

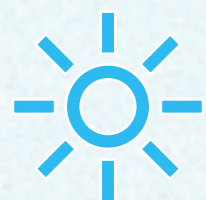


Kapitel 13

Stand: 08/2025

SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Prof. Dr.-Ing. Martin H. Spitzner, Hochschule Biberach,
MHS Ingenieurbüro München



1. Einleitung

Die thermische Behaglichkeit – primär durch die Raumtemperatur und der Außentemperatur der vorherigen Tage bestimmt – ist der Schlüsselfaktor für ein angenehmes Raumklima und somit ein essentielles Qualitätsmerkmal von Aufenthaltsräumen in Wohn- und Nichtwohngebäuden.

Während die Gewährleistung einer adäquaten thermischen Behaglichkeit im Winter seit Jahren durch Mindestanforderungen an den baulichen und energiesparenden Wärmeschutz reguliert wird, ist der sommerliche Wärmeschutz erst seit der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2007 im Ordnungsrecht verankert. Diese relativ späte Integration hat zur Folge, dass das Bewusstsein für die Notwendigkeit des sommerlichen Wärmeschutzes bei Planern und Bauausführenden noch nicht so ausgeprägt ist wie für den winterlichen Wärmeschutz.

Die Berücksichtigung des sommerlichen Wärmeschutzes von Beginn der Planung an ist jedoch von wachsender Bedeutung, insbesondere angesichts des Klimawandels und der prognostizierten Zunahme sommerlicher Hitzeperioden. Die Sicherstellung einer guten thermischen Behaglichkeit im Sommer ist eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale zukunftsfähiger Gebäude.

Die Gewichtung der Jahreszeiten hinsichtlich des Energieverbrauchs für die Gebäudetemperierung verlagert sich derzeit vom Winter in den Sommer: Wir können in unseren Gebäuden im Winter eine behagliche Raumtemperatur mit moderatem Energieaufwand sicherstellen, aber wir bekommen zunehmend Schwierigkeiten im Sommer mit zu warmen Innenräumen, bzw. müssen einen zunehmenden Energieaufwand betreiben, um das Raumklima im Sommer in einem behaglichen Bereich zu halten.

Das vorliegende Kapitel beleuchtet zunächst die fundamentalen Zusammenhänge und Einflussparameter und erläutert die relevanten Nachweisverfahren. Anschließend wird die praktische Anwendung dieser Verfahren anhand von Berechnungsbeispielen demonstriert. Dabei wird der Einfluss verschiedener Parameter, wie beispielsweise der Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile, anschaulich dargestellt. Diese ganzheitliche Beschreibung soll ein tieferes Verständnis für die Komplexität und Wichtigkeit des sommerlichen Wärmeschutzes vermitteln, und dabei helfen, diesen Aspekt frühzeitig und effektiv in die Planung zu integrieren.

2. Sommerlicher Wärmeschutz von Aufenthaltsräumen

Einflussfaktoren

Das sommerliche Temperaturverhalten eines nicht klimatisierten Aufenthaltsraums hängt von Klima, Fenstern, Nutzerverhalten und Gebäudeeigenschaften ab und wird maßgeblich von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Außenklima und Sonneneinstrahlung
- Größe der Fenster relativ zur Raumgröße
- Orientierung und Neigung der Fenster
- Gesamtenergiedurchlassgrad der Fenster inklusive Verschattungseinrichtungen
- Lüftungsverhalten des Nutzers, vor allem hinsichtlich Nachtlüftung
- Nutzung von beweglichen Verschattungseinrichtungen
- Innere Wärmelasten aus Geräten und Personen
- Wärmespeicherverhalten des Raums
- Baulicher Wärmeschutz der Außenbauteile
- Bauliche Verschattung durch Topografie, Nachbargebäude, und durch das Gebäude selbst

Bei der Gebäudekonzeption und -planung sollten Architekten und Ingenieure diese Faktoren angemessen berücksichtigen. Das primäre Ziel ist die Schaffung eines angenehmen sommerlichen Raumklimas bei gleichzeitiger Reduzierung oder gänzlicher Vermeidung eines Kühlenergiebedarfs. Dies lässt sich durch gezielte bauliche und technische Maßnahmen erreichen, die auf fundierten bauphysikalischen Prinzipien basieren:

- Minimierung der Wärmezufuhr von außen z.B. durch effektive Nutzung von Verschattungseinrichtungen
- Reduzierung interner Wärmegewinne z.B. durch energiesparende Geräte und Beleuchtung
- Erhöhung der Wärmeabfuhr, insbesondere durch erhöhte Nachtlüftung
- Bereitstellung ausreichender Speichermassen mit direktem Kontakt zur Raumluft, um Temperaturanstiege tagsüber zu dämpfen

INFO

Die thermische Masse schwerer Konstruktionen fungiert als natürlicher Temperaturpuffer, der Hitzespitzen im Raum abmildert und ein ausgeglichenes Raumklima fördert.

INFO

Gebäude aus Kalksandstein-Vollsteinen mit Stahlbetondecken sind generell als schwere Bauart einzustufen.

Die Nachweispflicht

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) schreibt für Aufenthaltsräume in beheizten Gebäuden ($\geq 19\text{ °C}$ Raumsolltemperatur) und in niedrig beheizten Gebäuden ($\geq 12\text{ °C}$ Raumsolltemperatur) einen Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß DIN 4108-2 vor [1]. Diese bietet mit dem Sonneneintragskennwertverfahren eine pragmatische Berechnungsmethode, die Fenstergröße und Sonnenschutz, verschiedene Bauarten, verstärkte Nachtlüftung und passive Kühlkonzepte berücksichtigt. Dieses ingenieurmäßige Verfahren evaluiert einfach und schnell die wichtigsten Einflussfaktoren, um übermäßige sommerliche Raumtemperaturen ohne aktive Kühlung zu vermeiden. Es empfiehlt sich, diese Kontrolle von vorneherein in die Entwurfs- und frühen Planungsphasen zu integrieren, um rechtzeitig und günstig gegensteuern zu können.

Für eine präzisere Analyse können Planer auf Programme zur thermischen Gebäudesimulation zurückgreifen. Diese ermöglichen eine detaillierte Prognose der sommerlichen Raumtemperaturen. Soll die Simulation als GEG-Nachweis des ausreichenden sommerlichen Wärmeschutzes anstelle des Sonneneintragskennwertverfahrens dienen, sind die in der DIN 4108-2 definierten Berechnungsparameter und Randbedingungen zu verwenden, um die Vergleichbarkeit mit den normativen Grenzwerten zu gewährleisten.

Zusätzlich (aber nicht als Nachweisersatz!) kann die thermische Gebäudesimulation mit individuellen Randbedingungen wiederholt werden, um im Rahmen der Bauherrenberatung die Behaglichkeit unter den für später tatsächlich geplanten Nutzungsrandbedingungen und am individuellen Gebäudestandort zu bewerten. Dabei kann der resultierende Verlauf der Raumtemperatur anhand eines Gleitenden-Mittelwert-Verfahrens aus

DIN EN 16798-1 [2] in Komfortklassen eingestuft und mit der Komfortanforderung des Bauherren verglichen werden.

INFO

Gemäß GEG ist der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 entweder mit dem Sonneneintragskennwertverfahren oder mittels thermischer Gebäudesimulation für die Aufenthaltsräume aller beheizten und niedrig beheizten Gebäude zu führen.

Beim Nachweis konzentriert man sich auf den vermutlich ungünstigsten Aufenthaltsraum des Gebäudes hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes. Ist für diesen Raum der Nachweis erfolgreich erbracht, gilt er für alle anderen Aufenthaltsräume mit. Falls man sich vorab nicht sicher ist, welcher Aufenthaltsraum der kritische ist, werden alle Räume analysiert, die als kritischer Raum in Frage kommen. Bei mehrzonigen Gebäuden geht man analog vor, aber pro Zone. Aufenthaltsräume sind üblicherweise z.B. Wohn- und Schlafräume, Büro-, Geschäfts-, Verkaufsräume, Warteräume, Werkstätten, Gaststätten, Versammlungs- und Unterrichtsräume, Krankenzimmer, Sport- und Spielräume, aber nicht z.B. Treppenzimmer, Abstell- und Lagerräume, Heizräume.

Ausnahmen von der Nachweispflicht

Bei Wohngebäuden mit spezifischen Merkmalen – einem grundflächenbezogenen Fensterflächenanteil des kritischen Raums von bis zu 35 % und mit Rollläden an Ost-, Süd- und Westfenstern – entfällt die Nachweispflicht. In diesen Fällen gilt der sommerliche Mindestwärmeschutz pauschal als erfüllt.

Ähnliches gilt für Räume hinter unbeheizten, zum Aufenthaltsraum hin abgeschlossenen Glasanbauten, wenn der unbeheizte Glasvorbau einen Sonnenschutz mit einem Abminderungsfaktor $F_c \leq 0,35$ und Lüftungsöffnungen im obersten und untersten Glasbereich hat, die zusammen mindestens 10 % der Glasfläche ausmachen, und der dahinterliegende nachzuweisende Raum nur über den Glasvorbau belüftet wird.

3. Umgang mit besonderen Raumsituationen

Die einzuhaltenden Anforderungswerte der Nachweisverfahren der DIN 4108-2 für den sommerlichen Wärmeschutz basieren auf typischen Raumsituationen, nämlich quaderförmigen Räumen üblicher Raumhöhe, mit Fenstern in 1 oder 2 Außenfassaden, und umfassen damit von Haus aus typische Raumsituationen in Wohngebäuden sowie gängige Aufenthaltsräume in Büro- und ähnlichen Nichtwohngebäuden.

Mit ein paar Überlegungen ist das Nachweisverfahren aber auch auf einige besondere Raumsituationen anwendbar. Dabei wird ein pragmatischer Kompromiss zwischen Genauigkeit und Praktikabilität erreicht, der die Vielfalt realer Raumgeometrien auf die dem Nachweisverfahren zugrundeliegenden Modelle zurückführt und damit handhabbar macht, ohne dass man auf eine Simulation ausweichen müsste. Treffen mehrere dieser Beson-

derheiten zusammen, werden die im Folgenden genannten Vorgehensweisen sinngemäß kombiniert.

3.1 Besonders große Räume, L- und U-förmige Räume

- Räume mit einer Raumtiefe von mehr als dem 3-fachen ihrer lichten Höhe

Bei der Betrachtung solcher Räume müssen nach DIN 4108-2 alle Raumbereiche und Bauteile unberücksichtigt bleiben, die in der Raumtiefe mehr als das 3-fache der lichten Raumhöhe von der Fensterfassade entfernt sind (Bild 1). Hintergrund ist, dass weiter entfernt liegende Raumbereiche oder Bauteile kaum noch am kurzfristigen Abpuffern von Temperaturspitzen teilnehmen.

