

Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung

Beurteilung des Klimas im Erträglichkeitsbereich

DIN
33 403
Teil 3

Climate at the workplace and its environments; assessment of the climate which can be tolerated by human beings

Es wird darauf hingewiesen, daß in dieser Norm neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit „clo“ angewendet wird, weil diese Einheit im anglo-amerikanischen Sprachraum üblich ist. Diese Einheit ist jedoch im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Meßwesen vom 2. Juni 1969 nicht zulässig.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gibt Orientierungsbereiche¹⁾ für die Beurteilung des Klimas am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung für den Erträglichkeitsbereich²⁾ an. Sie gilt für Arbeitsplätze, an denen Tätigkeiten regelmäßig zu verrichten sind, und nur für hitzeakklimatisierte Personen¹⁾ ohne die Verwendung spezieller Hitzeschutzkleidungen.

Diese Norm gilt nicht für

- Arbeiten im Freien,¹⁾
- die untertägigen Betriebe, die der Bergaufsicht unterliegen,
- den Kältebereich,
- einzelne Tage im Jahr, an denen die Außenlufttemperatur über 32 °C ansteigt³⁾ und hierdurch ein Überschreiten der Grenzen der Erträglichkeit hervorgerufen werden kann,
- Expositionszeiten < 15 Minuten¹⁾.

2 Zweck

Zweck dieser Festlegung ist die einheitliche Beurteilung des Klimas bei der Arbeit hinsichtlich der Erträglichkeit (Erträglichkeitsbereich, siehe Abschnitt 4) unter gesonderter Berücksichtigung der Klimagröße Wärmestrahlung (siehe Abschnitt 5). Aufgrund der individuellen Unterschiede werden Orientierungsbereiche angegeben, deren Breite nicht das Ausmaß der interindividuellen Schwankungsbreite spiegelt, sondern lediglich das Vorliegen interindividueller Unterschiede verdeutlicht.

3 Wärmeentwicklung im menschlichen Körper

Außer der Wärme, die durch den Stoffwechsel bei Körperruhe (sogenannter Grundumsatz) entsteht, wird bei der Muskelarbeit zusätzliche Wärme erzeugt. Bei der Muskelarbeit ist im Hinblick auf die Wärmeerzeugung je nach Muskelmasse zu unterscheiden zwischen dem Einsatz

- a) kleiner Muskelgruppen (Finger-, Hand- und Fußmuskulatur) und
- b) großer Muskelgruppen (Arm-, Bein- und Rumpfmuskulatur).

Im Hinblick auf die Leistungsbegrenzung durch das Klima hat der Einsatz kleiner Muskelgruppen selbst bei Arbeit bis zur Erschöpfung keinen Einfluß. Der Einsatz großer Muskelgruppen kann dagegen, ebenso wie Hitzebelastung, zu einer Überbeanspruchung des Herz-Kreislaufsystems führen.

Um eine physische Überbeanspruchung zu verhindern, muß entweder mit zunehmender Hitzebelastung die Muskelarbeit oder bei vorgegebener Muskelarbeit die Hitzebelastung vermindert werden.

Die angegebene Bewertung der muskulären Arbeit gilt nur für weitgehend dynamische Arbeit. Ein erhöhter Anteil von statischer Arbeit wird durch den Arbeitsenergieumsatz nicht angemessen erfaßt.

3.1 Beurteilung der muskulären Arbeitsschwere

Eine Beurteilung der muskulären Arbeitsschwere läßt sich anhand des Arbeitsenergieumsatzes (Gesamtenergieumsatz abzüglich Grundumsatz) durchführen. Unter der Voraussetzung des Einsatzes relativ großer Muskelgruppen ergibt sich für den mittleren Energieumsatz während der Schichtzeit die in Tabelle 1 dargestellte, empirisch ermittelte Stufung⁴⁾.

