

Alle Jahre wieder: Hitzearbeit im Freien

1 Anlass und arbeitswissenschaftliche Einordnung des Themas

Hitzearbeit ist zunächst Arbeitstätigkeit im Diskomfortbereich unter starker Inanspruchnahme der Thermoregulation. Im ausgesprochenen Hitzebereich ist die Wärmebilanz nicht mehr ausgeglichen und es besteht Gesundheitsgefahr durch Überwärmung (Hyperthermie).

„Rund 2 Millionen Beschäftigte in Deutschland sind täglich 8 Stunden oder länger der prallen Sommersonne ausgesetzt. Dies betrifft unter anderem Tätigkeiten in der Land- und Forstwirtschaft, im Fischereigewerbe und bei der Seefahrt sowie in vielen Bereichen des Baugewerbes.“ [8] Die Arbeit auf Baustellen unterliegt in starkem Maße natürlichen Umgebungseinflüssen. Diese wirken sich auf den Bauablauf aus, können den Menschen in seiner Leistungsfähigkeit beeinträchtigen und seine Gesundheit schädigen. Extreme klimatische Bedingungen, die sich angesichts der globalen Klimaveränderungen auch in Deutschland häufiger einstellen¹ [16], belasten vor allem die körperlich schwer arbeitenden Bauschaffenden stark. Aus Sicht des Verfassers wird dem im Arbeitsschutz und bei der Arbeitsgestaltung noch zu wenig Rechnung getragen.

Arbeitswissenschaftlich gut beschrieben sind bisher die Hitzebelastungen durch technische Prozesse. Die Aussagen lassen sich aber nicht direkt auf natürliche klimatische Einflüsse übertragen. Die sommerlichen Arbeitsbedingungen müssen besser analysiert werden. Mit diesem Beitrag soll auf die Problematik aufmerksam gemacht werden.

Werden die Unfallgefahren aus Unwettererscheinungen ausgeklammert, so ist Hitzearbeit auf Baustellen im Sommer durch drei Umweltkomponenten gekennzeichnet, die den Menschen komplex belasten:

- Mikroklima,
- ultraviolette Strahlung,
- Ozon.

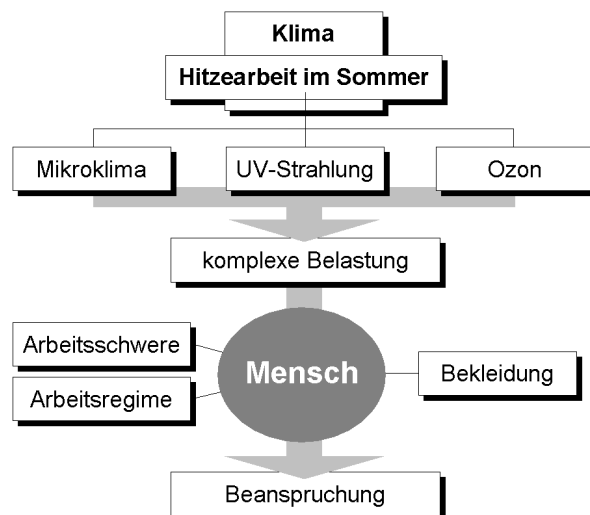


Bild 1 Beanspruchung des Menschen durch Hitzearbeit im Sommer

¹ „So deutliche Worte fanden die Klimaforscher in der Vergangenheit nicht immer: Wetterkatastrophen nehmen seit einigen Jahrzehnten drastisch an Zahl und Ausmaß zu. In Deutschland müssen wir in Zukunft immer häufiger mit extremeren Winterstürmen und Unwettern, Überschwemmungen und Sturzfluten, Hitzewellen und Dürren rechnen. Dazu tragen zunehmend auch Veränderungen bei den atmosphärischen Extremwerten als Folge der globalen Erwärmung bei. Der Klimawandel, so die Prognose der Wissenschaftler, wird allein in Deutschland Schäden in Milliardenhöhe verursachen.“ (Quelle: <http://www.gsf.de/flugs/klimawandel-nachlese.phtml>, 2.2.2005)



Weitere Belastungskomponenten folgen aus den Arbeitsaufgaben, gekennzeichnet durch Arbeitsschwere (Belastungshöhe) und Arbeitsregime (Belastungsdauer). Folge ist die Beanspruchung des Menschen entsprechend seiner individuellen Merkmale, zu denen neben Konstitution, Akklimatisation und individueller Disposition auch die Bekleidung zu rechnen ist (vgl. Bild 1).

Die ergonomische Beurteilung von Arbeitsfaktoren erfolgt über Dosis-Wirkungs-Beziehungen. Dazu sind die Einflüsse (Belastungshöhe und -dauer) und ihre spezifischen Wirkmechanismen auf den Menschen zu beschreiben.

Der arbeitende Mensch mit seinen individuellen Leistungsvoraussetzungen unterliegt dem Einfluss der Arbeitsbedingungen aus seiner Arbeitsumwelt. Diese können als Arbeitsfaktoren AF_i beschrieben werden. Deren Wirkung ist über die entsprechenden Arbeitsparameter AP_{ij} erfassbar. Anhand des Vergleiches der vorhandenen (oder zu erwartenden) Werte $AP_{ij\text{ vorh}}$ mit den zulässigen $AP_{ij\text{ zul}}$ können die Arbeitsfaktoren zielgerichtet beeinflusst und gestaltet werden.

