

2012

BAUPHYSIK KALENDER



Gebäuediagnostik

Leseprobe

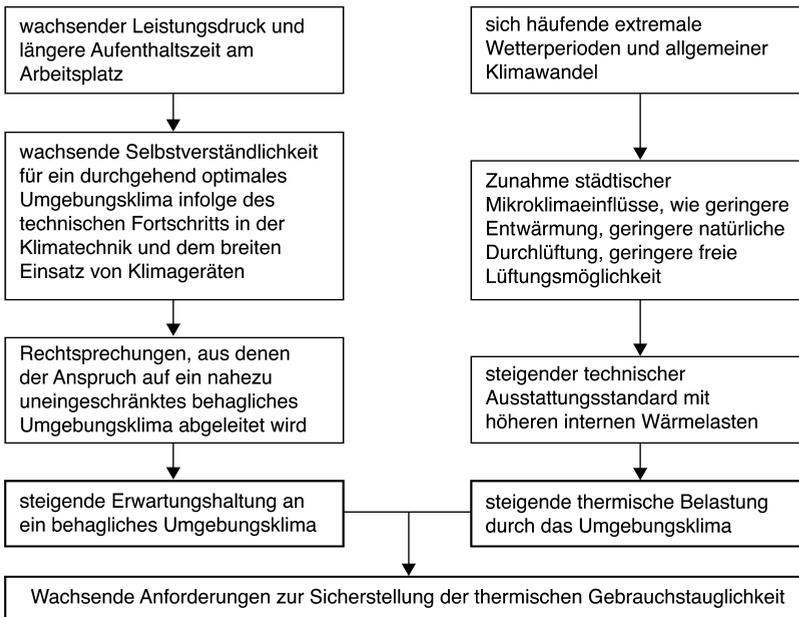


Bild 3. Wesentliche Einflüsse auf die steigende Bedeutung der thermischen Gebrauchstauglichkeit

menschlichen Erwartungshaltung an ein behagliches Umgebungsklima als auch in der gestiegenen thermischen Belastung durch das Umgebungsklima (Bild 3). Auch die Debatte um die Nachhaltigkeit sowie die diesbezügliche Zertifizierung von Gebäuden hat den Aspekt der thermischen Gebrauchstauglichkeit verstärkt in den Betrachtungsfokus der Immobilienbranche geführt. Hinzu kommt der steigende Druck zur Energieeinsparung. Nichtklimatisierte Bestands- sowie Neubauten stehen dabei im Verständnis einer nachhaltigen „grünen“ Immobilie hoch im Kurs. Das Risiko unbehaglicher sommerlicher Raumklimata ist die Kehrseite der Medaille. Die Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit im Sommer wird in Zukunft noch im weit aus höheren Maße zu einer dominierenden Aufgabenstellung in der thermischen Bauphysik.

2 Diagnosebedarf und Aufgabenstellungen

Der Bedarf zur Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit leitet sich aus den Konsequenzen ab, die aus einer unzureichenden thermischen Gebrauchstauglichkeit folgen können. Dies können Leistungseinbußen am Arbeitsplatz bis hin zu rechtlichen Auseinandersetzungen wegen gesundheitsgefährdender Arbeitsplatzbedingungen oder einem Mangel an der Miet- bzw. Kaufsache mit drohender Vertragskündigung sein. Insbesondere im gewerblichen Mietrecht haben sich aus den Erfahrungen der Vergangenheit mit zum Teil weit-

reichenden Rechtsprechungen zum Thema der fehlenden thermischen Gebrauchstauglichkeit unterschiedliche Modelle zur Handhabung dieses Risikos entwickelt (Bild 4). Aus der unterschiedlichen Handhabung dieses Risikos heraus ergeben sich folgende, in der Praxis dominierende Aufgabenstellungen:

- Ein Vermieter/Verkäufer einer Gewerbeimmobilie will zur Vermeidung von Rechtsstreitigkeiten vor Vertragsabschluss klären, ob sich die Immobilie für die geplante Nutzung bzw. den potenziellen Mieter/Käufer eignet.
- Ein Mieter/Käufer will zur Vermeidung von Rechtsstreitigkeiten vor Vertragsabschluss klären, ob sich die ausgewählte Immobilie für seine Zwecke eignet.
- Ein Mieter/Käufer will zur Entscheidung zwischen verschiedenen infrage kommenden Immobilien diese hinsichtlich ihrer thermischen Gebrauchstauglichkeit beurteilt haben.
- Ein Arbeitgeber will zur Sicherstellung der Kundenzufriedenheit sowie Gewährleistung der Leistungsfähigkeit seiner Arbeitnehmer klären, ob ein Risiko unbehaglicher Klimazustände in den Arbeitsräumen besteht.
- Im Rahmen bereits eingetretener Beschwerden und Klagen über unbehagliche Klimazustände soll die Ursache ermittelt werden.
- Zur Kosteneinsparung soll eingeschätzt werden, ob die Möglichkeit für einen Verzicht auf Lüftungs- und Klimaanlage besteht und welche Auswirkungen dies auf die thermische Gebrauchstauglichkeit haben würde.

Mietvertrag zwischen Mieter/Arbeitgeber und Vermieter

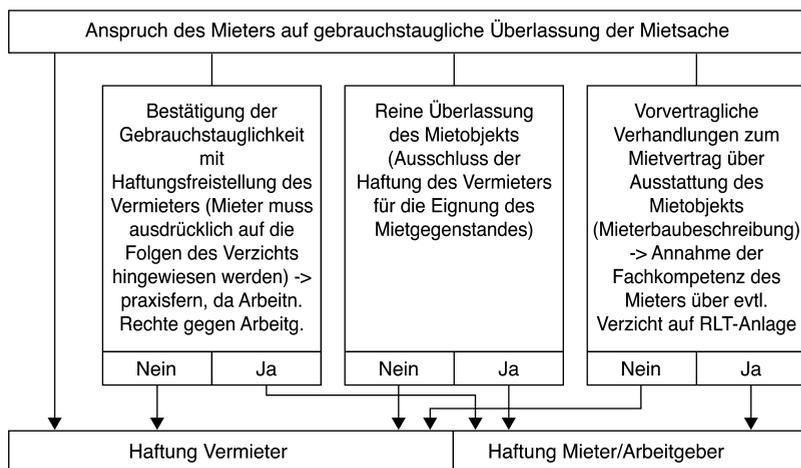


Bild 4. Vertragsrechtliche Gestaltung von Mietverträgen und Auswirkung auf die Haftung (aus [24])

Die Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit beinhaltet dabei die Bewertung einer Vielzahl an physikalischen, physiologischen und rechtlichen Parametern. Hierauf wird in den nächsten Abschnitten eingegangen, wobei aufgrund des großen Umfangs der einzelnen Sachthemen für detaillierte Angaben auf weiterführende Literatur verwiesen wird.

3 Thermische Gebrauchstauglichkeit

3.1 Regelwerke

Die steigende Bedeutung der thermischen Gebrauchstauglichkeit im Sommer hat in den letzten Jahren zu intensiven Forschungs- und Normungsarbeiten geführt. Eine Vielzahl an Richtlinien, Erlassen und Verordnungen

setzt den gestiegenen Stand des Wissens über die thermische Behaglichkeit in die Praxis um und enthält immer differenziertere Anforderungen und Regelungen im Zusammenhang mit der Sicherstellung der thermischen Gebrauchstauglichkeit. In Tabelle 1 ist ein Überblick über die wesentlichen Regelwerke gegeben, welche mit dem Begriff der thermischen Gebrauchstauglichkeit im Zusammenhang stehen. Auf eine Wiedergabe des Erscheinungsdatums der einzelnen Regelwerke wurde bewusst verzichtet, da je nach Aufgabenstellung ggf. unterschiedliche Ausgaben herangezogen werden müssen. Darüber hinaus wäre aufgrund der dynamischen Normenentwicklung die Eingrenzung auf eine konkrete Ausgabe nur von kurzer Aktualität. Als maßgebende Fachliteratur zum Thema der thermischen Gebrauchstauglichkeit sei auf folgende Quellen verwiesen [5–10].

