



Hauptkriteriengruppe

Soziokulturelle und funktionale Qualität

Kriteriengruppe

Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit

Kriterium

Thermischer Komfort im Sommer

Relevanz und Zielsetzungen

Der thermische Komfort in Unterrichtsgebäuden bildet eine Grundlage für effizientes und leistungsförderndes Lernen. Darüber hinaus beeinflusst die Art, wie der thermische Komfort sichergestellt wird, den Energieverbrauch in Unterrichtsgebäuden erheblich. Die Akzeptanz des Raumklimas mit den Faktoren thermische Behaglichkeit, Luftqualität, Lärm und Beleuchtung wird grundsätzlich auf sehr unterschiedlichen Ebenen bewertet, wobei der thermische Komfort im starken Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit steht.

Durch eine frühzeitige integrale Planung der passiven und aktiven Maßnahmen kann ein hoher thermischer Komfort im Sommer bei niedrigerem Energiebedarf für Kühlung geschaffen werden. Thermischer Komfort durch die Nutzung von Restpotenzialen baulicher Maßnahmen kann zudem die Betriebskosten senken.

Beschreibung

Der durch Personen empfundene thermische Komfort eines Raumes/eines Gebäudes wird einerseits durch die Gesamtbehaglichkeit bestimmt, andererseits können lokale Unbehaglichkeitsphänomene den thermischen Komfort beeinträchtigen. So kann sich eine Person insgesamt thermisch behaglich fühlen jedoch beispielsweise durch lokale Zugluft sich an einem Körperteil beeinträchtigt fühlen. Um den thermischen Komfort gewährleisten zu können, ist die Erfüllung aller Teilkriterien erforderlich. Die Teilkriterien werden über eine Bewertungsliste quantitativ oder qualitativ abgeprüft und in eine Gesamtbewertung des thermischen Komforts im Sommer zusammengeführt.

Bewertung

Qualitative und quantitative Bewertung

Methode

Folgende Teilkriterien werden beurteilt:

1. Operative Temperatur
2. Zugluft
3. Strahlungstemperaturasymmetrie und Fußbodentemperatur
4. Relative Luftfeuchte
5. Vertikaler Temperaturgradient (noch nicht prüfbares Kriterium)

1. Operative Temperatur

Mit Hilfe von DIN 4108-2 werden vor dem Hintergrund Behaglichkeit und Energieeinsparung bauliche Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz vorgegeben. Dies erfolgt mit dem Ziel, moderate Innentemperaturen allein durch bauliche Maßnahmen zu erreichen, sofern das Gebäude keine besonders hohen internen Lasten aufweist. Die Anforderungen von DIN 4108-2 werden als Mindestanforderungen definiert. Der Nachweis muss in jedem Fall erfolgen.

Der Betrachtungszeitraum ist die Sommerperiode bzw. sind die Monate mit möglichen Überhitzungen (Zeitraum ohne Heizbetrieb).

Nach DIN EN 15251 kann das Verfahren zur Ermittlung des „Auslegungswerts für die operative Innentemperatur von Gebäuden ohne maschinelle Kühlanlagen“ für einen Raum nicht angewendet werden, wenn die Mehrzahl der Nutzer nur einen eingeschränkten Zugang zu Fenstern und somit eine geringe Regelungsmöglichkeit haben (z.B. Großraumbüros, Klassenräume). Daher ist die thermische sommerliche Behaglichkeit in Unterrichtsgebäuden einheitlich für Räume mit und ohne Kühlung gemäß den Kategorien der DIN EN ISO 7730 wie folgt zu bewerten:



Hauptkriteriengruppe

Soziokulturelle und funktionale Qualität

Kriteriengruppe

Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit

Kriterium

Thermischer Komfort im Sommer

Kategorie	PMV-Index / operative Temperatur
I	+ 0,2 / +25,5°C
II	+ 0,2 / +26°C
III	+ 0,2 / +27°C

Nachweisverfahren

a) Zonale, thermische Raumsimulation

Als Zeitbezug der 3 % / 5 %-Überschreitungen ist der Sommer bzw. die Kühlperiode anzusetzen (nach DIN EN 15251 ist der Sommer bzw. die Kühlperiode als diejenige Zeit definiert, in der nicht mehr geheizt werden muss). Vereinfachend kann als Sommerperiode die Zeitperiode vom 1. Mai – 31. Oktober angenommen werden.

