

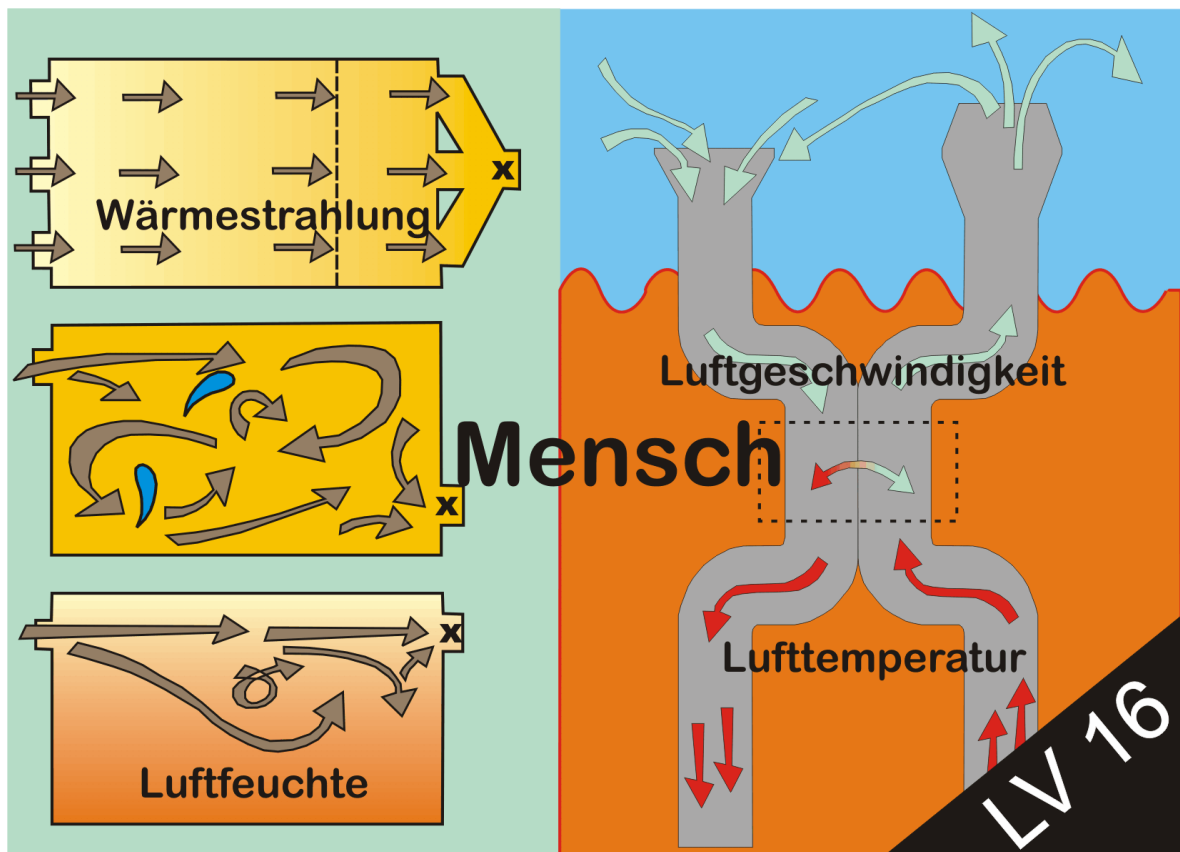


LÄNDERAUSSCHUSS FÜR ARBEITSSCHUTZ UND SICHERHEITSTECHNIK

LASI

1. überarbeitete Auflage (Stand September 2011)

Kenngrößen zur Beurteilung raumklimatischer Grundparameter



Impressum:

Kenngößen zur Beurteilung raumklimatischer Grundparameter

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.
Den an der Erarbeitung beteiligten Institutionen ist der Nachdruck erlaubt.

Herausgeber:

Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI)

LASI- Vorsitzender:	Steffen Röddecke Freie Hansestadt Bremen Die Senatorin für Bildung, Wissenschaft und Gesundheit Doventorscontrescarpe 172 D 28195 Bremen
Verantwortlich:	Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Tannenhauer Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Wilhelm-Buck-Str.2 01097 Dresden
Redaktion:	Hans-Dieter Aue Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Wilhelm-Buck-Str.2 01097 Dresden Dipl.-Ing. Matthias Karl Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Proschhübelstraße 8 01099 Dresden Dipl.-Ing. Andreas Zapf Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen Winzererstraße 9 80797 München Dipl.-Ing. Günter Zarse Landesamt für Gesundheit und Soziales M-V Friedrich-Engels-Str. 47 19061 Schwerin
Layout und Endredaktion:	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Wilhelm-Buck-Str.2 01097 Dresden
Titelbild:	Brüel & Kjaer 1990 Lüftungsmessungen mit Spurengasen
ISBN-Nr.	978-3-936415-66-7
Auflagenhöhe:	250 Exemplare
Datum:	2011-08-09

Vorwort

Der Mensch hält in Folge eines ständig ablaufenden Regelprozesses seine Körpertemperatur konstant auf einem Durchschnittswert von 37 °C. Er ist nur in dem relativ engen Bereich von ca. 35 °C bis 40 °C lebensfähig, seine Leistungsfähigkeit sinkt jedoch schon innerhalb wesentlich engerer Grenzen ab. Die Körperaußentemperatur steht mit dem Umgebungsklima, dem sich der Mensch nie völlig entziehen kann, in unmittelbarem Zusammenhang. Daher gehört das Klima zu den arbeitsschutzrelevanten Messgrößen.

Die Arbeitsstättenverordnung verlangt sowohl ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft als auch eine gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur. Die Arbeitsstättenregel A3.5 „Raumtemperaturen“ von Juni 2010 und demnächst die Arbeitsstättenregel A3.6 „Lüftung“ (bis zu deren Bekanntmachung die Arbeitsstättenrichtlinie 5 „Lüftung“ vom Oktober 1979, zuletzt geändert im September 2002) sind für den Regelfall ausreichend. Problemfälle verlangen jedoch eine genauere Betrachtung der raumklimatischen Grundparameter, um die Ursache für die nicht erreichte „Behaglichkeit“ festzustellen und gezielte Maßnahmen einleiten zu können.

In diesem LASI-Leitfaden werden die zur Zeit gültigen Richtwerte für die Klimagrundparameter aus Normen und anderen Quellen zusammengestellt. Mit ihr soll eine Lücke in der verfügbaren Literatur geschlossen werden. Jeder, der den Arbeitsschutz betreffende Messungen bewerten muss, weiß, wie viel Zeit die Suche nach einem Richtwert kosten kann.

Es erfolgt die getrennte Wertung der einzelnen Klimakomponenten.

Der Leitfaden wendet sich sowohl an den informierten Betriebspraktiker als auch an den Fachmann, der Messgeräte und Formeln zur Umrechnung von Klimagrößen bereits kennt. Es erscheint jedoch notwendig, den Richtwerten jeweils eine Erläuterung der zu messenden Größe hinzuzufügen.

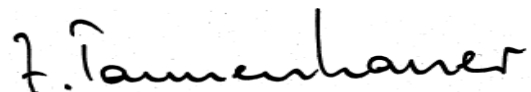
Die Verfasser hoffen, dass der vorliegende Leitfaden allen, die Klimagrößen messen und bewerten, eine Hilfe sein wird.

Bremen / Dresden im September 2011



Steffen Röddecke

Vorsitzender des Länderausschusses
für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik



Prof. Dr. Jörg Tannenhauer

Koordinator für das Fachthema
„Arbeitsstätten und Ergonomie“ des
Länderausschusses für Arbeitsschutz und
Sicherheitstechnik

Inhaltsverzeichnis

1	Raumklimatische Parameter	1
1.1	Lufttemperatur	2
	Messgrößen	2
1.2	Luftfeuchte	4
	Messgrößen	5
1.3	Luftgeschwindigkeit	10
	Messgrößen	11
1.4	Wärmestrahlung	13
	Messgrößen	14
2	Erfassung, Grenz- und Richtwerte	16
2.1	Messhöhen, Messzeiten, Messorte	16
2.2	Lufttemperatur	17
2.3	Luftfeuchte	19
2.4	Luftgeschwindigkeit	21
2.5	Wärmestrahlung	23
	Empfehlungen zur Beurteilung von gasstrahlerbeheizten Arbeitsbereichen	24
3	Ermittlung der Raumklimasituation	26
3.1	Hilfestellung zur Gefährdungsbeurteilung zum Raumklima	26
3.2	Checklisten für orientierende Klimamessungen	29
4	Literaturverzeichnis	31
	LASI-Veröffentlichungen (LV)	34

Abkürzungsverzeichnis

ArbStättV	Verordnung über Arbeitsstätten
ASR	A rbeitsstättenregeln (neu), A rbeitsstättenrichtlinien (alt)
AU	A rbeitsenergieumsatz, DIN 33403 Teil 3 [12] (Gesamtenergieumsatz abzüglich Grundumsatz)
CET oder CNET	Korrigierte Effektivtemperatur (Klimasummenmaß)
CEN	Europäisches Komitee für Normung
DIN	D eutsches I nstitut für N ormung e. V.
DR	D raught R ating (Zugluftrisiko), DIN EN ISO 7730 [15] Prozentsatz Unzufriedener bedingt durch Zugluft
DVGW	D eutscher V erein des G as- und W asserfaches e. V.
GU	G rundumsatz
ISO	I nternational O rganization for S tandardization
NET	N ormal- E ffektiv- T emperatur (Klimasummenmaß), DIN 33403 Teil 3 [12]
PMV	P redicted M ean V ote (vorausgesagtes mittleres Votum, Klimasummenmaß)
PPD	P redicted P ercentage of D issatisfied, siehe DIN EN ISO 7730 [15] (vorausgesagter Prozentsatz Unzufriedener, Klimasummenmaß)
RLT	R aumluf t technik (DIN EN 12792 [10])
Tu	Turbulenzgrad in %, Verhältnis der Standardabweichung der lokalen Luftgeschwindigkeit zur lokalen mittleren Luftgeschwindigkeit, DIN EN 13779 [11] und DIN EN ISO 7730 [15]
VDI	V erein D eutscher I ngenieure
WBGT	W et B ulb G lobe T emperature „Feuchtkugeltemperatur“, siehe DIN 33403 Teil 3 [12] Klimasummenmaß zur Beurteilung von Hitzearbeit, aus Globetemperatur, natürlicher Feuchttemperatur und Lufttemperatur.

1 Raumklimatische Parameter

Das Raumklima wird durch die vier Grundparameter

- **Lufttemperatur**
- **Luftfeuchte**
- **Luftgeschwindigkeit**
- **Wärmestrahlung**

beschrieben und beurteilbar. Als personenbezogene Größen sind weiterhin

- **Arbeitsaktivität**
- **Bekleidungssituation**
- **Akklimatisierung**
- **Gesundheitszustand**

zu berücksichtigen. Für die weitergehende Beurteilung von speziellen raumklimatischen Problemen stehen sogenannte „Klimasummenmaße“ zur Verfügung. Diese setzen sich aus mehreren Klimagrundparametern zusammen und ermöglichen es dadurch, z. B. Hitzearealbereiche oder Behaglichkeitsbereiche unmittelbar zu charakterisieren. Zu diesen Klimasummenmaßen gibt es in den Regelwerken entsprechende Richtwertaussagen.

Für das Wohlbefinden und die dauerhafte Gesundheit ist es unerlässlich, dass die menschliche Körperkerntemperatur durch den inneren Regelmechanismus in einem sehr engen Bereich um 37 °C gehalten werden kann. Die vier Klimagrundparameter tragen mit unterschiedlicher Intensität zu der auf den Menschen wirkenden Klimasituation bei.

Andererseits kann der Mensch mit Hilfe von technischen/organisatorischen Maßnahmen in thermischen Extrembereichen von unter -40 bis über +40 °C, zumindest zeitlich begrenzt, tätig sein.

Man unterscheidet drei wesentliche klimatische Empfindungsbereiche:

- **Behaglichkeitsbereich**
- **Erträglichkeitsbereich**
- **Unerträglichkeitsbereich**

Im **Behaglichkeitsbereich**¹ ist es erforderlich, dass Raumtemperatur, Bekleidungsisolationswert, körperlicher Aktivitätsgrad, Akklimatisation, körperliche Konstitution und bedingt auch die das Temperaturempfinden beeinträchtigende Luftfeuchte und die Luftgeschwindigkeit in einem ausgeglichenen Verhältnis zueinander stehen. Dadurch wird sichergestellt, dass es zu keinen wesentlichen Klimabelastungen für den Menschen kommt. Demzufolge kann dieses thermische Gleichgewicht z.B. in einem leicht kühlen Bereich auch durch entsprechend höhere Bekleidungsisolationswerte und/oder durch eine höhere Arbeitsaktivität erreicht werden.

