

Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung
Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der
Grundlage ausgewählter Klimasummenmaße

DIN
33403-3

ICS 13.040.30; 13.100

Ersatz für
DIN 33403-3:1988-06

Climate at the workplace and its environments —
Part 3: Assessment of the climate in the warm and hot
working areas based on selected climate indices

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss 7 „Klima“ im Normenausschuss Ergonomie erarbeitet.

Als Hilfestellung für den Anwender wird auf eine in Bearbeitung befindliche BG-Informationsschrift (BGI 579) „Arbeiten unter klimatisch erschwerten Bedingungen“ hingewiesen. Darin werden die in dieser Norm beschriebenen Klimasummenmaße und Beurteilungsmöglichkeiten aufgegriffen und praxiserprobte Empfehlungen für konkrete betriebliche Situationen, z. B. auch für einmalige und wiederholte Kurzzeitexposition, angegeben.

Es wird weiter darauf hingewiesen, dass in dieser Norm neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit „clo“ angewendet wird, weil diese Einheit im angloamerikanischen Sprachraum üblich ist. Diese Einheit ist jedoch im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen vom 2. Juni 1969 nicht zulässig.

Änderungen

Gegenüber DIN 33403-3:1988-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vollständige Überarbeitung des Inhalts.
- b) Hinweise für die Anwendung der Klimasummenmaße
 - Basis-Effektivtemperatur, BET,
 - Normal-Effektivtemperatur, NET,
 - WBGT-Index (wet bulb globe temperature),
 - erforderliche Schweißrate, SW_{req} .

Frühere Ausgaben

DIN 33403-3: 1988-06

Fortsetzung Seite 2 bis 16

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	1
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweisungen	3
3 Wärmeentwicklung im menschlichen Körper	3
4 Klimasummenmaße	4
4.1 Allgemeines	4
4.2 Effektivtemperatur nach YAGLOU	5
4.3 WBGT-Index (wet bulb globe temperature)	6
4.4 Erforderliche Schweißrate SW_{req}	8
5 Anwendung der Klimasummenmaße	8
6 Angabe von Orientierungsbereichen für ausgewählte Klimasummenmaße	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Effektivtemperatur nach YAGLOU	9
6.3 WBGT-Index (wet bulb globe temperature)	10
6.4 Erforderliche Schweißrate SW_{req}	10
7 Beurteilung der Wärmestrahlung	11
7.1 Allgemeines	11
7.2 Orientierungswerte für Grenzen der Belastung durch Wärmestrahlung	11
7.3 Maximale Belastungszeit in Abhängigkeit von der Bestrahlungsstärke	12
Anhang A (informativ) Hinweise zur Bewertung von Hitzearbeit	14
Anhang B (informativ) Isolationswerte verschiedener Bekleidungen ..	15
Literaturhinweise	16

1 Anwendungsbereich

Diese Norm enthält Festlegungen für die Anwendung der Klimasummenmaße am Arbeitsplatz bei warmen und heißen Klimaten außerhalb des Behaglichkeitsbereiches unter Berücksichtigung von Arbeitsschwere und Bekleidung.

Die Klimasummenmaße

- Basis-Effektivtemperatur, BET,
- Normal-Effektivtemperatur, NET,
- WBGT-Index (wet bulb globe temperature),
- erforderliche Schweißrate, SW_{req} ,

werden beschrieben und messtechnische Bedingungen für ihre Erfassung angegeben. Zur Ermittlung dieser Klimasummenmaße sind Klimamessgeräte einsetzbar, die die Klimasummenmaße direkt ausgeben. Die Klimasummenmaße können aber auch aus den Klimagrößen ermittelt werden, die mit geeigneten Klimamessgeräten bestimmt werden.

Für die Beurteilung des Klimas am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung werden Orientierungsbereiche für die Klimaexposition angegeben. Sie gelten für Arbeitsplätze, an denen Tätigkeiten unter Klimabelastung regelmäßig zu verrichten sind und nur für hitzeakklimatisierte Personen¹⁾.

¹⁾ Siehe Anhang A.

Diese Norm gilt nicht

- für Arbeiten im Freien,
- für die untätigen Betriebe, die der Bergaufsicht unterliegen,
- für den Kältebereich,
- für einzelne Tage im Jahr, an denen die Außenlufttemperatur über 32 °C ansteigt²⁾ und hierdurch ein Überschreiten der Grenzen der Erträglichkeit hervorgerufen werden kann,
- bei Expositionszeiten unterhalb von 20 min,
- bei Verwendung spezieller Ganzkörper-Schutzkleidungen.

Die Norm gibt Anwendungshinweise für den Einsatz der verschiedenen Klimasummenmaße. Insofern stellt sie eine Ergänzung zu den europäischen Normen DIN EN 12515 und DIN EN 27243 dar.

