

Innenraumbelastungen und Sick Building Syndrom

| | Seite |
|---|-----------|
| 1. Einführung | 3 |
| 2. Definitionen | 8 |
| 3. Sick Building Syndrom/Building Related Illness/ Multiple Chemical Sensitivity | 16 |
| 4. Klima | 23 |
| • Künstliche Klimatisierung | |
| 5. Tabakrauch/Passivrauchen | 24 |
| 6. Innenraumallergene | 26 |
| • Hausstaub, Schimmelpilze, Haustierhaare | |
| • weitere Allergene | |
| 7. Chemikalienbelastung im Innenraum | 40 |
| • Formaldehyd | |
| • Pestizide: Holzschutzmittel, Herbizide, Fungizide | |
| • Pentachlorphenol (PCP) | |
| • Lindan | |
| • Polychlorierte Biphenyle (PCB's) | |
| • Flüchtige Stoffe, Lösungsmittel, VOC | |
| • Terpene | |
| • Ozon | |
| • Metalle | |
| • Reinigungsmittel | |

| | Seite |
|---|--------------|
| 8. Asbest und andere Fasern | 60 |
| 9. Physikalische Faktoren | 66 |
| • Elektrosmog | |
| • Elektrosensibilität | |
| • Radon | |
| 10. Spezielle Schadstoffbelastung in Büros | 91 |
| 11. Tips zur Schadstoffminimierung | 93 |
| 12. Hinweise für Ärzte | 96 |
| • Praktische Vorgehensweise | |
| • Allergien | |
| • Infektiöse Mikroorganismen | |
| • Raucherentwöhnung | |
| 13. Einfache, selbst durchführbare Meßmethoden | 105 |
| 14. Umweltmedizinischer Fragebogen | 118 |
| 15. Nützliche Linksammlung | 129 |
| 16. Literatur | 131 |

1. Einführung

Der moderne Mensch verbringt bis zu über 80 % seiner Zeit in Innenräumen. Diese sollen ihn vor den Einflüssen der Außenwelt wie Kälte, Witterung oder auch Umweltschadstoffen bewahren, stellen jedoch häufig selbst eine Belastung für die menschliche Gesundheit dar. Insbesondere Kleinkinder, ältere und kranke Menschen, also besonders empfindliche Personen, halten sich fast ausschließlich zu Hause auf. So ist gerade diese Personengruppe einer vielfältigen Luftbelastung ausgesetzt, die durch die in jedem Haus vorhandenen Emissionsquellen hervorgerufen wird.

Pilze, Bakterien, Baumaterialien, Möbel und Teppichböden sowie der Mensch mit all seinen Aktivitäten können das Innenraumklima negativ beeinflussen. Hierdurch kann das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen beeinträchtigt werden, in schlimmeren Fällen können sogar Krankheitssymptome auftreten. Kopfschmerzen, Schwindelgefühle, Schlaf- und Konzentrationsstörungen, Müdigkeit, Reizung der Augen und Atemwege, allergische Reaktionen und Infektanfälligkeit sind häufig genannte Symptome, die mit der Innenraumbelastung in Zusammenhang gebracht werden.

Neben chemischen Schadstoffen wie Formaldehyd, Lösungsmitteln und Biozide können auch Lichtverhältnisse, Lärmpegel, Luftfeuchtigkeit und Gerüche zu Befindlichkeitsbeschwerden oder gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen.

Schimmelpilze und Hausstaubmilben in Innenräumen sind weit verbreitete Verursacher von allergischen Reaktionen. Auch das Vorkommen bestimmter Faserstäube wie z.B. Asbest oder Mineralfasern sowie das radioaktive Radongas können für die Bewohner eine schleichende Gesundheitsgefahr darstellen. Im folgenden werden wir die verschiedenen Innenraumbelastungen und Schadstoffgruppen beschreiben und eine praktische Handlungsanweisung für Betroffene und Ärzte erstellen.

Gesundheits-/Befindlichkeitsstörungen und mögliche Ursachen

Jeder Mensch reagiert auf eine Schadstoffexposition, vor allem auch im Niedrigdosisbereich, individuell unterschiedlich. Diese vielfältigen Befindlichkeitsstörungen und Krankheitssymptome können zwar oft in eine gewisse richtige diagnostische Richtung weisen, jedoch lassen sich hierzu nur unzureichende und allgemein gültige Aussagen treffen. So kann z.B. eine Formaldehydexposition bei einer Person Kopfschmerzen und Schlafbeschwerden auslösen, während ein anderes Individuum lediglich über Augen- und Schleimhautreizungen klagt, wieder ein anderer berichtet über Nervosität und depressive Verstimmungen.

Zur Vereinfachung lassen sich die verschiedenen Schadstoffquellen in mechanische, physikalische und chemische Schädigungsmöglichkeiten einteilen [J33]. Vornehmlich *mechanisch* wirken inhalierte Faserstoffe. Als bekanntes und leider unrühmliches Beispiel sind die Asbestfaserstäube zu nennen, die aufgrund ihrer hohen Biobeständigkeit und Faserbeschaffenheit durch mechanische Reizung eine chronische Entzündung hervorrufen und so selbst nach vielen Jahren ein Tumorerleiden entstehen lassen. Als *physikalische* Schädigungsmöglichkeiten gibt es die radioaktive Strahlung, insbesondere das natürlich vorkommende Radon, das aus dem Erdreich und Baumaterialien stammen kann. Hierunter fallen auch die in ihren Wirkungen vieldiskutierten elektromagnetischen Strahlungen (Elektrosmog), die auch als „Elektrosensitivität“ beschriebenen Befindlichkeitsstörungen, die für bestimmte Personen einen erheblichen Leidensdruck darstellen können.

Als weitere Gruppe sind die durch *Chemikalien* verursachten Gesundheitsstörungen zu erwähnen, die in ihren Wechselwirkungen, vor allem auch im Niedrigdosisbereich noch nicht gänzlich erforscht sind und noch erheblicher Klärungsbedarf besteht. Hier steht in der Schadstoffhitliste Formaldehyd ganz oben, es folgen verschiedene andere flüchtige Stoffe, Lösungsmittel, polychlorierte Biphenyle, Pentachlorphenole, Holzschutzmittel, Farben und Anstrichmittel.

Als weitere Schadstoffgruppe sind die biologisch wirksamen, zum Teil als allergieauslösend eingestuften Stoffe zu nennen, z.B. Hausstaubmilbenkot, verschiedene Schimmelpilze oder Haustierhaare.