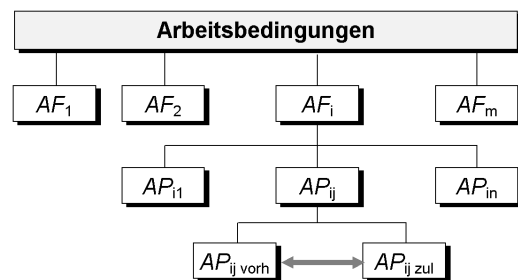


Bild 2 Modell zur Erfassung und Bewertung der Arbeitsbedingungen

AF_i ($i = 1, 2, \dots, m$) – Arbeitsfaktor

AP_{ij} ($j = 1, 2, \dots, n$) – Arbeitsparameter für AF_i

Die technische Arbeitshygiene arbeitet mit physiologischen Größen, die auf die biologische Spezifik des Menschen zugeschnitten sind. Diese Arbeitsparameter – nach Möglichkeit immer nur ein bestimmender je Arbeitsfaktor – werden aus mehreren physikalischen Größen abgeleitet. Durch Gegenüberstellung der zulässigen und vorhandenen Werte erfolgt die Bewertung der Arbeitsfaktoren.

Neben Grenzwertkonzepten postuliert die Arbeitsmedizin eine Beurteilung der schädigenden Wirkung anhand der Lebensdosis. Das heißt, dass Langzeiteffekte gegenüber Kurzzeiteexpositionen und damit verbundenen Grenzwerten dominieren. Daraus folgen Schwierigkeiten der Vorgabe sicherer Arbeitsparameter.

2 Mikroklima

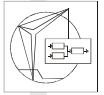
2.1 Der aktuelle arbeitswissenschaftliche Erkenntnisstand

Im Gegensatz zum Klimabegriff der Meteorologie ist Gegenstand der technischen Arbeitshygiene und Arbeitsgestaltung das so genannte Mikroklima, das Klima am Arbeitsplatz. Der Luftdruck findet, zum Beispiel, hier keine Beachtung.

Die Klimabewertung beinhaltet den Vergleich der vorhandenen mit den zulässigen Klimabedingungen auf der Basis folgender Komponenten:

- Klimagrundgrößen (Lufttemperatur, Wärmestrahlung, Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit),
- Arbeitsregime (Expositionsdauer),
- Arbeitsschwere bzw. Kategorie der Arbeit (Wärmeerzeugung),
- Isolationswert der Bekleidung (beeinflusst Wärmeaustausch).

Die vier Klimagrundgrößen wirken in ihrer Gesamtheit und erschließen sich erst in ihrer Kombination als Bewertungsgrößen.



Der Mensch kann als thermodynamisches System betrachtet werden. Er erzeugt selbst Wärme und tauscht mittels verschiedener Mechanismen (vor allem Konvektion, Strahlung und Schweißverdunstung) Wärme mit der Arbeitsumgebung aus. Entscheidend für seine Gesunderhaltung ist die Einhaltung eines solchen thermodynamischen Regimes, in dem die Wärmeregulierungsmechanismen nicht überfordert werden und sich letztendlich die Körperkerntemperatur nicht unzulässig ändert.

Der Wirkungsgrad menschlicher Arbeit ist relativ gering. Bei schwerer körperlicher Arbeit beeinflusst deshalb die erzeugte Wärme die Wärmebilanz maßgeblich. In den Klimanormen sind folgende Stufungen des Arbeitsenergieumsatzes² beschrieben (vgl. Tabelle 1). Stufe IV in Tabelle 1 charakterisiert den Grenzbereich, die Dauerleistungsgrenze. Die Dauerleistungsgrenze liegt bei etwa 17 AkJ/min, also einem Arbeitsenergieumsatz von etwa 285 W. Viele manuelle Bautätigkeiten beanspruchen den Menschen oberhalb der Dauerleistungsgrenze.

Tabelle 1: Stufung für den Arbeitsenergieumsatz (DIN 33403-3:2001)

Stufe	Arbeitsenergieumsatz AU		Bewertung	Beispiel
	kJ/min	W		
I	$AU \leq 8$	$AU \leq 130$	sehr leicht	ruhiges Sitzen, Armarbeit
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	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)

Die Bewertung der Wärmebelastung des Menschen erfolgt in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen unterschiedlich. Für Hitzebedingungen gibt es, abgesehen von CNET³, drei Verfahren

- **anhand des WBGT-Indexes⁴**

Der WBGT-Index ist ein integraler empirischer Wert zur orientierenden Beurteilung der Erträglichkeit einer gleichmäßigen Wärmebelastung des Menschen, der an industriellen Arbeitsplätzen relativ einfach zu bestimmen ist [DIN EN 27243].

Bei Einwirkung direkter Sonneneinstrahlung, außerhalb von Gebäuden, gilt

$$WBGT = 0,7 t_{nw} + 0,2 t_g + 0,1 t_a \text{ in } ^\circ\text{C}$$

t_{nw} – Feuchttthermometertemperatur (natürlich belüftet; nicht zu verwechseln mit der Feuchttthermometertemperatur des Aspirationspsychrometers nach ASSMANN),

t_g – Globetemperatur (ermittelt mit dem Globethermometer, das Lufttemperatur, Temperaturstrahlung und Luftgeschwindigkeit als integrale Größe erfasst und sehr träge reagiert: minimale Messdauer 20 min),

t_a – Lufttemperatur.

² Der Arbeitsenergieumsatz wird zur Verrichtung der Arbeitstätigkeit erbracht. Er entsteht zusätzlich zum Grundumsatz, der zur Aufrechterhaltung der grundlegenden Lebensfunktionen (Kreislauf, Atmung, Gehirn- und Nerventätigkeit) und auch zur Gewährleistung einer vom Liegen abweichenden Körperhaltung erforderlich ist.

³ CNET ist die korrigierte Normal-Effektivtemperatur – eine empirische integrale physiologische Größe, die das subjektive Empfinden eines Klimazustandes aus der Kombination von Globetemperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit für normal bekleidete Menschen beschreibt. Das Verfahren weist aber bei hohen Bestrahlungsstärken Mängel auf [9, S. 361].

