



Hinweise zum Energiesparen



Raumklima und Behaglichkeit

- 01 _ Vorschriften und technische Regeln
- 02 _ Begriffe im Bau- und Heizungsbereich
- 03 _ Baugenehmigung für energiesparende Maßnahmen
- 04 _ Der private Bauherr
- 05 _ Heizkostenabrechnung
- 06 _ Modernisierung mit Mietern
- 07 _ Baumängel – Bauschäden – Mängelansprüche
- 08 _ Feuchte Wände und Schimmelbildung
- 09 _ Mauerfeuchtigkeit
- 10 _ **Raumklima und Behaglichkeit**
- 11 _ Vom Mindestwärmeschutz zum Niedrigstenergiegebäude
- 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 _ Dämmstoffe
- 22 _ Baustoffe für tragende Bauteile
- 23 _ Putze und Anstriche
- 24 _ Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)
- 25 _ Vorgehängte hinterlüftbare Fassaden (VHF)
- 26 _ Baubiologie und Wärmeschutz
- 27 _ Passive Sonnenenergienutzung
- 28 _ Unbeheizte Wintergärten
- 29 _ Natürliche Klimatisierung
- 30 _ Bauwerksbegrünung
- 31 _ EnEV – Altbausanierung
- 32 _ Heizen und Lüften
- 33 _ Stromsparen im Haushalt
- 34 _ Abstimmung von Gebäude und Heizung
- 35 _ Bestandteile einer Heizungsanlage
- 36 _ Brennertypen
- 37 _ Moderne Heizungsregelung
- 38 _ Kamine und andere Abgasanlagen
- 39 _ Heizwärmeverteilung im Gebäude
- 40 _ Thermostatventile
- 41 _ Brennstoffe
- 42 _ Verbesserungsvorschläge für bestehende Heizungen
- 43 _ Warmwasserbereitung
- 44 _ Heizkessel
- 45 _ Holzfeuerungen
- 46 _ Wärmepumpen
- 47 _ Aktive Sonnenenergienutzung
- 48 _ Kosten und Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen

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

Innerhalb von Wohn- und Arbeitsräumen (Aufenthaltsräumen) 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 letztere für den Energieverbrauch in Gebäuden am wichtigsten.

Die **thermische Behaglichkeit** wird durch folgende Haupteinflussgrößen bestimmt: Raumlufttemperatur, innere Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen, Strahlungsanteil, 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 kann die thermische Behaglichkeit erheblich stören.

Anforderungen an die thermische Behaglichkeit haben Eingang in die Normung gefunden:

DIN EN 15251 „Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Deutsche Fassung EN 15251:2007“, Ausgabe Dezember 2012 (DIN EN 15251:2012-12) befasst sich mit dem Innenraumklima von Aufenthaltsräumen.

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 (ISO 7730:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005“, Ausgabe Mai 2006 (DIN EN ISO 7730:2006-05) enthält Verfahren, anhand deren das allgemeine menschliche Wärmeempfinden und der Grad der Unbehaglichkeit (thermische Unzufriedenheit) von Menschen vorausgesagt werden können, die einem gemäßigten Umgebungsklima ausgesetzt sind.

Der Wärmehaushalt des menschlichen Körpers

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 (Watt), bei leichten Haus- und Büroarbeiten im Stehen oder leichten Werkbankarbeiten eine Wärmeleistung von 150 bis 220 W. Bei mittelschwerer und schwerer Tätigkeit kann sich diese Wärmeleistung auf 300 W und mehr steigern.

Anhang B zu DIN EN ISO 7730:2005 (D) enthält in Tabelle B.1 Energieumsätze, die je nach Aktivität von 0,8 bis 3,4 met schwanken.

1 Metabolische Einheit = 1 met = 58,2 W/m²

Die Wärmeabgabe von der Körperoberfläche erfolgt über Wärmestrahlung an raumumschließende Oberflächen und Möbelstücke, über Konvektion (Wärmetransport über die Raumluft), über Energieentzug durch Verdunstung (Atmung und Schwitzen) sowie über Ableitung von Wärme (Wärmeleitung) von der Körperoberfläche an Gegenstände, mit denen der Körper in direkter Verbindung steht (Sitzmöbel, 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 wird der Anteil der Wärmeabgabe des menschlichen Körpers durch Verdunstung.

