

Gemäßigtes Umgebungsklima
**Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung
 der Bedingungen für thermische Behaglichkeit**
 (ISO 7730 : 1994) Deutsche Fassung EN ISO 7730 : 1995

DIN
EN ISO 7730

ICS 13.040.30

Deskriptoren: Umgebungsklima, Behaglichkeit, thermisch, Temperatur, Unbehagen

Moderate thermal environments – Determination of the
 PMV and PPD indices and specification of the conditions
 for thermal comfort (ISO 7730 : 1994);
 German version EN ISO 7730 : 1995

Ambiances thermiques modérées – Détermination des
 indices PMV et PPD et spécifications des conditions
 de confort thermique (ISO 7730 : 1994);
 Version allemande EN ISO 7730 : 1995

Die Europäische Norm EN ISO 7730 : 1995 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Der Inhalt dieser Europäischen Norm wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159/SC 5 "Ergonomics of the physical environment" erarbeitet. Deutschland war durch den Normenausschuß Ergonomie an dieser Erarbeitung beteiligt.

Der in der englischen Originalfassung verwendete Begriff "Thermal comfort" wurde in der vorliegenden Deutschen Fassung mit "Thermischer Behaglichkeit" übersetzt. Dabei ist zu beachten, daß der Bereich des "Thermal comfort" in dieser Norm weiter gefaßt wird, als der in DIN 33403-1 definierte "Behaglichkeitsbereich".

Dies schlägt sich in der vorliegenden Norm in einem weiteren Wertebereich für die Eingangsgrößen nieder. Der enger gefaßte Behaglichkeitsbereich kann durch Einschränkung des Wertebereichs auf

Energieumsatz (M)	60 .. 140 W/m ²
Bekleidungsisolations (I_{cl})	0.05 .. 0.20 m ² °C/W (0.3 .. 1.3 clo)
Lufttemperatur (t_a)	16 .. 28 °C
mittlere Strahlungstemperatur (t_r)	15 .. 35 °C
mittlere Luftgeschwindigkeit (v_a)	< 0.5 m/s
relative Luftfeuchte partiellen Wasserdampfdruck (p_a)	25 .. 65 % bei einem < 2 300 Pa

erreicht werden.

Für die in Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 7243 siehe DIN EN 27243

ISO 7226 siehe DIN EN 27726

ISO 8996 siehe DIN EN 28996

Der in Abschnitt 2 aufgeführte ISO/DIS 9920 ist am 1995-03-01 als Internationale Norm veröffentlicht worden.

Die in der Gleichung 1 auf Seite 4 angegebene Erklärung für f_{cl} muß wie folgt lauten:

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{für } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{für } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \end{cases}$$

Fortsetzung Seite 2
und 22 Seiten EN

Normenausschuß Ergonomie (FNErg) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise in nationalen Zusätzen

- DIN 33403-1 Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 1: Grundlagen zur Klimaermittlung
- 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 27726 Umgebungsklima – Instrumente und Verfahren zur Messung physikalischer Größen (ISO 7726 : 1985); Deutsche Fassung EN 27726 : 1993
- DIN EN 28996 Ergonomie – Bestimmung der Wärmeerzeugung im menschlichen Körper (ISO 8996 : 1990); Deutsche Fassung EN 28996 : 1993

Internationale Patentklassifikation

- F 24 F 005/00
G 01 N 025/00
G 01 F 001/00
G 01 K 013/00
G 01 P 005/00

ICS 331.043.6

Deskriptoren: Ergonomie, menschlicher Körper, thermische Behaglichkeit, Temperatur, Luftfeuchte, Spezifikation, Umgebung

Deutsche Fassung

Gemäßigtes Umgebungsklima
**Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung
der Bedingungen für thermische Behaglichkeit**
(ISO 7730 : 1994)

Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort (ISO 7730 : 1994)

Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique (ISO 7730 : 1994)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1995-07-03 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen. CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 122 "Ergonomie" aus der Arbeit der ISO/TC 159 "Ergonomics" der "International Organization for Standardization" (ISO) übernommen.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 1996, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 1996, zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und das Sekretariat der Europäischen Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EG-Richtlinien. Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind folgende Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 7730 : 1994 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

