mit Kedern.

## Klasse 5

### „Luftdicht“

Abschlüsse wie Klasse 3,  $e_{\text{tot}}$  ist jedoch kleiner als 3 mm, wobei an drei Seiten wirksame Dichtungen vorhanden sein müssen.

Die mathematische Definition nach DIN EN ISO 10077-1 ist  $e_{\text{tot}} \leq 3 \text{ mm}$  und  $e1 + e2 = 0$  oder  $e2 + e3 = 0$ .

Nach DIN EN 13125 gilt ein Rollladen als luftdicht, wenn:

- ▶ ungeachtet der Krümmung der Stäbe, die Führungsschienen mit Kedern (z. B. Bürsten, elastische Profile) ausgestattet sind,
- ▶ der Schlusstab unten mit einem abdichtenden Profil ausgestattet ist,
- ▶ eine Abdichtung am Einlauf des Rollladens vorhanden ist, z. B. Anpressfeder mit Sturzdichtung, beidseitige Dichtung (Bürste, Schlauch).

Dabei ist zu beachten, dass sowohl die Verbindung zwischen Führungsschiene und Fensterrahmen (Mauerwerk) als auch die Anbindung des Rollladenkastens luftdicht ist.

Der Nachweis kann auch durch Messung nach DIN EN 12835 Luftdichte Abschlüsse - Messung der Luftdichtheit [11] erfolgen. Dabei darf bei einer Behangfläche von einem  $\text{m}^2$  und 10 Pa Druckdifferenz ein Luftstrom von max.  $10 \text{ m}^3$  auftreten.

### 3.4 Markisen, Abschlüsse innen

Markisen, innere Abschlüsse und in der Verglasung enthaltene Abschlüsse sind von der DIN EN ISO 10077-1 nicht erfasst, hierfür bietet die DIN EN 13125 eine Berechnungsmöglichkeit an.

Die Kriterien für eine Zuordnung zu insgesamt drei Luftdurchlässigkeitsklassen sind:

- ▶ die umgebenden Zwischenräumen, also  $e_{tot}$
- ▶ die Luftdurchlässigkeit  $p$  (für Porosität) des Behanges selbst, in Prozent.

**Anmerkung:** Der Öffnungskoeffizient  $C_o$  nach DIN EN 14500 [12] beschreibt die „Porosität“ eines textilen Behanges. Bei den strahlungstechnischen Angaben zu Stoffen ist  $C_o$  mit aufzuführen. Es handelt sich um eine dimensionslose Zahl zwischen 0 und 1, die mit 100 multipliziert werden muss, um  $p$  in Prozent zu erhalten.

Zur Klassifizierung dient der Wert  $P_e$ , der nach folgender Formel berechnet wird:

$$P_e = e_{tot} + (10 \cdot p) \quad [\text{in mm}]$$

Bei Innenjalousien ist  $C_o$  das Verhältnis der Summe der „übrigen“ Zwischenräume zur Gesamtfläche des Behanges. Da hier nach DIN EN 14500 noch keine Bestimmung möglich ist, ist ein Pauschalwert von 4 % anzunehmen.

Da eine Berechnung von  $\Delta R$  in der Regel vor dem Einbau erfolgt, enthält die DIN EN 13125 Tabellen für die üblichen Zwischenräume  $e$  bei inneren Abschlüssen nach Produktnorm DIN EN 13120 [13]. Diese sollen hier auszugsweise wiedergegeben werden, und zwar für solche Produkte, bei denen ein genaues Aufmaß vorgekommen wird.

Produkt	Position	e1	e2	e3
Faltstore	im Falz	0	0	2
	außen	0	0	17
Innenjalousie	im Falz	5	3	3
	außen	5	3	17
Rollo einfach	im Falz	10	20	20
	außen	20	20	20
Rollo mit Kasten und Führungsschiene	je nach Einbausituation	20	10	15
		10	2	2
		0	2	2

Tabelle B.1 - Innere Abschlüsse

Produkt	Position	e1	e2	e3
Faltstore	im Zwischenraum	0	0	2
Innenjal.	scheidenraum	3	5	2
Rollo		10	5	5

Tabelle B.2 - Abschlüsse in der Verglasung (Verbund/Kastenfenster)

#### Klasse 1

Hohe und höchste Luftdurchlässigkeit

Bedingungen bei Markisen:  $P_e \geq 35 \text{ mm}$ ,

bei inneren Abschlüssen:  $P_e \geq 80 \text{ mm}$

#### Klasse 2

Mittlere Luftdurchlässigkeit

Bedingungen bei Markisen:  $8 \text{ mm} \leq P_e < 35 \text{ mm}$ ,

bei inneren Abschlüssen:  $20 \text{ mm} \leq P_e < 80 \text{ mm}$

#### Klasse 3

Niedrige Luftdurchlässigkeit

Bedingungen bei Markisen:  $P_e < 8 \text{ mm}$ ,

bei inneren Abschlüssen:  $P_e < 20 \text{ mm}$

**Anmerkung:** Ungeachtet des  $p$ -Wertes gehören Vertikaljalousien immer der Klasse 1 an.



## 4 Werte für $R_{sh}$

### 4.1 Pauschalwerte

Die für die Berechnung erforderlichen  $R_{sh}$ -Werte können der DIN EN ISO 10077-1 entnommen werden. Die Tabelle G.2 enthält die bisher üblichen Standardwerte.