Ferner können durch Klimaanlage oder Luftbefeuchter biologisch wirksame Schadstoffe wie Bakterien freigesetzt werden. Vor allem die Entwicklung hin zu Niedrigenergiehäusern mit entsprechenden Isolations- und Schallschutzmaßnahmen haben zu einer Verschärfung der

Innenraumproblematik geführt, obwohl die Schadstoffbelastung insgesamt durch Verbote und gesetzliche Regelwerke zurückgegangen ist. Die folgenden alphabetisch geordneten Tabellen vermitteln einen orientierenden Eindruck über die gesundheitsschädlichen Substanzen, ihre Symptome und Gesundheitswirkungen sowie ihr Vorkommen.

Tab. 1 und 2 [J36], modifiziert

| Gesundheitsschädliche Substanzen | Vorkommen | Symptome / mögliche gesundheitliche Wirkungen und Folgen |
|---|---|--|
| Aero-Allergene | Pflanzenpollen, Tierschuppen, Insektenteile, Hausstaub, Schimmel, Milben, Algen, Detergentien, chemische Zusätze | allergische Reaktionen, z.B. asthmatoider Bronchitis, Rhinitis |
| Einatembare Partikel | Tabakrauch, Kochen, unbelüftete Verbrennungsanlagen, Aerosolsprays, kondensierte Dämpfe, Hausstaub | je nach Zusammensetzung: Schleimhautreizungen, Atemwegsinfektionen, Emphysem, Herzkrankheiten, Lungenkrebs |
| Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Pilze) | Klimaanlagen, Luftbefeuchter, Teppiche, Baufeuchtigkeit, Menschen, Haustiere, Pflanzen, Spülklosetts | akute Atemwegsinfektionen (z.B. Grippe, Legionärskrankheit, Pontiac-Fieber, Q-Fieber) |
| Verbrennungsgase (Kohlenmonoxid CO und Stickstoffdioxid NO ₂) | unbelüftete Verbrennungsanlagen, Garagen, Kamine, Herde, Tabakrauch | CO: Sauerstoffmangel infolge COHb, gestörte Seh- und Hirnfunktion bei hohen Konzentrationen tödlich. NO ₂ : erhöhte Atemwegsinfektionsrate, Lungenödem, Bronchialverengung |
| Radon | Untergrund, Baumaterial, Brunnenwasser | Lungenkrebs |
| Asbest | Dachplatten, Fassadenelemente, Feuerschutzwände, Flurunterdecken, Bodenplatten, Fußbodenbeläge, Spachtelmasen, Dichtungsmaterialien | Asbestose, Lungen-, Rippenfell-, oder Bauchfellkrebs |

| Chemische Schadstoffe | Vorkommen | Symptome / mögliche gesundheitliche Wirkungen und Folgen |
|------------------------------|--|--|
| Benzol | Farben, Lacke, Lösungsmittel, Klebstoffe, Putzmittel, Abbeizmittel | Schleimhautreizungen, Schädigung des Knochenmarks, Blutbildveränderungen, Blutkrebs, Schäden an Leber, Nieren und Milz, Erbgutschädigungen |
| 1,2-Dichlorethan | Lösungsmittel für Harze, Asphalt, Kautschuk, Abbeizmittel, PVC | Kopfschmerzen, Bewußtlosigkeit, Leber-, Nieren-, Darm-, Magen-Beschwerden, krebsverdächtig |
| Epoxidharze | Lacke und Gießharze, Klebstoffe, Beschichtungen, Imprägnierungen, Bindemittel zur Herstellung von Kunstharzbeton und Kunstharzmörtel | Allergien, Krebs |
| Formaldehyd | Desinfektionsmittel, Haushaltsreinigungsmittel, Spanplatten, Lacke, Klebstoffe, Klebefolien, Faserplatten, Farben, Lösungsmittel, Schaumstoffe, Tapeten, | Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit, Gedächtnisschwund, erbgutschädigende Wirkung, Augenreizungen, Übelkeit, Krebsverdacht, Nervosität, Depressi- |

| | | |
|--|--|--|
| | Medikamente, Filzstoffe, Textilien | onen, Aggressivität, Schleimhautreizungen, Atemwegserkrankungen, Hautausschlag |
| Isocyanate | Spanplatten, Lacke, Bodenversiegelung | Asthmatische Beschwerden, Schleimhautreizungen, Allergien auslösend |
| Lindan, Endosulfan, Permethrin u.a. | Imprägniermittel, Schädlingsbekämpfungsmittel, Holzschutzmittel | Erbrechen, Kopfschmerzen, Blutarmut, Atemlähmung, Schleimhautreizung, Schädigung des Nervensystems und Knochenmarks, Konzentrationsstörungen |
| Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) | Anstriche, Bitumenpappe und Papier, Bitumenfaserplatten, Wellpappen, Asphalt-estrich | krebserregende Wirkung |
| Polychlorierte Biphenyle (PCB) | Dauerelastische Dichtungsmittel in Altkondensatoren, z.B. von Leuchtstofflampen | Verursacher von Polyneuropathien und Abwehrschwäche, Haarausfall |
| Pentachlorphenol (PCP) | Holzschutzmittel, Anstrichmittel zur Pilzbekämpfung, Tapeten, Klebstoffe, Lacke, Farben, Textilien, Teppiche, Leder, Zelte | Leberzirrhose, Knochenmarkschwund, Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Akne, Nierenschäden, Blutkrankheiten, Nervenschädigungen |
| Phenol | Schaumstoff, Kunstharze, Farbstoffe, Leime, Imprägnier- und Desinfektionsmittel, Teer, Teerpappe | Hautätzende Wirkung, Störungen des Kreislauf- und des Nervensystems, Nieren und Leberschäden, mutagene Wirkung |
| Styrol | Polystyrol-Kunststoffe, Klebstoffe, Tapeten, Dämmplatten, Teerpappe, Bautenschutzmittel, Estriche | Kopfschmerzen, Müdigkeit, Depressionen, Verhaltensstörungen, mutagene Wirkung |
| Teer | Teerpappe, Bautenschutzmittel, Estriche | krebserregende Wirkung |
| Toluol, Aceton | Lösungsmittel für Lacke, Farben, Harze, Öle, Polituren, Nitroverbindungen, Reinigungs- und Anstrichmittel | Schleimhautreizungen, Übelkeit, Erregungszustände, Kopfschmerzen, Benommenheit, Hautausschläge, Atemstörungen, Schädigung von Leber und Nieren, Störungen des Nervensystems |
| Trichlorethan, Trichlorethen | Metallentfettung, Lösungsmittel für Lacke, Abbeizmittel, chemische Reinigung, Korrekturflüssigkeit | Bindehautreizung, Schleimhautreizungen, Hautentfettung, Hautausschläge, Schädigung der Sehnerven, Schlafsucht, Desorientiertheit, Rauschzustände, Leber- und Nierenschäden, krebverdächtig |
| Vinylchlorid | Fußbodenbeläge, PVC, Heimtextilien, Rolläden, Installationsrohre | krebserregende Wirkung |
| Xylol | Kleber, Farben, Lacke, Lösungsmittel, Reinigungsmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel | Kopfschmerzen, Brechreiz, Reizung der Atemwege und Augen, Verhaltensstörungen, hohe Konzentrationen verursachen Störungen und Erkrankungen von Herz, Leber, Nieren und Nervensystem |

Nach der Erklärung der wichtigsten Grundbegriffe und Definitionen werden die relevanten Schadstoffe im einzelnen beschrieben und praktische Hinweise zur Vorgehensweise, Diagnostik und Schadstoffbe-

grenzung/-verminderung gegeben. Die medizinischen Informationen werden überwiegend im Kapitel 12 (Hinweise für Ärzte behandelt).