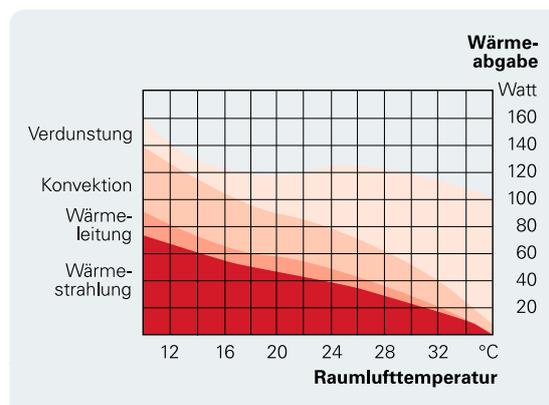


Abbildung 1

Wärmeabgabe des sitzenden Menschen

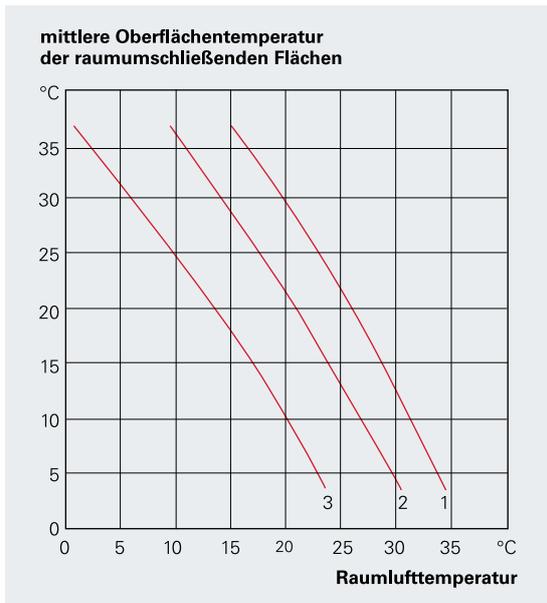


Abbildung 2

Einfluss von Aktivität und Bekleidung auf die Behaglichkeit

Der Trend zu leichter **Bekleidung** hat das Bedürfnis nach wärmeren Räumen zur Folge.

Anhang C zu DIN EN ISO 7730:2005 (D) enthält in Tabelle C.1 Thermische Isolationswerte für typische Bekleidungskombinationen mit einer Variationsbreite von 0,70 bis 2,55 clo bei der Arbeitsbekleidung und 0,30 bis 1,50 clo bei der täglichen Kleidung.

1 Kleidungseinheit = 1 clo = 0,155 m² x °C/W

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. kurzärmeliges 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.

Temperaturunterschiede von **Fußbodenoberflächen** zwischen 18 und 26 °C machen sich in Bezug auf das Behaglichkeitsempfinden kaum bemerkbar.

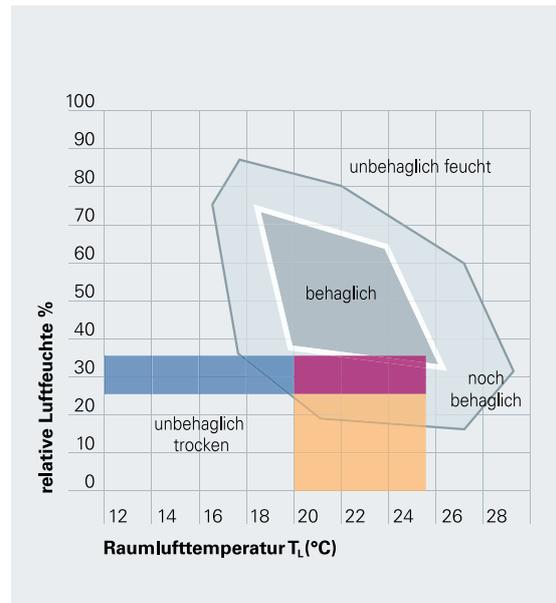


Abbildung 3

Behaglichkeitsdiagramm Luftfeuchte

Vertikale Temperaturunterschiede zwischen Kopf und Fuß können das Behaglichkeitsempfinden dagegen beeinträchtigen.

