

Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V.
(DGAUM)



Leitlinie

Arbeit unter klimatischer Belastung:

Hitze

publiziert bei:



AWMF-Register Nr.

002/039

Klasse:

S1



Vorbemerkung:

Die in der Leitlinie vorgeschlagenen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen sind medizinisch notwendig und entsprechen dem allgemein anerkannten Stand der Wissenschaft.

Diese Leitlinie wird zur Anwendung für Arbeiten empfohlen, bei denen eine klimatische Belastung durch Hitze eine ausgeglichene Wärmebilanz des menschlichen Körpers gefährdet.

Beachten Sie bitte auch die für das arbeitsmedizinische Leitlinienprinzip geltenden Besonderheiten sowie die sonstigen fachgebietsrelevanten Handlungsempfehlungen.

I N H A L T

Vorbemerkung: Stand der Wissenschaft

1 Charakterisierung der Einwirkung

2 Vorkommen und Gefährdung

3 Beurteilung der Einwirkung

3.1 Einflussfaktoren

3.2 Beurteilung einer Hitzebelastung in Innenräumen

3.3 Beurteilung einer Wärmestrahlung

3.4 Beurteilung einer Hitzebelastung im Freien

3.5 Erträglichkeitsgrenzen einer Hitzebelastung

4 Präventionsmaßnahmen

5 Krankheitsbilder

6 Quellen

6.1 Zitierte Quellen

6.2 Weiterführende Quellen

7 Impressum

Vorbemerkung: Stand der Wissenschaft

Es ist das Ziel einer Leitlinie, den allgemein anerkannten Stand der Wissenschaft für die Anwendung im betrieblichen Alltag zugänglich zu machen.

Eine Abfrage der einschlägigen medizinischen Datenbanken belegt, dass die thermophysiologische Forschung z. Z. nicht im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses steht: So ergibt beispielsweise die Suche in der *Pub Med* Datenbank der U. S. *National Library of Medicine – National Institutes of Health* zu den Schlagworten *heat stress exercise* lediglich 302 und zu *occupational heat exposure* nur 110 Hinweise auf Veröffentlichungen in den letzten zehn Jahren.¹ Das Ergebnis zum Thema *heat illness* beträgt 323 Nennungen.²

Diese Recherchen sowie die Überprüfung relevanter Arbeitsschutzinformationen zeigen, dass im Themenumfeld „Arbeit unter Hitzebelastung“ keine wesentlichen neuen Erkenntnisse vorliegen. Entsprechend orientiert sich die vorliegende Leitlinie vorwiegend an gültigen Normen und Vorschriften sowie an dem (*Muster-*) *Kursbuch Arbeitsmedizin / Betriebsmedizin*, das von der *Bundesärztekammer* in Zusammenarbeit mit der *Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V.*, dem *Verband Deutscher Betriebs- und Werksärzte – Berufsverband Deutscher Arbeitsmediziner e. V.* und den *Sektionen und Akademien für Arbeitsmedizin* (2008) herausgegeben wird.

Üblicherweise erfolgt die Beurteilung von Klimabelastungen mit sog. Klimasummenmaßen, die zum Teil sehr unterschiedliche Kriterien berücksichtigen und oft einen hohen Anspruch an Messtechnik und Auswertelgorithmen stellen.

Die große Zahl der bisher publizierten, unterschiedlichen Klimasummenmaße deutet auf die umfangreichen Schwierigkeiten hin, ein allgemein gültiges Verfahren für Hitze belastete Tätigkeiten zu finden. Deshalb wurden die in diesem Dokument empfohlenen Summenmaße insbesondere nach ihrer Praktikabilität und ihrer Einsatzbreite ausgewählt. Darüber hinaus sei jedoch auf weitere Beurteilungsmöglichkeiten hingewiesen:

Der Predicted Four-Hour Sweat Rate Index (P4SR, McArdle et al. 1947) ist vermehrt auf die erhöhte Schweißbildung bei der physiologischen Anpassung des Menschen an eine Wärmebelastung ausgerichtet (Macpherson 1969, Wynham 1970), da die gebräuchlichen Effektivtemperaturen oder der Wet-Bulb-Globe-Temperature Index (WBGT) keinen unmittelbaren Eingang von physiologischen Größen ermöglichen.

Das beim P4SR verwendete Konzept der Wärmebilanzierung wurde mit dem Klimasummenmaß „Erforderliche Schweißrate“ (Vogt et al. 1978, Voß et al. 1991) erweitert und zur „Vorhergesagten Wärmebeanspruchung“ (PHS: predicted heat strain) aktualisiert (DIN EN ISO 7933). In der kürzlich neugefassten DIN 33 403 T3 wird auf dieses Verfahren explizit hingewiesen. Es analysiert detailliert den Wärmeaustausch zwischen dem Menschen und seiner Umgebung. Dementsprechend kann unter Einbeziehung der klima- und personenbezogenen Größen die zum Ausgleich der Wärmebilanz erforderliche Schweißverdunstung näherungsweise berechnet werden (Malchaire et al. 2001). Dieses Vorgehen wird im betrieblichen Alltag jedoch durch die komplexe Analyse der Einflussfaktoren erheblich erschwert, sodass der Einsatzbereich der PHS derzeit auf spezielle Einzelanwendungen beschränkt ist und noch weitere Erfahrungen abzuwarten sind.

¹ Stand: April 2011; Suchfilter: veröffentl. in letzten 10 Jahre, engl. und dtsh. Sprache, Menschen ab 19 Jahre

² Zum Vergleich: Ein Thema mit höherer Aktualität, z. B. das Schlagwort *BMI*, führt zu 25.779 Arbeiten.

1 Charakterisierung der Einwirkung

Ein Klima wird allgemein durch die Kombination von vier physikalischen Klimakenngrößen beschrieben:

- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftgeschwindigkeit
- Wärmestrahlung

Jede Kenngröße kann unterschiedlich ausgeprägt sein. Gemeinsam beeinflussen sie das Klimaempfinden des Menschen.

2 Vorkommen und Gefährdung

Arbeit unter Hitzebelastung gefährdet eine ausgeglichene Wärmebilanz des menschlichen Körpers. Diese Gefährdung kann in Innenräumen, im Freien und auch im Bergbau auftreten.

In Innenräumen sind Hitzebelastungen u. a. an folgenden Arbeitsplätzen möglich:

- Eisen- und Stahlherstellung
- Metallbe- und -verarbeitung
- Glas- und Keramikproduktion
- Spüleinrichtungen
- Küchen und Wäschereien

Im Freien können - je nach Jahreszeit - Beschäftigte durch Hitze belastet sein; das betrifft z. B.:

- Hoch- und Tiefbau
- Land- und Forstwirtschaft
- Gartenbau

Im Bergbau steigen mit zunehmender Förderteufe die Gebirgstemperaturen. Bei einem gemittelten Temperaturgradienten der geothermischen Tiefenstufe von 3 Kelvin pro 100 Metern und die durch die nasse Staubbekämpfung bedingte hohe Luftfeuchte entstehen insbesondere in den großen Tiefen des deutschen Steinkohlenbergbaus bedeutende Hitzebelastungen³.

