



TR Wärmeschutz

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

Auswirkung auf U-Wert Fenster Energieeinsparung

Ausgabe April 2024

Inhaltsverzeichnis

Anwendungshinweise	3	5 Berechnungsverfahren	15
1 Vorwort.....	3	5.1 Berechnung von ΔR	15
2 Grundlagen	4	5.2 U-Wert-Berechnung Fenster.....	16
2.1 Historie.....	4	5.3 Rechenbeispiele.....	16
2.2 Normen und Vorschriften.....	4	6 Energieeinsparung	19
2.3 Wärmetechnische Berücksichtigung	6	6.1 Einfache Energiebilanz.....	19
2.4 Einflussgrößen	7	6.2 Oberflächentemperaturen.....	20
3 Luftdurchlässigkeit.....	8	6.3 Forschungsprojekt „Hauser“.....	21
3.1 Allgemeine Definition	8	7 Literaturverzeichnis	23
3.2 Definition bei Rollläden	8	Schlusswort	25
3.3 Klassifizierung äußere Abschlüsse.....	9		
3.4 Markisen, Abschlüsse innen	10		
4 Werte für R_{sh}	12		
4.1 Pauschalwerte.....	12		
4.2 Genauere Bestimmung	12		

Frühere Ausgaben

Technische Hinweise, Blatt 1.1, Februar 1984

Technische Richtlinie, Blatt 1.1, August 1996

Technische Richtlinie, Blatt 1.1, Februar 2002

Technische Richtlinie, Blatt 1.1, April 2004

Technische Richtlinie TR 108, Juni 2014

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 in elektronischer Form. 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. Enthalten waren auch noch Anforderungen an Rollladenkästen, da diese damals noch nicht eindeutig geregelt waren.

Im August 1996 war die Einarbeitung der Wärmeschutzverordnung (WSVO) 1995 [1] abgeschlossen. Obwohl gemäß WSVO nicht für den öffentlich-rechtlichen Nachweis zugelassen, wurde auf eine Darstellung des „Deckfaktors“ für Rollläden nicht verzichtet.

Die Fassung vom Februar 2002 enthielt dann schon das Berechnungsverfahren für den temporären Wärmeschutz nach DIN EN 13125.

Zum April 2004 erfolgte die Erweiterung auf alle Arten von Abschlüssen unter Bezugnahme auf die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 [2] und europäische/internationale Normen. Dabei wurden die Anforderungen an Rollladenkästen herausgenommen, da sich die Richtlinie grundsätzlich nur auf den wärmedämmenden Effekt des eigentlichen Abschlusses beziehen sollte.

Im Juni 2014 wurde eine grundlegende Überarbeitung veröffentlicht. In dieser ausführlichen Fassung war dann nicht nur zusätzlich der Einfluss von Markisen und inneren Abschlüssen enthalten, sondern auch die erzielbare Energieeinsparung.

2 Grundlagen

Abschlüsse und Markisen, wie sie in **DIN EN 12216** Abschlüsse – Terminologie, Benennungen und Definitionen [3] definiert sind, bewirken an einem Fenster einen zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstand ΔR , 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 [4] 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 freiwillig gemäß DIN EN 13659 [5] die Werte von ΔR angeben.

Eine Verpflichtung besteht nicht, da es sich immer noch nicht um eine mandatierte Eigenschaft handelt.

Auch für Markisen gemäß DIN EN 13561 [6] könnte ein Wert für ΔR angegeben werden, ebenso für Produkte, welche von DIN EN 13120 [7] abgedeckt werden. Bei diesen Produkten ist dies aber nicht üblich, obwohl sie einen Einfluß haben können.

Nur der Widerstand gegen Windlast muss bei außenliegenden Produkten in der Leistungserklärung angegeben werden, aufgrund deren das Produkt das CE-Zeichen tragen darf. 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 ΔR 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.

Im Abschnitt 6.4.2.2 dieser Norm ist die grundsätzliche Formel für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_{ws} für Fenster mit geschlossenen Abschlüssen oder Jalousien enthalten.

Im normativen Anhang C der DIN EN ISO 10077-1 wird in Tabelle C.1 bezüglich der Einflußgrößen auf den zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstand ΔR dieser Produkte auf folgende Normen verwiesen:

- DIN EN 13125,
- DIN EN 13659,
- DIN EN 13561.

