

	Ergonomie des Umgebungsklimas Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO/DIS 7730:2003) Deutsche Fassung prEN ISO 7730:2003	DIN EN ISO 7730
ICS 13.040.20; 13.180	Entwurf Einsprüche bis 2003-11-30 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN ISO 7730:1995-09 Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort (ISO/DIS 7730:2003); German version prEN ISO 7730:2003 Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation de confort thermique par calcul d'indices PMV et PPD et de confort thermique locale (ISO/DIS 7730:2003); Version allemande prEN ISO 7730:2003 Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten — vorzugsweise als Datei per E-Mail an fnerg@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter http://www.din.de/stellungnahme abgerufen werden; — oder in Papierform an den Normenausschuss Ergonomie (FNErg) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin). Nationales Vorwort Der hiermit der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgelegte Norm-Entwurf ist die Deutsche Fassung des vom Unterkomitee SC 5 „Ergonomics of the physical environment“ (Sekretariat: Vereinigtes Königreich) des Technischen Komitees ISO/TC 159 „Ergonomics“ (Sekretariat: Deutschland) ausgearbeiteten internationalen Norm-Entwurfs ISO/DIS 7730:2003. Der Norm-Entwurf wird gleichzeitig national, europäisch und international zur Stellungnahme verteilt. Die Mitarbeit des DIN in der zuständigen Arbeitsgruppe des Technischen Komitees CEN/TC 122 „Ergonomie“ (Sekretariat: Deutschland) wird über den Arbeitsausschuss FNErg AA 7 „Klima“ des Normenausschusses Ergonomie (FNErg) wahrgenommen. Fortsetzung Seiten 2 und 3 und 44 Seiten prEN Normenausschuss Ergonomie (FNErg) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.	

Für die im Inhalt zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 7243	siehe DIN EN 27243
ISO 7726	siehe DIN EN ISO 7726
ISO 7933	siehe E DIN EN ISO 7933
ISO 8996	siehe E DIN EN ISO 8996
ISO 9920	siehe E DIN EN ISO 9920
ISO 10551	siehe DIN EN ISO 10551
ISO/TR 11079	siehe DIN V ENV ISO 11079
ISO 11399	siehe DIN EN ISO 11399
ISO 13731	siehe DIN EN ISO 13731

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 7730:1995-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normtitel geändert;
- b) Abschnitte zur lokalen thermischen Behaglichkeit und bezüglich nicht konstanter Umgebungsklimabedingungen neu aufgenommen;
- c) Hinweise zur Langzeitbewertung allgemeiner thermischer Behaglichkeitsbedingungen ergänzt;
- d) Normaufbau grundlegend überarbeitet.

Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 27243, *Warmes Umgebungsklima — Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index (wet bulb globe temperature)* (ISO 7243:1989); Deutsche Fassung EN 27243:1993.

DIN EN ISO 7726, *Umgebungsklima — Instrumente zur Messung physikalischer Größen* (ISO 7726:1998); Deutsche Fassung EN ISO 7726:2001.

E DIN EN ISO 7933, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung* (ISO/DIS 7933:2002); Deutsche Fassung prEN ISO 7933:2002.

E DIN EN ISO 8996, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes* (ISO/DIS 8996:2002); Deutsche Fassung prEN ISO 8996:2002.

E DIN EN ISO 9920, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Abschätzung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination* (ISO 9920:1995); Deutsche Fassung prEN ISO 9920:2000.

DIN EN ISO 10551, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Beurteilung des Einflusses des Umgebungsklimas unter Anwendung subjektiver Bewertungsskalen* (ISO 10551:1995); Deutsche Fassung EN ISO 10551:2001.

DIN V ENV ISO 11079, *Bewertung von Kälteumgebungen — Bestimmung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ)* (ISO TR 11079:1993); Deutsche Fassung ENV ISO 11079:1998.

DIN EN ISO 11399, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Grundlagen und Anwendung relevanter Internationaler Normen* (ISO 11399:1995); Deutsche Fassung EN ISO 11399:2000.

DIN EN ISO 13731, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Begriffe und Symbole* (ISO 13731:2001); Deutsche Fassung EN ISO 13731:2001.