Im **Erträglichkeitsbereich** (DIN 33403 Teil 3 [12]) muss der Mensch das nicht mehr vorhandene thermische Gleichgewicht durch eine interne Wärmeproduktion mit gesteigertem Kreislauf, z. B. zur Anpassung der Körperkerntemperatur an eine kühle oder kalte Umgebung oder durch vermehrte Schweißproduktion zur Kühlung mittels Verdunstungskälte in Hitzebereichen, ausgleichen. Diese körperinternen Anpassungsmaßnahmen sind mit erhöhter Kreislaufbelastung und erhöhtem Energieverbrauch verbunden. Diesbezügliche erhöhte Belastungen sind allerdings nur im begrenzten Rahmen ohne Schädigung zu ertragen. Im Erträglichkeitsbereich kann es daher erforderlich werden, Erholungs- bzw. Entwärmungs- oder Aufheizzeiten in die Arbeitsintervalle zu integrieren, um eine Unerträglichkeit zu vermeiden bzw. durch aufwendigere personen- oder arbeitsplatzbezogene Schutzmaßnahmen für Entlastung zu sorgen.

Im **Unerträglichkeitsbereich** ist der Rahmen der Erträglichkeit überschritten und es kann zu Körperschäden (z. B. Erfrierungen) und akuten Gesundheitsproblemen (z. B. Herz-Kreislauf-Kollaps) kommen, im Extremfall kann der Tod eintreten.

¹ PMV-/ PPD-Index (DIN EN ISO 7730 [15])

Die Wirkung der einzelnen bzw. auch der kombinierten Klimagrundparameter auf das Empfinden des Menschen wird im Zusammenhang mit den Messgrößen erläutert.

1.1 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist die Temperatur der den Menschen umgebenden Luft ohne Einwirkung von Wärmestrahlung, d. h. die messtechnische Ermittlung erfolgt mit wärmestrahlungsgeschützten Sensoren.

Messgrößen

Die **Lufttemperatur** ist für den Menschen gefühlsmäßig leicht wahrzunehmen und zu beurteilen. So wird z.B. Kälteempfinden durch Kälterezeptoren der Haut bereits ausgelöst, wenn die Temperatur am Hautbereich schneller als $0,004^{\circ}\text{C/s}$ ($14,4^{\circ}\text{C/h}$) absinkt. Entsprechende Wärmesensoren reagieren schon auf Anstiege der Temperatur von $0,001^{\circ}\text{C/s}$ ($3,6^{\circ}\text{C/h}$) mit Wärmeempfinden [5].

Lufttemperaturen unterhalb der Hauttemperatur werden bei Erhöhung der Luftgeschwindigkeit kühler empfunden. Bei erhöhter relativer Luftfeuchte wird die Lufttemperatur auf der Haut intensiver wahrgenommen als die gleiche Temperatur bei geringerer relativer Feuchte.

Zusätzlich zur Einhaltung einer aktivitätsabhängigen Lufttemperatur ist es weiterhin auch wünschenswert, dass eine möglichst geringe Temperaturschichtung im Raum vorhanden ist ($< 2 \text{ K/m}$). So werden z. B. Temperaturdifferenzen zwischen Kopf oder Nacken und Fußbereich recht empfindlich als unbehaglich wahrgenommen.

Die **Raumtemperatur** ist eine zusammenfassende Temperaturgröße aus der örtlichen Lufttemperatur und Strahlungstemperaturen der einzelnen Umgebungsoberflächen.

Der Mensch kann nicht unterscheiden, ob sein thermisches Empfinden ausschließlich durch eine temperierte Luft verursacht wird, oder ob auch Wärmestrahlungsanteile zu der klimatischen Wahrnehmung führen. Strahlungswärme bei geringer Lufttemperatur kann zu vergleichbarem Empfinden führen wie entsprechend höhere Lufttemperaturen ohne zusätzliche Wärmestrahlung. Diese Tatsache wird bei dem Einsatz von Wärmestrahlungsheizungen z. B. bei der Beheizung von Hallen genutzt, wobei es dabei allerdings wichtig ist, Strahlungstemperaturasymmetrien zu vermeiden (siehe auch „2.5 Wärmestrahlung“ dieses Leitfadens), da diese zu starkem Unbehagen führen. Raum- bzw. tätigkeitsbezogene Anforderungen an Raumtemperaturen werden in der ArbStättV und der ASR A3.5 [1] benannt.

Als **operative Temperatur** bzw. **empfundene Raumtemperatur** bezeichnet man eine Temperatur, die sich aus der Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur ergibt und deren Wertigkeit nach DIN EN 13779 [11] mit einem Globethermometer bestimmt werden kann. Diese empfundene Raumtemperatur kann auch zur Beurteilung wärmestrahlungsbeheizter Arbeitsbereiche herangezogen werden, da sie in diesem Zusammenhang mit den in den ASR A3.5 [1] genannten Mindestwerten der Lufttemperatur in Arbeitsräumen vergleichbar ist (siehe auch „2.5 Wärmestrahlung“ dieses Leitfadens).

Unter den Voraussetzungen

- Aktivitätsstufe I bis II ($120\text{-}150 \text{ W}$ entspricht $1,2\text{-}1,5 \text{ met}^2$)²
- leichte bis mittlere Bekleidung ($0,08\text{-}0,16 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ bzw. $0,5\text{-}1 \text{ clo}$)³
- Raumluftgeschwindigkeit und Turbulenzgrad im zulässigen Bereich
- Emissionsverhältnis (Verhältnis der ausgesendeten Strahlungsenergie zur höchstmöglichen Strahlungsemission) der Oberfläche $e \sim 0,9$

gilt nach DIN EN 13779 [11] für RLT-Anlagen die **örtliche operative Temperatur**:

² $1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2$ Körperoberfläche, wobei bei einer „Durchschnittsperson“ $1,7 \text{ m}^2$ Körperoberfläche zugrunde gelegt werden

³ $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

$$t_o \sim 0,5 (t_a + \bar{t}_r) [^{\circ}\text{C}]$$

t_o = örtliche operative Raumtemperatur [$^{\circ}\text{C}$]

t_a = örtliche Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]

$\bar{t}_r$ = örtliche mittlere Strahlungstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]

HINWEIS:

Die örtliche operative Temperatur ist nicht identisch mit der in der ASR A3.5 genannten Lufttemperatur, die mit einem wärmestrahlungsgeschützten Thermometer in Raummitte in einer Höhe von 0,6 m (sitzende Tätigkeit) oder 1,1 m (beim Stehen) über dem Fußboden ermittelt wird.

Die t_o ist bezogen auf multidirektionale Ganzkörperbestrahlung.

In der DIN EN ISO 7730 [15] wird für den Behaglichkeitsbereich (Büroklima) eine weitere **operative Temperatur** (t_o) beschrieben. Diese Temperatur kann bei niedrigen Luftgeschwindigkeiten ($v_a < 0,2 \text{ m/s}$) und dort, wo die Differenz zwischen der mittleren Strahlungstemperatur und der Lufttemperatur gering ist ($< 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$), mit hinreichender Genauigkeit aus dem Mittelwert der mittleren Strahlungstemperaturen (t_r) der sechs räumlichen Richtungen und der Lufttemperatur (t_a) berechnet werden und entspricht der vorgenannten operativen Temperatur.

Im Gegensatz dazu sollte für Luftgeschwindigkeiten $> 0,2 \text{ m/s}$ t_o verwendet werden:

$$t_o = (A \cdot t_a) + (1 - A) \bar{t}_r [^{\circ}\text{C}]$$

Der Wert für die Rechengröße „A“ ist als Funktion der relativen Luftgeschwindigkeit (v_{ar}) der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

v_{ar}	$< 0,2 \text{ m/s}$	$0,2 \text{ bis } 0,6 \text{ m/s}$	$0,6 \text{ bis } 1,0 \text{ m/s}$
A	0,5	0,6	0,7

$$v_{ar} = v_a + 0,0052 (M - 58) [\text{m/s}]$$

v_{ar} = relative Luftgeschwindigkeit [m/s]
(relativ zum menschlichen Körper)
nach DIN EN ISO 7933 [19]

v_a = Luftgeschwindigkeit [m/s]

M = Gesamtenergieumsatz bezogen auf die
Oberfläche des menschlichen Körpers [W/m^2]⁴

⁴ Oberfläche „Durchschnittsperson“ $1,7 \text{ m}^2$, Körperoberfläche männliche Person $1,8 \text{ m}^2$, Körperoberfläche weibliche Person $1,6 \text{ m}^2$ (DIN EN ISO 8996 [17])

körperliche Tätigkeit	Energieumsatz [W/m ²]	Energieumsatz [met]
entspannt sitzend	58	1,0
Tätigkeit im Sitzen (Büro, Labor)	70	1,2
leichte Tätigkeit, stehend	93	1,6
mittelschwere Tätigkeit, stehend	116	2,0

Beispiele für Energieumsätze (M) bei körperlicher Tätigkeit

Weitere Klassifizierungen von Aktivitäten (in internationalen Normwerken „metabolic rate“ genannt) sowie Zuordnungen unterschiedlichster praktischer Tätigkeiten enthalten:

- DIN EN 27243 [13] unter Abschnitt 4 Tabelle 1,
- DIN EN ISO 7730 [15] unter Anhang B „Energieumsatz“
- DIN 33403 Teil 3 [12] Tabelle 1 „Stufung für den Arbeitsenergieumsatz“,

Bekleidung	Wärmedurchlasswiderstand R	
	m ² K/ W	clo ¹⁾
Ohne Kleidung	0	0
Leichte Sommerkleidung	0,08	0,5
Mittlere Kleidung	0,16	1,0
Warme Kleidung	0,24	1,5
¹⁾ Eine andere Einheit des Wärmedurchlasswiderstandes der Bekleidung ist 1 clo = 0,155 m ² K/ W		

Wärmedurchlasswiderstand der Bekleidung

Weitere Informationen zu Bekleidungsisolationswerten sind enthalten in:

- DIN 33403 Teil 3, Anhang B [12],
- DIN EN ISO 7730, Anhang C [15]

1.2 Luftfeuchte

Der Mensch kann die relative Luftfeuchte nicht konkret einschätzen, nimmt allerdings bei erhöhter relativer Luftfeuchte die Lufttemperatur intensiver wahr. So werden bei erhöhter relativer Luftfeuchte hohe Temperaturen als wärmer und niedrige als kälter empfunden. Als Beispiel ist die Sauna zu nennen. Dort werden verhältnismäßig hohe Lufttemperaturen bei geringer relativer Feuchte als angenehm empfunden und nach einem Aufguss mit der damit verbundenen angehobenen relativen Luftfeuchte erscheinen dieselben Lufttemperaturen unerträglich.

Als Behaglichkeitsbereich wird ein Bereich zwischen 30 und 70 % relativer Luftfeuchte angenommen. Das Behaglichkeitsempfinden wird durch die relative Luftfeuchte erst beeinträchtigt, wenn die Wärmeabgabe des Körpers durch Schweißverdunstung auf der Haut behindert wird. Die Verdunstungsintensität ist abhängig von der Differenz des Dampfdruckes auf der Hautoberfläche zu dem der Umschließungsluft.

Oberhalb der oberen Grenzen des Behaglichkeitsbereiches spricht man von „Schwüleempfinden“. Bei diesen Konzentrationen kann der Prozess der Wärmeabgabe des Körpers eingeschränkt sein. Dies

wiederum kann zu einer Erhöhung der Körpertemperatur (Hitzestau) mit der damit verbundenen Kreislaufbelastung führen.

Außer dem o. g. „Schwüleempfinden“ kann eine hohe relative Luftfeuchte verbunden mit niedrigen Wandtemperaturen durch Taupunktunterschreitung zu einer Wasserdampfkondensation führen und hiermit unter Umständen Bauschäden verursachen. Weiterhin wird die Bildung von Schimmel und Modergerüchen begünstigt.

Niedrige Luftfeuchten können zur Austrocknung der Schleimhäute führen und beeinträchtigen dadurch die Funktion der Atmungsorgane. Geringe Luftfeuchten begünstigen auch die Entstehung von elektrostatischen Aufladungen, die dann bei Berührung zu überraschenden Entladungen mit entsprechenden unkontrollierten Schreckreaktionen (Verletzungsrisiko!) führen können. Relative Luftfeuchten > 50 % wirken elektrostatischen Aufladungen entgegen.