Eine nicht ausgeglichene Wärmebilanz führt zu einer metabolisch bedingten Erhöhung der Körperkerntemperatur. Sie sollte nicht über 38,5 °C ansteigen. Bei medizinischer Voruntersuchung und Überwachung während der Hitzeexposition kann bei akklimatisierten, freiwilligen Personen, etwa bei Rettungseinsätzen, eine Überschreitung bis auf maximal 39 °C toleriert werden (DIN EN ISO 9886). Auch nach Abbruch einer belastenden körperlichen Arbeit und Beendigung einer Hitzeexposition ist in den ersten Minuten Vorsicht geboten, da noch ein weiterer Anstieg der Kerntemperatur möglich ist.

Als zusätzlicher Indikator für eine nicht ausgeglichene Wärmebilanz kann die Differenz zwischen der Körperkerntemperatur und der mittleren Hauttemperatur dienen: Eine Annäherung zwischen der Körperkern- und der Hauttemperatur (Konvergenz) ist Ausdruck einer beginnenden Dekompensation der Thermoregulation unter der Hitzebelastung bei Erschöpfung der thermoregulatorischen Möglichkeiten des Organismus¹.

Bei einer Hitzeexposition ist die Gesundheit aber auch durch eine übermäßige Vasodilatation, unzureichenden Flüssigkeitersatz, überhöhten Kochsalzverlust und ggf. durch intensive, ungeschützte Sonnenbestrahlung von Kopf und Nacken gefährdet (s. u.).

³ Die Arbeitsplätze im Bergbau werden in der vorliegenden Leitlinie nicht explizit berücksichtigt, da bei diesen die Bergverordnung zum Schutz der Gesundheit gegen Klimaeinwirkung (KlimaBergV) anzuwenden ist.

3 Beurteilung der Einwirkung

3.1 Einflussfaktoren

Zur Beurteilung der Klimawirkung sind alle Faktoren zu berücksichtigen, die die metabolische Wärmeproduktion des menschlichen Körpers und seinen Wärmeaustausch mit der Umgebung beeinflussen.

Das sind grundsätzlich:

- Arbeitsenergieumsatz⁴, d. h. metabolische Wärmeentwicklung (s. Tab. 1; vgl. auch Spitzer et al. 1981)
- Bekleidungsisolations (clo = clothing unit⁵; s. Abb. 1)
- Expositionsdauer

Tab. 1: Einordnung des Arbeitsenergieumsatzes (DIN 33 403 T3) während einer 8 h-Arbeitsschicht

sehr leicht	bis 130 W	Sitzen, mittelschw. Armarbeit
leicht	130 - 200 W	Gehen (3 km/h, Ebene)
mittelschwer	200 - 270 W	Gehen (4 km/h, Ebene)
mittelschwer / schwer	270 - 330 W	Gehen (5 km/h, Ebene)
schwer	330 - 380 W	Gehen (6 km/h, Ebene)
sehr schwer	380 - 420 W	Gehen (4 km/h, 5° Steigung)
schwerst	über 420 W	Gehen (5 km/h, 5° Steigung)

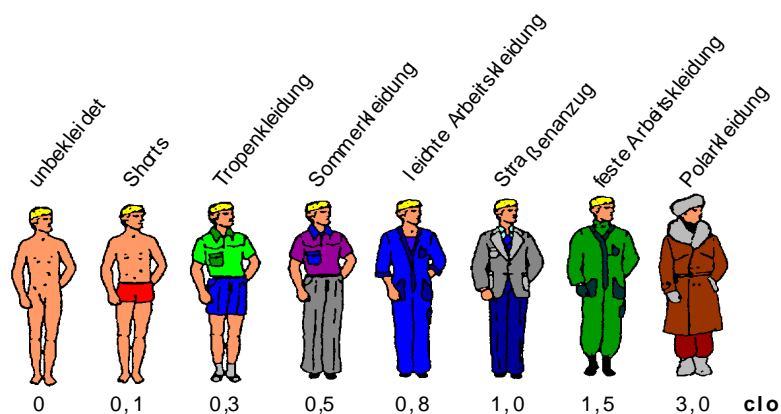


Abb. 1: Schema mit Beispielen der Bekleidungsisolations (0 – 3 clo)

Darüber hinaus sind für eine individuelle Beurteilung und Beratung noch weitere Einflussgrößen von Bedeutung:

- Akklimatisation
- Körpergewicht, Ernährungszustand
- Konstitution, Trainingszustand
- Alter, Geschlecht
- Gesundheitszustand
- Psychosoziale Faktoren

⁴ Arbeitsenergieumsatz = Gesamtenergieumsatz - Grundenergieumsatz

⁵ 1 clo = 0,155 m² · K · W⁻¹

3.2 Beurteilung einer Hitzebelastung in Innenräumen

Die vier physikalischen Klimakenngößen (s. o.) lassen eine Vielzahl von Kombinationen zu. Deshalb wurden zur Praktikabilität der Beurteilung der Klimawirkung sog. Klimasummenmaße oder auch Klimabelastungsindizes entwickelt und eingeführt.

Häufig wird hier die sog. Normal-Effektivtemperatur (NET) nach YAGLOU (Abb. 2) angewandt (DIN 33403 T3). Sie setzt eine Bekleidungsisolations von 0,5 – 1 clo voraus und findet u. a. im Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), G 30 *Hitzearbeiten* (2010), und in den zugehörigen Auswahlkriterien (BGI / GUV-I 504-30) Anwendung. Die Methode vernachlässigt allerdings die Wärmestrahlung und ist daher nur für Innenräume ohne Strahlungsquellen geeignet (s. auch 3.3).

