

DIN EN ISO 52022-3

ICS 17.180.20; 91.120.10

Entwurf

Einsprüche bis 2015-09-17
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13363-2:2005-06 und
DIN EN 13363-2
Berichtigung 1:2007-04

**Energieeffizienz von Gebäuden –
Wärmetechnische, solare und tageslichtbezogene Eigenschaften von
Bauteilen und Bauelementen –
Teil 3: Detailliertes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der solaren
und tageslichtbezogenen Eigenschaften von Sonnenschutz in
Kombination mit Verglasungen (ISO/DIS 52022-3:2015);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 52022-3:2015**

Energy performance of buildings –
Thermal, solar and daylight properties of building components and elements –
Part 3: Detailed calculation method of the solar and daylight characteristics for solar
protection devices combined with glazing (ISO/DIS 52022-3:2015);
German and English version prEN ISO 52022-3:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-07-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 73 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 52022-3:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“, Unterkomitee SC 2 „Calculation methods“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SIS (Schweden) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 005-56-97 AA „Transparente Bauteile, SpA zu CEN/TC 89/WG 7, ISO/TC 163/SC 1/WG 17, ISO/TC 163/SC 2/WG 9 (betreffend transparente Bauteile)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) verantwortlich.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 7345 siehe DIN EN ISO 7345

ISO 9288 siehe DIN EN ISO 9288

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN ISO 52022-3 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13363-2:2005-06 und DIN EN 13363-2 Berichtigung 1:2007-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) notwendige redaktionelle Überarbeitungen wurden durchgeführt, um den Anforderungen des EPB-Normenpakets zu entsprechen;
- b) Anhang C wird in den Technischen Bericht CEN ISO/TR 52022-2 eingebracht;
- c) der Status von Anhang D wurde in normativ geändert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7345, *Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen*

DIN EN ISO 9288, *Wärmeschutz — Wärmeübertragung durch Strahlung — Physikalische Größen und Definitionen*

DIN CEN/TS 16628 (DIN SPEC 18048), *Energieeffizienz von Gebäuden — Grundlagen für das EPB-Normenpaket*

DIN CEN/TS 16629 (DIN SPEC 18049), *Energieeffizienz von Gebäuden — Detaillierte technische Regeln für das EPB-Normenpaket*

DIN CEN ISO/TR 52022-2, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Gebäude und Gebäudeelemente — Thermische, solare und tageslichtbezogene Eigenschaften von Gebäudebauteilen und -elementen — Teil 2: Erläuterungen und Begründung (in Vorbereitung)*

Energieeffizienz von Gebäuden — Wärmetechnische, solare und tageslichtbezogene Eigenschaften von Bauteilen und Bauelementen — Teil 3: Detailliertes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der solaren und tageslichtbezogenen Eigenschaften von Sonnenschutz in Kombination mit Verglasungen (ISO/DIS 52022-3:2015)

To be translated — To be translated — Partie 3 : To be translated (ISO/DIS 52022-3:2015)

Energy performance of buildings — Thermal, solar and daylight properties of building components and elements — Part 3: Detailed calculation method of the solar and daylight characteristics for solar protection devices combined with glazing (ISO/DIS 52022-3:2015)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	9
4.1 Symbole	9
4.2 Indizes	11
5 Beschreibung des Verfahrens	11
5.1 Ergebnis des Verfahrens	11
5.2 Allgemeine Beschreibung	11
6 Berechnungsverfahren	12
6.1 Ausgangsdaten	12
6.2 Zeitschritte für die Berechnung	12
6.3 Eingangsdaten	12
6.3.1 Feststoffschichten	12
6.3.2 Gaszwischenräume	13
6.4 Berechnungsverfahren	13
6.4.1 Allgemeines	13
6.4.2 Anwendbarer Zeitschritt	14
6.4.3 Solarstrahlung und Sonnenlicht	14
6.4.4 Wärmeübertragung	16
6.4.5 Energiebilanz	21
6.4.6 Randbedingungen	21
7 Bericht	23
7.1 Inhalt des Berichts	23
7.2 Zeichnung	23
7.3 Werte für die Berechnung	23
7.4 Angabe der Ergebnisse	23
Anhang A (normativ) Vorlage für Eingangsdaten und Auswahlmöglichkeiten	25
A.1 Einleitung	25
A.2 Berechnung des Solar- und Lichttransmissionsgrades	25
Anhang B (informativ) Standard-Eingangsdaten und Auswahlmöglichkeiten	26
B.1 Einleitung	26
B.2 Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrads	26
Anhang C (normativ) Alternative Verfahren in normative Verweisungen	27
C.1 Einleitung	27
Anhang D (normativ) Bestimmung der äquivalenten optischen Solar- und Lichtkennwerte für Lamellensysteme oder Jalousien	28
D.1 Annahmen	28
D.2 Symbole	28
D.3 Direkte Strahlung	29
D.4 Diffuse Strahlung	30
D.5 Wärmestrahlung	30

D.6	Globale Strahlung.....	30
D.7	Beispiel.....	30
Anhang E (normativ) Kamineffekt.....		32
E.1	Allgemeines	32
E.2	Druckverlustfaktoren	33
Anhang F (normativ) Physikalische Eigenschaften von Gasen		35
Literaturhinweise		36

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 52022-3:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“, Unterkomitee SC 2 „Calculation methods“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SIS gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument basiert auf EN 13363-2:2005 und EN 13363-2:2005+A1/AC:2006. Die notwendigen redaktionellen Überarbeitungen (im Vergleich zu den Originaldokumenten) wurden durchgeführt, um den Anforderungen des EPB-Normenpakets zu entsprechen.

Diese Ausgabe ersetzt EN 13363-2:2005+:2005/AC:2006. Die notwendigen redaktionellen Überarbeitungen wurden durchgeführt, um den Anforderungen des EPB-Normenpakets zu entsprechen.

Zusätzlich wurden die folgenden Abschnitte von EN 13363-2:2005+:2005/AC:2006 überarbeitet:

- Anhang C wurde in den Technischen Bericht TR 52022-2 eingebracht;
- der Status von Anhang D wurde in normativ geändert.

