



**Coregroup der Arbeitsgemeinschaft Arbeitsmedizin der
Deutschen Gesellschaft für Phlebologie DGP**

Vladimir Blazek, Joern-Helge Bolle, Jürgen Frölich, Horst Gerlach, Ulrich Hemel, Erik Küppers,
Markward Marshall, Franziska Mentzel, Stefan Nowak, Stefanie Reich-Schupke, Philipp Schatz,
Christine Schwahn-Schreiber, Hans-Jürgen Thomä, Michael Zierau, Georg Gallenkemper

**Arbeit in Wärme und Hitze
Bedeutung des Kreislaufes**

Institut für Sozialstrategie

Wrangelstrasse 51
10997 Berlin

www.institut-fuer-sozialstrategie.de
kontakt@institut-fuer-sozialstrategie.org

August 2017, Berlin

Abstract:

[DE] Hitze ist ein Risikofaktor ersten Ranges für das Herz und den Kreislauf. Die Core-Group des Arbeitskreises für Arbeitsmedizin innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Phlebologie hat sich intensiv mit diesem Thema auseinandergesetzt, speziell im Blick auf Gefäßdiagnostik und Handlungsmöglichkeiten. Dies ist angesichts der Sommerhitze ein besonders sinnvoller Aufklärungsbeitrag.

[EN] Heat is a risk factor for heart and circulation. The core group of vocational medicine within the German Phlebological Association has made a thorough consideration of connected issues, especially now in the hot mid of the European summer.

In den Sommermonaten wird auch der Kreislauf des Menschen an seine Grenzen geführt,

denn der wesentliche Regelmechanismus in der Thermoregulation des Menschen ist der Kreislauf. Die Gefäßnetze der Haut sind bei gemäßigten Temperaturen das wichtigste Mittel des Menschen, mit denen die Wärmeabgabe an die Umgebung gesteuert wird. Ein Weitstellen, eine Steigerung der Hautdurchblutung ist mit vermehrter Wärmeabgabe, ein Engstellen, eine Verringerung der Hautdurchblutung mit verringerter Wärmeabgabe verbunden. Die kutane Perfusion ist extrem variabel. Unter Ruhebedingungen und Indifferenztemperatur beträgt die Durchblutung der Haut einer erwachsenen Person um 6% des Herzminutenvolumens (ca. 1/3 l/min). Hoher Sympathikustonus oder extreme Kälte kann sie bis auf 0,1 ml/min reduzieren. Umgekehrt vervielfacht sich die kutane Perfusion unter der Wirkung von Wärme / Hitze und kann Werte von bis zu 5 l/min erreichen.

Kein Wunder, dass man unter Hitzeeinwirkung leicht kollabiert: Vasodilatation führt zu verbesserter Wärmeabgabe an die Umgebung, aber auch zur Füllung venöser Gefäße, was Blut vermehrt in die Peripherie bringt - und damit den zentralen Teil des Kreislaufs in eine schwierige Situation (reduzierte Vorlast, erhöhtes Herzzeitvolumen, erschwerte Blutdruckregulation, verminderte Hirndurchblutung ... Präsynkope).

Grenzwerte KKT Körperkerntemperatur	Folgen
44-45°C	100% Mortalität
42,5°C	50% Mortalität
ab 41°C	Hitzschlag, beginnende Eiweißdenaturierung
bis 40°C	möglich bei schwerer körperlicher Belastung
ab 38°C	Fieber; zunehmendes Kreislaufversagen, Hitzekollaps
~ 37°C	normale KKT zirkadiane Änderung ±0,5°C

< 35°C	Hypothermie, Bewusstseinsstörung
<33°C	Stoffwechselreduktion
<30°C	endet Kältezittern ... Poikolithermie Ventrikuläre Extrasystolien jederzeit möglich
<27°C	Bewegungsunfähigkeit
<25°	Tod durch unzureichende Atmung

Mit jedem Grad Anstieg der Körperkerntemperatur steigt die Ruhe-Herzfrequenz um ≈ 10 Schläge pro Minute. Bei Körperkern-Temperaturen von $>38^\circ\text{C}$ kann ein Kreislaufversagen mit Bewusstlosigkeit (Hitzekollaps) auftreten. Bei Muskelarbeit erfolgt dies erst bei wesentlich höheren Kerntemperaturen (ab ca. 40°C), weil die Muskeltätigkeit einem Kreislaufkollaps entgegenwirkt (Muskelpumpe). Oberhalb von 40°C KKT bricht nämlich das Temperatur- empfindlichste Organ, das Gehirn, zusammen und damit die zentrale Kreislaufregulation. Geringere zentralnervöse Funktionsstörungen treten allerdings schon früher auf: ab einer Körperkerntemperatur von 34°C lässt die Aufmerksamkeit nach und man verliert die Sprache. Ab einer Körperkerntemperatur von 41°C beginnen sich dann die Eiweißstrukturen zu verformen und es folgen Gewebeerstörungen.

Die Weitstellung der im wesentlichen venösen Hautgefäßnetze führt im Rahmen der Thermoregulation neben der Auswirkungen auf den Blutdruck und die Herzfrequenz durch zentralen Volumenmangel auch zu einer Permeabilitätsveränderung im Hautgewebe mit Einlagerung von Flüssigkeit (Ödembildung), insbesondere an den abhängigen und akralen Körperteilen (Füße, Unterschenkel, Hände).

Weitere Massnahmen zur Abgabe von Körperwärme sind Verdunstung (Schweißbildung / Schwitzen), Konvektion (Bewegung des Körpers oder seiner Umgebung) und Atmung. Die Aufteilung der verschiedenen Arten der Wärmeabgabe beträgt bei einem ruhenden Menschen in einer Umgebung von 20°C : 46 % Strahlung, 33 % Konvektion, 19 % Schwitzen und 2 % Atmung. Wärmeabgabe durch Verdunstung rückt in den Vordergrund, wenn die anderen Formen der Wärmeabgabe nicht ausreichen, z.B. bei körperlicher Arbeit, in heißen Räumen, oder bei Sonneneinstrahlung.

Einfluss der Wärmeabgabe

Die *Wärmeabgabe* erfolgt über Strahlung, Verdunstung und Leitung:

Das Ausmaß der Wärmabgabe durch (Infrarot-) **Strahlung** (Radiation) hängt von der Temperatur der Gegenstände in der Umgebung (Wände, Möbel usw.), nicht aber der Luft, ab. Wärmeabgabe durch Strahlung überwiegt die anderen Formen bei Aufenthalt in schattiger Umgebung, z.B. in geschlossenen Räumen. Ist die Wärmestrahlung, die der Körper empfängt, stärker als diejenige, die er abgibt (z.B. Sonnenbad, Sauna), nimmt seine Temperatur zu.