Art des Abschlusses	$R_{sh}$ [m <sup>2</sup> K/W]
Aluminiumrollläden	0,01
Rollläden aus Holz oder Kunststoff ohne Einlage	0,10
Kunststoffrollladen mit Dämmstoffeinlage	0,15
Läden aus Holz, 25 - 30 mm dick	0,20

Tabelle G.2 - Standardwerte nach DIN EN ISO 10077-1

Bei der Betrachtung dieser Standardwerte fällt der eklatante Unterschied zwischen Rollläden aus Kunststoff und solchen aus Aluminium auf. Bei vergleichenden Messungen in der Hotbox, z. B. durch den BVRS beim ZAE in Würzburg mit Vorbaurollläden, konnte dies so nicht bestätigt werden. Es waren nur geringe Unterschiede feststellbar, die im Rahmen der Meßungenauigkeit lagen.

Dazu ist zu sagen, dass die Tabelle mindestens 25 Jahre alt ist, als Quelle ist das CSTB identifiziert worden (s. Abschnitt 2.1 Historie).

Damals hatten rollgeformte und damit dünnwandige Aluminium-Rollladenstäbe nicht die europaweite Verbreitung wie heute, auch die Kunststoffstäbe waren eher in Kastenform und hatten dadurch eine sehr hohe mittlere Stabdicke, die nahezu der Stabnennndicke entsprach.

### 4.2 Genauere Bestimmung

Für die Bestimmung des  $R_{sh}$ -Wertes nennt die DIN EN 13125 mehrere Verfahren:

- ▶ Messung mit dem Plattenheizgerät nach ISO 8302 [14]; üblich sind jedoch Messungen in der „Hot-Box“;
- ▶ Berechnung nach DIN EN ISO 6946 [15] für homogene Werkstoffe, z. B. Holzrollläden;
- ▶ Berechnung nach DIN EN ISO 10211 [16] für heterogene Werkstoffe, z. B. zusammengesetzte Bauteile;
- ▶ DIN EN ISO 10077-2 [17] wird für Hohlprofile angewendet.

#### 4.2.1 PVC-Rollladenstäbe

Für PVC-Rollladenstäbe enthält die DIN EN 13125 eine vereinfachte Rechenmethode auf der Grundlage der mittleren Stabdicke:

$$R_{sh} = 0,0157 \cdot d - 0,00034 \cdot d^2 \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

**Anmerkung:** Gilt nur bis 25 mm Stabdicke!

Beispielrechnungen für Kunststoffrollläden in heute üblicher Form mittels der vereinfachten Formel ergeben starke Abweichungen zu den Standardwerten der Tabelle G.2 der DIN EN ISO 10077-1.

So ist bei einer mittleren Stabdicke von 3 mm, was durchaus sein kann, nur noch ein  $R_{sh}$ -Wert von 0,05 m<sup>2</sup>K/W zu ermitteln, bei 5 mm sind dies 0,07 m<sup>2</sup>K/W. Erst ab einer mittleren Stabdicke von 7 mm ergibt sich der Normwert, mit größeren mittleren Stabdicken können wesentlich höhere Werte erzielt werden.

Aktuelle Untersuchungen des FIW München (s. auch Abschnitt 4.2.2) bestätigen dies.

### 4.2.2 Aluminium-Rollladenstäbe

In einer durch den Industrieverband Technische Textilien - Rollladen - Sonnenschutz (ITRS) beim Forschungsinstitut für Wärmeschutz (FIW) in Auftrag gegebenen Studie [18] wurden Berechnungen und Messungen an Aluminium-Rollladenstäben durchgeführt.

Dabei wurde festgestellt, dass die Materialdicke den größten Einfluss auf den  $R_{sh}$ -Wert hat, wogegen die Ausschäumung nahezu ohne Bedeutung ist. Weitere Einflussgrößen sind die Stabdicke, die Deckbreite und die Beschichtung/Folierung.

Da noch weitere Einflüsse zu verzeichnen sind, wie z.B. die Formgebung und die Hakenausbildung, ist man bei der abschließenden Bewertung übereingekommen, für alle rollgeformten Aluminiumstäbe einen  $R_{sh}$ -Wert von  $0,03 \text{ m}^2\text{K/W}$  zu verwenden. Es wird auch angestrebt, diesen Wert in die einschlägige Normung einzubringen.

### 4.2.3 Andere Stabmaterialien

#### Holz

Bei der Bestimmung des  $R_{sh}$ -Werts von Rollladenstäben ist man bei der DIN EN ISO 10077-1 ebenfalls von einer mittleren Stabdicke von ca. 14 mm ausgegangen. Bei geringeren mittleren Stabdicken ist demzufolge ein niedriger Wert für  $R_{sh}$  anzusetzen.

Beträgt diese z. B. nur 7 mm, so ergibt sich rechnerisch ein  $R_{sh}$ -Wert von  $0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Zu beachten ist auch, dass die Werte für Nadelholz mit einer Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  von  $0,13 \text{ W/mK}$  gelten. Bei Laubhölzern wie Buche oder Eiche beträgt dieser Wert  $0,18 \text{ W/mK}$ , bei Tropenhölzern kann er noch höher sein. Dadurch ergeben sich geringere  $R_{sh}$ -Werte.