⁴ WBGT = Wet-Bulb-Globe-Temperatur nach YAGLOU u. MINARD (vgl. DIN EN 27243)



In DIN EN 27 243 sind abhängig vom Energieumsatz und dem Grad der Akklimatisation Richtwerte für die zulässige Belastung gegeben. Sie sind in DIN 33 403-3 als Erträglichkeitsgrenzwerte umgesetzt.

Tabelle 2 Orientierungswerte der Erträglichkeitsgrenze für den WBGT-Index in Anhängigkeit vom Arbeitsenergieumsatz (AU) für akklimatisierte Personen (DIN 33403-3:2001)

Stufe	Arbeitsenergieumsatz AU		Orientierungswerte für den WBGT-Index in °C	
	kJ/min	W		
I	$AU \leq 8$	$AU \leq 130$	32	
II	$8 < AU \leq 12$	$130 < AU \leq 200$	29	
III	$12 < AU \leq 16$	$200 < AU \leq 270$	28	
			Luftbewegung (-geschwindigkeit)	
			nicht spürbar	spürbar
IV	$16 < AU \leq 20$	$270 < AU \leq 330$	26,0	26,5
V	$20 < AU \leq 23$	$330 < AU \leq 380$	24,5	26,0
VI	$23 < AU \leq 25$	$380 < AU \leq 420$	24,0	25,5
VII	$AU > 25$	$AU > 420$	23,0	25,0

- **nach dem Index Erforderliche Schweißrate Sw_{req}** (DIN EN ISO 7933)

Hier wird die erforderliche Schweißangabe bestimmt, die unter Hitzebedingungen die einzige Möglichkeit darstellt, eine ausgeglichene Wärmebilanz zu erzielen. Der Flüssigkeitsverlust durch Schweißabgabe darf 4 bis 6 % des Körpergewichts nicht überschreiten. Bei Überschreiten des Grenzwertes wird eine zulässige Expositionszeit ausgewiesen. Die Methode ist aber nur mit wesentlichen Einschränkungen anwendbar [11, S. 204].

- **nach der effektive Bestrahlungsstärke E_{eff}**

Die Differenz zwischen der durch Strahlung zugeführten und der durch Strahlung abgeführten Wärmestromdichte wird effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} genannt. Sie wird aus Gründen einer einheitlichen Bezugsbasis auf eine Haut- oder Oberflächentemperatur des Menschen von 32 °C bezogen; die abgegebene Strahlungsstärke beträgt somit 465 W/m².

Die Wärmestrahlungsexposition wird in Abhängigkeit von der effektiven Bestrahlungsstärke nach DIN 33403-3 grob in drei Bereiche (A, B, C) unterteilt (vgl. Bild 3):

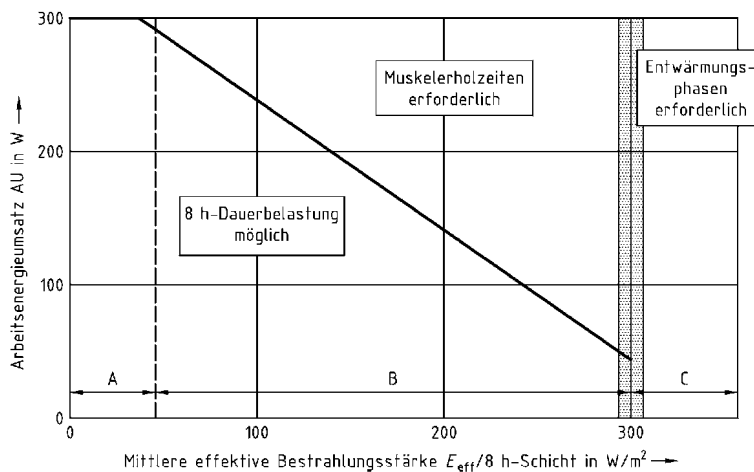
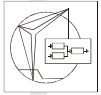


Bild 3 Orientierungsbereiche für die Exposition durch technische Wärmestrahlung in Abhängigkeit vom Arbeitsenergieumsatz AU bei Dauerbelastung (DIN 33403-3)



- A $E_{\text{eff}} \leq 35 \text{ W/m}^2$: die Wärmestrahlung hat keinen zusätzlich arbeitsbelastenden Einfluss,
- B $35 \text{ W/m}^2 < E_{\text{eff}} \leq 300 \text{ W/m}^2$: Dauerexposition ist abhängig vom Arbeitsenergieumsatz zulässig, bei höheren Werten sind Muskelerholzeiten (vgl. REFA) erforderlich, ein Verbleib im Wärmestrahlungsbereich ist möglich.
- C $E_{\text{eff}} > 300 \text{ W/m}^2$: Der Erträglichkeitsbereich ist überschritten, Entwärmungsphasen sind erforderlich, Dauerexposition ist nicht zulässig.

Außerdem können nach REFA anhand der Kombination von Effektivtemperaturangaben NET und Wärmestrahlungswerten in $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ Hitzestufen bestimmt und dementsprechende Erholungszeiten gewährleistet werden [12, S. 328].

2.2 Hitze bei der Arbeit im Freien

Für Baustellenbedingungen ist von akklimatisierten Personen auszugehen, da Bauarbeiter kontinuierlich den Klimabedingungen ausgesetzt sind. Der Leistungsabfall des Menschen unter Hitzebedingungen ist dennoch erheblich. In den Angaben der Tabelle 3 ist der Einfluss von Wärmestrahlung nicht berücksichtigt. Die kritische Grenze der Belastbarkeit ohne Leistungseinbußen liegt bei $25 \text{ }^\circ\text{C NET}$. Das entspricht bei einer geringen Luftgeschwindigkeit von $v_a = 0,1 \text{ m/s}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $RH = 60 \%$ einer Lufttemperatur (Trockentemperatur) von $t_a = 28 \text{ }^\circ\text{C}$, sofern kein direkter Strahlungseinfluss vorhanden ist.