ISO 52022 besteht aus den folgenden Teilen unter dem Haupttitel *Energy performance of buildings — Thermal, solar and daylight properties of building components and elements*:

- *Part 1: Simplified calculation method of the solar and daylight characteristics for solar protection devices combined with glazing*
- *Part 2: Explanation and justification*
- *Part 3: Detailed calculation method of the solar and daylight characteristics for solar protection devices combined with glazing*

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 52022-3:2015 wurde vom CEN als prEN ISO 52022-3:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Diese Norm ist Teil einer Normenreihe, deren Ziel die internationale Harmonisierung der Methodik zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden ist und die als „EPB-Normenpaket“ bezeichnet wird.

Als Teil des „EPB-Normenpakets“ erfüllt die vorliegende Norm die Anforderungen an das Paket grundlegender EPB-Dokumente (EN 15603 (siehe Normative Verweisungen), CEN/TS 16628 und CEN/TS 16629 (siehe Literaturhinweise [1] und [2]), die unter einem Mandat (Mandat M/480) erarbeitet wurden, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2010/31/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD).

Falls zutreffend, kann/können das/die Verfahren in jeder der EPB-Normen vereinfachte Vorgehensweisen und/oder Standardwerte als alternative Auswahlmöglichkeiten vorsehen.

- Wenn keine weitere Spezifizierung vorliegt, dürfen diese vereinfachten Vorgehensweisen und/oder Standardwerte ohne einschränkende Kriterien angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Dies ist beispielsweise der Fall, wenn es sich um konservative Verfahren oder Werte handelt.

ANMERKUNG 2 Der Begriff „Standardwerte“ sollte nicht mit dem Begriff „informative Werte“ verwechselt werden. Wenn die Werte im normativen Teil der Norm angegeben sind, handelt es sich um normative Werte. Siehe auch die nachfolgenden Auswahlmöglichkeiten.

- In sonstigen Fällen kann es beabsichtigt sein, dass diese vereinfachten Verfahren und/oder Standardwerte ausschließlich in Situationen mit begrenzten Informationen angewendet werden. Das kann in vorhandenen Gebäuden der Fall sein, in denen es nur begrenzte Möglichkeiten gibt, alle Eingangsdaten zu erlangen. Insbesondere wenn das EPB-Normenpaket in Zusammenhang mit nationalen oder regionalen Bauvorschriften angewendet wird, können spezielle Kriterien, wann das jeweilige vereinfachte Verfahren und/oder die Standardwerte zulässig sind, auf nationaler oder regionaler Ebene angegeben werden, wobei die Vorlage in Anhang A zu befolgen ist. Anhang B (informativ) enthält Standard-Auswahlmöglichkeiten.

Das unter der Verantwortung von ISO/TC 163/SC 2 in Zusammenarbeit mit CEN/TC 89 (Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen, Berechnungsverfahren) erarbeitete EPB-Normenpaket behandelt u. a. Berechnungsverfahren für den Gesamtenergieverbrauch und die Energieeffizienz von Gebäuden, Berechnungsverfahren für die Innenraumtemperatur in Gebäuden (z. B. wenn keine Raumheizung oder -kühlung vorhanden ist), sowie Berechnungsverfahren, welche die Leistungsfähigkeit sowie wärmethermische, hygrothermische, strahlungsphysikalische und optische Merkmale bestimmter Teile des Gebäudes und bestimmter Bauelemente und -teile behandeln, wie z. B. opake Teile der Gebäudehülle, Erdgeschoss, Fenster und Fassaden. ISO/TC 163/SC 2 arbeitet mit anderen Technischen Komitees in Bezug auf die Einzelheiten von z. B. Geräten, gebäudetechnischen Systemen und zum Raumklima zusammen.

Diese Internationale Norm legt ein Verfahren für eine detaillierte Berechnung von solaren und tageslichtbezogenen Eigenschaften von Sonnenschutzvorrichtungen in Kombination mit Verglasungen fest.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein detailliertes, auf den spektralen Transmissionsdaten der Materialien von Sonnenschutzvorrichtungen und Verglasungen beruhendes Verfahren fest, mit dessen Hilfe der Gesamtenergiedurchlassgrad und andere relevante solar-optische Kenngrößen der Kombination zu ermitteln sind. Stehen keine Spektraldaten zur Verfügung, so lässt sich das Verfahren so anpassen, dass integrierte Daten verwendet werden können.

Das Verfahren gilt für alle Arten von parallel zur Verglasung angeordneten Sonnenschutzvorrichtungen, wie Lamellensysteme, Jalousien und Rollläden. Die Sonnenschutzvorrichtung kann sich innen, außen oder bei einer Doppelverglasung zwischen den Einzelscheiben befinden. In jeder dieser Positionen ist eine Belüftung der zwischen Sonnenschutzvorrichtung und Verglasung für die Bestimmung der von der Verglasung oder vom Sonnenschutz absorbierten Solarenergie bei vertikaler Ausrichtung der Verglasung zulässig.

Die Materialien des Sonnenschutzes können durchsichtig, durchscheinend oder opak sein und mit Verglasungen kombiniert werden, deren Transmissions- und Reflexionsgrade für Solarstrahlung und Emissionsgrade für Wärmestrahlung bekannt sind.

Das Verfahren beruht auf einem üblichen Einfall der Strahlung und berücksichtigt keine winkelmäßige Abhängigkeit der Transmission und Reflexion der Materialien. Eine diffuse Einstrahlung oder eine Strahlung, die durch Sonnenschutzvorrichtungen zerstreut wird, wird als direkte Strahlung angesehen. Lamellensysteme und Jalousien werden als homogene Materialien mit äquivalenten solar-optischen Eigenschaften behandelt, die vom Winkel der Einfallstrahlung abhängig sein können. Für Situationen außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments berücksichtigt ISO 15099 einen breiteren Bereich von Situationen.

Dieses Dokument enthält außerdem Beschreibungen bestimmter Standardsituationen, zusätzliche Annahmen und notwendige Randbedingungen.

Tabelle 1 zeigt die relative Position dieser Norm innerhalb des EPB-Normenpakets.