#### Stahl und nichtrostender Stahl

Diese Materialien werden ebenfalls für Rollladenstäbe verwendet, durch die wesentlich geringere Wärmeleitfähigkeit gegenüber Aluminium können die  $R_{sh}$ -Werte höher werden. Bei Aluminium werden  $210 \text{ W/mK}$  angesetzt, niedrig legierter Stahl weist ca.  $42 \text{ W/mK}$  auf, während hochlegierter (nichtrostender) Stahl eine Wärmeleitfähigkeit von  $15 \text{ W/mK}$  hat.

Es muss jedoch davor gewarnt werden, die Werte für Aluminiumstäbe zuraufhin zu interpolieren, denn hier können weitere Einflüsse vorliegen, wie z. B. größere Wanddicken und ggf. die Stabfüllung.

### 4.3 Empfohlene Werte

Wenn von den Stabherstellern keine  $R_{sh}$ -Werte zur Verfügung gestellt werden, können folgende Rechengrößen verwendet werden, um realistische Werte für die aktuellen Rollladenstäbe zu erhalten:

Stabart	$R_{sh}$ [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]
Kunststoff „Normal“-Stab	0,1
Kunststoff „Mini“-Stab	0,05
Aluminium ausgeschäumt	0,03
Aluminium stranggepresst	0,01
Holz-Rollladenstab 14er	0,1
Holz-Rollladenstab „Prisma“	0,05
Edelstahl rollgeformt	0,03 - 0,05

Werden von den Herstellern  $\Delta R$ -Werte unter Angabe der genauen Einbaubedingungen zur Verfügung gestellt, so besteht die Möglichkeit, unter Verwendung der Formeln des Abschnitts 5 auf die  $R_{sh}$ -Werte zurückzurechnen. Damit können  $\Delta R$ -Werte für abweichende Einbaubedingungen ermittelt werden.

## 5 Berechnungsverfahren

### 5.1 Berechnung von ΔR

Mit der Einordnung von Abschlüssen und Markisen in Luftdichtheitsklassen und dem Wärmedurchlasswiderstand der verwendeten Behänge können mit den nachstehenden Formeln die Werte für ΔR berechnet werden.

Bei Markisen und inneren Abschlüssen nach DIN EN 13120 bleibt der  $R_{sh}$ -Wert unberücksichtigt.

#### 5.1.1 Äußere Abschlüsse - Standard

Infrarot-reflektierende Schichten sind bei dieser Art der Berechnung nicht vorgesehen und können deshalb auch nicht berücksichtigt werden.

Luftdichtheitsklasse	Berechnungsformel
1	$\Delta R = 0,08$ [m <sup>2</sup> K/W]
2	$\Delta R = 0,25 R_{sh} + 0,09$ [m <sup>2</sup> K/W]
3	$\Delta R = 0,55 R_{sh} + 0,11$ [m <sup>2</sup> K/W]
4	$\Delta R = 0,8 R_{sh} + 0,14$ [m <sup>2</sup> K/W]
5	$\Delta R = 0,95 R_{sh} + 0,17$ [m <sup>2</sup> K/W]

**Anmerkung:** Die oben angegebenen Gleichungen gelten für  $R_{sh} < 0,3$  m<sup>2</sup> W/K.

#### 5.1.2 Markisen und sonstige Abschlüsse

Die nachstehenden Formeln gelten gleichermaßen für Markisen, innere Abschlüsse und Abschlüsse, die in der Verglasung enthalten sind. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Bedingungen für eine Zuordnung zu den drei Luftdichtheitsklassen unterschiedlich sind.

Luftdichtheitsklasse	Berechnungsformel
1	$\Delta R = 0,08$ [m <sup>2</sup> K/W]
2	$\Delta R = 0,11$ [m <sup>2</sup> K/W]
3	$\Delta R = 0,14$ [m <sup>2</sup> K/W]

#### 5.1.3 Korrekturfaktoren low-E

Für Beschichtungen mit niedrigem Emissionsvermögen (low-E) gibt es in DIN EN 13125 Korrekturfaktoren. Der Wert ε bezeichnet den Emissionsgrad der Beschichtung. Die ermittelten Werte für ΔR sind mit dem Faktor k zu multiplizieren.

**Innere Abschlüsse:**  $k = 1 + 1,54(1 - \varepsilon/0,9)^2$

**Abschlüsse in der Verglasung :**  $k = 1 + 2(1 - \varepsilon/0,9)^2$

**Wichtiger Hinweis:** Für Außenprodukte ist eine Anwendung wegen der Hinterlüftung unzulässig!

#### 5.1.4 Beispiele Rollläden low-E

Dem TKZ liegen Untersuchungen vor, bei denen eine rechnerische Abschätzung von ΔR für Rollläden mit infrarot-reflektierender Schicht vorgenommen worden ist. Dies erfolgte nach DIN EN ISO 6946 in Anlehnung an DIN EN 10077:2006.

Gerechnet wurde mit einem Kunststoffrollladen mit Dämmstoffeinlage der Klasse 5, der raumseitig beschichtet ist.

Bei ε = 0,23 wurde ein ΔR von 0,54 m<sup>2</sup>K/W ermittelt, bei ε = 0,10 waren es 0,68 m<sup>2</sup>K/W.

**Hinweis:** Diese Werte gelten nur für den untersuchten Rollläden und dürfen nicht allgemein verwendet werden!

## 5.2 U-Wert-Berechnung Fenster

Mit der nachstehenden Formel kann der Wärmedurchgangskoeffizient eines Fensters ( $U_w$ ) mit geschlossenen Abschlüssen und Markisen ( $U_{ws}$ ) berechnet werden.