Den Simulationen sind die Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes für den jeweiligen Standort (Testreferenzjahr) zugrunde zu legen. Dabei sind die aktuellen Klimadaten (DWD 2004) inklusive der extremen Sommerperioden des DWD zu benutzen.

Das Mikroklima am Standort des Bauvorhabens ist geeignet zu berücksichtigen (z. B. „urbane Wärmeinseln“ bei Großstadtlage). Liegen keine geeigneteren Angaben vor, so kann im Nachweis vereinfachend von einer pauschalen Temperaturerhöhung im Stadtkern von 2 K ausgegangen werden.

Durch Zonierung können Raumbereiche zusammengefasst werden, die sich thermisch ähnlich verhalten (Nutzung, Hüllfläche, solare Ausrichtung der Fassade, bauliche Verschattung).

Die bei der zonalen thermischen Raumsimulation eingesetzte Software muss nach VDI 6020 und/oder DIN EN ISO 13791 und/oder DIN EN 15265 und/oder DIN EN 15255 validiert sein.

Falls zum Erreichen guter raumakustischer Verhältnisse abgehängte Decken und/oder schallabsorbierende Paneele geplant sind, müssen die im Kriterium Akustischer Komfort zugrunde gelegten Akustik-elemente in den thermischen Simulationen berücksichtigt werden.

b) Messung nach DIN EN 15251

Messungen zum Nachweis des thermischen Komforts im Sommer müssen die Anforderungen an Behaglichkeitsmessungen in der DIN EN 15251 erfüllen.

Die Messungen müssen in repräsentativen Räumen unterschiedlicher Bereiche und Ausrichtungen mit unterschiedlichen Lasten in typischen Betriebsphasen durchgeführt werden. Die Bewertung der Kategorie des Innenraumklimas beruht auf der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Raumtemperatur. Die Messpunkte und die Messgeräte müssen der EN ISO 7726 (12599) entsprechen.

Die für die Bewertung des thermischen Raumklimas verwendete Messeinrichtung muss die in der EN ISO 7726 angegebenen Anforderungen erfüllen. Im Hinblick auf den Standort der Messeinrichtung innerhalb der untersuchten Räume ist den in der EN ISO 7726 angegebenen Empfehlungen zu folgen.

Die Messungen müssen an den Orten, von denen bekannt ist, dass die Nutzer den größten Teil ihrer Zeit dort verbringen und unter typischen Witterungsbedingungen der warmen Jahreszeit durchgeführt werden. So sind die Messungen in der warmen



Hauptkriteriengruppe

Soziokulturelle und funktionale Qualität

Kriteriengruppe

Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit

Kriterium

Thermischer Komfort im Sommer

Jahreszeit (Kühlperiode) bei oder oberhalb der statistischen mittleren Temperaturen der drei wärmsten Monate des Jahres und bei klarem Himmel durchzuführen.

Die Dauer der Temperaturmessung sollte für alle Parameter so gewählt werden, dass sie repräsentativ ist, also z. B. 10 Tage betragen.

Die durch Langzeitmessungen ermittelten Lufttemperaturen von Räumen können unter Berücksichtigung von großen heißen oder kalten Oberflächen korrigiert werden, um die operative Temperatur des Raums abschätzen zu können.

c) Kühllastberechnungen nach VDI 2078

Bei gekühlten Räumen kann der Nachweis anhand der Kühllastberechnungen nach VDI 2078 erbracht werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Räume weisen einen Fensterflächenanteil $f < 40\%$ auf.
- Die Fassade(n) der Räume ist (sind) mit einem außen liegenden Sonnenschutz ausgestattet.
- Die Kühlung der Räume erfolgt ohne Strahlungskühlung (nur luftbasierte Kühlung, z. B. Umluftkühler).

Die in DIN 15251 für die einzelnen Kategorien angegebenen Obergrenzen der operativen Temperatur werden in diesem Fall der Dimensionierung der Kühlung zugrunde gelegt. Da die statischen Kühllastberechnungen nach VDI 2078 keine Aussagen zu Überschreitungen der Auslegungstemperatur liefern können, darf bei diesem Nachweisverfahren vereinfachend auf den Nachweis der Überschreitungshäufigkeiten verzichtet werden.

Bei nicht gekühlten Räumen bzw. Räumen, die als Räume ohne Kühlung eingestuft werden und Räumen, welche via thermischer Strahlung gekühlt werden, ist dieses vereinfachte Verfahren prinzipiell nicht zulässig.