Tabelle 1 — Position dieser Internationalen Norm innerhalb des modular aufgebauten EPB-Normenpakets^a (1 von 2)

	Rahmen-norm	Gebäude (als solches)	Technische Gebäudeausrüstung									
Unterm modul	Beschreibungen	Beschreibungen	Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trinkwarmwasser	Beleuchtung	Gebäudeautomation und Regelung	Photovoltaik, Windenergieanlagen usw.
sub1	M1	M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
1	Allgemeines	Allgemeines	Allgemeines									
2	Gemeinsame Begriffe; Symbole, Einheiten und Indizes	Energiebedarf des Gebäudes	Bedarf								n. a.	n. a.
3	Anwendungen	(Freie) Bedingungen in Innenräumen ohne Systeme bzw. Anlagen	Höchstlast und Leistung								n. a.	n. a.
4	Arten der Darstellung der Gesamt-energie-effizienz	Arten der Darstellung der Gesamt-energie-effizienz	Arten der Darstellung der Gesamt-energie-effizienz									
5	Gebäude-funktionen und Gebäude-grenzen	Transmissions-wärme-übertragung	Emission und Regelung									n. a.
6	Gebäude-belegung und Betriebs-bedingungen	Wärme-übertragung durch eindringende Luft und Lüftung	Verteilung und Regelung									
7	Aggregation von Energie-versorgungs-zwecken und Energieträgern	Interne Wärme-gewinne	Speicherung und Regelung				n. a.	n. a.		n. a.		
8	Gebäude-partitionierung	Solare Wärme-gewinne ^a	Erzeugung und Regelung									
9	Berechnung der Gesamt-energie-effizienz	Gebäude-dynamik (thermisch wirksame Masse)	Last-übertragung und Betriebs-bedingungen				n. a.	n. a.		n. a.		n. a.

Tabelle 1 (2 von 2)

	Rahmen- norm	Gebäude (als solches)	Technische Gebäudeausrüstung									
Untermodule	Beschreibungen	Beschreibungen	Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trinkwarmwasser	Beleuchtung	Gebäudeautomation und Regelung	Photovoltaik, Windenergieanlagen usw.
sub1	M1	M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
10	Messung der Gesamt- energie- effizienz	Messung der Gesamt- energie- effizienz	Messung der Gesamt- energie- effizienz									
11	Inspektion	Inspektion	Inspektion									
12	Möglichkeiten der Darstellung der Behaglichkeit in Innenräumen	n. a.	Gebäude- management- systeme	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		n. a.
13	Äußere Umgebungs- bedingungen	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
14	Wirtschaftlich- keits- berechnungen	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
^a Position dieser Internationalen Norm: M2-8.												

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 410, *Glas im Bauwesen — Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen*

EN 673, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Berechnungsverfahren*

EN 14500, *Abschlüsse — Thermischer und visueller Komfort — Prüf- und Berechnungsverfahren*

ISO 9050, *Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors*

ISO 10292, *Glass in building — Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing*

ISO 7345:1987, *Thermal insulation — Physical quantities and definitions*

ISO 9288:1989, *Thermal insulation — Heat transfer by radiation — Physical quantities and definitions*

FprEN 15603:2014, *Energieeffizienz von Gebäuden — Gesamtenergiebedarf und Festlegung der Energiekennwerte*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 7345:1995, ISO 9288:1996, ISO 9488 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Solarstrahlung und Sonnenlicht

Strahlung im gesamten Solarspektrum oder einem beliebigen Teil davon, bestehend aus ultravioletter, sichtbarer und naher Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 0,3 µm bis 2,5 µm

ANMERKUNG Manchmal auch als kurzwellige Strahlung bezeichnet, siehe EN ISO 9488.

3.1.2

Wärmestrahlung

Infrarotstrahlung, die im Wellenlängenbereich 3 µm bis 100 µm von einer beliebigen Oberfläche genau oder annähernd bei Umgebungstemperatur abgegeben wird

ANMERKUNG 1 Die Definition weicht von der Definition in EN ISO 9288 ab.

ANMERKUNG 2 Gelegentlich wird diese Strahlung langwellige Strahlung genannt, siehe EN ISO 9488.

3.1.3

Gesamtenergiedurchlassgrad

gesamter transmittierter Anteil der einfallenden Solarstrahlung, bestehend aus direkt transmittierter Solarstrahlung und dem Anteil der absorbierten Solarstrahlung, der durch Konvektion und Wärmestrahlung in den Innenraum übertragen wird

3.1.4

Lichttransmissionsgrad

transmittierter Anteil der einfallenden Solarstrahlung im sichtbaren Bereich des Sonnenspektrums, siehe EN 410 oder ISO 9050

3.1.5

relativer Wärmestrom (normalisiert)

relativer Wärmestrom dividiert durch den einfallenden Wärmestrom

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

Die folgende Auflistung enthält die wichtigsten verwendeten Symbole. Weitere Symbole werden jeweils bei ihrem ersten Auftreten im Text definiert.

Tabelle 2 — Symbole und Einheiten

Symbol	Größe	Einheit
E_S	Solareinstrahlungsfluss, Sonneneinstrahlungsintensität	W/m ²
I	relativer Wärmestrom (normalisiert)	—
H	Höhe eines belüfteten Zwischenraums	m
T	thermodynamische Temperatur	K
U	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² ·K)
g	Gesamtenergiedurchlassgrad (Solarfaktor)	—
h	Wärmeübergangskoeffizient oder Wärmedurchlasskoeffizient des Gases im Zwischenraum	W/(m ² ·K)
q	Wärmestromdichte	W/m ²
s	Breite eines Zwischenraums	m
z	Höhenkoordinate	m
ε	Wärmeemissionsgrad	—
α	Absorptionsgrad	—
α_e	direkter Strahlungsabsorptionsgrad	—
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
λ	Wellenlänge	µm
ρ	Reflexionsgrad der der einfallenden Solarstrahlung zugewandten Seite	—
ρ'	Reflexionsgrad der von der einfallenden Solarstrahlung abgewandten Seite	—
ρ_e	direkter Strahlungsreflexionsgrad	—
ρ_v	Lichtreflexionsgrad	—
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante	5,67 × 10 ⁻⁸ W/(m ² ·K ⁴)
τ_e	direkter Solartransmissionsgrad	—
τ_v	Lichttransmissionsgrad	—

4.2 Indizes

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in FprEN 15603:2014 angegebenen Indizes sowie die speziellen Indizes, die in Tabelle 3 aufgeführt sind.