— *Entwurf* —

– Leerseite –

— **Entwurf** —

CEN/TC 122

Datum: 2003-07

prEN ISO 7730:2003

CEN/TC 122

Sekretariat: DIN

Ergonomie des Umgebungsklimas — Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO/DIS 7730:2003)

Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation de confort thermique par calcul d'indices PMV et PPD et de confort thermique locale (ISO/DIS 7730:2003)

Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort (ISO/DIS 7730:2003)

ICS:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: Parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)	5
3.1 Bestimmung.....	5
3.2 Anwendungen.....	7
4 Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD)	7
5 Lokale thermische Behaglichkeit	9
5.1 Zugluft.....	9
5.2 Vertikaler Lufttemperaturunterschied.....	9
5.3 Warme und kalte Fußböden.....	10
5.4 Asymmetrie der Strahlung(temperatur).....	11
6 Für die Behaglichkeit annehmbares Umgebungsklima	12
7 Umgebungsklimata mit un stetigen Bedingungen	12
7.1 Temperaturzyklen.....	12
7.2 Temperaturdrifts oder -gefälle.....	12
7.3 Übergänge.....	12
8 Langzeitbewertung der Bedingungen für die allgemeine thermische Behaglichkeit	13
9 Anpassung	13
Anhang A (informativ) Beispiele für die Anforderungen an die thermische Behaglichkeit für unterschiedliche Umgebungskategorien und Raumarten	14
Anhang B (informativ) Energieumsätze verschiedener körperlicher Tätigkeiten	20
Anhang C (informativ) Abschätzung des Isolationswertes von Bekleidungskombinationen	23
Anhang D (normativ) Computerprogramm zur Berechnung des vorausgesagten mittleren Votums (PMV) und des vorausgesagten Prozentsatzes an Unzufriedenen (PPD)	24
Anhang E (normativ) Tabellen zur Bestimmung des vorausgesagten mittleren Votums (PMV)	26
Anhang F (informativ) Luftfeuchte	36
Anhang G (informativ) Luftgeschwindigkeit	37
Anhang H (informativ) Langzeitbewertung der Bedingungen der allgemeinen thermischen Behaglichkeit	38
Anhang I (informativ) Literaturhinweise	40
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	44

Vorwort

Dieses Dokument prEN ISO 7730:2003 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 7730:2003 wurde vom CEN als prEN ISO 7730:2003 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

ANMERKUNG Die normativen Verweisungen auf Internationale Normen sind im Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

Einleitung

Diese Internationale Norm gehört zu einer Reihe von Normen, die Verfahren zur Messung und Bewertung von gemäßigttem und extremem Umgebungsklima beschreiben, dem der Mensch ausgesetzt ist.

Diese Internationale Norm gilt für die Bewertung eines gemäßigten Umgebungsklimas.

Das menschliche Wärmeempfinden hängt im wesentlichen vom thermischen Gleichgewicht (Wärmebilanz) des Körpers als Ganzem ab. Dieses Gleichgewicht wird durch körperliche Tätigkeit und Bekleidung sowie durch die Parameter des Umgebungsklimas, das sind Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte, beeinflusst.

Sofern diese Faktoren geschätzt oder gemessen wurden, kann das Wärmeempfinden für den Körper als Ganzes vorausgesagt werden, indem das vorausgesagte mittlere Votum (predicted mean vote, PMV-Index) nach Abschnitt 3 berechnet wird.

Der vorausgesagte Prozentsatz an Unzufriedenen (predicted percentage of dissatisfied, PPD-Index) liefert Angaben zur thermalen Unbehaglichkeit oder Unzufriedenheit, indem der Prozentsatz an Menschen vorausgesagt wird, die ein bestimmtes Umgebungsklima wahrscheinlich als zu warm oder zu kalt empfinden. Der PPD lässt sich wie in Abschnitt 4 beschrieben aus dem PMV berechnen.

Thermische Unbehaglichkeit kann auch durch eine unerwünschte lokale Abkühlung (oder Erwärmung) des menschlichen Körpers verursacht werden. Die häufigsten Faktoren für das Entstehen von lokaler Unbehaglichkeit sind eine asymmetrische Strahlungstemperatur (kalte oder warme Oberflächen), Zugluft (definiert als eine lokale durch Luftbewegung verursachte Abkühlung des menschlichen Körpers), vertikale Lufttemperaturunterschiede sowie kalte oder warme Fußböden. Abschnitt 5 beschreibt ein Modell, anhand dessen der Prozentsatz an Unzufriedenen auf Grund von Zugluft vorausgesagt werden kann.