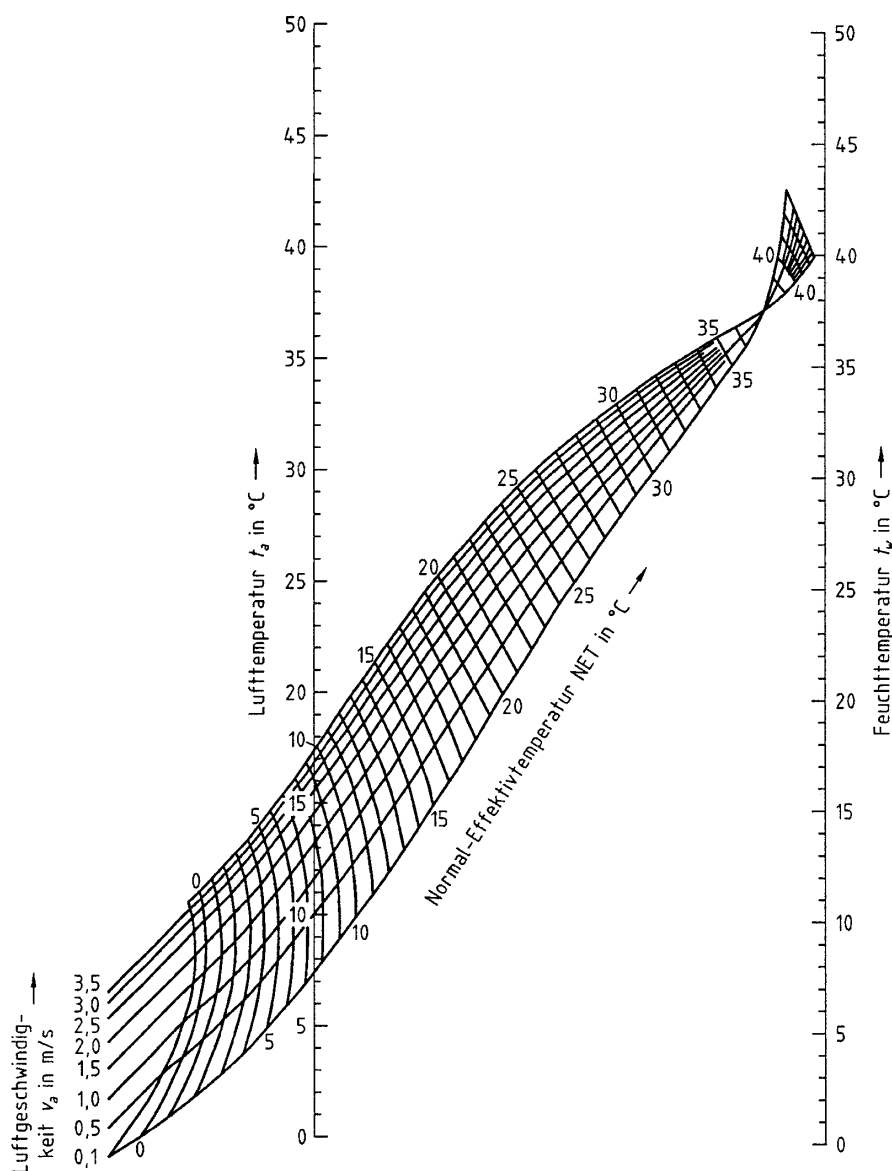


Abb. 2: Nomogramm zur Ermittlung der Normal-Effektivtemperatur, NET (DIN 33403 T3)

Zur Beurteilung einer Hitzebelastung wird neben dem NET-Wert zur Klimabeurteilung auch der Arbeitsenergieumsatz (Gesamtenergieumsatz - Grundenergieumsatz) benötigt (vgl. Tab. 1). Ist die Bestimmung durch eine indirekte Kalorimetrie zu aufwendig, kann auch auf ein Tabellenwerk mit Standardarbeiten (Spitzer et al. 1981) zurückgegriffen werden. Mit steigendem Arbeitsenergieumsatz sinkt die Toleranz gegenüber einer Hitzebelastung. In Abbildung 3 (nach DIN 33403 T3) ist dieser Zusammenhang als Orientierungsbereich für die Dauerexposition einer 8 h-Arbeitsschicht dargestellt.

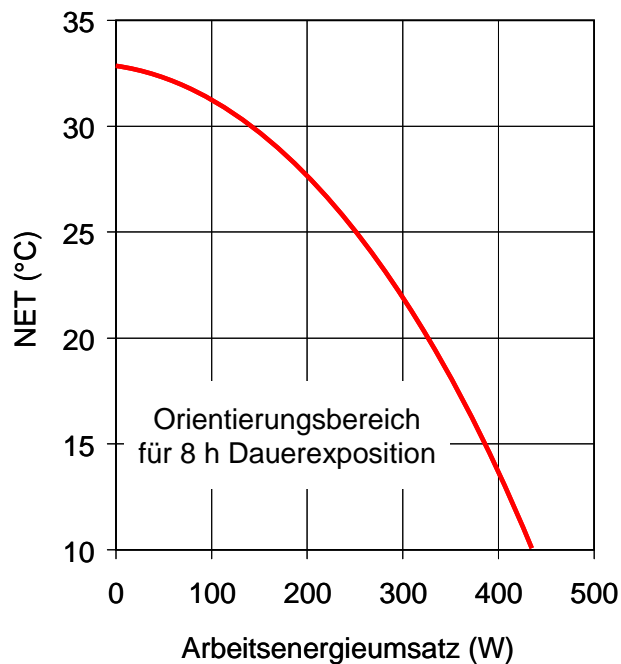


Abb. 3: Orientierungsbereich für die Dauerexposition einer 8 h-Arbeitsschicht (nach DIN 33403 T3) bei Hitzearbeit in Innenräumen aus der Kombination von NET-Wert und Arbeitsenergieumsatz

3.3 Beurteilung einer Wärmestrahlung

Ist ein Beschäftigter Wärmestrahlungsquellen ausgesetzt, deren Strahlungstemperaturen über den Lufttemperaturen liegen, so muss diese zusätzliche klimatische Belastung gesondert berücksichtigt werden.

Maßgebend für die Wirkung der Wärmestrahlung auf den Menschen ist die effektive Bestrahlungsstärke (E_{eff}). Sie ist eine Bilanzierung der Wärmestromdichte, die durch Strahlung einerseits von der Körperoberfläche abgeführt und andererseits aus der Umgebung aufgenommen wird. Die Maßeinheit ist W/m^2 .

Analog zur Expositionsbegrenzung der Hitzebelastung mit Hilfe der NET bestehen auch für die Wärmestrahlung orientierende Grenzwerte in Abhängigkeit vom Arbeitsenergieumsatz (nach DIN 33403 T3). Für eine Arbeitsschicht von 8 Stunden verdeutlicht Abbildung 4 die Beanspruchungszusammenhänge. Die Darstellungen in Abbildung 5 beziehen sich auf Kurzzeitexpositionen (bis einschließlich 90 min).

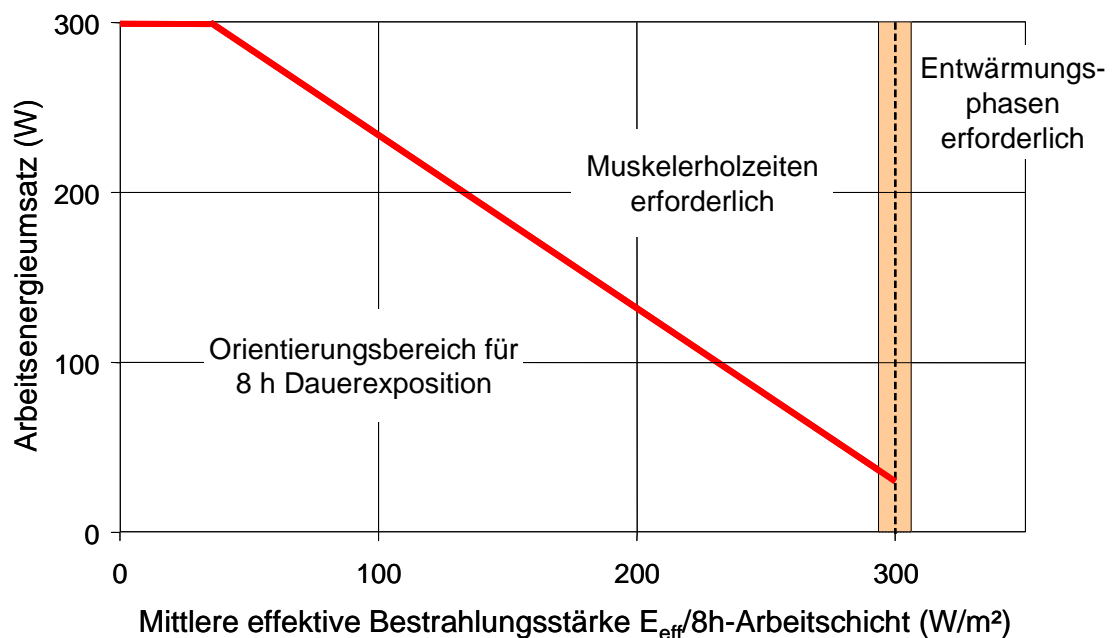


Abb. 4: Orientierungsbereiche für die Wärmestrahlungsexposition bei einer Arbeitsschicht von 8 Stunden in Abhängigkeit vom Arbeitsenergieumsatz (nach DIN 33403 T3)