Diese Normen wurden von **CEN/TC33/WG3** entwickelt, dem europäischen Normenschuss für Abschlüsse und Markisen.

Bis zur Neufassung der DIN EN ISO 10077-1 zum Januar 2018 waren in den Anhängen G und H die Berechnungsformeln für ΔR bei verschiedenen Luftdurchlässigkeiten der Abschlüsse, Standardbeispiele sowie die Definition der Durchlässigkeit von Abschlüssen enthalten.

Angegeben waren auch typische Wärmedurchlasswiderstände R_{sh} von Abschlüssen. Diese Werte sind jedoch veraltet und entsprechen nicht den heute üblichen Produkten.

In Anbetracht dessen wurden die beiden Anhänge in den „Technischen Bericht“ DIN CEN ISO /TR 52022-2 bzw. DIN SPEC 4432 [9] verschoben, derzeitiger Stand Januar 2018. Der Charakter dieses Dokuments entspricht für den DIN-Bereich einer Vornorm, heute als DIN SPEC bezeichnet. Eine Änderung bedarf nicht dem umfangreichen Umfrageverfahren einer internationalen Norm, so dass bei Aktualisierungen eine wesentliche Zeitersparnis zu erwarten ist.

Im Jahre lagen bereits 2011 eindeutige Ergebnisse durch Berechnung und Messung für den R_{sh} -Wert der aktuellen Rollladenstäbe vor, siehe Abschnitt 4.4.2. Durch den Fachausschuss Rollläden des IVRSA wurden Festlegungen für eine Übernahme in die DIN 10077-1 getroffen und auch ein Antrag an den zuständigen Normen zur Berücksichtigung gestellt, es ist aber noch nichts geschehen.

Während **DIN EN ISO 10077-1** nur die Berechnung von äußeren Abschlüssen enthält, können mit **DIN EN 13125** [10] 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

2.3.1 DIN 4108-4

Die DIN 4108-4 [11] 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!

2.3.2 DIN V 18599-2

Berücksichtigung findet der zusätzliche Wärmeschutz mit Abschlüssen in DIN V 18599-2 [12]

Die Norm ist als Grundlage für Berechnungen anzusehen. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge können diese nur rechnergestützt vorgenommen werden.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit werden nachfolgend wichtige grundlegende Informationen für die R+S-Branche wiedergegeben.

Der Abschnitt 6.2 dieser Norm legt die Berechnung der sogenannten Transmissionswärmesenken und -quellen fest.

Bezüglich der direkten Transmission nach außen ist es bei der Berechnung des zu verwendenden „Wärmetransferkoeffizienten“ zugelassen, die Verbesserung durch äußere und innere Abschlüsse zu berücksichtigen.

Dabei ist im Abschnitt 6.4.2.2 der DIN EN ISO 10077-1 angegebene Formel für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten für transparente Bauteile zu verwenden.

Dort steht (Zitat):

Ein Abschluss oder eine Jalousie auf der Außenseite eines Fensters bewirkt einen zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstand aus der Luftschicht zwischen Abschluss bzw. Außenjalousie und Fenster und dem Abschluss bzw. der Außenjalousie selbst.

Anmerkung: Markisen und innere Abschlüsse werden hier nicht genannt, obwohl diese auch einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss haben.

Auf diese Berechnung des zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstandes bei geschlossenen Abschlüssen wird im Anhang G der DIN 18599-2 verwiesen.

Gemäß 6.2 des Anhangs ist der zusätzliche Wärmedurchlasswiderstand abhängig von der Art des Abschlusses nach DIN EN 13125 zu berechnen oder durch Messung zu ermitteln. Dadurch können auch innere Abschlüsse und Markisen berücksichtigt werden

Bei Vorhandensein eines Abschlusses kann der Wert für den Wärmedurchgangskoeffizienten des betreffenden transparenten Bauteils mit offenen und geschlossenen Abschlüssen entsprechend zusammengefasst und als monatlicher mittlerer wirksamer U-Wert für das transparente Bauteil in Ansatz gebracht werden.