Messgrößen

Klimagröße	Formelzeichen	Einheit
Temperaturen		
Trockentemperatur	t_a	°C
Feuchttemperatur (Belüftete Feuchtthermometertemperatur)	t_w	°C
Taupunkttemperatur	t_d	[°C]
Absolute Luftfeuchte beschrieben als		
Feuchtegehalt ⁵ in der Technik auch als <i>Wasserdampfgehalt der Luft</i> bezeichnet	W_a/X	g Wasserdampf je kg trockener Luft [g/kg]
Partialdruck des Wasserdampfes ⁶	P_a	kPa
Relative Luftfeuchte	rH	[%]

⁵ Benennung gemäß DIN EN ISO 7726 [14]

⁶ Benennung gemäß DIN EN ISO 7726 [14]

- Trockentemperatur

Mit dem Aspirations-Psychrometer am Thermometer ohne Baumwollstrumpf gemessene Lufttemperatur. Sie wird auch als örtliche Lufttemperatur bezeichnet.

- Feuchttemperatur

Die Bestimmung der Luftfeuchte wird häufig mit Hilfe des psychrometrischen Prinzips durchgeführt. Ein Psychrometer nach „Assmann“ (DIN 50012, zurückgezogen) besteht aus zwei parallel und strahlungsgeschützt gehaltenen Thermometern, die durch einen definierten Luftstrom belüftet werden (Luftgeschwindigkeit $> 2,4 \text{ m/s}$). Eine der beiden Thermometermesskuppen ist mit einem Baumwollstrumpf überzogen, der zur Messung mit destilliertem Wasser befeuchtet wird. Je nach Sättigungsgrad der Umschließungsluft wird Wasser des Feuchtthermometers verdunstet und es kühlt ab - nach Erreichen des Beharrungszustandes kann dann an diesem Thermometer die sogenannte **Feuchttemperatur** abgelesen werden. Auf der Basis der Temperaturdifferenz zwischen dem trockenen und dem feuchten Thermometer, auch als psychrometrische Differenz bezeichnet, kann nach der Sprungschen Formel der Partialdruck des Wasserdampfes errechnet werden. In einem Nomogramm „Aspirations-Psychrometer-Tafeln“ kann dies über Wasser bzw. Eis abgelesen werden. Gleichzeitig ist auch die relative Luftfeuchte zu ermitteln.

- Taupunkttemperatur

Wird gesättigte Luft abgekühlt, so kommt es zur Kondensation von Wasser. Dies geschieht u.a. auch an Flächen, z.B. Fenstern oder Metallteilen, deren Oberflächentemperatur unter der Temperatur der Raumluft liegt, wodurch die angrenzenden Luftschichten durch Abkühlung übersättigt werden und Wasser abgeben. Als Taupunkttemperatur der Luft bezeichnet man die Temperatur, bis zu der die umschließende Luft abgekühlt werden muss, um mit Wasserdampf gesättigt zu sein. Dies kann wie vorher beschrieben durch Abkühlung aber auch durch Zufuhr zusätzlicher Feuchte bei Konstanzhaltung der Lufttemperatur geschehen. Da der Taupunkt ein sehr genauer Umschlagpunkt ist, kann auch nach der Taupunktmethode die Luftfeuchte gemessen werden. Dies geschieht in der Form, dass man eine polierte Metallfläche z.B. mit einem Peltier-Element abkühlt und den Punkt der Reflexionsveränderung, bedingt durch den Tauniederschlag, auf optischem Weg als Taupunkttemperatur erfasst (Taupunktspiegel). Über die Taupunkttemperatur lassen sich mit dem Feuchterechnstab oder mit einem Rechner-Programm zur Auswertung psychrometrischer Messungen andere Feuchteparameter ermitteln.

- absolute Luftfeuchte

Die von der in der Luft vorhandenen Wasserdampfmenge abhängigen Größen dienen zur Beschreibung der absoluten Luftfeuchte des Umgebungsklimas. Dabei gibt es zwei Größen zur Beschreibung der absoluten Luftfeuchte: den *Feuchtegehalt* und den *Partialdruck* des Wasserdampfes.

- Feuchtegehalt, in der Technik auch als Wasserdampfgehalt der Luft bezeichnet

Diese Größe gibt die Wasserdampfmenge in Gramm an, die in einem m^3 trockener Luft enthalten ist.

Das Vermögen der Luft, Feuchtigkeit (Wasserdampf) bis zur Sättigung aufzunehmen, steigt mit der Lufttemperatur exponentiell an. Überschüssige Feuchte über die Sättigung hinaus wird in Form von Nebeltröpfchen, Kondensat- und Taubildung (Taupunkttemperatur) ausgeschieden.

Soweit die Trocken- und die Feuchttemperatur bekannt sind, besteht z.B. durch Nutzung des h, x - Diagramms die Möglichkeit, den Wasserdampfgehalt der Luft zu bestimmen. Wenn der Luftdruck (p) und die Feuchtthermometertemperatur (t_w) und dadurch auch der Sättigungsdampfdruck (p'') aus der Wasserdampf Tafel [2] bekannt sind, lässt sich der Wasserdampfgehalt der Luft mit der nachfolgend dargestellten Formel berechnen:

$$x = 613 \frac{p''}{p - p''} \quad [\text{g/kg}]$$

Beispiel:

$t_w = 20 \text{ °C}$ zugehöriger Sättigungsdampfdruck

$p'' = 23,37 \text{ hPa}$

$p = 1010 \text{ hPa}$ (barometrischer Luftdruck)

$x = ? \text{ g/kg}$ Wasserdampfgehalt der Luft

$$x = 613 \frac{23,37}{1010 - 23,37} = 14,5 \text{ g/kg}$$

Luft-temp. [°C]	Wasserdampfgehalt in g/kg trockener Luft bei einer relativen Feuchte von									
	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
± 0	0,4	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8
+ 5	0,6	1,0	1,6	2,1	2,7	3,3	3,8	4,4	4,9	5,5
+ 10	0,7	1,5	2,3	3,0	3,8	4,6	5,3	6,1	6,8	7,6
+ 15	1,1	2,1	3,2	4,2	5,3	6,4	7,4	8,5	9,5	10,6
+ 20	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,4
+ 25	2,0	3,9	5,9	7,9	9,9	12,0	14,0	16,0	17,8	20,0

Wasserdampfgehalt bei verschiedenen Lufttemperaturen und relativen Luftfeuchten

- Wasserdampfdruck

Als ein Gas-Dampf-Gemisch enthält Luft üblicherweise auch Wasserdampf. Innerhalb des gesamten barometrischen Gasdruckes ist der Wasserdampfdruck ein Teildruck, deshalb auch Partialdruck des Wasserdampfes. Der Wasserdampfdruck kann bei einer fixierten Lufttemperatur nur bis zur Sättigungsgrenze ansteigen, diesen Druck nennt man Sättigungsdruck. Danach tritt eine Kondensation ein (siehe auch Taupunkttemperatur).

Dem h, x - Diagramm ist bei bekanntem Wasserdampfdruck der Wasserdampfgehalt direkt zugeordnet, weiterhin ist bei Kenntnis der Trockentemperatur die relative Feuchte ablesbar. Korrekte Sättigungsdampfdrücke sind mit Temperaturzuordnung den Wasserdampf Tafeln [2] zu entnehmen und werden dort unter dem Formelzeichen p in hPa genannt.

Beispiele:

Lufttemperatur [°C]	Sättigungsdampfdruck [hPa]
15	17,04
20	23,37
25	31,66

- relative Luftfeuchte

Die relative Feuchte - als die verbreitetste Feuchtegröße - ist das Verhältnis des aktuellen Wasserdampfdruckes zum maximal möglichen sogenannten Sättigungsdampfdruck bei einer bestimmten Lufttemperatur (Trockentemperatur).

Die relative Feuchte allein ergibt keine Aussage über den absoluten Wassergehalt. Hierzu muss weiterhin die zugehörige Lufttemperatur bekannt sein, um dann durch Umrechnungen bzw. durch Nutzung des h, x - Diagramms⁷ weitere Feuchtegrößen bestimmen zu können. Grundsätzlich gilt außerdem, dass bei der Erwärmung von Luft mit gleichbleibendem absoluten Wasserdampfgehalt die relative Feuchte sinkt bzw. bei Abkühlung steigt.

$$rH = \frac{100 p_a}{p''} \quad [\%]$$

p'' = Sättigungsdruck des Wasserdampfes [kPa]

⁷ h = spez. Enthalpie [J/kg]; x = Wasserdampfgehalt [g/kg]

1.3 Luftgeschwindigkeit

Das subjektive Empfinden von Luftbewegungen ist sehr verschiedenartig. Eine unerwünschte Form der Luftgeschwindigkeit ist die sogenannte Zugluft, die als Zugescheinung wahrgenommen wird. Diese Empfindung kann sowohl durch raumluftechnische Anlagen als auch durch natürliche Lüftungsmaßnahmen verursacht werden. Dabei gelten der menschliche Schulter-Nacken-Bereich und der Fußgelenk-Bereich sowie die rückwärtige Körperseite als empfindsame „Sensoren“. Dies findet wiederum bei Messungen durch Messwerterfassung auf entsprechenden Messhöhen (siehe Pkt. 2.1 in diesem Leitfaden) Berücksichtigung. Zugluft ist eine zu hohe Luftbewegung, die zu einer örtlichen Abkühlung des menschlichen Körpers führen kann. Ähnlich wie die Zugluft wird auch die Strahlungstemperatur von kalten Oberflächen von den menschlichen Rezeptoren wahrgenommen.

Die Luftgeschwindigkeit wird je nach Lufttemperatur, Aktivitätsgrad, Bekleidungszustand, Luftfeuchte und Änderungsfrequenz der Luftgeschwindigkeit unterschiedlich empfunden. Grundsätzlich empfinden Personen bei körperlicher Arbeit (Aktivitätsgrad) eine erhöhte Luftgeschwindigkeit als weniger störend. Sie kann sogar zum Ausgleich der Wärmebilanz erforderlich sein. Höhere Luftgeschwindigkeiten fördern die Verdunstung auf der Haut und dadurch die Wärmeabgabe.

Luftgeschwindigkeitsschwankungen werden sehr sensibel auf der Haut als Temperaturschwankungen bzw. zentral als Warnsignal wahrgenommen. Dies erklärt auch den hohen Anteil Unzufriedener bei unruhigen (turbulenten) Luftströmen. Diese Art der Luftströmung mit wechselnder Intensität wird durch die Forderung nach der Bestimmung der Standardabweichung (DIN EN ISO 7726 [14]) bei der Luftgeschwindigkeitsmessung und der damit möglichen Berechnung des Turbulenzgrades (siehe auch „Lokaler Turbulenzgrad“ unter 1.3 dieses Leitfadens) bzw. Zugluftrisikos (DIN EN ISO 7730 [15]) beurteilbar.

Minimale Luftbewegungen sind für den Wärmetransport erforderlich.

Untersuchungen bei einer Lufttemperatur von 23°C ergaben, dass laminare Luftströmungen bei gleicher Luftgeschwindigkeit weniger störend empfunden werden als turbulente.

Aktuelle turbulente Luftgeschwindigkeit (3 min. Mittelwert) [m/s]	Äquivalente laminare Luftgeschwindigkeit [m/s]
0,10	0,24
0,15	0,30
0,22	0,36
0,29	0,45
0,40	0,60

Empfindungsmäßiger Vergleich von turbulenter und laminarer Luftgeschwindigkeit

Quelle: Technical Review 1/1985, Fa. Brüel & Kjaer DK-2850 Naerum [6]

Messgrößen

Luftgeschwindigkeitsparameter	Formelzeichen	Einheit
Luftgeschwindigkeit	V_a	m/s
Relative Luftgeschwindigkeit	V_{ar}	M/s
Lokaler Turbulenzgrad	Tu	%
Zugluftrisiko (Draught Rating)	DR	%

- Luftgeschwindigkeit

Das Empfinden der Luftgeschwindigkeit v_a ist im Wesentlichen abhängig von der

- "Gleichförmigkeit" der Strömung bzw.
dem Turbulenzgrad und dem damit verbundenem
- Zugluftrisiko sowie
- der Lufttemperatur.