Erläuterungen:

- Bis zu einer mittleren effektiven Bestrahlungsstärke von einschließlich $35 \text{ W}/\text{m}^2$ ist der Einfluss der Wärmestrahlung vernachlässigbar.
- Im Orientierungsbereich unterhalb der Geraden ist bis einschließlich einer mittleren effektiven Wärmestrahlung von $300 \text{ W}/\text{m}^2$ eine 8 h Dauerexposition möglich. Oberhalb dieser Geraden sind Muskelerholzeiten erforderlich; diese können im Wärmestrahlungsbereich verbracht werden.
- Bei einer mittleren effektiven Wärmestrahlung über $300 \text{ W}/\text{m}^2$ sind Entwärmungsphasen (außerhalb des Wärmestrahlungsbereichs) erforderlich.

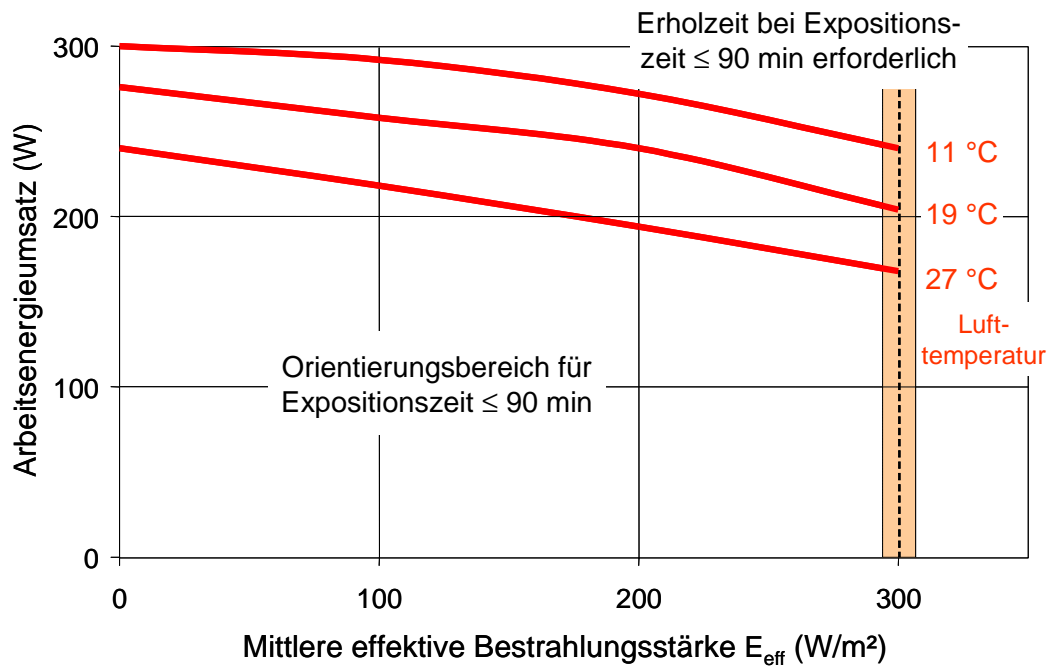


Abb. 5: Orientierungsbereiche für Kurzzeitexposition (bis einschließlich 90 min) bei Wärmestrahlung in Abhängigkeit vom Arbeitsenergieumsatz (DIN 33403 T3) und der Lufttemperatur (rote Kurven)

Cave: Hohe Bestrahlungsstärken beeinträchtigen nicht nur den Wärmehaushalt des Menschen, sondern haben auch schädigende Wirkung auf Haut und Augen! Einschlägige Informationen sind der entsprechenden Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (DGAUM) zu entnehmen.

3.4 Beurteilung einer Hitzebelastung im Freien

Zur Beurteilung einer Hitzebelastung im Freien ist international der Wet-Bulb-Globe-Temperature Index (WBGT) etabliert (ISO 7243, DIN EN 27243).

In diesem Klimasummenmaß sind die Klimaelemente Feuchttemperatur⁶, Globetemperatur nach VERNON und Lufttemperatur (Trockentemperatur) enthalten. Die Globetemperatur wird im Innern einer dünnwandigen mattschwarzen Hohlkugel gemessen und reagiert daher auf Wärmestrahlung⁷. Dementsprechend muss im Freien die mögliche Einwirkung der Sonnenstrahlung durch eine der beiden nachstehenden Formeln (Abb. 6). berücksichtigt werden.

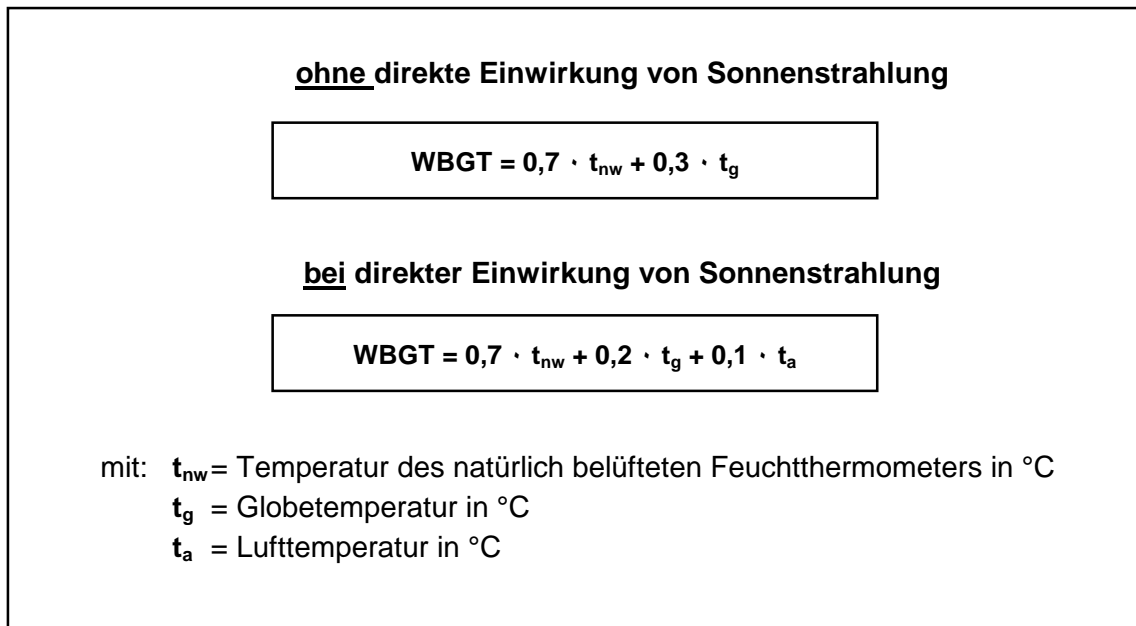


Abb. 6: Bestimmung des Klimasummenmaßes WBGT unter Berücksichtigung der Sonnenstrahlung

⁶ Bei der WBGT wird die Feuchttemperatur mit einem „natürlich belüfteten“ Thermometer (DIN EN 27243) erfasst. Die (psychrometrische) Feuchttemperatur der NET wird dagegen mit einer erzwungenen, „künstlichen“ Luftströmung gemessen.

