

Insekten wirkt, sondern auch gegen Pilze und Bakterien, ist dieser Wirkstoff auch in vielen großflächig zu verwendenden Klebstoffen enthalten, die in feuchten Neubauten verarbeitet werden: u.a. in Klebstoffen für Tapeten, Teppichböden, Parkett- und Holzfußböden.

Wenn dann noch üblicherweise hohe Anteile krebs- und erbgutverändernder Lösemittel in der Klebstoffmischung enthalten sind, kann sich eine seriöse Aussage zur Gewichtung des gesundheitlichen Risikos von Klebstoffen nur noch auf die lapidare Feststellung beschränken: Die gesundheitlichen Risiken großflächig in Innenräumen verarbeiteter Klebstoffe sind weder vorhersehbar noch abgrenzbar!

Die übliche Praxis der Kennzeichnung von Inhaltsstoffen in Klebern (oder besser gesagt: der Nicht-Kennzeichnung) sollte Anlaß genug sein, keine Klebstoffe zu kaufen, bei denen nicht sämtliche Inhaltsstoffe genannt werden. Man muß andernfalls davon ausgehen, generell ein Risiko einzugehen, das nicht abschätzbar ist.

## Prophylaxe:\*

Wegen der möglichen Gesundheitsgefahren sollte auf die Verwendung lösemittelhaltiger Klebstoffe, Kontakt- und Reaktionskleber, sowie Sekundenkleber gänzlich verzichtet werden.

- Das gilt insbesondere für großflächige Verklebungen von Teppichen und Parkettböden mit lösemittelhaltigen Klebern oder formaldehyd- und isocyanathaltigen Kontakt- und Reaktionsklebstoffen.
- Kann nicht gänzlich auf diese Klebstoffe verzichtet werden, muß beim Kleben für ausreichende Lüftung gesorgt werden. Tuben und Dosen nach Gebrauch sofort wieder fest verschließen.
- Beim Arbeiten mit den Klebstoffen nicht rauchen, kein offenes Feuer und keine Elektrogeräte benutzen, da sich leicht entzündliche und explosionsfähige Lösemittelgemische bilden.
- Dispersionskleber sind zwar schadstoffärmer als die vorgenannten Kleber, können aber Konservierungsstoffe wie Formaldehyd und Fungizide enthalten.
- Die beste Alternative zu den vorgenannten Klebern sind die von Naturfarbenherstellern angebotenen Produkte, mit welchen sich alle im Haushalt und Heimwerkerbereich anfallenden Klebearbeiten sicher und gefahrlos durchführen lassen.

## Literatur:

IHG: Gift im Haus. 4/91

ROSE, W.-D.: Wohngifte, edition Wandlungen, Oldenburg (1984)

WODKA, R.M., JEONG, W.W.S.: Cardiac Effects of Inhaled Typewriter Correction Fluid. Ann. Int. Med. 110, 1: 91–92 (1989)

\* Quelle: Gift im Haus. IHG 4/91

## Gefährdung (HENSCHLER)

### a) Anorganische Fasern:

Für die meisten anorganischen Fasern wurde ein kanzerogenes Potenzial nachgewiesen. Aus Gründen des vorbeugenden Arbeitsschutzes werden daher alle hier nicht näher erläuterten anorganischen Faserstäube als krebverdächtig angesehen und in die Gruppe C3 eingeordnet.

#### Aluminiumoxid:

Aus Kanzerogenitätsstudien mit intrapleuraler Applikation an Ratten ergeben sich eindeutige Hinweise auf ein krebs erzeugendes Potenzial von Aluminiumoxidfasern. Daraus ergibt sich eine Handhabung wie für andere Fasern, die in Gruppe C2 eingestuft wurden.

#### Calcium-Natrium-Metaphosphat:

Für diesen Fasertyp liegen nur Ergebnisse mit sehr geringem kritischen Faser-Anteil vor. Wegen der unzureichenden Datenlage ist eine Bewertung des kanzerogenen Potenzials derzeit nicht möglich.

#### Gips:

Negative Befunde im Tierversuch wie auch die Eigenschaft der Gipsfasern, sich in wässrigem Milieu aufzulösen, spricht gegen eine kanzerogene Wirkung dieser Fasern. Der MAK-Wert für Feinstaub bleibt daher bestehen.

#### Dawsonit:

Die Einstufung in die Gruppe C2 erfolgte auf Grund von Kanzerogenitätsstudien mit intrapleuraler Applikation, die eindeutige Hinweise auf ein kanzerogenes Potenzial dieser Fasern liefern.

### b) Glasfasern:

Unter den künstlichen Mineralfasern sind die Glasfasern am besten untersucht. In epidemiologischen Studien ergaben sich bei der Produktion textiler Glasfasern keine erhöhten Risiken, wohl aber für die Beschäftigten in der Produktion von Glaswolle. Jedoch konnten weder für Glasfasern noch für Glaswolle auf Grund von überlagerten sozioökologischen Faktoren eindeutig erhöhte Risiken nachgewiesen werden. Tierversuche mit intratrachealer, intraperitonealer und intrapleuraler Applikation lassen ein kanzerogenes Potenzial von Glasfasern erkennen. Glasfasern zeigen in geeigneten Testsystemen auch zelltransformierende und gentoxische Aktivität. Aus der Gesamtheit aller Befunde ergeben sich eindeutige Hinweise auf ein kanzerogenes Potenzial von Glasfasern im Tierversuch.

### c) Halloysit:

Proben alveolengängiger kurzfasriger Halloysitfasern (ohne Stanton-Fasern), die aus der Trinkwasserversorgung von Hongkong stammten, führten im Intrapleuraltest bei hohen Dosierungen kritischer Fasern zu schwach erhöhten Tumorzinzenzen. Da jedoch Reinheitsuntersuchungen fehlen, ist eine eindeutige Aussage über die kanzerogene Aktivität nicht gegeben.

### d) Kaliumtitanat:

Bei inhalativer, intraperitonealer und intrapleuraler Applikation wiesen Kaliumtitanatfasern eine krebs erzeugende Wirkung im Tierversuch auf. In vitro führte eine Probe Kaliumtitanatfasern bei Mäusefibroblasten nicht zu DNS-Strangbrüchen, aber zu einer schwach erhöhten Zelltransformationsrate.