Das Gleiche gilt für **Strahlungsasymmetrie**, die durch zu große Temperaturunterschiede zwischen einzelnen Teilen der Umschließungsflächen entsteht.

Im Raumlufttemperaturbereich von 20 bis 26 °C ist der Einfluss der **Luftfeuchtigkeit** auf das Behaglichkeitsempfinden nach **Abbildung 3** gering.

Bewegungen der Raumluft mit einer Luftgeschwindigkeit von weniger als 0,2 m/s (Meter pro Sekunde) können in ihren Auswirkungen auf die Behaglichkeit vernachlässigt werden.

Zugluft bewirkt dagegen eine unerwünschte Abkühlung des Körpers durch Luftbewegung und führt zu einer lokalen thermischen Unbehaglichkeit. Zugluft kann durch Fugen, Steckdosen und Durchdringungen der Außenbauteile entstehen (siehe dazu **Merkblatt 19** „Luftdichtheit der Gebäudehülle“) und muss durch erhöhte Heizleistung kompensiert werden. Entscheidenden Einfluss auf die thermische Behaglichkeit haben die beiden Haupteinflussgrößen Raumlufttemperatur und mittlere innere Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen.

Vereinfachend kann gesagt werden, dass sich ein behagliches Raumklima dann einstellt, 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 alle Wände eines Raumes, sein Fußboden und seine Geschossdecke ebenso wie Möbelstücke, Heizkörper und Fensterflächen, deren jeweilige Oberflächentemperatur gemäß ihrem Flächenanteil der mittleren Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen zugerechnet wird.

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

Abbildung 4 zeigt den Zusammenhang von Behaglichkeit und Empfindungstemperatur bei sitzender Beschäftigung bis mittlerer Aktivität und entsprechend angepasster Bekleidung.

Das menschliche Behaglichkeitsempfinden hängt also vom thermischen Gleichgewicht (Wärmebilanz) des Körpers als Ganzes ab.

Ein **Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)** nach DIN EN ISO 7730:2005 (D) Abs. 4 ist ein Index, der den Durchschnittswert für die Beurteilung des Raumklimas anhand einer siebenstufigen Klimabeurteilungsskala vorhersagt (+3 „heiß“ bis -3 „kalt“). Das thermische Gleichgewicht ist dann erreicht, wenn die im Körper erzeugte Wärme gleich der an die Umgebung abgegebenen Wärme ist.

Ein **Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD)** nach DIN EN ISO 7730:2005 (D) Abs. 5 sagt die durchschnittliche Beurteilung des Raumklimas durch eine große Gruppe von Personen voraus, die dem gleichen Umgebungsklima ausgesetzt sind. Der PPD stellt damit einen Index dar, der eine quantitative Voraussage des Prozentsatzes der mit einem bestimmten Umgebungsklima unzufriedenen Personen darstellt, die es als zu kalt oder zu warm empfinden.

Dazu heißt es in der zitierten Norm Abs. 7:

„Für die Behaglichkeit annehmbares Umgebungsklima

Thermische Behaglichkeit ist definiert als das Gefühl, das Zufriedenheit mit dem Umgebungsklima ausdrückt. Unzufriedenheit kann durch Unbehagen des Körpers als Ganzes auf Grund der Einwirkung von Wärme oder Kälte, ausgedrückt durch PMV und PPD, oder auch durch eine ungewollte Abkühlung (oder Erwärmung) eines bestimmten Körperteils verursacht werden.