Man unterscheidet gerichtete und ungerichtete Luftströmungen. Die Anströmrichtung ist ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung der Arbeitsplatzsituation bzw. zur Optimierung der klimatischen Situation (z. B. durch Veränderung der Anordnung von Arbeitsplätzen).

Die Luftgeschwindigkeit ist ein wesentlicher Bestandteil der klimatischen Behaglichkeit und geht bei der Bestimmung der Klimasummenmaße (PMV und PPD) und der Normaleffektivtemperatur (NET) direkt mit ein.

Mit Hilfe der Luftgeschwindigkeitsmessung unter Berücksichtigung der Forderungen der DIN EN 12599 [16] kann der Luftvolumenstrom in den zugehörigen Luftkanälen ermittelt werden.

- Relative Luftgeschwindigkeit (DIN EN ISO 7730 [15] und DIN EN ISO 7933 [19])

Die relative Luftgeschwindigkeit v_{ar} ergibt sich aus der Luftgeschwindigkeit über Grund im Zusammenwirken mit der Geschwindigkeit des Körpers bzw. Teilen des Körpers.

Bei körperlicher Aktivität und stationärer Tätigkeit ergibt sich in erster Annäherung folgender Zusammenhang:

$$v_{ar} = v_a + 0,0052 (M - 58) \text{ [m/s]}$$

v_{ar} = relative Luftgeschwindigkeit [m/s]
(relativ zum menschlichen Körper)
nach DIN EN ISO 7933 [19]

v_a = Luftgeschwindigkeit [m/s]

M = Gesamtenergieumsatz bezogen auf die
Oberfläche des menschlichen Körpers [W/m²]

$$M = \frac{AU + GU}{1,7 \text{ m}^2} \cdot 16,67 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

AU = Arbeitsenergieumsatz

GU = Grundumsatz

Arbeitsenergieumsatz AU

aus Tabellen⁸ in kJ/min

(1 W = 3,6 kJ/h)

Grundumsatz GU

für die Frau

= 4,0 kJ/min

für den Mann

= 4,8 kJ/min

1,7 m = gemittelte Körperoberfläche Mann/Frau

Energieumsatz (M) - Beispiele:

sitzende Tätigkeit

70 W/m²

stehende leichte Tätigkeit

93 W/m²

stehende mittelschwere Tätigkeit

116 W/m²

Halle fegen (Zementfußboden)

160 W/m²

Handhobelarbeit an Hartholz; gebeugt stehend

350 W/m²

Hausarbeit allgemein

120 W/m²

- Lokaler Turbulenzgrad

Zur Bestimmung des Zuglufttrisikos ist es erforderlich, eine Größe der Gleich- oder Ungleichförmigkeit der Luftströmung mit einzubringen. Diese Größe ist der Turbulenzgrad Tu. Zur Berechnung des Turbulenzgrades muss die Standardabweichung (s_v) des ermittelten Luftgeschwindigkeitswertes bekannt sein (Forderung nach DIN EN ISO 7726, Tabelle 2 [14]). Der Turbulenzgrad in konventionell belüfteten Räumen liegt etwa zwischen 30 % und 60 %. Bei Beurteilungen, bei denen keine konkreten Werte des Turbulenzgrades vorliegen, wird ein Turbulenzgrad von 40 % angenommen.

$$Tu = \frac{s_v}{\bar{v}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

s_v = Standardabweichung der Momentanwerte
der Luftgeschwindigkeit

$\bar{v}$ = mittlere Luftgeschwindigkeit

Die zulässigen, mittleren Luftgeschwindigkeiten sind als Funktion der Lufttemperatur und des Turbulenzgrades unter „2.4 Luftgeschwindigkeit“ dieses Leitfadens und im Anhang A3, Bild A.2 der DIN EN ISO 7730 dargestellt [15].

⁸ z.B. Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit; Spitzer/ Hettinger/ Kaminsky; Beuth-Verlag GmbH [4]

- Zugluftrisiko (DIN EN ISO 7730 [15])

Die Beeinträchtigung des menschlichen Körpers durch Zugluft, verursacht durch unerwünschte Abkühlung, kann als Voraussage des Prozentsatzes Unzufriedener bestimmt werden und nennt sich dann Zugluftrisiko DR (**D**raught **R**ating).

$$DR = (34 - t_a) (v - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot v \cdot Tu + 3,14) \quad [\%]$$

t_a = lokale Lufttemperatur [°C]

v = lokale mittlere Luftgeschwindigkeit [m/s]

Tu = lokaler Turolenzgrad [%] (berechnete Größe)

Bemerkung: Vorgenannter Berechnungsweg basiert auf Untersuchungen mit 150 Probanden bei Lufttemperaturen von 20 bis 26 °C, mittleren Luftgeschwindigkeiten 0,05 bis 0,4 m/s und Turbulenzgraden < 70 % bei leichter, hauptsächlich sitzender Tätigkeit. Die DR-Werte sind in der Regel < 25 %. Eine weitere Unterteilung in drei Kategorien ist dem CEN-Report CEN CR 1752 [7] zu entnehmen.

1.4 Wärmestrahlung

Wärmestrahlung ist eine elektromagnetische Strahlung, die in einem Wellenlängenbereich zwischen 0,8 und 800 µm liegt. Voraussetzung für das Vorhandensein von Wärmestrahlung ist, dass eine Oberfläche mit einer höheren Temperatur als 0 K (- 273 °C) vorhanden ist. Abhängig von den Oberflächenbeschaffenheiten (Abstrahl- und Aufheizvermögen), der Oberflächentemperatur, den Flächengrößen sowie deren gegenseitiger Anordnung ergeben sich dann die unterschiedlichen Strahlungsleistungen.

Der Mensch kann nur sehr begrenzt zwischen der Wahrnehmung von warmer Umgebungsluft und der Wirkung der mittleren Strahlungstemperatur unterscheiden. Diese Tatsache findet Nutzung bei der Zusammensetzung bestimmter Raumtemperaturen bzw. der operativen Lufttemperatur, die sich pauschaliert aus der halbierten Summe der mittleren Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur ergibt. Maßgebend für die Wirkung von Wärme auf den Menschen am Arbeitsplatz ist der durch unterschiedliche Wärmestrahlung bedingte summierte Wärmestrom. Dieser kann durch die Messgrößen mittlere Strahlungstemperatur, Globetemperatur und effektive Bestrahlungsstärke beurteilt werden.

Messgrößen

Klimagröße	Formelzeichen	Einheit
Halbraumstrahlungstemperatur oder ebene Strahlungstemperatur	t_{pr}	$^{\circ}\text{C}$
Strahlungstemperaturasymmetrie	Δt_{pr}	$^{\circ}\text{C}$
Mittlere Strahlungstemperatur	t_r	$^{\circ}\text{C}$
Globetemperatur	t_g	$^{\circ}\text{C}$
Bestrahlungsstärke	E	W/m^2
Effektive Bestrahlungsstärke	E_{eff}	W/m^2
Absolute Bestrahlungsstärke	E_{abs}	W/m^2
Strahlungsintensität	I_s	W/m^2

- Halbraum - Strahlungstemperatur

Als Definition der Halbraum-Strahlungstemperatur gilt die einheitliche Oberflächentemperatur eines angenommenen Raumes, in dem die Einstrahlung auf einer Seite eines flächenförmigen Messelementes die gleiche ist wie in der nicht ausgeglichenen aktuellen Umgebung. Vereinfacht bedeutet dies, dass es sich um einen Mittelwert aus unterschiedlich temperierten Oberflächen handelt, der in einer Richtung gemessen wird und nicht als raumerfassend anzusehen ist (siehe mittlere Strahlungstemperatur).

- Strahlungstemperatur - Asymmetrie

Die Strahlungstemperatur - Asymmetrie Δt_{pr} ist definiert als Differenz zweier Halbraum-Strahlungstemperaturen in entgegengesetzter Richtung. Dieser Asymmetriewert dient der Beurteilung asymmetrischer Strahlungsverhältnisse in Arbeitsstätten bei thermischem Unbehagen, z.B. hervorgerufen durch erhöhte Deckenstrahlungstemperaturen (Beleuchtungsanlagen, Deckenheizungen usw.) oder kalte Flächen (Kühldecken, Wände, Fenster usw.). Die Größe wird mit dem oben genannten flächenförmigen Messelement gemessen, sie dient als Bezugswert für eine sich dort aufhaltende Person.

- Mittlere Strahlungstemperatur

Die mittlere Strahlungstemperatur t_r findet vorrangig Verwendung bei der Kennzeichnung der Wärmestrahlung im Behaglichkeitsbereich. Sie fasst die von den Umschließungsflächen ausgehende Strahlung zusammen und ergibt sich aus der Verknüpfung der in den sechs räumlichen Richtungen (oben, unten, rechts, links, vorn, hinten) gemessenen Halbraum-Strahlungstemperaturen. Dies kann mit einem gleichzeitig in alle sechs Richtungen messenden Gerät geschehen oder durch Messung in einzelnen Richtungen mit anschließender separater Mittelung.

Soweit die Globetemperatur t_g , die Lufttemperatur t_a und die Luftgeschwindigkeit v_a bekannt sind, lässt sich die mittlere Strahlungstemperatur nach folgender Formel näherungsweise berechnen:

$$\bar{t}_r = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} (t_g - t_a)]^{0,25} - 273 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- Globetemperatur

Die Globetemperatur t_g ist die Lufttemperatur im Inneren einer dünnwandigen und mattschwarzen (Emissionskoeffizient $e = 0,95$) Hohlkugel, die aus gut wärmeleitendem Material (Kupfer) besteht. Der Kugeldurchmesser beträgt 150 mm (die präzise Spezifikation des Sensors ist in der DIN EN 27243 [13] ersichtlich). Die Globetemperatur stellt sich sensorbedingt verhältnismäßig träge ein. Es muss von Einstellzeiten zwischen 20 und 30 min. ausgegangen werden. Dies bedeutet, dass dieser Sensor zur Erfassung kurzzeitig wechselnder Temperaturverhältnisse wenig geeignet ist.

Abhängig ist die Globetemperatur von der Lufttemperatur, der Wärmestrahlung und der Luftgeschwindigkeit. Der Wert der Globetemperatur fließt in die Ermittlung der sogenannten Feuchtkugeltemperatur bzw. des WBGT - Indices (**W**et **B**ulb **G**lobe **T**emperature nach DIN EN 27243 [13]) mit ein. In Verbindung mit der psychrometrischen Feuchtttemperatur und der Luftgeschwindigkeit lässt sich aus dem Nomogramm nach Yaglou (DIN 33403 Teil 3 [12]) die korrigierte Effektivtemperatur CNET als Klimasummenmaß bestimmen. Zur näherungsweise rechnerischen Bestimmung der o. g. mittleren Strahlungstemperatur findet sie ebenfalls Verwendung.

- Bestrahlungsstärke

Die „Gesamtstrahlung“ bzw. „absolute Bestrahlungsstärke“ E_{abs} , wie die Bestrahlungsstärke auch bezeichnet wird, ist der Quotient aus der Strahlungsflussänderung $d\Phi$ der einfallenden Strahlung aller Spektralbereiche ohne Differenzierung nach der Herkunft und dem bestrahlten Flächenelement dA bezogen auf 0 K (-273 °C).

$$E_{\text{abs}} = \frac{d\Phi}{dA} \quad [\text{W/m}^2]$$

In der DIN 33403 Teil 3 [12] vom Juni 1988 sind Schmerzgrenzen unbedeckter Haut in Abhängigkeit von der Bestrahlungsstärke und der Expositionsdauer dokumentiert.

- Effektive Bestrahlungsstärke

Der Mensch nimmt aus seinem Umfeld Wärme auf (Absorption), gibt jedoch auch zur gleichen Zeit Wärme ab (Emission). Die effektive Bestrahlungsstärke ist die Differenz zwischen der durch Strahlung zugeführten und der durch Strahlung abgegebenen Wärmestromdichte, bezogen auf eine Hautoberflächentemperatur des Menschen von 32 °C, bei einem mittleren Emissionskoeffizienten der menschlichen, unbedeckten Haut von $e = 0,95$.

Darüber hinaus ermöglicht die verfügbare Messtechnik sowohl eine richtungsbezogene als auch eine den gesamten Raum erfassende Messung der effektiven Bestrahlungsstärke. Dieser Parameter wird in Deutschland vorrangig zur Beurteilung von Wärmestrahlung verwendet. Dies findet auch durch Nennung von Richtwerten in der DIN 33403 Teil 3 [12] und im Forschungsbericht Nr. 374 [3] der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Berücksichtigung.

