



Im Rahmen dieser Reihe sind Informationsblätter über folgende Themen erschienen

- 01 Vorschriften und technische Richtlinien
- 02 Begriffe im Bau- und Heizungsbereich
- 03 Baugenehmigung für energiesparende Maßnahmen
- 04 Vergabe von Bauleistungen
- 05 Heizkostenabrechnung
- 06 Modernisierung mit Mietern
- 07 Baumängel – Bauschäden – Mängelansprüche
- 08 Feuchte Wände und Schimmelbildung
- 09 Mauerfeuchtigkeit

- 11 Vom Niedrigenergiehaus zum Passivhaus
- 12 Wärmeschutz an Fenstern
- 13 Fensterabdeckungen – Schutz vor Wärme und Kälte
- 14 Wärmeschutz an der Außenwand
- 15 Wärmeschutz am Dach
- 16 Wärmeschutz im Kellergeschoss
- 17 Wärmedämmung – Wärmespeicherung
- 18 Wärmebrücken
- 19 Luftdichtheit der Gebäudehülle
- 20 Wärmeschutz – Schallschutz
- 21 Wärmeschutz – Brandschutz
- 22 Dämmstoffe
- 23 Baustoffe für tragende Bauteile
- 24 Putze und Anstriche
- 25 Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)
- 26 Vorgehängte hinterlüftbare Fassaden (VHF)
- 27 Baubiologie und Wärmeschutz
- 28 Passive Sonnenenergienutzung
- 29 Unbeheizte Wintergärten
- 30 Natürliche Klimatisierung
- 31 Bauwerksbegrünung
- 32 EnEV – Altbausanierung
- 33 „Gebrauchsgegenstand“ Haus/Wohnung
- 34 Wohnraumhygiene in dichten Häusern
- 35 Stromsparen im Haushalt
- 36 Abstimmung von Gebäude und Heizung
- 37 Bestandteile einer Heizungsanlage
- 38 Brennertypen
- 39 Moderne Heizungsregelung
- 40 Kamin
- 41 Heizwärmeverteilung im Gebäude
- 42 Thermostatventile
- 43 Brennstoffe
- 44 Verbesserungsvorschläge für bestehende Heizungen
- 45 Warmwasserbereitung
- 46 Niedertemperaturkessel
- 47 Brennwerttechnik
- 48 Holzfeuerungen
- 49 Einsatz erneuerbarer Energien
- 50 Wärmepumpen
- 51 Aktive Sonnenenergienutzung
- 52 Kosten und Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen
- 53 Information – Beratung – Finanzhilfen

10 Raumklima und Behaglichkeit



Was ist Behaglichkeit

Das **Wohlbefinden** des Menschen in einem Raum, seine Behaglichkeit, hängt von einer Reihe bestimmter äußerer Einflussgrößen ab.

Innerhalb von Wohn- und Arbeitsräumen sollte möglichst ein Raumklima geschaffen werden, das den Lebensvorgängen des gesunden menschlichen Körpers, insbesondere seinem Wärmehaushalt, angepasst ist.

Von den vier Arten der Behaglichkeit (Behaglichkeit der Lichtverhältnisse, hygienische, psychologische und thermische Behaglichkeit) ist die letztere für den Energieverbrauch in Gebäuden am wichtigsten.

Die **thermische Behaglichkeit** wird durch folgende Haupteinflussgrößen bestimmt: Raumlufttemperatur, mittlere innere Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Flächen, Wärmeableitung von Fußbodenoberflächen, Luftgeschwindigkeit und relative Feuchte der Raumluft.

Die Auswirkungen dieser Haupteinflussgrößen auf das Behaglichkeitsempfinden des Einzelnen hängen wiederum von dessen Aktivität, Bekleidung, Alter, Gesundheitszustand, der Gewöhnung und seiner Einstellung zum Leben im Allgemeinen ab.

Im Idealzustand sollten die Temperaturen raumumschließender Oberflächen (Decken, Böden, Wände, Fenster) einander angeglichen sein und sich von der Raumlufttemperatur so wenig wie möglich unterscheiden. Unausgewogene Erwärmung, wie z. B. vor offenen Kaminen („vorne wird man gebraten, hinten friert man“), stört die thermische Behaglichkeit erheblich.