Tabelle 3 Leistungsabfall nach Werten von HASSE, EHRISMANN, LEHMANN, SZAKALL, MACHWOTH [6, S. 121]

$^\circ\text{C NET}$	27	28	29	30	31	32	33	34
Leistungsabfall in %	20	28	33	39	46	46	49	50

Unter hochsommerlichen Witterungsbedingungen spielt die Sonnenstrahlung eine große Rolle. Sie wirkt auf den ganzen Körper und belastet die Wärmebilanz. Nach [6, S. 114] bewirkt eine Strahlungsintensität ab 30 W/m^2 ein deutliches Wärmeempfinden und über 500 W/m^2 bei Dauerexposition eine unangenehme Hitzeempfindung. Die Wirkung der Sonnenstrahlung unterscheidet sich wegen ihrer spektralen Streuung von der technischen Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung). Aus diesem Grund sind Strahlungsangaben ohne Kenntnis der spektralen Zusammensetzung nur bedingt vergleichbar und die oben genannten Zahlen nicht direkt anwendbar.

Die Solarkonstante⁵ beträgt etwa $1,35 \text{ kW/m}^2$. Durch Absorption und Streuung kommt nur ein Teil davon, etwa 47 %, als direkte Strahlung auf der Erdoberfläche an. Steht die Sonne im Zenit, so treffen auf Höhe NN maximal etwa 800 W/m^2 ein. Eine weitere Reduktion erfährt die Strahlung durch den Höhenwinkel (in Mitteleuropa mittags 60 bis 65 °). Ein Teil der gestreuten Strahlung wirkt als diffuse (ungerichtete) Himmelsstrahlung. Während sich bei Trübung der Atmosphäre die direkte Strahlung verringert, verstärkt sich die diffuse. Beide zusammen ergeben die Globalstrahlung (maximal 70 % der Solarkonstante). In der Literatur schwanken die Durchschnittsangaben erheblich, da sie von Lage und Klimaregion abhängen.

In Deutschland ist mit einer Gesamtstrahlungsspitze von 950 W/m^2 zu rechnen (vgl. Bild 4). Über längere Zeiträume wirken also durchaus mittlere Bestrahlungsstärken von über 500 W/m^2 . Das lässt vermuten, dass der Erträglichkeitsbereich erheblich überschritten wird (vgl. DIN 33403-3). Die Arbeitszeit liegt zudem traditionell in der Zeit höchster Immissionswerte. Etwa 2/3 der täglichen Globalstrahlungsdosis entfällt auf die (wirkliche) Zeit von 10 bis 14 Uhr. Gearbeitet wird mit kurzärmeligen Hemd ($I_{\text{clo}} = 0,3 \dots 0,4$), oft auch mit freiem Oberkörper ($I_{\text{clo}} = 0$). Der Anteil an Überstunden ist in der wärme- und UV-strahlungsintensivsten Jahreszeit am größten, wodurch die Exposition noch steigt.

⁵ Sonnenstrahlungsintensität im erdnahen Bereich, etwa in 200 km Höhe



Neueste Analyseergebnisse zu Bauarbeiten im Freien sind in [15] gegeben. Hier wurden Tätigkeitsprofile, Bekleidung, Aufenthaltsdauer im Freien und der Einfluss technisch-organisatorischer Faktoren untersucht.

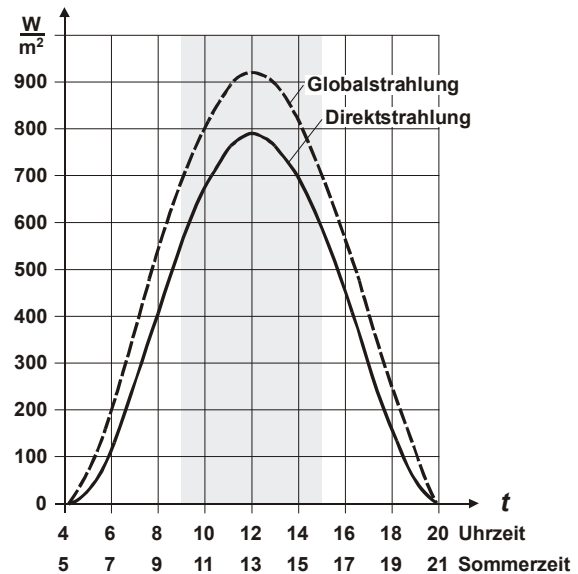


Bild 4 Tagesgang der Sonnenstrahlung (Global- und Direktstrahlung) an einem Strahlungstag im Hochsommer, nach [15, S. 7]

Interpretierbar wird Bild 4, wenn man in die effektive Bestrahlungsstärke umrechnet (s. oben). Einen Bewertungsansatz, der auch Nicht-Fachleuten die Möglichkeit bietet, eine Klimasituation unter Wärmebedingungen am Arbeitsplatz einzuschätzen und zu bewerten, liefern neben Bild 3 HETTINGER u. a. (vgl. [3, S. 232–233], [9, S. 362]).

Stufengrenzen $W \cdot m^{-2}$	Bewertungsstufe	Belastungsintensität
$300 < E_{eff}$	VII	Über- belastung sehr wahrscheinlich wahrscheinlich möglich
$260 < E_{eff} \leq 300$	VI	
$220 < E_{eff} \leq 260$	V	
$160 < E_{eff} \leq 220$	IV	Grenzbereich
$95 < E_{eff} \leq 160$	III	belastend
$35 < E_{eff} \leq 95$	II	gering belastend
$E_{eff} \leq 35$	I	sehr gering belastend

Bild 5 Bewertung der Wärmebelastung anhand der effektiven Bestrahlungsstärke [3, S. 234]

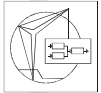
Ein anderes Problem sommerlicher Hitzearbeit ist die Tätigkeit im heterogenen Umgebungsklima, z. B. in engen Gräben und Gruben. Der Oberkörper ist der Sonnenstrahlung ausgesetzt, der Unterleib und die Beine dem niedrigen Temperatureinfluss der Wände. Auch hierfür bietet die DIN EN 27243 einen Ansatz, allerdings nur zur WBGT-Mittelwertbildung.