### e) Keramikfasern:

In Inhalationsversuchen und Experimenten mit intraperitonealer Applikation erwiesen sich verschiedene Keramikfasern aus Aluminiumsilikat, Kaolin und Zirkon an Ratten und Hamstern als kanzerogen, so dass der gesamten Gruppe ein krebs erzeugendes Potenzial zuzuschreiben ist. Bei Ratten wurden sowohl Lungentumoren als auch Mesotheliome, bei Hamstern Mesotheliome gefunden. In einer Untersuchung traten zusätzlich auch maligne Histozytome auf. Hitzebehandelte Keramikfasern ergaben geringere Tumorzinzenzen als entsprechende unbehandelte Fasern.

### f) Magnesium-Oxid-Sulfat:

unzureichende Datenlage

#### Nemalith/Brucit:

ist häufig mit Chrytosil verunreinigt, daher unklare Datenlage.

#### Schlackenwolle:

in epidemiologischen Studien häufig gleichzeitiges Auftreten von Schlackenwolle und Anwesenheit von aromatischen Kohlenwasserstoffen, u.a. Benzpyren. Das beobachtete zweifach erhöhte Lungenkrebsrisiko

ist somit nicht eindeutig auf die Schlackenwolle zurückzuführen. In Inhalationsversuchen mit Ratten und Goldhamstern wurden keine Tumoren nachgewiesen, jedoch wurden nur sehr geringe Faserkonzentrationen in der Lunge gemessen. Daher kann das kanzerogene Potenzial von Schlackenwolle auf Grund der unzureichenden Datenbasis bisher nicht bewertet werden.

Sepiolith:

unzureichende Datenlage

SiC:

Bei intratrachealer und intraperitonealer bzw. intrapleuraler Applikation zeigten zwei Proben von SiC-Whiskern eine starke, dosisabhängige Erhöhung der Tumorzinzenzen bei Ratten. SiC-Fasern besitzen eine hohe kanzerogene Potenz, da erhöhte Tumorzinzenzen bereits in Gegenwart geringer Zahlen kritischer Fasern beobachtet wurden. Eine Probe zeigte in vitro zelltransformierende Aktivität bei Zwerchfell-mesothelzellen der Ratte und Lungeneithelzellen des Hamsters.

Steinwolle:

Aus Untersuchungen mit intraperitonealer Applikation ergeben sich deutliche Hinweise, dass Steinwollefasern offensichtlich erhebliche kanzerogene Potenz aufweisen können, ansonsten unzureichende Datenbasis.

Wollastonit:

Zahlreiche negative Befunde in Tierversuchen stehen in Einklang mit der geringen Beständigkeit der Wollastonit-Fasern. Daher ist es wahrscheinlich, dass kein kanzerogenes Potenzial besteht. Es muss noch geprüft werden, ob für Wollastonit-Fasern ein MAK-Wert aufgestellt werden kann.

### Gentoxizität und Zelltransformation

Auch hier kommt der Fasergestalt eine wesentliche Bedeutung zu. In verschiedenen Testsystemen waren numerische und strukturelle Chromosomenveränderungen nachweisbar, während es für Punktmutationen keine eindeutigen Hinweise gibt.

## Therapie und Diagnostik

Eine vollständige Übertragung des gegenwärtigen theoretischen Wissens auf Maßnahmen zur einheitlichen, wirkungsbezogenen Messung von Stäuben im Rahmen des technischen Arbeitsschutzes ist derzeit nicht möglich. Gründe hierfür sind die individuellen Streubreiten der abgelagerten Primärpartikel in den Atemwegsregionen und die z.T. unbefriedigenden Kenntnisse über ihre Wirkungsmechanismen. Auch sind die messtechnischen Voraussetzungen teilweise noch unzureichend (MAK-Werte-Liste).

### Erste Hilfe

Nach Einatmen erkennbarer Staubmengen den Verletzten an die frische Luft bringen, benetzte Kleidungsstücke entfernen, betroffene Körperteile mit Wasser und Seife gründlich reinigen. Inhalationen, Sauerstoffbeatmung, Bronchodilatoren und Antibiotika können das Krankheitsbild vorübergehend verbessern. Überwachungsuntersuchung nach dem BG-Grundsatz G 1.2.

## Prophylaxe

Der Faserstaub kann nur dort in die Luft geraten, wo mit den Mineralfasern gearbeitet wird – etwa bei Arbeitern in der Herstellung oder im Vertrieb. Beim Einbau von Dämmplatten aus Mineralfasern sollte der Raum gut gelüftet werden, damit die Konzentration der winzigen Fasern in der Luft möglichst gering bleibt. Aufwirbeln von Staub sollte vermieden werden – also lieber staubsaugen als kehren; die Dämmplatten mit einem Messer schneiden und keine Säge verwenden. Bei Abbrucharbeiten sollten vorhandene Dämmstoffe befeuchtet werden. Feinstaubmasken sind nach Auskunft der Fachvereinigung Mineralfaserindustrie beim Abbruch von Mineralfaser-Dämmstoffen notwendig, die Temperaturen über 200 °C ausgesetzt waren, und bei Arbeiten in engen, nicht belüfteten Räumen.

Wer bei Neubauten dennoch lieber ein anderes Material anwenden will, kann zum Beispiel Zellulose-dämmstoff, Wolle oder Korkplatten nehmen (top medizin 8, 1994).

Die Belastung durch Tabakrauch ist umgekehrt proportional zur Luftwechselrate des Raumes (REPACE). Eine weitere Quelle stellen Putz- und Reinigungsmittel dar. Außer der Möglichkeit einer Schadstoff-Freisetzung, wie sie z. B. bei unsachgemäßem Gebrauch von Sanitärreinigern auftreten kann, sind in einigen Reinigern aromatische und chlorierte Kohlenwasserstoffe enthalten, die zu einer erhöhten Belastung führen (GRIESHAMMER, PIETRULLA). Als sehr bedenklich sind alle Reiniger einzustufen, die in Form von Sprays eingesetzt werden, so z. B. Lederimprägniermittel, Backofensprays oder Fleckentferner. Bei dem Einsatz von solchen Mitteln kann es leicht zu Vergiftungsfällen kommen, wie das Beispiel Lederimprägniersprays zeigt. Es kommt dann beim Versprühen zu einer erheblichen Lösemittel-Freisetzung, wobei diese dann sofort über die Lunge inkorporiert werden können.