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R}$$

Der Index W bedeutet Fenster (engl. window), WS bedeutet Fenster mit Abschluss (wobei S für engl. shutter steht).

**Erläuterung:** Die Wärmedurchgangskoeffizienten U können nicht einfach addiert werden. Dies geht nur mit den Wärmedurchlasswiderständen R. Deshalb wird  $U_w$  durch Kehrwertbildung in einen R-Wert umgewandelt. Nach erfolgter Addition ergibt dann wieder der Kehrwert den gewünschten Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters mit „temporärem“ Wärmeschutz.

## 5.3 Rechenbeispiele

### 5.3.1 Ausführliche Darstellung

Für ein Fenster mit einem  $U_w$ -Wert von 1,7 W/m<sup>2</sup>K soll die Verbesserung durch einen dichten Kunststoffrollladen (Klasse 5,  $R_{sh} = 0,1$  m<sup>2</sup>K/W) berechnet werden.

Zuerst wird  $\Delta R$  berechnet, der  $R_{sh}$ -Wert wird in die Formel der Klasse 5 eingesetzt.

$$\Delta R = 0,95 R_{sh} + 0,17 \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$$

$$\Delta R = 0,95 \cdot 0,1 + 0,17 = 0,265 \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$$

Nach den Rundungsregeln der DIN EN 13125 (2 Stellen) ist der aufgerundete Wert 0,27 m<sup>2</sup>K/W.

Die Werte werden nun in die Formel aus 5.2 (hier in anderer Darstellung) eingesetzt:

$$U_{ws} = 1 / (1 / 1,7 + 0,27) = 1,1652 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Nach den Rundungsregeln für Fenster ( 2 wertanzeigende Ziffern ohne 0) ist dies 1,2 W/m<sup>2</sup>K

Dies ist (mit nicht gerundeten Zwischenergebnissen) eine Verbesserung des  $U_w$ -Wertes um 31 %.

### 5.3.2 Gleiches Fenster, andere Abschlüsse

Zum Vergleich mit dem Beispiel 5.3.1 sollen nun andere Abschlüsse eingesetzt werden (nur  $\Delta R$  und Endergebnisse).

Aluminiumrollladen Klasse 4 (Tabellenwert 0,01 m<sup>2</sup>K/W)  
 $\Delta R = 0,15$ ,  $U_{ws} = 1,4$  W/m<sup>2</sup>K, Verbesserung 18 %

Vorbau-Rollladenelement mit Aluminium-Rollladen, typischerweise Klasse 4,  $R_{sh} = 0,03$  m<sup>2</sup>K/W  
 $\Delta R = 0,16$ ,  $U_{ws} = 1,3$  W/m<sup>2</sup>K, Verbesserung 22 %

wie vor, jedoch Kunststoff-Rollladen,  $R_{sh} = 0,05$  m<sup>2</sup>K/W  
 $\Delta R = 0,18$ ,  $U_{ws} = 1,3$  W/m<sup>2</sup>K, Verbesserung 23 %

Kunststoffrollladen, Klasse 3 (Tabellenwert 0,10 m<sup>2</sup>K/W)  
 $\Delta R = 0,14$ ,  $U_{ws} = 1,4$  W/m<sup>2</sup>K, Verbesserung 20 %

Rollladen aus 5.1.4

$$\Delta R = 0,68$$
,  $U_{ws} = 0,79$  W/m<sup>2</sup>K, Verbesserung 54 %

Es ist also durchaus sinnvoll, bei der Auswahl des Rollladens Sorgfalt walten zu lassen, um eine optimale Verbesserung des Wärmeschutzes zu erzielen.

### 5.3.3 Rollläden mit verschiedenen Fenstern

Abhängig vom Ausgangszustand, also dem  $U_w$ -Wert des Fensters, können unterschiedliche Verbesserungen erzielt werden. Am Beispiel eines Kunststoffrollladens der Klasse 5 mit  $R_{sh} = 0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$  ( $\Delta R = 0,265 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ ), soll dies dargestellt werden.

Fenster mit Einfachverglasung,  $U_w = 4,5 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U_{ws} = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 54 %

Fenster mit Doppelverglasung,  $U_w = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U_{ws} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 41 %

2-fach-Wärmeschutzglas,  $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U_{ws} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 26 %

3-fach-Wärmeschutzglas,  $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U_{ws} = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 23 %

3-fach-Wärmeschutzglas optimiert,  $U_w = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U_{ws} = 0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 17 %

### 5.3.4 Außenraffstores

Die Wirkung von Außenraffstores auf der Wärmeschutz wird oft verkannt.

Auch hier ist eine Verbesserung zu verzeichnen, wie die Beispiele an einem Fenster mit  $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  zeigen:

Standard-Raffstore (Klasse 1)  
 $\Delta R = 0,08$ ,  $U_{ws} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 9 %

Verbund-Raffstore, geschlossene Lamellen (Klasse 2), der  $R_{sh}$ -Wert ist mit 0 anzusetzen.  
 $\Delta R = 0,09$ ,  $U_{ws} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 10 %

### 5.3.5 Markisen

Fenster  $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Standard-Senkrechtmarkise (Klasse 1)  
 $\Delta R = 0,08$ ,  $U_{ws} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 9 %

Senkrecht-Markise mit Seitensaumführung und Kasten (seitlich und oben  $e = 0$ ), unten auf Fensterbank aufliegend (dann Klasse 3)

$\Delta R = 0,14$ ,  $U_{ws} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 15 %

### 5.3.6 Innere Abschlüsse

Fenster  $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Faltstore dicht im Rahmen eingepasst (Klasse 3)  
 $\Delta R = 0,14$ ,  $U_{ws} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 15 %

Dito, jedoch mit low-E-Beschichtung  $\varepsilon = 0,3$ , Korrekturfaktor 1,684  
 $\Delta R = 0,24$ ,  $U_{ws} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Verbesserung 24 %

Diese Ergebnisse zeigen, dass bei passgenauer Montage und low-E-Beschichtung mit Innenprodukten nahezu die gleichen Verbesserungen beim Wärmeschutz wie mit Standard-Rollläden erzielt werden kann. Dies ist auch durch die Studie „Hauser“ nachgewiesen, die im Abschnitt 6.3 beschrieben ist.