Tabelle 1. Zusammenstellung der wesentlichen Regelwerke und Normen, die im Zusammenhang mit der thermischen Gebrauchstauglichkeit stehen

Regelwerk	Titel
DIN Fachbericht 128	Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Grundlagen zur Klimaermittlung
DIN 1946-4	Raumluftechnik – Teil 4: Raumluftechnische Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens
DIN 4108-2	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
DIN 4108-9 Entwurf	Berechnungsverfahren für den Sommerlichen Wärmeschutz – Begrenzung solarer Wärmeeinträge für Gebäude
DIN 4108-20 Entwurf	Wärmeschutz im Hochbau, Thermisches Verhalten von Gebäuden, Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik, Allgemeine Kriterien und Berechnungsalgorithmen
DIN EN ISO 7726	Umgebungs-klima – Instrumente zur Messung physikalischer Größen

Tabelle 1. Zusammenstellung der wesentlichen Regelwerke und Normen, die im Zusammenhang mit der thermischen Gebrauchstauglichkeit stehen (Fortsetzung)

Regelwerk	Titel
DIN EN ISO 7730	Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit
DIN EN ISO 7730 Berichtigung	Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit
DIN EN ISO 7933	Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung
DIN EN ISO 8996	Ergonomie der thermischen Umgebung – Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes
DIN EN ISO 9886	Ergonomie – Ermittlung der thermischen Beanspruchung durch physiologische Messungen
DIN EN ISO 10511	Ergonomie des Umgebungsklimas – Beurteilung des Einflusses des Umgebungsklimas unter Anwendung subjektiver Bewertungsskalen
DIN EN ISO 11399	Ergonomie des Umgebungsklimas – Grundlagen und Anwendung relevanter Internationaler Normen
DIN EN 13363-1	Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen – Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades, Vereinfachtes Verfahren
DIN EN 13363-2	Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen – Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades, Detailliertes Berechnungsverfahren
DIN EN 13779	Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme
DIN EN ISO 13791 Entwurf	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden, Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik, Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren
DIN EN 14500	Abschlüsse – Thermischer und visueller Komfort – Prüf- und Berechnungsverfahren
DIN EN 14501	Thermischer und visueller Komfort – Leistungsanforderungen und Klassifizierung
DIN EN 15251	Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden
DIN EN ISO 15265	Ergonomie der thermischen Umgebung – Strategie zur Risikobeurteilung zur Abwendung von Stress oder Unbehagen unter thermischen Arbeitsbedingungen
DIN EN 157591-1	Erhaltung des kulturellen Erbes – Festlegung und Regelung des Raumklimas – Teil 1: Beheizung von Andachtsstätten
DIN EN 16309	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der sozialen Qualität von Gebäuden – Methoden
DIN EN ISO 27243	Warmes Umgebungsklima; Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index (wet bulb globe temperature)
DIN 33403-2	Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 2: Einfluss des Klimas auf den Wärmehaushalt des Menschen
DIN 33403-3	Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimagesamtenmaße
VDI 2078	Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)
VDI 2058 Blatt 3	Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeit
VDI 3804	Raumlufttechnik – Bürogebäude (VDI-Lüftungsregeln)
VDI 4706	Kriterien für das Raumklima (VDI-Lüftungsregeln)
VDI 6020-1	Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation – Gebäudesimulation

Tabelle 1. Zusammenstellung der wesentlichen Regelwerke und Normen, die im Zusammenhang mit der thermischen Gebrauchstauglichkeit stehen (Fortsetzung)

Regelwerk	Titel
VDI 6030-1	Auslegung von freien Raumheizflächen – Grundlagen – Auslegung von Raumheizkörpern
ÖNORM B 8110-3	Wärmeschutz im Hochbau, Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse
ÖNORM B 8110-3/AC1	Wärmeschutz im Hochbau, Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse (Berichtigung)
SIA 180	Wärmeschutz im Hochbau
SIA 382-1	Lüftungs- und Klimaanlageanlagen, Allgemeine Grundlagen und Anforderungen
TGL 35424-4	Bautechnischer Wärmeschutz, Wärmeschutz in der warmen Jahreszeit
ASHRAE Standard 55	Thermal environmental Conditions for Human Occupancy
BGI 5012	Beurteilung des Raumklimas – eine Handlungshilfe für kleinere und mittlere Unternehmen
ASV	Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV)
ASR 3.5	Technische Regeln für Arbeitsstätten – Raumtemperaturen (vormals ASR 6)
Klimaerlass	Richtlinie zu baulichen und planerischen Vorgaben für Baumaßnahmen des Bundes zur Gewährleistung der thermischen Behaglichkeit im Sommer
BNB 3.1.2	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen – 3.1.2 – Thermischer Komfort im Sommer
Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Anlage 3	Gesundheit und Behaglichkeit

3.2 Definitionen

3.2.1 Thermische Behaglichkeit

Das Behaglichkeitsempfinden ist von Mensch zu Mensch sowie Situation zu Situation unterschiedlich und hängt von weit über zwanzig Parametern ab (beispielsweise Alter, Gesundheitszustand, Bekleidungsgrad, Vertrautheit mit dem Umfeld, Wetterverlauf der Vortage, Lufttemperatur, -feuchte, -geschwindigkeit, Möglichkeiten zur selbstständigen Beeinflussung des Raumklimas, Arbeitsperipherie, soziales Umfeld u.v.m.). Sowohl die menschliche Wärmebilanz als auch die menschliche Erwartungshaltung sind ausschlaggebend für die thermische Behaglichkeit. Eine allgemeingültige einfache Definition für die thermische Behaglichkeit ist per se nur begrenzt möglich. Es existiert vielmehr eine Vielzahl an unterschiedlichen Definitionen, was nicht zuletzt auch an unterschiedlichen Interessenslagen liegt. Die Definition aus Sicht der Arbeitgeber, Arbeitnehmer, Planer, Bauherren, Verordnungsgeber, Versicherer, Industrie, Nutzer u. a. beruht auf unterschiedlichen Sichtweisen und enthält naturgemäß unterschiedliche Anforderungen. Unabhängig von den unterschiedlichen Interessenslagen kann die thermische Behaglichkeit als folgender Zustand definiert werden:

Gleichgewicht beim Wärmeaustausch mit der Umwelt unter geringstem thermoregulatorischem Aufwand.

Unter thermoregulatorischen Aufwand fällt im Sommer u. a. das Schwitzen, die Änderung der Hautoberflächen-

temperatur, das verstärkte Atmen, die Modifikation der Kleidung und das Aufsuchen von Entwärmungszonen. Über diese allgemeine Definition der Behaglichkeit hinaus ist im Weiteren zwischen globaler und lokaler Behaglichkeit zu unterscheiden. Die globale Behaglichkeit ist primär abhängig vom Aktivitätsgrad (Wärmeproduktion) und der Bekleidung (Wärmedämmung) des Menschen sowie der empfundenen operativen Raumtemperatur (Wärmabgabepotenzial). Die empfundene Raumtemperatur entspricht bei geringen Luftgeschwindigkeiten annähernd dem Mittelwert zwischen Raumlufttemperatur und Strahlungstemperatur der umgebenden Raumflächen. In Bild 5 sind die Zusammenhänge der globalen thermischen Behaglichkeit anschaulich dargestellt. Die in Bild 5 dargestellten Temperaturlinien können als Behaglichkeits-Isolinien verstanden werden. Anhand der Behaglichkeits-Isolinien kann auch bei gegebener operativer Raumtemperatur der mögliche Aktivitätsgrad und die noch mögliche Bekleidungs-situation zur Einhaltung der globalen thermischen Behaglichkeit abgelesen werden. Um bei einer empfundenen Raumtemperatur von z. B. +28 °C thermische Behaglichkeit sicherzustellen, wäre beispielsweise nur eine sehr leichte Kleidung ($clo < 0,5$) und ein geringer Aktivitätsgrad ($met < 1,0$) zulässig.