Verdunstung (Verdampfung) von Wasser auf der Haut: Zum Verdampfen von einem Liter Wasser sind 560 Kilokalorien notwendig (Erwärmen um 1°C : 1 Kilokalorie). Diese Energiemenge entspricht dem 6-8fachen des Ruheumsatzes in einer Stunde. Bei einem hohen Energieumsatz von z.B. 20 Cal/min (körperliche Ausbelastung) reichen 35 ml Schweiß pro Minute für die Abgabe der zusätzlichen Wärme aus (1 ml wird von 0,56 Cal verdampft), vorausgesetzt, der Schweiß wird vollständig verdampft und rinnt nicht ab. (Der Verlust durch Abrinnen von Schweiß beträgt meist etwa 50%). Wärmeverlust durch Verdunstung rückt in den Vordergrund, wenn die anderen Formen der Wärmeabgabe

nicht ausreichen, z.B. bei körperlicher Arbeit, in heißen Räumen, oder bei Sonneneinstrahlung. Wärmeabgabe wird durch Bewegung (**Konvektion**) des den Körper umgebenden Mediums unterstützt (an Luft wird so die Wärmeabgabe über Verdampfung unterstützt, sofern sie nicht bei Körpertemperatur wasserdampfgesättigt ist, wie bei feuchtheißem Tropenklima). Der konvektive Wärmetransferkoeffizient ist für Wasser ≈ 100 -fach größer als für Luft; so kann der Körper im Wasser sehr rasch viel Wärmeenergie verlieren (Kentern in kaltem Wasser!). Die Verdunstung kann im Rahmen einer Hitzeanpassung (Akklimation) durch einen längeren Aufenthalt in warmen Regionen deutlich gesteigert und ökonomisiert werden.

Wärmeleitung ist der direkte Abfluss von Wärme über die Haut an die Umgebung (Kleidung, Luft, Wasser) und ist die wichtigste Form des Wärmeverlusts beim Schwimmen. Sind die umgebenden Moleküle wärmer als die Haut, so kommt es statt Wärmeabgabe zu Wärmeaufnahme. Der Wärmeaustausch durch Leitung wird durch Konvektion des umgebenden Mediums (Luft, Wasser) unterstützt. Der konvektive Wärmetransferkoeffizient ist für Wasser ≈ 100 -mal größer als für Luft. Folglich kann der Körper in kühlem Wasser wesentlich rascher auskühlen ([Hypothermie](#)) als in kühler Luft. (In 5°C kaltem Wasser schwimmend kann man ohne speziellen Wärmeschutz nur wenige Minuten bei Bewusstsein bleiben.)

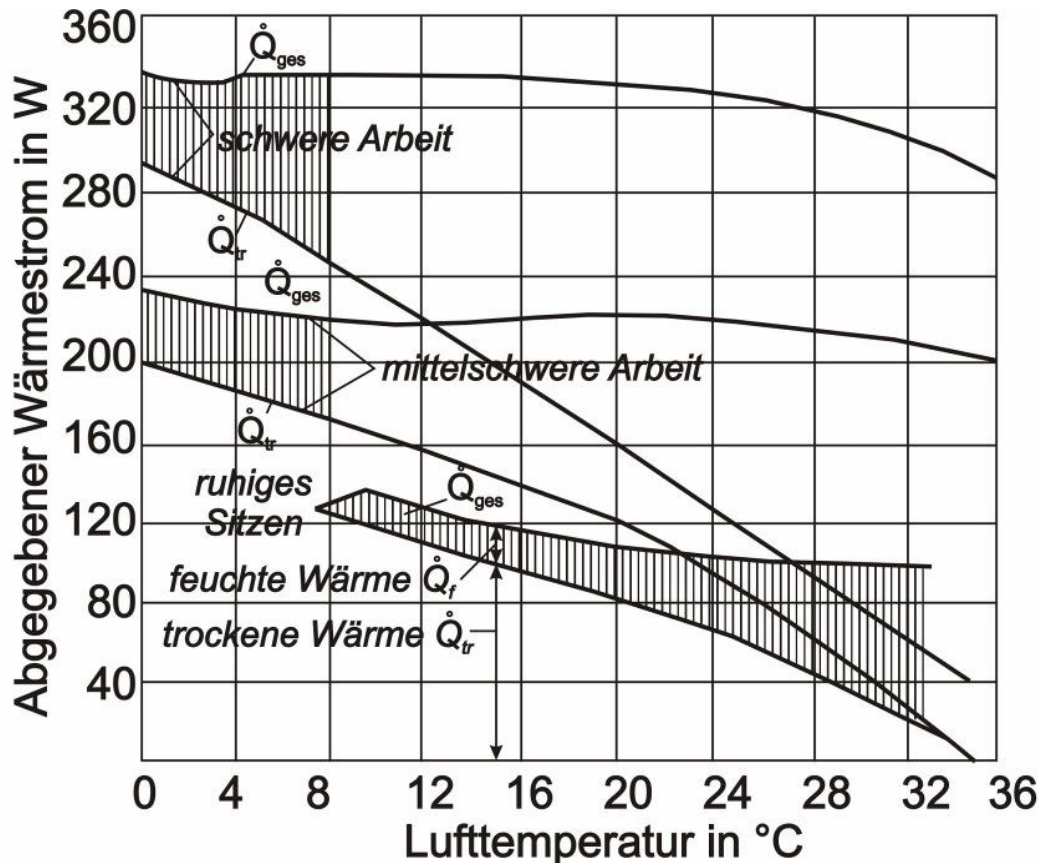
Die Höhe der biologisch notwendigen Wärmeabgabe

hängt im Wesentlichen

- von der Schwere der Tätigkeit und
- von der Größe der Körperfläche und damit von der Körpergröße des Menschen ab.