- Strahlungsintensität

Die Strahlungsintensität I_s beschreibt den zusätzlich zur Temperatur der Umgebung zu berücksichtigenden Strahlungsanteil. Dabei wird die Bezugstemperatur mit der aktuellen Lufttemperatur gleichgesetzt.

2 Erfassung, Grenz- und Richtwerte

2.1 Messhöhen, Messzeiten, Messorte

Die DIN EN 7726 [14] Umgebungsklima - Instrumente und Verfahren zur Messung physikalischer Größen - empfiehlt folgende Messhöhen:

Anordnung der Messwertaufnehmer	Gewichtungsfaktoren zur Berechnung der Mittelwerte				Empfohlene Höhe	
	Homogenes Umgebungsklima		Heterogenes Umgebungsklima		Sitzend	Stehend
	Klasse C	Klasse S	Klasse C	Klasse S		
Kopfhöhe			1	1	1,1 m	1,7 m
Unterleibhöhe	1	1	1	2	0,6 m	1,1 m
Fußknöchelhöhe			1	1	0,1 m	0,1 m

Anordnung der Messwertaufnehmer und Gewichtungsfaktoren bei der Messung von Klimagrößen

"Klasse C" steht für **Comfort** ("Behaglichkeitsbedingungen").

Von „Behaglichkeitsbedingungen“ geht man aus, wenn das Klima und die Arbeitsschwere thermisch neutral empfunden werden.

"Klasse S" steht für **Stress** ("Thermische Belastung").

Diese Klasse, auch „Erträglichkeitsbereich“ genannt, ist durch eine erhöhte Beanspruchung durch Klima und Arbeitsschwere gekennzeichnet.

Prinzipiell sind bei der Ermittlung der verschiedenen Klimaparameter gewisse Messzeiten bzw. Messzeiträume erforderlich, um je nach Messaufgabe eine entsprechende Beurteilung durchführen zu können.

Für stichprobenartige Messungen reicht es aus, zu verschiedenen Tageszeiten Einzelmessungen durchzuführen. Zur Beurteilung von thermischen Tagesverläufen sind möglichst Dauermessungen bzw., abhängig von den vorhandenen thermischen Schwankungen im Raum, Langzeitmessungen durchzuführen, die allerdings auch Aufheizzeiten und Auskühlzeiten mit einschließen sollten. Dadurch werden auch energietechnische Aussagen über Ausdehnung oder Verkürzung von Vorheizzeiten⁹ möglich.

⁹ Laut ASR A3.5 [1] muss die Mindesttemperatur während der gesamten Arbeitszeit gewährleistet sein.

Die Beurteilung von Klimaanlage macht es weiterhin erforderlich, dass Sommer- und Wintermessungen durchgeführt werden (Kühl- und Heizperiode).

Selbstverständlich sind vor Bestimmung der Messwerte die sensorbedingten Einstellzeiten und messwertspezifischen Mittelungszeiträume zu beachten. Als wesentlich sind da zu nennen das Globethermometer mit je nach Kugelgröße 20 - 30 min Einstellzeit und die Mittelungsdauer von drei Minuten für die Luftgeschwindigkeit mit zugehöriger Standardabweichung (DIN EN ISO 7726 [14]). Vergleichende Messwertermittlungen an mehreren Messpunkten, in einem Raum oder im Verhältnis zu einem anderen Raum, sind zeitgleich durchzuführen. Von dieser Verfahrensweise sollte nur abgewichen werden, wenn eine große Gleichmäßigkeit des thermischen Raumverhaltens vorliegt.

Je nach Homogenität der thermischen Bedingungen und der Größe des Arbeitsraumes bzw. Anzahl der Arbeitsplätze ist die Anzahl der Messpunkte im Raum festzulegen. Zuglufterscheinungen und Wärmestrahlung sind unmittelbar am Arbeitsplatz zu bestimmen.

2.2 Lufttemperatur

Einheit: Grad Celsius [°C], Formelzeichen: **t** oder internationalisiert **t_a**

Lufttemperaturen lassen sich im Vergleich zu anderen Klimagrundparametern verhältnismäßig einfach erfassen. So ist es für Beschäftigte problemlos möglich, die an ihrem Arbeitsbereich herrschende Lufttemperatur zu messen und gegebenenfalls zu beanstanden. Die ASR A3.5 [1] schreibt für diese Lufttemperaturmessungen strahlungsgeschützte Sensoren vor.

Die Lufttemperatur kann mit sehr unterschiedlichen Messverfahren ermittelt werden, wobei der Messbereich und/ oder der Anwendungsbereich oft das Verfahren vorbestimmt. Als verbreitetste Messsysteme haben sich Flüssigkeitsglasthermometer, Halbleiterthermometer, Thermoelemente und Bimetallthermometer erwiesen.

Die gebräuchlichste Methode ist die Messung mit einem Flüssigkeitsglasthermometer. Dieses kann auch kalibrierfähig¹⁰ sein und muss mit einem ausreichenden Wärmestrahlungsschutz versehen sein.

Die „operative Temperatur“ (DIN EN 13779 [11]) wird als thermische Kombinationsgröße aus Lufttemperatur und Strahlungstemperatur gemäß der Empfehlung aus der vorgenannten Norm mit einem Globethermometer (entsprechend DIN EN 27243 [13]) ermittelt. Weiter Angaben zur operativen Temperatur sind in EN ISO 7726 [14] und EN ISO 7730 [15] enthalten.

Kombinierte Messgeräte bieten außer der Messung der Lufttemperatur und der Luftfeuchte mittels integriertem Rechner die Ermittlung aller wichtigen Luftfeuchtwerte an.

Bei Verwendung eines Aspirationspsychrometers zur Messung der Lufttemperatur entspricht die Temperatur des Trockenthermometers der Lufttemperatur; die Feuchtttemperatur wird zur Bestimmung der Luftfeuchte benötigt.

Alle eingesetzten Messgeräte sollten den Anforderungen der DIN EN ISO 7726 [14] entsprechen, um die Akzeptanz und die Reproduzierbarkeit von Messdaten zu sichern.

Detaillierte Aussagen zur Temperaturmessung sind der VDE/VDI 3511 [18]. „Technische Temperaturmessung“ zu entnehmen.

¹⁰ Werden Klimamessgeräte über „orientierende Messungen“ hinaus verwendet, müssen sie durch ein von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditiertes Labor kalibriert sein.

Bestimmung und Beurteilung der Lufttemperatur

Messkriterien → Messanforderung ↓	Messhöhe [m]	Messort	Messgerät*	Mindestwerte der Lufttemperatur
Orientierende Messung	Sitzende Person: 0,6 stehende Person: 1,1	Unmittelbar am Arbeitsplatz	Flüssigkeits- Glas thermometer (wärmestrahlungs- geschützt) elektronische Thermometer	1) <u>Arbeitsstättenregel A3.5</u> leichte, sitzende Tätigkeit: 20 °C mittelschwere, sitzende Tätigkeit: 19 °C leichte, nicht-sitzende Tätigkeit: 19 °C mittelschwere, nicht-sitz. Tätigkeit: 17 °C schwere körperl. Arbeit: 12 °C Diese Mindesttemperaturen sind während der gesamten Arbeitszeit zu gewährleisten.
Messung höheren Anspruchs	sitzende Person: 0,1 0,6 1,1 stehende Person: 0,1 1,1 1,7 (Wichtung nach DIN EN ISO 7726 [14])	Unmittelbar am Arbeitsplatz	zusätzlich zu o. g. Messgeräten: Globethermometer zur Bestimmung der operativen Temperatur in RLT-Anlagen weiterhin empfehlenswert: Kombinationsmessgerät für mehrere Parameter mit Messwertspeicher und Auswertesystem	2) operative Temperaturen (außenlufttemperaturbezogen) für RLT- Anlagen DIN EN 15251 [22] beachten 3) DIN EN ISO 7730 [15] (Behaglichkeitsbereich ¹¹) operative Temperaturen*** während der Heizperiode (Winter): 19 - 25 °C während der Kühlperiode (Sommer): 22 - 27 °C bei leichter bis mittlerer sitzender Aktivität

* Anforderungen an das Messgerät entsprechend DIN EN ISO 7726 [14]

** Gültig nur bei Vorhandensein entsprechender RLT-Anlagen

*** operative Temperatur = $0,5 (t_{\text{Luft}} + t_{\text{Strahlung}})$,
Voraussetzung t_a zu $t_r \leq 4$ °C

Weitergehende Begrenzungen:

Lufttemperaturschichtung bei RLT-Anlagen: Der vertikale Gradient der Lufttemperatur sollte höchstens 2 K je m Raumhöhe betragen. Dabei soll die Lufttemperatur in 0,1 m Höhe über dem Fußboden 21 °C nicht unterschreiten.

Für den Behaglichkeitsbereich DIN EN ISO 7730 [15] gilt für die Winter- und Sommerbedingungen:

maximale Lufttemperaturdifferenz zwischen 1,1 und 0,1 m < 3 °C (bei Einhaltung der operativen Temperaturen)

¹¹ Thermisch neutraler Bereich - es herrscht für den Menschen Ausgeglichenheit zwischen Wärmezufuhr und Wärmeabgabe

2.3 Luftfeuchte

Je nach Anwendungsbereich und Ansprüchen an die Qualität der Messung stehen verschiedene Messprinzipien zur Verfügung. Haarhygrometer sind regelmäßig zu reaktivieren, zu prüfen und haben eine verhältnismäßig lange Einstellzeit. Psychrometer gelten als sehr zuverlässige und genaue Messgeräte. Mit Hilfe der psychrometrisch ermittelten Trocken- und Feuchttemperatur lässt sich aus dem h, x - Diagramm für feuchte Luft bzw. durch Umsetzung der Temperaturen in Wasserdampfdrücke aus entsprechenden Wasserdampf Tafeln [2] mit anschließender Berechnung ("Sprungsche Psychrometerformel") die relative Luftfeuchte bestimmen.

Kapazitive Feuchtemessgeräte erfordern regelmäßige 0-Punkt- und Prüfpunktkontrollen. Sehr genau und zuverlässig ist die Messung mit einem Taupunktmessgerät.

Angaben zum Messort:

In einem Raum ohne künstliche Befeuchtungsquellen kann man davon ausgehen, dass ein gleichmäßiger Wasserdampfdruck herrscht, daher ist es oftmals ausreichend, an einer kleinen Anzahl von Messorten die Luftfeuchte zu messen. Unterschiedliche Messergebnisse der relativen Feuchte sind, wie oben bei der „Erläuterung der Feuchtegrundparameter“ beschrieben, abhängig von der ggf. differierenden Lufttemperatur.

In Anlehnung an die Messhöhenaussagen der DIN EN ISO 7726 [14] sollte die Luftfeuchte bei einer sitzenden Person in einer Höhe von 0,6 m und bei einer stehenden Person analog zur obigen Aussage in einer Höhe von 1,1 m gemessen werden. Sollten bei den vorgenannten Bedingungen erhebliche Inhomogenitäten der Klimaverhältnisse festgestellt werden, so ist die Messung in den in der Tabelle im Punkt 2.1 aufgeführten Messhöhen und mit entsprechender Wichtung durchzuführen.

Bestimmung und Beurteilung der Luftfeuchte

Messkriterien → Messanforderung ↓	Messhöhe [m]	Messort	Messgerät*	Richtwerte
Orientierende Messung	sitzende Person: 0,6 m stehende Person: 1,1 m	nahe dem Arbeitsplatz	Haarhygrometer (Einstellzeit > 5 min) kapazitive Hygrometer Aspirations-Psychrometer mit Flüssig- keitsglas-thermometern oder Pt 100 Sensoren	1) Arbeitsstättenregel A3.6 max. relative Luftfeuchtwerte (temperaturbezogen): (80 % bei 20 °C) 70 % bei 22 °C 62 % bei 24 °C 55 % bei 26 °C
Messungen höheren Anspruchs			Zusätzlich zu o. g. Messgeräten: Taupunkt- und Wasserdampfgehaltbestimmung [g/kg] bzw. deren Berechnung aus ermittelten Messdaten dafür empfehlenswert: Kombinationsmessgerät für mehrere Parameter mit Messwertspeicher und Auswertesystem	2) DIN EN 13779 [11] (für RLT-Anlagen) Feuchtegehalt der Luft max. 11,5 g/ kg tr. Luft und 65 % rel. Feuchte; minimal 30 % rel. Feuchte, gelegentliche Unterschreitungen sind bei extremen Witterungs- bedingungen vertretbar 3) DIN EN ISO 7730 [15] (Behaglichkeitsbereich) 30 bis 70 % rel. Feuchte.