Die globale thermische Behaglichkeit im Sommer ist in nichtklimatisierten Immobilien bei büroähnlicher Nutzung mit gelockerter Bekleidungsregel bis zu einer Temperaturobergrenze im Bereich von +26 °C bis +28 °C im Aufenthaltsbereich im Allgemeinen einge-

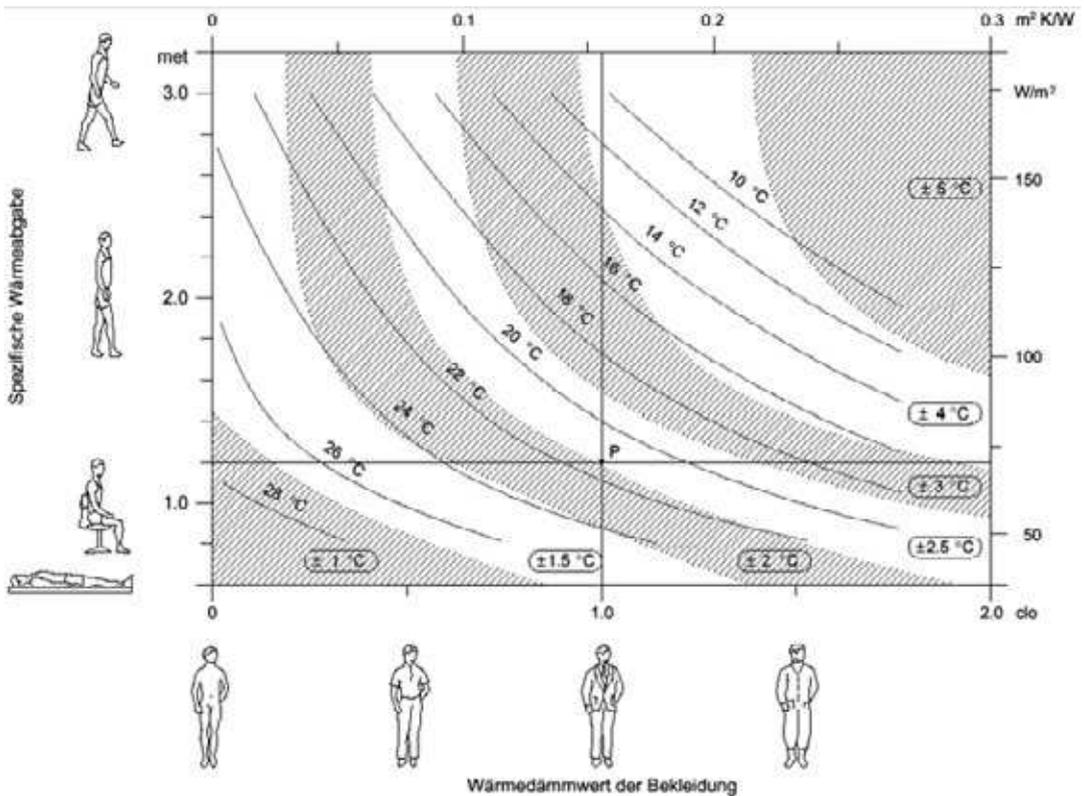


Bild 5. Behaglichkeits-Isolinien nach [12, 16], in Abhängigkeit von der spezifischen Wärmeabgabe in met [-] (ein met entspricht dem Energieumsatz beim entspannten Sitzen) sowie dem Wärmeisolationwert der Bekleidung clo [-] (ein clo entspricht einem Wärmeisolationwert von 0,155 m²K/W); die grau markierten Felder geben die zulässige Abweichung von der optimalen Raumtemperatur an

halten. Schwankungen der noch als behaglich empfundenen Temperaturobergrenze sind auf die Adaption der menschlichen Erwartungshaltung an die Außenklima-verhältnisse zurückzuführen. Während des Sommers und insbesondere zu Zeiten ausgeprägter Hitzeperioden werden im Allgemeinen auch höhere Raumlufttemperaturen toleriert. Unter lokaler thermischer Behaglichkeit ist der Gleichgewichtszustand des Wärmeaustauschs in lokalen Körperregionen zu verstehen. Als bekannter Fall für eine lokale Unbehaglichkeit bei sonst vorhandener globaler Behaglichkeit ist eine zu geringe Fußbodentemperatur (Fußkälte) zu nennen. Da im Sommer Fälle lokaler thermischer Unbehaglichkeit (z. B. hohe Scheibentemperaturen in Nähe zum Arbeitsplatz) in weitaus geringerem Maße auftreten als Beschwerden wegen allgemein zu hoher Raumtemperaturen, beschränkt sich der vorliegende Beitrag auf die Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit hinsichtlich der Raumtemperaturen.

3.2.2 Thermische Gebrauchstauglichkeit

Der Umstand, wie hoch, wie lange und wie regelmäßig noch behagliche Raumtemperaturen überschritten werden, ist ausschlaggebend dafür, ob eine Immobilie für den vorgesehenen Gebrauch nutzbar ist. Zur Definition der thermischen Gebrauchstauglichkeit einer Immobilie kann also der Zeitraum und der Umfang an Überschreitungen der thermischen Behaglichkeit genutzt werden. Hierzu können z. B. die Gradstunden [Kh/a] oberhalb einer konkreten Temperaturobergrenze herangezogen werden. Eine häufig verwendete, allgemeiner gefasste Definition lautet, dass von einer thermischen Gebrauchstauglichkeit noch ausgegangen werden kann, wenn eine Überschreitung behaglicher Raumtemperaturen an nicht mehr als 10% der Aufenthaltszeit auftritt [11] (zur Erläuterung der anzusetzenden Aufenthaltszeit s. Abschn. 3.3.1). Weitere Definitionen der thermischen Gebrauchstauglichkeit können über einen Prozentsatz Unzufriedener nach DIN EN ISO 7730 [12] erfolgen. Der für die thermische Gebrauchstauglichkeit zulässige Umfang an Temperaturüberschreitungen oder

Tabelle 2. Kategorien unterschiedlicher Erwartungshaltung an die thermische Behaglichkeit nach DIN EN 15251 [13] als Grundlage für die Einschätzung des erforderlichen Sicherheitsniveaus gegenüber unbehaglicher Raumtemperaturen

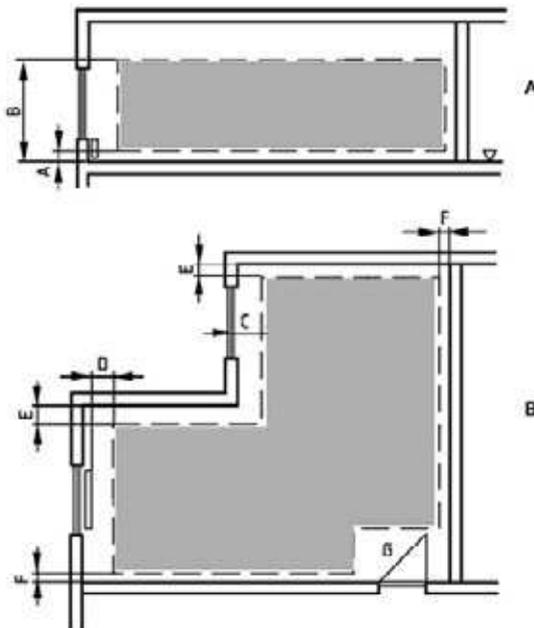
Kategorie	Beschreibung
I	hohes Maß an Erwartungen; empfohlen für Räume, in denen sich sehr empfindliche und anfällige Personen mit besonderen Bedürfnissen aufhalten, z. B. Personen mit Behinderungen, kranke Personen, sehr kleine Kinder und ältere Personen
II	normales Maß an Erwartungen; empfohlen für neue und renovierte Gebäude
III	annehmbares, moderates Maß an Erwartungen; kann bei bestehenden Gebäuden angewendet werden
IV	Werte außerhalb der oben genannten Kategorien. Diese Kategorie sollte nur für einen begrenzten Teil des Jahres angewendet werden

Anmerkung: Auch in anderen Normen wie z. B. EN 13779 und EN ISO 7730 wird eine Einteilung in Kategorien vorgenommen; diese können jedoch unterschiedlich benannt sein (A, B, C oder 1, 2, 3 usw.)

der Prozentsatz Unzufriedener ist dabei kein starrer Wert, sondern richtet sich im Einzelfall u. a. nach Anspruch, Erwartungshaltung sowie Sensibilität der Gebäudenutzer. Entsprechende Kategorien als Grundlage für die Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit sind beispielsweise in DIN EN 15251 [13] enthalten und in Tabelle 2 dargestellt. Hinsichtlich der noch als behaglich eingestuften Raumtemperaturen besteht zwischen den einzelnen Kategorien ein Temperaturunterschied von 1 K. Zusammenfassend ist auszuführen, dass die thermische Gebrauchstauglichkeit einer Immobilie keine feste bauliche Eigenschaft, sondern vielmehr eine Produkt aus den baulichen Eigenschaften und den im Einzelfall zu berücksichtigenden individuellen Erwartungen bzw. Anforderungen der Gebäudenutzer (Eigentümer, Mieter, Arbeitnehmer etc.) ist.