Eine bedeutende Quelle für Xenobiotika (für ein ökologisches System fremde Substanzen) sind Stoffe, welche bei der Renovierung von Wohnungen in die Innenräume verbracht werden und dort durch eine kontinuierliche Abgabe zu einer Langzeitbelastung führen können. Das sind zum einen Restmonomere oder Depolymerisationsprodukte aus Polymerisaten, wie z. B. Diisozyanate, die in den verschiedenen Dämmaterialien, aber auch als Polstermaterialien in Möbeln vorkommen. Daß hierbei gesundheitliche Beeinträchtigungen auftreten können, zeigen Untersuchungen von Arbeitern, die mit diesen Werkstoffen Kontakt hatten (DALLY).

Als Innenraumproblem noch immer nicht ganz aus der Welt ist Formaldehyd. Bereits in den siebziger Jahren war diese Substanz wegen ihrer reizenden und allergisierenden Wirkung bei direktem Hautkontakt ins Gerede gekommen. Hauptsächliches Einsatzgebiet von Formaldehyd sind Aminoplaste, die als Bindemittel bei der Produktion von Spanplatten dienen. Vor allem diese Holzwerkstoffe sind als Quelle für die Belastung der Raumluft anzusehen. Man verwendet sie gern in der Möbeltischlerei, aber auch beim Bau von Häusern, vor allem Fertighäusern.

In Berlin wurde im Rahmen eines vom Senat geförderten Projektes die Formaldehydbelastung von Fertighäusern ermittelt. Ergebnis: Bei fast einem Viertel dieser Gebäude lag die Konzentration über dem seit 1986 in der Gefahrstoffverordnung festgelegten Grenzwert von 0,1 ppm (parts per million). Allerdings, Fertighäuser jüngerer Datums schnitten relativ gut ab. Der Grund: Die Hersteller sind in der letzten Zeit zunehmend von Spanplatten auf andere Baustoffe, vor allem Gipswertstoffplatten, umgestiegen.

Weniger dazugelernt haben dagegen manche Möbelbauer. 1993 wurden die „Billy“-Regale der Firma Ikea als Formaldehydquelle dingfest gemacht. Die Regale waren mit säurehärtenden (SH) Lacken behandelt worden, Anstriche, die wegen ihrer guten Pflegeeigenschaft sehr beliebt sind. Die Lacke kondensieren auf den Möbeln zu Formaldehydharzen und geben anschließend noch mindestens vier Wochen lang größere Mengen Formaldehyd ab. Erst danach sinkt die Konzentration unter die erlaubten 0,1 ppm. Immer wieder kommt es im Zusammenhang mit SH-Lacken bei den verschiedensten Herstellern zu Reklamationen. Dabei wäre es ganz einfach, dem Verbraucher die Reizgasbelastung zu ersparen: Etwa vierstündiges Erwärmen auf 60 Grad Celsius (Ausbacken) genügt. Formaldehyd gast unter diesen Bedingungen sehr schnell aus.

Noch völlig ungelöst sind die Probleme der Innenraumbelastung mit polychlorierten Biphenylen (PCB). Es handelt sich dabei um Altlasten aus den 60er und 70er Jahren. PCB-haltige Dichtungsmassen und Akustikdecken wurden damals vor allem in Schulen und Büroräumen eingesetzt. In den neuen Bundesländern sind auch die in Plattenbauweise errichteten Wohnblocks hoch belastet. Bisher gibt es für die Sanierung solcher Bauten keinerlei Richtlinien oder gar klare Grenzwerte. Bislang sind Sanierungsvorhaben eher die Ausnahme. Meist ist noch nicht einmal die Anzahl der verseuchten Gebäude bekannt.

Der Bereich Farben, Lacke, Klebstoffe und Holzschutzmittel stellt besonders für organische Kohlenwasserstoffe und Chlorkohlenwasserstoffe eine erhebliche Emissionsquelle dar. Da auch noch in Holzschutzmitteln und diversen anderen Mitteln Lösemittel enthalten sind, dürfte die Belastung nach Schätzung des Umweltbundesamtes 200 000 Tonnen pro Jahr betragen.

Die Innenraumkonzentrationen sind kurz nach Anwendung sehr hoch, da die Lacke und Farben sehr großflächig ausgebracht werden. Die Lösemittelkonzentration liegt noch nach 24 Stunden bei 60–70 % der Anfangskonzentration (HANTSCHKE).

Als Inhaltsstoffe der häufig verwendeten Lösemittel läßt sich eine sehr große Palette verschiedenster Verbindungen ausmachen. Es sind verschiedene Alkohole, Aceton, Methyläthylketon, verschiedene Acetate, aber auch Xylole, Toluol, verschiedene Benzinkomponenten und Dichlormethan, Perchloräthylen, Trichlorethylen und 1,1,1-Trichlorethan. Auch bei Untersuchungen von realen Raumluftproben ließen sich einige der genannten Verbindungen identifizieren (ULRICH).

Als Quelle für diese flüchtigen organischen Verbindungen kommen mittlerweile nahezu alle Materialien in

Frage, die in modernen Bauten Verwendung finden. Auch bisher emissionsarme Materialien wie Bausteine, Mörtel und andere Konstruktionselemente enthalten heute kunststoff- und lösemittelhaltige Zuschlagstoffe.

Die Palette reicht weiter über Wandverkleidungen, Bodenbeläge, Isolationsmaterialien, Möbel, Farben, Lacke und Lösemittel für den Innenausbau.

Nahezu sämtliche Hobby- und Heimwerkermaterialien enthalten unbekanntes Zusammensetzungen aus den oben genannten Verbindungsklassen.

Weiterhin werden durch Reinigungs- und Pflegemittel sowie Kosmetika, Desinfektionsmittel, Pflanzenschutzmittel und Tabakrauch ständig weitere flüchtige organische Verbindungen (Volatil Organic Compounds VOC) eingebracht.

Ein wesentlicher Träger von VOC sind z. B. Teppichböden. 1988 wurden allein in den alten Bundesländern über 237 Millionen Quadratmeter Teppichboden verkauft. Dies sind etwa 4 Quadratmeter pro Einwohner.

Ein paar Beispiele für die genannten Materialien und Gebrauchsmittel im Haushalt mögen die Vielfalt der enthaltenen chemischen Stoffe repräsentieren:

Reinigungsmittel: Heptan, Undecan, Nonan, Decan, Limonen, p-Cymen, a-Pinen.