Zweck der Festlegungen ist die Ableitung ergonomischer Maßnahmen, um die Beschäftigten vor hitzebedingten Gesundheitsschäden zu bewahren.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 33403-1, *Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung — Teil 1: Grundlagen zur Klimaermittlung*.

DIN 33403-2, *Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung — Teil 2: Einfluss des Klimas auf den Wärmehaushalt des Menschen*.

DIN 50010-2, *Klimate und ihre technische Anwendung — Klimabegriffe — Teil 2: Physikalische Begriffe*.

DIN EN 12515:1997, *Warmes Umgebungsklima — Analytische Bestimmung und Beurteilung der Wärmebelastung durch Berechnung der erforderlichen Schweißrate (ISO 7933:1989 modifiziert)*; Deutsche Fassung EN 12515:1997.

DIN EN 27243:1993, *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 27726:1993, *Umgebungsklima — Instrumente und Verfahren zur Messung physikalischer Größen (ISO 7726:1985)*; Deutsche Fassung EN 27726:1993.

DIN EN 28996:1993, *Ergonomie — Bestimmung der Wärmeerzeugung im menschlichen Körper (ISO 8996:1990)*; Deutsche Fassung EN 28996:1993.

3 Wärmeentwicklung im menschlichen Körper

Die Wirkung des Klimas auf den Menschen ist durch die physikalischen Klimagrößen, die körperliche Arbeit und die Bekleidung des Menschen gekennzeichnet. Körperliche Arbeit ist verbunden mit einer erhöhten Wärmeentwicklung im menschlichen Körper, die bei der Bewertung von Klimabedingungen zu berücksichtigen ist.

Außer der Wärme, die durch den Stoffwechsel bei Körperruhe (so genannter 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).

²⁾ Siehe VDI 2078.

Tabelle 1 — Stufung für den Arbeitsenergieumsatz

Stufe	Arbeitsenergieumsatz AU			Beispiel
	kJ/min	W ¹⁾	Bewertung	
I	$AU \leq 8$	$AU \leq 130$	sehr leicht	ruhiges Sitzen; mittelschwere Armarbeit im Sitzen
II	$8 < AU \leq 12$	$130 < AU \leq 200$	leicht	Gehen (Ebene, 3 km/h)
III	$12 < AU \leq 16$	$200 < AU \leq 270$	mittelschwer	Gehen (Ebene, 4 km/h)
IV	$16 < AU \leq 20$	$270 < AU \leq 330$	mittelschwer/schwer (Grenzbereich) ²⁾	Gehen (Ebene, 5 km/h)
V	$20 < AU \leq 23$	$330 < AU \leq 380$	schwer	Gehen (Ebene, 6 km/h)
VI	$23 < AU \leq 25$	$380 < AU \leq 420$	sehr schwer	Gehen (5° Steigung, 4 km/h)
VII	$AU > 25$	$AU > 420$	schwerst	Gehen (5° Steigung, 5 km/h)

¹⁾ 1 W = 0,06 kJ/min

²⁾ Als **Dauerleistungsgrenze** gilt für Männer abhängig von der eingesetzten Muskelmasse und vom Trainingszustand ein Arbeitsenergieumsatz von 16,5 kJ/min bis 17,5 kJ/min (Stufe IV); oberhalb dieser Stufe ist eine Dauerbelastung nicht mehr tolerierbar bzw. die damit verbundene Überbeanspruchung muss durch Erholung wieder ausgeglichen werden. Für Frauen gelten um etwa 30 % niedrigere Werte.

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 Muskularbeit oder bei vorgegebener Muskularbeit die Hitzebelastung vermindert werden.

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

Eine Beurteilung der muskulären Arbeitsschwere lässt sich anhand des Arbeitsenergieumsatzes (Gesamtenergieumsatz abzüglich Grundumsatz) durchführen. Unter der Voraussetzung des Einsatzes relativ großer Muskelgruppen (ab etwa 15 % der Gesamtmuskelmasse) ergibt sich für den mittleren Arbeitsenergieumsatz während der Schichtzeit die in Tabelle 1 dargestellte, empirisch ermittelte Stufung³⁾.

4 Klimasummenmaße

4.1 Allgemeines

Die Wirkung des Klimas auf den Menschen ist durch die physikalisch beschreibbaren Klimagrößen, die körperliche Arbeit und die Bekleidung des Menschen gekennzeichnet.