Der Wärmehaushalt des Menschen

Die Aufrechterhaltung der Körperfunktionen, insbesondere des Stoffwechsels, geht mit der Erzeugung von Wärme einher. Diese wird durch Verbrennung der aufgenommenen Nahrung mit eingeatmetem Sauerstoff produziert. Je höher die körperliche Aktivität, desto größer ist auch die erzeugte Wärmemenge. Bei der Verrichtung leichter Büroarbeiten hat ein Mensch durchschnittlicher Belastbarkeit und Größe bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C eine Wärmeleistung von 100 bis 130 W, bei leichten Haus- und Büroarbeiten im Stehen oder leichten Werkbankarbeiten eine Wärmeleistung von 150 bis 220 W. Bei mittelschwerer und schwerer Arbeit kann sich diese Wärmeleistung bis auf 300 oder sogar 400 W steigern.

Die Wärmeabgabe von der Körperoberfläche erfolgt über Wärmestrahlung an raumumschließende Oberflächen und Möbel, über Wärmekonvektion (Wärmeabtransport über die Raumluft), über Energieentzug durch Wasserverdunstung (Atmung und Schwitzen) sowie über die Ableitung von Wärme von der Körperoberfläche an Gegenstände, mit denen der Körper in direkter Verbindung steht (Stühle, Fußböden etc.).

Die Verteilung der einzelnen Arten der Wärmeabgabe zeigt **Abbildung 1**. Je niedriger die Raumlufttemperatur, desto größer ist z. B. der Anteil der Wärmeabgabe durch Wärmestrahlung; je höher die Raumlufttemperatur, desto größer der Anteil der Wärmeabgabe des menschlichen Körpers durch Verdunstung.

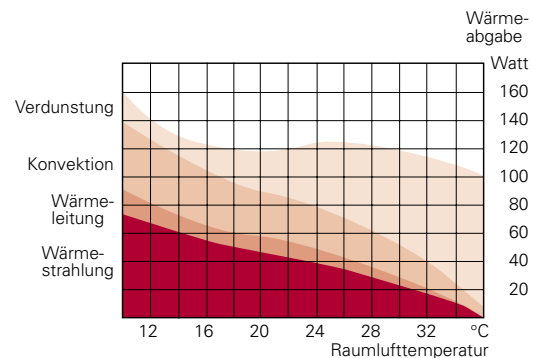


Abbildung 1: Wärmeabgabe des sitzenden Menschen, aufgeteilt in Wärmestrahlung, Wärmeleistung, Konvektion und Verdunstung bei verschiedenen Raumlufttemperaturen (nach H. Hebgen und F. Heck: „Außenwandkonstruktion mit optimalem Wärmeschutz“. Gütersloh 1983)

Die Gesamtwärmeabgabe nimmt bei gleich bleibender Tätigkeit mit zunehmender Raumlufttemperatur und gleich bleibenden Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Flächen tendenziell ab. Im heizungs- und klimatechnisch wichtigen Bereich von 20 bis 26 °C Raumlufttemperatur ist sie jedoch annähernd konstant.

Der Einfluss von Aktivität und Bekleidung auf die thermische Behaglichkeit

Beeinträchtigungen des Raumklimas, die bei schweren körperlichen und sportlichen Leistungen ohne weiteres hingenommen werden, können bei intensiver geistiger Arbeit als außerordentlich störend empfunden werden. Der Trend zu leichter Bekleidung hat das Bedürfnis nach wärmeren Räumen zur Folge.



Abbildung 2 zeigt den Einfluss von Aktivität und Bekleidung auf die Behaglichkeit: sitzend, mit mittlerer Bekleidung, z. B. Hemd und Anzug (**Kurve 1**), benötigt man bei einer mittleren Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen von 20 °C eine Raumlufttemperatur von 26 °C, um sich behaglich zu fühlen, bei mittlerer Aktivität und leichter Bekleidung, z. B. kurzärmeligem Hemd (**Kurve 2**), genügt eine Raumlufttemperatur von 21 °C. Bei mittlerer Aktivität und mittlerer Bekleidung (**Kurve 3**) reicht sogar eine Raumlufttemperatur von nur 13 °C aus.