3.3 Anforderungen

Anforderungen an die thermische Gebrauchstauglichkeit werden aus vielen einzelnen Bereichen gestellt. Das Anforderungsniveau unterscheidet sich dabei zum Teil deutlich [10]. Zur Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit bedarf es zunächst der Festlegung/Vereinbarung, welches Anforderungsniveau zu betrach-



Legende
 A Vertikalschnitt
 D Grundriss

Abstand von der folgenden Innenfläche		Üblicher Bereich (m)	Standardwert (m)
Fußboden (untere Begrenzung)	A	0,00 bis 0,20	0,05
Fußboden (obere Begrenzung)	B	1,30 bis 2,00	1,00
Außenfenster und -türen	C	0,50 bis 1,50	1,00
Holz- und/oder Klima-Geräte	D	0,50 bis 1,50	1,00
Außenwand	E	0,15 bis 0,75	0,50
Innenwand	F	0,15 bis 0,75	0,50
Türen, Durchgangsbereiche usw.	G	besondere Vereinbarung	—

Bild 6. Definition des Aufenthaltsbereichs nach DIN EN 13779 [38]

ten ist. Die aus dem Miet- und Arbeitsschutzrecht formulierten Anforderungen gelten weitestgehend unabhängig davon, ob ein Bestands- oder Neubau betrachtet wird. Das heißt, dass der bei Bestandsimmobilien häufig angesetzte Bewertungsmaßstab „nach den zum Zeitpunkt der Errichtung geltenden allgemein anerkannten Regeln der Technik“ bei der Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit nicht ausreicht. Die im Folgenden zum Überblick kurz beschriebenen unterschiedlichen Anforderungsniveaus haben dabei eine Gemeinsamkeit. Die Anforderungen gelten ausschließlich für den dauerhaften Aufenthaltsbereich (Bild 6) und nicht etwa für Bereiche unmittelbar an Glasflächen oder Oberlichtern.

3.3.1 Anerkannte Regeln der Technik

Zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik, welche Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz und damit Anforderungen an die thermische Gebrauchstauglichkeit beinhalten, gehören im deutschsprachigen Raum u. a. folgende Regelwerke:

- DIN 4108-2 [11], Bundesrepublik Deutschland
- ÖNORM B 8110-3 [14, 15], Österreich
- SIA 180 [16], SIA 382-1 [17], Schweiz
- (TGL 35424-4 [18], ehemalige Deutsche Demokratische Republik)

Die genannten Regelwerke wurden zur breiten Anwendung im Planungsprozess entwickelt und beinhalten dementsprechend standardisierte, simpel durchzuführende, vereinfachte Nachweisverfahren für den sommerlichen Wärmeschutz. Die einzelnen Anforderungskriterien sind unterschiedlich, haben jedoch alle die Gewährleistung eines wärmeschutztechnischen Mindestniveaus zum Ziel. Es werden in unterschiedlicher Art und Weise Anforderungen an die baulichen Parameter gestellt, die im Zusammenhang mit dem sommerlichen Wärmeschutz stehen (u. a. Art des Sonnenschutzes, Art der Verglasung, Glasflächenanteil, Lüftungsmöglichkeit, Bauschwere). Eine Gemeinsamkeit der Regelwerke und Nachweisverfahren besteht darin, dass durch die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes die Einhaltung von Temperaturgrenzen/Überschreitungshäufigkeiten und damit letztlich die thermische Gebrauchstauglichkeit im individuellen Fall nicht sichergestellt ist. Entsprechende Hinweise finden sich in den Normen, wie beispielsweise in der DIN 4108-2 Abschnitt 8.1 [11]:

„Mit den hier definierten Anforderungen an die thermische Behaglichkeit im Sommer bleiben andere Regelwerke unberührt“.

Unter „andere Regelwerken“ sind auch Anforderungen aus dem Miet- und Arbeitsschutzrecht zu verstehen (s. Abschn. 3.3.4 und 3.3.5). Die Einhaltung der Anforderungen aus der DIN 4108-2 [11] soll definitionsgemäß eine Überschreitung behaglicher Raumtemperaturen auf maximal 10% der Aufenthaltszeit zusichern. Dieses pauschalierte Schutzniveau mag im Einzelfall hingegen

nicht mit den wirtschaftlichen Interessen/Zwängen eines Mieters/Arbeitgebers übereinstimmen, für den mögliche Leistungseinbußen an 10% der Aufenthaltszeit nicht akzeptabel sind. An dieser Stelle ist anzumerken, dass in der Fachliteratur und der Praxis die Aufenthaltszeit unterschiedlich interpretiert wird. Ausgehend von der Definition der täglichen Aufenthaltszeit nach [11] mit üblicherweise 10 h/d bei Büroräumen schwankt die angesetzte Aufenthaltszeit zwischen 3650 h/a (alle Tage gleich behandelt) bis hin zu 1750 h/a (unter Berücksichtigung realer Arbeitszeit, Urlaub etc.). Damit ergeben sich Annahmen für eine zulässige Überschreitung behaglicher Raumtemperaturen zwischen 175 h/a bis zu 365 h/a [10]. In Anlehnung an die Anforderung für die thermische Behaglichkeit von Bundesbauten nach [19] kann als mittlere Betrachtung von einer maximal zulässigen Überschreitung an bis zu maximal 261 h/a ausgegangen werden. Vorkommende Interpretationen, welche die 10%-Regelung auf eine Bewertung der täglichen Aufenthaltszeit beziehen und damit maximal zulässige Überschreitungen von 1 h/d in Büroräumen oder 2,4 h/d in Wohngebäuden erhalten, sind eher unrealistisch. In dem Entwurf zur Neufassung der DIN 4108-2 [20] wird von einer zu betrachtenden Aufenthaltszeit von 11 h/d in Nichtwohngebäuden ausgegangen. Als zulässige Überschreitung behaglicher Temperaturobergrenzen wird nicht nur die Dauer, sondern auch die Höhe der Übertemperatur betrachtet, woraus sich zulässige Übertemperaturgradstunden in Kelvin-Stunden pro Jahr ergeben (für Nichtwohngebäude maximal 400 Kh/a und Wohngebäude 800 Kh/a zulässig [20]). Neben den oben stehenden anerkannten Regeln der Technik existiert eine Vielzahl an weiteren Regelwerken, welche die Definition der thermischen Gebrauchstauglichkeit beinhalten. In [10] findet sich eine Aufzählung der wesentlichen Regelwerke, welche in Bild 7 wiedergegeben ist.

3.3.2 Öffentliches Baurecht

Das öffentliche Baurecht beinhaltet Anforderungen, die zur Sicherstellung des Schutzes von Leben, Gesundheit und Klima unerlässlich sind. Die Anforderungen sind unabhängig von zivilrechtlichen Vereinbarungen zwingend einzuhalten. In den von den Obersten Bauaufsichten der Länder eingeführten Technischen Baubestimmungen (ETB) ist die DIN 4108-2 [11] enthalten. Die Abschnitte zum Mindestwärmeschutz im Sommer dieser Norm waren bis 2002 explizit von den Technischen Baubestimmungen ausgenommen. Seit Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV, öffentliches Baurecht) wurde in den Listen der Technischen Baubestimmungen bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes auf die Regelungen der EnEV verwiesen. Da sich die EnEV hinsichtlich der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz wiederum auf eine Einhaltung der DIN 4108-2 bezieht, gehören die Abschnitte der DIN 4108-2 zum sommerlichen Wärmeschutz letztlich zum öffentlichen Baurecht.