2.3 Defizite

Es gibt derzeit keine arbeitshygienischen Normen zur Bewertung von Hitzearbeit im Freien. Der Geltungsbereich von DIN 33403-3 schließt Arbeiten im Freien ausdrücklich aus.

Für Hitzearbeit ist die gut handhabbare Effektivtemperatur nach YAGLOU nicht geeignet. Geeignet und praktikabel wäre der WBGT-Index. Dessen Ermittlung setzt aber die Kenntnis der Größen Globetemperatur und natürlich-belüftete Feuchttemperatur voraus, was die spontane Anwendung erschwert. Zudem erfordert das Verfahren im Bereich der Dauerleistungsgrenze eine weitere

Absicherung mit einem zusätzlichen Summenmaß [3, S. 238]. Verfügbar sind die Werte gemäß Bild 3 und aus Anhang A der DIN EN 27 243.



Es gibt praktikable Näherungsverfahren, die eine einfache Abschätzung über die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit zulassen (vgl. Bild 6).

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) from Temperature and Relative Humidity	
Temperature (°C)	
Relative Humidity (%)	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
0	15 16 16 17 18 18 19 19 20 20 21 22 22 23 23 24 24 25 25 26 27 27 28 28 29 29 30 31 31 32 32
5	16 16 17 18 18 19 19 20 21 21 22 22 23 24 24 25 26 26 27 27 28 29 29 30 31 31 32 33 33 34 35
10	16 17 17 18 19 19 20 21 21 22 23 23 24 25 25 26 27 27 28 29 30 30 31 32 32 33 34 35 36 36 37
15	17 17 18 19 19 20 21 21 22 23 23 24 25 26 26 27 28 29 29 30 31 32 33 33 34 35 36 37 38 39
20	17 18 18 19 20 21 21 22 23 24 24 25 26 27 27 28 29 30 31 32 32 33 34 35 36 37 38 39
25	18 18 19 20 20 21 22 23 24 24 25 26 27 28 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
30	18 19 20 20 21 22 23 23 24 25 26 27 28 29 29 30 31 32 33 34 35 36 37 39
35	18 19 20 21 22 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
40	19 20 21 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
45	19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 32 33 34 35 36 37 38
50	20 21 22 23 23 24 25 26 27 28 29 30 31 33 34 35 36 37 39
55	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 34 35 36 37 38
60	21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 35 36 37 38
65	21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 36 37 38
70	22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 33 34 35 36 38 39
75	22 23 24 25 26 27 29 30 31 32 33 35 36 37 39
80	23 24 25 26 27 28 29 30 32 33 34 36 37 38
85	23 24 25 26 28 29 30 31 32 34 35 37 38 39
90	24 25 26 27 28 29 31 32 33 35 36 37 39
95	24 25 26 27 29 30 31 33 34 35 37 38
100	24 26 27 28 29 31 32 33 35 36 38 39

Note: This table is compiled from an approximate formula which only depends on temperature and humidity. The formula is valid for full sunshine and a light winds

Bild 6 Schätzung des WBGT-Index anhand der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit bei vollem Sonnenschein und geringer Luftbewegung (Quelle: http://www.bom.gov.au/weather/sa/inside/heat_stress/)

Untersuchungsergebnisse liegen aus dem sportwissenschaftlichen Bereich vor. Auch Leistungssportler sind im Freien körperlich schwer Arbeitende: „Normalerweise liegt der WBGT-Index unterhalb der tatsächlich herrschenden Temperatur. So können z. B. dem WBGT-Index von 26 °C durchaus eine Temperatur von 35 °C in der Sonne oder 37 °C im Schatten entsprechen. Beispielsweise gilt in Australien die offizielle Empfehlung, sportliche Wettkämpfe ab einem WBGT-Index von 28 °C abzusagen, da sich unter diesen Bedingungen das Risiko für Hitzeschäden deutlich erhöht“ [4, S. 11]. Diese Aussage ist im Vergleich zu Tabelle 2 bemerkenswert, zeigt sie doch die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit der WBGT-Werte für verschiedene spektrale Strahlungszusammensetzungen.

Bei der Annahme, dass die relative Luftfeuchtigkeit nicht unter 60 % absinkt, entspräche obige Aussage nach dem australischen Näherungsverfahren einer Lufttemperatur von 27 °C. Hier wird ein Widerspruch deutlich, der zeigt, dass ohne eindeutige Untersuchungen keine Aussagen getroffen werden können.

Anhand des wagen Vergleichs mit den gegebenen arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen für Hitzearbeit bei technisch bedingter Wärmebelastung wird offenkundig, dass die Bauschaffenden im Hochsommer Belastungen ausgesetzt sind, die den Bereich der Erträglichkeit verlassen. Eingehende Untersuchungen sollten Klarheit schaffen und arbeitsgestalterische Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Mitarbeiter begründen helfen.

2.4 Maßnahmen

Auch ohne das Vorliegen bestätigender Untersuchungsergebnisse sind Schutzmaßnahmen zu empfehlen. Sie liegen im technischen Bereich durch Reduzierung der Arbeitsschwere und Verschattung der Arbeitsplätze, im organisatorischen Bereich durch Arbeitszeitverlagerung und ein ausgeglichenes Arbeits- und Pausenregime sowie im arbeitshygienischen Bereich durch geeignete Kleidung und ausreichende Flüssigkeitszufuhr mit geeigneten Hitzegetränken.