Der Zeitraum mit geschlossenen Abschlüssen wird dabei durch den Faktor f_{sh} berücksichtigt. Der Anhang enthält hierfür Tabellen für folgende Szenarien:

- A: Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang,
- B: Sonnenuntergang bis 7:00 Uhr,
- C: 22:00 Uhr bis 7:00 Uhr.

Bei diesen Werten wird davon ausgegangen, dass der Abschluss an allen Tagen geschlossen wird, an denen die mittlere Tagestemperatur weniger als 10 °C beträgt. Der f_{sh} -Wert ist zudem abhängig von den zugrundezulegenden Klimazonen und bewegt sich zwischen 0,70 im Januar und 0,00 in den Sommermonaten.

Es ist auch ein jährlicher Durchschnittswert angegeben, und zwar ca. 0,6 für die Szenarien A und B sowie ca. 0,4 für C.

Nicht unerwähnt sollen in diesem Zusammenhang die Wärmequellen durch solare Einstrahlung durch transparente Flächen, für die es einen eigenen Abschnitt in der Norm gibt.

Im effektiven Gesamtenergiedurchlassgrad g_{tot} sind der Energiedurchlass g des Glases einschließlich installierter Sonnenschutzvorrichtungen sowie die Steuerung der Sonnenschutzvorrichtungen zu berücksichtigen.

2.4 Einflussgrößen

Für die Berechnung des zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstands ΔR 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 (reflektierende Beschichtungen) 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, Messungen bzw. Berechnungen für weitere Produkte vor, wie z. B. für Rollläden (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.

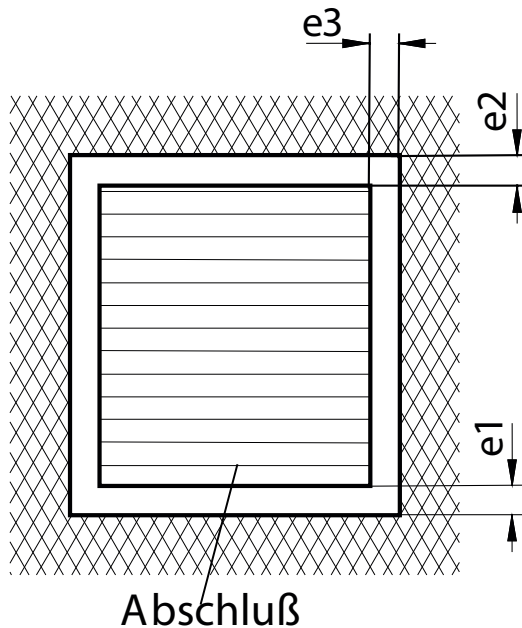


Bild 1: Darstellung der Zwischenräume

Im Allgemeinen ist e_{tot} bei Abschlüssen die Summe der Zwischenräume $e1$, $e2$ und $e3$.

Die seitlichen Zwischenräume $e3$ werden nur einmal berücksichtigt, da sie die Luftdurchlässigkeit weniger beeinflussen als oben ($e2$) und unten ($e1$).

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

Wenn von Herstellern ΔR als zugesicherte Eigenschaft angegeben wird, so sind in der Einbauanleitung die einzuhaltenden Zwischenräume bzw. Einbaubedingungen anzugeben.

3.2 Definition bei Rollläden

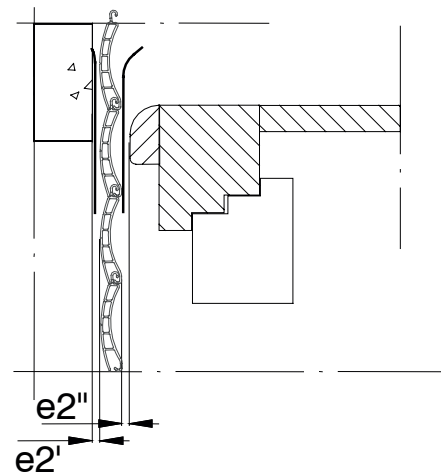


Bild 2: Zwischenräume $e2$ bei Rollläden

Der obere Zwischenraum $e2$ ist bei Einbau- und Aufsatzrollläden das kleinere der Maße $e2'$ und $e2''$ (siehe Skizze).