2. Zugluft

Das Zugluftmodell in DIN EN ISO 7730 benötigt als Eingangsparameter die Raumlufttemperatur, die mittlere Luftgeschwindigkeit und die Standardabweichung der Luftgeschwindigkeit (bzw. Turbulenzgrad). Wenn die thermische Behaglichkeit nachgewiesen werden konnte (Erfüllung des Teilkriteriums 1), dann kann mit diesem Modell der Anteil der Unzufriedenen aufgrund von Zugluftempfinden bestimmt werden. Für Mischlüftung ist dabei von einem Turbulenzgrad von 40 bis 50 % auszugehen, für Quellluft von 20 bis 25 % gemäß VDI 3804. Vermeidung von Zugluft ist aber nur mit Raumluftströmungssimulation für den gesamten Aufenthaltsbereich eines Raumes planbar. Mit sehr einfachen Ansätzen kann die Luftaustrittsgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich in Abhängigkeit vom Abstand zum Luftauslass bestimmt werden. Das Verfahren nach DIN EN ISO 7730 ist anwendbar in Temperaturbereichen von 20 bis 26°C.

Nachweis: über die Kenndaten der Luftauslässe, Herstellerangaben.
Für Gebäude ohne RLT-Anlagen gilt die Anforderung als eingehalten.

3. Strahlungstemperatursymmetrie und Fußbodentemperatur

Für die Praxis können folgende Anhaltswerte für die Oberflächentemperatur von großflächigen Bauteilen gemäß der VDI 3804 abgeleitet werden:

- Decke minimal 16 °C
- Glasflächen der Fassade/Wand minimal 18 °C
- Glasflächen der Fassade/Wand maximal 35 °C
- Fußboden minimal 19 °C



Hauptkriteriengruppe

Soziokulturelle und funktionale Qualität

Kriteriengruppe

Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit

Kriterium

Thermischer Komfort im Sommer

Nachweis: Bei gekühlten Bauteilen erfolgt der Nachweis über die Dokumentation der Auslegung.

Für den Nachweis sind eine maximale Außentemperatur von $+32\text{ °C}$, eine vertikale globale Solareinstrahlung von 600 W/m^2 für Südfassaden bzw. 720 W/m^2 für Ost- oder Westfassaden (VDI 2078) und eine Raumlufthtemperatur von 26 °C anzusetzen. Der Nachweis kann bei außen liegendem Sonnenschutz über eine Darstellung des Gesamtkonzeptes Fassade / Sonnenschutz / Kühlsystem erfolgen. Dabei müssen die thermischen Qualitäten der Bauteile, die Lage und Art des Sonnenschutzes und die Anordnung und Betriebsweisen der Lüftungs- und Kühlsysteme dargestellt und benannt werden.

Falls kein außenliegender Sonnenschutz zum Einsatz kommt, müssen die minimalen und maximalen Innenoberflächentemperaturen zusätzlich über geeignete Simulationsberechnungen nachgewiesen werden (Zonale Raumsimulation, CFD-Strömungssimulation oder spektrale Berechnungen nach DIN EN 13363-2 oder ISO 15099). Der Nachweis der maximalen Innenoberflächentemperaturen von Glasfassaden kann bei einem Fensterflächenanteil $f < 40\%$ entfallen).

4. Relative Luftfeuchte

Der Mensch kann die relative Luftfeuchte in den in Gebäuden mit normaler Feuchte auftretenden Bereichen nicht wahrnehmen. Die relative Luftfeuchte hat in den in Unterrichtsgebäuden üblicherweise auftretenden Bereichen einen unbedeutenden Einfluss auf die thermische Behaglichkeit.

Nach DIN EN 15251 braucht die Raumlufthtemperatur üblicherweise nicht befeuchtet zu werden. Jedoch verursacht lang andauernde hohe Raumlufthtemperatur mikrobielles Wachstum, während sehr niedrige Luftfeuchte ($< 15\%$ bis 20%) Trockenheit und Reizungen der Augen und Luftwege verursachen kann. Die Anforderungen an die Luftfeuchte beeinflussen die Auslegung von Entfeuchtungs- (Kühllast) und Befeuchtungsanlagen und den Energieverbrauch. Üblicherweise ist keine Befeuchtung oder Entfeuchtung der Raumlufthtemperatur erforderlich. Werden jedoch Befeuchtungs- und/oder Entfeuchtungsanlagen eingesetzt, so sollte eine übermäßige Befeuchtung und Entfeuchtung vermieden werden. Für die Dimensionierung von Befeuchtungs- und Entfeuchtungsanlagen sind Hinweise in Anhang B3 von DIN EN 15251 gegeben. Als obere Begrenzung der absoluten Luftfeuchte (Schwüleempfinden) sollten $12\text{ g Wasser je kg trockene Luft}$ nicht überschritten werden.