**Hinweis:** Vor allem bei Wärme- und Sonnenschutzverglasung kann es bei passgenauer Montage wegen der geringen Hinterlüftung bei starker Sonneneinstrahlung zu erhöhten Temperaturen im Zwischenraum kommen. Dies könnte zu Glasbruch führen, Näheres hierzu ist in der TR 110 zu erfahren.

## 6 Energieeinsparung

### 6.1 Einfache Energiebilanz

Wie sich ein Rollladen auf die Energiebilanz auswirkt, wird in diesem Abschnitt beschrieben. Ausgangspunkt ist die Verbesserung des  $U_w$ -Wertes in  $W/m^2K$ , denn mit den Prozentzahlen ist nichts anzufangen.

Gegeben sei ein altes Fenster mit klarer Doppelverglasung,  $U_w$  ist typisch **2,9  $W/m^2K$** .

Ein Kunststoffrollladen der Klasse 5 bewirkt einen Wert für  $U_{ws}$  von **1,6  $W/m^2K$** .

Die Differenz (Verbesserung) ist also **1,3  $W/m^2K$** .

Zur Berechnung der Heizenergie  $Q$ , die von einem einzelnen Bauteil für eine gesamte Heizperiode verursacht wird, gibt es die Formel

$$Q = 66 \cdot U \cdot A \quad [kWh/a]$$

Diese Formel fand noch in der EnEV 2002 für das vereinfachte Verfahren Anwendung. Heute sind wohl detailliertere Verfahren vorgeschrieben, für eine einfache Abschätzung ist die Formel aber gut geeignet.

Der Wert 66 ist eine sogenannte Heizgradzahl,  $U$  der Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils in  $W/m^2K$  und  $A$  dessen Fläche in  $m^2$ .

Um die Energieeinsparung berechnen zu können, ist die U-Wert-Differenz (s. o.), also  $\Delta U$  anzusetzen.

Allerdings ist ein Rollladen nicht über die ganze Heizperiode geschlossen, der Einfachheit halber sei angenommen, dass er von abends 19.00 Uhr bis morgens 7.00 Uhr geschlossen ist, also die Hälfte der Zeit.

Um das Ganze auch weiterhin einfach zu halten, wird von einer gleichbleibenden Außen- und Innentemperatur über die gesamte Heizperiode ausgegangen. Der statistische Fehler dürfte vernachlässigbar klein sein.

Deshalb wird die Verbesserung des U-Wertes mit dem halben Wert angesetzt, also mit **0,65  $W/m^2K$**  weitergerechnet.

Nimmt man nun an, dass ein Haus eine Fensterfläche  $A$  von **30  $m^2$**  hat, kann man diese Werte in die angepasste Formel einsetzen.

$$Q = 66 \cdot 0,5 \cdot \Delta U \cdot A \quad [kWh/a]$$

$$Q = 66 \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 30 = 1287 \text{ kWh/a}$$

Dies ist nun die Einsparung beim Heizenergiebedarf ( $Q_H$ ), der in den Räumen erforderlich ist. Da aber der Brennstoff nicht im Raum direkt verbrannt, sondern durch eine Heizungsanlage bereitgestellt wird, müssen die Verluste in dieser Anlage berücksichtigt werden. Dies geschieht durch die Anlagenaufwandszahl; bei einem typischen Altbau beträgt diese 1,85 (Quelle: Muster-Energiepass Hamburg). Mit dieser Zahl muss der obige Heizenergiebedarf multipliziert werden, benötigt werden also ein Primärenergiebedarf

$$Q_p = 2380 \text{ kWh/a}$$

Ein Liter Heizöl EL hat bei der Verbrennung einen Energiegehalt von rund 10 kWh, die Einsparung wäre demzufolge

#### 238 l Heizöl pro Jahr

Dies ist bei den immer mehr steigenden Heizölpreisen eine erhebliche Einsparung.

## 6.2 Oberflächentemperaturen

Die Verbesserung des U-Werts von Fenstern durch geschlossene Abschlüsse ist nicht der einzige Effekt, der zur Energieeinsparung beitragen kann.

Bei geschlossenen Abschlüssen ist auch ein signifikanter Anstieg der Oberflächentemperatur der Verglasung festzustellen, wie zahlreiche Untersuchungen nachgewiesen haben. Zu dem nachstehend beschriebenen Projekt liegen uns genaue Daten vor.

### 6.2.1 Projekt EnEff06 [19]

Das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) hatte es sich in den Jahren 2004 bis 2006 zur Aufgabe gemacht, im Rahmen der Umsetzung der EU-Gebäudeenergie richtlinie und der damit zusammenhängenden Novellierung der Energieeinsparverordnung mit dem flächendeckenden Energiepaß eine Überprüfung der Berechnungsansätze vorzunehmen.