	Seite		Seite
0 Einleitung	2	Anhang A (normativ) Energieumsätze verschiedener körperlicher Tätigkeiten	7
1 Anwendungsbereich	3	Anhang B (normativ) Rechnerprogramm zur Berechnung des PMV und des PPD	8
2 Normative Verweisungen	3	Anhang C (normativ) Tabellen zur Bestimmung des vorhergesagten mittleren Votums (PMV) bei 50 % relativer Luftfeuchte	10
3 Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)	3	Anhang D (informativ) Empfehlungen für thermische Behaglichkeitsanforderungen ...	19
4 Vorausgesagter Prozentsatz Unzufriedener (PPD)	5	Anhang E (informativ) Abschätzung des Isolationswertes von Bekleidungskombinationen	21
5 Beeinträchtigung durch Zugluft	6	Anhang F (informativ) Literaturhinweise	22
6 Für die Behaglichkeit annehmbares Umgebungsklima	6		

0 Einleitung

Diese Internationale Norm ist eine aus einer Reihe von Normen, die die Verfahren zur Messung und Bewertung von extremem und gemäßigtem Umgebungsklima beschreibt, dem der Mensch ausgesetzt ist.

Diese Internationale Norm gilt für die Bewertung eines gemäßigten Umgebungsklimas.

Das Wärmeempfinden des Menschen ist im wesentlichen abhängig vom thermischen Gleichgewicht (Wärmebilanz) seines Körpers als ganzem. Dieses Gleichgewicht wird von seiner körperlichen Tätigkeit und seiner Bekleidung sowie von den Parametern des Umgebungsklimas, nämlich, Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte beeinflusst.

Wenn diese Parameter, geschätzt oder gemessen, bekannt sind, kann das Wärmeempfinden für den Körper als ganzem vorausgesagt werden, indem das PMV¹⁾ nach Abschnitt 3 berechnet wird.

Der PPD²⁾ gibt über eine Unbehagen verursachende Klimaempfindung oder die Unzufriedenheit von Menschen Aufschluß, indem er den Prozentsatz der Menschen voraussagt, die es in einer gegebenen Umgebung wahrscheinlich zu warm oder zu kalt finden werden. Der PPD läßt sich aus dem PMV nach Abschnitt 4 ermitteln.

Thermische Unbehaglichkeit kann auch durch eine unerwünschte lokale Abkühlung (oder Erwärmung) des menschlichen Körpers verursacht werden. Die häufigste lokale Unbehaglichkeit entsteht durch Zugluft; sie wird definiert als eine lokale Abkühlung des menschlichen Körpers verursacht durch Luftbewegung. Abschnitt 5 beschreibt ein Modell, mit Hilfe dessen der Prozentsatz von Unzufriedenen aufgrund von Zugluft vorausgesagt werden kann.

Abschnitt 6 beschreibt die für die Behaglichkeit annehmbaren klimatischen Umgebungsbedingungen. Unzufriedenheit kann durch ein Unbehagen in bezug auf Kälte oder Wärmeempfinden des Körpers insgesamt hervorgerufen werden. Die Behaglichkeitsgrenzen können in diesem Fall durch das PMV und den PPD ausgedrückt werden. Eine thermische Unzufriedenheit kann aber auch durch Zugluft verursacht werden; die Behaglichkeitsgrenzen können dann durch das Modell zur Voraussage des Grades der Beeinträchtigung durch Zugluft beschrieben werden.

Empfehlungen für Behaglichkeitsanforderungen werden in Anhang D angegeben. Bei Bedarf können weitergehende Behaglichkeitsgrenzen als in Anhang D empfohlen nach den in dieser Norm festgelegten Grundsätzen ermittelt werden³⁾.

1) Nationale Fußnote: **predicted mean vote** = vorausgesagtes mittleres Votum

2) Nationale Fußnote: **predicted percentage of dissatisfied** = vorausgesagter Prozentsatz Unzufriedener

3) Eine Bibliographie der einschlägigen Veröffentlichungen ist bei der Association française de normalisation (AFNOR) erhältlich

1 Anwendungsbereich

Der Zweck dieser Norm ist es,

- a) ein Verfahren zur Voraussage des Wärmeempfindens und des Grades des Unbehagens von Menschen, die einem gemäßigten Umgebungsklima ausgesetzt sind, zu beschreiben;
- b) Bedingungen für das Umgebungsklima festzulegen, die ein Gefühl der Behaglichkeit hervorrufen.