3.2 Dauerleistungsgrenze für muskuläre Arbeit

Als Dauerleistungsgrenze gilt bei einem Einsatz großer Muskelgruppen (mit mehr als $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{7}$ der Gesamtmuskelmasse) ein Arbeitsenergieumsatz von 16 bis 20 kJ/min (Stufe 4); oberhalb dieser Stufe ist eine Dauerbelastung nicht mehr tolerierbar bzw. die damit verbundene Minderung der Leistungsfähigkeit muß durch Erholung wieder ausgeglichen werden.

¹⁾ Siehe Erläuterungen

²⁾ Siehe DIN 33 400

³⁾ Siehe VDI 2078

⁴⁾ Eine ausführliche Darstellung der Beurteilung der muskulären Arbeitsschwere findet sich in ISO/DIS 8996 „Ergonomics; Determination of Metabolic Rate“

Fortsetzung Seite 2 bis 12

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

Tabelle 1. **Stufung für den Arbeitsenergieumsatz**

Stufe	Bewertung	Arbeitsenergieumsatz AU		Beispiel
		kJ/min	$\text{W}^{1)}$	
1	sehr leicht	bis 8	bis 130	Ruhiges Sitzen; mittelschwere Armarbeit im Sitzen, z. B. Schreibmaschine schreiben
2	leicht	über 8 bis 12	über 130 bis 200	Gehen (Ebene, 3 km/h)
3	mittelschwer	über 12 bis 16	über 200 bis 270	Gehen (Ebene, 4 km/h)
4	mittelschwer/schwer (Grenzbereich)	über 16 bis 20	über 270 bis 330	Gehen (Ebene, 5 km/h)
5	schwer	über 20 bis 23	über 330 bis 380	Gehen (Ebene, 6 km/h)
6	sehr schwer	über 23 bis 25	über 380 bis 420	Gehen (5° Steigung, 4 km/h)
7	schwerst	über 25	über 420	Gehen (5° Steigung, 5 km/h)
1) $1 \text{ W} = 3,6 \text{ kJ/h}$				

4 Die Auswirkungen des Klimas auf die Leistung des Menschen im Erträglichkeitsbereich

Im Erträglichkeitsbereich liegt eine Beanspruchung vor, die sich durch eine erhöhte Schweißrate, einen Anstieg der Körpertemperatur und eine erhöhte Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems kennzeichnet.

Diese Beanspruchung kann

- a) zeitlich unbegrenzt
- b) zeitlich begrenzt

toleriert sein. Dementsprechend werden in den Abschnitten 4.1 und 4.2 die Bereiche für

- a) Dauerexposition
- b) Kurzzeitexposition

angegeben.

Die Orientierungsbereiche in den Bildern 1 sowie 4 bis 8 sind als schraffierte Bereiche eingezeichnet. Hierdurch wird berücksichtigt, daß unter dem Einfluß der individuellen Unterschiede verschiedener weiterer, in dieser Norm nicht aufgenommener Faktoren (z. B. Leistungsfähigkeit, Alter, Biorhythmus, Motivation, Akklimatisationsgrad) keine punktuellen Grenzen, sondern lediglich Orientierungsbereiche angegeben werden können, die Orientierungswerte für die Praxis darstellen.

4.1 Orientierungsbereiche der Dauerexposition

Bis zu einem bestimmten Orientierungsbereich ist der menschliche Körper in der Lage, durch entsprechende Anpassungsvorgänge dauerhaft die Wärmebilanz ausgeglichen zu halten.

Dieser Orientierungsbereich der Dauerexposition (8 Stunden) ist unter anderem durch die zulässige Schweißrate, den Anstieg der Körpertemperatur sowie die maximal mögliche Schweißverdunstung gekennzeichnet. Die angegebenen Orientierungsbereiche setzen ein ausreichendes Trinkregime voraus, so daß der Schweißverlust ersetzt werden kann.

Die Fähigkeit zur Schweißabgabe wird durch die Akklimatisation stark verbessert. Die folgenden Orientierungsbereiche gelten nur für hitzeakklimatisierte Personen.