Bodenwachs: 1,4-Diethylbenzol, Butylbenzol, Decan, 1,2,5-Trimethylbenzol, 1-Nonen, Ethylbenzol, Xylole, Limonen.

gefärbte Tapete: Aceton, Hexanal, Toluol, 1,2-Propandiol, 2-Butoxyethanol, Limonen, Texanol®, Formaldehyd.

Nylon-Teppichboden mit Kautschuk-Rückenbeschichtung: Undecan, Aceton, Hexanal, Toluol, 1,3-Diisopropylbenzol, 1,4-Diisopropylbenzol, Limonen, Isodecen, Formaldehyd.

Ein weiteres Problem stellen die verstärkten Wärme- und Schallsisolierungen der Wohn- und Arbeitsräume dar. Bis zur Jahrtausendwende sollen bundesweit weitere 30 % der Gesamtemissionen reduziert werden. Im Zuge dessen werden weitere Wärmedämmungen das schon bestehende Problem verstärken.

Ein besonderes hygienisches Problem stellt der Einsatz von Pestiziden in Innenräumen dar. Dies geschieht zum einen bei der Verwendung von Entwesungsmitteln bei der Schädlingsbekämpfung und weiterhin beim Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln an Zimmerpflanzen (HOFFMANN).

Ein sehr großes Gebiet ist die Verwendung von Fungiziden und Insektiziden bei der Behandlung von Dämmstoffen, befallenen Wänden, in Putzmaterialien (besonders für Feuchträume) und vor allem im Holzschutz.

Die von professionellen Kammerjägern ausgebrachten Insektizide stellen wohl kein sehr großes hygienisches Problem dar, da diese Personen so ausgebildet sind, daß sie die behandelten Räume erst freigeben, wenn keine Gefahr mehr für Personen besteht. Anders ist es mit selbst eingesetzten Insektiziden. Hier kann es bei ungenügender Lüftung schon zu erhöhten Konzentrationen kommen. So konnte bei dem Einsatz von Insektenstrips eine Dichlorphos-Konzentration von etwa  $0,1 \text{ mg/m}^3$  Raumluft vorausgesagt werden (GILLET). Diese liegt zwar noch unterhalb des vom Bundesgesundheitsamt vorgeschlagenen Grenzwertes, jedoch könnte diese Konzentration für Babies oder Kranke noch zu hoch sein. Auch zeigen Untersuchungen von SAGNER und SCHÖNDUBE, daß die Konzentration von Dichlorphos nach einer Anwendung von Insektensprays etwa  $2,3 \text{ mg/m}^3$  Luft beträgt, und nur durch starkes und längeres Lüften, dann aber auch erst nach 1 Stunde, unterhalb des BGA-Grenzwertes gefallen sind. Findet keine Lüftung statt, so können die Konzentrationen noch nach 24 Stunden oberhalb des Grenzwertes liegen. Wie aus diesen Versuchsreihen zu erkennen ist, spielt die Möblierung der Räume eine entscheidende Rolle, da in unmöblierten Räumen die Konzentration schneller unter den Grenzwert fällt. Bei möblierten Räumen kommt es wahrscheinlich zu einer verlangsamten Freisetzung des Wirkstoffs nach Adsorption an Materialien (SAGNER).

Als angeblich unbedenkliche Mittel für die Insektenbekämpfung in Wohnräumen werden den Verbrauchern Pyrethroide angeboten. Sie sind synthetische Nachfahren des Pyrethrums, einer Substanz, die aus bestimmten Chrysanthemenarten gewonnen wird und zu den ältesten Insektiziden der Welt gehört. Pyrethrum ist zwar gut wirksam, aber sehr unbeständig. Also schuf die chemische Industrie Mitte der 70er Jahre abgewandelte und daher langlebigere Varianten. Deren größere Stabilität bringt zwar Vorteile für die Anwendung, macht sie aber auch für den Menschen gefährlicher. Die US-amerikanische Umweltbehörde (EPA) hat sämtliche Pyrethroide gemeinsam mit anderen Pestiziden in einer „Inerts of significant toxicological concern-List 1“ zusammengefaßt. Alle Stoffe dieser Gruppe wurden als eindeutig giftig, zum Teil krebserregend und ökologisch bedenklich eingestuft.

Häufige Ursachen für die Belastung von Innenräumen sind regelmäßig eingesetzte Insektensprays, aber auch die mit Wirkstoff getränkten Strips gegen Fliegen und Motten. Oftmals haben die Betroffenen gar

Tab. 2: Durchschnittskonzentrationen flüchtiger organischer Substanzen in Luftproben und Proben der ausatmeten Luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in New Jersey (nach WALLACE et al.)

Chem. Substanz	Herbst 1981			Sommer 1982			Winter 1983		
	Innen- raumluft (personen- bezogen) (N=344)	Außenluft (N=86)	Atemluft (N=322)	Innen- raumluft (personen- bezogen) (N=148)	Außenluft (N=60)	Atemluft (N=110)	Innen- raumluft (personen- bezogen) (N=48)	Außenluft (N=8)	Atemluft (N=48)
Benzol	16	7,2	1,2	– <sup>b</sup>	–	–	–	–	–
Chloroform	3,2	0,63	1,8	0,82	0,10	2,3	2,2	0,06	0,07 <sup>c</sup>
p-Dichlorbenzol	3,6	1,0	1,3	2,8	1,1	1,3	5,0	0,68	1,2
Ethylbenzol	7,1	3,0	2,9	4,6	2,2	1,7	6,8	4,0	1,3
Styrol	1,9	0,66	0,79	1,3	0,38	0,75	1,5	0,57	0,24
Tetrachlorethylen	7,4	3,1	6,8	5,7	2,6	4,1	8,2	4,6	4,5
Tetrachlorkohlenstoff	1,5	0,87	0,69	0,85	0,68	0,17	–	–	–
1,1,1-Trichlorethan	17 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>	6,6	9,3	5,1	5,2	22	1,4	2,3
Trichlorethylen	2,4	1,4	0,88	2,8	0,8	0,14	1,6	0,35	0,12
m,p-Xylol	16	9,0	6,4	13	10	3,2	22	10	3,0
o-Xylol	5,4	3,0	2,2	5,2	3,6	1,0	8,0	3,4	1,0

<sup>a)</sup> Durchschnittl. Konzentration während Tag und Nacht<sup>b)</sup> Daten ungesichert<sup>c)</sup> Nicht nachgewiesen – Konzentration ist Hälfte der Nachweisgrenze

keine Ahnung von einer Schadstoffbelastung, wenn sie beispielsweise einen gegen Motten mit Pyrethroiden behandelten Teppich auslegen (Handelsnamen: Eulan, Mitin).