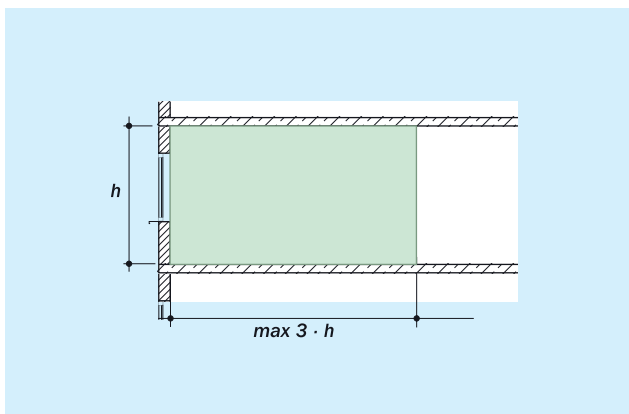


Bild 1 Die größte anzusetzende Raumtiefe beträgt das Dreifache der lichten Raumhöhe [3]

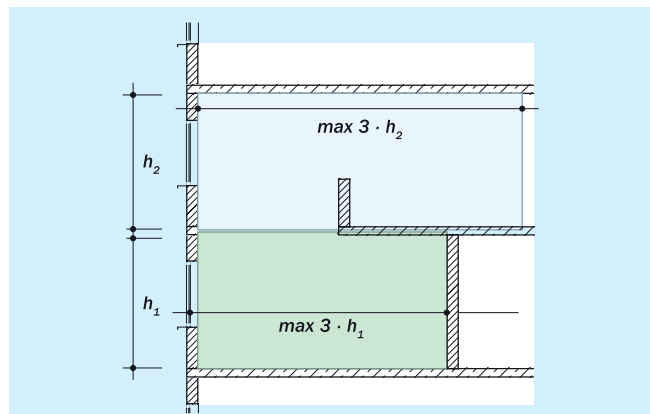


Bild 2 Der mehrgeschossige Raum wird auf Höhe der Oberkante der vorhandenen Rohdecke horizontal virtuell unterteilt. Die so entstehenden virtuellen Raumbereiche werden jeweils separat behandelt [3]

■ L- und U-förmige Räume, sehr breite Räume

Bei besonders breiten Räumen und bei L- oder U-förmigen Räumen wird empfohlen, die Begrenzung auf eine Raumtiefe vom 3-fachen der lichten Raumhöhe nicht nur in der Raumtiefe vorzunehmen, sondern auch in der Raumbreite. Das heißt, alle Raumbereiche und Bauteile, die im Grundriss weiter als das Dreifache der lichten Raumhöhe von der nächstgelegenen Fensterlaibung entfernt sind, in seitlicher Richtung, sollten vernachlässigt werden. Sofern sich die zu berücksichtigenden Raumbereiche überlappen, werden sie zusammengefasst und im Nachweis als ein Raum behandelt.

■ Räume mit Fenstern in gegenüberliegenden Fassaden und einer Raumtiefe von mehr als dem 6-fachen ihrer lichten Höhe

Räumen mit Fenstern in gegenüberliegenden Fassaden werden als zusammenhängender Raum behandelt, sofern die beiden Fensterfassaden weniger als das 6-fache der Raumhöhe voneinander entfernt sind. Dies berücksichtigt die bessere natürliche Belüftungsmöglichkeit in derartigen Raumkonfigurationen aufgrund der gegenüberliegenden Fenster. Bei einer Raumtiefe von mehr als dem 6-fachen der lichten Höhe wird jede Fassade mit zugehörigem 3-fach-Raumhöhe-Bereich wie ein separater Raum behandelt.

3.2 Geschossübergreifende Raumsituationen

Für zwei- oder mehrgeschossige Räume wie Foyers oder Wohnzimmer mit Galerien wird eine virtuelle horizontale stockwerksweise Unterteilung dieser Räume empfohlen. Die Unterteilung erfolgt auf Höhe der Oberkante der vorhandenen Rohdecke. Diese Methode gilt auch für Bereiche mit über mehrere Etagen durchgehenden Fenstern. Durch diese virtuelle Segmentierung entstehen separate Raumbereiche, die jeweils einzeln nachgewiesen werden können. Die virtuell eingezogenen Böden und die tatsächlich vorhandenen Böden bilden zusammen die Grundflächen der Raumbereiche (Bild 2). Zusätzlich kommt, sofern zutreffend, die oben beschriebene Begrenzung auf das Dreifache der lichten Raumhöhe der virtuellen Raumbereiche zum Tragen.

3.3 Räume mit beheizten oder unbeheizten Glasvorbauten und Räume mit bzw. hinter Schaufenstern

Die Wärmeeinträge aus verglasten Treppenhäusern, Foyers, Malls oder aus Schaufenstern können als irrelevant für den Aufenthaltsbereich betrachtet werden, wenn zwei Bedingungen erfüllt sind:

- Es besteht eine effektive bauliche Trennung zwischen dem Aufenthaltsraum und dem verglasten Bereich bzw. dem Schaufenster.
- Der Aufenthaltsbereich hat eine separate Belüftung, die nicht durch den verglasten Bereich bzw. durch das Schaufenster erfolgt.

Fehlt hingegen eine räumliche Trennung oder erfolgt die Belüftung des Aufenthaltsbereichs über die verglasten Zonen bzw. das Schaufenster, werden diese als integraler Bestandteil des Aufenthaltsbereichs betrachtet. In solchen Fällen müssen die Wärmeeinträge aus den verglasten Bereichen bei der thermischen Bewertung des Gesamtraums berücksichtigt werden. Als wirksame räumliche Trennungen gelten:

- komplett mindestens einseitig geschlossene Regalwände
- komplett mindestens einseitig geschlossene Leichtbauwände
- ähnliche fest installierte Abtrennungen
- nicht jedoch Vorhänge!

3.4 Räume mit Raumhöhen über 4 m (z.B. Hallen), Räume mit Doppelfassaden oder transparenten Wärmedämmsystemen (TWD)

Solche Räume können nicht mit dem Sonneneintragskennwertverfahren, sondern nur mittels Simulation, unter Berücksichtigung der in der Norm definierten Rechenrandbedingungen, nachgewiesen werden.

4. Struktur des Sonneneintragskennwertverfahrens nach DIN 4108-2

4.1 Überblick

Für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes steht in der Norm ein einfaches Handrechenverfahren, das so genannte Sonneneintragskennwertverfahren, zur Verfügung, welches trotz seiner Einfachheit eine gute Übereinstimmung mit einer aufwändigeren Gebäudesimulation aufweist. Dabei wird für den ungünstigsten Aufenthaltsraum des Gebäudes bzw. der Zone der vorhandene Sonneneintragskennwert (S_{vorh}) mit dem zulässigen Höchstwert (S_{zul}) verglichen. Der Nachweis für diesen ungünstigsten Aufenthaltsraum – und damit auch für alle anderen Aufenthaltsräume des Gebäudes bzw. der Zone – ist bestanden, wenn der vorhandene Wert den zulässigen Wert nicht überschreitet:

$$S_{vorh} \leq S_{zul} \quad (3.1)$$

Der vorhandene Wert S_{vorh} wird bestimmt durch

- Fensterfläche des Raums (inkl. Dachfenstern)
- Lichte Grundfläche des Raums
- Gesamtenergiedurchlassgrad g des Glases
- Abminderung von fest installierten Verschattungseinrichtungen

während in den zulässigen Wert S_{zul} eingehen:

- Klimaregion des Standorts
- Nutzung des Gebäudes, unterschieden zwischen Wohn- und Nichtwohnnutzung
- Bauart, unterschieden in leicht, mittel, schwer
- Nachlüftungsintensität, d.h. keine, erhöhte oder hohe Nachlüftung
- Nutzung von Sonnenschutzverglasung
- eventuelle Fensterneigung und/oder Nordorientierung von Fenstern
- passives Kühlkonzept

INFO

Für eine effiziente Nachweisführung steht unter www.kalksandstein.de ein spezielles Berechnungsprogramm zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach dem Sonneneintragskennwertverfahren zur Verfügung.

4.2 Vorhandener Sonneneintragskennwert S_{vorh}

Der vorhandene Wert S_{vorh} berechnet sich aus

$$S_{vorh} = \frac{\sum (A_{W,j} \cdot g_{tot,j})}{A_G} \quad (3.2)$$

mit:

- $A_{W,j}$ Fensterflächen des betrachteten Raums
- $g_{tot,j}$ Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasungen einschließlich Sonnenschutz des betrachteten Raums
- A_G Nettogrundfläche des betrachteten Raums oder Raumbereichs.

Als Gesamtenergiedurchlassgrad g_{tot} der Kombination aus Glas und Sonnenschutz verwendet man wahlweise

- übliche Standardwerte für g (Tafel 1)
- Herstellerangaben für g ($g = g_{\perp}$)
- Anhaltswerte für F_C , siehe Tafel 2 (bauliche Verschattung durch Vorsprünge, Gebäude und Topografie dürfen alternativ zu den Anhaltswerten auch nach DIN/TS 18599-2 ange-setzt werden, aber nur entweder oder)
- Herstellerangaben für F_C

und multipliziert die beiden miteinander:

$$g_{tot} = g \cdot F_C$$

oder man verwendet

- produktspezifische Herstellerangaben für g_{tot} , also gleich für die Kombination aus einem angegebenen Glas und einem angegebenen Sonnenschutz; dies ist meist günstiger als die Verwendung von g - und F_C -Einzelwerten.