⁷ Hinweis: Ohne Wärmestrahlung entspricht die Globetemperatur der Lufttemperatur.

Für den WBGT-Index gelten sog. Richtwerte (DIN EN 27243, s. a. DIN 33403 T 3), die in Abhängigkeit vom Arbeitsenergieumsatz und unter Berücksichtigung der Expositionszeit Erträglichkeitsgrenzen aufzeigen (Tab. 2).

Die Angaben gelten für eine Bekleidungsisolations von 0,6 clo. Für abweichende Isolationen werden Korrekturwerte empfohlen, nach denen eine Erhöhung der Bekleidungsisolations um 0,1 clo einer Reduzierung der WBGT-Toleranzgrenze um 0,5 °C entspricht.

Tab. 2: Richtwerte für den WBGT-Index in Abhängigkeit vom Arbeitsenergieumsatz bei Dauerexposition nach DIN EN 27243

Arbeitsenergieumsatz (AU) ⁸ (W) bezogen auf eine mittlere Körperoberfläche von 1,8 m ²	Richtwerte für WBGT (°C)			
	für hitzeakklimatisierte Personen		für nicht hitzeakklimatisierte Personen	
	keine spürbare Luftbewegung	spürbare Luftbewegung	keine spürbare Luftbewegung	spürbare Luftbewegung
(ruhend)	33		32	
AU ≤ 117	30		29	
117 < AU ≤ 243	28		26	
243 < AU ≤ 351	keine spürbare Luftbewegung	spürbare Luftbewegung	keine spürbare Luftbewegung	spürbare Luftbewegung
	25	26	22	23
AU > 351	23	25	18	20

⁸ Die ungeraden Zahlen entstehen durch die Extrapolation der Richtwerte für eine standardisierte Körperoberfläche von 1 m² auf eine mittlere Körperoberfläche von 1,8 m².

Die nachfolgende Tabelle dient zur Verdeutlichung des Klimaempfindens am Beispiel des Klimasummenmaßes WBGT. Die dargestellten Kombinationen aus Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte entsprechen jeweils einem Klimazustand, der durch eine WBGT von 27 °C charakterisiert ist.

Tab. 3: Unterschiedliche Kombinationen der Klimagrößen für ein identisches Klimaempfinden bei einer WBGT von 27 °C

Lufttemperatur	relative Luftfeuchte
42,8 °C	10 %
39,3 °C	20 %
36,7 °C	30 %
34,6 °C	40 %
32,9 °C	50 %
31,4 °C	60 %
30,1 °C	70 %
29,0 °C	80 %
27,9 °C	90 %
27,1 °C	100 %

WBGT = 27 °C

Einschränkungen bei der Anwendung des Klimasummenmaßes WBGT

Wie jedes Klimasummenmaß beruht auch der Wet-Bulb-Globe-Temperature Index auf Generalisierungen, die seine Anwendung erleichtern, aber auch Limitierungen nach sich ziehen.

Bei der WBGT besteht die Gefahr, dass eine Klimabelastung u. a. aus folgenden Gründen unterschätzt wird:

- Eine erhöhte Windgeschwindigkeit bewirkt eine konvektive Kühlung der Hohlkugel und damit eine Verfälschung der Globetemperatur.
- Eine geringe Luftfeuchte kann zu einer drastischen Unterschätzung der tatsächlichen Klimabelastung durch eine „Unterbewertung“ der Lufttemperatur führen (vgl. Tab. 2: 42,8 °C und 10 % rel. F. oder auch 39,3 °C und 20 % rel. F.).

Weitere Einschränkungen bei der Anwendung der WBGT hat Taylor (2006) in einer Übersichtsarbeit zusammengestellt.

3.5 Erträglichkeitsgrenzen einer Hitzebelastung

Im *Erträglichkeitsbereich* kann der Körper eine Hitzebelastung noch kompensieren (u. a. durch eine erhöhte Schweißabgabe) und während eines achtstündigen Arbeitstages einen Gleichgewichtszustand aufrecht erhalten. Im *Ausführbarkeitsbereich* ist das nicht mehr möglich.

Der Übergang vom *Erträglichkeits-* zum *Ausführbarkeitsbereich* kennzeichnet demnach die Grenze zwischen den Orientierungszonen für Dauorexposition und für Kurzzeitexposition, in der die klimatische Belastung nur mit entsprechenden Entwärmungsphasen für kurze Zeiträume vom Körper toleriert werden kann.

Bei einem Arbeitsenergieumsatz von ≤ 200 W und einer Bekleidungsisolations von ≈ 1 clo lässt sich diese Grenze auf der Basis arbeitsmedizinischer Erkenntnisse näherungsweise durch einen allgemeiner Orientierungswert von $NET = 28$ °C fixieren. Der alternative Orientierungswert für das Klimasummenmaß WBGT beträgt für mittlere Luftfeuchte und bei niedrigen Windgeschwindigkeiten im Rahmen der Aussagegenauigkeit etwa 27 °C.