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

Die seitlichen Zwischenräume bei Rollläden werden durch die Ausführung der Führungsschienen bestimmt.

3.3 Klassifizierung äußere Abschlüsse

Bei äußeren Abschlüssen, also Rollläden, Außenjalousien/Raffstores und Läden, kommen fünf Leistungsklassen zur Anwendung. Weitergehende Festlegungen und Beispiele sind ebenfalls in DIN EN 13125 enthalten.

Klasse 1

Abschlüsse mit höchster Luftdurchlässigkeit

Zu dieser Klasse gehören Abschlüsse mit $e_{\text{tot}} > 35 \text{ mm}$. Grundsätzlich darf aber die Gesamtfläche sämtlicher Zwischenräume, dazu zählen neben den umgebenden Zwischenräumen auch Durchbrüche sowie geöffnete Licht- und Luftschlitze, 25 % der Gesamtfläche des Behanges nicht überschreiten.

Mindestklassen ohne Nachweis nach DIN EN 13125:

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

Klasse 2

Hohe Luftdurchlässigkeit

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

Die mathematische Definition nach DIN EN 13125 ist:

$$15 \text{ mm} < e_{\text{tot}} < 35 \text{ mm}.$$

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

- Holzrollläden.
- 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. Rollläden aus Einschiebestäben), das Maß e_{tot} liegt zwischen 8 und 15 mm.

Die mathematische Definition nach DIN EN 13125 ist:

$$8 \text{ mm} < e_{\text{tot}} < 15 \text{ mm}$$

Mindestklassen ohne Nachweis nach DIN EN 13125 für folgende Produkte:

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

Anmerkung: Standard für Rollläden!

Klasse 4

Geringe Luftdurchlässigkeit

Abschlüsse wie in Klasse Klasse 3 beschrieben, e_{tot} ist jedoch kleiner als 8 mm.

Die mathematische Definition nach DIN EN 13125 ist:

$$e_{\text{tot}} \leq 8 \text{ mm}.$$

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

Klasse 5

„Luftdicht“

Abschlüsse wie in Klasse 3 beschrieben, e_{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 $e_{tot} \leq 3 \text{ mm}$ und $e1 + e2 = 0$ oder $e2 + e3 = 0$.

Nach DIN EN 13125 gilt ein Rollladen als luftdicht, wenn mindestens zwei der nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

- 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 und dieses direkten Kontakt mit der durchgehenden Fensterbank bzw. der Sohlbank aufweist,
- eine Abdichtung am Einlauf des Rollladens vorhanden ist, z. B. Anpressfeder mit Sturzdichtung, beidseitige Dichtung (Bürste, Schlauch), wie beispielsweise in den Bildern 3 und 4 dargestellt.

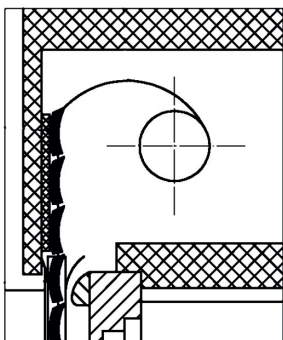


Bild 3: Sturzdichtung

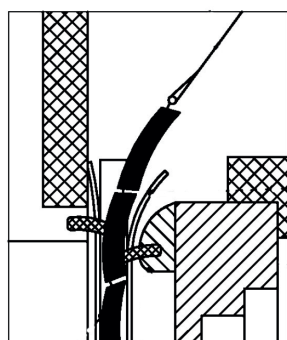


Bild 4: Einlaufdichtung

Der Einbau erfordert zusätzlich, 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 [13] erfolgen. Dabei darf bei einer Behangfläche von einem m^2 und 10 Pa Druckdifferenz ein Luftstrom von max. 10 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 [14] 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:

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

Bei Innenjalousien ist p das Verhältnis der Summe der „übrigen“ Zwischenräume zur Gesamtfläche des Behanges. Wenn kein Nachweis vorliegt, so ist ein Pauschalwert für p von 4 % anzunehmen.