Abschnitt 6 befasst sich mit Umgebungsklimabedingungen, die für eine (thermische) Behaglichkeit annehmbar sind. Unzufriedenheit kann durch Unbehagen auf Grund eines Kälte- oder Wärmeempfindens des Körpers als Ganzes hervorgerufen werden. Die Behaglichkeitsgrenzen können in diesem Fall durch den PMV-Index und den PPD-Index angegeben werden. Eine thermische Unzufriedenheit kann jedoch auch durch Parameter der lokalen thermischen Unbehaglichkeit verursacht werden.

Die Verfahren und Anforderungen der Abschnitte 5 und 6 beruhen hauptsächlich auf gleich bleibenden Bedingungen. In Abschnitt 7 werden Verfahren zur Bewertung von un stetigen Bedingungen vorgestellt, wie

zum Beispiel Übergangszustände (Temperaturstufen), Zyklustemperaturen oder Temperaturgefälle. Das Umgebungsklima in Gebäuden oder am Arbeitsplatz ändert sich im Laufe der Zeit, und es ist eventuell nicht immer möglich, die Bedingungen innerhalb der empfohlenen Grenzen zu halten. In Abschnitt 8 wird ein Verfahren zur Langzeitbewertung der thermischen Behaglichkeit vorgestellt. Abschnitt 9 schließlich enthält eine Empfehlung dahingehend, wie das Anpassungsvermögen von Menschen bei der Bewertung und der Konstruktion von Gebäuden und Anlagen berücksichtigt werden kann.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm dient dazu,

- ein Verfahren aufzuzeigen, anhand dessen das allgemeine menschliche Wärmeempfinden und der Grad der Unbehaglichkeit (thermischen Unzufriedenheit) von Menschen vorausgesagt werden können, die einem gemäßigten Umgebungsklima ausgesetzt sind;
- annehmbare Umgebungsklimabedingungen für die allgemeine und lokale thermische Behaglichkeit festzulegen.

Die Internationale Norm gilt für gesunde Männer und Frauen. Die Internationale Norm gilt für Menschen, die entweder einem Innenraumklima ausgesetzt sind, durch das ein Gefühl thermischer Behaglichkeit erreicht werden soll, oder in dem es zu moderaten Abweichungen vom Zustand der Behaglichkeit kommt. In einem extremen Umgebungsklima gelten andere Internationale Normen (ISO 7243, ISO 7933, ISO/TR 11079). Bei kranken und behinderten Menschen können Abweichungen auftreten (ISO/TS 14415). Die vorliegende Internationale Norm kann für die Gestaltung neuer Umgebungsklimate oder zur Bewertung vorhandener Umgebungsklimate verwendet werden. Diese Norm wurde für die Arbeitsumgebung erstellt, kann aber auch für jede andere Art der Umgebung angewendet werden. In nicht klimatisierten Räumen können ethnische und national-geografische Abweichungen auftreten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisungen in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieser Internationalen Norm werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachstehend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

ISO 7243, *Hot environments — Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (wet bulb globe temperature)*.

ISO 7726, *Ergonomics of the thermal environments — Instruments for measuring physical quantities*.

ISO 7933, *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain*.

ISO 8996, *Ergonomics of the thermal environment — Determination of metabolic rate*.

ISO 9920, *Ergonomics of the thermal environment — Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble*.

ISO 10551, *Ergonomics of the thermal environment — Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales*.

ISO/TR 11079, *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of cold stress using calculation of the required clothing insulation (IREQ) and the assessment of local cooling effects*.

ISO 11399, *Ergonomics of the Thermal Environment — Principles and Application of relevant International Standard*.

ISO 13731, *Ergonomics of the Thermal Environment — Vocabulary and Symbols*.

ISO/TS 13732-2, *Ergonomics of the thermal environment — Methods for assessment of human responses to contact with surfaces — Part 2: Moderate temperature surfaces*.

ISO/TS 14415, *Ergonomics of the Thermal Environment — Application of International Standards for People with Special Requirements*.

3 Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)

3.1 Bestimmung

Das PMV ist ein Index, der den Durchschnittswert für die Klimabeurteilung durch eine große Personengruppe anhand folgender 7-stufiger Klimabeurteilungsskala vorhersagt:

+3	heiß
+2	warm
+1	etwas warm
0	neutral
-1	etwas kühl
-2	kühl
-3	kalt

Der PMV-Index kann ermittelt werden, indem die körperliche Tätigkeit (Energieumsatz, ISO 8996) und die Bekleidung (Wärmedurchlasswiderstand, ISO 9920) beurteilt und die folgenden Umgebungsparameter gemessen oder geschätzt werden: Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, relative Luftgeschwindigkeit und partieller Wasserdampfdruck (ISO 7726).