Die Internationale Norm gilt für gesunde Männer und Frauen. Sie basierte ursprünglich auf Untersuchungen von nordamerikanischen und europäischen Staatsbürgern; sie stimmt aber auch mit neueren Untersuchungen von japanischen Staatsbürgern überein, die einem gemäßigten Umgebungsklima ausgesetzt waren. Es wird erwartet, daß die Norm mit guter Annäherung in den meisten Teilen der Welt anwendbar ist, doch können ethnische und national-geographische Abweichungen auftreten, die weitere Untersuchungen erforderlich machen. Die Norm ist auf Menschen anwendbar, die einem Innenraumklima ausgesetzt sind, mit dem ein Gefühl der thermischen Behaglichkeit erreicht werden soll. Ebenso ist sie anwendbar auf ein Innenraumklima, in dem es zu mäßigen Abweichungen vom Zustand der Behaglichkeit kommt. In einem extremen Umgebungsklima sind andere Internationale Normen anwendbar (siehe Abschnitt 2 und Anhang F). Abweichungen können für kranke und behinderte Menschen auftreten. Diese Norm ist bei der Schaffung neuer Umgebungsklimata oder bei der Bewertung vorhandener anwendbar. Diese Norm wurde für die Arbeitsumgebung erstellt, sie kann aber auch für jede andere Art der Umgebung angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die, durch die Verweisungen in diesem Text, auch für diese Internationale Norm gelten. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, sind gehalten, nach Möglichkeit die neuesten Ausgaben der nachfolgend aufgeführten Normen anzuwenden. IEC- und ISO-Mitglieder verfügen über Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 7726 : 1985

Umgebungsklima – Instrumente und Verfahren zur Messung physikalischer Größen

ISO 8996 : 1990

Ergonomie – Bestimmung der Wärmeerzeugung im menschlichen Körper

ISO/DIS 9920 : – 1)

Ergonomie des Umgebungsklimas – Schätzung der thermischen Isolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination

3 Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)

3.1 Bestimmung des PMV

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

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

Das PMV kann ermittelt werden, indem die körperliche Tätigkeit (Energieumsatz, Metabolismus, M) und die Bekleidung (Isolationswerte) beurteilt und die Umgebungsparameter Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, relative Luftgeschwindigkeit und partieller Wasserdampfdruck (siehe ISO 7726) gemessen werden.

Das PMV beruht auf dem Wärmegleichgewicht des menschlichen Körpers. Der Mensch befindet sich in thermischem Gleichgewicht, wenn die im Körper erzeugte Wärme gleich der an die Umgebung abgegebene Wärme ist.

Das Thermoregulationssystem des Menschen ändert automatisch die Hauttemperatur und Schweißabsonderung, um das Wärmegleichgewicht zu erhalten. Bei der Ermittlung des PMV wurde die physiologische Reaktion des Thermoregulationssystems zur Klimabeurteilung von über 1 300 Testpersonen statistisch in Beziehung gesetzt.

1) Steht zur Veröffentlichung an

Das PMV ist gegeben durch die Gleichung:

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

wobei

$$\begin{aligned} t_{cl} = & 35,7 - 0,028 (M - W) - I_{cl} \{ 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} \\ & \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \} \\ h_c = & \begin{cases} 2,38 (t_{cl} - t_a)^{0,25} & \text{für } 2,38 (t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1 \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \sqrt{v_{ar}} & \text{für } 2,38 (t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1 \sqrt{v_{ar}} \end{cases} \\ f_{cl} = & \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{für } I_{cl} < 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{für } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \end{cases} \end{aligned}$$

dabei bedeuten:

- PMV das vorausgesagte mittlere Votum;
- M der Energieumsatz, bezogen auf die Oberfläche des menschlichen Körpers in W/m^2 (4);
- W die abgegebene mechanische Leistung, in W/m^2 (für die meisten Arbeiten = 0);
- I_{cl} der Isolationswert der Bekleidung, in $\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$ (5);
- f_{cl} das Verhältnis zwischen der Oberfläche des bekleideten Körpers und der Oberfläche des unbekleideten Körpers;
- t_a die Lufttemperatur, in °C ;
- $\bar{t}_r$ die mittlere Strahlungstemperatur, in °C ;
- v_{ar} die relative Luftgeschwindigkeit (relativ zum menschlichen Körper) in m/s ;
- p_a der partielle Wasserdampfdruck, in Pascal;
- h_c der konvektive Wärmeübertragungskoeffizient, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$;
- t_{cl} die Oberflächentemperatur der Kleidung, in °C .