Bei Be- und Entfeuchtungsanlagen gilt:
 $\varphi \geq 25\%$; absoluter Feuchtegehalt $< 12\text{ g/kg}$

Nachweis: Dokumentation der Auslegung oder geeignetes Verfahren.

Für Gebäude ohne RLT-Anlage gilt die Anforderung als eingehalten.

5. Vertikaler Temperaturgradient

Ein hoher vertikaler Lufttemperaturunterschied im Bereich zwischen Kopf und Fußgelenk kann zu Unbehaglichkeit führen. Durch die Art der Kühlung (Nutzung der Fußbodenheizung zur Kühlung) und Belüftung (Quellluft, Mischluft, Fensterlüftung) ergeben sich unterschiedliche vertikale Temperaturgradienten. Für die Auslegung von Quellluftsystemen ist eine Vermeidung der Phänomene durch entsprechende Planung möglich.

Ein einheitliches Verfahren für die Bewertung des vertikalen Temperaturgradienten steht derzeit noch nicht zur Verfügung.

Hauptkriteriengruppe	Soziokulturelle und funktionale Qualität
Kriteriengruppe	Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit
Kriterium	Thermischer Komfort im Sommer

Maßgebende Regelwerke

- DIN 4108-2: 2003-07 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an der Wärmeschutz
- DIN EN ISO 7730: 2006-05: Ergonomie der thermischen Umgebung. Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. (ISO 7730: 2005), Deutsche Fassung EN ISO 7730: 2005
- DIN EN 13363-2: 2005-06: mit Berichtigung 1, 2007-04: Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen – Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades – Teil 2: Detailliertes Berechnungsverfahren; Deutsche Fassung EN 13363-2
- DIN EN ISO 13791: 2005-02: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren (ISO 13791:2004); Deutsche Fassung EN ISO 13791: 2004
- DIN EN 15251: 2007-08: Eingangsparmeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Deutsche Fassung EN 15251: 2007
- DIN EN 15255: 2007-11: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung der wahrnehmbaren Raumkühllast - Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren; Deutsche Fassung EN 15255: 2007
- DIN EN 15265: 2007-11: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heiz- und Kühlenergieverbrauchs - Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren; Deutsche Fassung EN 15265: 2007
- VDI 6020 Blatt 1: 2001-05 Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation – Gebäudesimulation
- VDI 3804:2009-03: Raumlufttechnik für Bürogebäude (VDI-Lüftungsregeln)
- VDI 2078: 1996-07: Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude (VDI Kühllastregeln)
- VDI 2078: 2003-02: Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude bei Raumkühlung über gekühlte Raumumschließungsflächen
- ISO 15099: 2003-11: Thermal performance of windows, doors and shading devices – Detailed calculations

Wechselwirkung zu weiteren Kriterien

- 3.1.1 Thermischer Komfort im Winter
- 3.1.4 Akustischer Komfort
- 3.1.6 Einflussnahme des Nutzers
- 4.1.2 Wärme- und Tauwasserschutz

Für die Bewertung erforderliche Unterlagen

1. Operative Temperatur

- a) Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes in Auszügen
- b) Dokumentation der zonalen, thermischen Raumsimulation in Auszügen
- c) Alternativ zu 1b): Prüfbericht der Behaglichkeitsmessungen nach DIN EN 15251 in Auszügen
- d) Alternativ zu 1b) und 1c) bei gekühlten Räumen: Dokumentation der Kühllastberechnungen nach VDI 2078 bei luftbasierter Kühlung, einem Fensterflächenanteil $f < 40\%$ und Ausstattung mit außenliegenden Sonnenschutz in Auszügen



Hauptkriteriengruppe

Soziokulturelle und funktionale Qualität

Kriteriengruppe

Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit

Kriterium

Thermischer Komfort im Sommer

2. Zugluft

- a) Für Gebäude mit RLT-Anlagen: - Dokumentation der erreichten Kategorien der Umgebungsklimas nach DIN EN ISO 7730
- b) Auszüge aus den Produktdatenblättern, aus denen die entsprechenden Kenn-daten der Luftauslässe hervorgehen
- c) Alternativ zu 2a) und 2b): Keine Dokumentation, da in dem Gebäude keine RLT-Anlagen eingebaut wurden