Der Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln ist wohl vor allem im Hausgarten zu suchen, so daß die Verwendung in Innenräumen vernachlässigbar bleibt.

Ein wesentliches Problem stellt sich auch bei dem Einsatz von Holzschutzmitteln in Innenräumen, die sowohl Fungizide gegen Pilzbefall als auch Insektizide gegen Schadinsekten enthalten. Bei den eingesetzten Chemikalien gibt es zunächst zwei verschiedene Gruppen. Einerseits die salzhaltigen Mittel, es sind vor allem Chromat-, Fluorid-, Arsenat-, Borat- und Kupfer-Salze in den unterschiedlichsten Zusammensetzungen (GRIESSHAMMER, LEISSE). Diese Mittel können bei Regen ausgewaschen werden, so daß man sie meist für Dachstühle benutzt, wo die Gefahr der Auswaschung geringer ist. Eine Alternative ist hierbei der Einsatz von Salzen, die durch chemische Reaktion im Holz fixiert werden und dann nur noch zum Teil auswaschbar sind. Zum Zweiten werden lösemittelhaltige und ölige Holzschutzmittel verwendet. Zunächst ist hier das bekannte Teerölpräparat Carbolineum zu nennen, das besonders bei Holz im Außenbereich, wie z. B. Eisenbahnschwellen, verwendet wird.

Aus Haltbarkeitsgründen und nicht zuletzt auch aus Farbgebungsgründen wurde in den siebziger und achtziger Jahren vermehrt große Holzflächen, vor allem in Eigenheimen, mit Holzschutzmitteln auf der Basis von Lösemitteln gestrichen. Diese haben einen besonders guten Beizeffekt, so daß bei Hölzern jede beliebige und auch transparente Farbgebung möglich ist.

Die enthaltenen Wirkstoffe in Holzschutzmitteln waren größtenteils Lindan als Insektizid und zu 90 % Pentachlorphenol als Fungizid. Daneben sind auch Endosulfan, Fumcyclohex, Chlorthalonil, Dichlofluanid, Carbendazim, Ethylparathion, Baycarb, Phoxim, Phenylquecksilberverbindungen und auch Tributylzinverbindungen in Holzschutzmitteln enthalten.

Anzumerken ist, daß durch eine freiwillige Selbstbeschränkung der Industrie seit 1986 und das Verbot 1989 fast alle PCP-haltigen Holzschutzmittel für den Heimwerkerbereich aus dem Verkehr gezogen wurden, jedoch ist die Belastung mit Pentachlorphenol und Lindan, durch die vielen „Altlasten“, immer noch vorhanden.

Bislang noch wenig bekannt sind auch die von dem weitverbreiteten Kunststoff PVC (Polyvinylchlorid) ausgehenden Gesundheitsgefahren. Die Bundesrepublik liegt mit einem jährlichen Pro-Kopf-Verbrauch von gut 16 Kilogramm an der Weltspitze. Etwa 50 Prozent der PVC-Erzeugnisse werden im Baubereich verwendet und galten im allgemeinen als relativ harmlose Produkte. Sie bestehen jedoch oft noch nicht einmal zur Hälfte aus PVC. Den Rest machen Zusatzstoffe aus, allen voran die Weichmacher. Diese Chemikalien mischt man dem Kunststoff bei, um ihn flexibler und dehnbarer zu machen. Am häufigsten kommen sogenannte Phthalate zum Einsatz. Toxikologisch sind nur wenige von ihnen ausreichend untersucht. Es besteht der Verdacht auf Schädigung des Zentralnervensystems und der Immunabwehr. Das mit etwa 65 Prozent an der gesamten Phthalatproduktion beteiligte Di-2-(ethylhexyl-)-phthalat (DEHF) wurde von der amerikanischen EPA als wahrscheinlich für den Menschen krebserregend eingestuft.

Die Anwendungspalette für Weich-PVC reicht von Fußbodenbelägen, Tapeten, Tür- und Fensterdichtungen bis hin zu Klebefolien und Duschvorhängen. Gesetzliche Regelungen für Weichmacher gibt es bislang kaum. Lediglich für DEHP existiert ein MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) von zehn Milligramm pro Kubikmeter. Im Bundesimmissionschutzgesetz und der Gefahrstoffverordnung sind Weichmacher nicht aufgeführt.

Die Belastung der Innenraumluft stellt jedoch nicht nur in Wohn-, sondern vor allem auch in Büroräumen ein großes Problem dar. Die größten Risikofaktoren für Erkrankungen am Arbeitsplatz beruhen auf Altlasten aus den 60er und 70er Jahren. Damals wurden so gefährliche Stoffe wie das krebserregende Asbest und polychlorierte Biphenyle (PCB) verwendet. Auch die vielen Büroartikel, denen Lösemittel zugesetzt werden, dürfen nicht unterschätzt werden. Dazu gehören Filzschreiber, Marker, Klebstoffe und Korrekturflüssigkeit. Der Chemiker und Umweltgiftexperte Dr. Wolfgang ECKRICH warnt vor Laserdruckern und Kopiergeräten, die sich in Räumen befinden, in denen Menschen arbeiten. Sie produzieren außer großen Mengen Ozon, das zu Reizungen der Atemwege und Kopfschmerzen führe, auch Ruß, der für Krankheitsbilder wie Lungenkarzinome verantwortlich gemacht wird. Für ein Büro ohne Gift müßte der Weg „weg von den Chemikalien“ führen: Unbehandeltes Vollholz statt Plastik, natürliche Gewebe statt Chemiefaser, Metall und Glas statt Hartplastik. (Med. Trib 5, 1991)

Spätestens nachdem 1982 die WHO das „Sick Building-Syndrome“ in ihren umfangreichen Katalog dessen, was uns im Alltagsleben zermürbt und schließlich kränkeln läßt, aufgenommen hat, sind Vertreter

der forschenden Medizin darangegangen, seine Ursachen wissenschaftlich zu objektivieren. In einigen Fällen wurden sie auch fündig, konnten allergisierende Eigenschaften mancher Bau-, Einrichtungs- und Arbeitsmaterialien wie auch organische Allergene (zum Beispiel Schimmelpilze in zu feuchten Gebäuden) dokumentiert werden. (Neue Ärztliche, 20.12.90)