4.3 Standard- und Anhaltswerte für Glas und Sonnenschutz

Sofern keine genaueren oder produktspezifischen Angaben bekannt sind, können Standardwerte für den Gesamtenergiedurchlassgrad von Gläsern bzw. die Anhaltswerte der DIN 4108-2:2025 [4] für den Abminderungsfaktor von Sonnenschutzvorrichtungen verwendet werden:

Tafel 1 Typische Standardwerte und Wertebereiche für den Gesamtenergiedurchlassgrad von Gläsern, für die Vordimensionierung (die Verwendung produktspezifischer Werte wird empfohlen, vor allem bei Sonnenschutzglas)

Glas	g -Wert Standardwert	g -Wert Wertebereiche ca.
Einfachglas	0,87	–
Doppelverglasung mit Luftzwischenraum	0,75	–
Zweischeiben-Isolierglas	0,60	0,53 bis 0,72
Dreischeiben-Isolierglas	0,50	0,46 bis 0,55
Sonnenschutzglas zweifach	0,40	0,27 bis 0,48
Sonnenschutzglas dreifach	0,25	0,16 bis 0,34

Tafel 2 Abminderungsfaktoren F_c für den Abminderungsfaktor von Sonnenschutzvorrichtungen. Die Wertebereiche stellen jeweils die Werte für hohe bis niedrige Lichttransmission dar. Nach [4] Tabellen 9 bis 12

		Glas und Gesamtenergiedurchlassgrad			
		g ≤ 0,40		g > 0,40	
		dreifach	zweifach	dreifach	zweifach
1. Sonnenschutzvorrichtung außenliegend					
1.1 Fensterladen, Rollladen, Markise parallel zum Glas					
Allgemein; bei unbekannten Reflexions- und Transmissionseigenschaften	0,29	0,32	0,24	0,25	
dunkel bzw. niedrig reflektierend	0,29 - 0,15	0,32 - 0,19	0,24 - 0,09	0,25 - 0,11	
hell bzw. hoch reflektierend	0,26 - 0,12	0,28 - 0,15	0,24 - 0,09	0,24 - 0,09	
1.2 Jalousie, Raffstore, drehbare Lamellen					
Allgemein; bei unbekannten Reflexions- und Transmissionseigenschaften	0,29	0,32	0,24	0,25	
dunkel bzw. niedrig reflektierend	0,29 - 0,15	0,32 - 0,19	0,24 - 0,09	0,25 - 0,11	
hell bzw. hoch reflektierend	0,26 - 0,12	0,28 - 0,15	0,22 - 0,08	0,23 - 0,08	
1.3 Vordach, Markise nicht parallel zum Glas, freistehende Lamellen					
Wenn ohne direkte Besonnung des Fensters	0,55	0,55	0,50	0,50	
2. Sonnenschutzvorrichtung im Scheibenzwischenraum des Mehrscheibenisoliertglases					
2.1 Jalousie, drehbare Lamellen					
Allgemein; bei unbekannten Reflexions- und Transmissionseigenschaften	0,31		0,35		
dunkel bzw. niedrig reflektierend	0,31 - 0,18		0,35 - 0,22		
hell bzw. hoch reflektierend	0,27 - 0,14		0,31 - 0,19		
2.2 Folienrollo					
Allgemein; bei unbekannten Reflexions- und Transmissionseigenschaften	0,25		0,27		
je nach Lichttransmission	0,25 - 0,12		0,27 - 0,14		
3. Sonnenschutzvorrichtung innenliegend					
3.1 Rollo, Plissee, Jalousie, drehbare Lamellen					
Allgemein; bei unbekannten Reflexions- und Transmissionseigenschaften	0,95	0,95	0,95	0,90	
Sehr dunkel	0,95 - 0,85	0,95 - 0,85	0,95 - 0,85	0,90 - 0,80	
dunkel	0,76 - 0,73	0,74 - 0,70	0,75 - 0,72	0,74 - 0,69	
hell	0,66 - 0,61	0,64 - 0,59	0,66 - 0,61	0,65 - 0,59	
weiß oder hoch reflektierend	0,59 - 0,53	0,57 - 0,51	0,61 - 0,55	0,60 - 0,52	
	Außenscheibe Einfachglas und Innenscheibe Dreifachglas		Außenscheibe Einfachglas und Innenscheibe Zweifachglas		
4. Sonnenschutzvorrichtung zwischen den Scheiben liegend in einer mehrschaligen Konstruktion, z. B. Verbundfenster, Kastenfenster					
4.1 Jalousie, drehbare Lamellen, Markise, Rollladen					
Allgemein; bei unbekannten Reflexions- und Transmissionseigenschaften	0,31		0,36		
dunkel bzw. niedrig reflektierend	0,31 - 0,18		0,36 - 0,24		
mittlere Reflexion	0,30 - 0,16		0,32 - 0,19		
hell bzw. hoch reflektierend	0,26 - 0,12		0,28 - 0,14		

4.4 Zulässiger Sonneneintragskennwert S_{zul}

Der zulässige Wert S_{zul} setzt sich additiv aus Teilkennwerten S_x verschiedener Raumaspekte zusammen:

$$S_{zul} = \sum S_x \quad (3.3)$$

mit:

S_x Anteiliger Sonneneintragskennwert nach Tafel 3

Tafel 3 Anteilige Sonneneintragskennwerte zur Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwerts nach DIN 4108-2 [1], [4]

Anteiliger Sonneneintragskennwert S_x nach Klimaregionen in Wohngebäuden					
S_x	Bedingungen		Klimaregion		
	Nachtlüftung	Bauart	A	B	C
S_1	Ohne	Leicht	0,071	0,056	0,041
		Mittel	0,080	0,067	0,054
		Schwer	0,087	0,074	0,061
	Erhöhte Nachtlüftung mit $n \geq 2h^{-1}$	Leicht	0,098	0,088	0,078
		Mittel	0,114	0,103	0,092
		Schwer	0,125	0,113	0,101
	Hohe Nachtlüftung mit $n \geq 5h^{-1}$	Leicht	0,128	0,117	0,105
		Mittel	0,160	0,152	0,143
		Schwer	0,181	0,171	0,160
S_2	Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{WG}				
	$S_2 = a - (b \cdot f_{WG})$	a	0,060		
		b	0,231		
S_3	Sonnenschutzglas				
	Fenster mit Sonnenschutzglas mit $g \leq 0,40$		0,03		
S_4	Fensterneigung				
	$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen)		$-0,035 f_{neig}$		
S_5	Orientierung				
	Nord-, Nordost und Nordwest-orientierte Fenster, soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist, sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind		$+0,10 f_{nord}$		
S_6	Einsatz passiver Kühlung nach Bauart	Bauart			
		Leicht	0,02		
		Mittel	0,04		
		Schwer	0,06		



4.5 Klimakarte und Sommerklima-regionen

Die Norm enthält eine Klimakarte, die auf den aktuellen Testreferenzjahren basiert und Deutschland in drei Sommerklimaregionen A, B und C unterteilt. Diese Einteilung ermöglicht eine Zuordnung von Gebäudestandorten zu den entsprechenden klimatischen Bedingungen.

Bei Unklarheiten in der Zuordnung eines Standorts wird konservativ vorgegangen:

- bei Zweifeln zwischen A und B wird Region B gewählt
- bei Zweifeln zwischen B und C, oder zwischen A und C, wird Region C gewählt

Die Klimakarte basiert auf einer komplexen Analyse der Einflussgrößen

- Lufttemperatur
- Solare Einstrahlung
- regionale Klimaadaptation der Bevölkerung

Diese multifaktorielle Klimaklassifizierung berücksichtigt damit sowohl objektive klimatische Faktoren als auch die subjektive Wahrnehmung des Sommerklimas durch die Bewohner einer Region.



Bild 3 Sommerklimaregionen nach DIN 4108-2

4.6 Einstufung der Bauart hinsichtlich ihrer Wärmespeicherfähigkeit

DIN 4108-2 legt Kriterien für die Einstufung der Bauart hinsichtlich ihrer Wärmespeicherfähigkeit fest. Standardmäßig wird von leichter Bauart ausgegangen, außer man kann begründet davon abweichen. Die Bauart wird entweder pauschal nach Gebäudemerkmalen oder rechnerisch anhand der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit des Raumes eingestuft.

Pauschale Einstufung der Bauart

Als leichte Bauart gelten standardmäßig:

- Räume mit Innendämmung
- Räume mit abgehängten Decken
- hohe Räume (> 4,5 m), wie Turnhallen oder Museen

Eine mittelschwere Bauart kann angenommen werden bei:

- Vorhandensein einer Stahlbetondecke

- Außen- und Innenbauteilen mit einer flächenanteilig gemittelten Rohdichte $\geq 600 \text{ kg/m}^3$
- keinen hohen Räumen, und keinen abgehängten oder thermisch vom Raum getrennten Decken

Eine schwere Bauart liegt vor, wenn:

- eine Stahlbetondecke vorhanden ist
- keine hohen Räume und keine abgehängten oder thermisch vom Raum getrennten Decken vorliegen
- die Außen- und Innenbauteile massiv ausgeführt sind mit einer flächenanteilig gemittelten Rohdichte $\geq 1.600 \text{ kg/m}^3$

Gebäude mit KS-Mauerwerk und Stahlbetondecken erreichen oft Rohdichten über 1.800 kg/m^3 und gelten somit als schwere Bauart. Diese differenzierte Betrachtung der Bauarten ermöglicht eine angemessene Einschätzung der thermischen Trägheit des Gebäudes, und damit des Vermögens, sommerliche Raumtemperaturspitzen im Tagesverlauf abzupuffern.

INFO

Im Kontext des sommerlichen Wärmeschutzes klassifiziert die DIN 4108-2 Massivkonstruktionen mit schweren Wänden (Rohdichteklasse $\geq 1,8$) und Betondecken pauschal als „schwere Bauart“. Diese Bauart, insbesondere unter Verwendung von Kalksandstein, wirkt sich positiv auf den sommerlichen Wärmeschutz aus, vereinfacht das Bestehen des Nachweises enorm, und bringt eine substantielle Verbesserung der thermischen Behaglichkeit im Vergleich zu weniger schweren oder leichten Bauarten.

Rechnerische Einstufung der Bauart

Alternativ zur pauschalen Einstufung der Bauart kann die wirksame Wärmespeicherfähigkeit C_{wirk} eines Raumes auch detailliert nach DIN EN ISO 13786 [5] ermittelt werden. Dafür wird die sogenannte „10-cm-Regel bis zum ersten Dämmstoff“ angewendet: man addiert von innen aus die nutzbaren Wärmespeicherfähigkeiten der Baustoffschichten für die ersten 10 cm der Bauteile oder bis zum ersten Dämmstoff im Bauteilaufbau, wenn dieser weniger als 10 cm von der Innenoberfläche entfernt ist. Diese Summe bezieht man auf die lichte Grundfläche des Raums, und erhält die wirksame grundflächenbezogene Wärmespeicherfähigkeit des Raumes. Anschließend wird diese nach Tafel 4 einer der drei Bauartenklassen leichte – mittlere – schwere Bauart zugeordnet:

$$C_{\text{wirk}} / A_G = \sum (d_i \cdot \rho_i \cdot c_i \cdot A_j) / A_G$$

mit:

- C_{wirk} wirksame Wärmespeicherfähigkeit des Raums, in $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- d_i Dicke der jeweiligen Baustoffschichten i aller Bauteile mit direkter Anbindung an die Raumluft (innerhalb der ersten 10 cm des Bauteils von der Raumluft ausgehen, maximal aber bis zu ersten Dämmschicht im Bauteil) (Bild 4)
- ρ_i Dichte des jeweiligen Baustoffs i (Tafel 5), siehe DIN 4108-4 [6] und DIN EN ISO 10456 [7]
- c_i spezifische Wärmekapazität des Baustoffs, siehe DIN EN ISO 10456
- A_j Bauteilfläche aller Umfassungsbauteile j des betrachteten Raumbereichs (d.h. direkt angrenzend an den nach Abschnitt 3 bestimmten Raumbereich)
- A_G lichte Raumgrundfläche des nach Abschnitt 3 bestimmten Raumbereichs