* Anforderungen an das Messgerät entsprechend DIN EN ISO 7726 [14]

2.4 Luftgeschwindigkeit

Luftbewegungen lassen sich mit Rauch, leichten Flocken oder Wollfäden sichtbar sowie mit entsprechenden Messgeräten beurteilbar machen.

Die Messung der Raumlufthgeschwindigkeit sollte grundsätzlich nur mit thermischen Anemometern durchgeführt werden.

Für Messungen an Zu- oder Abluftöffnungen eignen sich, je nach Höhe der Luftgeschwindigkeit, weiterhin auch Flügelradanemometer ($> 1 \text{ m/s}$). Dabei ist zu beachten, dass bei stark wechselnden Luftgeschwindigkeiten mit Flügelradanemometern zu hohe Mittelwerte gemessen werden. Hitzedraht- und Flügelradanemometer sind empfindlich gegen staubhaltige Messumgebungen.

Für höhere Luftgeschwindigkeiten ($> 2 \text{ m/s}$), hier besonders in Kanalquerschnitten, wird üblicherweise das Prandtl'sche Staurohr in Verbindung mit einem Mikromanometer (Schrägrohr) oder vergleichbaren elektronischen Differenzdruckmesseinrichtungen eingesetzt. Dieses Messsystem bietet bei einer verhältnismäßig hohen Messgenauigkeit (Messunsicherheit des gemessenen Staudruckes $\pm 1\%$) eine unproblematische Handhabung (bis ca. $\pm 10^\circ$ Messrichtungsabweichung aus der Strömungsrichtung) und eine Unempfindlichkeit gegen leichte Verschmutzungen.

Höherwertige Messsysteme bieten durch Ausgabe des $>100 \text{ s}$ - Mittelwertes bzw. des 3-min-Mittelwertes mit Angabe der Standardabweichung (DIN EN ISO 7726 [14]) die Möglichkeit den Turbulenzgrad zu berechnen und damit das Zugluftrisiko zu bewerten. Für die Geschwindigkeitsmessung ist ein richtungsunabhängiges Messgerät zu verwenden.

Mit Hilfe der gemessenen Luftgeschwindigkeiten lassen sich auch Luftvolumenströme berechnen.

$$V = v \cdot A \cdot 3600 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

V = Luftvolumenstrom [m^3/h]

v = Luftgeschwindigkeit [m/s]

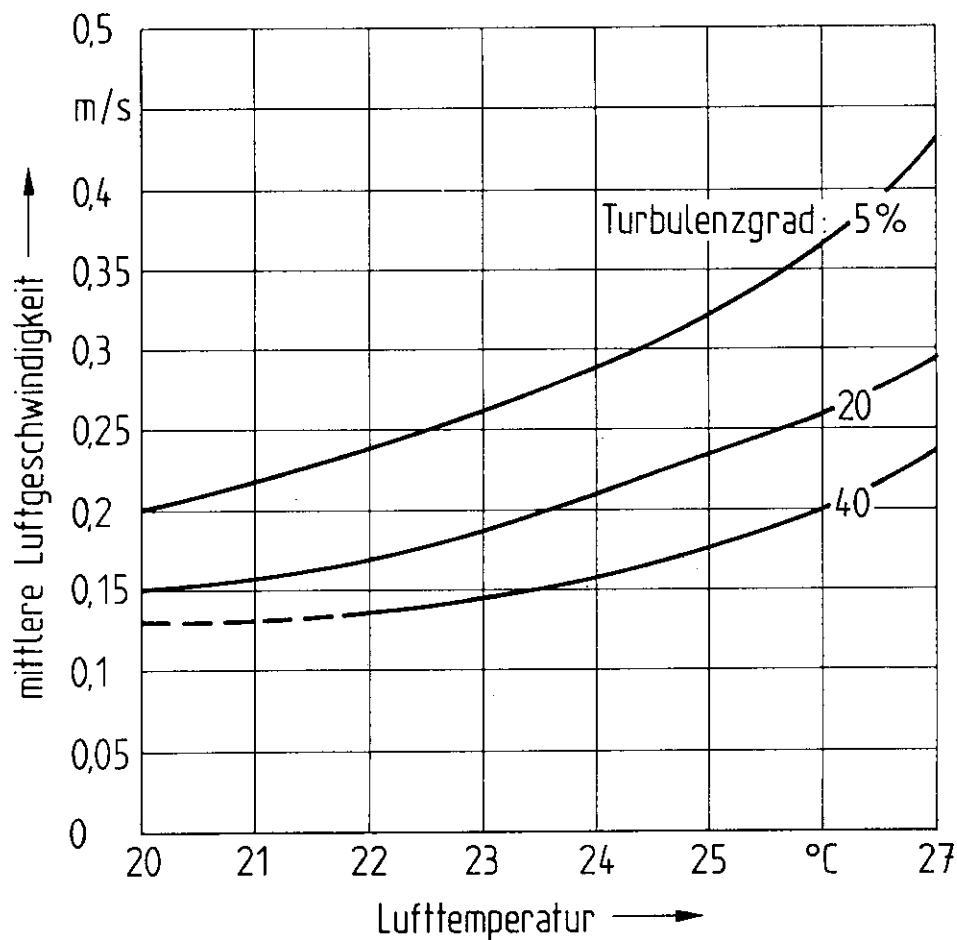
A = Strömungsquerschnitt [m^2]

ACHTUNG!

Die Durchführung von Messungen zur Bestimmung von Luftvolumenströmen, die Aufteilung des Messquerschnittes in die erforderlichen Messachsen und Messpunkte, sowie die Anforderungen an die Messstrecke, sollten den Vorgaben der DIN EN 12599 [16] entsprechen.

Die in der nachfolgenden Abbildung aufgeführten Darstellungen der Luftgeschwindigkeitsgrenzwerte gelten für eine Aktivitätsstufe I ($1,2 \text{ met}$ bzw. 70 W/m^2 - entspricht einer sitzenden Tätigkeit z. B. im Büro) und einem Wärmedurchlasswiderstand der Kleidung von etwa $0,12 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ ($0,75 \text{ clo}$, leichte bis mittlere Kleidung). Es wird dabei von 15 % „Unzufriedener“ aufgrund von Zugluft ausgegangen.

Die Kurve für 40 % gilt auch für Turbulenzgrade $> 40 \%$. Ohne erfolgte spezielle Bestimmung des Turbulenzgrades wird von 40 % ausgegangen.



Werte von mittleren Luftgeschwindigkeiten als Funktion von Temperatur und Turbulenzgrad der Luft im Behaglichkeitsbereich (Gültigkeit für RLT-Anlagen)

(nach P. O. Fanger, A. K. Melnikov, H. Hanzawa, J. Ring:
Air turbulence and sensation of draught. [9])

"Wird der Wärmedurchlasswiderstand der Kleidung um $0,032 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (ca. 0,2 clo) oder die Aktivität um 10 W (0,1 met) erhöht, darf die zulässige Luftgeschwindigkeit auf die um etwa 1 K erhöhte zugeordnete Lufttemperatur angehoben werden." Quelle: DIN 1946 Teil 2 vom Januar 1994 (zurückgezogen); Raumluftechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln)

Weitere „zulässige Luftgeschwindigkeiten“ in Abhängigkeit von Temperatur, Turbulenzgrad, Arbeitsaktivität und Bekleidungsisolations für den Bereich Reinraumtechnik sind in der VDI-Richtlinie 2083 Blatt 5.1 [20] dargestellt.

Bestimmung und Beurteilung der Luftgeschwindigkeit

Messkriterien → Messanforderung ↓	Messhöhe [m]	Messort	Messgerät*	Richtwerte
orientierende Messung	sitzende Person: 0,6 m stehende Person: 1,1 m	unmittelbar am Arbeitsplatz; gegebenenfalls weitere Messorte zur Lokalisierung der „Luftstromquelle“ und der Strömungsrichtung	Hitzedrahtanemometer und Thermosonden; zur Richtungsbestimmung der Luftströmung: Strömungsprüfröhrchen	1) für z.B. Turbulenzgrad 40% lufttemperaturbezogen ergeben sich folgende maximale Luftgeschwindigkeiten (siehe Diagramm Seite 22): 20-22°C < 0,13 m/s 23°C < 0,15 m/s 24°C < 0,16 m/s 25°C < 0,18 m/s 26°C < 0,20 m/s
Messung höheren Anspruchs	sitzende Person: 0,1 0,6 1,1 stehende Person: 0,1 1,1 1,7 (Wichtung nach DIN EN ISO 7726 [14])		Ergänzend zu o. g. Gerät soll das Gerät die Möglichkeit bieten, gem. DIN EN ISO 7726 [14] den 3-min-Mittelwert und die Standardabweichung zu ermitteln, über diese Angaben lassen sich dann der Turbulenzgrad und das Zugluftrisiko (DIN EN ISO 7730 [15]) berechnen.	2) DIN EN ISO 7730 [15] (Behaglichkeitsbereich) errechnetes Zugluftrisiko DR < 15%

* Anforderungen an das Messgerät entsprechend DIN EN ISO 7726 [14]

2.5 Wärmestrahlung

Zur Messung der effektiven Bestrahlungsstärke stehen Messgeräte mit der Möglichkeit der direkten Messwertablesung zur Verfügung sowie Geräte, bei denen durch Umrechnung der Messwerte der sechs räumlichen Richtungen die Bestrahlungsstärke ermittelt wird.

Messgeräte, die Strahlungsverhältnisse in einzelnen Richtungen messen, können auch zur Bestimmung der Strahlungstemperatur- bzw. der Wärmestrahlungsasymmetrie verwendet werden.

Die isolierte Bestimmung der Globetemperatur bietet einige Möglichkeiten zur Beurteilung von Wärmestrahlungsverhältnissen. Sie wird im Wesentlichen als Berechnungsgrundlage für den WBGT-Wert, für die korrigierte Effektivtemperatur und zur näherungsweisen Bestimmung der mittleren Strahlungstemperatur eingesetzt.

Weiterhin kann mit der Globetemperatur die Einhaltung der gemäß ASR A3.5 Ziff. 4.2 [1] geforderten Mindestlufttemperaturen, speziell bei der Arbeitsbereichs-/Arbeitsplatzbeheizung mit Strahlungsheizgeräten, nachgewiesen werden. Auch die operative Temperatur (DIN EN 13779 [11]) kann mit dem Globethermometer bestimmt werden.

Grundsätzlich wird Wärmestrahlung mit steigender Luftfeuchte intensiver empfunden und bei steigender Luftgeschwindigkeit durch erhöhte Schweißverdunstung bzw. konvektiver Wärmeabgabe weniger belastend wahrgenommen.

Steigende Arbeitsenergieumsätze senken die Wärmestrahlungsbelastbarkeit durch eine gesteigerte körpereigene Wärmeproduktion und lassen je nach Arbeitsplatzbedingungen unter Umständen keine Dauerarbeit mehr zu. Dies kann dann bedeuten, dass keine kontinuierliche Arbeit unter diesen Bedingungen stattfinden kann bzw. Pausen mit Entwärmungsmöglichkeiten eingelegt werden müssen.

Empfehlungen zur Beurteilung von wärmestrahlungsbeheizten¹² Arbeitsbereichen

Vorbemerkung zum Einsatz von Heizstrahlern

In Arbeitsräumen können Strahlungsheizungen zur Erzielung eines erträglichen Raumklimas aus betrieblichen Gründen sinnvoll sein.

Wärmestrahlungsheizungen müssen entsprechend der nachfolgenden Anforderungen errichtet und betrieben werden:

Die in der ASR A3.5 [1] unter Nr. 4.2 genannten Lufttemperaturwerte sind beim Einsatz von Heizstrahlern wegen des vorhandenen Strahlungseinflusses mit dem Globethermometer (t_g in °C) (siehe auch DIN EN ISO 7726 [14]), zu ermitteln.