Statisches Komfortmodell	Bezugsgröße	Grenztemperatur RT_c [°C]	Bedingung	Komfortklassen
DIN 4108-2:2003-07 Wärmeschutz und Energie Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz	Höchste Monatmittel temperatur $\theta_{e,m,h}$	$\theta_{e,z} = 25\text{ °C}$ $\theta_{e,z} = 26\text{ °C}$ $\theta_{e,z} = 27\text{ °C}$	$\theta_{e,m,h} \leq 16,5\text{ °C}$ $16,5\text{ °C} \leq \theta_{e,m,h} < 18\text{ °C}$ $\theta_{e,m,h} > 18\text{ °C}$	nein
Arbeitsstätten-Richtlinie zur Arbeitsstättenverordnung, ASR 6-1 Raumtemperaturen	Außen- temperatur θ_a	$\theta_{a,z} = 26\text{ °C}$	darf bei höheren Außentempera- turen über- schritten werden	nein
DIN 1946-2:1994-01 Raumlüftung, Gesundheits- technische Anforderungen	Außen- temperatur θ_a	$\theta_{a,z} = 25\text{ °C}$ $\theta_{a,z} = 25\text{ °C} + 1/3 \cdot (\theta_a - 26\text{ °C})$	$\theta_a \leq 26\text{ °C}$ $\theta_a > 26\text{ °C}$	nein
DIN 13779:2004-09 Lüftung von Nichtwohn- gebäuden – Allgemeine Grund- lagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage	Enthält kein vergleichbares Komfortkriterium.			
DIN EN ISO 7730:2003-10 Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmungen und Interpre- tation der thermischen Behaglichkeit durch Berech- nung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit		$\theta_{a,z} = 24,5\text{ °C}$ $\theta_{o,z} = 22\text{ °C}$		A: 94 % Akzep- tanz $\pm 1,0\text{ °C}$ B: 90 % Akzep- tanz $\pm 1,5\text{ °C}$ C: 85 % Akzep- tanz $\pm 2,5\text{ °C}$
Adaptives Komfortmodell	Bezugsgröße	Grenztemperatur RT_c [°C]	Bedingung	Komfortklassen
ISSO-74 Niederländische ATG-Richtlinie: Thermische behaglichkeit (nur obere Grenzen)	Außentempe- ratur während der letzten drei Tage $\theta_{a,z,d}$	$\theta_{a,z} = 21,45\text{ °C} + 0,11 \cdot \theta_{a,z,d}$ $\theta_{a,z} = 17,8\text{ °C} + 0,31 \cdot \theta_{a,z,d}$	$\theta_{a,z,d} \leq \text{ca. } 10\text{ °C}$ $\theta_{a,z,d} > \text{ca. } 10\text{ °C}$	A: 90 % Akzep- tanz $\pm 2,5\text{ °C}$ B: 80 % Akzep- tanz $\pm 3,5\text{ °C}$ C: 65 % Akzep- tanz $\pm 4,2\text{ °C}$
ASHRAE 55 Thermal Environmental Condi- tions for Human Occupancy	Meteorologisches Monatsmittel der Außentemperatur $\theta_{a,m,meteo}$	$\theta_{a,z} = 17,6\text{ °C} + 0,31 \cdot \theta_{a,m,meteo}$		A: 90 % Akzep- tanz $\pm 2,5\text{ °C}$ B: 80 % Akzep- tanz $\pm 3,5\text{ °C}$
prEN 15251:2005-05 Bewertungskriterien für den Innenraum einschließlich Temperatur, Raumluftqualität, Licht und Lärm	Mittlere Außen- temperatur $\theta_{a,m}$	$\theta_{a,z} = 17,8\text{ °C} + 0,31 \cdot \theta_{a,m}$		A: 94 % Akzep- tanz $\pm 2,5\text{ °C}$ B: 90 % Akzep- tanz $\pm 3,5\text{ °C}$ C: 85 % Akzep- tanz $\pm 4,2\text{ °C}$

Als Bezugsgröße für den thermischen Komfort hat sich in allen Komfortmodellen der:

- Stundenwert der operativen Raumtemperatur $\theta_{o,z}$

durchgesetzt. Die in Normen und Richtlinien beschriebenen bzw. in der Fachliteratur diskutierten Komfortkriterien unterscheiden sich allerdings darin, welche Außentemperatur als Bezugsgröße gilt:

- Stündliche Außentemperatur $\theta_{a, Stunde}$
- gleitendes Mittel der Außentemperatur $\theta_{a, m}$
- monatliche Außentemperatur $\theta_{a, m}$
- saisonale Außentemperatur $\theta_{a, Sommer/Winter}$

Bild 7. Normen und Richtlinien zum thermischen Komfort (aus [10])

Für Bauten des Bundes ist im Zusammenhang mit dem verpflichtend anzusetzenden Leitfaden Nachhaltiges Bauen [21] zusätzlich seit 2005 die Richtlinie zu baulichen und planerischen Vorgaben für Baumaßnahmen des Bundes zur Gewährleistung der thermischen Behaglichkeit im Sommer zu berücksichtigen (Klimaerlass [19]). Diese enthält weitaus differenziertere Anforderungen an die thermische Gebrauchstauglichkeit, indem sie über die DIN 4108-2 hinaus auf die DIN EN 15251 [13] abstellt („Behaglichkeitsnorm“, vgl. Bild 7).

3.3.3 Privatrecht

Die mögliche freie Vertragsgestaltung beinhaltet beim Neubau auch die Möglichkeit zur Vereinbarung individueller Anforderungen an die thermische Gebrauchstauglichkeit, welche über die bauordnungsrechtlichen Mindestanforderungen hinausgehen können. Als Beispiel seien hier Anforderungen zur Erreichung einer bestimmten Kategorie bei einer Gebäudezertifizierung gemäß den Nachhaltigkeitskriterien der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. genannt. Gemäß Steckbrief Nr. 35: Wärme- und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle [22] ist der Zielwert für den sommerlichen Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 um 20% zu unterschreiten.

3.3.4 Mietrecht

Gemäß § 535 des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) gilt:

Der Vermieter hat die Mietsache dem Mieter in einem zum vertragsgemäßen Gebrauch geeigneten Zustand zu überlassen und sie während der Mietzeit in diesem Zustand zu erhalten.

Die Einhaltung behaglicher Raumklimata in Mieträumen zur Wohnnutzung sowie in gewerblich genutzten Mieträumen zum sicheren und effizienten Arbeiten fällt auch ohne ausdrückliche vertragliche Vereinbarungen unter die grundlegenden Voraussetzungen für die Gebrauchstauglichkeit der Mietsache. Eine unzureichende Gebrauchstauglichkeit liegt nach [10] dabei vor, wenn die vermieteten Räumlichkeiten „nicht so beschaffen sind, dass der nach dem Vertragszweck vorgesehene Beruf oder das vorgesehene Gewerbe in den Räumen in zulässiger Weise ausgeübt werden kann“. Eine feste juristische Definition, wann die Ausübung des nach dem Vertragszweck vorgesehenen Berufs oder Gewerbes aufgrund unbehaglicher Raumklimazustände in unzulässiger Weise eingeschränkt ist, gibt es dabei nicht. Dies ist der Beurteilung des Einzelfalls vorbehalten. Insofern kann aus dem Mietrecht kein allgemeingültiges Anforderungsprofil (mit zahlenmäßigen Grenzwerten) an die thermische Gebrauchstauglichkeit von nichtklimatisierten Immobilien abgeleitet werden. Vielmehr zeigt die Rechtsprechung unterschiedliche Auffassungen des Begriffs einer unzulässigen Beeinträchtigung. So wird beispielsweise im Falle von vermieteten Dachgeschossräumen häufig darauf abgestellt, dass dem

Mieter aufgrund der exponierten Lage der Räume bereits bei Vertragsabschluss das Auftreten hoher Raumlufttemperaturen im Sommer hätte klar sein müssen. Demgegenüber existieren mehrere obergerichtliche Urteile zum Gewerbemietrecht, welche die Verbindlichkeit einer festen 26-°C-Obergrenze beinhalten. Zu der Herkunft, dem eigentlichen Gültigkeitsbereich und der fehlerhaften Anwendung der 26-°C-Obergrenze wurde in zahlreichen Publikationen ausführlich Stellung genommen [3, 23, 24]. Als Fazit ist auszuführen, dass in nichtklimatisierten Immobilien eine feste Temperaturobergrenze im Sommer nicht eingehalten werden kann. Zutreffender ist die Anforderung, dass die Raumlufttemperatur nicht über der Außenlufttemperatur liegen sollte. Die Mehrheit der erfolgten Rechtsprechungen im Zusammenhang mit unzureichender thermischer Gebrauchstauglichkeit bezieht sich auf die Anforderungen aus dem Arbeitsschutzrecht.