Tafel 4 Einstufung der Bauart in Abhängigkeit von der Speicherfähigkeit des Raums

Bauart	Wirksame Wärmespeicherfähigkeit $C_{\text{wirk}} / \text{Nettogrundfläche } A_G$
Leichte Bauart	$C_{\text{wirk}} / A_G < 50 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Mittlere Bauart	$C_{\text{wirk}} / A_G = 50\text{--}130 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Schwere Bauart	$C_{\text{wirk}} / A_G > 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Wichtig sind dabei folgende Überlegungen, aus denen sich die „10-cm-Regel“ ergibt:

- Primär tragen hauptsächlich die raumnahen Schichten zur Pufferung solarer Energie im Tagesrhythmus bei. Tiefer liegende Bereiche haben aufgrund ihrer thermischen Trägheit einen vernachlässigbaren Einfluss.
 - Bei Außenbauteilen werden maximal die ersten 10 cm von der Innenoberfläche aus berücksichtigt.
 - Dünne Innenbauteile ($< 20 \text{ cm}$) werden bis zur Wandmitte berücksichtigt.
 - Bei dicken Innenbauteilen ($> 20 \text{ cm}$) werden nur die raumseitigen 10 cm einbezogen.
- Wärmedämmschichten, beispielsweise auf abgehängten Decken oder in Installationsebenen hinter raumseitigen Bekleidungen, koppeln dahinterliegende Speichermassen thermisch von der Raumluft ab; die Speichermassen stehen dann für die Pufferung im Tagesrhythmus nicht mehr zur Verfügung.

Tafel 5 Wärmekapazität von typischen Baustoffschichten pro Quadratmeter, bis 10 cm Dicke [8]

Baustoffschicht	Wärmekapazität in $\text{Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
10 cm Kalksandstein RDK 1,4	39
10 cm Kalksandstein RDK 1,8	50
10 cm Beton	64
10 cm Leichthochlochziegel RDK 0,7, ungefüllt	19
4 cm Wärmedämmung aus MW, EPS, XPS	0,3 - 0,7
4 cm Wärmedämmung aus WF	2 - 3
2 cm Massivholzplatte oder Holzwerkstoffplatte	4 - 6

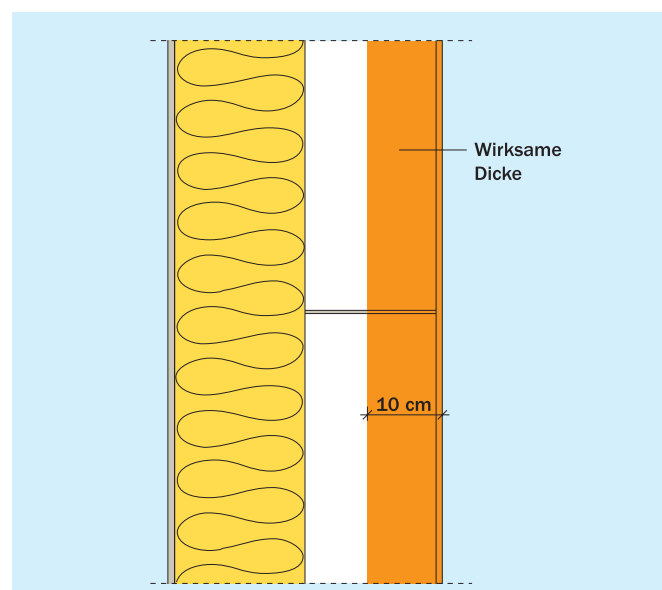


Bild 4 Wirksame Dicke für die Ermittlung der Wärmespeicherfähigkeit

- Bei Außen- und Innenbauteilen mit raumnahen Dämmschichten (mit einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda < 0,10 \text{ W/(m·K)}$) in den ersten 10 cm des Bauteils, vom Rauminnen aus gesehen, werden nur die Schichten von der Raumluft bis zum Beginn der ersten Dämmschicht gezählt.

INFO

Wärmedämmschichten mit einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda < 0,10 \text{ W/(m·K)}$ und alle dahinter liegenden Bauteilschichten stehen nicht als Speichermasse zur Verfügung, ebenso alle mehr als 10 cm von der Innenoberfläche entfernten Materialien.

4.7 Nachtlüftung

Die erhöhte Nachtlüftung stellt eine effektive Strategie für den sommerlichen Wärmeschutz dar. Bei dieser Methode wird die kühlere Nachtluft genutzt, um die tagsüber aufgeheizten Innenräume abzukühlen und die thermische Masse des Gebäudes zu entladen. Gebäude in Massivbauweise, wie beispielsweise mit Kalksandstein-Wänden, profitieren besonders von dieser Strategie aufgrund ihrer hohen Wärmespeicherkapazität.

Auch wenn sie üblicherweise „nur“ über Fenster umgesetzt wird, muss die erhöhte Nachtlüftung bei der Planung mitgeplant werden. Dies umfasst die Berücksichtigung von Faktoren wie Luftströmungswegen, Sicherheitsaspekten und die eventuelle Automatisierung von Lüftungssystemen. Bei korrekter Anwendung kann die erhöhte Nachtlüftung den Kühlenergiebedarf erheblich reduzieren und somit zu einem energieeffizienten sommerlichen Wärmeschutz beitragen.

Unterschieden wird hier zwischen dem Grundfall „keine erhöhte Nachtlüftung“, d.h. es findet lediglich der übliche Grundluftwechsel ($n = 0,5 \text{ h}^{-1}$) statt, und zwei Stufen der zusätzlichen Nachtlüftung: erhöhte Nachtlüftung (n bis zu insgesamt 2 h^{-1}) und hohe Nachtlüftung (n bis zu insgesamt 5 h^{-1}). Für Ein- und Zweifamilienhäuser darf standardmäßig die Möglichkeit zur erhöhten Nachtlüftung angenommen werden, weil davon ausgegangen werden darf, dass nachts die Fenster gekippt bleiben können – es sind ja Personen im Haus, das wirkt einem Einbruchrisiko entgegen, und bei Sturm und Gewitter können die Bewohner die Fenster schließen. Bei Sicherheitsbedenken z.B. im Erdgeschoss oder bei hoher nächtlicher Lärmbelastung sind ggf. Zusatzmaßnahmen erforderlich. Eine hohe Nachtlüftung kann in Betracht gezogen werden, wenn die Möglichkeit einer geschossübergreifenden Lüftung besteht, beispielsweise durch ein angeschlossenes Atrium, ein Treppenhaus oder eine Galerieebene, oder zuverlässig „auf Durchzug“ gelüftet werden kann.

Bei Nichtwohngebäuden sind nachts keine Benutzer anwesend, deshalb braucht es in der Regel nutzerunabhängige, einbruch- und regensichere Strategien zur Nachtlüftung, z.B. automatisch betriebene, schmale Lüftungsflügel oder Jalousiefenster.

Wohnungs- und Büro-Lüftungsanlagen sind üblicherweise kleiner als $n = 2 \text{ h}^{-1}$ dimensioniert; schaffen sie $n = 2 \text{ h}^{-1}$, darf das entsprechend angesetzt werden.

Die angenommene Nachtlüftungsstrategie ist im Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes zu dokumentieren.



4.8 Geneigte oder nordorientierte Fenster des kritischen Raums

Geneigte Fenster wirken sich eher ungünstig auf den sommerlichen Wärmeschutz aus, weil sie normalerweise die solaren Wärmegewinne im Sommer vergrößern. Weist der kritische Raum nicht nur senkrechte, sondern auch oder nur geneigte Fensterflächen (Neigung $\leq 60^\circ$) auf, wird ihr Anteil über einen Faktor f_{neig} berücksichtigt.

Standardmäßig geht S_{vorh} davon aus, dass alle Fenster des kritischen Raums in Nordost- über Süd- bis Nordwestfassaden liegen. Ist ein Teil der Fenster des kritischen Raums nordorientiert oder dauerhaft vom Gebäude verschattet, was auf dasselbe herauskommt, wird ihr Anteil über f_{nord} berücksichtigt:

$$f_{neig} = \frac{A_{W,neig}}{A_{W,gesamt}} \quad (3.4) \quad f_{nord} = \frac{A_{W,nord}}{A_{W,gesamt}} \quad (3.5)$$

mit:

$A_{W,neig}$ Geneigte Fensterfläche des Raums
 $A_{W,gesamt}$ Gesamte Fensterfläche des Raums
 $A_{W,nord}$ Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fensterfläche (Neigung $> 60^\circ$) sowie Fensterflächen, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind

4.9 Passive Kühlung

Passive Kühlung adressiert Kühlsysteme, bei denen Energieaufwand praktisch nur für das Umwälzen des Kühlmediums anfällt, nicht aber für dessen Abkühlen. Im Gegensatz zu aktiven Kühlsystemen benötigen passive Kühlsysteme keine oder nur minimale externe Energiezufuhr: sie setzen keine energieintensiven Kälteanlagen ein (wie z.B. Kälteaggregate, maschinelle Kühlung mit Kühlturm, maschinell erzeugter Eisspeicher), sondern Umweltkälte, z.B. als Bauteilaktivierung in Kombination mit Erdwärmetauscher oder Sohlplatten-Wärmetauscher. Energieverbrauch und Betriebskosten sind gegenüber Kälteanlagen signifikant reduziert. Passive Kühlsysteme eignen sich für eine Temperierung des Gebäudes um wenige Grad unter die Außenlufttemperatur.

5. Vergleichsrechnungen zum sommerlichen Wärmeschutz

5.1. Beispielraum

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes wird für ein Wohnzimmer eines Mehrfamilienwohnhauses aus Kalksandstein mit Flachdach in der Klimaregion B durchgeführt (Bild 5). Der Nachweis erfolgt sowohl mittels Sonneneintragskennwertverfahren als auch mittels thermischer Gebäudesimulation. Die Untersuchung mit dem Sonneneintragskennwertverfahren wird mit Hilfe des KS-Nachweisprogramms zum sommerlichen Wärmeschutz [9] durchgeführt.

Um den Einfluss der Bauart herauszustellen, wird, bei sonst identischen Parametern und U-Werten, der Raum für alle 3 Bauarten (schwer, mittel und leicht) betrachtet. Außerdem wird die Art der Nachtlüftung variiert (ohne und mit erhöhter Nachtlüftung mit $n = 2 \text{ h}^{-1}$), um den Effekt der Nachtlüftung aufzuzeigen. Die Ergebnisse werden gegenübergestellt und bewertet.

Die angesetzten Randbedingungen und die Vorgehensweise sind exemplarisch unten aufgelistet (Tafel 6). Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird nur die Variante mittlere Bauart mit erhöhter Nachtlüftung ausführlich dargestellt.