Beim Aufenthalt in Arbeitsräumen im Kältebereich I¹³ (kühler Bereich von +15 bis +10 °C Lufttemperatur) und im Kältebereich II (leicht kalter Bereich von +10 bis -5 °C Lufttemperatur) sollen beim Einsatz von Heizstrahlern zur Schaffung erträglicher Klimabedingungen höchstens folgende Strahlungsasymmetrien auftreten (Forschungsbericht 726 [8]):

Lufttemperatur [°C]	Maximale Strahlungsasymmetrie [W/ m ²]
<15	300
<10	400
< 5	500

Zulässige Strahlungsasymmetrie in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (Lufttemperatur gemessen mit strahlungsgeschütztem Thermometer)

¹² In Hallenbereichen vorwiegend gasbeheizt, nur bei unmittelbarer Personennähe elektrobeheizt (z. B. Fußbodenheizplatten und Strahler geringer Heizleistung)

¹³ Kältebereich nach DIN 33403 Teil 5 [21]

Bestimmung und Beurteilung der Wärmestrahlung

Messkriterien → Messanforderung ↓	Messhöhe [m]	Messort	Messgerät*	Richtwerte
Effektive Bestrahlungsstärke (E_{eff}) DIN 33403 Teil 3 [12]				
orientierende Messung und Messungen höheren Anspruchs	Kopfhöhe sitzende Person: 1,2 Kopfhöhe stehende Person: 1,7 Für Messungen höheren Anspruchs nach DIN EN 27726 [14]: 0,1 - 0,6 - 1,1 (sitzende Person) 0,1 - 1,1 - 1,7 (stehende Person)	unmittelbar am Arbeitsplatz	Sechs räumliche Richtungen erfassendes Wärme- strahlungsmessgerä t (bzw. math. Bestimmung über die mittl. Strahlungstemperat ur)	Für den Erträglichkeitsbereich (DIN 33403 Teil 3 [12]**): < 35 W/m² ohne arbeitsbelasten den Einfluss > 35 bis < 300 W/m² arbeitsbelastend; unter Umständen sind Entwärmungsphasen erforderlich > 300 W/m² Entwärmungsphasen erforderlich; u. U. Verbrennungsgefahr
Wärmestrahlungsasymmetrie (Forschungsbericht 726 [8] der BAuA)				
orientierende Messung und Messungen höheren Anspruchs	1,7	unmittelbar am Arbeitsplatz	Zwei entgegengesetzte räumliche Richtungen erfassendes Wär- mestrahlungsmess- gerät	Bei einer Lufttemperatur von: <15 °C ≤ 300 W/m² <10 °C ≤ 400 W/m² < 5 °C ≤ 500 W/m²

* Anforderungen an das Messgerät entsprechend DIN EN ISO 7726 [14]

** bei Lufttemperaturen von 15 - 25 °C

3 Ermittlung der Raumklimasituation

3.1 Hilfestellung zur Gefährdungsbeurteilung zum Raumklima

Datenerhebung durch:Datum:.....	
Betrieb: Tel.:.....	
Arbeitsbereich/ Arbeitsplatz:.....	
Vorgesetzter/ Verantwortlicher:	
Sicherheitsbeauftragter/ Sicherheitsfachkraft:	
Betriebs-/ Personalrat:	

Art der Tätigkeiten im Einwirkungsbereich des zu beurteilenden Raumklimas:

.....
.....

Himmelsrichtung und Baustoff der Außenwände des zu untersuchenden Arbeitsbereiches:

.....

Erläuterung zum Gebrauch des Fragenkataloges

Fragen, die durch das Ankreuzen des „Warndreiecks“ beantwortet werden müssen, erfordern ggf. eine weitergehende Bearbeitung. Nichtankreuzen von Antwortfeldern bedeutet „entfällt“.

	ja	nein		ja	nein
1) Gibt es störende technologisch oder betriebsbedingte Raumklimabedingungen?	☐	☐	13) Wenn ja, ist es in einem befristeten Zeitraum vorgesehen, die Veränderung vorzunehmen?	☐	☐
2) Treten die Beeinträchtigungen regelmäßig auf?	☐	☐	14) Wurde bereits durch Dichtungsmaßnahmen an Fenstern/ Türen/ Toren bzw durch Anbringung von flexiblen Vorhängen in Zugängen oder Zufahrten versucht, den Zugscheinungen entgegenzuwirken?	☐	☐
Wann (z. B. jahreszeitlich/ betriebsbedingt)?					
.....					
3) Wie wird der Arbeitsbereich beheizt?			15) Wurde die Luftgeschwindigkeit an Arbeitsplätzen messtechnisch erfasst?	☐	☐
.....					
.....			16) Wenn Messergebnisse vorliegen, wie hoch waren die Luftgeschwindigkeiten [m/s] an welchem Ort?		
4) Ist die Heizeinrichtung regelbar?	☐	☐			
5) Werden die Raumtemperaturen unter Berücksichtigung der körperlichen Beanspruchung und der Arbeitsverfahren auch zu Arbeits-/ Schichtbeginn als gesundheitlich zuträglich empfunden?	☐	☐			
6) Heizt sich der Arbeitsbereich im Sommer stark auf?	☐	☐	17) Gibt es Beschwerden über zu trockene oder zu feuchte Raumluft?	☐	☐
7) Ist die Heizung im Winter ausreichend?	☐	☐	18) Kann die Luftfeuchte ausschließlich durch Öffnung von Fenstern oder Oberlichtern und somit über die Außenluftfeuchte beeinflusst werden?	☐	☐
8) Sind im Arbeitsbereich schon notwendige Verbesserungsmaßnahmen vorgesehen, um im Sommer wie im Winter thermisch zuträglich Arbeitsbedingungen sicherzustellen?	☐	☐	19) Wurde bereits durch Einsatz von hygienisch unbedenklichen Luftbefeuchtern versucht, die auffällig trockene Luft zu verbessern?	☐	☐
9) Wurden die Lufttemperaturen im Arbeitsbereich messtechnisch kontrolliert?	☐	☐	20) Wurde bereits versucht, die Beeinträchtigungen durch zu hohe Luftfeuchtigkeiten zu unterbinden?	☐	☐
10) Wenn Messergebnisse vorliegen, welche Lufttemperatur[°C] wurde an welchem Ort ermittelt?			21) Wurden Luftfeuchtigkeiten im Arbeitsbereich messtechnisch erfasst?	☐	☐
.....			22) Wenn Messergebnisse vorliegen, wie [%] hoch waren die Luftfeuchten (relative Feuchte an welchem Ort?		
.....					
11) Wird die Luftbewegung im Raum als "Zugluft" empfunden?	☐	☐			
12) Sind die Zuglufterscheinungen durch Änderung der Arbeitsplatzanordnung zu unterbinden?	☐	☐	23) Gibt es im Arbeitsbereich Klagen über Beeinträchtigungen durch Wärmestrahlung?	☐	☐

	ja	nein		ja	nein
24) Sind die Wärmestrahlungsbelastungen fertigungs- bzw. produktionsbedingt?	☐	☐	36) Gibt es negative Beeinträchtigungen durch die RLT-Anlage, z. B. durch geruchlich belastete Zuluft?	☐	☐
25) Wenn ja, ist in einem befristeten Zeitraum mit der Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen zu rechnen?	☐	☐	37) Gibt es zusätzliche Arbeitsschutzprobleme z. B. durch:		
26) Gibt es unbehagliche/ unerträgliche Wärmestrahlung im Arbeitsbereich?	☐	☐	- Hitzeeinwirkung		
27) Ist die produktionsbedingte Wärmestrahlung durch technische Hitzeschutzmaßnahmen zu reduzieren?	☐	☐	- Kälteeinwirkung		
28) Ist die Wirkung der produktionsbedingten Wärmestrahlung durch organisatorische Maßnahmen reduzierbar?	☐	☐	- unzulängliche Klimaanlage		
29) Ist die Sonnenwärmeeinstrahlung durch Sonnenschutz (Beschattungseinrichtungen - möglichst außenliegend) vermeidbar?	☐	☐	- Farbgestaltung des Raumes		
30) Besteht für Maschinen oder Geräte mit großen Energieumsätzen die Möglichkeit der separaten Wärmeabfuhr?	☐	☐	- Beleuchtungsmängel		
31) Gibt es eine störende „Strahlung kalter - Flächen“, z.B. verursacht durch einfachverglaste Fenster, unzureichend isolierte Fußböden und Wände sowie Metallflächen?	☐	☐	- statische Aufladungen		
32) Wurden im Arbeitsbereich Wärmestrahlungsmessungen [W/ m ²] durchgeführt?	☐	☐	- Lärm		
33) Welche Wärmestrahlungsmesswerte wurden an welchem Ort ermittelt?	☐	☐	- Erschütterungen		
.....			- Schadstoffbelastungen		
.....			- mangelhafte Ergonomie oder Hygiene?		
.....			-		
34) Gibt es bei „natürlicher Lüftung“ Klagen über verbrauchte oder geruchlich störende Raumluft?	☐	☐	-	☐	☐
35) Wird im Arbeitsbereich eine Raumluft-technische Anlage (RLT) eingesetzt?	☐	☐	38) Sind Messungen erforderlich?	☐	☐
			39) Welche ?		
					
					
					
			40) Bemerkungen		
					
					
					

3.2 Checklisten für orientierende Klimamessungen

Prüfer/ Messenger: Datum:

Betrieb: Tel.:

Arbeitsbereich/Arbeitsplatz:

Vorgesetzter/ Verantwortlicher:

Sicherheitsbeauftragter/ Sicherheitsfachkraft:

Betriebs-/ Personalrat:

Raumbezogene Aussagen: Raumgröße, Fenster, Türen, Durchbrüche, Lage im Gebäudekomplex mit Himmelsrichtung (möglichst Skizze oder Plankopie)

Materialien der Umschließungsflächen:

Raumklimabezogene Aussagen

Sonnenschutzeinrichtungen:

Interne Wärmequellen:

Beheizung:

Heizungsregelung:

RLT-Anlagen (Hersteller, Typ, Art, Funktionsbeschreibung)

Personenbezogene Aussagen

Art der Arbeit/
Arbeitsschwere:

Bekleidungssituation:

Klimaschutzmaßnahmen:

Arbeitszeiten:

besonders schutzbedürftige Personengruppe:

	Innenraum	- Klimamessdaten		
Messort/ Raum/ Arbeitsplatz				
Datum/ Zeit				
Messhöhe [m]				
Trockentemperatur [°C]				
Feuchttemperatur [°C]				
Relative Feuchte [%]				
Wasserdampfgehalt [g/kg]				
Luftgeschwindigkeit [m/s]				
Strömungsrichtung				
Globetemperatur [°C]				
Eff. Bestrahlungsstärke [W/m ²]				
Verwendetes Messgerät:				
Bemerkungen:				

Außenklima - Messdaten				
Messort:				
Datum/ Zeit:				
Wind:	windstill	leichter Wind	mittlerer Wind	Sturm
Windrichtung:				
Wetter/ Himmel:	sonnig	bedeckt	Nebel	Regen Schnee
Trockentemperatur	[°C]			
Feuchttemperatur	[°C]			
Rel. Luftfeuchte	[%]			
Wasserdampfgehalt	[g/kg]			
Bestrahlungsstärke	[W/m ²]			
Luftdruck	[hPa]			
Verwendete Messgeräte:				
Bemerkungen:				

4 Literaturverzeichnis

- [1] **Arbeitsstätten - Arbeitsstättenverordnung / Technische Regeln für Arbeitsstätten.** - Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2010
(Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin)
ISBN 978-3-86918-034-2
- [2] **Zustandsgrößen von Wasser und Wasserdampf in SI – Einheiten**
(Wasserdampftafeln). - 4. erw. Aufl. - Berlin: Springer-Verlag, 1989 ISBN 3-540-09601-9
- [3] **Klima - Belastungs - Kataster** / Bearb. Th. Hettinger u.a. - Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, 1984
(Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz; **Forschungsbericht Nr. 374**)
ISBN 3-88314-331-6
- [4] H. Spitzer, T. Hettinger, G. Kaminsky,
Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit. - 6. vollst. überarb.Aufl. - Berlin: Beuth-Verlag, 1982
- [5] B. W. Olesen:
Thermische Behaglichkeit. In: Technical Review Brüel & Kjaer, Naerum, Nr. 2/1982
- [6] B. W. Olesen:
Örtliche thermische Unbehaglichkeit. In: Technical Review Brüel & Kjaer, Naerum, Nr. 1/1985
- [7] **CR 1752: Lüftung von Gebäuden – Auslegungskriterien für Innenräume** (1998)
(CEN CR 1752: Ventilation for Buildings: Design Criteria for the Indoor Environment, Final Draft)
- [8] **Physiologische Bewertung von Strahlungsheizungen** / Bearb.: Hj. Gebhardt, B. H. Müller, Th. Hettinger, B. Pause. - Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, 1995
(Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz; **Forschungsbericht Nr. 726**)
ISBN 3-89429-953-3
- [9] **P. O. Fanger, A. K. Melnikov, H. Hanzawa, J. Ring:**
Air turbulence and sensation of draught.
In: **Energy and Buildings Nr. 12/1988, S. 21 - 39**
- [10] **DIN EN 12792** (Januar 2004, Berichtigung1: Mai 2004)
Lüftung von Gebäuden - Symbole, Terminologie und graphische Symbole.
Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin
Telefon 030/ 2601 - 2260
- [11] **DIN EN 13779** (September 2007)
Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme
Bezugsquelle wie [10]
- [12] **DIN 33403 Teil 3** (Juli 2011)
Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung
Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimasummenmaße
Bezugsquelle wie [10]
- [13] **DIN EN 27243** (Dezember 1993)
Warmes Umgebungsklima. Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen

mit dem WBGT-Index (ISO 7243; 1989).