3 UV-Strahlung

Die Reduzierung der Ozonschicht in der Stratosphäre der nördlichen Erdhalbkugel ist Anlass, die natürliche UV-Strahlung stärker als pathogenen Belastungsfaktor im Arbeitsprozess zu beachten. Jährlich etwa 100 000 Hautkrebs-Neuerkrankungen bestärken diese Forderung. Noch enthält die BK-Nr. 5102 keinen Zusammenhang zur UV-Strahlung, sondern beinhaltet gegenwärtig allein „Hautkrebs oder zur Krebsbildung neigende Hautveränderungen durch Ruß, Rohparaffin, Teer, Anthrazen, Pech oder ähnliche Stoffe“. Aber das Thema beschäftigt das Gewissen der Mediziner:

„Beruflich bedingter Hautkrebs befindet sich schon lange im Blickpunkt der Medizin. Bereits 1775 wurde als eine der ersten Berufskrankheiten ein erhöhtes Hautkrebsrisiko bei Schornsteinfeuern beschrieben. Es dauerte jedoch noch mehr als 100 Jahre, bis 1894 bei Seeleuten erstmals ein direkter Zusammenhang zwischen beruflich bedingter Sonnenbelastung und der Entwicklung von Hautkrebs gesehen wurde: Ärzte bezeichneten die krankhaft veränderte Körperoberfläche als Seemannshaut. Dennoch gilt Hautkrebs, der durch intensive Sonneneinstrahlung am Arbeitsplatz entstanden ist, bis heute nicht als anerkannte Berufskrankheit. Hier scheint jedoch ein Umdenken stattzufinden, wie Professor Diepgen konstatiert: „In den vergangenen Jahren wurden mehrere Hautkrebserkrankungen als Berufskrankheit anerkannt und entschädigt. Wir Dermatologen sollten mit dazu beitragen, dass weitere Fälle gemeldet und entschädigt werden und dass bestimmte durch UV-Licht induzierte Hauterkrankungen neu in die Liste der Berufskrankheiten aufgenommen werden.““ [10]

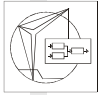
Auch seitens der Strahlenschutzkommission wird nachdrücklich auf die Notwendigkeit des Schutzes der im Freien tätigen Beschäftigten aufmerksam gemacht und gefordert, keine Abstriche an der Prävention gemäß ArbSchG zuzulassen [14].

Die ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) gehört zur nichtionisierenden elektromagnetischen Strahlung. Sie ist die optische Strahlung mit der höchsten Quantenenergie, grenzt unmittelbar an den Bereich der ionisierenden Strahlung und kann vor allem im kurzwelligen Bereich ähnliche Wirkungen hervorrufen. Haupterscheinungsform auf der Baustelle sind die UV-Anteile des Sonnenlichts. Die UV-Strahlung ist für den Menschen nicht sichtbar und auch nicht durch ein anderes Sinnesorgan wahrnehmbar. Sie wirkt in ihrer spektralen Zusammensetzung unterschiedlich auf den Menschen. UV-Strahlung wird aufgeteilt in

- UV-A langwellig 315–400 nm, dringt bis in die Unterhaut ein und ist maßgebend für die Hautschädigung,
- UV-B kurzwellig 280–315 nm, ist besonders biologisch wirksam,
- UV-C extrem kurzwellig 200–280 nm, wird fast völlig in der Atmosphäre absorbiert.

Die Globalstrahlung setzt sich aus der direkt einwirkenden Sonneneinstrahlung und der aus der gestreuten Sonnenstrahlung resultierenden allgemeinen Himmelsstrahlung zusammen. Im Bereich der UV-B-Strahlung beträgt der Direktanteil in Deutschland maximal 50 %. Dieser verringert sich in den Vor- und Nachmittagsstunden sogar noch erheblich. Das bedeutet, dass die UV-Belastung nicht allein durch die direkte Sonnenstrahlung verursacht wird. Die diffuse Strahlung im Schatten kann relativ groß sein und den ungeschützten Menschen schädigen.

Unterschieden werden akute und langfristige Wirkungen der UV-Strahlung auf den Menschen. Akute Wirkungen verursachen Hautrötungen, Bindehaut- und Hornhautentzündungen, langfristige Wirkungen können zu vorzeitiger Hautalterung, zu Hautkrebsen und zur Trübung der Augenlinse (grauer Star) führen. Auch das Immunsystem kann negativ beeinflusst werden. Zu beachten ist auch die kumulierende Wirkung der UV-Strahlung: „Die Haut vergisst nichts.“



Zurzeit wird die BGV B9 „Optische Strahlung“ erarbeitet (Stand: BGIA-Information von 07/2002). Der Arbeitgeber soll danach verpflichtet werden, die Exposition gegenüber optischer Strahlung zu ermitteln und zu beurteilen. Mögliche Grenzwerte sind von ICNIRP⁶-Empfehlungen abgeleitet, so auch ein Jahresgrenzwert für die UV-Strahlungsdosis zum Schutz vor Hautkrebs – 4000 J/m² bei ($\lambda = 100$ bis 400 nm).

Die einfallende UV-Strahlung wird an verschiedenen Orten in der BRD kontinuierlich gemessen. Aus dem UV-Spektrum wird die biologische Wirksamkeit berechnet (<http://www.bfs.de/uv>). Die Werte werden täglich veröffentlicht; von April bis September werden für das nördliche, mittlere und südliche Deutschland 3-Tages-UV-Vorhersagen erstellt.