3. Strahlungstemperaturasymmetrie und Fußbodentemperatur

- a) Für Gebäude mit gekühlten Bauteilen: Dokumentation der Auslegungsbedin-gungen des Kühlsystems unter Berücksichtigung des außen liegenden Son-nenschutzes.
- b) Alternativ zu 3a): Keine Dokumentation, da in dem Gebäude keine gekühlten Bauteile eingebaut wurden

4. Relative Luftfeuchte (quantitativ)

- a) Für Gebäude mit Be- und Entfeuchtungsanlagen: Beschreibung und Doku-mentation der Auslegung der Raumlufffeuchte
- b) Alternativ zu 4a): Keine Dokumentation, wenn in dem Gebäude keine Be- und Entfeuchtungsanlagen eingebaut wurden

Hinweise zur Bewertung

Aus den Teilkriterien 1 - 4 ergibt sich eine maximale Bewertung mit 100 Bewer-tungspunkten, diese entspricht dem Zielwert. Bei Einhaltung der gesetzlichen Min-destanforderungen und der qualitativen Anforderungen hinsichtlich Zegerschei-nungen und Strahlungsasymmetrie werden 50 Bewertungspunkte erreicht, die dem Referenzwert entsprechen.

Den Zielwert kann erreichen, wer in allen Teilkriterien eine hohe Qualität sichert und dem thermischen Komfort am Arbeitsplatz besondere Aufmerksamkeit schenkt. Die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen wird grundsätzlich vorausgesetzt.

Hauptkriteriengruppe	Soziokulturelle und funktionale Qualität
Kriteriengruppe	Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit
Kriterium	Thermischer Komfort im Sommer

Bewertungsmaßstab	Anforderungsniveau
Z: 100	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 100
90	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 90
80	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 80
70	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 70
60	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 60
R: 50	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 50
40	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 40
30	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 35
20	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 30
G: 10	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ergibt 25
0	Die Summe der Bewertungspunkte der Teilkriterien ist < 25

Zwischenwerte sind abschnittsweise linear zu interpolieren

1. Operative Temperatur

Anforderungsniveau	
Pkt	Beschreibung
70	Qualitätsniveau 5: Einhaltung DIN 4108-2 und Einhaltung der Kriterien nach DIN EN 15251 Kategorie I, zulässige Überschreitungzeit 3 % der Nutzungszeit.
65	Qualitätsniveau 4: Einhaltung DIN 4108-2 und Einhaltung der Kriterien nach DIN EN 15251 Kategorie II, zulässige Überschreitungzeit 5 % der Nutzungszeit.
45	Qualitätsniveau 3: Einhaltung DIN 4108-2 und Einhaltung der Kriterien nach DIN EN 15251 Kategorie III, zulässige Überschreitungzeit 5 % der Nutzungszeit.
25	Qualitätsniveau 2: Einhaltung der Kriterien nach DIN 4108-2 (gesetzliche Mindestanforderungen)
0	Qualitätsniveau 1: Kriterien nach DIN 4108-2 sind nicht eingehalten

2. Zugluft

Anforderungsniveau	
Pkt	Beschreibung
10	Qualitätsniveau 2: Einhaltung Kat B nach DIN EN ISO 7730, Anhang A, Bild A 2
0	Qualitätsniveau 1: Kat B nach DIN EN ISO 7730 wurde nicht eingehalten.



Hauptkriteriengruppe

Soziokulturelle und funktionale Qualität

Kriteriengruppe

Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit

Kriterium

Thermischer Komfort im Sommer

3. Strahlungstemperaturasymmetrie und Fußbodentemperatur

Anforderungsniveau	
Pkt	Beschreibung
10	Qualitätsniveau 2: Einhaltung der Oberflächentemperaturen von Bauteilen nach VDI 3804 Decke min. 16 °C Glasflächen der Fassade / Wand 18 - 35°C Fußboden min. 19°C
0	Qualitätsniveau 1: Oberflächentemperaturen von Bauteilen nach VDI 3804 wurden nicht eingehalten.

4. Relative Luftfeuchte

Anforderungsniveau	
Pkt	Beschreibung
10	Qualitätsniveau 2: Die Auslegung der Be- und Entfeuchtungsanlage entspricht der Anforderung $\varphi \geq 25\%$, absoluter Feuchtegehalt < 12 g/kg.
0	Qualitätsniveau 1: Die Auslegung der Be- und Entfeuchtungsanlage entspricht nicht der o. g. Anforderung.