Der PMV-Index beruht auf dem Wärmegleichgewicht des menschlichen Körpers. Das thermische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die im Körper erzeugte Wärme gleich der an die Umgebung abgegebenen Wärme ist.

In einem gemäßigten Umgebungsklima ändert das Thermoregulationssystem des Menschen automatisch die Hauttemperatur und die Schweißabsonderung, um das Wärmegleichgewicht zu erhalten.

Das PMV ist durch folgende Gleichungen gegeben:

$$PMV = (0,303 e^{-0,036 M} + 0,028) \left[\begin{aligned} &(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \{5733 - 6,99(M - W) - p_a\} - 0,42 \{(M - W) - 58,15\} \\ &- 1,7 \cdot 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0,0014 M(34 - t_a) \\ &- 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} \{ (t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \} - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \right]$$

Dabei ist

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028(M - W) - I_{cl} \left[3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left\{ (t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 + f_{cl} h_{cl} (t_{cl} - t_a) \right\} \right]$$

$$h_c = 2,38 (t_{cl} - t_a)^{0,25} \quad \text{für} \quad 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1\sqrt{v_{ar}}$$

$$= 12,1\sqrt{v_{ar}} \quad \text{für} \quad 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1\sqrt{v_{ar}}$$

$$f_{cl} = 1,00 + 1,290 I_{cl} \quad \text{für} \quad I_{cl} < 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{KW}^{-1}$$

$$= 1,05 + 0,545 I_{cl} \quad \text{für} \quad I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{KW}^{-1}$$

PMV das vorausgesagte mittlere Votum, dimensionslos;

M der Energieumsatz, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ oder met;

W die wirksame mechanische Leistung, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ oder met;

I_{cl} die Bekleidungsisolation, $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ oder clo ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$);

f_{cl} der Bekleidungsflächenfaktor, dimensionslos;

t_a die Lufttemperatur, °C;

$\bar{t}_r$ die mittlere Strahlungstemperatur, °C;

v_{ar} die relative Luftgeschwindigkeit, ms^{-1} ;

p_a der Wasserdampfpartialdruck, Pa;

h_c der konvektive Wärmeübergangskoeffizient, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$;

t_{cl} die Oberflächentemperatur der Bekleidung, °C.

Das PMV kann für verschiedene Kombinationen von Energieumsatz, Bekleidung, Lufttemperatur, mittlerer Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte berechnet werden. Die Gleichungen für t_{cl} und h_c können iterativ gelöst werden.

Der PMV-Index ist für gleich bleibende Bedingungen abgeleitet, kann jedoch mit guter Näherung auch bei geringen Schwankungen einer oder mehrerer Variablen angewandt werden, vorausgesetzt, die zeitgewichteten Mittelwerte der Variablen der letzten Stunde werden für die Berechnung herangezogen.

Der PMV-Index sollte nur für Werte von -2 bis +2 angewendet werden. Außerdem sollte der PMV-Index nur angewendet werden, wenn die sechs Hauptparameter innerhalb folgender Grenzen liegen:

$$M = 46 \text{ Wm}^{-2} \text{ bis } 232 \text{ Wm}^{-2} \text{ (0,8 met bis 4 met);}$$

$$I_{clo} = 0 \text{ m}^2\text{KW}^{-1} \text{ bis } 0,310 \text{ m}^2\text{KW}^{-1} \text{ (0 clo bis 2 clo);}$$

$$t_a = 10 \text{ °C bis } 30 \text{ °C;}$$

$$t_r = 10 \text{ °C bis } 40 \text{ °C;}$$

$$v_{ar} = 0 \text{ ms}^{-1} \text{ bis } 1 \text{ ms}^{-1};$$

ANMERKUNG Bei leichter, hauptsächlich sitzender Tätigkeit kann eine mittlere Luftgeschwindigkeit innerhalb dieses Bereiches als Zugluft empfunden werden.

$$p_a = 0 \text{ Pa bis } 2\,700 \text{ Pa.}$$

Der Energieumsatz kann nach ISO 8996 oder nach Anhang B abgeschätzt werden, wobei die Art der Tätigkeit zu berücksichtigen ist. Bei veränderlichen Energieumsätzen sollte der zeitgewichtete Mittelwert der letzten Stunde herangezogen werden. Der Wärmedurchgangswiderstand der Bekleidung und des Stuhls kann unter Berücksichtigung der Jahreszeit nach ISO 9920 oder Anhang C abgeschätzt werden.