3.3.5 Arbeitsschutzrecht

Arbeitsschutzrechtliche Anforderungen an die thermische Gebrauchstauglichkeit von Räumen mit Arbeitsplätzen sind in den Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) enthalten [25, 26]. Darüber hinaus wird von Seiten der Berufsgenossenschaften das Anforderungsprofil zur Einhaltung der thermischen Gebrauchstauglichkeit behandelt [27, 28]. Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten sind Konkretisierungen der Arbeitsstättenverordnung (ASV) [29, 30]. Wie in [10] beschrieben, sind die ASR zwar keine Rechtsnormen, als sogenannte „antizipierte Sachverständigen-

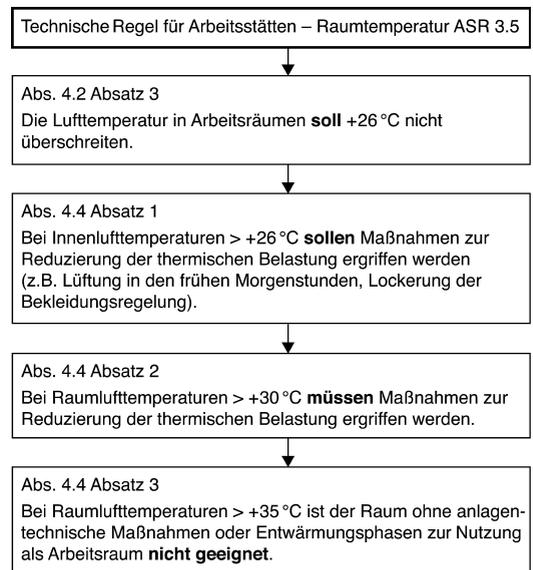


Bild 8. Anforderungen an die Raumtemperatur (Auszug aus der ASR 3.5 [26])

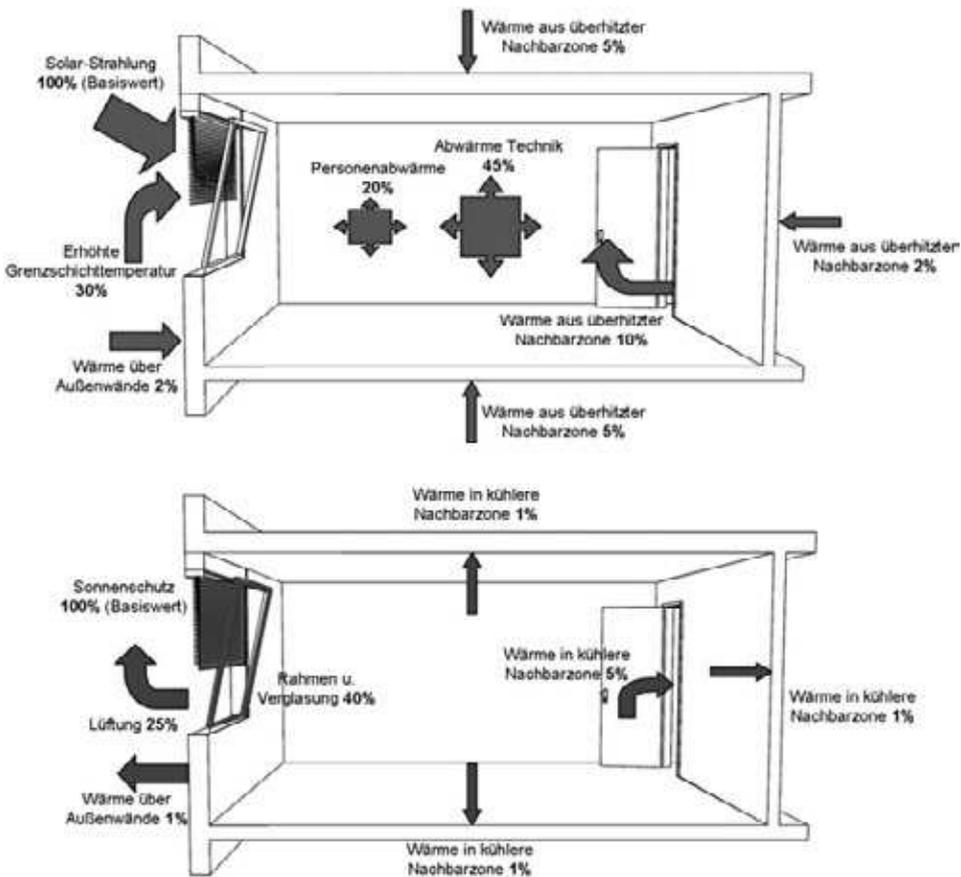


Bild 9. Prinzipielle Darstellung der thermischen Belastungen (Wärmequellen) und Entlastung (Wärmesenken) sowie deren möglicher Anteil beim Einfluss auf die Raumtemperatur für einen stationären Zustand (vereinfachte Betrachtung für einen nach Osten gerichteten, einseitig belüfteten Raum, mit außen liegendem Sonnenschutz, Wärmeschutzverglasung)

gutachten“ geben sie den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene für das sichere Betreiben von Arbeitsstätten wieder und sind demnach für Arbeitgeber rechtlich bindend. Die Arbeitsstättenverordnung gilt seit 1975 bzw. seit 1996 für alle Bundesländer [10]. Sie gilt gleichermaßen für Neu- als auch Bestandsbauten, was für die Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit von Bestandsimmobilien von hoher Bedeutung ist. Für Bestandsbauten („Altarbeitsstätten“) welche vor Erscheinen der Arbeitsstättenverordnung errichtet bzw. eingerichtet wurden, gelten die Anforderungen allerdings nur, sofern ihre *Betriebsrichtungen wesentlich erweitert oder umgebaut oder die Arbeitsverfahren oder Arbeitsabläufe wesentlich umgestaltet werden* (§ 8 ASV).

In der aktuellen Fassung der Technischen Regel für Arbeitsstätten für Raumtemperaturen ASR A3.5 vom Juni 2010 [26] sind die in Bild 8 dargestellten Anforderungen an die thermische Gebrauchstauglichkeit im Sommer enthalten.

3.4 Einflussparameter

Zur Durchführung einer aussagekräftigen Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit ist es entscheidend, die einzelnen Einflussparameter auf die Raumlufttemperatur im Sommer hinsichtlich ihrer Relevanz und gegenseitigen Beeinflussung zu kennen. Dadurch kann die Diagnose auf die im Einzelfall relevanten Parameter fokussiert werden, wodurch der Betrachtungsaufwand reduziert und die Aussagekraft erhöht werden kann. Zur Veranschaulichung der Einflussparameter auf die Raumtemperatur sind diese in Bild 9 in einem vereinfachten Wärmebilanzmodell dargestellt, wobei zwischen thermischer Belastung (Wärmequellen) und thermischer Entlastung (Wärmesenken) unterschieden wurde.

3.4.1 Globale äußere Wärmelast

Die globale äußere Wärmelast ergibt sich im Wesentlichen aus der solaren Einstrahlung sowie der Außenlufttemperatur. Wie aus Bild 8 ersichtlich, stellt die solare



Bild 11. Typische Situation mit Erhöhung der thermischen Belastung durch Wärmeabstrahlung vom Flachdach

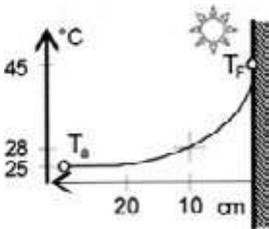


Bild 12. Mögliche Grenzschichttemperatur an der Fassade (aus [31])



Bild 13. Fälle mit Erhöhung der thermischen Belastung durch Reflektion der solaren Strahlung auf Wasseroberflächen



Bild 14. Im Falle hoher Grenzschichttemperaturen an der Fassade ungünstige Fensterlüftung



Bild 15. Beispiel für eine individuelle komplexe Eigenschattungssituation, bei der sich eine Verschattungsanalyse anbietet

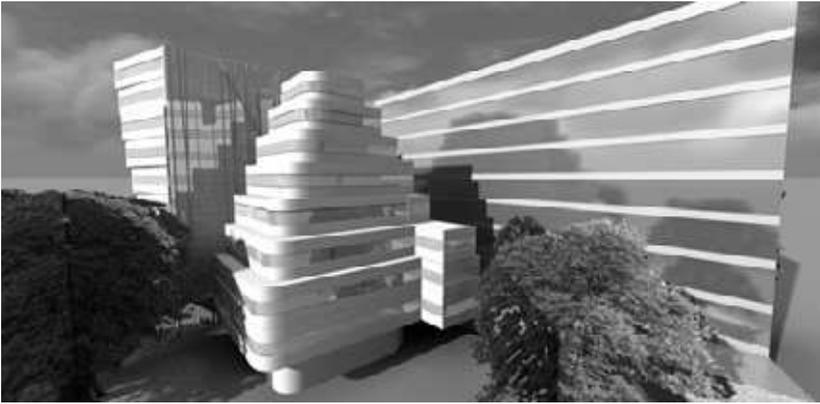


Bild 16. Beispiel für eine durchgeführte Verschattungsanalyse zur Einschätzung der Effekte wie Eigen- und Fremdverschattung und ggf. Spiegelung/Fokussierung der solaren Einstrahlung durch Nachbarbauten

schätzung dieser lokalen Einflüsse für den betrachteten Raum bzw. das Gebäude hilfreich sein (Bild 16). Hierzu stehen einfach zu bedienende, zum Teil auch kostenfreie Software-Produkte im Internet zur Verfügung.