Durch die Mitwirkung des Bundesverbandes Rollläden + Sonnenschutz e.V. konnte erreicht werden, dass auch Rollläden in die Messungen mit einbezogen wurden. Zwei Versuchszellen mit verschiedenen Fenstern wurden mit Standard-Vorbaurollläden ausgestattet und wärmetechnisch untersucht.

Dabei wurde festgestellt, dass in Abhängigkeit von der vorhandenen Verglasung die Oberflächentemperaturen ansteigen, bei einer Zweischeiben-Isolierverglasung war ein Anstieg von ca. 3° C zu verzeichnen.

Zusätzlich wurde an einen Rollladen noch innenseitig eine Aluminium-Folie aufgeklebt, deren Reflexionsgrad im thermischen Bereich bei ca. 95 % lag.

Beim U-Wert konnte durch die Beschichtung eine wesentliche Verbesserung ermittelt werden, ohne die Beschichtung hatte das Gesamtsystem  $U = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ , mit der Beschichtung war  $U = 0,63 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Im Vergleich zu einem unbeschichteten Rollladen konnte ein Anstieg der Oberflächentemperatur auf der Außenseite der Verglasung von ca. 4° C festgestellt werden, auf der Raumseite waren es noch ca. 1° C.

Der Unterschied zur Raumtemperatur (ca. 21° C) lag nur noch bei ca. 3° C.

### 6.2.2 Behaglichkeit

Behaglichkeit ist ein Begriff für einen körperlichen und seelischen Zustand subjektiven Wohlbefindens. Zu den Hauptfaktoren für die Behaglichkeit gehört u. a. auch die Wandtemperatur. Ein Raum wird als behaglich empfunden, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Wandoberfläche und Raumluft weniger als 4° C und verschiedenen Wandoberflächen (Strahlungsasymmetrie) weniger als 5° C beträgt.

Um die Strahlungsasymmetrie durch Fenster zu verringern, werden die Heizkörper unter den Fenstern angebracht, um einen Ausgleich zu schaffen. Wird sie durch Rollläden verringert, so kann die Heizleistung herabgesetzt werden. Dies kann zur Verringerung der Raumtemperatur und damit zur Energieeinsparung führen.

Eine zusätzliche Verbesserung erzielt man durch das Anbringen von innenliegenden Abschlüssen, wie z. B. Rollos oder Falstores. Hier ist eine hinterlüftete Montage vorteilhaft, da zwischen Fenster und Beschattung dann nahezu Raumtemperatur herrscht und dadurch die Oberflächentemperatur weiter ansteigt.

### 6.2.3 Energieeinsparung

Zahlreichen Veröffentlichungen ist zu entnehmen, dass mit einer Absenkung der Raumtemperatur um 1° C eine Heizenergieeinsparung von 6 % erzielt werden kann.



### 6.3 Forschungsprojekt „Hauser“ [20]

Im Jahre 2011 wurde der im Auftrag des ITRS durch das Ingenieurbüro Prof. Hauser erstellte Aktionsplan mit den Teilen „Temporärer Wärmeschutz“ und „Sonnenschutz“ fertiggestellt. Im Rahmen dieser Richtlinie soll der Teil „Temporärer Wärmeschutz“ näher vorgestellt werden, der Teil „Sonnenschutz“ wird in TR 110 beschrieben.

#### 6.3.1 Grundlagen

Um das Energieeinsparpotenzial typischer temporärer Wärmeschutzsysteme in Bezug auf den Nutzwärmebedarf von Gebäuden quantifizieren zu können, wurden im Rahmen dieses Projekts umfangreiche Simulationsstudien am Beispiel einer Einzelraumgeometrie durchgeführt. Die Berechnungen erfolgen jeweils für Wohn- und Büronutzung analog zu den Nutzungsrandbedingungen für die Profile Einfamilienhaus (EFH), Mehrfamilienhaus (MFH) und Einzelbüro nach DIN V 18599 [21].

Zur Bewertung der erzielbaren Einsparungen im Hinblick auf den Jahres-Nutzenergiebedarf für die Heizung wurden Simulationen für den Altbaustandard sowie für den Neubaustandard nach EnEV 2009 durchgeführt. Untersucht wurden alle in dieser Richtlinie beschriebenen Produkte, auch mit IR-Beschichtung. Auch der Einfluss der Nutzung wurde ermittelt, von tageslichtabhängiger Steuerung (optimal) bis hin zu einer zeitlichen Steuerung von 22 Uhr bis 6 Uhr.

#### 6.3.2 Ergebnisse und Berechnung

Aus den Ergebnissen der Simulationen geht hervor, dass neben dem Einfluss des Fensterflächenanteils auch das jeweilige Wärmeschutzniveau der Gebäudehülle einen maßgeblichen Einfluss auf die durch temporäre Wärmeschutzsysteme zu erzielenden Einsparungen beim Jahres-Nutzwärmebedarf hat.

Ein Vergleich der einzelnen Berechnungen lässt den Schluss zu, dass die Einsparungen bei den verschiedenen Wärmeschutzniveaus in Abhängigkeit vom  $\Delta R$  des temporären Wärmeschutzes prozentual gesehen nahezu gleich bleiben. Dies deutet auf einen annähernd linearen Zusammenhang zwischen Einsparpotenzial und der Verbesserung des U-Wertes durch den temporären Wärmeschutz gegenüber dem U-Wert des Fensters ohne temporären Wärmeschutz hin.