Die Orientierungsbereiche für Dauerexposition in Abhängigkeit vom Arbeitsenergieumsatz AU sind für hitzeakklimatisierte Personen in Bild 1 für eine vorgegebene Bekleidung – Isolationswert $I_{cl} = 0,9 \text{ clo}$ ($1 \text{ clo} = 0,155 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$) – und eine Luftgeschwindigkeit ($v = 0,5 \text{ m/s}$) bei Normalluftdruck dargestellt. Mit steigender Arbeitsschwere wird der Orientierungsbereich für die Dauerexposition herabgesetzt.

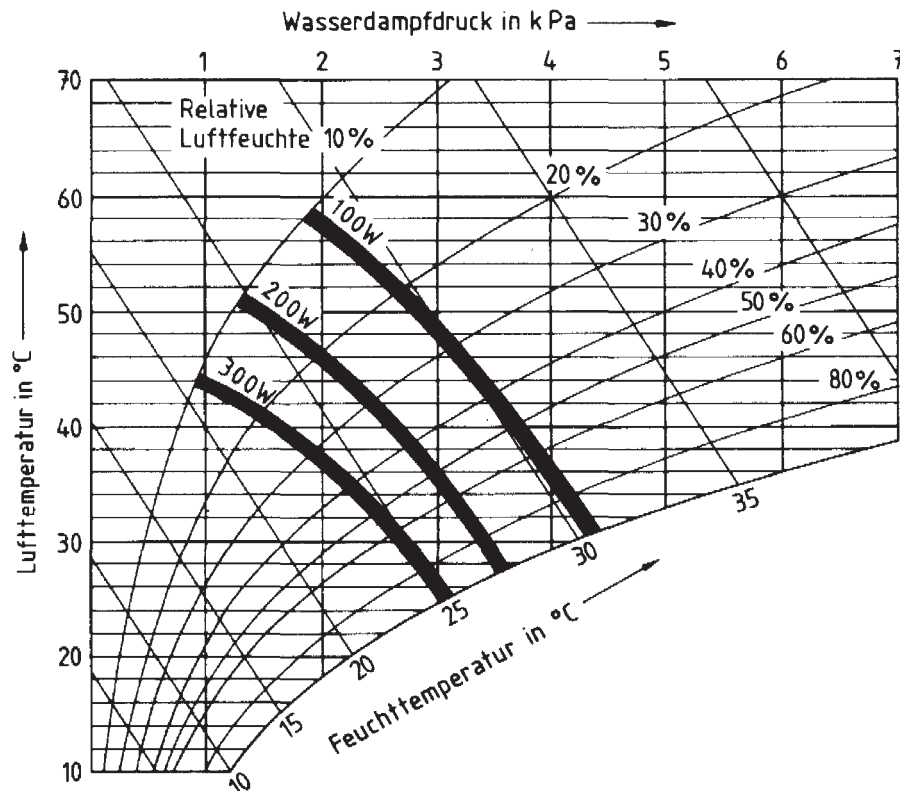


Bild 1. Orientierungsbereiche für Dauerausposition, Arbeitsenergieumsatz 100, 200 und 300 W ($v = 0,5 \text{ m/s}$, $I_{cl} = 0,9 \text{ clo}$)

Bild 2 erläutert den Einfluß der Luftgeschwindigkeit auf die Orientierungsbereiche für Dauerausposition für verschiedene Arbeitsenergieumsätze ($AU = 100, 200$ und 300 W) und eine bestimmte Bekleidung ($I_{cl} = 0,9 \text{ clo}$). Eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit führt zu einer Erhöhung der Schweißverdunstung und bei Lufttemperaturen unterhalb der Hauttemperatur zu einer konvektiven Wärmeabgabe. Hierdurch wird eine Dauerausposition bei höherer Lufttemperatur und -feuchte zulässig. Bei Lufttemperaturen oberhalb der Hauttemperatur kann dagegen eine Vergrößerung der Luftgeschwindigkeit aufgrund der dann erfolgenden konvektiven Wärmezufuhr zu einer Herabsetzung der Orientierungswerte führen.