#### Klimaanlagen\*

Aus Klimaanlagen können Ruß, Asche, Humus, Sand, Fasern, tierisches und pflanzliches Material wie Schimmel, Bakterien, Viren, Pollen, industrielle Schadstoffe, Abgase, Ozon (als Schub aus elektrostatischen Filtern, besonders nach vorübergehender Stilllegung der Anlage und Weiterbetrieb der Filter) in die Innenraumluft eingetragen werden. Belastungen können durch Biozide entstehen, die den Anlagen zugesetzt wurden, um das Wachstum von Mikroorganismen in und an feuchten Stellen (Kühlwasserschlangen, Befeuchterkammern u. ä.) zu verhindern. (In den Befeuchterkammern wird Wasser gegen oder von oben auf den angewärmten Luftstrom gesprüht. Nicht aufgenommenes Wasser wird aufgesammelt und erneut dem Kreislauf zugeführt. Dieser Bereich bietet Mikroorganismen ideale Wachstumsmöglichkeiten. Anstelle gründlicher mechanischer Reinigung werden häufig Biozide im Stoßverfahren mehrmals während der Woche zugesetzt und gelangen so in die Innenräume und werden über die Atmung aufgenommen.) Nach einer Studie (ROSSKAMP, 1990, SEIFERT, 1991) des Bundesgesundheitsamtes sind die meisten der auf dem Markt befindlichen Biozide für diese Aufgabe wenig geeignet.

1.) Es ist bekannt, daß einige Biozide (z.B. Isothiazolone) allergisierend wirken können (ROSSKAMP, 1990, SEIFERT, 1991, SCHULZ, 1990).

2.) Als problematisch ist anzusehen, daß allein der Biozid-Hersteller die gesundheitliche Unbedenklichkeit bescheinigt. Eingehende Untersuchungen über Langzeitwirkungen und inhalative Toxizitäten fehlen im allgemeinen.

Verringerungen und/oder Abschwächungen von gesundheitlichen Beeinträchtigungen werden nach Erhöhung des Frischluftanteils und der Luftzufuhr in klimatisierten Räumen berichtet. Z. T. gelingt es dadurch Beschwerden auslösende Substanzen u. U. unter die Reizschwelle zu verdünnen, so daß zumindest vorübergehend Besserungen der Krankheits Symptome auftreten können.

In den USA sind derzeitige Versuche im Gange, bei denen den Klimaanlagen Aroma- und Duftstoffe zur „Luftqualitätsverbesserung“ zugesetzt werden. Davon ist dringendst abzuraten; nicht nur aus Gründen möglicher Allergisierungen, sondern auch, weil minderwertige Luft (gebrauchter Luftanteil) „geschönt“ werden kann.

Nicht nur in klimatisierten Räumen bzw. in Räumen, die mit einer raumlufttechnischen Anlage versehen sind, treten durch SBS (Sick Building Syndrome) verursachte Gesundheitsprobleme auf. Nahezu alles, was wir benutzen, sondert feste Partikel oder Gase ab. Der Fall ist besonders gravierend, wenn es sich um *neue* Gegenstände handelt.

Häufig verursachen Reinigungsmittel Schleimhaut-/Hautreizungen, Hautrötungen usw. Bei Reinigungsvorgängen spielen jedoch nicht nur die Reinigungsmittel selbst eine Rolle, die als inhalierbare Aerosole lange Zeit im Raum schweben können, sondern auch der Staub bzw. an den Staub angelagerte Schadstoffpartikel können zu Beeinträchtigungen führen. Bei Reinigungsvorgängen wie Staubsaugen und Fegen kann u. U. daher zwar der Anteil größerer Partikel vermindert werden. Dafür besteht aber die Gefahr, daß erheblich mehr kleinere Partikel aufsteigen und bedingt durch ihre längere Verweildauer in der Luft verstärkt den Atemtrakt belasten und in die Alveolen gelangen. Dies kann vor allem bei Kindern (besonders Kleinkinder, bedingt durch den bodennahen Aufenthalt) zu erheblicher Belastung führen, da sie empfindlicher als Erwachsene reagieren. So konnte erstmals durch eine wissenschaftliche Studie gezeigt werden, daß das Inhalationsrisiko bei Kindern deutlich größer als bei Erwachsenen ist, da die Depositionsrate (gemessen über Modellaerosole) im Atemtrakt bei Kindern um den Faktor 1,6 erhöht ist (HLAWA et al., 1991).

Der Einsatz von Reinigungs- und/oder Lösemitteln, die z. T. toxische Wirkungen enthalten können, erfolgt nicht nur am Arbeitsplatz, sondern auch in der Wohnung, im Keller oder Hobbyraum.

Somit stellen Gebäude allein schon durch die Vielzahl der möglichen freiwerdenden Schadstoffe beim Arbeiten in Innenräumen äußerst „komplexe Umwelten“ dar, die durch ausgasende Schadstoffe aus Wänden (Isoliermaterial, Flammschutzmittel), Wandmaterialien (Tapeten, Farben, Kunststoffbeschichtungen), Böden (Biozide im Teppichboden, Restmonomere aus Kunststoffbelägen), Bildschirmgeräten (Restmonomere, Flammschutzmittel) noch weiter kompliziert werden können, da diese Schadstoffe unterschiedlich festgehalten und konzentriert werden sowie freigesetzt werden können.