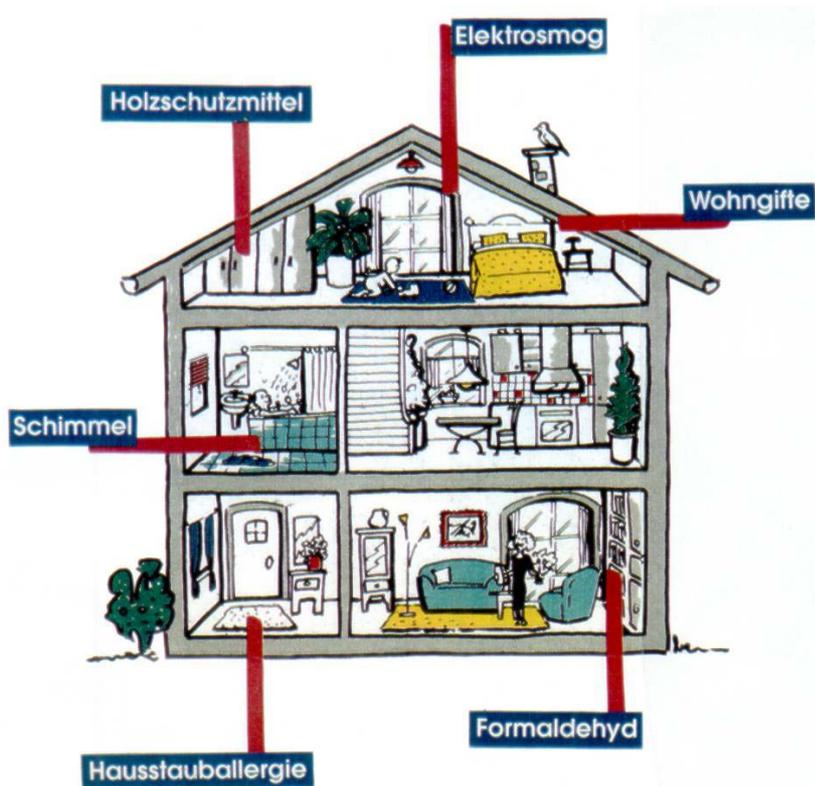


Abb. 1 Das Wohngifthaus [J38]

Um den vielfältigen Schadstoffen als Verursacher von Symptomen und Erkrankungen auf die Spur zu kommen, sollte eine ausführliche Anamnese einschließlich eines Umweltfragebogens (siehe Anhang), der insbesondere auf die spezifische Beschwerdesymptomatik, Expositionsdauer und vermuteten Schadstoffe abzielt, vorgenommen werden.

Eine Reihe von Immissionsquellen lassen sich in Innenräumen beschreiben. Einen kurzen Überblick zeigt die folgende Tabelle:

Tab. 3 [J39], modifiziert

| | |
|---|---|
| Menschliche Aktivitäten | Kochen, Heizen, Rauchen, Hobby (z.B. Modellbau), Reinigungsarbeiten, Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen |
| Baumaterialien Einrichtungsgegenstände | Holz, Möbel, Textilien, Teppichboden, Farben, Pflegemittel, Büroausstattung, Luftbefeuchter, Klimaanlage, Dichtungsmassen, Untergrund |
| Haustiere | Katze, Nagetiere, Vögel, Hund als Säugetierepithelien, Tierhaare |
| seltener tierische Allergene | exotische Haustiere (Schlangen, Echsen), Insekten und Arachniden (Spinnen) |
| Pflanzen | verschiedene Schimmelpilzsporen, seltener Pollen, Stoffe und Fasern sowie in Hölzern befindliche Inhaltsstoffe wie Terpene oder ätherische Öle, allergieauslösende Proteine |
| Außenluftverunreinigung | Gewerbe und Industrie, Kfz, Müllverbrennung, Landwirtschaft, Pollenflug |

2. Definitionen

Die meisten Richtwerte, so auch der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration, siehe unten), stammen aus der Arbeitswelt. Sie basieren auf gesunden erwachsenen Personen mittleren Alters, einer begrenzten Arbeitszeit und setzen einen geschulten Umgang mit Schadstoffen voraus. In der Regel sind diese Kenntnisse über das Schadstoffpotential in Wohnungen nicht übertragbar. Um dennoch für einige Schadstoffe Richtwerte verfügbar zu machen, werden häufig arbeitsplatzbezogene Werte mit einem Sicherheitsfaktor multipliziert. Jedoch kann auch dieses Verfahren der grundlegend anderen Nutzung einer Wohnung nicht gerecht werden, da anders als am Arbeitsplatz auch kranke, alte Menschen und Kleinkinder leben, die sich mitunter noch längere Zeit dort aufhalten und kaum an die frische Luft gelangen. Zudem ist die Wohnung der Ort der Regeneration, in der wir essen, schlafen und uns erholen [J43]. Dennoch werden wir im folgenden die wichtigsten Grenzwerte und Richtgrößen erklären. Aufgrund einer neueren Bewertung hat die Kommission „Innenraumlufthygiene des Umweltbundesamtes“ in Zusammenarbeit mit anderen Ausschüssen und Behörden einheitliche und nachvollziehbare Kriterien zur Beurteilung von chemischen Verunreinigungen in der Innenraumluft er-

arbeitet. In Anlehnung an die ADI-Werte (siehe unten) werden Richtwerte zweier Klassen definiert.

Richtwert I (RW I):

Die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen der Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden. Aus Vorsorgegründen besteht im Konzentrationsbereich zwischen RW I und RW II Handlungsbedarf.