3.4.3 Städtisches Mikroklima

Zur Bildung und Auswirkung des städtischen Mikroklimas gibt es zahlreiche Untersuchungen. Langzeitklimamessungen bestätigten den steigenden Effekt der „städ-

tischen Wärmeinseln“ als einen für das sommerliche Raumklima ausschlaggebenden Einflussparameter [47]. Zur Berücksichtigung des städtischen Mikroklimas existieren unterschiedliche Ansätze von einer pauschalen Erhöhung der Außenlufttemperatur, wie in [19] beschrieben, bis hin zu Modulen zur Aufprägung des städtischen Wärmeinseleffekts auf die Wetterdatensätze. Für Großstädte existieren zum Teil Klimakarten, aus denen die thermische Belastung für die individuell betrachtete Immobilie abgeleitet werden kann (Bild 17).

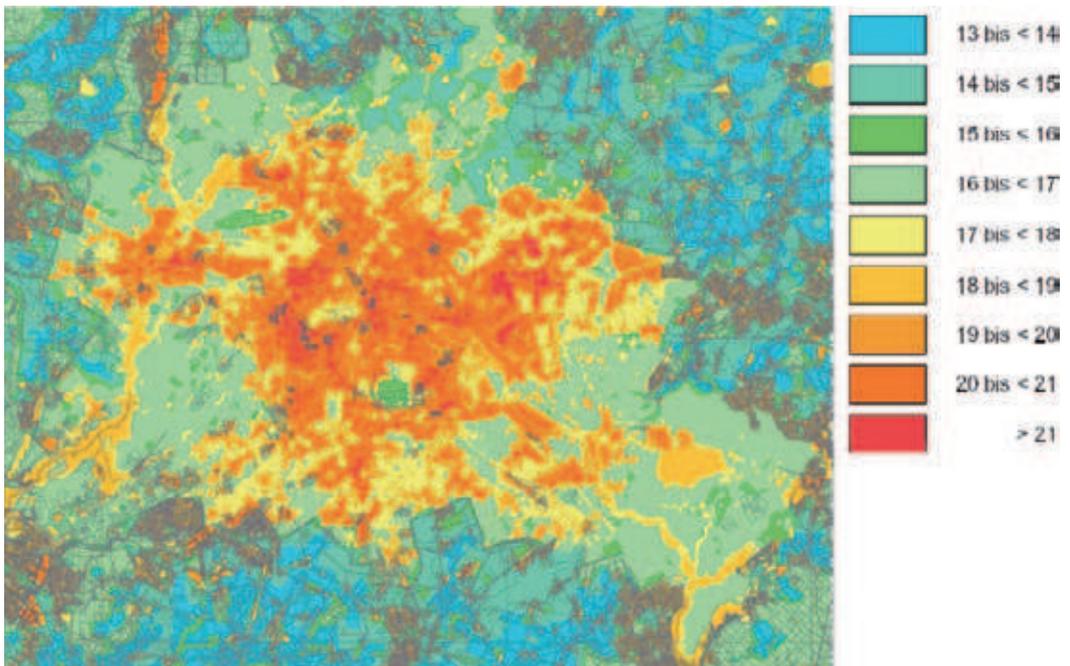


Bild 17. Auszug aus den Klimakarten für Berlin [49] mit Angabe lokaler Wärmeinseleffekte; Temperaturfeld 22 Uhr

3.4.4 Innere Wärmelast

Die innere Wärmelast setzt sich üblicherweise aus den Lasten aus Personen- und Geräteabwärme zusammen (Beleuchtung, EDV, Drucker etc.). Angaben über die Höhe innerer Wärmelasten können aus einer Vielzahl an Regelwerken entnommen werden [11, 20, 32]. Dabei ist darauf zu achten, ob die Regelwerke die Dimensionierung von Lüftungs- und Kälteanlagen (mit tendenziell höheren Vorgaben der inneren Wärmelast) oder die Prognose des Raumklimas zum Ziel haben. Bei fehlender bzw. unzureichender Lüftungsmöglichkeit stellt die Höhe der anfallenden inneren Wärmelasten den entscheidenden Faktor für die Einhaltung bzw. das Risiko einer Überschreitung behaglicher Raumtemperaturen dar. Existiert nur eine geringe Lüftungsmöglichkeit, kann auch bei vollständiger „Ausschaltung“ der sonst maßgeblichen solaren Einstrahlung kein behagliches Raumklima erreicht werden. Aufgrund der Bedeutung dieses Aspekts wird in Abschnitt 3.4.10 darauf gesondert eingegangen.

3.4.5 Sonnenschutz

Sonnenschutzsysteme unterscheiden sich u. a. hinsichtlich ihrer Lage (außen, innen, vertikal, horizontal usw.) sowie ihrer solaren Absorption, Reflektion, Transmission einschließlich der Steuerung und ihrer Beständigkeit gegen hohe Windgeschwindigkeiten. Es existiert eine Vielzahl an Regelwerken mit Angaben zu den erreichbaren Sonnenschutzfaktoren (F_c -Wert, Abminderung der solaren Einstrahlung) für unterschiedliche Systeme [33, 34]. Gegenüber pauschalen Angaben in Normen zum Nachweis eines ausreichenden sommerlichen Wärmeschutzes, wie in der DIN 4108-2 [11], liegen Produktkennwerte oder genauer ermittelte Werte [33, 34] zum Teil deutlich günstiger (Bild 18) [9, 35]. In der Realität ändert sich der F_c -Wert u. a. in Abhängigkeit von der Bedienung/Stellung des Sonnenschutzsystems und dem Sonnenstand und steht auch in Abhängigkeit von der Verglasung. Im Vergleich zu einem innen angeordneten Sonnenschutzsystem können sich bei außen liegenden, effektiv genutzten Sonnenschutzsystemen in üblichen Büroräumen durchschnittlich um

die ca. 2 K geringere Raumlufttemperatur einstellen (Temperaturunterschied je nach Fensterflächenanteil auch höher oder geringer).

3.4.6 Fensterflächenanteil

Auf Grundlage der intensiven Forschungsarbeit zum sommerlichen Raumklima existieren gefestigte Werte für angemessene Fensterflächenanteile von frei belüfteten Räumen, mit denen noch prinzipiell von einem zuträglichen sommerlichen Raumklima ohne notwendige passive oder aktive Kühlung ausgegangen werden kann. Der thermisch noch zuträgliche Fensterflächenanteil hängt maßgeblich von der Orientierung der Fassade als auch dem geplanten Sonnenschutz ab. Für strahlungsexponierte Fassaden (Ost- und Westrichtung) mit außen liegendem Sonnenschutz sind Fensterflächenanteile im Bereich von 45 bis 55 % thermisch allgemein noch unkritisch [9]. Mit steigendem Fensterflächenanteil und geringer werdendem Sonnenschutz nehmen die thermische Belastung und die thermische Dynamik in Räumen zu.