Bezugsquelle wie [10]

- [14] **DIN EN ISO 7726** (April 2002)
Umgebungsklima - Instrumente zur Messung physikalischer Größen
Bezugsquelle wie [10]
- [15] **DIN EN ISO 7730** (Mai 2006, Berichtigung 1: Juni 2007)
Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit.
Bezugsquelle wie [10]
- [16] **DIN EN 12599** (August 2000)
Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen
Bezugsquelle wie [10]
- [17] **DIN EN ISO 8996** (Januar 2005)
Ergonomie der thermischen Umgebung - Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes
Bezugsquelle wie [10]
- [18] **VDI/VDE 3511**
Technische Regel - Technische Temperaturmessungen
Bezugsquelle wie [10]
- [19] **DIN EN ISO 7933** (Dezember 2004)
Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung
Bezugsquelle wie [10]
- [20] **VDI-Richtlinie 2083 Blatt 5.1** (September 2007)
Technische Regel - Reinraumtechnik – Betrieb von Reinräumen
Bezugsquelle wie [10]
- [21] **DIN 33403 Teil 5** (Januar 1997)
Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung - Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen
Bezugsquelle wie [10]
- [22] **DIN EN 15251** (August 2007)
Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Deutsche Fassung EN 15251:2007
Bezugsquelle wie [10]

Weitere Literaturquellen

Arbeitsstätten: Arbeitsstättenverordnung und Arbeitsstätten - Richtlinien mit ausführlicher Kommentierung, sonstige für Arbeitsstätten wichtige Vorschriften, Regeln, Normen und umfassendes Stichwortverzeichnis

Hrsg.: R. Opfermann; W. Streit. - Hüthig, Jehle, Rehm

Loseblatt-Sammlung (laufende Aktualisierung)

Internet-Version verfügbar (kostenpflichtiges Abo erforderlich)

LV 20 Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen an Kassenarbeitsplätzen

LASI-Veröffentlichung 1999; ISBN 3-936415-18-8

Kataster von Arbeitsplatzumgebungsfaktoren: Beleuchtung, Klima, Lärm, gefährliche Arbeitsstoffe am Beispiel einer Gießerei. / Bearb.: H. Hahne, E. Quellmalz, P. van den Brulle. - Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, 1983
(Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz; **Forschungsbericht Nr. 354**)
ISBN 3-88314-300-6

Modulares Meßsystem zur Beurteilung des Klimas am Arbeitsplatz / Bearb.: Th. Hettinger, M. Noack, B. H. Müller. - Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, 1987
(Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz; **Forschungsbericht Nr. 525**)
ISBN 3-88314-690-0

Leitfaden für Kataster von Arbeitsplatzumgebungsfaktoren, Lärm, Beleuchtung, Klima, Gefahrstoffe / Bearb.: P. van den Brulle. - Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, 1989
(Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz; **Forschungsbericht Nr. 565**)
ISBN 3-88314-846-6

H. G. Wenzel, C. Piekarski
Klima und Arbeit / Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung. - 4. Aufl. - München: Max Schick GmbH, 1985

Untersuchungen von Luftgeschwindigkeiten und Lufttemperaturen an industriellen Arbeitsplätzen / Bearb.: B. Gräff, K. Hubert, H.-J. Zoller. - Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, 1995
(Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz; **Forschungsbericht Nr. 722**)
ISBN 3-89429-953-3

DIN Fachbericht 128
Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Grundlagen zur Klimaermittlung (1. Auflage 2003)
Bezugsquelle wie [10]

DIN 1319 /Teil 3 (Mai 1996)
Grundlagen der Meßtechnik. Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit.
Bezugsquelle wie [10]

DIN 5031 /Teil 1 (März 1982)
Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik.
Größen, Formelzeichen und Einheiten der Strahlungsphysik.
Bezugsquelle wie [10]

DIN 5031 /Teil 5 (März 1982)
Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik.
Temperaturbegriffe.
Bezugsquelle wie [10]

DIN 5031 /Teil 8 (März 1982)
Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik.
Strahlungsphysikalische Begriffe und Konstanten.
Bezugsquelle wie [10]

DIN 33403 /Teil 2 (August 2000)
Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung. Einfluss des Klimas auf den Wärmehaushalt des Menschen.
Bezugsquelle wie [10]

Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI)
LASI-Veröffentlichungen (LV)

LV-Nr.	Titel	Herausgabe aktuelle Auflage
1	Leitlinien des Arbeitsschutzes in der Wertstoffsortierung <i>(wird nicht mehr veröffentlicht - ersetzt durch LV 15)</i>	Juli 1995
2	Richtlinien für die Akkreditierung von Messstellen zum Vollzug des Gefahrstoffrechts gemäß § 18 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung <i>(wird nicht mehr veröffentlicht - ersetzt durch LV 2.1)</i>	September 1995
2.1	Richtlinien für die Akkreditierung von Messstellen zum Vollzug des Gefahrstoffrechts gemäß § 18 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung <i>(wird nicht mehr veröffentlicht - ersetzt durch LV 2.2)</i>	Oktober 1999
2.2	Handlungsanleitung „Grundsätzliche Anforderungen an akkreditierte Messstellen zum Vollzug des Gefahrstoffrechts“ <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	September 2005
3	Musterleitfaden zur Umsetzung der Gefahrstoffverordnung und der TRGS 553 „Holzstaub“ zum Schutz vor Gefahren durch Holzstaub <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Februar 1996
4	Qualitätssicherungs-Handbuch (QSH) <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	März 1996
5	Arbeitsschutzmaßnahmen bei Ozonbelastung am Arbeitsplatz <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Juli 1996
6	Leitfaden für den sicheren Umgang mit Mikroorganismen der Risikogruppe 3** <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – ersetzt durch TRBA 105)</i>	August 1996
7	Leitfaden zur Ermittlung und Beurteilung der Konzentration von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – ersetzt durch TRBA 405 und 430)</i>	September 1996
8	Mehlstaub in Backbetrieben Handlungsanleitung der Länderarbeitsschutzbehörden und der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	November 1996
9	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben und Tragen von Lasten <i>(4. überarbeitete Auflage)</i>	April 2001
10	Umsetzung der Gleichwertigkeitsklausel bei überwachungsbedürftigen Anlagen	Februar 1997
11	Schutz schwangerer Frauen vor Benzolexposition in Verkaufsräumen von Tankstellen und an anderen Arbeitsplätzen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Juli 1997
12	Leitfaden „Ersatzstoffe und Verwendungsbeschränkungen in der Reinigungstechnik im Offsetdruck“ <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Juli 1997
13	Leitlinien für den Arbeitsschutz in biologischen Abfallbehandlungsanlagen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – ersetzt durch TRBA 214)</i>	Oktober 1997
14	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei der Bildschirmarbeit <i>(2. Auflage)</i>	Mai 1998
15	Leitlinien des Arbeitsschutzes in Abfallbehandlungsanlagen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – ersetzt durch TRBA 214)</i>	November 1998
16	Kenngrößen zur Beurteilung raumklimatischer Grundparameter <i>(1. überarbeitete Auflage)</i>	September 2011

LV-Nr.	Titel	Herausgabe aktuelle Auflage
17	Leitfaden „Künstliche Mineralfasern“ - Handlungsanleitung für die Beurteilung von und den Umfang mit Mineralfaserprodukten <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	April 1999
18	Leitfaden „Schutz vor Latexallergien“ <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Mai 1999
19	Beschichten von Industriefußböden und anderen großen Flächen in Innenräumen mit Methylmethacrylat (MMA)-Harzen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	September 1999
20	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen an Kassenarbeitsplätzen	Oktober 1999
21	Arbeitsschutzmanagementsysteme Spezifikation zur freiwilligen Einführung, Anwendung und Weiterentwicklung von Arbeitsschutzmanagementsystemen (AMS) <i>(3. überarbeitete Auflage)</i>	März 2006
22	Arbeitsschutzmanagementsysteme Handlungsanleitung zur freiwilligen Einführung und Anwendung von Arbeitsschutzmanagementsystemen (AMS) für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) <i>(2. überarbeitete Auflage)</i>	Mai 2006
23	Leitlinien zur Biostoffverordnung <i>(3. überarbeitete Auflage)</i>	September 2008
24	Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck <i>(3. überarbeitete Auflage)</i>	März 2009
25	Ersatzstoffe in der Metallreinigung <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	September 2001
26	Umgang mit Gefahrstoffen beim Recycling von Kraftfahrzeugen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	April 2002
27	Umgang mit Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	April 2002
28	Konzept zur Ermittlung psychischer Fehlbelastungen am Arbeitsplatz und zu Möglichkeiten der Prävention	Juni 2002
29	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten	September 2002
30	Arbeitszeitgestaltung in Krankenhäusern – Neufassung 2009	Juni 2009
31	Handlungsanleitung für die Arbeitsschutzverwaltungen der Länder zur Ermittlung psychischer Fehlbelastungen am Arbeitsplatz und zu Möglichkeiten der Prävention	Mai 2003
32	Kunststoffverwertung – Umgang mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Oktober 2004
33	Grundsätze der Behördlichen Systemkontrolle	Juli 2003
34	Gegen Mobbing – Handlungsanleitung für die Arbeitsschutzverwaltungen der Länder	September 2003
35	Leitlinien zur Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) <i>(3. überarbeitete Auflage)</i>	August 2008

Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI)
LASI-Veröffentlichungen (LV)

36	Handlungsanleitung für die Ausführung der Marktüberwachung in Deutschland (2. überarbeitete Auflage)	November 2008
37	Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten (2. überarbeitete Auflage)	Juni 2011
38	Handlungsanleitung für die Beurteilung von Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre für die Arbeitsschutzverwaltungen der Länder	April 2005
39	Reinigung und Innenprüfung von Heizölverbrauchertanks	Mai 2005
40	Leitlinien zur Arbeitsstättenverordnung	März 2009
41	Handlungsanleitung zur Beleuchtung von Arbeitsstätten Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Tageslicht in Gebäuden, künstliches Licht in Gebäuden und im Freien, Sicherheitsbeleuchtung (wurde bisher nicht gedruckt)	Februar 2005
42	Handlungsanleitung „Schutzmaßnahmen zur Minimierung der Gefahrstoffexposition beim Schutzgasschweißen“	September 2005
43	Handlungsanleitung „Spritzlackieren von Hand bei der Holzbe- und -verarbeitung“	September 2005
44	Handlungsanleitung zur Beurteilung von überwachungsbedürftigen Anlagen nach § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 Betriebssicherheitsverordnung für entzündliche wasserlösliche Flüssigkeiten	März 2006
45	Leitlinien zur Gefahrstoffverordnung (2. überarbeitete Auflage)	September 2008
46	Leitlinien zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (2. überarbeitete Auflage)	September 2007
47	Anforderungen an Anlagen für bioethanolhaltige Kraftstoffe	März 2007
48	Buß- und Verwarnungsgeldkataloge zum Fahrpersonalrecht	August 2008
49	Qualität der gutachterlichen Äußerung im Rahmen des Erlaubnisverfahrens nach § 13 Betriebssicherheitsverordnung	August 2008
50	Bewegungsergonomische Gestaltung von andauernder Steharbeit - Eine Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen	März 2009
51	Handlungsanleitung für die Umsetzung der REACH-Verordnung im Arbeitsschutz	März 2009
52	Integration psychischer Fehlbelastungen in die Beratungs- und Überwachungspraxis der Arbeitsschutzbehörden der Länder	Oktober 2009
53	Handlungsanleitung für die Marktüberwachung im Bereich 11. GPSGV - Hinweise für die Beteiligten am Marktgeschehen	Juni 2010
54	Grundsätze der behördlichen Systemkontrolle	März 2011