Zur besseren Vergleichbarkeit werden für den Variantenvergleich nur die Wand- und Deckenaufbauten variiert und es wird jeweils mit gleichen Innenraummaßen gerechnet.

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit C_{wirk}

Die Bauart kann pauschal anhand von Gebäudemerkmalen (siehe 4.6) oder rechnerisch anhand der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile des Raumes eingestuft werden. Die rechnerische Ermittlung wird für die mittlere Bauart demonstriert, hier mit den Bauteilen:

- schwere KS-Außenwände mit RDK 1,8
- leichte Innenwände in Gipskartonständerbauweise
- massive Betondecke nach unten
- leichte Holzbalkendecke nach oben

Das Gebäude kombiniert die schweren Bauteile KS-Außenwand und Betondecke mit den leichten Bauteilen GKB-Innenwände

Tafel 6 Untersuchte Bauarten

Schwere Bauart	Außenwände aus 17,5 cm KS-Mauerwerk RDK 1,8 mit WDVS verputzt Innenwände aus 11,5 cm KS-Mauerwerk RDK 1,8, verputzt Decken aus 20 cm Stahlbeton, 6 cm Trittschalldämmung, Zementestrich und Fliesenbelag
Mittlere Bauart	Außenwände aus 17,5 cm KS-Mauerwerk RDK 1,8 mit WDVS, verputzt Innenwände aus 7,5 cm Metallständer, Mineralwollefüllung, beidseitig einlagige Gipsfaserbeplankung Kellerdecke aus 20 cm Stahlbeton, 6 cm Trittschalldämmung, Zementestrich und Fliesenbelag Decke nach oben als Holzbalkendecke, unterseitig Holzfaserdämmplatte, oberseitig Spanplatte und Gipsfaserplatte
Leichte Bauart	Außenwände als Holzständerkonstruktion mit MDF- und Gipsfaserbeplankung, Mineralwollefüllung im Gefach, 4 cm Installationsebene mit Mineralwollefüllung Innenwände als 7,5 cm Holzständerwand mit Mineralwollefüllung, beidseitig einlagige Gipsfaserbeplankung Kellerdecke aus 20 cm Stahlbeton, 6 cm Trittschalldämmung, Zementestrich und Fliesenbelag Decke nach oben als Holzbalkendecke, unterseitig Holzfaserdämmplatte, oberseitig Spanplatte und Gipsfaserplatte
Alle Bauarten	3-fach-Wärmeschutzfenster $U = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $g = 0,53$, Rahmenanteil 30%

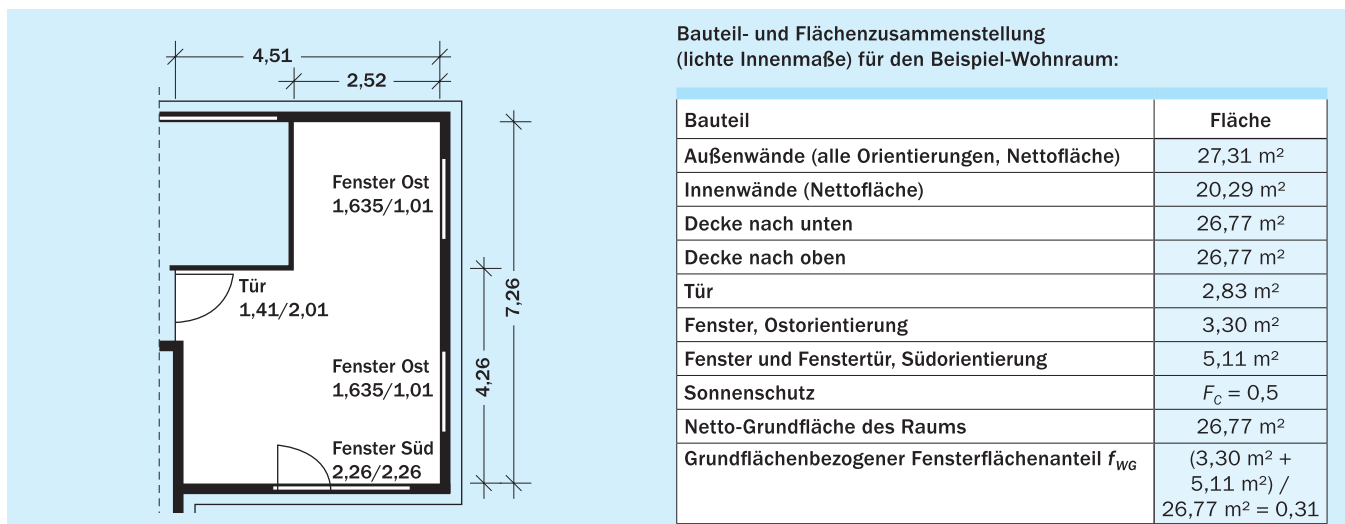


Bild 5 Beispielraum (Wohnraum) für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

und Holzbalkendecke, so dass sich insgesamt eine mittlere Bauart ergibt. Für alle raumbegrenzenden Bauteile zusammen beträgt die wirksame Wärmespeicherfähigkeit des Raums

90,7 Wh/(m²·K), was ziemlich genau dem Mittelwert der Spanne für die mittlere Bauart entspricht (Tafel 4).

Tafel 7 Beispiel für die rechnerische Ermittlung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit C_{wirk} des Raums, hier: Wohnraum aus Bild 5, mittelschwere Bauart mit schweren KS-Außenwänden, leichten Innenwänden in Gipskartonständerbauweise, schwerer Massivdecke nach unten, leichter Holzbalkendecke nach oben. Es gilt die „10-cm-Regel bis zum ersten Dämmstoff“

Mittlere Bauart $C_{\text{wirk}} = (c \cdot \rho \cdot d_{\text{wirk}}) \cdot 1.000/3.600$		d [m]	λ [W/(m·K)]	c [kJ/kg·K]	ρ [kg/m ³]	d_{wirk} [m]	$C_{\text{wirk}} / A_{\text{Bauteil}}$ [Wh/(m ² ·K)]
Bauteil 1: Außenwand (Nord, Ost und Süd)	Gipsputz	0,010	0,700	1,0	1.400	0,01	3,89
	KS-Mauerwerk, RDK 1,8	0,175	0,990	1,0	1.700	0,09	42,50
	PS-Hartschaum	0,200	0,035	1,5	20		
	Außenputz	0,010	0,700	1,0	1.400		
		0,395				0,10	46,39
Bauteil 2: Innenwände	Gipsfaserplatte	0,013	0,320	1,1	1.000	0,01	3,82
	Mineralwolle	0,075	0,035	1,0	16		
	Gipsfaserplatte	0,013	0,320	1,1	1.000		
		0,100				0,01	3,82
Bauteil 3: Boden	Fliesen	0,020	1,000	1,0	2.000	0,02	11,11
	Estrich	0,040	1,100	1,0	1.900	0,04	21,11
	Trittschalldämmung	0,060	0,040	1,5	20		
	Beton	0,200	2,300	1,0	2.300		
	Innenputz	0,010	0,700	1,0	1.400		
		0,330				0,06	32,22
Bauteil 4: Decke	Gipsfaserplatte	0,13	0,320	1,1	1.000	0,01	3,82
	Holz + Spanplatte	0,040	0,130	1,6	500		
	Mineralwolle	0,220	0,035	1,0	16		
	Holzfaserdämmplatte	0,022	0,045	2,1	250		
		0,295				0,01	3,82
Bauteil 5: Tür	Holz	0,040	0,130	1,6	500	0,02	4,44
						0,02	4,44
Summe							90,69



5.2. Nachweis mit dem vereinfachten Sonneneintragskennwertverfahren (Beispiel)

Tafel 8 Ermittlung der Sonneneintragskennwerte

Vorhandener Sonneneintragskennwert S_{vorh} :
 $S_{\text{vorh}} = (3,30 \text{ m}^2 + 5,11 \text{ m}^2) \cdot 0,53 \cdot 0,5 / 26,77 \text{ m}^2 = 0,083$

Zulässiger Sonneneintragskennwert S_{zul} :

Sx	Aspekt	schwere Bauart	mittlere Bauart	leichte Bauart
S1	Nutzung, Klimaregion, Nachtlüftung (Wohnen, Klimaregion B, mit erhöhter Nachtlüftung)	0,113	0,103	0,088
S2	Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil	$0,06 - (0,231 \cdot 0,31) = -0,012$		
S3	Sonnenschutzglas	0		
S4	Fensterneigung	0		
S5	Orientierung	0		
S6	Passive Kühlung	0		
S_{zul}	Summe S1 bis S6	0,102	0,091	0,076



Vergleich von S_{vorh} mit S_{zul}

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist bestanden, wenn der vorhandene Sonneneintragskennwert den zulässigen Sonneneintragskennwert nicht übersteigt. Tafel 9 stellt die Ergebnisse für das Beispiel zusammen.

Tafel 9 Gegenüberstellung des vorhandenen und des zulässigen Sonneneintragskennwerts (Beispiel für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes mittels des Sonneneintragskennwertverfahrens)

Nutzung: Wohngebäude, Klimaregion B		Variante I schwere Bauart	Variante II mittlere Bauart	Variante III leichte Bauart
Vorhandener Sonneneintragskennwert	S_{vorh}	0,083	0,083	0,083
Zulässiger Sonneneintragskennwert (mit erhöhter Nachtlüftung)	S_{zul}	0,102	0,091	0,076
= erfüllt = nicht erfüllt				

5.3. Nachweis mittels thermischer Gebäudesimulation

Die thermische Gebäudesimulation ermittelt dynamisch in Stundenschritten über den Verlauf eines ganzen Jahres, wie lange und wie stark die empfundene Temperatur im Raum im Jahresverlauf eine bestimmte Bezugstemperatur überschreitet, und summiert diese Überschreitungen und deren jeweilige Dauer zur Kenngröße Übertemperaturgradstunden G_t in Kh/a (Kelvin mal Stunden pro Jahr) auf.

Die Bezugstemperatur, die möglichst wenig überschritten werden soll, variiert je nach Sommerklimaregion in Deutschland (Bild 3). Der Standort des Beispielgebäudes fällt in die Sommerklimaregion B mit einem Bezugswert der operativen Innentemperatur von 26 °C. Gleichzeitig liegt damit das zu verwendende Wetter fest. Für Standorte in die Sommerklimaregion B ist das generell das Testreferenzjahr der TRY-Zone 4 (2011, Normaljahr).

Die so ermittelten Übertemperaturgradstunden werden mit den Anforderungswerten der DIN 4108-2 verglichen. Als absolute Mindestanforderung an den sommerlichen Wärmeschutz sind die Übertemperaturgradstunden auf höchstens 1.200 Kh/a für

Wohngebäude und höchstens 500 Kh/a für Nichtwohngebäude zu begrenzen. Damit die Innenraumtemperaturen als überwiegend gut und angenehm empfunden wird, sollten die Übertemperaturgradstunden aber deutlich unter den höchstens zulässigen Grenzwerten bleiben.