Tabelle 3 — Indizes

Index	Definition
a	absorbiert
c	Wärmeleitung/Konvektion
d	diffus
e	im Freien
g	Gas
i	im Gebäudeinneren
j, k	ganzzahlige Anzahl der Schichten oder Zwischenräume
r	Strahlung
t	gesamt
th	Wärmestrahlung
v	belüftet
B	Sonnenschutzvorrichtung
D	direkt

5 Beschreibung des Verfahrens

5.1 Ergebnis des Verfahrens

Die möglichen Ergebnisse dieser Norm sind die Folgenden:

- Der Gesamtenergiedurchlassgrad bei einer Verglasung in Kombination mit einer außen oder innen liegenden oder eingebauten Sonnenschutzvorrichtung g_i ;
- Der Gesamttransmissionsgrad der direkten Solarstrahlung bei einer Verglasung in Kombination mit einer außen oder einer innen liegenden Sonnenschutzvorrichtung $\tau_{e,t,i}$;
- Der Gesamtlichttransmissionsgrad bei einer Verglasung in Kombination mit einer außen oder einer innen liegenden Sonnenschutzvorrichtung $\tau_{v,t}$.

5.2 Allgemeine Beschreibung

Im Allgemeinen werden der Gesamtenergiedurchlassgrad, der Gesamttransmissionsgrad der direkten Solarstrahlung und der Gesamtlichttransmissionsgrad als Funktion des Wärmedurchlasswiderstands und der spektralen „optischen“ Eigenschaften (Transmissionsgrad, Reflexionsgrad) der einzelnen Schichten berechnet.

6 Berechnungsverfahren

6.1 Ausgangsdaten

Die Haupta Ausgangsdaten dieser Norm sind der Gesamtenergiedurchlassgrad, der Gesamttransmissionsgrad der direkten Solarstrahlung und der Gesamtlichttransmissionsgrad in Kombination mit einer Sonnenschutzvorrichtung.

Tabelle 4 — Ausgangsdaten

Beschreibung	Symbol	Einheit	Zielmodul	Gültigkeitsintervall	Schwankend
Gesamtenergiedurchlassgrad	g_t	—	M2-2, M2-3, M2-4	0 ... 1	Nein
Gesamttransmissionsgrad der direkten Solarstrahlung	$\tau_{e,t}$	—	M2-2, M2-3, M2-4	0 ... 1	Nein
Gesamtlichttransmissionsgrad des Rollladens	$\tau_{v,t}$	—	M2-2, M2-3, M2-4	0 ... 1	Nein

6.2 Zeitschritte für die Berechnung

Die Eingangsdaten, das Verfahren und die Ausgangsdaten beziehen sich auf Bedingungen im stationären Zustand und deshalb sind keine Zeitschritte vorhanden.

6.3 Eingangsdaten

6.3.1 Feststoffschichten

Die Glasscheiben und Sonnenschutzvorrichtungen werden als feste Stoffschichten angesehen. Die wesentlichen Kennwerte sind:

- für Solarstrahlung und Licht: der spektrale Transmissionsgrad und der spektrale Reflexionsgrad jeweils auf beiden Seiten;
- für Wärmestrahlung: die Transmission und der thermische Emissionsgrad jeweils auf beiden Seiten.

Üblicherweise werden diese Werte direkt durch das am besten geeignete optische Verfahren ermittelt¹⁾. Für Verglasungen wird auf EN 410 oder ISO 9050 verwiesen; für Sonnenschutzblenden siehe die in EN 14500 aufgeführten Verfahren. Für Jalousien oder Rollläden gibt jedoch Anhang D ein Verfahren zur Berechnung äquivalenter Werte wieder, das auf den auf ähnliche Weise bestimmten Materialeigenschaften beruht.

Die einzelnen Schichten sind durch die Größen nach Tabelle 5 gekennzeichnet.

1) Siehe CIE Technischer Bericht — CIE 130-1998 „Praktische Methoden für Reflexions- und Transmissionsmessungen“.

Tabelle 5 — Kennwerte zur Charakterisierung von Feststoffschichten

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Bereich	Ursprungsnorm	Schwankend
Spektraler Transmissionsgrad der Seite der Feststoffschicht, die der einfallenden Strahlung zugewandt ist	$\tau(\lambda)$	—	0 ... 1	1) in Tabelle C.1, Anhang D	Nein
Spektraler Transmissionsgrad der Seite der Feststoffschicht, die der einfallenden Strahlung abgewandt ist	$\tau'(\lambda)$	—	0 ... 1	1) in Tabelle C.1	Nein
Spektraler Reflexionsgrad der Seite der Feststoffschicht, die der einfallenden Strahlung zugewandt ist	$\rho(\lambda)$	—	0 ... 1	1) in Tabelle C.1	Nein
Spektraler Reflexionsgrad der Seite der Feststoffschicht, die der einfallenden Strahlung abgewandt ist	$\rho'(\lambda)$	—	0 ... 1	1) in Tabelle C.1	Nein
Wärmedurchgangskoeffizient der Seite der Feststoffschicht, die der einfallenden Strahlung zugewandt ist	$\tilde{\alpha}_{th}$	—	0 ... 1	2) in Tabelle C.1, Anhang D	Nein
Emissionsgrad der Seite der Feststoffschicht, die der einfallenden Strahlung zugewandt ist	ε	—	0 ... 1	2) in Tabelle C.1, Anhang D	Nein
Emissionsgrad der Seite der Feststoffschicht, die der einfallenden Strahlung abgewandt ist	ε'	—	0 ... 1	2) in Tabelle C.1, Anhang D	Nein

6.3.2 Gaszwischenräume

Die thermischen Eigenschaften von geschlossenen, mit Luft oder einem anderen Gas gefüllten Zwischenräumen müssen nach 2) in Tabelle C.1 (EN 673 oder ISO 10292) berechnet werden. Die Zwischenräume werden durch ihre Breite und die physikalischen Eigenschaften des Gases beschrieben. Zur Berechnung der temperaturabhängigen physikalischen Eigenschaften des Gases muss Anhang F verwendet werden.