Im Bild 1 ist der abgegebene Wärmestrom eines Menschen mit Normgröße (75 kg) dargestellt, und zwar in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur mit der Schwere der Tätigkeit als Parameter. Der Normmensch gibt demnach als Mindestwert während ruhigem Sitzen bei Umgebungstemperaturen oberhalb 16 °C einen Wärmestrom von 120 W ab (durchgezogene Linie). Dieser Wert ist hierbei unabhängig von der Umgebungstemperatur. Unterhalb 16 °C nimmt der Wärmestrom mit abnehmender Umgebungstemperatur etwas zu. Die untere gestrichelte Linie des schraffierten Gebietes gibt die Wärmeabgabe durch Strahlung und Konvektion wieder. Diese Art der Wärmeabgabe nimmt mit der Umgebungstemperatur bis zum Wert null bei 36 °C ab. Hat die Umgebung nämlich die Körpertemperatur erreicht, kann folglich durch Strahlung und Konvektion keine Wärme mehr abgeführt werden. Bei solch hohen Umgebungstemperaturen wird die Wärme ausschließlich durch Schwitzen abgeführt. Der schraffierte Bereich gibt die Höhe dieser Art der Wärmeabgabe an. In einer Umgebung mit Temperaturen oberhalb 37 °C kann also die Wärme nur noch durch Schwitzen abgeführt werden. Bei mittelschwerer Arbeit verdoppelt sich ungefähr die Wärmeabgabe des Menschen gegenüber dem ruhigen Sitzen, da die Muskeln, wie bereits erwähnt, zu 80 % Abwärme erzeugen. Bei schwerer Arbeit kann die Wärmeabgabe auf ca. 300 W ansteigen. Trainierte Sportler können noch höhere Leistungen erzeugen.

Bild 1: Wärmeabgabe des Menschen (75 kg)



Aus: **Der Mensch als wärmetechnisches System.** Prof. Dr.-Ing. E. Specht.

Der abgeführte Wärmestrom Q des menschlichen Körpers lässt sich mathematisch durch den Newtonschen Ansatz beschreiben:

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot (\vartheta_{\text{Haut}} - \vartheta_{\text{Umgeb.}})$$

Hierbei bedeutet k den Wärmedurchgangskoeffizienten, A die Körperoberfläche, ϑ_{Haut} die Temperatur der Hautoberfläche und $\vartheta_{\text{Umgeb.}}$ die Temperatur der Umgebung.

Die Wärmeabgabe des Menschen ist also proportional seiner Oberfläche und damit von der Körpergröße abhängig. Die Oberfläche eines normalen Menschen beträgt ungefähr 2 m^2 . Große Menschen geben demnach mehr Wärme ab und müssen folglich mehr Energie mit der Nahrung zu sich nehmen, kleine Menschen entsprechend weniger. Aus der obigen Gleichung ist weiterhin ersichtlich, dass der Mensch umso mehr Wärme abgeben würde je kälter die Umgebung ist. Der Mensch gleicht diesen Effekt aus, indem er den Wärmedurchgangskoeffizienten entsprechend verringert. Dieser sogenannte k -Wert ist ein Maß für die Wärmeisolierung. Ein nackter Mensch hat beispielsweise einen k -Wert von ungefähr $10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Damit ergibt sich aus der obigen Gleichung der Wärmestrom von 120 W für eine Umgebungstemperatur von 26 °C . Bei dieser Temperatur fühlt sich der Mensch im Mittel am wohlsten. Bei höheren Temperaturen setzt vermehrtes Schwitzen ein. Unterhalb dieser Temperatur muss der Mensch seinen k -Wert verringern, um der erhöhten Wärmeabgabe entgegen zu wirken. Den k -Wert verringert man bekanntlich durch die Art der Kleidung. Durch normale Kleidung beispielsweise wird der k -Wert halbiert, durch warme Kleidung um $2/3$ gesenkt.

Behaglichkeit des Menschen

Die Behaglichkeit des Menschen hängt von der wärmephysiologisch "richtigen" Temperatur ab. Diese Temperatur ist jedoch keine Normgröße, sondern unterliegt subjektiven Empfindungen. Beispielsweise empfinden bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C etwa 45 % der Männer und 40 % der Frauen thermisches Wohlbefinden. Diese Temperatur empfinden jedoch 15 % der Männer und 20 % der Frauen als zu kühl und jeweils 40 % als zu warm. Die empfundene Temperatur des Menschen hängt von seiner Wärmeabgabe ab. Diese setzt sich durch Strahlung an die Raumwände mit der mittleren Temperatur J_W und durch Konvektion an die Luft mit der Temperatur J_L zusammen. Die empfundene Temperatur kann daher nach der Gleichung

$$\vartheta_e = \frac{\alpha_K \cdot \vartheta_L + \alpha_S \cdot \vartheta_W}{\alpha_K + \alpha_S}$$

berechnet werden, wobei α_K und α_S die Wärmeübergangskoeffizienten durch Konvektion bzw. Strahlung bedeuten. In vielen Fällen sind die beiden Wärmeübergangskoeffizienten in etwa gleich groß, so dass die empfundene Temperatur näherungsweise als das arithmetische Mittel der Raum- und Lufttemperatur angesehen werden kann.

Der Mensch steht nun im Strahlungsaustausch mit mehreren Flächen unterschiedlicher Temperatur. So strahlt der Mensch Wärme an die Fenster, an die Raumwände und an den Fußboden ab, die in der Regel unterschiedliche Temperaturen aufweisen. Je niedriger die Temperatur der Fläche ist, desto höher ist der abgestrahlte Wärmestrom. Vom Heizkörper nimmt der Mensch dagegen Strahlungswärme auf. Als mittlere Wandtemperatur für den Strahlungsaustausch wird die sogenannte Umschließungstemperatur J_U angesehen, die sich aus der flächenmäßigen Mittelung der einzelnen Wandtemperaturen entsprechend zusammensetzt.

$$\vartheta_U = \frac{A_1 \cdot \vartheta_1 + A_2 \cdot \vartheta_2 + \dots + A_n \cdot \vartheta_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Die bei verschiedenen Luft- und Wandtemperaturen noch als behaglich empfundenen Temperaturen sind in Bild 2 dargestellt (schraffierter Bereich). So empfindet man es beispielsweise trotz einer relativ hohen Lufttemperatur von 25 °C als zu kalt, wenn die Umschließungstemperatur der Wände unterhalb 12 °C liegt. Dagegen fühlt man sich bei Lufttemperaturen von 15 °C noch behaglich, falls die Wandtemperaturen mit 22 °C bis 28 °C relativ warm sind.