Das PMV darf dann folgendermaßen bestimmt werden:

- a) mit Hilfe eines Digitalrechners nach Gleichung (1). Ein BASIC-Programm hierfür ist in Anhang D angegeben;
- b) direkt nach Anhang E, in dem Tabellen mit PMV-Werten für verschiedene Kombinationen von Tätigkeit, Bekleidung, operativer Raumtemperatur und relativer Luftgeschwindigkeit aufgeführt sind;
- c) durch direkte Messungen mit einem integrierenden Messfühler (äquivalente und operative Temperatur).

Die PMV-Werte im Anhang E gelten für eine relative Luftfeuchte von 50 %. Der Einfluss der Luftfeuchte auf das Wärmeempfinden ist bei gemäßigten Temperaturen nahe der Behaglichkeit gering und darf bei der Bestimmung des PMV-Wertes in der Regel vernachlässigt werden (siehe Anhang F).

3.2 Anwendungen

Der PMV-Index kann angewendet werden um zu prüfen, ob ein gegebenes Umgebungsklima den Behaglichkeitskriterien entspricht, die in Abschnitt 6 und Anhang A beschrieben sind.

Der PMV-Index darf auch angewendet werden, um Anforderungen an unterschiedliche annehmbare Grenzen festzulegen (Abschnitt 6).

Indem $PMV = 0$ gesetzt wird, wird eine Gleichung aufgestellt, die Kombinationen aus körperlicher Tätigkeit, Bekleidung und Umgebungsparametern vorhersagt, um ein thermisch neutrales Empfinden hervorzurufen.

4 Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD)

Der PMV-Index sagt die durchschnittliche Klimabeurteilung einer großen Gruppe von Personen voraus, die dem gleichen Umgebungsklima ausgesetzt sind. Einzelne Urteile streuen jedoch um diesen Mittelwert, und es ist nützlich, die Anzahl der Personen vorauszusagen, die das Umgebungsklima wahrscheinlich als zu warm oder zu kalt empfinden.

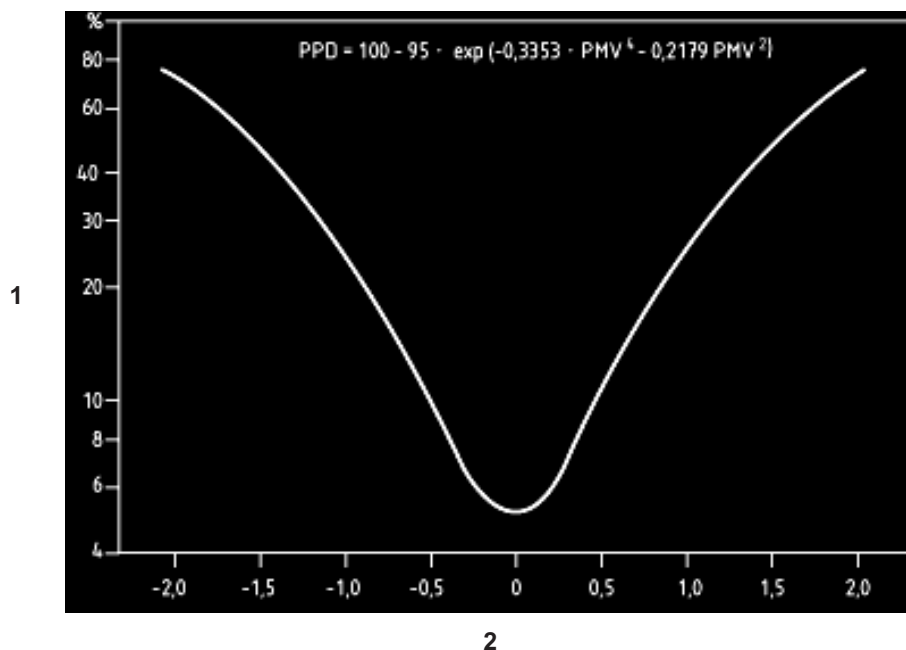
Der PPD-Index stellt eine quantitative Voraussage der Anzahl der mit einem bestimmten Umgebungsklima unzufriedenen Personen dar.