Die Berechnung der operativen (= empfundenen) Innenraumtemperatur mittels dynamisch-thermischer Gebäudesimulation berücksichtigt dabei stündlich multiple Einflussfaktoren:

- Außenklima (u.a. Lufttemperatur, solare Zustrahlung, Bewölkung)
- Sonnenstand und Fassadenorientierung
- Sonnenschutzeinrichtungen
- Thermische Speichermassen
- Luftwechsel, erhöhte Tag- und Nachtlüftung
- Interne Wärmelasten und Personenbelegung

Die thermische Gebäudesimulation ermöglicht eine detaillierte und realitätsnahe Analyse des zeitlichen Verlaufs des thermischen Verhaltens des Gebäudes unter sommerlichen Bedingungen.

Randbedingungen

Die Beispielberechnung wird für folgende Randbedingungen durchgeführt:

- Klimazone B
- Grundriss- und Raumabmessungen siehe Bild 5
- Die Gebäudegeometrie ist durch eine Geschosshöhe von 2,80 m charakterisiert, wobei sich nach Abzug der Deckenkonstruktion (20 cm Betondecke, 4 cm Estrich, 6 cm Trittschalldämmung) eine lichte Raumhöhe von 2,50 m ergibt.
- Die Fenster mit Dreifachverglasung weisen einen Gesamtenergiedurchlassgrad von $g = 0,53$ auf.
- Als Sonnenschutzmaßnahme dient eine geregelte außenliegende Markise mit einem Abminderungsfaktor $F_c = 0,5$. Diese wird aktiviert, sobald eine Grenzbestrahlungsstärke von 250 W/m^2 (Direkt- plus Diffusstrahlung) auf der jeweiligen Fassadenfläche überschritten wird.
- Die Einstufung der Bauart erfolgt mittels eines detaillierten Nachweises der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit C_{wirk} .
- Der Grundluftwechsel durch Fenster- und Türöffnungen und durch Leckagen beträgt ganztägig $0,5 \text{ h}^{-1}$.
- Ein erhöhter Tagluftwechsel wird angesetzt, wenn die Raumlufttemperatur 23 °C übersteigt und gleichzeitig über der Außenlufttemperatur liegt; in diesem Fall wird der Luftwechsel während der Aufenthaltszeit tagsüber (06:00 bis 23:00 Uhr) auf $n = 3 \text{ h}^{-1}$ erhöht.
- Hinsichtlich der Nachtlüftung zwischen 23 Uhr und 6 Uhr werden zwei Szenarien betrachtet: "ohne Nachtlüftung", d.h. nachts findet nur der vorgenannte Grundluftwechsel statt, und "erhöhte Nachtlüftung". Bei letzterer wird der Nachtluftwechsel auf $n = 2 \text{ h}^{-1}$ erhöht, solange die Außenluft kühler ist als die Raumluft.
- Weitere für die dynamisch-thermische Simulation relevante Parameter entsprechen den Vorgaben der

DIN 4108-2:2025, Abschnitt 8.5.2 „Berechnungsrandbedingungen für thermische Gebäudesimulationsrechnungen“.

Tagesverlauf der Innenraumtemperatur

Die thermische Gebäudesimulation liefert aufschlussreiche Erkenntnisse über das Verhalten verschiedener Bauartvarianten hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes. Bild 6 zeigt den Verlauf der Außenlufttemperatur sowie die Verläufe der empfundenen Innenraumtemperatur für die Varianten schwere – leichte Bauart für das betrachtete Wohnzimmer, ohne und mit erhöhter Nachtlüftung. Die Analyse konzentriert sich auf eine repräsentative sommerheiße Periode vom 14. bis 17. August, in der die höchsten Temperaturen des Jahres auftreten. Die Bezugstemperatur 26 °C der Sommerklimaregion B ist durch eine schwarze Linie markiert.

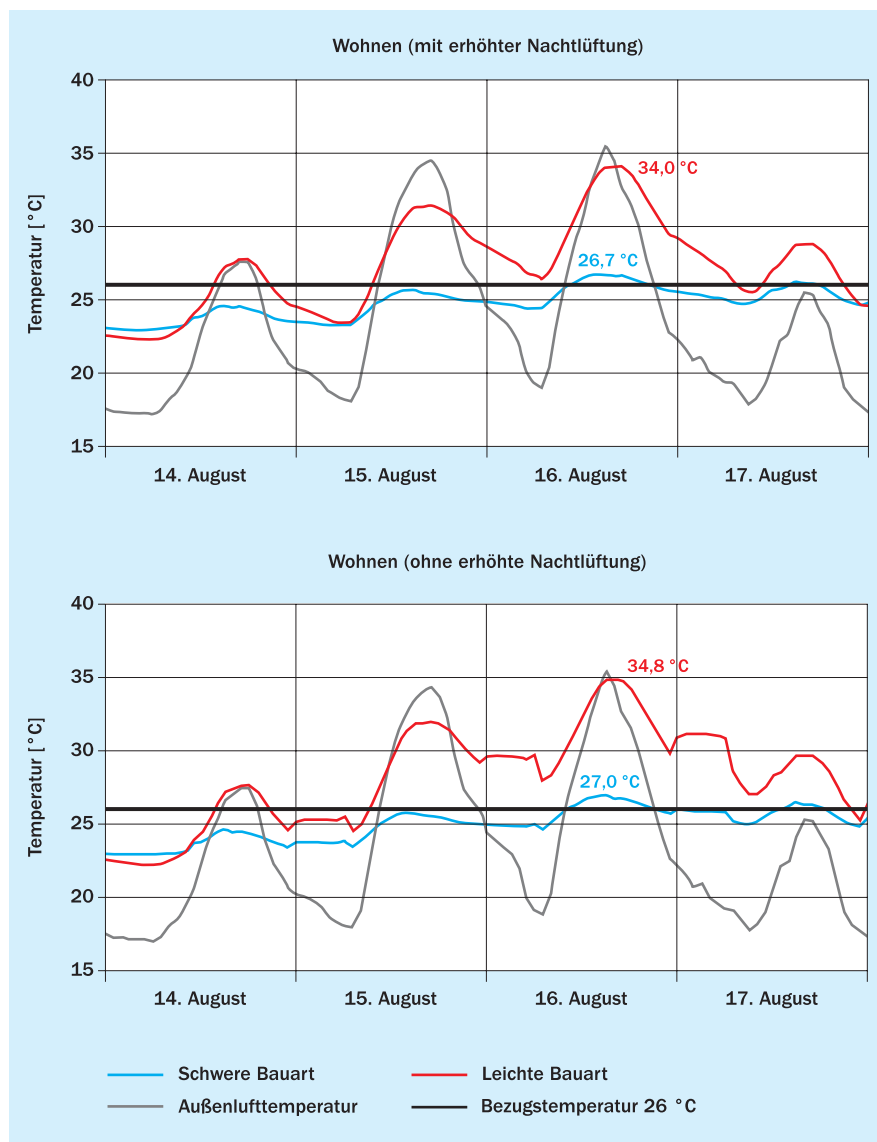


Bild 6

Verlauf von Außentemperatur, Bezugstemperatur und operativer Raumtemperatur für die Varianten schwere Bauart und leichte Bauart mit und ohne Berücksichtigung einer erhöhten Nachtlüftung über eine sommerheiße Periode

Die Temperaturverläufe zeigen deutlich den positiven Einfluss hoher wirksamer Speichermassen auf die sommerliche Raumtemperatur. Der Vergleich der Temperaturverläufe offenbart signifikante Unterschiede zwischen den Bauartvarianten: Die massive Konstruktion führt dazu, dass die operative Raumtemperatur in der sommerlichen Hitzephase deutlich niedriger bleibt als bei leichter Bauart. Im Beispiel kann die Temperaturdifferenz zwischen der schweren und der leichten Bauart bis zu fast 8 °C betragen. Der viel geringere Anstieg der Raumtemperatur während sommerlicher Hitzeperioden in schweren Gebäuden resultiert in einer erheblich verbesserten thermischen Behaglichkeit über einen längeren Zeitraum für die Nutzer. Der Verlauf der Kurven zeigt die temperaturabsenkende Wirkung der erhöhten Nachtlüftung, am deutlichsten erkennbar in der Nacht vom 15. auf den 16. August. Die erhöhte Nachtlüftung durch Kippen oder Öffnen der Fenster führt bei schwerer Bauart zu einer weniger stark ausgeprägten Absenkung der Raumtemperatur als bei leichter Bauart, aber auf insgesamt niedrigerem Temperaturniveau. Bei schwerer Bauart liegt die Raumtemperatur sogar ohne erhöhte Nachtlüftung unter der Raumtemperatur bei leichter Bauart mit erhöhter Nachtlüftung.

Massive Konstruktionen, die KS-Außenwände mit hoher Rohdichte, massive Geschossdecken und schwere Innenwände umfassen, weisen eine hohe wirksame Speichermasse auf. Gemäß DIN 4108-2 können solche Konstruktionen ohne detaillierte Berechnung der raumflächenbezogenen wirksamen Wärmespeicherkapazität (C_{wirk}/A_G) als schwere Bauart klassifiziert werden.

Die Simulation unterstreicht somit die Bedeutung der Materialwahl und Konstruktionsweise für den sommerlichen Wärmeschutz. Massive Bauweisen mit hoher Speichermasse erweisen sich als besonders effektiv bei der Regulierung der Innenraumtemperaturen während Hitzeperioden, was zu einem deutlich verbesserten Raumklima führt.

INFO

In vielen Fällen kann mit schwerer Bauart und erhöhter Nachtlüftung eine hohe thermische Behaglichkeit auch ohne kostenintensive Klimatisierung sichergestellt werden.