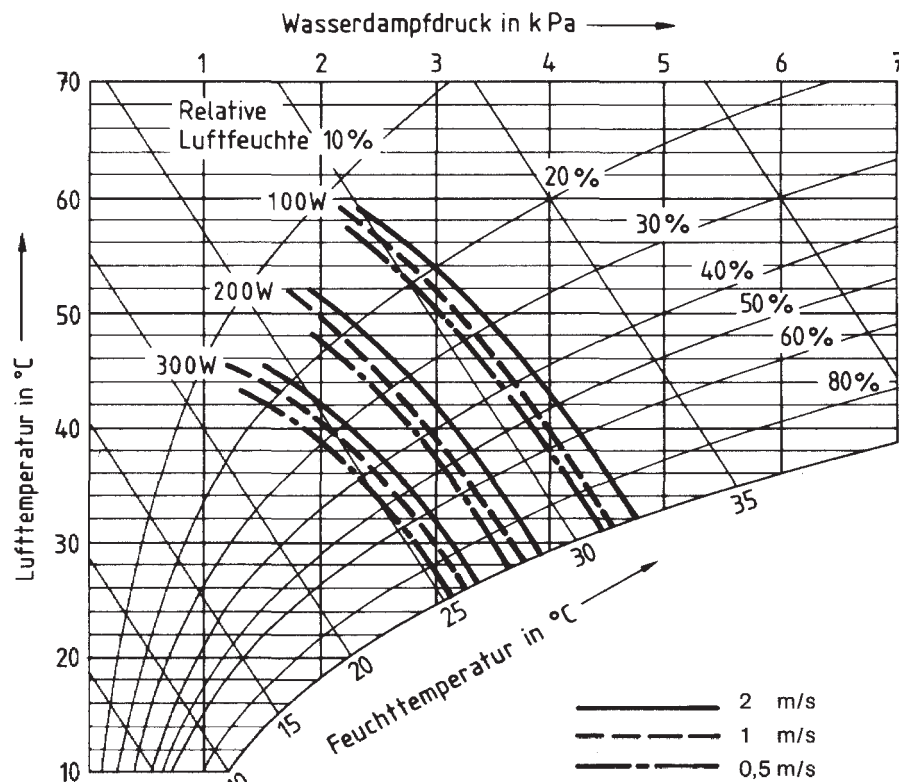


Bild 2. Einfluß der Erhöhung der Luftgeschwindigkeit ($v = 1$ bzw. 2 m/s gegenüber $0,5 \text{ m/s}$) auf die Orientierungsbereiche für Dauerausposition ($AU = 100, 200$ und 300 W , $I_{cl} = 0,9 \text{ clo}$)

Bild 3 erläutert den Einfluß der Verringerung der Bekleidungsisolations auf die Orientierungsbereiche für Dauerexposition für verschiedene Arbeitsenergieumsätze ($AU = 100, 200$ und 300 W) und eine Luftgeschwindigkeit ($v = 0,5$ m/s). Dargestellt sind hier zur besseren Übersicht nur die oberen Werte des Orientierungsbereiches.