Mit dem PPD lässt sich aus einer großen Personengruppe der Prozentsatz an Personen voraussagen, die ein bestimmtes Umgebungsklima als zu warm oder zu kalt empfinden, d. h. dieses nach der 7-stufigen Klimabeurteilungsskala entweder als heiß (+3), warm (+2), kühl (-2) oder kalt (-3) ansehen.

Nachdem der PMV-Wert bestimmt wurde, kann der PPD entweder Bild 1 entnommen oder nach der Gleichung

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)} \quad (1)$$

berechnet werden.



- 1 vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD)
 2 vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)

Bild 1 — Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD) als Funktion des vorausgesagten mittleren Votums (PMV)

Anhand des PPD-Indexes lässt aus einer großen Personengruppe die Anzahl derjenigen Personen voraussagen, die mit dem Umgebungsklima unzufrieden sind.

Der Rest der Gruppe wird das Umgebungsklima entweder als klimatisch neutral, etwas warm oder etwas kühl empfinden. Die vorausgesagte Verteilung der Klimabeurteilungen ist in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1 — Verteilung der individuellen Klimaurteile (auf der Grundlage von Experimenten mit 1 300 Versuchspersonen) für verschiedene Werte des mittleren Votums

PMV	PPD	Vorausgesagter Prozentsatz an Personen, die folgende Klimabeurteilung abgeben		
		0	-1, 0 oder +1	-2, -1, 0, +1 oder +2
+2	75	5	25	70
+1	25	30	75	95
+0,5	10	55	90	98
0	5	60	95	100
-0,5	10	55	90	98
-1	25	30	75	95
-2	75	5	25	70

5 Lokale thermische Behaglichkeit

Die PMV- und PPD-Indizes drücken ein warmes und kaltes Unbehaglichkeitsempfinden des Körpers als Ganzes aus. Thermische Unzufriedenheit kann jedoch auch durch unerwünschtes Abkühlen (oder Erwärmen) eines bestimmten Körperteils entstehen (lokale Behaglichkeit). Die häufigste Ursache für lokale Unbehaglichkeit ist Zugluft (siehe 5.1). Lokale Unbehaglichkeit kann allerdings auch durch ungewöhnlich hohe vertikale Temperaturunterschiede im Bereich zwischen Kopf und Fußgelenken hervorgerufen werden, durch zu warme oder zu kalte Fußböden (siehe 5.3) oder durch eine zu hohe Asymmetrie der Strahlungstemperatur (siehe 5.4).

Lokale Unbehaglichkeit wird vor allem von Personen empfunden, die leichte sitzende Tätigkeiten ausführen. Abschnitt 5 gilt für diese Personengruppe mit einem nahezu neutralen Wärmeempfinden für den gesamten Körper. Bei einem höheren Aktivitätsgrad ist das Wärmeempfinden von Personen in der Regel weniger ausgeprägt, infolgedessen ist das Risiko einer lokalen Unbehaglichkeit geringer.

5.1 Zugluft

Zugluft ist eine unerwünschte lokale Abkühlung des menschlichen Körpers, die durch Luftbewegung verursacht wird. Die Beeinträchtigung durch Zugluft darf als der vorausgesagte Prozentsatz an Menschen angegeben werden, die sich durch Zugluft beeinträchtigt fühlen. Die Beeinträchtigung durch Zugluft (draught rating, DR) darf durch folgende Gleichung bestimmt werden (Modell zur Voraussage des Grades der Beeinträchtigung durch Zugluft):

$$DR = (34 - t_a) (v_a - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot v_a \cdot Tu + 3,14)$$

Für $v_a < 0,05 \text{ ms}^{-1}$ ist $v_a = 0,05 \text{ ms}^{-1}$ einzusetzen.

Für $DR > 100 \%$ ist $DR = 100 \%$ anzuwenden.