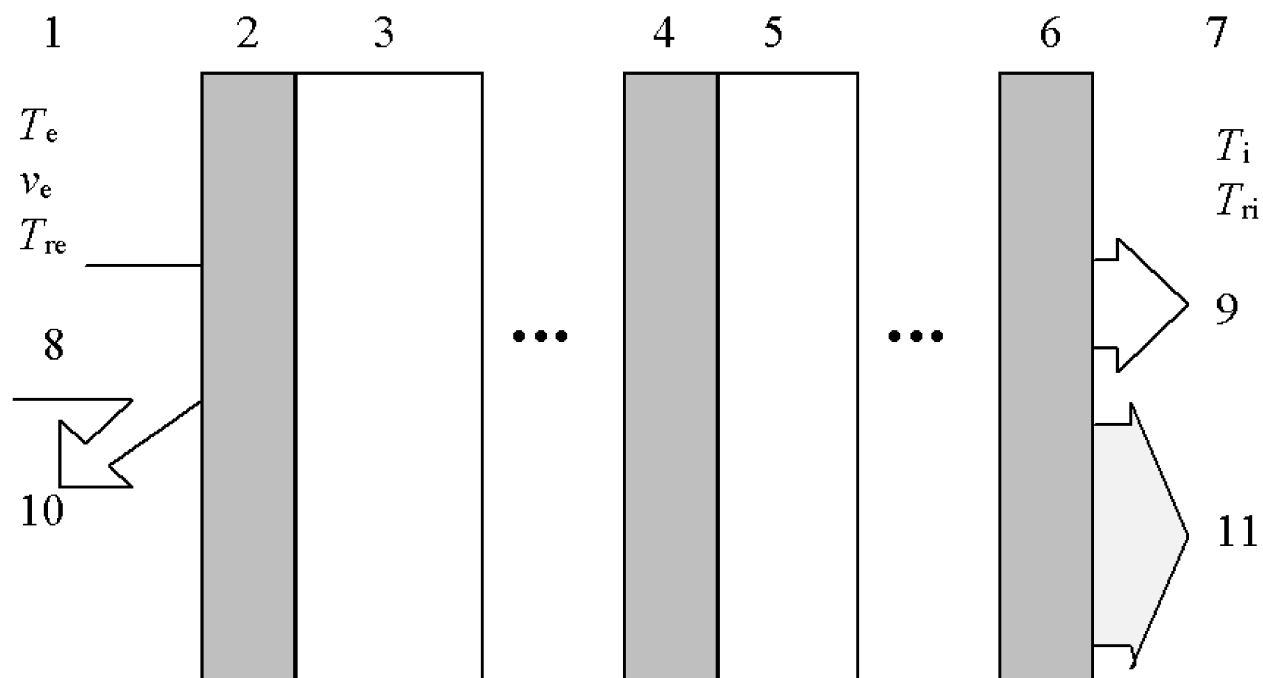
Belüftete Hohlräume werden durch ihre Breite und Höhe und die physikalischen Eigenschaften der Luft beschrieben.

6.4 Berechnungsverfahren

6.4.1 Allgemeines

Kombinationen von Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen bestehen aus einer Reihe von Feststoffschichten, die durch luft- oder gasgefüllte Zwischenräume voneinander getrennt sind. Es gilt die Annahme, dass die massiven Schichten homogen sind und einen zu vernachlässigenden Wärmewiderstand haben. Die Übertragung von Solarstrahlung und Wärme gilt mit Ausnahme belüfteter Zwischenräume, bei denen die zweidimensionale Konvektion auf eine eindimensionale Formel reduziert wird, als eindimensional.

Die Schichten und Zwischenräume werden mit j von 1 bis n nummeriert, wobei der Zwischenraum n das Gebäudeinnere und der Zwischenraum 0 das Freie darstellt. In diesem physikalischen Modell ist die Anzahl der Schichten unbegrenzt. Die grundlegenden Formeln für Solarstrahlung und Wärmeübertragung werden angegeben, um die Energiebilanz jeder Schicht zu ermitteln. Zur Lösung des Gleichungssystems ist es notwendig wegen der nichtlinearen Wechselwirkung von Temperatur und Wärmeübertragung, ein iteratives Verfahren anzuwenden.



Legende

T_e	Außenlufttemperatur	1	Außenseite	7	Innenseite
T_{re}	Strahlungstemperatur im Freien	2	Schicht 1	8	Solarstrahlung
v_e	Windgeschwindigkeit im Freien	3	Zwischenraum 1	9	direkter Solar- und Lichtreflexionsgrad
T_i	Raumlufttemperatur	4	Schicht j	10	direkter Solar- und Lichtreflexionsgrad
T_{ri}	Raumstrahlungstemperatur	5	Zwischenraum j	11	Wärmestrahlung und Konvektion (direkt und indirekt)
		6	Schicht n		

ANMERKUNG Die Umgebungen in Innenräumen und im Freien werden durch Luft- und Strahlungstemperatur bestimmt; die Luftumgebung im Freien wird außerdem durch die Windgeschwindigkeit bestimmt.

Bild 1 — Schematische Darstellung eines aus Schichten und Zwischenräumen bestehenden Systems

6.4.2 Anwendbarer Zeitschritt

Die in dieser Norm beschriebenen Eingangsdaten gelten für stationäre Bedingungen und haben keine Zeitschritte.

6.4.3 Solarstrahlung und Sonnenlicht

Die solaren und optischen Eigenschaften sind unabhängig von der Intensität der Sonneneinstrahlung in das System²⁾ und der darin herrschenden Temperatur. Es gilt die Annahme, dass die Zwischenräume vollständig durchsichtig sind und keinerlei Absorption aufweisen. Jede Feststoffschicht wird durch ihren spektralen Transmissions- und Reflexionsgrad im Wellenlängenbereich zwischen 0,3 μm und 2,5 μm gekennzeichnet.

Für jede Wellenlänge λ und jede Schicht j gelten die folgenden Gleichungen für die relativen Wärmeströme I und I' (siehe Bild 2):

$$\begin{aligned} I_j(\lambda) &= \tau_j(\lambda) \cdot I_{j-1}(\lambda) + \rho'_j(\lambda) \cdot I'_j(\lambda) \\ I'_{j-1}(\lambda) &= \rho_j(\lambda) \cdot I_{j-1}(\lambda) + \tau'_j(\lambda) \cdot I'_j(\lambda) \end{aligned} \quad (1)$$

2) Für bestimmte Materialien gibt es Ausnahmen (photochrom, thermochrom).

Dabei ist

- $\tau_j(\lambda)$ der spektrale Transmissionsgrad der der einfallenden Solarstrahlung zugewandten Seite;
- $\tau'_j(\lambda)$ der spektrale Transmissionsgrad der der einfallenden Solarstrahlung abgewandten Seite³⁾;
- $\rho_j(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der der einfallenden Solarstrahlung zugewandten Seite;
- $\rho'_j(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der der einfallenden Solarstrahlung abgewandten Seite;
- $I_j(\lambda)$ der relative spektrale Wärmestrom im Gebäudeinneren;
- $I'_j(\lambda)$ der relative spektrale Wärmestrom im Freien.