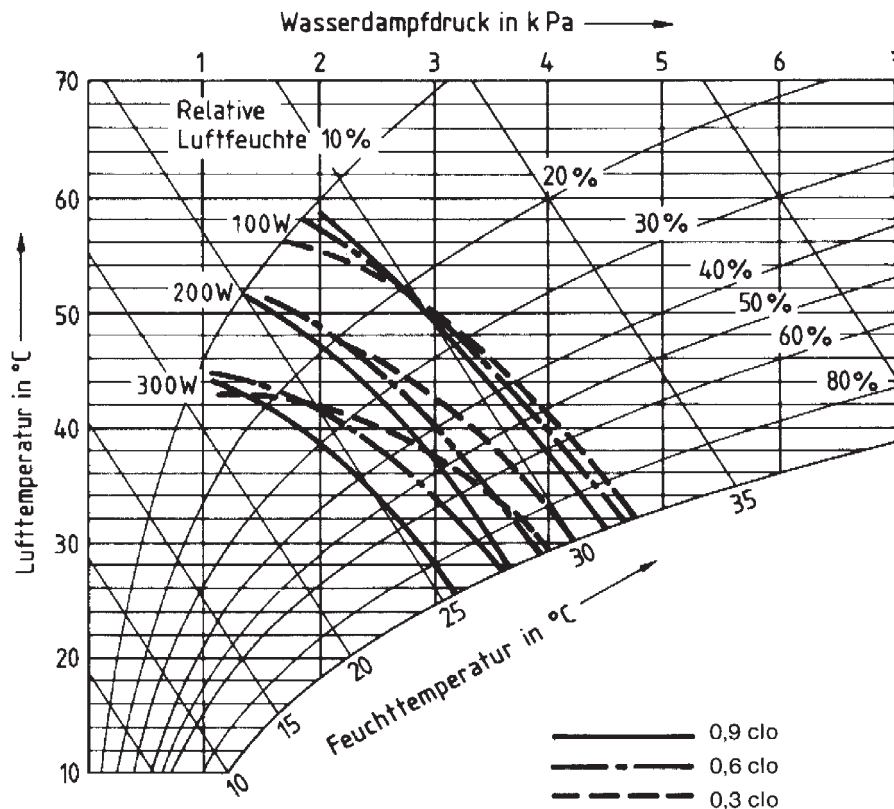


Bild 3. Einfluß der Verringerung der Bekleidungsisolations ($I_{cl} = 0,6$ bzw. $0,3$ clo gegenüber $0,9$ clo) auf die Orientierungsbereiche für Dauerexposition ($AU = 100, 200$ und 300 W, $v = 0,5$ m/s)

Eine geringere Isolations der Bekleidung verbessert die Verdunstungsmöglichkeit, so daß bei niedrigeren Lufttemperaturen die Orientierungsbereiche nach oben verschoben werden. Bei Lufttemperaturen oberhalb der Hauttemperatur wirkt die Bekleidung dagegen als ein Schutz gegen konvektive Wärmezufuhr.

Soweit die mittlere Strahlungstemperatur von der Lufttemperatur nicht erheblich abweicht, ist die hierdurch bedingte Wärmestrahlung bereits in den Diagrammen berücksichtigt. Die Beurteilung darüber hinausgehender gesonderter Wärmestrahlung wird in Abschnitt 5 angegeben. Die Anwendung der Diagramme wird in den folgenden Beispielen erläutert.

Beispiel 1:

Lufttemperatur t = 32 °C
 Relative Luftfeuchte U = 50%
 Luftgeschwindigkeit v = $0,5$ m/s
 Arbeitsenergieumsatz AU = 200 W
 Isolationswert der Bekleidung I_{cl} = $0,9$ clo

Für dieses Beispiel ist eine Dauerexposition zulässig, da dieser Zustand unterhalb des Orientierungsbereiches für die Dauerexposition liegt (siehe Bild 1).

Beispiel 2:

Relative Luftfeuchte U = 80%
 Alle anderen Größen wie Beispiel 1.

Hier wird der Orientierungsbereich überschritten, eine Dauerexposition ist nicht mehr zulässig.

Weichen die auftretenden Größen von den in den Diagrammen angegebenen Stufen ab, kann zur Ermittlung der entsprechenden Orientierungsbereiche eine Interpolation durchgeführt werden. Die Vorgehensweise wird in Beispiel 3 erläutert.

Beispiel 3:

Luftgeschwindigkeit v = $1,5$ m/s
 Arbeitsenergieumsatz AU = 250 W
 Isolationswert der Bekleidung I_{cl} = $0,9$ clo

Zuerst wird aus Bild 2 der Orientierungsbereich für $AU = 300$ W, $I_{cl} = 0,9$ clo, $v = 1,5$ m/s (Kurve 1 in Bild 4), aus Bild 2 der Orientierungsbereich für $AU = 200$ W, $I_{cl} = 0,9$ clo, $v = 1,5$ m/s interpoliert (Kurve 2 in Bild 4). Den gesuchten Orientierungsbereich für $AU = 250$ W erhält man durch Interpolation zwischen Kurve 1 ($AU = 300$ W) und Kurve 2 ($AU = 200$ W) (Kurve 3 in Bild 4).