Jeder Klimazustand wird physikalisch eindeutig durch die Angabe folgender Klimagrößen beschrieben: die Lufttemperatur, die Luftfeuchte, die Luftgeschwindigkeit und die Wärmestrahlung. Die Änderung jeder einzelnen der genannten Größen wirkt sich auf den Menschen aus. Die außerordentliche Vielfalt der möglichen Kombinationen der Einflussgrößen des Klimas erschwert einen Vergleich und eine Bewertung von gleichen oder unterschiedlichen Klimawirkungen auf den Menschen. Durch verschiedene Verfahren versucht man, die Kombination der Klimaeinflussgrößen auf jeweils einen Kennwert, d. h. einen Klimasummenwert, zu reduzieren. Gleiche Klimasummenwerte sollen einer gleichen Wirkung auf den Menschen entsprechen. Auf diese Weise gewonnene Summenwerte bezeichnet man als Klimasummenmaße.

In dieser Norm werden folgende Klimasummenmaße behandelt:

- die Normal-Effektivtemperatur, NET,

³⁾ Eine ausführliche Darstellung der muskulären Arbeitsschwere findet sich in DIN EN 28996.

- die Basis-Effektivtemperatur, BET,
- der WBGT-Index (wet bulb globe temperature),
- die erforderliche Schweißrate, SW_{req} .

Die zur Ermittlung dieser Klimasummenmaße erforderlichen Klimagrößen sind beschrieben in DIN 33403-1 sowie DIN EN 27726.

4.2 Effektivtemperatur nach YAGLOU

4.2.1 Normal-Effektivtemperatur, NET

Die Normal-Effektivtemperatur (NET) nach YAGLOU wird üblicherweise in °C angegeben und ist für den bekleideten Menschen (Isolationswert der Bekleidung $I_{\text{cl}} = 0,5 \text{ clo}$ bis $1,0 \text{ clo}^4$) und bei Klimaten ohne zusätzliche Wärmestrahlung (Lufttemperatur unterscheidet sich unwesentlich von den Temperaturen der umgebenden Wände) anwendbar. Die Normal-Effektivtemperatur (NET) wird ermittelt aus der Lufttemperatur t_a , der Feuchttemperatur t_w (oder mittelbar aus der relativen Luftfeuchte U) und der Luftgeschwindigkeit v_a .

Die Beziehung zwischen diesen Klimamessgrößen und der Normal-Effektivtemperatur ist nur in den Bereichen der einzelnen Messgrößen gesichert, wie sie in dem Nomogramm in Bild 1 eingezeichnet sind. Neben der Ermittlung der Effektivtemperatur über Nomogramme können auch Funktionen, die die Inhalte der Nomogramme wiedergeben, eingesetzt werden.

BEISPIEL Beispiel zur Ermittlung der Normal-Effektivtemperatur:

Gemessen wurde:

- eine Lufttemperatur $t_a = 40^\circ\text{C}$,
- eine relative Luftfeuchte $U = 33\%$,
- eine Luftgeschwindigkeit $v_a = 1 \text{ m/s}$.

Die Bestimmung der Feuchttemperatur t_w kann unter Anwendung des in DIN 33403-3-2, Bild 1 dargestellten Zusammenhangs erfolgen:

Es ergibt sich mit $t_a = 40^\circ\text{C}$ und $U = 33\%$ eine Feuchttemperatur $t_w = 26^\circ\text{C}$.

Die Effektivtemperatur für den bekleideten Menschen kann dann aus Bild 1 ermittelt werden:

Hierzu werden die Lufttemperatur t_a ($= 40^\circ\text{C}$) und die Feuchttemperatur t_w ($= 26^\circ\text{C}$) durch eine Gerade verbunden, die die Kurvenschar der Normal-Effektivtemperatur schneidet.

Bei einer Luftgeschwindigkeit $v_a = 1 \text{ m/s}$ ergibt sich dann für die Normal-Effektivtemperatur $\text{NET} = 29,7^\circ\text{C}$.

4.2.2 Basis-Effektivtemperatur, BET

Die Basis-Effektivtemperatur (BET) nach YAGLOU wird üblicherweise in °C angegeben und ist für Personen mit unbedecktem Oberkörper ($I_{\text{cl}} < 0,5 \text{ clo}^4$) und bei Klimaten ohne zusätzliche Wärmestrahlung (Lufttemperatur unterscheidet sich unwesentlich von den Temperaturen der umgebenden Wände) anwendbar. Analog zur Normal-Effektivtemperatur ist die Basis-Effektivtemperatur unter diesen Bedingungen bestimmt durch die Klimagrößen Lufttemperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit.

Die Ermittlung der Basis-Effektivtemperatur (BET) erfolgt analog zu der der Normal-Effektivtemperatur, jedoch unter Verwendung des Nomogramms in Bild 2. Auch hier können alternativ Funktionen, die die Inhalte des in Bild 2 dargestellten Nomogramms wiedergeben, eingesetzt werden.

⁴⁾ Kennwert für den Wärmedurchlasswiderstand der Bekleidung in „clothing-Einheiten“, kurz „clo“ genannt ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ — eine Tabelle mit Isolationswerten ausgewählter Bekleidungen befindet sich in Anhang B).