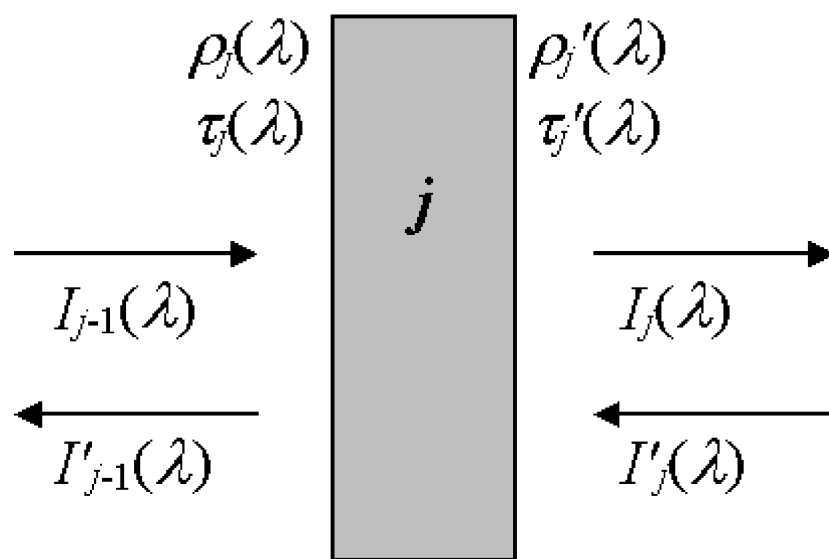


Bild 2 — Schematische Darstellung der Kenndaten der Schicht j und der spektralen Wärmeströme

Gleichung (1) wird mit folgenden Randbedingungen gelöst:

$$I_0(\lambda) = 1; \quad I'_n(\lambda) = 0 \quad (2)$$

Sind die relativen spektralen Wärmeströme $I_j(\lambda)$ und $I'_j(\lambda)$ für jede Schicht j bekannt, ergeben die Spektraldaten des Systems Folgendes:

— den spektralen Transmissionsgrad:

$$\tau(\lambda) = I_n(\lambda) \quad (3)$$

— den Reflexionsgrad der der einfallenden Solarstrahlung zugewandten Seite:

$$\rho(\lambda) = I'_0(\lambda) \quad (4)$$

— den spektralen Absorptionsgrad der Schicht j :

$$\alpha_j(\lambda) = (1 - \rho_j(\lambda) - \tau_j(\lambda)) \cdot I_{j-1}(\lambda) + (1 - \rho'_j(\lambda) - \tau'_j(\lambda)) \cdot I'_j(\lambda) \quad (5)$$

3) Bei lichtstreuenden Materialien können die Transmissionsgrade von $\tau(\lambda)$ und $\tau'(\lambda)$ verschieden sein.

Der direkte Strahlungstransmissionsgrad τ_e , der direkte Strahlungsreflexionsgrad ρ_e und der direkte Strahlungsabsorptionsgrad $\alpha_{e,j}$ jeder Schicht j müssen aus den nach dem in EN 410 oder ISO 9050 angegebenen Verfahren ermittelten Spektraldaten berechnet werden. In entsprechender Weise können auch der Lichttransmissionsgrad τ_v und der Lichtreflexionsgrad ρ_v berechnet werden.

Ist der spektrale Reflexionsgrad $\rho'(\lambda)$ des nach innen weisenden Systems gefordert, so ist Gleichung (1) unter Verwendung von $\rho'(\lambda) = I_n(\lambda)$ mit den Randbedingungen $I_0(\lambda) = 0$; $I_n'(\lambda) = 1$ zu lösen.

Stehen keine Spektraldaten zur Verfügung, so kann die Berechnung auch mit integrierten Werten erfolgen, wobei zu beachten ist, dass die Genauigkeit für Materialien mit abweichenden wellenlängenabhängigen Eigenschaften herabgesetzt wird.

6.4.4 Wärmeübertragung

6.4.4.1 Wärmestrahlung

Der durch Wärmestrahlung hervorgerufene Wärmestrom hängt von den im System herrschenden Temperaturen ab und ist mit anderen Wärmeströmen im System gekoppelt. Eine getrennte Lösung in standardisierter Form ist nicht möglich.

In Bezug auf die Wärmestrahlung ist es am geeignetsten, anstelle des Reflexionsgrads den Emissionsgrad zu verwenden; folglich wird jede Schicht j durch folgende Werte bestimmt (siehe Bild 3):

- T_j Temperatur;
- $\tau_{th,j}$ Transmissionsgrad für Wärmestrahlung;
- ε_j effektiver Emissionsgrad der nach außen weisenden Seite;
- ε'_j effektiver Emissionsgrad der nach innen weisenden Seite;
- q_{th} Wärmestromdichte im Gebäudeinneren;
- q'_{th} Wärmestromdichte im Freien.

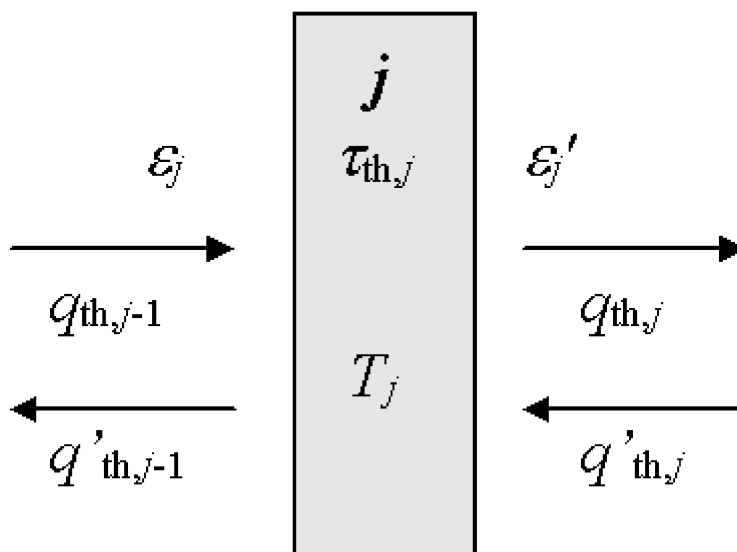


Bild 3 — Schematische Darstellung der Kenndaten der Schicht j und der durch Wärmestrahlung hervorgerufenen Wärmestromdichte

Die meisten Feststoffschichten sind im Bereich der Wärmestrahlung (5 µm bis 50 µm) opak und werden durch einen integrierten Wert, den korrigierten Emissionsgrad ε beschrieben. Dieser Emissionsgrad wird durch Messung des spektralen Reflexionsgrades bei senkrechtem Einfall bestimmt. Die Bewertung erfolgt mit einer Berichtigung für die hemisphärische Emission und unter der in EN 673 oder ISO 10292 beschriebenen Annahme vollständiger Undurchlässigkeit.