Richtwert II (RW II):

Ein wirkungsbezogener begründeter Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen eine gesundheitliche Gefährdung gegeben ist. Je nach Wirkungsweise des betrachteten Stoffes kann der RW II als Kurzzeitwert (RW II K) oder als Langzeitwert (RW II L) definiert sein. Der Handlungsbedarf ist als unverzüglicher Prüfbedarf zu verstehen, z.B. im Hinblick auf Sanierungsentscheidungen zur Verringerung der Exposition. Eine Schließung der Räume kann notwendig sein. Eine wissenschaftliche Basis hat also vornehmlich der RW II-Wert. Der RW I-Wert ist – als Konvention – um den Faktor 10 niedriger angesetzt. Bei geruchsintensiven Stoffen kann dieser Faktor auch größer sein. Der RW I dient auch als Sanierungszielwert [J 43].

ADI-Werte (Acceptabel daily intake):

Im Deutschen oft auch als DTA (duldbare tägliche Aufnahmemenge) bezeichnet, geben die Menge eines Stoffes an (in mg/kg Körpergewicht), die ohne erkennbares Risiko täglich aufgenommen werden kann.

Der **PL-Wert (Permissible level)** in Lebensmitteln ist der Quotient aus dem Produkt ADI x Körpergewicht und dem Anteil des Nahrungsmittels am durchschnittlichen Verzehr [J 43].

Diese Richtwerte werden aufgrund von direkt zu erkennenden toxikologischen Wirkungen am Menschen und in Tierversuchen, multipliziert mit einem sogenannten Unsicherheitsfaktor, experimentell erstellt. International gelten in den USA oder Canada verschiedene Richtgrößen. „Indoor Air Quality Guidelines“ für Europa werden von der IAI (Indoor Air International) publiziert. Aufgegeben wurde die alte VDI-Empfehlung (1966), ein Zwanzigstel des MAK-Wertes als Ausgangspunkt anzunehmen [J43].

MAK-Wert [J13]

Der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatz-Konzentration) ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz und längerfristiger, in der Regel täglich 8ständiger Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden (in Vierschichtbetrieben 42 Stunden je Woche im Durchschnitt von vier aufeinanderfolgenden Wochen) im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt.

In der Regel wird der MAK-Wert als Durchschnittswert über Zeiträume bis zu einem Arbeitstag oder einer Arbeitsschicht integriert.

Bei der Aufstellung von MAK-Werten sind in erster Linie die Wirkungscharakteristika der Stoffe berücksichtigt, daneben aber auch - soweit möglich - praktische Gegebenheiten der Arbeitsprozesse bzw. der durch diese bestimmten Expositionsmuster. Maßgebend sind dabei wissenschaftlich fundierte Kriterien des Gesundheitsschutzes, nicht die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Realisation in der Praxis.

Marktwerte werden in Anlehnung an den in der Europäischen Union verwendeten sogenannten "Preferred Value Approach" bevorzugt als mit Zehnerpotenzen multiplizierte Zahlenwerte 1, 2 oder 5 ml/m³, bzw. bei nicht flüchtigen Stoffen in mg/m³ festgesetzt.

TRK Technische Richtkonzentration [J13]

(1) Für eine Reihe krebserzeugender und erbgutverändernder Arbeitsstoffe können Marktwerte nicht ermittelt werden; auch bei Einhaltung der Technischen Richtkonzentration ist eine Gesundheitsgefährdung nicht vollständig auszuschließen.

Unter der Technischen Richtkonzentration (TRK) eines gefährlichen Stoffes versteht man diejenige Konzentration als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft, die nach dem Stand der

Technik erreicht werden kann (§3 Abs. 7 GefStoffV = Gefahrstoffverordnung) und die als Anhalt für die zu treffenden Schutzmaßnahmen und die meßtechnische Überwachung am Arbeitsplatz heranzuziehen ist. Technische Richtkonzentrationen werden nur für solche gefährlichen Stoffe benannt, für die zur Zeit keine toxikologisch-arbeitsmedizinisch begründeten maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (Marktwerte) aufgestellt werden können. Die Einhaltung der Technischen Richtkonzentration am Arbeitsplatz soll das Risiko einer Beeinträchtigung der Gesundheit vermindern, vermag diese jedoch nicht vollständig auszuschließen.

- (2) Die Technische Richtkonzentration orientiert sich an den technischen Gegebenheiten und den Möglichkeiten der technischen Prophylaxe unter Heranziehung arbeitsmedizinischer Erfahrungen im Umgang mit dem gefährlichen Stoff und toxikologischer Erkenntnisse.
- (3) Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, daß die Technische Richtkonzentration unterschritten wird. Da bei Einhaltung der Technischen Richtkonzentration das Risiko einer Beeinträchtigung der Gesundheit nicht vollständig auszuschließen ist, sind durch fortgesetzte Verbesserungen der technischen Gegebenheiten und der technischen Schutzmaßnahmen Konzentrationen anzustreben, die möglichst weit unterhalb der Technischen Richtkonzentration liegen.
- (4) Technische Richtkonzentrationen bedürfen der steten Anpassung an den Stand der technischen Entwicklung und der analytischen Möglichkeiten sowie der Überprüfung nach dem Stand der arbeitsmedizinischen und toxikologischen Kenntnisse.

Hinweise:

TRK-Werte werden aufgestellt für krebserzeugende Stoffe und für krebserzeugende Stoffe (TRGS 905), für die kein MAK-Wert besteht. Für die Festlegung der Höhe der Werte sind maßgebend:

- die Möglichkeit, die Stoffkonzentration im Bereich des TRK Wertes analytisch zu bestimmen
- der derzeitige Stand der verfahrens- und lüftungstechnischen Maßnahmen unter Berücksichtigung des in naher Zukunft technisch Erreichbaren
- die Berücksichtigung vorliegender arbeitsmedizinischer Erfahrungen oder toxikologischer Erkenntnisse.

Da für krebserzeugende Stoffe keine Wirkungsgrenzdosen ermittelt werden können, ist aus arbeitsmedizinischen Gründen sowohl die Unterschreitung der TRK-Wertes im Betrieb anzustreben als auch die stufenweise Herabsetzung der TRK-Wertes durch den Ausschuß für Gefahrstoffe.

TRK-Wertes sind Schichtmittelwerte bei in der Regel achtstündiger Exposition und bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden (in Vierschichtbetrieben 42 Stunden je Woche im Durchschnitt von vier aufeinanderfolgenden Wochen). Bei der Anwendung ist die TRGS 402 (=Technische Regel für Gefahrstoffe in der Gefahrstoffverordnung) "Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen" heranzuziehen.