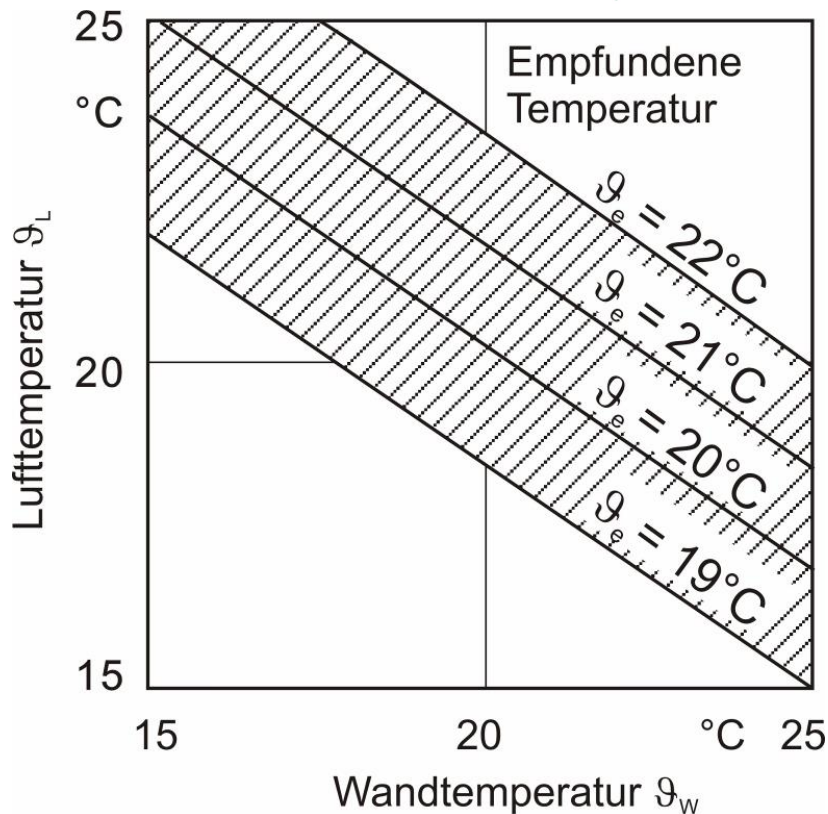


Abb2: Behaglichkeitsfeld empfundene Temperatur in Räumen
 Aus: **Der Mensch als wärmetechnisches System.** Prof. Dr.-Ing. E. Specht.

Ein analoges Temperaturempfinden ergibt sich auch im Freien. Dort strahlt man Wärme an die Umgebung ab und empfängt Strahlung von der Sonne. An die Luft wird Wärme konvektiv abgeführt. Herrscht starker Wind, so ist die konvektive Wärmeübertragung um ein Vielfaches höher als bei ruhender Luft. Folglich kommt es einem draußen kälter vor. Das gleiche Kälteempfinden hätte man bei Windstille erst bei einer Lufttemperatur, die erheblich niedriger als die Windtemperatur ist. In den Wetterberichten wird die Windtemperatur als aktuelle Lufttemperatur bezeichnet und die Temperatur bei Windstille mit vergleichbarer Wärmeabgabe als "gefühlte" Lufttemperatur. Entsprechend fühlt oder empfindet man bei klarem Himmel eine höhere Außentemperatur als bei wolkigem Wetter. Eine Luftbewegung in Räumen hat ebenfalls Einfluss auf die Behaglichkeit, wie mit Bild 3 verdeutlicht wird. Bei einer Raumlufttemperatur von 21°C werden für sitzende Tätigkeiten Luftgeschwindigkeiten oberhalb ungefähr $0,17\text{ m/s}$ als Zug empfunden, für leichte Arbeiten im Stehen dagegen erst oberhalb $0,3\text{ m/s}$. Mit zunehmender Raumlufttemperatur verlagert sich das Zugempfinden zu höheren Geschwindigkeiten. Im Sommer beispielsweise mit einer Raumlufttemperatur von 26°C können noch Luftgeschwindigkeiten bis $0,5\text{ m/s}$ als behaglich empfunden werden.

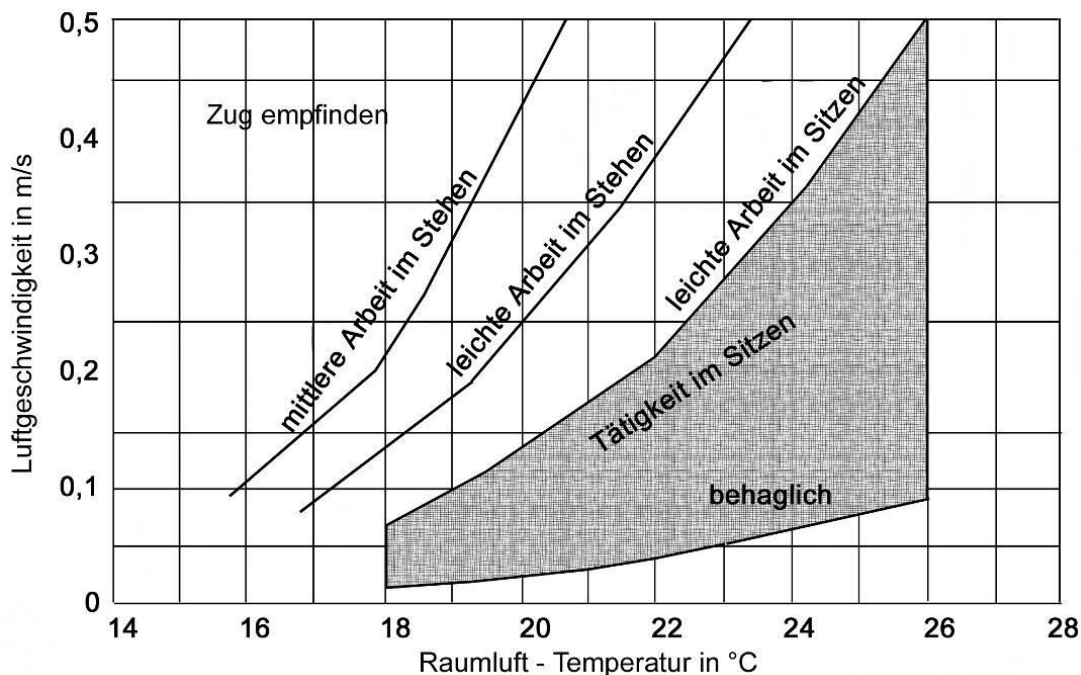


Bild 3: Behaglichkeit Luftgeschwindigkeit/Raumlufttemperatur
 Aus: **Der Mensch als wärmetechnisches System.** Prof. Dr.-Ing. E. Specht.

Einen weiteren Einfluss auf die Behaglichkeit übt die Luftfeuchtigkeit aus, da von dieser die Wärmeabgabe durch Schwitzen abhängt. Bild 4 zeigt hierzu das Behaglichkeitsfeld. Eine relative Luftfeuchtigkeit von 60 % wird demnach bei Raumlufttemperaturen unterhalb 18 °C als zu trocken und oberhalb 23 °C als zu feucht oder zu schwül empfunden. Je höher die Raumlufttemperatur ist, desto niedriger liegt der Wert der relativen Luftfeuchtigkeit, der als Schwüle empfunden wird.