Der UV-Index (UVI) ist international einheitlich festgelegt. Er beschreibt den am Boden erwarteten Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung⁷. Je höher der UVI ist, desto höher ist das Sonnenbrandrisiko. Ab UVI = 5 sind Schutzmaßnahmen erforderlich. Das gesundheitsschädigende Überschreiten der UV-Exposition der Haut ist leicht am Sonnenbrand erkennbar. Dieser darf keinesfalls auftreten.

Schutz vor UV-Strahlung auf Baustellen bieten Verringerung der Strahlungsintensität und -dauer:

- Verlagerung von Arbeitsstellen in den Schatten,
- Verschattungen (Einsatz von Sonnenschutzdächern in Kombination mit Gerüsten – „Schlechtwetterbausysteme“, Nutzung von Sonnenschirmen),
- Verlagerung der Arbeitszeit,
- mehr Vorfertigung in Hallen,
- Bekleidung (Die Schutzwirkung von Textilien hängt ab von Material, Gewebedichte, Farbe (je dunkler desto besser), UV-reflektierenden oder –absorbierenden Zusätzen \Rightarrow Lichtschutzfaktor),
- Kopfbedeckung (Hüte, die auch den Nacken schützen),
- Augenschutz (Sonnenbrille \Rightarrow Blendschutz, Schutz vor IR- und UV-Belastung des Auges, siehe auch BGR 192),
- Sonnenschutzsalben,
- Beeinflussung des Verhaltens der Mitarbeiter durch Warn-Messgeräte (UV-Dosimeter).

In der Mittagszeit, von 12 bis 15 Uhr, wirken etwa 50 % der erythem bewerteten (sonnenbrandwirksamen) Tagesstrahlungsdosis. Das sollte bei der Arbeitszeitgestaltung und Arbeitsplanung beachtet werden.

Bei direkter Sonneneinstrahlung sollte auf ausreichende Lichtschutzwirkung der Oberbekleidung und der Kopfbedeckung geachtet werden. Sie bieten den besten Schutz.

Sonnenschutzsalben helfen nur bedingt. Sie werden zurzeit nur für UV-B ausgelegt und auf Hauttyp 2 zugeschnitten. Sie sind nur bedingt geeignete Schutzmaßnahmen und kein Ersatz für optimierte Arbeitskleidung [15, S. 347]. Zudem eignen sich auch wirklich nur bestimmte wetterfeste Cremes, die die Haut auch beim Schwitzen schützen.

Es besteht ein Widerspruch zwischen Schutzmaßnahmen vor UV-Strahlung und gegen Hitze. Das Entblößen der Haut reduziert die Hitzebelastung relativ schnell und wirksam. Dem gegenüber wächst die UV-Strahlungsexposition, deren Folgen nicht sofort wahrgenommen werden und erst langfristig eintreten. Deshalb gehören zur Prävention unbedingt Aufklärung, Überzeugung und Kontrolle.

⁶ ICNIRP = International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (<http://www.icnirp.de/>)

⁷ vgl. <http://www.bfs.de/uv/uv2/uvi/erlaeuterung.html> (Abruf vom 8. März 2005)



4 Ozon

Ozon entsteht in photochemischen Reaktionen als Leitsubstanz des so genannten Sommersmogs und wirkt als Reizgas leistungsmindernd auf den Menschen. Hohe Ozonkonzentrationen entstehen bei Vorhandensein der entsprechenden Vorläuferstoffe NO_x und NMVOC⁸, intensiver Sonneneinstrahlung und einer länger andauernden stabilen Schönwetterperiode, die zu einer Speicherung von Ozon innerhalb der atmosphärischen Mischungsschicht führt. Nach Messungen der letzten Jahre haben die Spitzenwerte der bodennahen Ozonkonzentration deutlich abgenommen. Aber die Jahresmittelwerte haben zugenommen [7, S. 7].

Ozon ist nur gering wasserlöslich, dringt deshalb tief in die Lunge ein, wo es reagiert. Wird das Atemvolumen gesteigert, z. B. durch schwere körperliche Arbeit, dann ist die Wirkung um so intensiver. Dann können sich die Lungenfunktionsparameter negativ verändern (bereits ab $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und es kann zu entzündlichen Reaktionen der Lunge bis hin zu Asthmaanfällen kommen. Die physische Leistungsfähigkeit sinkt. Noch nicht endgültig belegt aber auch nicht auszuschließen sind allergiefördernde, gentoxische und kanzerogene Wirkungen.

Bisher gibt es nur Schwellenwerte für die Luftverschmutzung durch Ozon, die im deutschen Immissionsschutzrecht verankert sind: $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$, über 8 Stunden gemittelt für den Gesundheitsschutz. Die Informationsschwelle liegt, über 1 Stunde gemittelt, bei $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Oberhalb dieser Schwelle können für besonders empfindliche Menschen bereits bei kurzfristiger Exposition Gesundheitsrisiken bestehen.

Die österreichische Industriegewerkschaft Bau-Holz hat sich dieses Themas angenommen (<http://www.bau-holz.at/>):

„Der Ozonbelastung sind jedoch gerade Menschen wie die Bauarbeiter, die ihren anstrengenden Beruf im Freien ausüben, völlig schutzlos ausgesetzt. Experten bestätigen, dass die tatsächliche Gesundheitsgefährdung durch Ozon bereits bei viel geringeren Werten als dem der Ozon-Vorwarnstufe beginnt, vor allem dann, wenn im Freien anstrengende Tätigkeiten durchgeführt werden.

Lungenschädigungen können die Folge sein, sogar ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko ist nicht auszuschließen, wenn man über längere Zeit hohen Ozonkonzentrationen ausgesetzt ist.