BAT-Wert [J13]

Der BAT-Wert (**B**iologischer **A**rbeitsstoff-**T**oleranz-**W**ert) ist die beim Menschen höchstzulässige Quantität eines Arbeitsstoffes bzw. Arbeitsstoffmetaboliten oder die dadurch ausgelöste Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm, die nach dem gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Kenntnis im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten auch dann nicht beeinträchtigt, wenn sie durch Einflüsse des Arbeitsplatzes regelhaft erzielt wird. Wie bei den MAK-Werten wird in der Regel eine Arbeitsstoffbelastung von maximal 8 Stunden täglich und 40 Stunden wöchentlich zugrunde gelegt. Die so abgeleiteten BAT-Werte sind in der Praxis auch auf abweichende Arbeitsplatzzeitschemata übertragbar, ohne daß hierfür Korrekturfaktoren anzuwenden sind. BAT-Wert können als Konzentrationen, Bildungs- oder Ausscheidungsraten (Menge/Zeiteinheit) definiert sein. BAT-Wert sind als Höchstwerte für gesunde Einzelpersonen konzipiert. Sie werden unter Berücksichtigung der Wirkungscharakteristika der Arbeitsstoffe und einer angemessenen Sicherheitsspanne in der Regel für Blut oder Urin aufgestellt. Maßgebend sind dabei arbeitsmedizinisch-toxikologisch fundierte Kriterien des Gesundheitsschutzes.

EKA (Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe) [J13]:

Arbeitsstoffe, die als solche, in Form ihrer reaktiven Zwischenprodukte oder ihrer Metaboliten beim Menschen erfahrungsgemäß bösartige Geschwülste zu verursachen vermögen oder für die der Verdacht einer

Krebsgefährdung auch für den Menschen besteht, werden nicht mit BAT-Werten belegt; da gegenwärtig kein als unbedenklich anzusehender biologischer Wert angegeben werden kann. Die Verwendung dieser Arbeitsstoffe hat daher unter den in Abschnitt III der MAK-Werte-Liste dargestellten Bedingungen zu erfolgen. Krebserzeugende Arbeitsstoffe werden bei der Untersuchung biologischer Proben nicht unter der strengen Definition von BAT-Werten, sondern unter dem Blickwinkel arbeitsmedizinischer Erfahrungen zum Nachweis und zur Quantifizierung der individuellen Arbeitsstoffbelastung berücksichtigt. Stoff- bzw. Metabolitenkonzentrationen in biologischen Material, die höher liegen als es der Stoffkonzentration in der Arbeitsplatzluft entspricht, weisen auf zusätzliche, in der Regel perkutane Aufnahme hin.

Vor diesem Hintergrund werden von der Kommission Beziehungen zwischen der Stoffkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz und der Stoff- bzw. Metabolitenkonzentration (Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe, EKA) aufgestellt. Aus ihnen kann entnommen werden, welche innere Belastung sich bei ausschließlich inhalativer Stoffaufnahme ergeben würde.

ppm [J3]

Abkürzung für "parts per million" = $1:10^6$ als Angabe bei MAK-Werten oder TRK-Werten bei Substanzen, die in Luft als Gas oder Dampf vorliegen, z.B.: ml/m^3 oder $1 \text{ mg/kg} = 1 \text{ g/t}$

Sensibilisierende Arbeitsstoffe [J13]

Durch Arbeitsstoffe hervorgerufene allergische Krankheitserscheinungen treten bevorzugt an der Haut (Kontaktekzem, Kontakturtikaria), den Atemwegen (Rhinitis, Asthma, Alveolitis, Bronchitis) und an den Augenbindehäuten (Blepharokonjunktivitis) auf. Maßgebend für die Manifestationsart sind der Zufuhrweg, die chemischen Eigenschaften und der Aggregatzustand der Stoffe. Eine Reihe von Allergenen kann sowohl Hauterscheinungen als auch Atemwegssymptome hervorrufen.

Bei der Allergie sind die Induktion und Auslösung zu unterscheiden. Bis heute lassen sich weder für die Induktion einer Allergie (Sensibilisierung) noch für die Auslösung einer allergischen Reaktion beim Sensibilisierten allgemein gültige Grenzwerte angeben. Eine Induktion ist um so eher zu befürchten, je höher die Konzentration eines Al-

lergens in einem Arbeitsstoff ist. Für die Auslösung einer schon bestehenden Allergie sind deutlich niedrigere Konzentrationen ausreichend als für die Induktion. Auch bei Einhaltung der Marktwerte sind Induktion und Auslösung einer allergischen Reaktion nicht sicher zu vermeiden.

Sensibilisierende Arbeitsstoffe werden in der MAK-Werte-Liste in der besonderen Spalte "H; S" mit "Sa" oder "Sh" markiert. Diese Markierung richtet sich ausschließlich nach dem Organ oder Organsystem, an dem sich die allergische Reaktion manifestiert. Der den Krankheitsercheinungen zugrunde liegende Pathomechanismus bleibt unberücksichtigt. Das Symbol "**Sa**" weist darauf hin, daß Symptome an den Atemwegen und auch den Konjunktiven auftreten können (atemwegsensibilisierende Stoffe), und mit "**Sh**" werden solche Stoffe markiert, die zu allergischen Reaktionen an der Haut und den hautnahen Schleimhäuten führen können (hautsensibilisierende Stoffe). Substanzen, die sowohl auf die Atemwege als auch auf die Haut sensibilisierend wirken, werden mit "**Sah**" markiert. Photosensibilisierende Stoffe werden mit "**SP**" markiert. Stoffe, die bisher nur auf den Endpunkt "sensibilisierende Wirkung" überprüft sind und nicht als sensibilisierend bewertet werden, erhalten nur in der besonderen Spalte "H; S" ein "-".

MAK-Werte und Schwangerschaft [J13]

Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen werden für gesunde Personen im erwerbsfähigen Alter aufgestellt. Epidemiologische und tierexperimentelle Befunde, die auf fruchtschädigende Wirkungen von Arbeitsstoffen schließen lassen, werden in den "Toxikologisch-arbeitsmedizinischen" Begründungen von MAK-Werten und BAT-Werten berücksichtigt. Die vorbehaltlose Übernahme von MAK-Werten und von BAT-Werten auf den Zustand der Schwangerschaft ist nicht möglich, weil ihre Einhaltung den sicheren Schutz des ungeborenen Kindes vor fruchtschädigenden Wirkungen von Arbeitsstoffen nicht in jedem Fall gewährleistet. Der Begriff "fruchtschädigend" wird von der Kommission im weitesten Sinne verstanden und zwar im Sinne jeder Stoffeinwirkung, die eine gegenüber der physiologischen Norm veränderte Entwicklung des Organismus hervorruft, die prä- oder postnatal zum Tod oder zu einer permanenten morphologischen oder funktionellen Schädigung der Leibesfrucht führt. ...