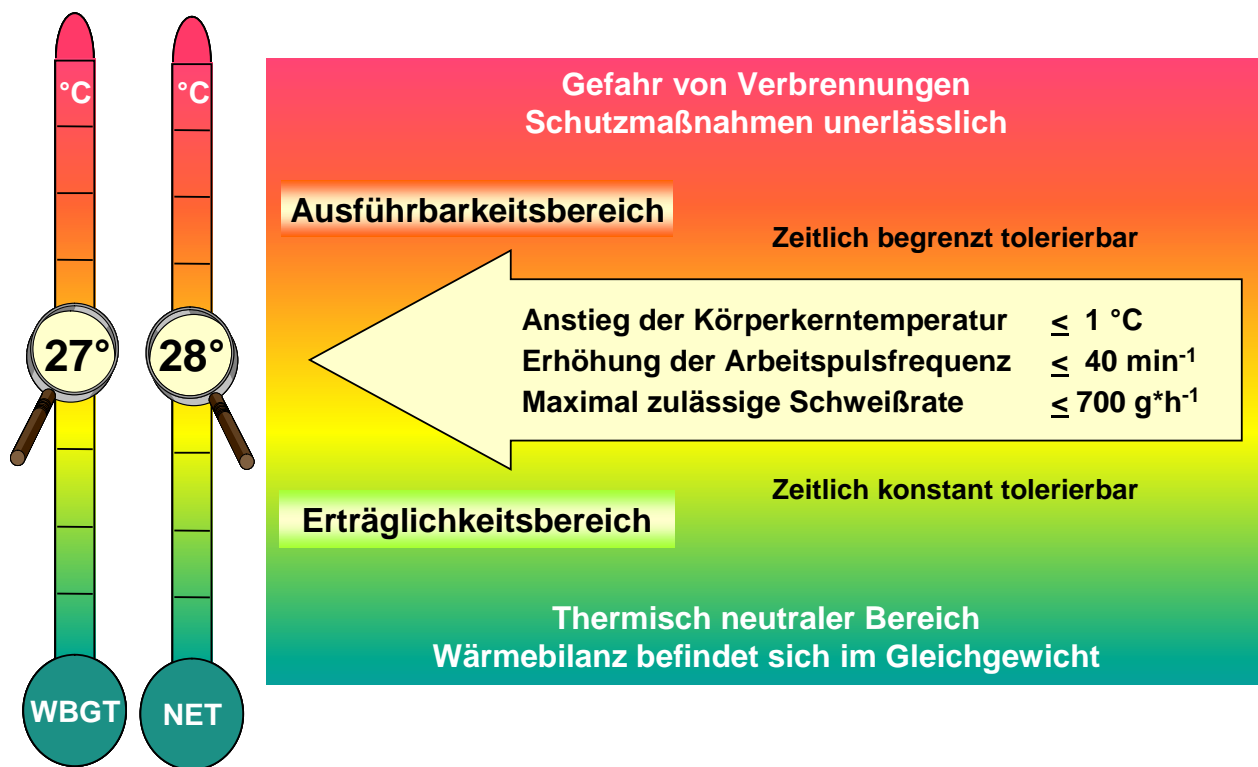


Abb. 7: „Grenztemperaturen“ für WBGT und NET, die den Übergang vom Erträglichkeits- zum Ausführbarkeitsbereich kennzeichnen

4 Präventionsmaßnahmen

In vielen Arbeitsbereichen kann die Hitzebelastung durch technische Möglichkeiten (insb. Klimatisierung) reduziert werden. Ist dies nicht oder nicht ausreichend möglich, können die Auswirkungen von Hitze auf den menschlichen Körper durch die nachfolgenden medizinisch orientierten Präventionsmaßnahmen begrenzt werden:

- Arbeitsmedizinische Prävention

Der Betriebsarzt sollte immer in die Gefährdungsbeurteilung (ArbSchG §5) und die Beratung der Beschäftigten aktiv einbezogen werden.

Wird bei der Gefährdungsbeurteilung festgestellt, dass eine extreme Hitzebelastung zu einer besonderen Gefährdung führen kann (vgl. Kap. 2), ist eine arbeitsmedizinische Pflichtuntersuchung notwendig (ArbMedVV, Anhang Teil 3, Abs. 1, Nr. 1).

Aussagen zur erforderlichen arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung bei Hitzearbeit finden sich u. a. im entsprechenden Grundsatz der DGUV, G 30 *Hitzearbeiten* (2010). Diese Untersuchung erlaubt allerdings keine sichere Prognose der Hitzetoleranz, sondern wendet Ausschlusskriterien (Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der Atmungsorgane, der Leber, der Nieren etc.) an. Auch die vorgesehene Fahrradergometrie ermöglicht keine spezifische Vorhersage zur thermischen Toleranz, da sie lediglich eine Kreislauffunktionsprüfung ist.

Das Risiko einer Hitzeerkrankung wird weiterhin durch Übergewicht und zusätzlich durch geringe körperliche Leistungsfähigkeit erhöht.

- Akklimatisation

Die Toleranz gegenüber Hitzebelastung lässt sich durch gezielte Maßnahmen der Akklimatisation vor Aufnahme einer Hitzearbeit steigern (Aoyagi et al. 1997).

Dadurch kommt es zu Anpassungen im Regelverhalten der Thermoregulation (effektiveres Schwitzen, früheres Einsetzen des Reflexschwitzens, Vermehrung des zirkulierenden Blutvolumens, Steigerung des Herzschlagvolumens, Reduktion des Elektrolytgehalt des Schweißes bis um den Faktor 10), die einen akklimatisierten Organismus befähigen, eine Hitzeexposition deutlich länger mit Zeichen geringerer Beanspruchung bzw. auch höhere klimatische Belastungen ohne Dekompensation zu ertragen (Piekarski & Zerlett 1993).

Diese Anpassungsvorgänge können in der Regel nach etwa 10 Tagen einen ausreichenden ersten Schutz erzielen, nach ca. vier Wochen ist mit einer vollständigen Akklimatisation zu rechnen. Individuelle Charakteristika und Akklimatisationsbedingungen haben auch hier Einfluss auf den Zeitbedarf des Prozesses.

Der erreichte Akklimatisationszustand ist nicht von Dauer: Eine Unterbrechung der regelmäßigen Exposition von nur einer Woche führt zu Akklimatisationseinbußen von ca. 50 %, bei drei Wochen kommt es zu einem kompletten Verlust.

- Flüssigkeitshaushalt

Eine regelmäßige und ausreichende Flüssigkeitsaufnahme ist Voraussetzung zum Erhalt der Gesundheit und der Leistungsfähigkeit. Idealerweise sollten die Trink- und Schweißmengen entsprechen. Bei entsprechender körperlicher Belastung können über eine gesamte Arbeitsschicht bei Hitzeakklimatisierten Schweißverluste von über 1 l/h auftreten. Kurzfristig sind sogar größere Volumina möglich.

Erfahrungsgemäß wird jedoch häufig zu wenig getrunken und es entsteht eine unerwünschte „freiwillige“ Dehydration, da das Durstgefühl beim Menschen erst verzögert einsetzt. Sie kann verhindert werden, wenn Schweißverluste kontinuierlich durch regelmäßiges Trinken ausglich werden.

Allgemeine Trinkempfehlungen von 150 – 250 ml pro ¼ h werden für die meisten Hitzeexpositionen zutreffen (sog. *preventive drinking*). Dabei können Gesamtmengen bis zu 8 l in einer Arbeitsschicht und u. U. weitere 4 l durch gezieltes Nachtrinken über den ganzen Tag notwendig werden. Häufig wird das über die Arbeitswoche aufgebaute Defizit aber erst am arbeitsfreien Wochenende wieder ausgeglichen.

Eine ausreichende Flüssigkeitsaufnahme ist durch die Urinfarbe (je heller, desto besser) kontrollierbar. Ein bereits dunkelgelber Urin ist ein Warnsignal und zeigt die Konzentrierung des Urins aufgrund einer ausgeprägten Antidiurese, die bei Wassermangel durch eine erhöhte ADH-Ausschüttung entsteht.

Ebenso ist ausreichendes Trinken zur Prävention von Harnsteinen (Hesse & Siener 1997) mit allen Folgen obstruktiver Erkrankungen der Harnorgane anzuraten.

- Elektrolyte

Ein Elektrolytmangel kann bei unzureichender Hitzeakklimatisation in den ersten Tagen einer Hitzearbeit entstehen. Eine ausgewogene Ernährung und zusätzlich in dieser Zeit das Angebot von Kochsalztabletten oder elektrolythaltigem Hitzegetränk beugen einer Unterversorgung vor.

Mit zunehmender Akklimatisation sinken die Schweißosmolarität und damit der Mineralstoffverlust, sodass bei ausreichender Nahrungsversorgung dann auf eine ausgeprägte Supplementierung weitgehend verzichtet werden kann.