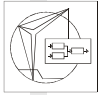
Der Bundesvorstand der Gewerkschaft Bau-Holz hat deshalb in seiner jüngsten Sitzung die Bundesregierung erneut aufgefordert, das Gesundheitsrisiko für Bauarbeiter durch bodennahes Ozon durch Einstellen der Arbeit bei Ozonbelastung zu verringern. In diesem Zusammenhang fordert die GBH schon seit Jahren die politisch Verantwortlichen auf, die Gesundheitsgefährdung durch Ozon endlich in die Regelung des Bauarbeiterschlechtwetterentschädigungsgesetzes einzubeziehen.“

5 Fazit

Mit Ausnahme der UV-Strahlung sind dem Verfasser keine Untersuchungen oder in Arbeit befindliche berufsgenossenschaftlichen Vorschriften bekannt, die sich mit dem hier behandelten Thema befassen. Mit diesem Beitrag will und kann der Verfasser nur ansatzweise auf die Problematik aufmerksam machen. Zur Abklärung der Tatsachen und wissenschaftlichen Beweisführung sind arbeitshygienische Studien unerlässlich. Im Interesse der Gesundheit der Bauschaffenden sind schon vor Vorliegen von Messergebnissen oder arbeitsmedizinischen Befunden Schutzmaßnahmen vorzusehen, zumal diese nur wenig oder gar keine Kosten verursachen.

⁸ VOC = volatile organic compounds (flüchtige organische Verbindungen), NM = nicht Methan

6 Quellen



- [1] About the WBGT Index. – In: http://www.bom.gov.au/weather/sa/inside/heat_stress/, Commonwealth of Australia 2005, Bureau of Meteorology (Abruf vom 28.2.2005)
- [2] BG-Information 579 – Arbeiten unter Hitzebelastung – Düsseldorf: Arbeitsgemeinschaft der Metall-Berufsgenossenschaften, 1992
- [3] Brockmann, W. u. a.: Arbeitsgestaltung in Produktion und Verwaltung – Taschenbuch für den Praktiker. – Köln: Wirtschaftsverlag Bachem, 1989. – 530 S.
- [4] Dickhuth, H.-H. u. a.: Sport unter besonderen klimatischen Bedingungen – am Beispiel der Olympischen Spiele und der Paralympics in Athen. – Bonn : Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 2004 – 58 S.
http://www.bisp.de/download/Athleten_Klima.pdf (Abruf vom 22.2.2005)
- [5] Diepgen, T. L.; Drexler, H.: Hautkrebs und Berufserkrankung. – In: Der Hautarzt, Band 55, (2004) Heft 1, S. 22–27
- [6] Hettinger, T.; Kaminski, G.; Schmale, H.: Ergonomie am Arbeitsplatz: Daten zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit. – Ludwigshafen (Rh): Fr. Kiehl GmbH, 1980. – 407 S.
- [7] Hintergrundinformation Sommersmog. – Berlin: Umweltbundesamt, 2004. – 25 S.
<http://www.umweltdaten.de/uba-info-presse/hintergrund/sommersmog-2004.pdf> (letzter Abruf am 22.2.2005)
- [8] Hügler, Ingrid: Manche mögen`s nicht heiß – Sommerhitze und Arbeit. – In: <http://www.landesgesundheitsamt.de/gewerbearzt/hitzearbeit.htm> (Abruf vom 12.11.2004)
- [9] Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. – Berlin: Springer Verlag, 1998. – 736 S.
- [10] Pressemitteilung der GD zur Prävention von Hautkrebs. – In: DermoTopics (Mitteilungen der Gesellschaft für Dermopharmazie) Nr. 1/2004
http://www.dermotopics.de/german/ausgabe1_04_d/hautkrebs_1_04_d.htm
- [11] Ratgeber zur Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen im Betrieb (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Sonderschrift S 42). – Dortmund, Berlin: 2001. – 398 S.
Aktuell beziehbar unter <http://www.baua.de/info/s/s42.pdf> (letzter Abruf am 22.2.2005)
- [12] REFA-Methodenlehre der Betriebsorganisation: Datenermittlung. – München: Carl Hanser Verlag, 1997. – 456 S.
- [13] Schutz des Menschen vor solarer UV-Strahlung, Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission (SSK-Information Nr. 4). – Bonn: 1998. – 111 S.
<http://www.ssk.de/sv/pdf/i04.pdf> (letzter Abruf am 22.2.2005)
- [14] Schutz vor solarer UV-Strahlung an Arbeitsplätzen im Freien – Stellungnahme der Strahlenschutzkommission zum Entwurf der Unfallverhütungsvorschrift ‚Optische Strahlung‘ (BGV B9). – Bonn, 2002. – 2 S.; <http://www.ssk.de/2002/ssk0219.pdf> (Abruf vom 2.3.2005)
- [15] Treier, C.; Schnauber, H.; Messinesis, St. u. a.: Untersuchung von Außentätigkeiten unter unmittelbarer Einwirkung von Sonnenstrahlen. – Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung Fb 903. – Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, 2000
- [16] Uns drohen Sturzfluten, Dürren und Tropenfieber. – In: VDI-Nachrichten Nr. 8/2005, S. 5
siehe auch: <http://www.gsf.de/flugs/klimawandel-nachlese.phtml> (Abruf vom 2.3.2005)
- [17] DIN 33403-3 „Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimasummenmaße“; Ausg. 04/2001



- [18] DIN EN ISO 7933 „Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung (ISO 7933:2004); Deutsche Fassung EN ISO 7933:2004
- [19] DIN EN 13758-2 „Textilien; Schutzeigenschaften gegen ultraviolette Sonnenstrahlung – Teil 2: Klassifizierung und Kennzeichnung von Bekleidung“, Deutsche Fassung EN 13758-2:2003 EN 13758-2
- [20] DIN EN 27243 „Warmes Umgebungsklima; Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index (wet bulb globe temperature)“ (ISO 7243:1989), Deutsche Fassung EN 27243:1993