\* Quelle: GAGELMANN, M., FONFARA, J.J.: Sick Building Syndrome. Klin. Lab 9/92



Tab. 3: Innenraum-Schadstoffe, ihre Herkunft und Wirkung auf den menschlichen Körper

Stoff	Vorkommen	Wirkung
Asbest	Baustoffe, Dachplatten, Blumenkästen, Fußbodenbeläge, Fliesenkleber	Reizhusten und Atemnot durch Einatmen, krebserregende Wirkung
Benzol	Farben, Lacke, Lackentferner, Klebstoffe, Abbeizmittel, Reinigungsmittel, Plastik	schädigt Atemtrakt und Leber, krebserregende Wirkung
Blei	Farben, Lacke, Wasserrohre, Autoabgase	Minderung der Intelligenz, Epilepsie, Gedächtnisschwund, Müdigkeit, Appetitlosigkeit, Kopfschmerzen, Hyperaktivität bei Kindern
Cadmium	Keramikglasuren, Pigmente, Kunststoffe (Plastikspielzeug, Wasserrohre), Kosmetika	Bluthochdruck, Nierenfunktionsstörungen, Enzymstörungen, Arteriosklerose, Kopfschmerzen, Reizung von Atemwegen und Schleimhäuten, Verdacht auf krebserregende Wirkung
Chlorbenzol	Lösemittel, Polituren, Pestizide	narkotische Wirkung, Schädigung von Leber, Nieren und Lunge
Chrom	Zement, Korrosionsschutzmittel, Pigmente, Gefrierschutzmittel, Imprägniermittel	Geschwüre, Rhinitis, Reizung von Augen Schleimhäuten, chron. Bronchitis, Enzymstörungen, krebserregende Wirkung
Dichlorethan	PVC, Fleckenwasser, Abbeizmittel, Lösemittel, Asphalt, Kautschuk	Kopfschmerzen, Bewußtlosigkeit, Schädigung von Leber, Nieren, Magen und Darm, krebserregende Wirkung
Dioxine	Holzschutzmittel, Tabak	Schädigung von Leber, Nieren und Magen
Epoxidharz	Klebstoffe, Betonbindemittel, Papier- und Textilveredelung, Leder	Kontaktallergie, Asthma
Ethyl-Benzol	Lösemittel	Reizung der Augen
Formaldehyd	Klebstoffe, Lacke, Spanplatten (Möbel), UF-Schaum, Desinfektions- und Konservierungsmittel, Leder, Kunststoffe, Tapeten, Teppiche, Isoliermaterialien, Tabakrauch, Textilien	Kopfschmerzen, Müdigkeit, Reizung von Schleimhäuten, Atemwegen und Augen, Gelenkschmerzen, Übelkeit, Lungenschäden, Verdacht auf krebserregende und mutagene Wirkung
Halogenierte Kohlenwasserstoffe	Seife, Deodorants, Hautpflegemittel, PVC, Reinigungsmittel	Schädigung von Leber und Nieren, Verdacht auf krebserregende Wirkung
Isocyanate	Klebstoffe, Lacke, Gummi, Polyurethan	Reizung von Schleimhäuten, Asthma
Isothiazolinon	Konservierungsmittel in Kosmetika	Kontaktallergie
Kaliumdichromat	Zement, Leder, Farben, Kleber	Kontaktallergie
Kobaltchlorid	Farben, Kunstharze, Korrosionsschutzmittel, Metall-Legierungen	Kontaktallergie
Kobaltsulfat	Metall-Legierungen, Farben	Kontaktallergie
Kohlendioxid	Heizung, Atmung	Kopfschmerzen, Schwindel, Bewußtlosigkeit, Pseudo-Krupp, Blutdruckanstieg

Tab. 3: Innenraum-Schadstoffe, ihre Herkunft und Wirkung auf den menschlichen Körper (Fortsetzung)

Stoff	Vorkommen	Wirkung
Kohlenmonoxid	Heizung, Auspuffabgase	Neuropsychische Störungen, Kreislaufstörungen, Herzrhythmusstörungen, Blockierung des Hämoglobins, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Schwindel, Konzentrationsstörungen, Sehstörungen
Kolophonium	Faxpapier	Kontaktallergie
Lindan	Holzschutzmittel, Insektengifte, Pflanzenschutzmittel	Kopfschmerzen, Atemlähmung, Reizung der Augen, Übelkeit, Schädigung von Leber und Nervensystem
Methylenchlorid	Abbeizmittel	Reizung der Haut
Nickel-(II)-Sulfat	Modeschmuck, Brillengestelle, Münzen, Werkzeug, Zahnprothesen	Kontaktallergie
Ozon	Laserdrucker, Kopierer	Reizung der Atemwege und Augen, Kopfschmerzen, Müdigkeit
Parabene	Konservierungsmittel in Pharmaka und Kosmetika	Kontaktallergie
Pentachlorphenol	Holzschutzmittel, Tapetenkleber, Lacke, Imprägniermittel	Knochenmarkschwund, Nierenschäden, Leberzirrhose
Perchlorethylen	Lösemittel, Textilreinigung	Schädigung von Leber und Nieren, Reizung von Augen und Schleimhäuten
Phenole	Insektengifte, Lösemittel, Desinfektionsmittel, Kunstharze, Leime, Farben	Kopfschmerzen, Schwindel, Sehstörungen, Reizung der Haut, Schädigung von Leber, Nieren, Bauchspeicheldrüse, Magen und Darm, des zentralen Nervensystems, des Immunsystems, Verdacht auf krebserregende und mutagene Wirkung
Phenylendiamin	Gummi, Farben	Kontaktallergie
Phosphorsäureester (E 605)	Weichmacher, Flammschutzmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel	Schwindel, Sehstörungen, Nervengift, Leberschäden, Leukozytose
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Imprägniermittel, Isoliermaterial, Elektrocondensatoren	Schädigung von Leber, Nieren und Milz, verursacht Chlorakne
Pyrethroide	Insektizide (z. B. Teppiche)	Nervengift
Quecksilber	Zahnfüllungen, Batterien, Kosmetika, Saatgut-Beizen, Leuchtstoff-Röhren, Imprägniermittel, Farben, Kopierertoner, Druckerschwärze	Schädigung von Gehirn und Nieren, Enzymstörungen, Allergie, Schlafstörungen, Angstgefühle, Konzentrationschwäche, Reizbarkeit, Sprachstörungen, Zittern
Radon	Granit- und Bimsstein, Schlacken, Chemiegips	Lungenkrebs
Schwefeldioxid	Heizung, Auspuff- und Industrieabgase	Reizung von Atemwegen, Augen und Schleimhäuten, Schädigung der Nieren

Tab. 3: Innenraum-Schadstoffe, ihre Herkunft und Wirkung auf den menschlichen Körper (Fortsetzung)