Da eine Berechnung von ΔR in der Regel vor dem Einbau erfolgt, enthält die DIN EN 13125 im Anhang B ausführliche Tabellen für die üblichen Zwischenräume e bei inneren Abschlüssen nach Produktnorm DIN EN 13120. Diese sollen hier auszugsweise wiedergegeben werden, und zwar für solche Produkte, bei denen ein genaues Aufmaß vorgenommen wird, die Bezeichnung hierfür ist „eingepasst“.

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 1: Innere Abschlüsse

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

Tabelle 2: Abschlüsse in der Verglasung (z.B. auch Verbundfenster)

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.

Bei „eingepassten“ inneren Abschlüssen können höheren Klassen mit niedrigerer Luftdurchlässigkeit erzielt werden.

Dies ist insbesondere bei Verbundfenstern eine gute Möglichkeit, auch bei der Erneuerung von historischen Fenstern eine zusätzliche Verbesserung des Wärmeschutzes zu erzielen. Dabei kann die Außenansicht mit Sprossen beibehalten werden, während mit einer durchgehenden Innenscheibe auch ein durchgehender innerer Abschluss möglich ist. Neben dem Wärmeschutz ist mit einer solchen Konstruktion ein guter Sonnenschutz möglich (siehe auch TR Sonnenschutz).

4 Werte für R_{sh}

4.1 Pauschalwerte

Die für die Berechnung erforderlichen R_{sh} -Werte sind nun in DIN CEN ISO/TR 52022-2 (DIN SPEC 4032) enthalten. Die Werte wurden unverändert aus der (alten) DIN EN ISO 10077-1 übernommen.

Die Tabelle 3 enthält die bisher üblichen typischen Wärmedurchlasswiderstände eines Abschlusses.

Art des Abschlusses	R_{sh} [m ² 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 3 - Standardwerte nach DIN CEN ISO/TR 52022-2

Bei der Betrachtung dieser Standardwerte fällt der eklatante Unterschied zwischen Rollläden aus Kunststoff und solchen aus Aluminium auf. Außerdem sind Kunststoffrollläden mit Dämmeinlage nicht mehr am Markt verfügbar.

Dazu ist zu sagen, dass die Tabelle aus der Ursprungsnorm DIN EN ISO 10077-1 über 30 Jahre alt ist, als Quelle ist das CSTB identifiziert worden (s. Abschnitt 2.1 Historie).

Es ist zu vermuten, dass die Werte noch wesentlich älter sind.

Damals hatten rollgeformte und damit dünnwandige Aluminium-Rollladenstäbe nicht die europaweite Verbreitung wie heute.

Kunststoffstäbe waren eher in Kastenform und hatten dadurch eine sehr hohe mittlere Stabdicke, die nahezu der Stabnennstärke entsprach.

Bei vergleichenden Messungen in der sogenannten Hotbox, z. B. durch ein Gemeinschaftsprojekt des BVRS beim ZAE in Würzburg mit Vorbaurollläden, konnten nur geringe Unterschiede zwischen den Panzermaterialien festgestellt werden, die fast im Rahmen der Meßgenauigkeit lagen.

4.2 Genauere Bestimmung

4.2.1 Bestimmungsverfahren

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

- Messung mit dem Plattenheizgerät nach ISO 8302 [15]; Berechnung nach DIN EN ISO 6946 [16] für homogene Werkstoffe, z. B. Holzrollläden;
- Berechnung nach DIN EN ISO 10211 [17] für heterogene Werkstoffe, z. B. zusammengesetzte Bauteile;
- DIN EN ISO 10077-2 [18] wird für Hohlprofile angewendet.

Anstelle des Plattenheizgerätes ist eine Messung in der sogenannten Hoxbox nach DIN EN 12412-2 [19] üblich. Damit werden größere Panzerflächen gemessen, was die Wirklichkeit zuverlässiger abbildet.

4.2.2 PVC-Rollladenstäbe

Für PVC-Rollladenstäbe, für die weder gemessene noch berechnete Werte für R_{sh} vorliegen, enthält Anhang A der DIN EN 13125 eine vereinfachte Rechenmethode auf der Grundlage der mittleren Stabdicke d . Dabei wird die Stabdicke im Mittelpunkt jeder Hohlkammer aufsummiert und durch die Anzahl der Kammern geteilt. Die Formel ist:

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

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 bei Mini-Stäben durchaus sein kann, nur noch ein R_{sh} -Wert von 0,05 m²K/W zu ermitteln, bei 5 mm mittlerer Stabdicke sind dies 0,07 m²K/W. Erst ab einer mittleren Stabdicke von 7 mm ergibt sich der Normwert, mit größeren mittleren Stabdicken können wesentlich höhere Werte erzielt werden.