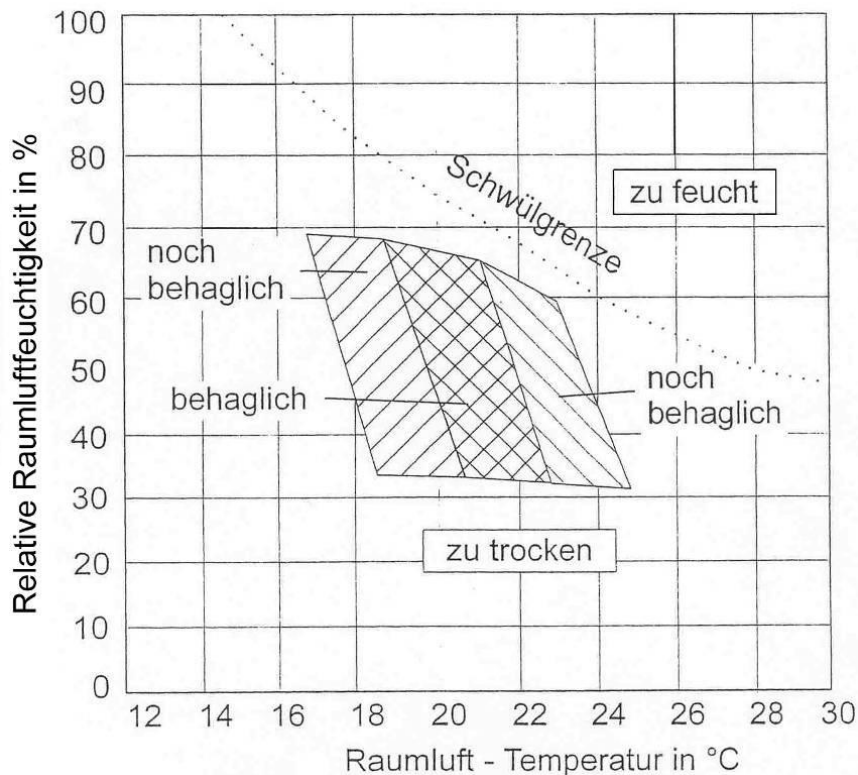


Bild 4: Behaglichkeitsfeld Raumlufttemperatur/rel. Luftfeuchtigkeit
 Aus: **Der Mensch als wärmetechnisches System.** Prof. Dr.-Ing. E. Specht.

Schließlich wirken sich noch Geruchsstoffe und Staub auf die Behaglichkeit aus. Staub macht sich bei zu trockener Luft als Kratzen im Hals bemerkbar. Im Winter besitzt die Außenluft nur eine geringe absolute Feuchtigkeit. Wird diese Luft durch die Raumheizung erwärmt, sinkt die relative Feuchtigkeit stark ab. Daher wird insbesondere in stark geheizten Räumen im Winter die Luft als trocken empfunden.

Geruchsstoffe werden von den Menschen laufend durch Schwitzen, Atmung, Sekretreste, Schleimhautzersetzungen usw. abgegeben. Ab einer gewissen Konzentration in der Luft werden die Geruchsstoffe als unangenehm empfunden. Folglich müssen Räume regelmäßig gelüftet werden. Infolge der Atmung wird von jedem Menschen etwa 20 l Kohlendioxid (CO₂) je Stunde an die Raumluft abgegeben. Die gleiche Menge wird entsprechend an Sauerstoff (O₂) verbraucht, sodass insbesondere in dicht besetzten Räumen der Sauerstoffgehalt mit der Zeit etwas abnehmen kann. Allerdings ist bis herab zu 16 Vol % Sauerstoff in der Luft keine Beeinträchtigung des Wohlbefindens nachweisbar. Eine solch niedrige Sauerstoffkonzentration wird jedoch wegen der Undichtigkeit von Räumen nie erreicht. Daher ist das Lüften wegen "schlechter Luft infolge Sauerstoffmangels" als Begründung falsch. Störungen des Wohlbefindens in unzureichend belüfteten, dicht besetzten Räumen sind primär auf Behinderungen der Wärmeabfuhr infolge gesteigener und damit zu hoher Raumlufttemperatur sowie Luftfeuchte zurückzuführen. Ebenso trägt eine Anreicherung der Luft mit den Geruchsstoffen und mit dem ausgeatmetem Kohlendioxid bei. Wenn der CO₂-Gehalt in der Luft in Verbindung mit Geruchsstoffen den Wert von ungefähr 0,15 Vol % überschreitet (entspricht etwa den Fünffachen des CO₂-Gehaltes der Umgebungsluft, Grenzwert 1000 ppm), lässt sich die Raumluft von der als appetitlich empfundenen Umgebungsluft geruchsmäßig unterscheiden und wird dann als schlecht oder unangenehm empfunden. Personen, die von außen solch volle Räume betreten, nehmen die schlechte Raumluft besonders deutlich wahr.