Nach einer eingehenden Diskussion der Grundlagen und Möglichkeiten zur Klassifizierung fruchtschädigender Arbeitsstoffe erfolgt eine

Einteilung der Listenstoffe in einer besonderen Spalte "Schwangerschaft" in folgenden Gruppen:

Gruppe A: Ein Risiko der Fruchtschädigung ist sicher nachgewiesen. Bei Exposition Schwangerer kann auch bei Einhaltung des MAK-Wertes und des BAT-Wertes eine Schädigung der Leibesfrucht eintreten.

Gruppe B: Nach dem vorliegenden Informationsmaterial muß ein Risiko der Fruchtschädigung als wahrscheinlich unterstellt werden. Bei Exposition Schwangerer kann eine solche Schädigung auch bei Einhaltung des MAK-Wertes nicht ausgeschlossen werden.

Gruppe C: Ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des MAK-Wertes und BAT-Wertes nicht befürchtet zu werden.

Gruppe D: Eine Einstufung in eine der Gruppen A-C ist noch nicht möglich, weil die vorliegenden Daten wohl einen Trend erkennen lassen, aber für eine abschließende Bewertung nicht ausreichen.

µg (Mikrogramm)

1 µg entspricht 10^{-6} g (0,000001 g)

MIK [J52]

Abkürzung für max. Immissionskonzentration. Von der Kommission „Reinhaltung der Luft“ beim VDI mit dem Ziel aufgestellt, eine Gesundheitsschädigung des Menschen, insbes. Auch von Kindern, Alten und Kranken, selbst bei ununterbrochener langfristiger Exposition, zu vermeiden und einen Schutz vor Schadwirkungen an Tieren, Pflanzen und Sachgütern zu gewährleisten. MIK-Werte werden angegeben als Verhältnis von Schadstoffmasse zu Luftvolumen, z.B. in mg/m³. Die Werte werden rein wirkungsbezogen, wissenschaftlich begründet und aus praktischer Erfahrung abgeleitet. Sie berücksichtigen nicht die technische Realisierbarkeit und haben – im Gegensatz zu den Immissionsgrenzwerten der TA Luft und der 22. BimSchV – keine Rechtsverbindlichkeit.

3. Sick Building Syndrom, Building Related Illness und Multiple Chemical Sensitivity

Die Liste der von Patienten und Medien angeschuldigten Krankheitsauslöser wird angeführt von Holzschutzmitteln, Schimmelpilzen und Lösemitteln. Die geschilderten Beschwerden sind zumeist unspezifischer Natur und nicht objektivierbar wie z.B. Kopfschmerzen, Schwindel, Müdigkeit, Erschöpfung sowie Haut- und Schleimhautirritationen. Diese Symptomenkomplexe werden von verschiedenen Autoren und Institutionen zu einer Vielzahl von beschreibenden Syndromen zusammengefaßt, z.B. als krankmachendes Gebäudesyndrom (Sick Building Syndrom), Wohngiftsyndrom, Holzschutzmittelsyndrom, Ökosyndrom oder idiopathische umweltbezogene Umweltverträglichkeit [J39].

Derartig Betroffene fühlen sich häufig mißverstanden und haben oft eine Odyssee von Arzt- und Heilpraktikerbesuchen oder „Umweltberatern“ mit teilweise auch unwissenschaftlichen paramedizinischen diagnostischen und therapeutischen Verfahren vorzuweisen.

Nach internationaler Konvention (WHO 1982, MULHAAVE 1989[J39]) wird dann von einem **Sick Building Syndrom**(SBS) gesprochen, wenn bei mehr als 10 bis 20 % der Beschäftigten eines Gebäudes unspezifische Beschwerden oder Symptome auftreten, die nach Verlassen des Gebäudes rasch wieder nachlassen. Die vermuteten Zusammenhänge der Beschäftigten zwischen Exposition und Beschwerden können nicht widerlegt, jedoch auch nicht bewiesen werden. Oftmals sieht man eine Vielzahl von Interaktionen zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Expositionsfaktoren, so daß von einer multifaktoriellen Genese ausgegangen werden kann. Die Diagnose Sick Building Syndrom (SBS) kann also als eine Ausschlußdiagnose angenommen werden, wenn alle anderen gebäudebezogenen Gesundheitsprobleme, für die definierte Ursachen vorliegen (Building Related Illness) ausgeschlossen wurden [J39]. Aufgrund der bis zum heutigen Tag noch bestehenden Mängel an wissenschaftlichen Erkenntnissen erschwert das medizinische Management mit diesen Patienten außerordentlich und erfordert eine flexible individuell angepaßte Interpretation. Trotz der angenommenen multifaktoriellen Genese scheint es bestimmte Risikofaktoren zu geben: Die am häufigsten betroffene Personengruppe sind verheiratete Frauen mittleren Alters mit höherem Bildungsniveau, ferner scheinen eine atopi-

sche Diathese, die künstliche Gebäudeklimatisierung und eine allgemeine Unzufriedenheit am Arbeitsplatz eine weitere Rolle zu spielen. Im konkreten Fall kann man von einem Sick Building Syndrom sprechen, wenn folgende Randbedingungen zumindest teilweise erfüllt sind:

Die klinischen Symptome dieses Syndroms variieren, aber fünf Symptomenkomplexe werden regelmäßig angetroffen. Die Symptome können einzeln oder in Kombination miteinander auftreten.

Hierzu zählen :

- **Mißempfindungen an Augen, Nase oder oberen Luftwegen** (Hauptbeschwerden):
 - Trockenheit
 - Stechen, Brennen oder Jucken
 - Heiserkeit, veränderte Stimmlage

- **Hautreizungen:**
 - Hautrötungen
 - Stechen, Brennen oder Jucken
 - Trockene Haut

- **auf das Nervensystem bezogene Symptome:**
 - Geistige Ermüdung, Lethargie, Erschöpfung
 - Gedächtnis- und Konzentrationsstörungen
 - Kopfschmerzen
 - Schwindel

- **unspezifische allergische Symptome:**
 - Laufende Nase, tränende Augen
 - Asthmatoide Symptome bei Nichtasthmatikern

- **Geruchs- und Geschmacksstörungen:**
 - Veränderte Empfindlichkeit
 - Unangenehme Geruchs-/Geschmackwahrnehmung

Die Symptome haben eine charakteristische Periodizität, die über den Arbeitstag hin an Intensität zunehmen und rasch beim Verlassen des

Gebäudes am Abend wieder verschwinden. Die meisten Manifestationen mit Ausnahme einiger Hautsymptome bessern sich über das Wochenende, während der Freizeit verschwinden die Symptome meist vollständig. In den ersten sechs Monaten der Beschäftigung im Gebäude sind die Symptome weniger häufig als nach ca. einjähriger Beschäftigung [J30].