Dabei ist

DR die Beeinträchtigung durch Zugluft, d. h. der Prozentsatz an Personen, die auf Grund von Zugluft unzufrieden sind;

t_a die lokale Lufttemperatur in Grad Celsius, 20 °C bis 26 °C;

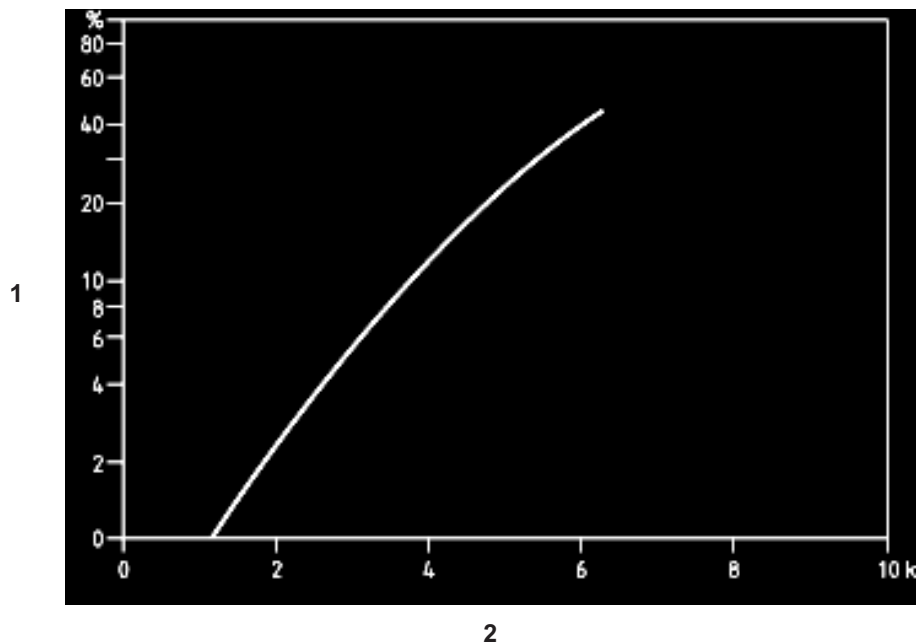
v_a die lokale mittlere Luftgeschwindigkeit in Meter je Sekunde, $<0,5 \text{ ms}^{-1}$;

Tu der lokale Turbulenzgrad (%), der als Quotient aus der Standardabweichung der lokalen Luftgeschwindigkeit und der lokalen mittleren Luftgeschwindigkeit definiert ist, 10 % bis 60 %.

Das Modell ist anwendbar auf Menschen mit einer leichten, hauptsächlich sitzenden Tätigkeit und einem nahezu neutralen thermischen Empfinden des gesamten Körpers. Die Beeinträchtigung durch Zugluft ist geringer bei einem gegenüber sitzender Tätigkeit höheren Aktivitätsgrad und bei Personen, die das Umgebungsklima eher als wärmer empfinden als thermisch neutral. Anhang G enthält zusätzliche Informationen zum Einfluss der Luftgeschwindigkeit.

5.2 Vertikaler Lufttemperaturunterschied

Ein hoher vertikaler Lufttemperaturunterschied im Bereich zwischen Kopf und Fußgelenk kann zu Unbehaglichkeit führen. Auf Bild 2 ist der Prozentsatz an Unzufriedenen als eine Funktion des vertikalen Lufttemperaturunterschiedes zwischen Kopf und Fußgelenken angegeben (1,1 m und 0,1 m über dem Fußboden bei sitzenden Personen). Das Bild bezieht sich auf eine ansteigende Temperatur. Abfallende Temperaturen werden von den Personen weniger empfunden.



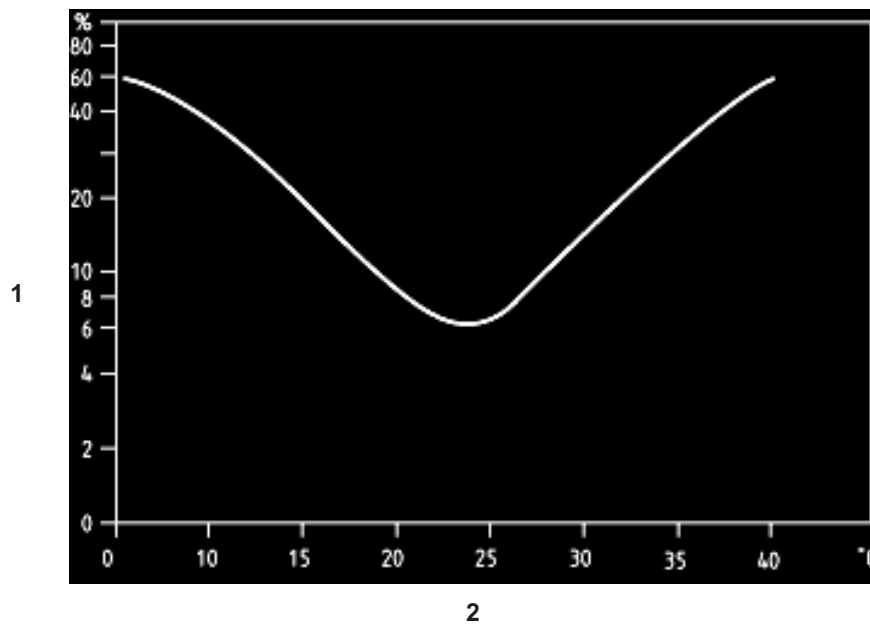
- 1 Unzufriedene
 2 Lufttemperaturunterschied zwischen Kopf und Füßen