Im Falle von Materialien, die für Infrarotstrahlung durchlässig sind, wie z. B. einigen Kunststoff-Folien, opaken Schichten mit Löchern und Jalousien, müssen die Kennwerte mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens bestimmt werden. Für Jalousien siehe Anhang D.

Für jede Schicht j gilt das folgende Gleichungssystem der durch Wärmestrahlung hervorgerufenen Wärmestromdichten:

$$\begin{aligned} q_{\text{th},j} &= \tau_{\text{th},j} \cdot q_{\text{th},j-1} + (1 - \varepsilon'_j - \tau_{\text{th},j}) \cdot q'_{\text{th},j} + \varepsilon'_j \cdot \sigma \cdot T_j^4 \\ q'_{\text{th},j-1} &= (1 - \varepsilon_j - \tau_{\text{th},j}) \cdot q_{\text{th},j-1} + \tau_{\text{th},j} \cdot q'_{\text{th},j} + \varepsilon_j \cdot \sigma \cdot T_j^4 \end{aligned} \quad (6)$$

Die Randbedingungen sind durch die im Freien und im Gebäudeinneren herrschenden Strahlungstemperaturen $T_{\text{r,e}}$ bzw. $T_{\text{r,i}}$ gegeben:

$$q_{\text{th},0} = \sigma \cdot T_{\text{r,e}}^4 \quad ; \quad q'_{\text{th},n} = \sigma \cdot T_{\text{r,i}}^4 \quad (7)$$

Unter der Annahme, dass die Temperaturen T_j bekannt seien, führt das System zu:

— der durch die Strahlung verursachten Netto-Wärmestromdichte nach außen:

$$q_{\text{th,e}} = q'_{\text{th},0} - q_{\text{th},0} \quad (8)$$

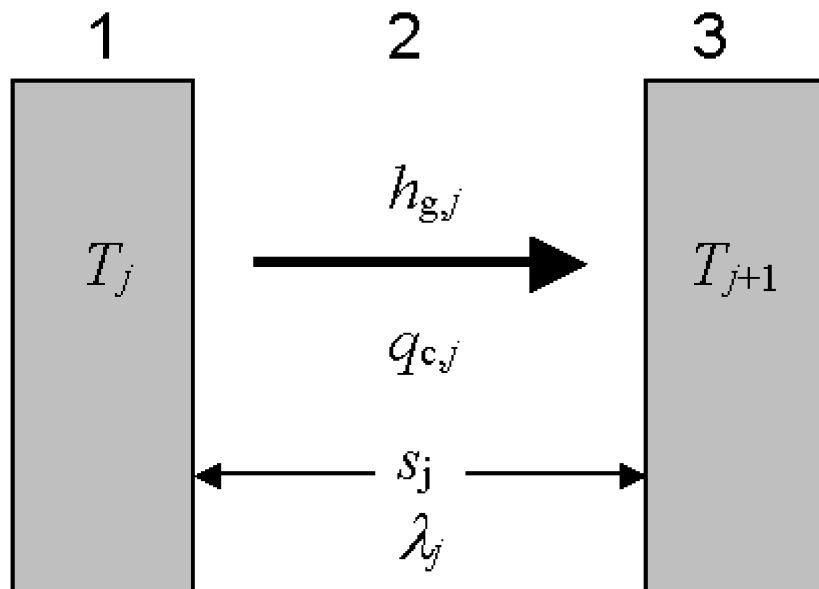
— der durch die Strahlung verursachten Netto-Wärmestromdichte nach innen:

$$q_{\text{th,i}} = q_{\text{th},n} - q'_{\text{th},n} \quad (9)$$

— der durch Wärmestrahlung verursachten absorbierten Netto-Wärme in der Schicht j

$$q_{\text{th,a},j} = \varepsilon_j \cdot q_{\text{th},j-1} + \varepsilon'_j \cdot q'_{\text{th},j} - (\varepsilon_j + \varepsilon'_j) \cdot \sigma \cdot T_j^4 \quad (10)$$

6.4.4.2 Wärmeübertragung in geschlossenen Zwischenräumen durch Wärmeleitung und Konvektion



Legende

λ_j	Wärmeleitfähigkeit des Gases im Zwischenraum j bei der Temperatur $(T_j + T_{j+1})/2$	1	Schicht j
s_j	Breite des Zwischenraums j	2	Zwischenraum j
$h_{g,j}$	Wärmedurchlasskoeffizient des Gases im Zwischenraum j	3	Schicht $j + 1$
$q_{c,j}$	Wärmestromdichte durch Wärmeleitung und Konvektion von Schicht j zu Schicht $j + 1$		

Bild 4 — Schematische Darstellung der Kenndaten eines geschlossenen Zwischenraums und der Wärmestromdichte durch Wärmeleitung und Konvektion

Der Wärmedurchlasskoeffizient des Gases in einem geschlossenen Zwischenraum j wird nach folgender Gleichung berechnet (siehe Bild 4):

$$h_{g,j} = Nu_j \cdot \frac{\lambda_j}{s_j} \quad (11)$$

Dabei ist

- λ_j die Wärmeleitfähigkeit des Gases im Zwischenraum j ;
- s_j die Breite des Zwischenraums j ;
- Nu_j die Nusselt-Zahl nach EN 673 oder ISO 10292.