Stoff	Vorkommen	Wirkung
Styrol	Kunststoffe, Polystyrol, Klebstoffe, synthetischer Gummi, Dämmstoffe, Lebensmittelverpackung	narkotische Wirkung, Kopfschmerzen, Depressionen, Sehstörungen, Verhaltensstörungen, Müdigkeit, Reizung von Atemwegen und Augen, Verdacht auf krebserregende und mutagene Wirkung
Sulfonamide	Imprägniermittel (z. B. Wollteppiche), Arzneimittel	Verdauungsstörungen, Hämaturie, Allergien, Asthma, Photosensibilität, Nierenschäden
Tenside	Reinigungsmittel aller Art	Allergien
Terpentinölersatz	Lederpflegemittel, Lösemittel, Farben, Lacke	Reizung von Atemwegen, Schleimhäuten und Haut, Kopfschmerzen, narkotische Wirkung, Linsentrübung
Tetrachlorethylen	Reinigungsmittel, Fleckenwasser	Schädigung von Leber und Nieren
Tetrachlorkohlenstoff	Lösemittel, Bitumen, Reinigungsmittel, Fleckenwasser, Imprägniermittel	Kopfschmerzen, Schwindel, Magen-Darm-Störungen, Nerven- und Zellschäden, Verdacht auf krebserregende Wirkung
Tetramethylthiuramdisulfid	Gummi, Fungizid, Insektizid, Konservierungsmittel	Allergie, Reizung von Haut und Schleimhäuten
Toluol	Lösemittel, Verdünnungsmittel, Reinigungsmittel, Polituren	Schädigung von Leber, Nieren und Nervensystem
Trichlorethylen	Reinigungsmittel, Fleckenwasser	Atmungslähmung, Leberschäden
Vinylchlorid	Bodenbeläge, Textilien, Spielzeug, Rolläden, Installationsrohre	Bindegewebsveränderungen in Lunge, Leber und Blutgefäßen, krebserregende und mutagene Wirkung
VOC (Flüchtige organische Verbindungen)	Lösemittel, Farbe, Lacke, Abbeizmittel, Reinigungsmittel, Klebstoffe, Druckfarben, Kosmetik, Insektizide, Tabakrauch	Reizung der Schleimhäute, Schädigung von Leber und zentralem Nervensystem, Verdacht auf krebserregende, fruchtschädigende und mutagene Wirkung
Xylol	Lösemittel, Klebstoffe, Lacke, Bleichmittel	Reizung der Haut, Narkotikum, Verhaltensstörungen, Schädigung von Nervensystem, Nieren und Herz

Quellen: JUNGWIRTH, H.: Umweltschutz im Büro. Krankenhaus-Technik 7/94. SCHUMACHER, B.: Dunst über dem Teppich-Flor. Öko-Test-Magazin 5/91. Neue Allergie durch Fax. BZ v. 21.4.93. Die Top-Ten der Kontaktallergene. Ärztliche Allgemeine 5/94.

*Befindlichkeitsstörungen können aber auch durch schlechtes Raumklima entstehen:\**

Anormales Raumklima:

Wird der Mensch während seiner Tätigkeit starken Änderungen des Raumklimas ausgesetzt, so kann dies zu

- psychischen
- psycho-physiologischen oder
- physiologischen

Störungen kommen. Diese Störungen können von Unbehaglichkeit bis zu starker Ermüdung und drohender Erschöpfung führen.

\* Quelle: GRANDJEAN, E.: Physiologische Arbeitsgestaltung, Ort-Verlag, Thun (Schweiz) und München.

20 °C	individuelle Behaglichkeitstemperatur (voll leistungsfähig)	bei 50 % relativer Luftfeuchtigkeit
Temperaturanstieg	<p><b>Psychische Störungen</b>                  Psychische Störungen können sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Unbehaglichkeit</li> <li>● Erhöhte Reizbarkeit</li> <li>● Konzentrationsmangel</li> <li>● Leistungsabfall für geistige Arbeit.</li> </ul> <p><b>Psycho-physiologische Störungen</b>                  Psycho-physiologische Störungen treten auf durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Zunahme von Arbeitsfehlern</li> <li>● Leistungsabfall für Arbeiten, die Geschicklichkeit erfordern</li> <li>● Erhöhung der Unfälle</li> </ul> <p><b>Physiologische Störungen</b>                  Physiologische Störungen zeigen sich durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Leistungsabfall für Schwerarbeit</li> <li>● Störung des Wasser- und Salzhaushaltes</li> <li>● Starke Belastung von Herz und Kreislauf</li> <li>● Starke Ermüdung und drohende Erschöpfung</li> </ul>	
35–40°	höchsterträgliche Temperaturgrenze	

Alle diese Störungen haben durch die damit verbundenen Mängel, wie z. B. Leistungsminderung, Zunahme von Arbeitsfehlern, steigende Aufwendungen für Unfälle und häufige Erkrankungen auch beachtliche wirtschaftliche Bedeutungen.

Da mit zunehmenden Abweichungen von den empfundenen behaglichen Temperaturen am Arbeitsplatz auch die Störungen zunehmen, ist für eine gute Arbeit ein möglichst gleichmäßiges zuträgliches Raumklima Voraussetzung.

**Klimatische Behaglichkeit:**

Unter klimatischer Behaglichkeit versteht man den Zustand, bei dem sich der arbeitende Mensch unter den vorhandenen Klimaeinflüssen wohlfühlt. Dieser Zustand ist sehr individuell.

Der arbeitende Mensch fühlt sich behaglich, wenn an seinem Arbeitsplatz durch gutes Funktionieren des Wärmehaushaltes die Körpertemperatur weitgehend konstant bleibt.

Der Bereich, in dem der Mensch sich behaglich fühlt, ist abhängig von der Art der ausgeübten Tätigkeit und der damit verbundenen Wärmeproduktion im Innern des Körpers, von der Raumtemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit sowie von seiner Kleidung und Ernährung, weiterhin auch von seinem Alter, Geschlecht und von der Jahreszeit.

Art der Tätigkeit	Lufttemperatur °C		Luftfeuchtigkeit %		Luftbewegung m/sek
	min	max	min	max	max
Geistig-nervöse Tätigkeit im Sitzen	18	24	40	70	0,1
Leichte Handarbeit im Sitzen	18	24	40	70	0,1
Leichte Arbeit im Stehen	17	22	40	70	0,2
Schwerarbeit	15	21	30	70	0,4
Schwerstarbeit, Hitzearbeit	14	20	30	60	0,5
Strahlungsbelastung	12	18	20	60	1,0–1,5

Bei extrem hohen Temperaturen ist ein teilweiser Ausgleich durch Senkung der Luftfeuchtigkeit möglich. Im Sommer liegt das Temperaturniveau etwa 2 °C höher.