Übertemperaturgradstunden

Das Balkendiagramm in Bild 7 visualisiert die Übertemperaturgradstunden für die verschiedenen Bauarten und Lüftungsszenarien im untersuchten Wohnraum. Das Diagramm ermöglicht zwei wesentliche Erkenntnisse:

- die Bauart hat einen signifikanten Einfluss auf die auftretenden Übertemperaturgradstunden
- eine erhöhte Nachtlüftung führt zu einer erheblichen Reduzierung der Übertemperaturgradstunden

Die Ergebnisse unterstreichen den signifikanten Vorteil hoher Speichermassen. Es zeigt sich eine klare Korrelation: Je massiver die Konstruktion, desto geringer fallen die Übertemperaturgradstunden aus. Selbst wenn die Mindestanforderung der DIN 4108-2 an den sommerlichen Wärmeschutz in Wohngebäuden erst ab mehr als 1.200 Übertemperaturgradstunden

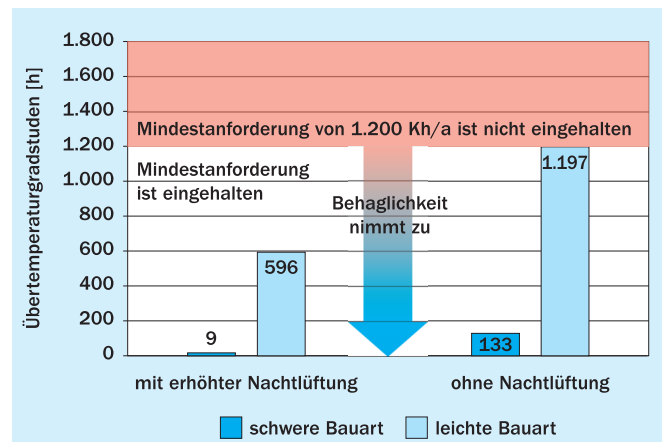


Bild 7 Übertemperaturgradstunden für den untersuchten Wohnraum (Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes mittels thermischer Gebäudesimulation)

nicht mehr eingehalten ist, empfiehlt es sich unbedingt, möglichst deutlich unter diesem Grenzwert zu bleiben, damit die Raumtemperaturen im Sommer als behaglich empfunden werden und die Nutzerzufriedenheit hoch ist.

Insgesamt lässt sich festhalten:

- eine schwere Bauart in Kombination mit erhöhter Nachtlüftung schafft üblicherweise einen guten Abstand zum maximal zulässigen Grenzwert und bleibt sehr gut im behaglichen Temperaturbereich
- eine schwere Bauart in Kombination mit erhöhter Nachtlüftung überschreitet die Bezugstemperatur üblicherweise nicht oder nur minimal
- die Kombination aus massiver Bauweise und erhöhter Nachtlüftung ist eine äußerst effektive Strategie zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung in Gebäuden

Diese Erkenntnisse sind von großer Bedeutung für die energieeffiziente und komfortable Gestaltung von Gebäuden in Zeiten zunehmender Hitzeperioden.

5.4 Vergleich der Ergebnisse aus Sonneneintragskennwertverfahren und thermischer Gebäudesimulation

Eine vergleichende Analyse der Beispielergebnisse aus dem Sonneneintragskennwertverfahren und der dynamisch-thermischen Gebäudesimulation offenbart interessante Erkenntnisse hinsichtlich der Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes. Die Resultate aus dem Sonneneintragskennwertverfahren sind in Tafel 9 dargestellt, die aus der Simulation in Bild 7. Das vereinfachte Sonneneintragskennwertverfahren führt tendenziell zu einer strengeren Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes. Die konservativere Einschätzung erreicht, dass Bewertungen mit dem vereinfachten Nachweisverfahren eher „auf der sicheren Seite“ liegen. Dies unterstreicht die Robustheit des Sonneneintragskennwertverfahrens als Instrument zur Ersteinschätzung. Es bietet einen zuverlässigen,

wenn auch tendenziell vorsichtigeren Ansatz zur Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes. Demgegenüber kann die detailliertere thermische Gebäudesimulation eine genauere, möglicherweise weniger restriktive Bewertung liefern, was insbesondere bei komplexen Gebäudekonzepten von Vorteil sein kann. Je nach spezifischen Projektanforderungen und -komplexität kann vom Planer das geeignete Nachweisverfahren gewählt werden.

Die Einhaltung der Normanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz garantiert keine durchgehend als behaglich empfundene Raumtemperatur. Auch bei eingehaltenem Nachweis können phasenweise recht hohe Raumtemperaturen auftreten, die aber insgesamt im Sinne einer Mindestanforderung als noch hinnehmbar bewertet werden können. Trotzdem empfiehlt es sich sicherzustellen, mit Blick auf eine durchgehend hohe Nutzerzufriedenheit, dass der Grenzwert nicht nur eingehalten, sondern möglichst deutlich unterschritten ist.

6. Komfortbewertung für ein Einfamilienhaus in unterschiedlichen Bauarten

An einem weiteren Beispiel wird der Einfluss der Wärmespeicherefähigkeit auf die sommerliche thermische Behaglichkeit demonstriert und der erreichte Komfort bewertet. Es handelt sich um ein Einfamilienhaus mit zehn Räumen, welches für zwei Bauarten (schwer: KS-Mauerwerk, Betondecken für Kellerdecke und Geschossdecke, Steildach und Kehlbalkenlage in Holzkonstruktion; leicht: Holzbau, Holzbalkendecken als Kellerdecke und Geschossdecke, Steildach und Kehlbalkenlage in Holzkonstruktion) mittels dynamischer Gebäudesimulation verglichen wird. Parameter und Nutzungsrandbedingungen entsprechen wie oben denen der DIN 4108-2 bzw. der DIN V 18599, Standort (Klimadatei) ist Potsdam. Das Gebäude hat ein aktuelles energetisches Niveau entsprechend dem GEG bzw. dem EH55-Standard.

Die schwere Bauart wirkt sich deutlich positiv aus: Die Übertemperaturgradstunden bleiben bei schwerer Ausführung signifikant niedriger, generell unter 200 Kh/a, in vielen der Räume treten gar keine Übertemperaturgradstunden auf. Die Werte bei leichter Bauart liegen, bei ansonsten gleichen Bedingungen, durchweg höher. Im ungünstigsten Aufenthaltsraum überschreitet der Wert mit gut 1.800 Kh/a den zulässigen Grenzwert 1.200 Kh/a der Norm deutlich; thermischer Komfort ist im Sommer hier nicht mehr gegeben.

Die Spitzentemperatur liegt im Falle der schweren Bauart in allen Räumen im Bereich zwischen 24 °C und 28 °C. Für das Gebäude in leichter Bauart liegen die Spitzentemperaturen deutlich höher, und erreichen im wärmesten Raum unangenehme 36 °C.

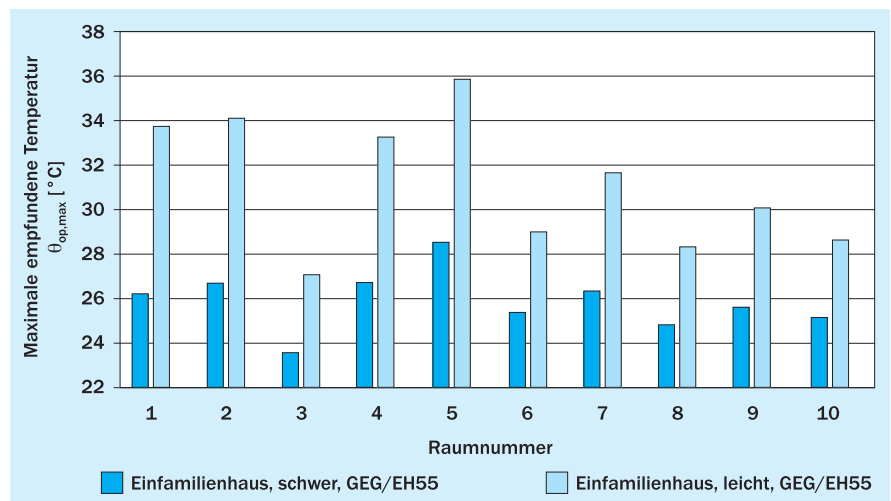


Bild 8 Beispiel: berechnete maximale empfundene (operative) Temperatur für alle zehn Räume des Beispiel-Einfamilienhauses, für zwei Bauarten (schwer, mit Kalksandstein und leicht, z. B. Holzbau) und das energetische Niveau GEG bzw. KfW-Effizienzhaus 55

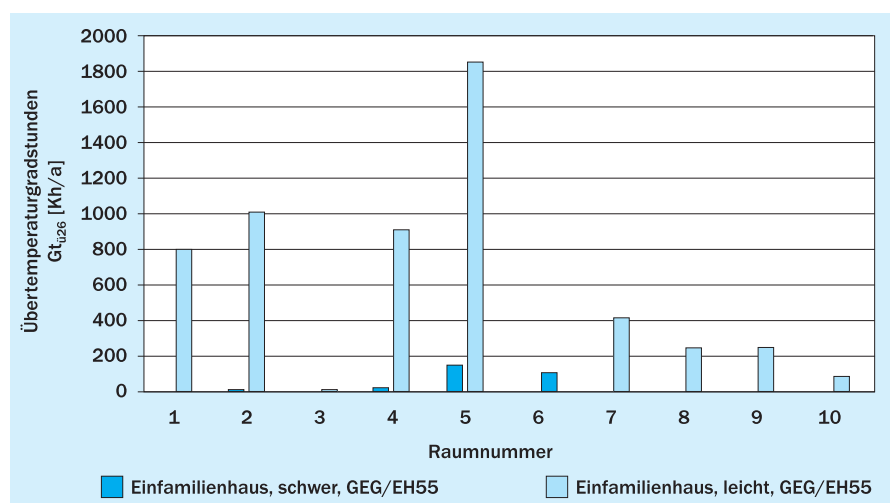


Bild 9 Beispiel 2: berechnete Übertemperaturgradstunden (Bezugswert 26 °C) für alle zehn Räume des Beispiel-Einfamilienhauses, für zwei Bauarten (schwer, mit Kalksandstein und leicht, z. B. Holzbau) und energetisches Niveau GEG bzw. KfW-Effizienzhaus 55

Individuelle Komfortbewertung nach
DIN 4108-2 Anhang B bzw. nach
DIN EN 16798-1

Um den sommerlichen Wärmeschutz in einem Gebäude über die Mindestanforderungen der DIN 4108-2 hinaus zu bewerten, verweist ein neuer Anhang B der DIN 4108-2 [4] auf die Komfortbewertung auf Stundenbasis gemäß DIN EN 16798-1 [2]. Diese erlaubt die realitätsnahe Einschätzung und Bewertung des sommerlichen Wärmeverhaltens bei individuellen Gegebenheiten. Dafür definiert DIN EN 16798-1 in ihrem Anhang B drei verschiedene Komfortklassen I, II und III für die empfundene Raumtemperatur (operative Raumtemperatur), abhängig vom gleitenden Mittelwert der Außentemperatur (Tafel 10). In den gleitenden Mittelwert der Außentemperatur gehen die Außentemperaturen der letzten 7 Tage ein, wobei der gestrige Tag die höchste Gewichtung hat und die Gewichtung abnimmt, je weiter der Tag zurückliegt. Dies bildet die physiologische Gewöhnung an die Außentemperaturen der letzten Tage ab. Dieser gleitende Mittelwert der Außentemperatur ist damit die Komforttemperatur für diesen Tag, inklusive der Gewöhnung an die jeweiligen Außentemperaturen der Tage vorher, und ist im Diagramm als gestrichelte Linie erkennbar (Bild 10). Die Komfortklassen stellen einen gewissen Komfortbereich der Raumtemperatur dar, wobei die beste Komfortklasse I mit „sehr hohem Komfort“ einen schmalen Schwankungsbereich um die Komforttemperatur herum beinhaltet, die Komfortklasse II mit „hohem Komfort“ einen etwas größeren Schwankungsbereich, und die schlechteste Komfortklasse III mit „akzeptablem Komfort“ den größten Abstand zur Komforttemperatur zulässt. Die Bereichsgrenzen der Komfortklassen sind im Diagramm durch gerade Linien dargestellt. Eine Komfortklasse gilt als eingehalten, wenn die Raumtemperatur „nur unerheblich“ außerhalb der Grenzen der Komfortklasse liegt. Was hier mit unerheblich gemeint ist, ist nicht eindeutig definiert. Üblicherweise wird eine Überschreitung der Komfortgrenzen in etwa 2 % bis 5 % der Aufenthaltszeit als unerheblich angesehen.