Wenn in einem Gebäude über typische Symptome geklagt wird, sollten die notwendigen Untersuchungen so systematisch wie möglich nach einem mehrstufigen Programm durchgeführt werden.

Die entsprechenden Untersuchungen sollten beinhalten:

- ◆ die Erfassung von Art und Umfang der Beschwerden
- ◆ die technische Charakterisierung des Gebäudes und eventuell vorhandener raumluftechnischer Anlagen
- ◆ die Messung von Schadstoffkonzentrationen und
- ◆ die Erfassung des Gesundheitszustandes der Beschäftigten

In der ersten Stufe geht es darum, das Ausmaß der Beschwerden zu charakterisieren. Hierzu ist es sinnvoll, entsprechende Angaben in einem Fragebogen zu erfassen, wobei sowohl solche Personen, die Beschwerden äußern, als auch solche die beschwerdefrei sind, miteinbezogen werden sollen, um Problemzonen in einem Gebäude so gut wie möglich erkennen und charakterisieren zu können.

Weiterhin hat es sich als sinnvoll und hilfreich erwiesen, bei der Untersuchung in SBS-verdächtigen Gebäuden frühzeitig alle Interessengruppen wie z.B. Personalvertretung, Sicherheitsfachkraft, Betriebsarzt usw. zu beteiligen.

Es sollte ein Aktionsplan erarbeitet und mit den Betroffenen diskutiert werden. Nur durch ein solches Vorgehen kann eine gute Zusammenarbeit aller Beteiligten geschaffen werden, die bei der Aufklärung von SBS-Fällen besonders wichtig ist [J30].

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über Faktoren, die mit dem Sick Building Syndrom in Verbindung gebracht werden.

| Faktor | Parameter |
|--------------------------------|---|
| Physikalische Faktoren | Temperatur Relative Feuchte Lüftungsrate Beleuchtung Niederfrequenter Schall Ionen |
| Chemische Faktoren | Schwebstaub Tabakrauch Flüchtige organische Verbindungen Pestizide Gerüche |
| Biologische Faktoren | Bakterien Pilze |
| Physiologische Faktoren | Psychophysische Faktoren (Bildschirmarbeit) Streß Soziale Faktoren Massenhysterie |

Tab.4 Faktoren, die mit dem Sick Building Syndrom in Verbindung gebracht werden

Building Related Illness

Die sogenannte „Building Related Illness“(BRI) zeichnet sich als wissenschaftlich gesicherte spezifische Krankheiten aus, denen eindeutig erkennbare, gebäudebedingte Ursachen zugeordnet werden können. Die pathophysiologischen Mechanismen sind infektiöser, irritativ-toxischer oder allergischer Natur [J39].

Hierunter fallen definitionsgemäß Erkrankungen der oberen Atemwege, die durch Allergene wie z.B. Hausstaub ausgelöst sein können, ebenfalls die grippale Beschwerdesymptomatik im Rahmen eines viralen Infektes mit Einbeziehung der Stirn- und Nasennebenhöhlen, die „gebäudebezogene“ Rhinitis und Sinusitis. Es folgen die Erkrankun-

gen der tieferen Atemwege, der Lungen und Bronchien wie das „gebäudebezogene“ Asthma, durch Mikroorganismen (viral oder bakteriell) verursachte Entzündungen und natürlich allergische Atemwegserkrankungen.

Als Sonderfall ist die Legionelleninfektion anzuführen, die 1976 zu trauriger Berühmtheit gelangte, als bei einem Veteranentreffen der amerikanischen Legion innerhalb weniger Tage sehr viele Teilnehmer an einer Lungenentzündung erkrankten. 182 mußten stationär behandelt werden, davon verliefen 29 Krankheitsverläufe tödlich. Als Keim konnte ein bis dahin unbekanntes Bakterium identifiziert werden, das sich in der Lüftungsanlage des Hotels angesiedelt hatte. Als Sonderform dieser Erkrankung ist das Pontiac-Fieber zu erwähnen, das meist ohne Lungenbeteiligung verläuft und innerhalb weniger Tage spontan ausheilt. Da sich die Legionellen nur in einem Temperaturbereich zwischen 30 und 50°C, maximal bei 35 bis 42°C vermehren, sollte die Warmwassertemperatur über 60°C gehalten werden, da sich die Keime dann nicht mehr vermehren. Warmbadwasser und Whirlpools müssen adäquat chloriert werden. Weitere mit der raumlufttechnischen Anlage in Verbindung zu bringende Erkrankungen sind das Befeuchterfieber und die Befeuchterlunge. Im Rahmen der Luftbefeuchtung kommt es oftmals in der sogenannten „Umluftsprühbefeuchterkammer“ im feuchten Milieu zu einer mikrobiellen Kontamination. Bestimmte Bestandteile (Antigene und Toxine) können, wenn sie eingeatmet werden, das sogenannte „Befeuchterfieber“ auslösen. Hierbei treten Allgemeinreaktionen wie Mattigkeit, Schwäche, Gliederschmerzen sowie Fieberschübe mit Schüttelfrost auf, meist wenige Stunden nach Exposition, deshalb auch „Montagskrankheit“ genannt. Nach wenigen Stunden klingen die Symptome wieder ab. Bei einer chronischen Exposition kann eine besondere Form der Entzündung, die sogenannte exogen-allergische Alveolitis entstehen, die mit Atemnot, Husten mit Auswurf und Fieber einhergehen kann und letztlich zu einer Lungenfibrose führt.

Als weitere Beispiele der Building Related Illness sind durch Radon verursachter Lungenkrebs und durch Tabakrauch verursachte Lungenkrankheiten zu nennen.

Im Gegensatz zu den unspezifischen Symptomen des Sick Building Syndroms ist hier jede Erkrankung differentialdiagnostisch klar erfassbar.

Multiple Chemical Sensitivity

Der von dem Amerikaner Cullen 1987 geprägte Begriff der multiplen chemischen Überempfindlichkeit (MCS) oder vielfachen Chemikalienüberempfindlichkeit wird als die einzelne Person betreffende erworbene Störung definiert, die durch rezidivierende Symptome an mehreren Organsystemen charakterisiert ist.

In neuerer Zeit wird auch die Bezeichnung „Idiopathic Environmental Intolerances“ (IEI) verwendet.