Bedeutung der Umgebungstemperatur

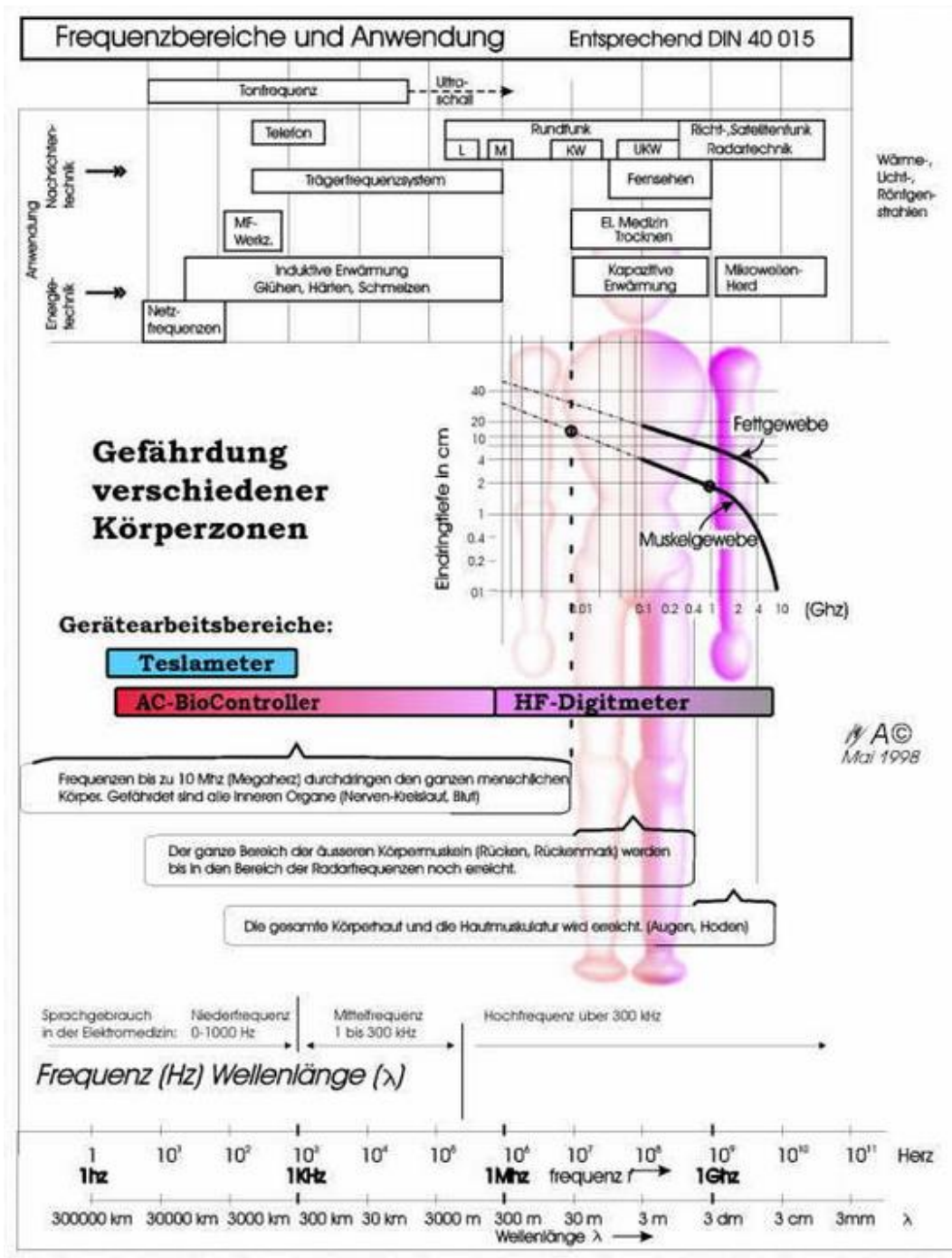
Die Spitzenwerte der oberen kritischen Umgebungstemperatur liegen bei allen Tierarten relativ dicht beieinander. Beim Menschen liegt die Schwitzgrenze knapp oberhalb von 30 °C Außentemperatur. Steigt die Umgebungstemperatur weiter, so kann der Organismus dies so lange ertragen, wie die Maßnahmen gegen Überhitzung ausreichen. Ab einer bestimmten Temperatur ist dies nicht mehr möglich und die Überhitzungsgrenze ist erreicht. Sie ist von der Luftfeuchtigkeit abhängig und wird für den Menschen durch den Hitzeindex quantitativ beschrieben.

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	33	34	34	35
23°	23	23	23	24	25	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33	33
22°	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31	31

aus: Quellen siehe „Hitzeindex“

Farbcode	Hitze-Index	Gefahren
	Stufe 1	Keine Beschwerden
	Stufe 2	Leichtes Unbehagen
	Stufe 3	Starkes Unbehagen. Vorsicht: Schwere körperliche Anstrengungen vermeiden. Bei längeren Zeiträumen und körperlicher Aktivität kann es zu Erschöpfungserscheinungen kommen.
	Stufe 4	Starkes Unwohlsein. Erhöhte Vorsicht: Anstrengungen vermeiden. Es besteht die Möglichkeit von Hitzeschäden wie Sonnenstich, Hitzekrampf und Hitzekollaps.
	Stufe 5	Erhöhte Gefahr. Alle physischen Aktivitäten stoppen. Sonnenstich, Hitzekrampf, Hitzekollaps oder Hitzschlag sind möglich.
	Stufe 6	Sehr ernste Gefahr. Hitzschlag und Sonnenstich sind wahrscheinlich.

Bedeutung zusätzlicher Wärmequellen



Aus : E-Smog – Wirkmodell auf Menschen. Andre Moser

UVA-Wellen, sichtbares Licht, Infrarot und Mikro/Radiowellen führen zu einer Erwärmung des Gewebes und müssen bei der Evaluierung der Wärmebelastung beachtet werden. Sie wirken auf jeden Fall auf die für die Thermoregulation wichtige Hautdurchblutzugszone ein, dringen teilweise aber auch in tiefere Gewebe oder durch den ganzen Körper.

Bedeutung von Erkrankungen und deren Therapie

Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit einer verringerten Belastbarkeit des Herzens oder veränderter Mikrozirkulation, dazu gehören auch Lymphödeme und die venöse Insuffizienz, großflächige Hauterkrankungen, neurologische Erkrankungen mit Störungen des vegetativen Nervensystems oder der hypothalamischen Funktionen, Störungen des Wasser- und Elektrolyt-Haushaltes und Lungenerkrankungen führen dazu, dass Kreislaufprobleme unter Wärme schon bei geringeren Umgebungstemperaturen als bei Gesunden eintreten.

Auch die Behandlung von Krankheiten kann hier Einfluss nehmen. Einige Arzneistoffe verringern die Wärmeableitung, verengen die Hautgefäße oder steigern die Wärmeproduktion. Nicht nur Arzneimittel, sondern auch Rauschdrogen verursachen auf diesem Wege Hyperthermien. Teilweise können sie die Körpertemperatur auf über 43°C steigern – so auch das Amphetaminderivat MDMA, besser bekannt als Ecstasy. Besonders Stoffe mit parasympholytischer oder sympathomimetischer Wirkung können die Temperatur in die Höhe treiben. Folgende Stoffe drehen gern am Temperaturregler: Levothyroxin-Natrium, Atropin, Hyoscyamin, trizyklische Antidepressiva, Antiallergika.

Weitere gesundheitliche Probleme bei Wärmebelastung

Sonnenstich (Insolation, Heliosis) durch lange andauernde direkte Sonneneinstrahlung auf den Kopf und den Nackenbereich mit Reizung der Hirnhäute durch langwellige Bestandteile des Sonnenlichtes.

Hitzekrämpfe durch einen Verlust und Mangel an Flüssigkeit und Elektrolyten (vor allem Natriumchlorid) infolge erhöhten Schwitzens. Die Menge des Verlustes an Elektrolyten kann sich durch Adaptation verringern.