Einen ähnlichen linearen Zusammenhang hat bereits Prof. Hauser 1983 [22] zwischen dem „Deckelfaktor“  $D$  und dem Verhältnis  $U_{WS}/U_W$  (früher  $k_{F+TW}/k_F$ ) aufgezeigt.

**Anmerkung:** In einer früheren Ausgabe dieser Richtlinie (Blatt 1.1 vom August 1996) ist dieser Deckelfaktor enthalten. Eine geplante Einführung dieses Deckelfaktors mit der Wärmeschutzverordnung (WSVO) 1995 scheiterte am Einspruch des Bundesrates.

Für die rechnerische Berücksichtigung der Energieeinsparung durch temporäre Wärmeschutzsysteme wird vorgeschlagen, eine Verminderung des Nutzwärmebedarfs ( $\Delta Q_{h,b}$ ) in Abhängigkeit des Verhältnisses  $U_{WS}/U_W$  auszuweisen, der vom errechneten Nutzwärmebedarf  $Q_{h,b}$  abgezogen werden kann.

Die Berechnung der Einsparung  $\Delta Q_{h,b}$  erfolgt auf Grundlage der nachfolgenden Gleichung. Die Abhängigkeit vom fassadenbezogenen Fensterflächenanteil und der Steuerung des temporären Wärmeschutzes lassen sich, analog zu den früheren Ergebnissen von Prof. Hauser, durch einen Faktor  $D_s$  ausdrücken.

Werte für den „Deckelfaktor“  $D_s$  können der Tabelle auf Seite 17 entnommen werden. Zwischenwerte bei Abweichung des fassadenbezogenen Fensterflächenanteils können linear interpoliert werden.



Die Formel gibt als Ergebnis in Abhängigkeit von den Eingangsdaten die Energieeinsparung in kWh/a oder kWh/(m²a) aus und lautet:

$$\Delta Q_{h,b} = Q_{h,b} \cdot D_s (1 - U_{WS}/U_w)$$

**Legende**

- Q<sub>h,b</sub> Nutzwärmebedarf
- D<sub>s</sub> „Deckelfaktor“ des temporären Wärmeschutzes
- U<sub>w</sub> Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters
- U<sub>WS</sub> Wärmedurchgangskoeffizient Fenster mit Abschluss

**Berechnungsbeispiel**

Einzelraum nach 6.3.1, Fensterflächenanteil 70 %, Nutzwärmebedarf Q<sub>h,b</sub> = 1260 kWh/a, U<sub>w</sub> = 3,0 W/m²K, Kunststoffrollladen Klasse 4, Nutzungszeit zwischen 22 und 6 Uhr.

Mit der Berechnung nach Abschnitt 5.3 ergibt sich:

U<sub>WS</sub> = 1,8 W/m²K, das Verhältnis U<sub>WS</sub> zu U<sub>w</sub> ist 0,6.

Der Deckelfaktor nach Tabelle ist 0,27

In die nebenstehende Formel eingesetzt, ergibt sich eine Einsparung beim Nutzwärmebedarf von 136,2 kWh/a, dies entspricht 11 %.

**Einsparpotenziale**

In der untenstehenden Tabelle sind mögliche Einsparungen für den Beispielraum je nach Wärmeschutzniveau bzw. gewählter Steuerung (SU - SA bedeutet Sonnenunter- bis Sonnenaufgang) des temporären Wärmeschutzes dargestellt. Die prozentualen Angaben stellen jeweils von / bis - Werte dar, welche die Einsparung abhängig vom Fensterflächenanteil von 30 % bis 100% (je größer, desto besser) angeben.

U <sub>w</sub> [W/(m²K)]	ΔR [(m²K)/W]	Einsparung in %		
		22 - 6 Uhr	19 - 7 Uhr	SU - SA
3,0	0,08	3 - 7	5 - 11	6 - 14
	0,7	10 - 22	16 - 36	19 - 44
1,3	0,08	1 - 3	2 - 4	2 - 5
	0,7	7 - 16	11 - 25	13 - 31
1,0	0,08	1 - 2,5	2 - 4	2 - 5
	0,7	6 - 14	9 - 22	12 - 27

Steuerung	f <sub>w</sub> [%]	D <sub>s</sub>	
		außenliegende Systeme	Innenliegende Systeme
22 - 6 Uhr	30	0,15	0,16
	50	0,22	0,24
	70	0,27	0,29
	100	0,33	0,36
19 - 7 Uhr	30	0,23	0,25
	50	0,34	0,37
	70	0,43	0,46
	100	0,53	0,56
Sonnenunter- bis Sonnenaufgang	30	0,28	0,30
	50	0,42	0,45
	70	0,52	0,56
	100	0,65	0,69

**6.3.3 Fazit**

Bei Isolierverglasungen (U<sub>w</sub> = 3,0 W/(m²K)) und sehr gutem temporären Wärmeschutz (ΔR = 0,7 (m²K)/W) lassen sich abhängig vom fassadenbezogenen Fensterflächenanteil und der zeitlichen Steuerung zwischen 10 % und 44 % Energie im Hinblick auf den Nutzwärmebedarf einsparen.

Hingegen lassen sich bei Dreifach-Wärmeschutzverglasungen (U<sub>w</sub> = 1,0 W/(m²K)) und Systemen mit einem niedrigen ΔR = 0,08 (m²K)/W nur etwa 1 - 5 % einsparen.