Aktuellere Untersuchungen des FIW München [20] bestätigen dies.

4.2.3 Aluminium-Rollladenstäbe

In einer durch den Industrieverband Technische Textilien - Rollläden - Sonnenschutz (ITRS) beim Forschungsinstitut für Wärmeschutz (FIW) in Auftrag gegebenen Studie [19] wurden Berechnungen und Messungen an Aluminium-Rollladenstäben durchgeführt.

Dabei wurde festgestellt, dass die Dicke des Aluminiumbleches 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 m²K/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 m²K/W.

Zu beachten ist auch, dass die Werte für Nadelholz mit einer Wärmeleitfähigkeit λ von 0,13 W/mK gelten. Bei Laubhölzern wie Buche oder Eiche beträgt dieser Wert 0,18 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 W/mK angesetzt, niedrig legierter Stahl weist ca. 42 W/mK auf, während hochlegierter (nichtrostender) Stahl eine Wärmeleitfähigkeit von 15 W/mK hat.

Es muss jedoch davor gewarnt werden, die Werte für Aluminiumstäbe als Grundlage zu verwenden und entsprechend umzurechnen.

Wie schon erwähnt, liegen weitere maßgebliche Einflüsse vor, wie z. B. größere Wanddicken und ggf. die Stabfüllung.

4.2.4 Empfohlene Werte

Wenn von den Stabherstellern keine R_{sh} -Werte zur Verfügung gestellt werden, können die Rechengrößen nach Tabelle 4 verwendet werden, um realistische Werte für die aktuellen Rollladenstäbe zu erhalten:

Stabart	R_{sh} [m ² 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

Tabelle 4: Berechnete und festgelegte R_{sh} -Werte

Werden von den Herstellern ΔR -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 ΔR -Werte für abweichende Einbaubedingungen ermittelt werden.

4.2.5 Werte für Läden

Der Wert der Tabelle 3 gelten nur für geschlossene Läden aus Nadelholz, also die sogenannten Bretterläden. Ladenflügel mit feststehenden Jalousiebrettchen weisen aufgrund der großen Zwischenräume keinen signifikanten R_{sh} -Wert auf.

Bei Ladenflügeln aus Aluminium gibt es neben den „klassischen“ Jalousieläden auf Ausführungen mit höherer Wärmedämmung. Dies können sowohl Rahmenflügel mit geschlossener Stabfüllung als auch mit glattfächer Stabfüllung als Paneel sein.

Bei Ladenflügeln aus Kunststoff gibt es ebenfalls dichte Stabfüllungen als auch Paneele.

In der Tabelle 5 sind einige Beispiele für R_{sh} -Werte angegeben, die entweder auf Rechenwerten oder Herstellerangaben beruhen.

Bauart	R_{sh} [m ² K/W]
Bretterladen Fichte 25 mm	0,19
Bretterladen Fichte 40 mm	0,31
Bretterladen Eiche 25 mm	0,14
Holzladen Sperrholz-Füllung 12 mm	0,07
Aluladen Paneel 25 mm Dämmstoff	0,15
Aluladen dichte Stabfüllung	0,11
Kunststoff dichte Stabfüllung	0,12

Tabelle 5: Beispiele R_{sh} -Werte von Läden

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 (ΔR in $m^2 K/W$)
1	$\Delta R = 0,08$
2	$\Delta R = 0,25 R_{sh} + 0,09$
3	$\Delta R = 0,55 R_{sh} + 0,11$
4	$\Delta R = 0,8 R_{sh} + 0,14$
5	$\Delta R = 0,95 R_{sh} + 0,17$

Tabelle 6: Berechnungsformeln für äußere Abschlüsse

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

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	$\Delta R = 0,08$ [$m^2 K/W$]
2	$\Delta R = 0,11$ [$m^2 K/W$]
3	$\Delta R = 0,14$ [$m^2 K/W$]

Tabelle 7: Berechnungsformeln für Markisen und sonstige Abschlüsse

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.