Hitzeerschöpfung (KKT < 40°C) und **Hitzschlag** (KKT > 40°C) durch zunehmende zentralnervöse Beeinträchtigung infolge Anstieges der Körperkerntemperatur. Die Symptome einer Hitzeerschöpfung sind Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Bewusstseinsstörungen bis hin zur Bewusstlosigkeit. Zusätzliche Symptome des Hitzschlages sind eine Körperkerntemperatur > 40°C, Krämpfe und ein Ausbleiben der Schweißabsonderung.

Bedeutung für den Arbeitsschutz

Bei Erkrankungen und Einnahme von Arzneimitteln/Drogen ist die besondere Gefährdung der Betroffenen zu beachten und eine individuelle Beratung anzubieten. In der Grenzwertliste definiert die DGUV die Grenzwerte jenseits derer der Arbeitgeber Hitzearbeit annehmen, diese in die Gefährdungsbeurteilung aufnehmen und Arbeitsschutzmaßnahmen einleiten muss. Hierzu gehört auch die Vorstellung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge bei dem Betriebsarzt.

Die Arbeitsmedizinische Vorsorgeverordnung sieht Pflicht-Vorsorgen bei extremer Hitzebelastung vor, legt jedoch hier bewusst keine Grenzwerte fest.

Die Arbeitsmedizinische Regel AMR 13.1 definiert „extreme Hitze“ wie folgt:

Extreme Hitze im Sinne dieser AMR ist ein Klimazustand, bei dem aufgrund äußerer Wärmebelastung die Abfuhr der vom Körper erzeugten Wärme erschwert ist. Sie wird als klimatischer Einfluss bestehend aus Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit und Wärmestrahlung verstanden, der durch Klimasummenmaße beschrieben werden kann. Klimasummenmaße sind errechnete Größen, die jeweils mehrere der zuvor genannten Messparameter berücksichtigen.

In den Grundsätzen für Arbeitsmedizinische Untersuchungen der DGUV wird empfohlen, Menschen mit folgenden Erkrankungen von Hitzearbeit abzuraten:

- Erkrankungen oder Veränderungen des Herzens oder des Kreislaufs mit Einschränkung
- der Leistungs- oder Regulationsfähigkeit, z. B. Zustand nach Herzinfarkt,
- Blutdruckveränderungen stärkeren Grades, ausgeprägte Arteriosklerose,
- Pneumokoniosen von Krankheitswert,
- aktiver oder ausgedehnter inaktiver Lungentuberkulose,
- Erkrankungen oder Veränderungen der Atmungsorgane, die deren Funktion stärker
- beeinträchtigen wie chronisch-obstruktive Lungenerkrankung, Bronchialasthma,
- Lungenemphysem,
- Anfallsleiden in Abhängigkeit von Art, Häufigkeit, Prognose und Behandlungsstand
- der Anfälle (siehe auch DGUV Information „Empfehlungen zur Beurteilung
- beruflicher Möglichkeiten von Personen mit Epilepsie“, DGUV Information 250-
- 001),
- Erkrankungen oder Schäden des zentralen oder peripheren Nervensystems mit
- wesentlichen Funktionsstörungen und deren Folgezuständen, funktionellen Störungen
- nach Schädel- oder Hirnverletzungen,
- Stoffwechselkrankheiten, insbesondere Diabetes mellitus, soweit sie die Belastbarkeit
- stärker einschränken,
- Katarakt (bei überwiegender Wärmestrahlungsexposition),
- Erkrankungen der Nieren und/oder harnableitenden Organe,
- chronischen Magen-Darm-Erkrankungen,
- chronischen Lebererkrankungen,
- ausgeprägter Adipositas,
- chronisch rezidivierenden und generalisierten Hauterkrankungen,
- Alkohol-, Suchtmittel-, Medikamentenabhängigkeit.

Die Arbeitsgemeinschaft Arbeitsmedizin der Deutschen Gesellschaft für Phlebologie empfiehlt hier zusätzlich unter dem Punkt „Erkrankungen oder Veränderungen des Herzens oder des Kreislaufs“ Menschen mit deutlichen Ödemneigung und Chronischer venöser Insuffizienz ab Schweregrad 1b nach der Widmerschen Klassifikation / modifiziert nach Marshall bzw. C3 nach der CEAP Klassifikation wegen der beeinträchtigten Thermoregulationsfähigkeit von Hitzearbeit abzuraten.

Arbeitsschutzmaßnahmen

Beispielhaft sind aufgeführt in der DGUV Information 215-510:

Lufttemperatur

- Lokalisierung von Wärme- und Kältequellen
- Beseitigung von Heißluft- oder Kaltluftquellen

- Isolieren heißer Oberflächen
- örtliches Absaugen von Heißluft oder Kaltluft
- Lüftung unter Vermeidung von Zugluft
- Verwendung geeigneter Sonnenschutzvorrichtungen wie außen liegende Jalousien oder Markisen, zwischen den Fenstern liegende Jalousien
- Verwendung von Bekleidung mit geringerer oder höherer Isolationswirkung

...

Luftfeuchte

- Beseitigung von Dampf- oder Wasserleckagen
- Absaugen entstehender feuchter oder dampfhaltiger Luft
- Kapselung von mit Wasser gekühlten Oberflächen oder Verdunstungsflächen
- Verwendung wasserabweisender, jedoch dampfdurchlässiger Bekleidung

...

Wärmestrahlung

- Verringerung (ab)strahlender Oberflächen
- Verwendung reflektierender Abschirmungen
- Isolierung oder Behandlung (ab)strahlender Oberflächen
- Anordnung des Arbeitsplatzes fern von (ab)strahlenden Oberflächen
- Verwendung besonderer strahlungsreflektierender Schutzkleidung
- Verwendung geeigneter Sonnenschutzvorrichtungen bei Sonneneinstrahlung über Fenster wie außen liegende Jalousien oder Markisen, zwischen den Fenstern liegende Jalousien

...

Luftbewegungen

- Verminderung oder Beseitigung von Zugluft
- turbulenzarme Luftführung
- Einstellung der Zuluftdurchlässe
- Einstellung der Zu- und Abluftmengen
- Einsatz von Blenden zum örtlichen Schutz vor Zugluft
- Anordnung des Arbeitsplatzes in Bereichen ohne Zugluft

...

Arbeitsschwere

- Herabsetzen der Geschwindigkeit von Bewegungen (Arbeitsgeschwindigkeit)
- Verringerung von Hebe- und Transportabständen
- Reduzierung des Lastgewichtes
- Einsatz mechanischer Hilfsmittel zur Reduzierung der Arbeitsschwere
- Optimierung der Körperhaltungen

- Vergrößerung des Bewegungsraumes
- regelmäßiger Wechsel der Arbeitsaufgabe

...