Je größer der fassadenbezogene Fensterflächenanteil ist, desto höher ist auch die Einsparung.

Deckelfaktoren D<sub>s</sub> nach „Hauser“-Studie, f<sub>w</sub> = Fensterflächenanteil

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung - WärmeschutzV) vom 16. August 1994, Diese Verordnung trat am 1. Januar 1995 in Kraft.
- [2] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV) vom 16. November 2001, die Verordnung trat am 1. Februar 2002 in Kraft.
- [3] DIN 4108-2 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [4] DIN 4108 Beiblatt 2 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- [5] DIN EN 122216 Abschlüsse – Terminologie, Benennungen und Definitionen
- [6] DIN EN ISO 10077-1, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 1: Allgemeines
- [7] DIN EN 13659 Abschlüsse außen – Leistungs- und Sicherheitsanforderungen;;
- [8] VERORDNUNG (EU) Nr. 305/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates
- [9] DIN EN 13125, Abschlüsse - Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand - Zuordnung einer Luftdurchlässigkeitsklasse zu einem Produkt
- [10] DIN 4108-4 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 4: Wärme- und feuchte-schutztechnische Bemessungswerte
- [11] DIN EN 12835 Luftdichte Abschlüsse - Prüfung der Luftdurchlässigkeit
- [12] DIN EN 14500 Abschlüsse - Thermischer und visueller Komfort - Prüf- und Berechnungsverfahren
- [13] DIN EN 13120 Abschlüsse innen - Leistungs- und Sicherheitsanforderungen
- [14] ISO 8302 Wärmeschutz; Bestimmung des stationären Wärmedurchlasswiderstandes und verwandter Eigenschaften; Verfahren mit dem Plattengerät
- [15] DIN EN ISO 6946 Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
- [16] DIN EN ISO 10211 Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen
- [17] DIN EN ISO 10077-2 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen
- [18] Untersuchungsbericht Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes von Rollladenpanzern  $R_{sh}$  durch Berechnung und Messung, Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V., München, November 2011
- [19] Weiterentwicklung und Evaluierung von Technologien und von Bewertungsmethoden zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EnEff06), WTB-02-2007, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, Oktober 2007
- [20] Erstellung eines Aktionsplans „Temporärer Wärmeschutz“ und „Sonnenschutz“, IBH 798/09, Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Kassel, September 2011

## Schlusswort

- [21] DIN V 18599, insbesondere: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
- [22] Hauser, G.: Passive Sonnenenergienutzung durch Fenster, Außenwände und temporäre Wärmeschutzmaßnahmen - Eine einfache Methode zur Quantifizierung durch  $k_{eq}$ -Werte. HLH 34 (1983), H.3, S. 111-112, H. 4, S. 144-153, H. 5, S. 200-204, H. 6, S. 259-265

Sofern keine Herausgeber/Bezugsquellen angegeben sind:

Die in dieser Richtlinie zitierten Technischen Richtlinien stehen auf der Homepage des Technischen Kompetenzzentrums des Bundesverbandes Rollläden + Sonnenschutz e.V. ([www.rs-fachverband.de/kompetenzzentrum](http://www.rs-fachverband.de/kompetenzzentrum)) zum Download zur Verfügung.

Der Alleinvertrieb der DIN-Normen erfolgt durch den Beuth-Verlag Berlin, Herausgeber ist das DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

Der Herausgeber bedankt sich bei allen, die an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben.

Der freie Zugang zu dieser Richtlinie wird durch die Übernahme der Erstellungskosten durch den BVRS ermöglicht. Die Finanzierung erfolgt aus Mitgliedsbeiträgen, deshalb ist die Mitgliedschaft im Verband für eine kontinuierliche Weiterarbeit besonders wichtig. Die Mitglieder des BVRS haben zudem den Vorteil, dass sie vom Technischen Kompetenzzentrum eine weit über diese Richtlinie hinausgehende Unterstützung bekommen können; Informationen zur Mitgliedschaft unter [www.rs-fachverband.de/mitglied-werden](http://www.rs-fachverband.de/mitglied-werden).

Alle Technischen Richtlinien (TR) stehen auf der Homepage des Technischen Kompetenzzentrums des Bundesverbandes Rollläden + Sonnenschutz e.V. ([www.rs-fachverband.de/kompetenzzentrum](http://www.rs-fachverband.de/kompetenzzentrum)) zum Download zur Verfügung.

Eine Druckfassung ist gegen Kostenersatz erhältlich.

Bonn, 13. 6. 2014

Im Namen des Herausgebers:

Verfasser bzw. Bearbeiter

Dipl.-Ing.(FH) Gerhard Rommel

Technisches Kompetenzzentrum des BVRS



**Bundesverband Rollladen + Sonnenschutz e.V.**  
Hopmannstraße 2 · 53177 Bonn  
Telefon: 0228 95210-0 · Telefax: 0228 95210-10  
info@rs-fachverband.de · www.rs-fachverband.de

In Zusammenarbeit mit:  
Industrievereinigung Rollladen-Sonnenschutz-Automation (IV RSA) im  
Industrieverband Technische Textilien - Rollladen - Sonnenschutz e.V  
Fliethstraße 67 · 41061 Mönchengladbach  
Telefon: 02161 294181-0 · Telefax: 02161 294181-1  
info@itrs-ev.com · www.itrs-ev.com