Bild 2 — Lokale Unbehaglichkeit durch vertikale Lufttemperaturunterschiede; bezogen auf ansteigende Temperaturen

5.3 Warme und kalte Fußböden

Falls der Fußboden zu warm oder zu kalt ist, können sich die im Raum befindlichen Personen auf Grund warmer oder kalter Füße unbehaglich fühlen. Bei Personen, die leichtes, für Innenräume geeignetes Schuhwerk tragen, ist nicht das Material des Bodenbelages sondern die Fußbodentemperatur für die Behaglichkeit entscheidend. Bild 3 zeigt den Prozentsatz an Unzufriedenen als Funktion der Fußbodentemperatur. Dieses Diagramm beruht auf Studien mit stehenden und/oder sitzenden Personen. Für Personen, die auf dem Fußboden sitzen oder liegen, dürfen ähnliche Werte eingesetzt werden. Bei längerem Aufenthalt gelten die Ergebnisse nicht für elektrisch beheizte Fußböden.

Hinsichtlich Räumen, in denen sich Personen barfuß aufhalten, siehe ISO/TS 13732-2.

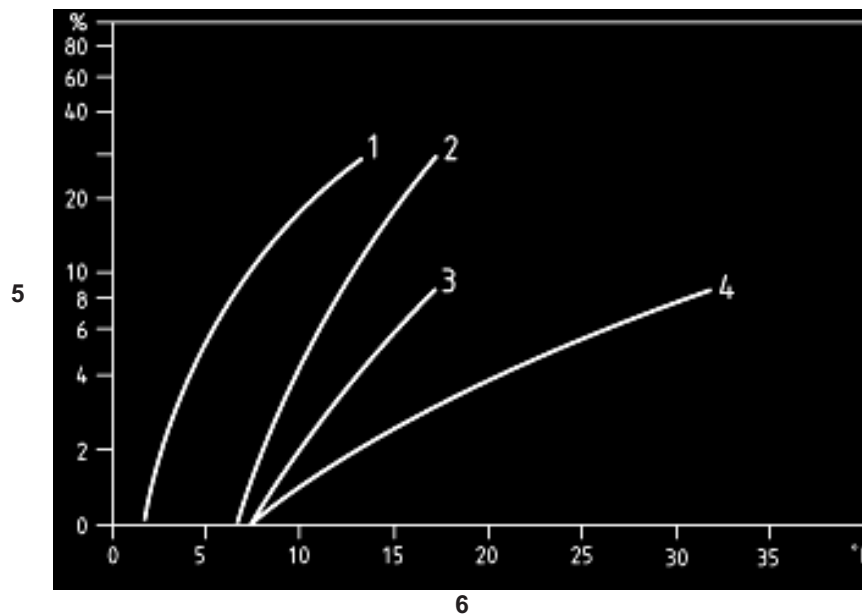


1 Unzufriedene 2 Fußbodentemperatur

Bild 3 — Lokale thermische Unbehaglichkeit durch warme oder kalte Fußböden

5.4 Asymmetrie der Strahlung(temperatur)

Eine asymmetrische Strahlung(temperatur) kann ebenfalls zu Unbehaglichkeit führen. Vor allem eine durch warme Decken oder kalte Wände (Fenster) verursachte asymmetrische Strahlung wird von den Menschen als unangenehm empfunden. Auf Bild 4 ist der Prozentsatz an Unzufriedenen als Funktion einer asymmetrischen Strahlungstemperatur auf Grund einer warmen Decke, einer kühlen Wand, einer kühlen Decke oder einer warmen Wand dargestellt.



1 warme Decke 4 warme Wand
2 kühle Wand 5 Unzufriedene
3 kühle Decke 6 asymmetrische Strahlungstemperatur

Bild 4 — Lokale thermische Unbehaglichkeit durch asymmetrische Strahlungstemperatur