Die operativen Temperaturen aus der thermischen Gebäudesimulation sind für alle 10 Räume des Einfamilienhauses in Bild 10 als Punktwolken eingetragen, für schwere und leichte Bauart und jeweils mit erhöhter Nachtlüftung.

Tafel 10 Komfortklassen der DIN EN 16798-1 für die Innenraumtemperatur

Komfortklasse DIN EN 16798-1	Komfort- niveau	Beschreibung
Kategorie I	Sehr hoher Komfort	sehr hohe Erwartungen an das Raumklima, geeignet für empfindliche oder besonders zu schützende Personen (z.B. in Krankenhäusern, hochwertigen Büros, Konferenzräumen)
Kategorie II	Hoher Komfort	mittlere bis hohe Erwartungen an das Raumklima, Standardniveau für normale Nutzungen wie Büros, Schulen, Wohngebäude
Kategorie III	Akzeptabler Komfort	moderate Erwartungen, akzeptabel für weniger anspruchsvolle oder kurzzeitige Nutzungen, z.B. Versammlungsstätten oder einfache Aufenthaltsräume

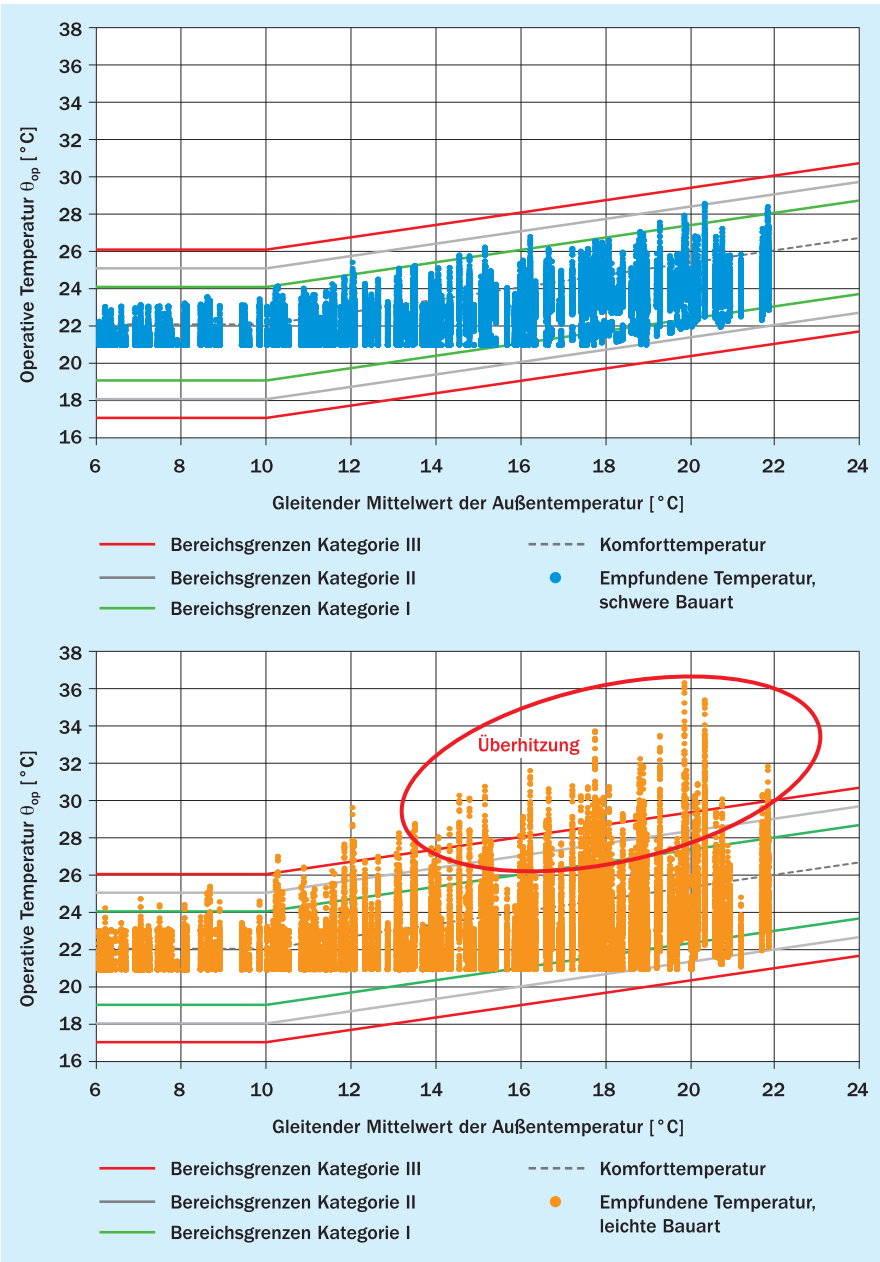


Bild 10 Komfortbewertung auf Stundenbasis nach DIN EN 16798-1 der empfundenen (operativen) Raumtemperatur aller Räume des Beispielgebäudes in schwerer Bauart (oben) und in leichter Bauart (unten). Die Ober- und Untergrenzen der Komfortklassen Kategorie I, II und III sind durch farbige Linien dargestellt, die Komforttemperatur ist gestrichelt eingezeichnet

Dieser Vergleich zeigt anschaulich, dass bei schwerer Bauart ein überdurchschnittlicher Komfort gemäß der Komfortklasse Kategorie I durchgehend gegeben ist, während bei leichter

Bauart unter gleichen Randbedingungen die Komfortgrenzen auch der Kategorie II und der Kategorie III im Sommer häufig überschritten werden.

7. Zusammenfassung

Der sommerliche Wärmeschutz wird maßgeblich durch die direkte Sonneneinstrahlung in den Raum beeinflusst. Diese hängt von mehreren Faktoren ab, darunter die Fensterfläche, der Sonnenschutz sowie die Ausrichtung und Konzeption des Gebäudes.

Für den üblichen Geschosswohnungsbau erweist sich das vereinfachte Sonneneintragskennwertverfahren als adäquate Nachweismethode. Bei Nichteinhaltung der Anforderungen können Maßnahmen wie eine erhöhte Nachtlüftung oder der Einsatz von Glas-Sonnenschutz-Kombinationen mit niedrigem Gesamtenergiedurchlassgrad g_{tot} in Betracht gezogen werden. Diese Anpassungen dienen nicht nur der Erfüllung des Nachweises, sondern verbessern gleichzeitig den sommerlichen Wärmeschutz für die Nutzer.

Das Sonneneintragskennwertverfahren ist auch das Mittel der Wahl, um bereits im frühen Entwurfs- oder Planungsstadium das Gebäudekonzept einfach und schnell hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes zu überprüfen. Dies gibt die Möglichkeit, falls erforderlich, die Planung frühzeitig anzupassen, um möglichst durch bauliche oder passive Mittel und unter Vermeidung einer maschinellen Kühlung einen guten sommerlichen Wärmeschutz sicherzustellen.

Sollte das vereinfachte Verfahren trotz Optimierungsmaßnahmen nicht zum Erfolg führen, bietet die dynamisch-thermische Gebäudesimulation eine Alternative. Obwohl aufwändiger sowie zeit- und kostenintensiver, ermöglicht sie eine präzisere Abbildung der Einflussfaktoren und eine detaillier-

tere Bewertung des sommerlichen Komforts. Diese Methode kann zu einem günstigeren Bewertungsergebnis führen, da sie komplexe Wechselwirkungen berücksichtigt, die im vereinfachten Verfahren nicht erfasst werden.

Für eine individuelle Bewertung des sommerlichen thermischen Komforts, außerhalb der normativen Nachweisverfahren des sommerlichen Wärmeschutzes, bietet es sich an, die sommerlichen Raumtemperaturen aus der dynamisch-thermischen Gebäudesimulation nach DIN EN 16798-1 in eine Komfortklasse einzustufen. Die Komfortklasse Kategorie I steht für sehr hohen Komfort und befriedigt hohe Erwartungen an das Raumklima für hochwertige Räume.

INFO

Bauarten mit hohen wirksamen Speichermassen in Kombination mit erhöhter Nachtlüftung üben einen signifikant positiven Einfluss auf den sommerlichen Wärmeschutz aus, können die thermische Behaglichkeit für die Nutzer erheblich verbessern und sollten daher bei der Planung von Gebäuden besondere Beachtung finden.

Die Implementierung effektiver Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz und eine umfassende Betrachtung unter Berücksichtigung der relevanten Einflussfaktoren führen zu einer guten thermischen Behaglichkeit im Sommer und sichern damit eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale zukunftsfähiger Gebäude.

Literatur

- [1] DIN 4108-2:2013-02 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [2] DIN EN 16798-1: Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik
- [3] Maas A., Schlitzberger S., Vukadinovic M., Spitzner M. H., Dorsch L.: Weiterentwicklung von Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz; Endbericht zum Forschungsvorhaben 10.08.17.7-21.39 des BBSR im BBR, 2023; BBSR-Online-Publikation (zur Veröffentlichung eingereicht)
- [4] DIN 4108-2:2025 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Wärmeschutz – Mindestanforderungen, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- [5] DIN EN ISO 13786: Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch-thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren
- [6] DIN 4108-4: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
- [7] DIN EN ISO 10456: Baustoffe und Bauprodukte – Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte
- [8] Schlitzberger, S; Kempkes, C.; Maas, A.; Schäfers, M.: Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit auf Heizwärmebedarf und thermischen Komfort. In: Bauphysik 39 (2017), Heft 1, S. 57–63
- [9] Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. (Hrsg.), KS-Nachweisprogramm zur Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes (kostenfreier Download über die KS Homepage www.kalksandstein.de)

Bildnachweis

Bild S. 372; Bild S. 381: Anja Grah, GrahDesign

Bild S. 378: Warema

Bild S. 383, Bild S. 384: Stefan Witte

Bild S. 391: UNIKA GmbH/H. Thierschmidt