Aus Gleichung (1) läßt sich das PMV für verschiedene Kombinationen von Energieumsatz, Bekleidung, Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte errechnen, wobei die Gleichung für t_{cl} und h_c iterativ gelöst werden kann.

Das PMV gilt für konstante Bedingungen, kann aber auch mit guter Näherung bei geringen Schwankungen einer oder mehrerer Parameter angewandt werden, vorausgesetzt, die zeitgewichteten Parameter-Durchschnittswerte der letzten Stunde werden für die Berechnung herangezogen.

Es wird empfohlen, das PMV nur für Werte zwischen -2 und +2 anzuwenden. Außerdem wird empfohlen, das PMV nur anzuwenden, wenn die sechs Hauptparameter innerhalb folgender Grenzen liegen:

- M = 46 bis 232 W/m^2 (0,8 bis 4 met)
- I_{cl} = 0 bis 0,310 $\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$ (0 bis 2 clo)
- t_a = 10 bis 30 °C
- $\bar{t}_r$ = 10 bis 40 °C
- v_{ar} = 0 bis 1 m/s

ANMERKUNG: Bei leichter, hauptsächlich sitzender Tätigkeit kann eine mittlere Luftgeschwindigkeit innerhalb dieses Bereiches als Zugluft empfunden werden. Um die Beeinträchtigung durch Zugluft zu begrenzen, sollte die mittlere Luftgeschwindigkeit niedriger sein als in Bild D.2 des Anhangs D gefordert.

- p_a = 0 bis 2700 Pa

ANMERKUNG: Innerhalb dieses Bereiches ist es weiterhin empfehlenswert, daß die relative Feuchte zwischen 30 und 70 % gehalten wird (siehe Anhang D).

Der Energieumsatz kann anhand von Tabelle A.1 (siehe Anhang A) geschätzt werden, der Isolationswert der Kleidung anhand von Tabelle E.1 und Tabelle E.2 (siehe Anhang E), wobei die Art der körperlichen Tätigkeit und die Jahreszeit zu berücksichtigen sind. Bei zeitlich veränderlichem Energieumsatz wird empfohlen, den zeitgewichteten Durchschnittswert der letzten Stunde heranzuziehen.

Das PMV kann dann auf eine der folgenden Arten bestimmt werden:

- a) aus Gleichung (1) mit Hilfe eines Digitalrechners. Ein Programm für BASIC ist in Anhang B wiedergegeben.
- b) direkt aus Anhang C, wo Tabellen mit PMV-Werten für verschiedene Kombinationen von Tätigkeit, operativer Raumtemperatur und relativer Luftgeschwindigkeit wiedergegeben sind.

4) 1 metabolische Einheit ist die Einheit des Ruheenergieumsatzes in sitzender Position: 1 met = 58 W/m^2

5) 1 Einheit des Isolationswertes der Bekleidung = 1 clo = 0,155 $\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$

ANMERKUNG: Die operative Raumtemperatur t_o ist die einheitliche Temperatur einer im strahlungsphysikalischen Sinn schwarzen Umhüllung, in der ein Körper die gleiche Wärmemenge durch Strahlung und Konvektion austauscht wie in der bestehenden, nicht genormten Umgebung. In den meisten praktischen Fällen, in denen die relative Luftgeschwindigkeit gering ist ($< 0,2 \text{ m/s}$) oder in denen der Unterschied zwischen der mittleren Strahlungstemperatur und der Lufttemperatur gering ist ($< 4^\circ\text{C}$), kann die operative Raumtemperatur mit ausreichender Genauigkeit als der Durchschnittswert von Luft- und mittlerer Strahlungstemperatur berechnet werden. Für eine höhere Genauigkeit kann folgende Formel angewendet werden:

$$t_o = A t_a + (1 - A) \bar{t}_r,$$

wobei der Wert für A als eine Funktion der relativen Luftgeschwindigkeit v_{ar} in m/s den folgenden Werten entnommen werden kann:

$v_{ar} < 0,2$	0,2 bis 0,6	0,6 bis 1,0
A 0,5	0,6	0,7

Die PMV-Werte in Anhang C gelten für eine relative Luftfeuchte von 50 %. Der Einfluß der Feuchte auf die Wärmeempfindung ist bei gemäßigten Temperaturen nahe der Behaglichkeit gering und darf bei der Bestimmung des PMV-Wertes in der Regel vernachlässigt werden.

c) durch direkte Messung unter Anwendung eines integrierenden Temperaturfühlers.