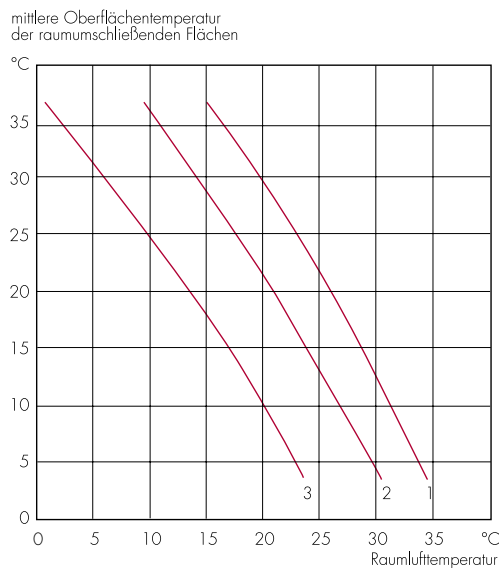


Abbildung 2: Einfluss von Aktivität und Bekleidung auf die Behaglichkeit (nach P. O. Fanger: „Thermal Comfort“, New York 1973)

■ Andere Haupteinflussgrößen auf die thermische Behaglichkeit

Im Raumlufttemperaturbereich von 18 bis 22 °C ist der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf das Behaglichkeitsempfinden gering. Ebenso können Geschwindigkeiten warmer Raumluft unter 0,2 m/s in ihren Auswirkungen auf die thermische Behaglichkeit vernachlässigt werden. Sie sind praktisch nicht fühlbar. Das Gleiche gilt für Temperaturen der Fußbodenoberfläche von 18 bis 26 °C.

Durch Fugen, Steckdosen und Durchdringungen der Außenbauteile einströmende (kalte) Außenluft kann als Zugscheinung störend empfunden werden (siehe dazu **Merksblatt Nr.19** „Luftdichtheit der Gebäudehülle“) und muss durch erhöhte Heizleistung kompensiert werden.

Entscheidenden Einfluss auf die thermische Behaglichkeit haben jedoch die beiden Haupteinflussgrößen Raumlufttemperatur und mittlere

innere Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen. Vereinfachend kann gesagt werden, dass ein behagliches Raumklima dann vorhanden ist, wenn der Mittelwert dieser Größen 19 bis 20 °C beträgt. Diesen Mittelwert nennt man **Empfindungstemperatur**. Die Differenz zwischen Raumlufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen sollte 2 bis 3 K (°C) nicht überschreiten.

Zu den raumumschließenden Flächen zählen in diesem Zusammenhang die Außen- und Innenwände eines Raumes, sein Fußboden und seine Geschosdecke ebenso wie Möblierung, Heizkörper und Fensterflächen, deren jeweilige Oberflächentemperatur gemäß ihrem Flächenanteil der mittleren Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen zugerechnet wird.

Je größer der Abstand von raumumschließenden Flächen, desto geringer ist der Einfluss ihrer Oberflächentemperaturen auf die thermische Behaglichkeit.

Abbildung 3 zeigt den Zusammenhang von Behaglichkeit und Empfindungstemperatur bei sitzender Beschäftigung bis mittlerer Aktivität und entsprechend angepasster Bekleidung.

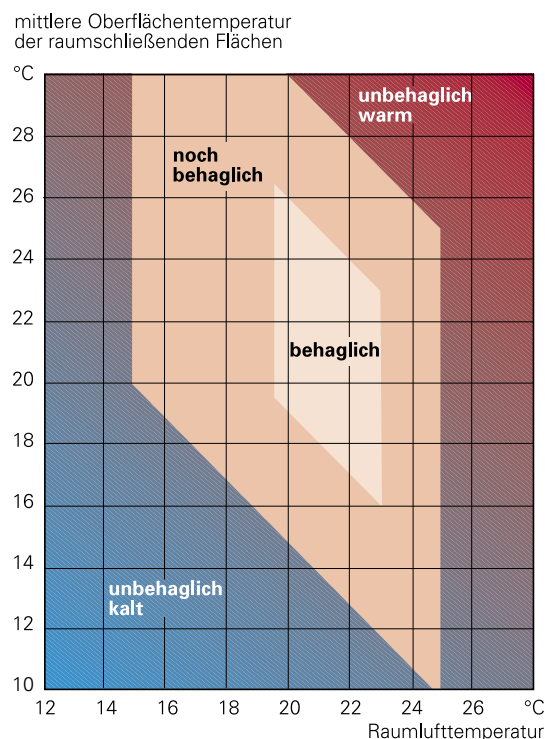


Abbildung 3: Thermische Behaglichkeit bei sitzender Beschäftigung und mittlerer Aktivität und entsprechend angepasster Bekleidung als Funktion der mittleren Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen und der Raumlufttemperatur (nach W. Frank: „Raumklima und thermische Behaglichkeit“, Berichte aus der Bauforschung, Heft 104, Berlin 1975)

■ Behagliches Raumklima und Energiesparen

Ohne Verlust an thermischer Behaglichkeit lassen sich Raumlufttemperaturen senken, wenn die inneren Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Flächen entsprechend angehoben werden. Voraussetzung hierfür ist ein verbesserter Wärmeschutz der Außenwände und Fensterflächen.