Innenliegende Abschlüsse

$$k = 1 + 1,54 \cdot \left(1 - \frac{\epsilon}{0,9}\right)^2$$

Abschlüsse innerhalb der Verglasung

$$k = 1 + 2 \cdot \left(1 - \frac{\epsilon}{0,9}\right)^2$$

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

5.1.4 Rollläden mit 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 10077-1:2006.

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

Bei $\varepsilon = 0,23$ wurde ein ΔR von **0,54 m²K/W** ermittelt, bei $\varepsilon = 0,10$ waren es **0,68 m²K/W**.

Hinweis: Diese Werte gelten nur für den untersuchten Rollladen 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).

5.3 Rechenbeispiele

5.3.1 Ausführliche Darstellung

Für ein Fenster mit einem U_w -Wert von 1,7 W/m²K soll die Verbesserung durch einen dichten Kunststoffrollladen (Klasse 5, $R_{sh} = 0,1$ m²K/W) berechnet werden.

Zuerst wird ΔR 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 m²K/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 führende 0) ist dies **1,2 W/m²K**

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 ΔR und Endergebnisse).

Aluminiumrollladen Klasse 4 (Tabellenwert 0,01 m²K/W)
 $\Delta R = 0,15$, $U_{ws} = 1,4$ W/m²K, Verbesserung **18 %**

Vorbau-Rollladenelement mit Aluminium-Rollladen, typischerweise Klasse 4, $R_{sh} = 0,03 \text{ m}^2\text{K/W}$

$\Delta R = 0,16$, $U_{WS} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, Verbesserung 22 %

wie vor, jedoch Kunststoff-Rollladen, $R_{sh} = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$

$\Delta R = 0,18$, $U_{WS} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, Verbesserung 23 %

Kunststoffrollladen, Klasse 3 (Tabellenwert $0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$)

$\Delta R = 0,14$, $U_{WS} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, Verbesserung 20 %

Rollladen aus 5.1.4 (low E)

$\Delta R = 0,68$, $U_{WS} = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$, 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 Rollladen 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 %

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

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

Faltstore mit nicht „porösem“ Behang, 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 $\varepsilon = 0,3$, dadurch 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, also zwischen Glas und Sonnenschutz.

Dies könnte zu Glasbruch führen, Näheres hierzu ist in der TR 110 zu erfahren.

Verbundfenster $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ausführung für Denkmalschutz, Außenflügel mit Sprossen, Innenflügel durchgehende Scheibe mit einteiligem Sonnenschutz

Faltstore dicht im Rahmen eingepasst (Klasse 3)

$\Delta R = 0,14$, $U_{ws} = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, Verbesserung 12 %

Fenster wie beschrieben, einteiliger faltstore mit low-E-Beschichtung $\varepsilon = 0,3$, dadurch

Korrekturfaktor 1,889

$\Delta R = 0,26$, $U_{ws} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gerundet),

Verbesserung 21 % (genaue Berechnung)

Fenster wie beschrieben, Rollo mit Screen-Gewebe, Beschichtung low-E mit $\varepsilon = 0,17$, Porosität $p = 3 \%$

$P_e = e_{tot} + (10 * p) = (10 + 5 + 5) + (10 * 3) = 50 \text{ (mm)}$, entspricht Klasse 2

Korrekturfaktor 2,316

$\Delta R = 0,32$, $U_{ws} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gerundet),

Verbesserung 24 % (genaue Berechnung)

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

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

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 ΔU 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.

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

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

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

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 [21].

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“

Im Jahre 2011 wurde der im Auftrag des ITRS durch das Ingenieurbüro Prof. Hauser erstellte Aktionsplan [22] 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 18599-2.

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 ΔR 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 [23] 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

- $Q_{h,b}$ Nutzwärmebedarf
- D_s „Deckelfaktor“ des temporären Wärmeschutzes
- U_w Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters
- U_{ws} Wärmedurchgangskoeffizient Fenster mit Abschluss

Berechnungsbeispiel

Einzelraum nach 6.3.1, Fensterflächenanteil 70 %, Nutzwärmebedarf $Q_{h,b} = 1260$ kWh/a, $U_w = 3,0$ W/m²K, Kunststoffrollladen Klasse 4, Nutzungszeit zwischen 22 und 6 Uhr.