3.2 Anwendung

Das PMV kann zur Prüfung angewendet werden, um festzustellen, ob ein gegebenes Umgebungsklima den Behaglichkeitskriterien entspricht, die in Abschnitt 6 und Anhang D beschrieben werden.

Das PMV kann auch angewendet werden, um weitergehende Grenzen für annehmbare Temperaturen in Räumen mit geringeren Behaglichkeitsanforderungen als den in Abschnitt 6 und Anhang D beschriebenen festzulegen.

Indem man $\text{PMV} = 0$ setzt, wird eine Gleichung aufgestellt, die die Kombination aus körperlicher Tätigkeit, Bekleidung und Umgebungstemperatur vorhersagt, um eine thermisch neutrale Empfindung hervorzurufen.

Als Beispiel zeigt Bild D.1 (siehe Anhang D) die optimale operative Raumtemperatur als Funktion der körperlichen Tätigkeit und der Bekleidung.

4 Vorausgesagter Prozentsatz Unzufriedener (PPD)

Das PMV sagt den Durchschnittswert der Klimabeurteilung einer großen Gruppe dem gleichen Umgebungsklima ausgesetzten Personen voraus. Einzelne Urteile streuen um diesen Durchschnittswert, und es ist nützlich, die Anzahl der Personen vorherzusagen, die das Umgebungsklima wahrscheinlich als zu warm oder zu kalt empfinden werden.

Der PPD stellt eine quantitative Voraussage der Anzahl der mit einem bestimmten Umgebungsklima unzufriedener Menschen dar.

Mit dem PPD läßt sich der Prozentsatz einer großen Gruppe von Personen voraussagen, der sich zu warm oder zu kühl fühlen wird, d. h. es nach der 7-stufigen Klimabeurteilungsskala entweder zu warm (+3), warm (+2), kühl (−2) oder zu kalt (−3) finden wird.

Nach Ermittlung des PMV-Werts kann der PPD aus Bild 1 abgelesen oder aus der Gleichung

$$\text{PPD} = 100 - 95 \cdot e^{-(0,033\,53 \cdot \text{PMV}^4 + 0,217\,9 \cdot \text{PMV}^2)}$$

errechnet werden.

Mit dem PPD-Index läßt sich die Anzahl der mit dem Umgebungsklima Unzufriedenen in einer großen Gruppe von Personen voraussagen.

Der Rest der Gruppe wird es klimatisch neutral, etwas warm oder etwas kühl finden. Die vorausgesagte Verteilung der Klimabeurteilungen ist in Tabelle 1 wiedergegeben.

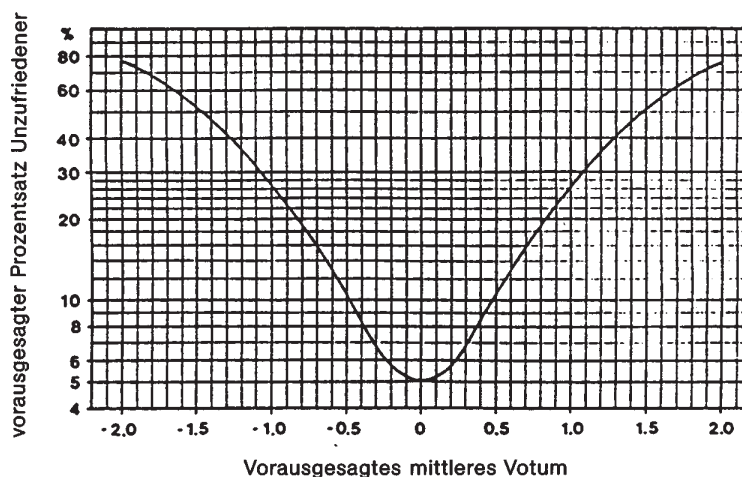


Bild 1: Vorausgesagter Prozentsatz Unzufriedener (PPD) als eine Funktion des vorausgesagten mittleren Votums (PMV)

**Tabelle 1: Verteilung der individuellen Klimaurteile
(auf der Grundlage von Experimenten mit 1 300 Versuchspersonen)
für verschiedene Werte des vorausgesagten 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	27	75	95
0	5	55	95	100
- 1	25	27	75	95
- 2	75	5	25	70