Auf Grund individueller Unterschiede ist es unmöglich, ein Umgebungsklima festzulegen, das jedermann zufrieden stellt. Es wird immer einen Prozentsatz an Unzufriedenen geben. Es ist jedoch möglich, ein Umgebungsklima festzulegen, von dem vorausgesagt werden kann, dass es von einem gewissen Prozentsatz der dem Klima ausgesetzten Personen als annehmbar empfunden wird.“

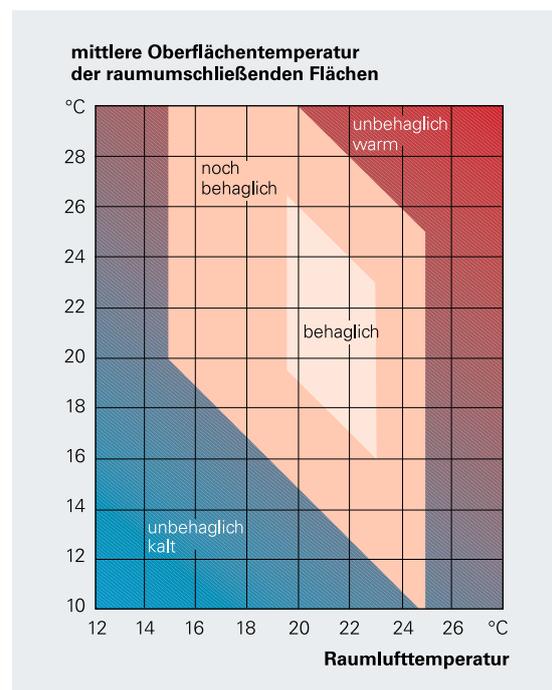


Abbildung 4

Thermische Behaglichkeit bei sitzender Beschäftigung und mittlerer Aktivität

Energieeffizienz durch Behaglichkeit des Raumklimas

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

Wenn man bedenkt, dass in unseren Breiten bei einem Jahresmittel der Außenlufttemperaturen von etwa + 5 °C durch die Senkung der Raumlufttemperatur um 1 K (°C) während der Heizperiode rund 5 bis 6 % Heizenergie eingespart werden können, erhält der Wärmeschutz von Außenbauteilen eine zusätzliche Bedeutung: Heizenergie wird nicht nur dadurch eingespart, dass der Wärmeverlust durch Außenbauteile verringert wird, sondern auch dadurch, dass wegen raumseitig erhöhter Oberflächentemperaturen die Raumlufttemperaturen ohne Verlust an Behaglichkeit abgesenkt werden können („Energiesparen ohne Komfortverlust“).

Bei einer Außenlufttemperatur von -5 °C und einem U-Wert der Außenwand von 0,21 W/(m² · K) (**erhöhter Wärmeschutz**) erreicht die innere Oberfläche

einer Außenwand eine Temperatur von 19,3 °C, wenn die Raumlufttemperatur 20,0 °C beträgt (siehe dazu **Merkblatt 22** „Baustoffe für tragende Bauteile“).

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

Bei Anwendung des **Mindestwärmeschutzes** nach DIN 4108-2:2013-02 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 lediglich eine Temperatur von 17,6 °C.

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

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

Impressum



Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr

Postanschrift: 80525 München
 Hausadresse: Prinzregentenstr. 28 | 80538 München
 Telefon: 089 2162-2303 | 089 2162-0
 Fax: 089 2162-3326 | 089 2162-2760
 E-Mail: info@stmwi.bayern.de
 poststelle@stmwi.bayern.de
 Internet: www.stmwi.bayern.de
 www.energie.bayern.de

Titelbilder: SWM, Alexander Walter | ©PantherMedia/Harald Richter | Corel | toenje „Feuer im Ofen“ www.piqs.de
 Text: Dr. Georg W. Seunig, München
 Bilder: FP-Werbung F. Flade GmbH nach H. Hebggen und F. Heck, Gütersloh 1983 (Abb. 1)
 FP-Werbung F. Flade GmbH nach P. O. Fanger, New York 1973 (Abb. 2)
 Reinhard Peters u. a. in Bauphysik 32 (2010), Heft 5 (Abb. 3)
 FP-Werbung F. Flade GmbH nach W. Frank, Berlin 1975 (Abb. 4)
 Gestaltung: Technisches Büro im StMWi
 Stand: September 2014

Hinweis

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben von parteipolitischen Informationen oder Werbemitteln. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Die Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts kann dessen ungeachtet nicht übernommen werden.