Mit der Berechnung nach Abschnitt 5.3 ergibt sich:

$U_{ws} = 1,8$ W/m²K, das Verhältnis U_{ws} zu U_w ist 0,6.

Steuerung	f_w [%]	D_s	
		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

Deckelfaktoren D_s nach „Hauser“-Studie, f_w = Fensterflächenanteil

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_w [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

6.3.3 Fazit

Bei Isolierverglasungen ($U_w = 3,0$ W/(m²K)) und sehr gutem temporären Wärmeschutz ($\Delta R = 0,7$ (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 ($U_w = 1,0$ W/(m²K)) und Systemen mit einem niedrigen $\Delta R = 0,08$ (m²K)/W nur etwa 1 - 5 % einsparen.

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

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 EN 122216 Abschlüsse – Terminologie, Benennungen und Definitionen
- [4] DIN EN ISO 10077-1, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 1: Vereinfachtes Verfahren
- [5] DIN EN 13659 Abschlüsse außen – Leistungs- und Sicherheitsanforderungen
- [6] DIN EN 13561 Markisen - Leistungs- und Sicherheitsanforderungen
- [7] DIN EN 13120 Abschlüsse innen - 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 CEN ISO /TR 52022-2 (DIN SPEC 4432) Energieeffizienz von Gebäuden - Wärmetechnische, solare und tageslichtbezogene Eigenschaften von Bauteilen und Bauelementen - Erklärung und Begründung
- [10] DIN EN 13125, Abschlüsse - Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand - Zuordnung einer Luftdurchlässigkeitsklasse zu einem Produkt
- [11] DIN 4108-4 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 4: Wärme- und feuchte-schutztechnische Bemessungswerte
- [12] DIN V 18599 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
- [13] DIN EN 12835 Luftdichte Abschlüsse - Prüfung der Luftdurchlässigkeit
- [14] DIN EN 14500 Abschlüsse - Thermischer und visueller Komfort - Prüf- und Berechnungsverfahren
- [15] ISO 8302 Wärmeschutz; Bestimmung des stationären Wärmedurchlasswiderstandes und verwandter Eigenschaften; Verfahren mit dem Plattengerät
- [16] DIN EN ISO 6946 Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
- [17] DIN EN ISO 10211 Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen
- [18] DIN EN ISO 10077-2 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen
- [19] DIN EN 12412-2 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens - Teil 2: Rahmen

- [20] Untersuchungsbericht Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes von Rollladenpanzern R_{sh} durch Berechnung und Messung, Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V., München, November 2011
- [21] 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
- [22] Erstellung eines Aktionsplans „Temporärer Wärmeschutz“ und „Sonnenschutz“, IBH 798/09, Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Kassel, September 2011
- [23] 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

Der Alleinvertrieb der DIN-Normen als Druckfassung erfolgt durch den Beuth-Verlag Berlin, Herausgeber ist das DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin. Dies können sowohl Einzelnormen als auch Normensammlungen in Buchform sein.

Es gibt auch die Möglichkeit, Normen mit einem Online-Abonnement anzusehen und ggf. auch auszudrucken. Hier sind insbesondere die Sammlung Planen und Bauen des Fachverlages Rudolf Müller (RM) und das Normenportal Fenster-Türen-Tore (FTT) des Beuth-Verlages zu nennen. Letzteres wird in Kooperation mit dem ift Rosenheim laufend aktualisiert.

Schlusswort

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.

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

Bonn, im April 2024

Im Namen des Herausgebers:

Dipl.-Ing. Björn Kuhnke

Dipl.-Ing.(FH) Gerhard Rommel

Technisches Kompetenzzentrum des BVRS



In Zusammenarbeit mit:

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



Bundesverband Rollläden + Sonnenschutz e.V.

Hopmannstraße 2 · 53177 Bonn
Telefon: 0228 95210-0 · Telefax: 0228 95210-10
info@rs-fachverband.de · www.rs-fachverband.de