5 Beeinträchtigung durch Zugluft

Zugluft ist eine unerwünschte lokale Abkühlung des menschlichen Körpers, die durch Luftbewegung verursacht wird. Die Beeinträchtigung durch Zugluft kann als der vorausgesagte Prozentsatz von Menschen ausgedrückt werden, die sich durch Zugluft belästigt fühlen. Die Beeinträchtigung durch Zugluft, DR^6 , kann durch folgende Gleichung (Modell zur Voraussage des Grades der Beeinträchtigung durch Zugluft) bestimmt werden:

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

Es bedeuten:

- DR Beeinträchtigung durch Zugluft, d. h. der Prozentsatz von Menschen, die aufgrund der Zugluft unzufrieden sind
- t_a lokale Lufttemperatur in °C
- v lokale mittlere Luftgeschwindigkeit in m/s
- Tu lokaler Turbulenzgrad in %, der definiert ist als das Verhältnis der Standardabweichung der lokalen Luftgeschwindigkeit zu der lokalen mittleren Luftgeschwindigkeit

Das Modell zur Voraussage des Grades der Beeinträchtigung durch Zugluft basiert auf Untersuchungen mit 150 Personen, die einer Lufttemperatur von 20 bis 26 °C, einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 0,05 bis 0,4 m/s und einem Turbulenzgrad von 0 bis 70 % ausgesetzt waren. Das Modell ist anwendbar auf Menschen mit einer leichten, hauptsächlich sitzenden Tätigkeit und einer nahezu neutralen thermischen Empfindlichkeit des ganzen Körpers. Die Beeinträchtigung durch Zugluft ist geringer bei einem Aktivitätsgrad, der höher liegt als für sitzende Tätigkeiten und für Menschen, die das Umgebungsklima als wärmer empfinden als thermisch neutral.

6 Für die Behaglichkeit annehmbares Umgebungsklima

Thermische Behaglichkeit ist definiert als das Gefühl, das Zufriedenheit mit dem Umgebungsklima ausdrückt. Unzufriedenheit kann durch Unbehagen des Körpers insgesamt aufgrund der Einwirkung von Wärme oder Kälte, ausgedrückt durch das PMV und den PPD hervorgerufen werden. Aber thermische Unbehaglichkeit kann auch durch eine ungewollte Abkühlung (oder Erwärmung) eines bestimmten Körperteils verursacht werden, z. B. durch Zugluft wie durch das Modell zur Voraussage des Grades der Beeinträchtigung durch Zugluft ausgedrückt. Lokale Unbehaglichkeit kann auch durch eine anormal hohe vertikale Temperaturdifferenz zwischen Kopf und Knöchel verursacht werden, durch zu warmem oder kühlem Fußboden oder durch eine zu hohe Asymmetrie der Strahlungstemperatur. Unbehaglichkeit kann auch durch einen zu hohen Energieumsatz oder durch schwere Bekleidung verursacht werden.

Aufgrund individueller Unterschiede ist es unmöglich, ein Umgebungsklima festzulegen, das jedermann zufriedenstellt. Es wird immer einen Prozentsatz Unzufriedener geben. Aber es ist möglich, ein Umgebungsklima festzulegen, von dem vorausgesagt werden kann, daß es von einem gewissen Prozentsatz von dem Klima ausgesetzten Personen als annehmbar empfunden wird. In Anhang D sind Empfehlungen für die Behaglichkeitsanforderungen aufgestellt, die für 90 % der dem Klima ausgesetzten Personen als annehmbar vorausgesagt werden können und die voraussagen, daß 85 % der Personen nicht durch Zugluft belästigt werden.

In einigen Fällen kann eine höhere Qualität des Umgebungsklimas als oben erwähnt (weniger Unzufriedene) erwünscht sein. In anderen Fällen kann eine niedrigere Qualität des Umgebungsklimas (mehr Unzufriedene) ausreichend sein. In beiden Fällen können die PMV- und die PPD-Indizes und das Modell zur Voraussage des Grades der Beeinträchtigung durch Zugluft angewendet werden, um andere Bereiche von Umgebungsklimaparametern als in Anhang D empfohlen zu bestimmen.

⁶⁾ Nationale Fußnote: draft risk = Zugluftrisiko