Wenn man bedenkt, dass bei einem Jahresmittel der Außenlufttemperaturen von etwa + 5 °C, wie in unseren Breiten, durch die Senkung der Raumlufttemperatur um 1 K (°C) während der Heizperiode rund 5 bis 6 % Heizenergie und damit Heizkosten gespart werden können, erhält der Wärmeschutz von Außenwänden durch verbesserte Wärmedämmung eine zusätzliche Bedeutung: Heizenergie wird nicht nur dadurch gespart, dass der Wärmeverlust durch die Außenwände verringert wird, sondern auch dadurch, dass wegen raumseitig erhöhter Oberflächentemperaturen der Außenwände die Raumlufttemperaturen ohne Verlust an Behaglichkeit abgesenkt werden können.

Bei einer Außenlufttemperatur von minus 15 °C und einem U-Wert der Außenwand von 0,5 W/(m² · K) erreicht die Innenoberfläche der Außenwand eine Temperatur von 17,7 °C, wenn die Raumlufttemperatur 20 °C beträgt.

Mit einem relativ geringen Aufwand an Heizenergie kann unter diesen Bedingungen ein behagliches Raumklima aufrechterhalten werden.

Diese Feststellung gilt umso mehr, wenn man von einer Außenlufttemperatur von - 5 °C und einem U-Wert der Außenwand von 0,25 W/(m² · K) ausgeht. Unter diesen Umständen erreicht die innere Oberfläche der Außenwand eine Temperatur von 19,2 °C.

Bei Anwendung des **Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2**: 2003-07 Tabelle 3 „Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände von Bauteilen“ (R-Wert der Außenwand = 1,2 m² · K/W) erreicht die innere Oberfläche der Außenwand unter denselben Klimabedingungen eine Temperatur von 17,6 °C.

Fensterscheiben weisen niedrigere Oberflächentemperaturen auf als das umgebende Mauerwerk. Die Wärmeabstrahlung des menschlichen Körpers in Richtung auf kalte Fensterscheiben führt zu einer örtlich verstärkten Auskühlung der Haut und wird als „Kältestrahlung“ bzw. Zugluft empfunden. Fenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung vermindern die Behaglichkeit etwa ab Außentemperaturen von tiefer als 0 °C. Durch entsprechend große

Abstrahlungsflächen von unter den Fenstern angebrachten Radiatoren kann jedoch eine erhöhte Strahlungsabgabe des menschlichen Körpers vermieden werden.

Die Raumlufttemperatur hat einen so bedeutenden Einfluss auf den Heizenergieverbrauch, dass alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden sollten, die Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen durch passive Maßnahmen zu erhöhen, was dann bei gleicher thermischer Behaglichkeit niedrigere Raumlufttemperaturen und damit Energieeinsparung zulässt.

Beispielsweise lassen sich im Winter durch wärmere Kleidung Heizenergieeinsparungen erzielen, die Einsparungen durch bauliche Maßnahmen vergleichbar sein können. Durch verbesserten Wärmeschutz bei Fenstern und Außenwänden werden auch optimale Voraussetzungen für den Einsatz von Niedertemperatur-Heizsystemen geschaffen. Durch den Einbau solcher Systeme kann die Differenz zwischen Raumlufttemperatur und Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen gering gehalten werden. So wird auch von der Heizungsseite die Voraussetzung für eine optimale thermische Behaglichkeit geschaffen.

Niedrige Raumlufttemperaturen und hohe Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Flächen auf möglichst gleichem Temperaturniveau sind den physiologischen Lebensvorgängen des Menschen angepasst und dienen seiner **Gesundheit**.

Ein behagliches Raumklima fördert also nicht nur das Energiesparen, es kann auch mithelfen, Arztkosten zu sparen.