3.4.7 Verglasung

Die auftreffende Solarstrahlung wird durch Verglasungen anteilig reflektiert, absorbiert und transmittiert. Je nach Aufbau der Verglasung und Materialeigenschaft des Glases liegt der Anteil an der im Raum wirksam werdenden solaren Strahlungsenergie (Gesamtenergiedurchlassgrad g) zwischen ca. 15 % (ausgeprägtes Sonnenschutzglas, z. B. verspiegelt) bis zu 80 % (Einfachglas) [9]. Der Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung gewinnt mit geringer werdendem außen liegendem Sonnenschutz an Bedeutung für das sommerliche Raumklima. Typische Werte für den Gesamtenergiedurchlassgrad können diversen Regelwerken entnommen [32] oder alternativ nach [33, 34] rechnerisch ermittelt werden. Bei Bestandsverglasungen aus Isolierglas können Angaben zum Gesamtenergiedurchlassgrad entweder anhand der Herstellerprägung im Scheibenzwischenraum oder ggf. über den sogenannten Feuerzeugtest ermittelt werden, bei dem mittels Betrachtung der im Glas reflektierten Flammen eine me-

	kein Sonnenschutz	Rollläden innen	Jalousie innen	Lamellen im Scheibenzwischenraum	Verbau außen	Markise außen	Rollläden außen	Jalousie außen
F_t (Norm)	1,0	0,75	0,75	0,75	0,5	0,4	0,3	0,25
F_c (Praxis)	1,0	0,55	0,4	0,15	-	0,1-0,4	0,1-0,3	0,1

Bild 18. Pauschalwerte und Praxiswerte des Sonnenschutzfaktors (F_c -Wert) für unterschiedliche Sonnenschutzsysteme (nach [9])

tallische Bedampfung der Glasscheiben in der Regel durch eine veränderte Farbe einer der Flammen erkennbar ist (bei Sonnenschutzverglasungen liegt die metallische Bedampfung auf der Innenseite der Außenscheibe).

3.4.8 Dämmniveau

Ob sich das Dämmniveau, d. h. der Wärmeschutz der Außenbauteile positiv oder negativ auf das sommerliche Raumklima auswirkt, hängt maßgeblich von dem durchschnittlichen Temperaturunterschied zwischen dem Raum und der Außenluft ab. Solange die Raumlufttemperatur geringer ist als die Außenlufttemperatur, wirkt sich ein hohes Dämmniveau in der Regel positiv aus [5–7]. Wie Untersuchungen gezeigt haben, kann insbesondere bei hohen Raumlufttemperaturen und geringen Außenlufttemperaturen im Jahresverlauf jedoch ein geringeres Dämmniveau vorteilhafter sein [36].

3.4.9 Wärmespeicherfähigkeit

Die zur Verfügung stehende wärmespeichernde Bauteilmasse, einschließlich der im Raum befindlichen Einrichtungsgegenstände, kann bei entsprechender Größe einen dämpfenden Einfluss auf den Temperaturverlauf im Raum haben. So führt beispielsweise in Räumen mit massiven Innenbauteilen die Dämpfung des Temperatur-Einschwingverhaltens bei kurzzeitig auftretenden Hitzeperioden zu einem deutlich geringeren Risiko einer sommerlichen Überhitzung als in Räumen mit leichten Innenbauteilen. Bei lang anhaltenden sommerlichen Hitzeperioden reduziert sich hingegen der Einfluss der wärmespeichernden Bauteilmasse. Zur Ermittlung der zur Verfügung stehenden wärmespeichernden Bauteilmasse können vereinfachte Rechenansätze z. B. nach [32] herangezogen werden. Die Nutzung der wärmespeichernden Bauteilmasse zur positiven Beeinflussung des Raumklimas setzt voraus, dass die zu Zeiten hoher thermischer Belastung „thermisch aufgeladenen“ Bauteile in Zeiten geringerer Außenlufttemperatur über den freien Luftwechsel wieder „thermisch entladen“ werden. Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, kommt dem freien Luftwechsel eine

zentrale Rolle bei der Entstehung des sommerlichen Raumklimas zu. Im folgenden Abschnitt wird hierauf gesondert eingegangen.

3.4.10 Luftwechsel

Selbst im Falle eines außen vorhandenen Sonnenschutzes fällt ein wesentlicher Anteil bei der möglichen thermischen Entlastung von Räumen noch auf die freie Lüftungsmöglichkeit (vgl. Bild 8). Für den Fall eines fehlenden außen liegenden Sonnenschutzes ist der mögliche freie Luftwechsel der dominante Parameter für das resultierende sommerliche Raumklima. Der freie Luftwechsel stellt in diesen Fällen vereinfacht gesehen die einzige Möglichkeit zur bedarfsgerechten Regulierung bzw. Reduzierung der sommerlichen Raumlufttemperatur dar und hat für die Diagnose der thermischen Gebrauchstauglichkeit daher einen herausragenden Stellenwert. Ist die Möglichkeit zur freien Lüftung begrenzt, stellt dies für die thermische Gebrauchstauglichkeit von nichtklimatisierten Räumen ein hohes Risiko dar. Die Höhe des möglichen freien Luftwechsels steht u. a. in Abhängigkeit von der Fenster- bzw. der Öffnungsart, der Fenstergeometrie und der Einbausituation, dem aktuellen Temperaturunterschied zwischen innen und außen, dem Schallpegel im Außenraum, der Möglichkeit zur Quer- und Nachtlüftung sowie Druckunterschieden infolge von Wind. Der Einfluss unterschiedlicher Öffnungsarten kann dem Bild 19 entnommen werden. Die aus praktischer Sicht am weitesten verbreitete und zur Dauerlüftung häufig einzige Lüftungsmöglichkeit über Kippstellung weist im Vergleich zu anderen Öffnungsarten eine deutlich geringere Lüftungswirksamkeit auf. Wie in [37] aufgezeigt wurde, führen tiefe Laibungen darüber hinaus zu einer weiteren Reduzierung des ohnehin vergleichsweise geringen Luftwechsels bei einer Lüftung über Kippstellung (Bild 20).

Der Druckunterschied an Fassaden aufgrund von Wind beeinflusst den resultierenden Luftwechsel. Mit zunehmendem Druckunterschied zwischen gegenüber liegenden Fassaden kann auch eine effektive Querlüftung mit zum Teil ca. 40-fach höherem Luftwechsel als bei ein-

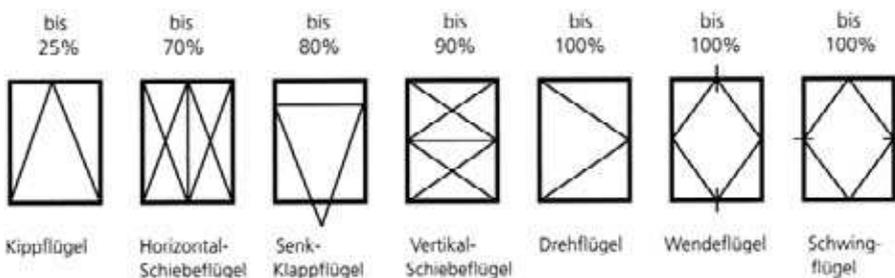


Bild 19. Vergleich verschiedener Öffnungsarten in der Fassade hinsichtlich ihres Einflusses auf die relative Lüftungswirksamkeit [9]

BESTELLFORMULAR

Stück	Bestell-Nr.:	Titel	Preis* in €
	978-3-433-02986-2	Fouad, Nabil A. (Hrsg.): Bauphysik-Kalender 2012 Schwerpunkt: Gebäuediagnostik	139,- Euro <i>(Preis im Fortsetzungsbezug: 119,- Euro)</i>
	906559	Gesamtverzeichnis Ernst & Sohn 2012/2013	kostenlos
	bitte ankreuzen	Monatlicher E-Mail-Newsletter	kostenlos

Liefer- und Rechnungsanschrift: privat geschäftlich

Firma			
Ansprechpartner		Telefon	
UST-ID Nr. / VAT-ID No.		Fax	
Straße//Nr.		E-Mail	
Land	PLZ	Ort	

Vertrauensgarantie: Dieser Auftrag kann innerhalb von zwei Wochen beim Verlag Ernst & Sohn, Wiley-VCH, Boschstr. 12, D-69469 Weinheim, schriftlich widerrufen werden.

Wilhelm Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und
technische Wissenschaften
GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21, 10245 Berlin
Deutschland
www.ernst-und-sohn.de



Datum / Unterschrift

*€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten.
Stand: Juni 2012 (homepage_Probekapitel)