- Energiebedarf / Ernährung

Auch in der Hitze ist der Energiebedarf vorrangig von der Arbeitsschwere abhängig und wird nur im geringen Maße durch eine hitzebedingte ineffektive Arbeitsweise erhöht. Eine Hitzeexposition erfordert daher im Allgemeinen keine Steigerung der Energiezufuhr über die Nahrung.

- Arbeitsorganisation

Zur Vermeidung einer übermäßigen metabolischen Wärmeentwicklung sollte die Arbeitsschwere an das Klima angepasst werden. Bei der Festlegung entsprechender arbeitsorganisatorische Maßnahmen ist die Orientierung an erfahrenen Beschäftigten hilfreich. Im Allgemeinen passen sie ihre Arbeitsintensität selbständig an die eigene Leistungsfähigkeit an und verhindern durch dieses sog. *self pacing* eine vorzeitige Ermüdung (Kampmann 2000).

Das Arbeitszeit-Pausen-Regime muss dem Klima und der Arbeitsschwere entsprechen: Aus physiologischer Sicht (Wärmebildung und -speicherkapazität des Körpers vs. Entwärmung) sind kurze Arbeitsphasen und häufige angemessene längere Arbeitsunterbrechungen zweckmäßig. Im trockenen Klima kann bei einer

Lufttemperatur von 35 – 45 °C eine Unterbrechung von 15 oder 20 min pro Stunde notwendig sein (Pangert et al. 2003). In den Arbeitspausen muss dem erwärmten Körper in geeigneter Umgebung (Schatten oder kühlere Bereiche) Gelegenheit zur Abkühlung gegeben werden (isolierende Bekleidung öffnen oder ablegen). Schweißverluste müssen durch Trinken ausgeglichen werden.

5 Krankheitsbilder

Die Krankheitsbilder nicht kompensierbarer Hitzebelastungen sind in der nachfolgenden Tabelle 3 (nach Piekarski 1982) zusammengestellt:

Tab. 4: Krankheitsbilder nicht kompensierbarer Hitzebelastungen
(nach Piekarski 1982)

Krankheit	Ätiologie	Klinische Symptome	Rektaltemperatur	Hauttemperatur	Elektrolyte	Organmanifestation	Spätfolgen	Therapie
Hitze-kollaps	Kreislaufinsuffizienz	Schwindel, Übelkeit, Ohnmacht	Leicht erhöht	Normal	Normal	-	-	Lagerung in kühler Umgebung, Kreislaufkontrolle
Sonnenstich	Lokale zerebrale Insolation	Schwindel, Übelkeit, Flimmerskotom, Kollaps, evtl. Nackensteife, Meningismus, Krämpfe	Normal bis leicht erhöht	Normal	Normal	Gefahr des Hirnödem	Selten neurologische Defekte, psychische Alterationen	Lagerung in kühler Umgebung, Kreislaufkontrolle, Hirnödemprophylaxe, evtl. Sedierung, Anticonvulsiva
Hitzschlag	Wärmestau, Insuffizienz der Entwärmung, zentrales Kreislaufversagen	Kollaps bei plötzlicher (!) Anhidrose, Schwindel, Übelkeit, evtl. Krämpfe, erst rotes, später blasses Hautkolorit, protrazierter Schock	Stark erhöht	Heiß im Schock, später kühler	Na ↑ K ↓ später K ↑	Nierenversagen, Lebernekrosen, Rhabdomyolysen, Myokardnekrosen, Hämolyse, Gerinnungsstörung, ZNS-Schäden	Multiple Organdefekte, psychische Alterationen	Abkühlung (!), intensiv-medizinische Überwachung, Elektrolytbilanzierung, Volumenbilanz, Gerinnungsstatus, Schockbehandlung, antikonvulsive Maßnahmen
Salzverarmung	Salzverluste, besonders des Nichtakklimatisierten mit dem Schweiß	Reizbarkeit, Mattigkeit, Kollaps, Muskelkrämpfe	Normal bis leicht erhöht	Normal	Na ↓	-	-	Orale Gabe von kochsalzreicher Flüssigkeit (Brühe, Ringertee), evtl. parenterale Substitution
Dehydratation	Ungenügende Wassereinfuhr bei gesteigertem Wasserverlust	Aktivitätsminderung, Delirium, Koma	Erhöht	Normal / warm	Normal, später Na ↑ K ↑	Nierenversagen	Selten	Volumenersatz, Kreislaufkontrolle, Elektrolytkontrolle

Weitere therapeutische Maßnahmen sind der spezifischen intensivmedizinischen Literatur zu entnehmen.

6 Quellen

6.1 Zitierte Quellen

- Arbeitsschutzgesetz: Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (ArbSchG). BGBl. I S. 1246 vom 07. August 1996 i. d. g. F.
- Arbeitsmedizinische Vorsorge-Verordnung: Verordnung zur Rechtsvereinfachung und Stärkung der arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV). BGBl. I S. 2768 vom 18. Dezember 2008 i. d. g. F.
- Aoyagi, Y., McLellan, T. M., Shephard, R. J.: Interactions of physical training and heat acclimation. The thermophysiology of exercising in a hot climate. Sports Med. 23 (3), 173-210 (1997)
- Bergverordnung zum Schutz der Gesundheit gegen Klimaeinwirkungen (Klima-Bergverordnung – KlimaBergV). BGBl. I S. 685 vom 09. Juni 1983 i. d. g. F.
- BGI / GUV-I 504-30: Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 30 „Hitze“. DGUV (Hrsg.). Februar 2010
- Bundesärztekammer, Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V., Verband Deutscher Betriebs- und Werksärzte – Berufsverband Deutscher Arbeitsmediziner e. V., Sektionen und Akademien für Arbeitsmedizin (Hrsg.): (Muster-) Kursbuch Arbeitsmedizin / Betriebsmedizin. 2. Auflage (2008)
- DIN EN 27243: Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index (wet bulb globe temperature) (ISO 7243: 1989). Dezember 1993
- DIN 33403 T3: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimasummenmaße. Juli 2011
- DIN EN ISO 7933: Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung (ISO 7933: 2004). Dezember 2004
- DIN EN ISO 9886: Ergonomie - Ermittlung der thermischen Beanspruchung durch physiologische Messungen (ISO 9886: 2004). Mai 2004
- G 30 Hitzearbeiten. In: DGUV (Hrsg.): Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen. 5. Auflage, Gentner Verlag, Stuttgart 2010
- Hesse, A., Siener, R.: Current aspects of epidemiology and nutrition in urinary stone disease. World J Urol. 15(3): 165-171 (1997)
- ISO 7243: Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). 1989
(Hinweis: Die deutsche Übersetzung dieser Norm ist in der DIN EN 27243 enthalten)
- Kampmann, B.: Zur Physiologie der Arbeit im warmen Klima. Ergebnisse aus Laboruntersuchungen und aus Feldstudien im Steinkohlenbergbau. Habilitationsschrift im Fach Arbeitsphysiologie der Bergischen Universität – Gesamthochschule Wuppertal 2000 (Im Internet verfügbar: elpub.bib.uni-wuppertal.de)
- Macpherson, R. K.: The P4SR index – a critique of a recent criticism. Brit. J. industr. Med. 26 (1), 71-75 (1969)
- Malchaire, J., Piette, A., Kampmann, B., Mehnert, P., Gebhardt, H., Havenith, G., den Hartog, E., Holmér, I., Parsons, K., Alfano, G., Griefahn, B.: Development and