Bekleidung

- Verbesserung der Bekleidungseigenschaften
- Verbesserung des Tragekomforts
- angepasste Isolationswirkung
- Auswahl atmungsaktiver Materialien
- Auswahl leichter Materialien

Weitergehende Informationen der DGUV zu Hitzeschutzkleidung finden sich in der DGUV Info / BGIInfo 5167 Hitzeschutzkleidung.

Quellen - Weiterführende Informationen

Arbeitsmedizinische Vorsorge Verordnung ArbMedVV <https://www.gesetze-im-internet.de/arbmedvv/>

Arbeitsmedizinische Regel AMR 13.1 Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung, die zu einer besonderen Belastung führen können. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und.../AMR/pdf/AMR-13-1.pdf>

Arbeitsstättenregel ASR 3.5 Raumtemperatur <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-A3-5.pdf>

Arbeitsstättenregel ASR 3.6 Lüftung <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-A3-6.pdf>

Arbeitsstättenregel ASR V3 Gefährdungsbeurteilung <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-V3.htm>

Arzneimittelfieber <https://de.wikipedia.org/wiki/Arzneimittelfieber>
und <http://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=26057>

CEAP Klassifikation: <http://www.phlebology.de/home-v16/leitlinien-der-dgp-mainmenu/archiv/9-leitlinie-zur-diagnostik-und-therapie-des-ulcus-cruris-venosum-langversion>

Der Mensch als wärmetechnisches System. Prof. Dr.-Ing. E. Specht.

Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. (Mess- und Regelungsmechanismus der Betriebstemperatur, Wärmeabgabe, Energieerhaltung, Gewichtsänderung, Behaglichkeit) 17.05.2005 [http://www.uni-magdeburg.de/isut/TV/Download/Der Mensch als waermetechnisches System.pdf](http://www.uni-magdeburg.de/isut/TV/Download/Der_Mensch_als_waermetechnisches_System.pdf)

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Untersuchungen. G30 Hitzearbeiten. 6. Auflage, Gentner Verlag, Stuttgart 2014. SS 439-447 ISBN 978-3-87247-756-9

DGUV Info 215-444 / BGI 827 Sonnenschutz im Büro <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/215-444.pdf>

DGUV Info 215-510 / BGI 7003 Beurteilung des Raumklimas <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/215-510.pdf>

DGUV Information 250-431 / BGI 504-30 Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 30 "Hitze". http://www.arbeitssicherheit.de/media/pdfs/bgi_504_30.pdf

DGUV Info / BGI 579 Hitzearbeit <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi579.pdf>

DGUV Info / BGI 5167 Hitzeschutzkleidung. <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-5167.pdf>

DGUV Info / BGI 7002 Beurteilung von Hitzearbeit <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-7002.pdf>

EMF – Physikalische Grundlagen, Wirkungen auf den Menschen - Ljiljana Udovicic. BauA <https://www.baua.de/DE/Angebote/Veranstaltungen/Dokumentationen/Elektromagnetische-Felder/pdf/EMF-2012-5.pdf>

E-Smog – Wirkmodell auf Menschen. Andre Moser. http://www.andre-moser.ch/e-smog/wirkmodell/seiten/die_theoretische_eindringtiefe.htm

Grenzwertliste der DGUV. 3.1.3.4 Hitzebereich. S 163-165.
<http://publikationen.dguv.de/dquv/pdf/10002/rep0415.pdf>

Hitze

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hitze>

Hitzeindex <https://de.wikipedia.org/wiki/Hitzeindex> und http://www.climate-service-center.de/products_and_publications/publications/detail/062996/index.php.de und http://www.eurometeo.com/english/read/doc_heat

Hitzeödem in: Ulrich Herpertz. Ödeme und Lymphdrainage: Diagnose und Therapie von Ödemkrankheiten. Abschnitt 6.2.1 . Schattauer Verlag, 2010, ISBN 3794527038, 9783794527038: S 75

Hitzeschaden <https://de.wikipedia.org/wiki/Hitzeschaden>

Hitzestress-Erkrankungen. Jürgen Steinacker. http://www.uniklinik-ulm.de/fileadmin/Kliniken/Innere_Medizin/Sektion_Sportmedizin/Dokumente/Lehre/SS_2011/Umweltmedizin/Q6_Hitzeerkrankungen_Steinacker.pdf

Inkohärente optische Strahlung. Schwerpunkt photobiologische Wirkung - Prof. Dr. W. Schwedes https://www.f07.th-koeln.de/imperia/md/content/aoe_files/displaytechnik/inkoh_rente_optische_strahlung.pdf

LV16 Kenngrößen zur Beurteilung raumklimatischer Grundparameter http://lasi-info.com/uploads/media/lv16_01.pdf

Physiologie:

Anpassung an klimatische Bedingungen (Hitze / Kälte, Luftfeuchtigkeit u.a.)
<http://physiologie.cc/XVIII.4.htm#Glgew>

Physiologie der Hautdurchblutung <http://physiologie.cc/XVIII.8.htm#perfu>

Pumpleistung des Herzens, Einflüsse von Wärme auf das Herzzeitvolumen
<http://physiologie.cc/VI.3.htm#Waerme>

Temperaturregulation und Wärmehaushalt <http://physiologie.cc/V.8.htm>

in: Helmut Hinghofer-Szalkay. Eine Reise durch die Physiologie. <http://physiologie.cc>

Physik der Wärmestrahlung Hilke Strümpel http://www.webgeo.de/k_304/

Temperatur <https://de.wikipedia.org/wiki/temperatur>

Thermische Energie https://de.wikipedia.org/wiki/thermische_Energie

Vasodilatory capacity of the skin in venous disease and its relationship to transcutaneous oxygen tension. Cheatle TR¹, Stibe EC, Shami SK, Scurr JH, Cole-ridge Smith PD. Br J Surg. 1991 May;78(5):607-10.

Wärme

<https://de.wikipedia.org/wiki/wärme>

Wärmestrahlung <https://de.wikipedia.org/wiki/wärmestrahlung>

WIDMER Klassifikation <http://www.phlebology.de/home-v16/leitlinien-der-dgp-mainmenu/archiv/9-leitlinie-zur-diagnostik-und-therapie-des-ulcus-cruris-venosum-langversion>

Alle Rechte vorbehalten.

Abdruck oder vergleichbare Verwendung von Arbeiten des Instituts für Sozialstrategie ist auch in Auszügen nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung gestattet.

Publikationen des IfS unterliegen einem Begutachtungsverfahren durch Fachkolleginnen- und kollegen und durch die Institutsleitung. Sie geben ausschließlich die persönliche Auffassung der Autorinnen und Autoren wieder.