Die Randbedingungen für die Außenseite werden durch die im Freien herrschende Lufttemperatur und den entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizienten durch Konvektion bestimmt:

$$T_0 = T_e; h_{g,0} = h_{c,e} \quad (12)$$

In entsprechender Weise werden die Randbedingungen für die Innenseite durch die Raumlufttemperatur und den entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizient durch Konvektion bestimmt:

$$T_{n+1} = T_i ; \quad h_{g,n} = h_{c,i} \quad (13)$$

Unter der Annahme, dass die Temperaturen für jede Schicht bekannt seien, ergibt sich die durch Wärmeleitung und Konvektion von der Schicht j absorbierte Nettoenergie wie folgt:

$$q_{c,a,j} = h_{g,j-1} \cdot (T_{j-1} - T_j) + h_{g,j} \cdot (T_{j+1} - T_j) \quad (14)$$

Die konvektive Wärmestromdichte an die Außenluft wird wie folgt bestimmt:

$$q_{c,e} = q_{c,a,0} = h_{g,0} \cdot (T_1 - T_e) \quad (15)$$

bzw. zur Innenraumluft:

$$q_{c,i} = q_{c,a,n} = h_{g,n} \cdot (T_i - T_n) \quad (16)$$

6.4.4.3 Belüftete Zwischenräume

Lufträume können Verbindung zur Außenluft, zum Gebäudeinneren oder zu anderen Zwischenräumen haben. Unter der Annahme, dass die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Zwischenraum bekannt sei, lassen sich das Temperaturprofil und der Wärmedurchgangskoeffizient nach einem einfachen Modell berechnen. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit kann direkt berechnet werden, wenn der Zwischenraum mechanisch belüftet wird; bei natürlicher Belüftung wird sie nach Anhang E berechnet.

Aufgrund des Luftstroms durch den Zwischenraum schwankt die Lufttemperatur im Zwischenraum mit der Höhe (siehe Bild 5). Das Temperaturprofil hängt sowohl von der Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Zwischenraum als auch vom Wärmedurchgangskoeffizienten beider Schichten ab. Die Temperatur der Luft auf der Höhe z im belüfteten Zwischenraum j wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$T_j(z) = T_{m,j} - (T_{m,j} - T_{1,j}) \cdot e^{-z/H_{TP,j}} \quad 0 \leq z \leq H_j \quad (17)$$

Dabei ist

H_j die Höhe des Zwischenraums j ;

$H_{TP,j}$ die charakteristische Höhe (Temperaturdurchdringungsstrecke), siehe Gleichung (18);

$T_{1,j}$ die Temperatur der eindringenden Luft;

$T_{m,j}$ die durchschnittliche Temperatur der Schichten j und $j + 1$: $T_{m,j} = (T_j + T_{j+1})/2$.

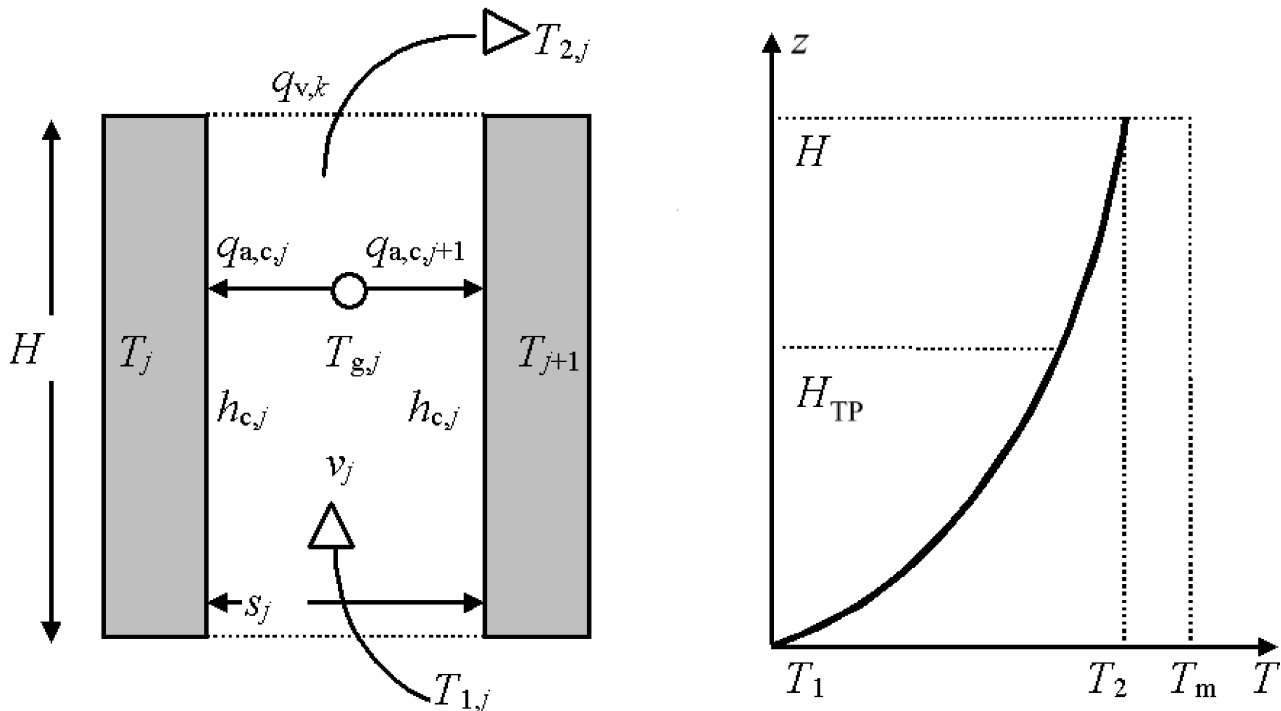


Bild 5 — Schematische Darstellung der Kenndaten eines belüfteten Zwischenraums und des Temperaturprofils im Inneren unter der Annahme, dass die eindringende Luft erwärmt wird

Die Temperaturdurchdringungsstrecke wird bestimmt durch:

$$H_{TP,j} = \frac{\rho_j \cdot c_j \cdot s_j \cdot v_j}{2 \cdot h_{c,j}} \quad (18)$$

Dabei ist

- ρ_j die Dichte der Luft bei Temperatur $T_{g,j}$;
- c_j die spezifische Wärmekapazität der Luft;
- s_j die Breite des Zwischenraums j ;
- v_j die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Gases im Zwischenraum, unter Anwendung von Anhang E bei natürlich belüftetem Zwischenraum;
- $h_{c,j}$ der konvektive Wärmeübergangskoeffizient für Zwischenraum j :

$$h_{c,j} = 2 \cdot h_{g,j} + a \cdot v \quad (19)$$

Dabei ist

- $h_{g,j}$ der Wärmeübergangskoeffizient eines geschlossenen Zwischenraums, siehe 5.3.2;
- a der Geschwindigkeitskoeffizient ($4 \text{ W} \cdot \text{s}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$).