- validation of the Predicted Heat Strain Model. *Ann. Occup. Hyg.* 45 (2), 123-135 (2001)
- McArdle, B., Dunham, W., Holling, H. E., Ladell, W. S. S., Scott, J. W., Thomson, M. L., Weiner, J. S.: The prediction of the physiological effects of warm and hot environments. Med. Res. Council, Royal Naval Personnel Res. Comm., Report No. 47/391. London 1947
 - Pangert, R., Bux, K., Frener, P.: Hitzearbeit – Hitzepausen. *Ergo-Med* (3), 82-89 (2003)
 - Piekarski, C.: Störungen und Erkrankungen durch klimatische Einwirkungen. In: Kühn, H. A., Schirrmeyer, J. (Hrsg.): *Innere Medizin*. S. 1131-1139, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1982
 - Piekarski, C., Zerlett, G.: Schädliche Einwirkungen und Noxen aus der Umwelt – Physikalische Einwirkungen. In: Classen, M., Diehl, V., Kochsiek, K. (Hrsg.): *Innere Medizin*. 2. Auflage, S. 865-876, Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore 1993
 - Spitzer, H., Hettinger, Th., Kaminski, G.: *Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit*. 6. Auflage, Beuth Verlag, Berlin, Köln 1981
 - Taylor, N. A. S.: Challenges to temperature regulation when working in hot environments. *Industrial Health* 44, 331-344 (2006)
 - Vogt, J.-J., Candas, V., Libert, J.-P., Hoefl, A.: Die erforderliche Schweißabgabe als Index der Wärmebelastung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 32 (4 NF), 241-244 (1978)
 - Voß, J., Walasiak, J., Voß, A.: Kritische Bemerkungen zum Klimasummenmaß „Erforderliche Schweißrate“. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 44 (16 NF), 106-109 (1991)
 - Wyndham, C. H.: P4SR-Index. Some anomalies in the medical research council's special report no. 268. *Environmental Research* 3 (5-6), 381-390 (1970)

6.2 Weiterführende Quellen

- Armstrong, L. E., Casa, D. J., Millard-Stafford, M., Moran, D. S., Pyne, S. W., Roberts, W. O.: Exertional heat illness during training and competition. *American College of Sports Medicine Position Stand. Med Sci Sports Exerc.* 39, 556-572 (2007)
- Brotherhood, J. R.: Heat stress and strain in exercise and sport. *JSAMS* 11, 6-19 (2008)
- Cheung, S. S., McLellan, T. M.: Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. *J. Appl. Physiol.* 84, 1731-1739 (1998)
- Cheung, S. S., McLellan, T. M., Tenaglia, S.: The thermophysiology of uncompensable heat stress. Physiological manipulations and individual characteristics. *Sports Med* 29 (5), 329-359 (2000)
- Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (Hrsg.): *Arbeit unter Einwirkung von Wärmestrahlung. Leitlinie*.
- DIN EN ISO 8996: *Ergonomie der thermischen Umgebung – Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes (ISO 8996: 2004)*. Januar 2005

- Griefahn, B.: Klimatische Belastungen. In: Landau, K., Pressel, G. (Hrsg.): Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen. Definitionen – Vorkommen – Arbeitsschutz. S. 530-536, Gentner Verlag, Stuttgart 2009
- Kampmann, B., Bresser, G.: Längsschnittanalyse der intraindividuellen Variabilität der Beanspruchung bei Hitzebelastung oberhalb des thermoregulatorischen Gleichgewichts. Z. ARB. WISS. 62 (4), 285-294 (2008)
- Khogali, M., Hales, J. R. S. (eds.): Heat stroke and temperature regulation. Academic Press, Sydney 1983
- McLellan, T. M.: The importance of aerobic fitness in determining tolerance to uncompensable heat stress. Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology 128, 691-700 (2001)
- Moran, D. S., Pandolf, K. B.: Wet bulb globe temperature (WBGT) – to what extent is GT essential? Aviat Space Environ Med 70, 480-484 (1999)
- Moran, D. S., Shitzer, A., Pandolf, K. B.: A physiological strain index (PSI) to evaluate heat stress. Am. J. Physiol., 275 (44), R129-R134 (1998)
- Moran, D. S., Erlich, T., Epstein, Y.: The heat tolerance test: An efficient screening tool for evaluating susceptibility to heat. J. Sport Rehabilitation 16, 215-221 (2007)
- Peters, H.: Klima. In: Landau, K. (Hrsg.): Lexikon Arbeitsgestaltung. Best Practice im Arbeitsprozess. S. 715-719, Gentner Verlag, ergonomia Verlag, Stuttgart 2007
- Piekarski, C.: Klima. Überwärmung. In: Handbuch der Ergonomie (hrsg. vom BWB). Kapt. A 9.6.3, Bd. 2 (Stand 1993)
- Selkirk, G. A., McLellan, T. M.: Influence of aerobic fitness and body fatness on tolerance to uncompensable heat stress. J. Appl. Physiol. 91: 2055-2063 (2001)
- Wenzel, H. G., Piekarski, C.: Klima und Arbeit. Hrsg. v. Bayerischen Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung. 2. Auflage, München 1982
- Schütte, M., Bröde, P.; Griefahn, B.: Der PSI (Physiological Strain Index) bei Akklimatisation an Hitzebelastung. Z. ARB. WISS. 62 (4), 278-283 (2008)
- Taylor, N. A. S.: Principles and practices of heat adaptation. J Human-Environ System 4, 11-22 (2000)
- Taylor, N. A. S., Cotter, J. D.: Heat adaptation: guidelines for optimisation of human performance. Int Sport Med J 7, 35-57 (2006)
- Tipton, M. J., Pandolf, K. B., Sawka, M. N., Werner, J., Taylor, N. A.: Physiological adaptation to hot and cold environments. In: Taylor, N., Groeller, H. (eds.): Physiological bases of human performance during work and exercise. pp. 379–400 (2008)

7 Impressum

Copyright und alle Vertriebsrechte: Deutsche Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin e. V. (DGAUM)

Erarbeitet von: K. J. Glitz, Koblenz
W. Gorges, Koblenz
D. Leyk, Koblenz und Köln
C. Piekarski, Köln und Dortmund

Anmeldung: 09.06.2011 (DGAUM)
03.08.2011 (AWMF)

Erarbeitungsschritte:

- Literaturrecherche
- Diskussion und Konsensfindung im Autorenkreis
- Vorprüfung durch DGAUM im Rahmen der Anmeldung
- Umlauf im Rahmen des Forums Arbeitsphysiologie Sept. 2011, (Dez. 2011)
- Umlauf im Rahmen des Forums Arbeitsphysiologie März/April 2012
- Verabschiedung mit Änderungsaufgaben durch Vorstand der DGAUM am 26.06.2012

Erarbeitungsstand: 02.07.2012

Hinweise senden Sie bitte an: Geschäftsstelle der Deutschen Gesellschaft für
Arbeits- und Umweltmedizin
Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin
Universitätsklinikum Aachen
Pauwelsstraße 30
D-52074 Aachen

Erstellungsdatum: 07/2012

Nächste Überprüfung geplant: 07/2017

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

© Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin
Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online