Die Symptome werden auf die Exposition einer Vielzahl chemisch nicht verwandter Stoffe zurückgeführt, deren Konzentrationen weit unter denen liegen, die in der allgemeinen Bevölkerung für schädlich gehalten werden.

Eine Verifizierung durch allgemein gültige klinische oder laborchemische Tests in Korrelation mit den genannten Beschwerden gelingt nicht. Ein vorangehendes „chemisches Initialtrauma“ wird bei diesen empfindlichen Personen diskutiert. Erst bei einem neuen Schadstoffkontakt kommt es dann zum Auftreten der beschriebenen und spezifischen Beschwerden wie Atemwegsprobleme, Kopfschmerzen, Schwindel, Müdigkeit, Gelenkschmerzen, grippeähnliche Symptome, Verwirrtheit und Verlust des Kurzzeitgedächtnisses, Verdauungsprobleme, Herz-Kreislauf-Probleme, Hauterscheinungen, Reizbarkeit und depressiven Verstimmungen.

Bis heute konnte zu verschiedenen Erklärungsmodellen aus allergologischer, immunologischer oder toxischer Sicht kein Kausalzusammenhang zur Beschwerdesymptomatik gefunden werden. Ob die bei der MCS gehäuft beschriebenen psychiatrischen Symptome als Folge oder Ursache der Erkrankung gedeutet werden müssen, wird kontrovers diskutiert. Solange wissenschaftliche Daten bezüglich dieses Erkrankungsbildes fehlen, ist es von entscheidender Bedeutung, das Problem sachlich und rational anzugehen.

Vor allem sollte aus ärztlicher Sicht dafür gesorgt werden, daß Informationen auf allgemein anerkannten Erkenntnissen und nicht auf Aussagen spekulativen Inhalts beruhen.

In der umweltmedizinischen Ambulanz hat sich folgende standardisierte Vorgehensweise bewährt (auszugsweise BgVV- Pressemitteilung vom 28.02.96, modifiziert):

Die Diagnose MCS wird erst nach sorgfältiger Untersuchung der Patienten und Ausschluß anderer möglicher Erklärungen gestellt.

Erkrankungen, die häufig als MCS fehldiagnostiziert werden, sind z.B. Infektionserkrankungen wie Entzündungen der Stirn- und Nasennebenhöhlen (Sinusitis), das Pfeiffersche Drüsenfieber (Mononukleose), Hals- und Rachenentzündungen (Laryngitis, Pharyngitis) und Entzündungen von Lungen und Bronchien. Ebenso fehldiagnostiziert werden Allergien, wie z.B. das allergische Kontaktekzem, allergisch bedingte Entzündungen der Nasen- und Rachenschleimhaut, ggf. unter Mitbeteiligung der Augen.

Weiterhin müssen internistische Stoffwechselerkrankungen wie Blutzucker (Diabetes mellitus), Schilddrüsenerkrankungen mit Unter- und Überfunktion (Hypothyreose, Hyperthyreose) sowie ein Medikamenten-/Drogenabus berücksichtigt werden.

Die Untersuchung sollte auf einem ganzheitlichen Verständnis basieren und das psychosoziale Umfeld und mögliche schädigende Umwelteinflüsse erfassen.

Bis zur endgültigen Klärung der Ursachen und den damit zu empfehlenden therapeutischen Maßnahmen ist eine verständnisvolle und unterstützende Behandlungsweise angezeigt.

Ergänzend zur Vermeidung schädlicher Umwelteinflüsse sollten begleitend psychologisch-/psychiatrische Therapieansätze erfolgen. Die Methoden der Expositionsvermeidung dürfen nicht zu einer gesellschaftlichen und sozialen Isolation führen.

Von paramedizinischer Diagnostik und Therapie (aggressive Behandlungsmethoden wie Chelattherapie, Entgiftungen durch Sauna) sollte Abstand genommen werden [J39].

4. Klima

Von ganz erheblicher Bedeutung auf das körperliche Wohlbefinden, die Arbeitsatmosphäre und Befindlichkeitsstörungen sind die klimatischen Parameter. Insbesondere in der Heizperiode können Beschwerden hinsichtlich einer zu „trockenen“ Raumluft wie Augenbrennen und -tränen, Infekte der oberen Atemwege, trockene Nase, grippale Symptome (siehe oben) auftreten.

Hier gilt es vor allem die Parameter wie *Temperatur* und *relative Feuchte* näher zu betrachten.

Messungen in Innenräumen über eine Reihe von Jahren haben überdeutlich gezeigt, daß diesen Faktoren hinsichtlich des persönlichen Wohlbefindens eine viel zu geringe Rolle zugedacht wird. Um dies mit einem Beispiel zu belegen:

In der Mehrzahl der Fälle, bei denen wir wegen Befindlichkeitsstörungen (Augenreizungen, Reizungen der oberen Atemwege) und Verdacht auf eine Formaldehydbelastung eine Raumluftanalyse durchführten, waren in den meisten Fällen zwar Spuren dieses Schadstoffes nachweisbar, aber auch die relative Feuchte viel zu niedrig. In einem Extremfall lag diese bei 8%. Wir schlugen vor, die relative Feuchte auf ein akzeptables Niveau anzuheben und zu beobachten, ob die Befindlichkeitsstörungen weiterhin bestünden, um dann ggf. weitere Untersuchungen anzuschließen. In keinem einzigen Falle wurden die Untersuchungen daraufhin wieder aufgenommen. Dieses Beispiel belegt sehr deutlich, daß es durch die Optimierung der Klimafaktoren gelungen war, die Befindlichkeitsstörungen zu reduzieren. Wir empfehlen daher eine Wetterstation anzuschaffen, um das Raumklima überprüfen und auf ein entsprechendes Niveau einstellen zu können. Treten dann keine Verbesserungen auf, kann immer noch eine entsprechende Stelle mit der Analyse der Innenraumluft beauftragt werden. Unter Umständen lassen sich dadurch nicht unerhebliche Kosten einsparen, wenn man die Kosten einer Wetterstation mit denen einer Innenraumluftanalyse vergleicht.

Die wünschenswerte relative Luftfeuchte sollte zwischen 40-60 % betragen, die optimalen Temperaturbereiche der verschiedenen Wohnbereiche sind im Kapitel 6 (Schimmelpilze) aufgeführt.

Künstliche Klimatisierung

Sicherlich sind raumluftechnische Anlagen in bestimmten Räumen sinnvoll und erforderlich. So muss z.B. in Großraumbüros aufgrund der niedrigen Raumhöhe und der großen Raumtiefe eine künstliche Klimatisierung erfolgen. Außer der Temperatur- und Feuchteregelung sollen die CO₂-Konzentrationen und andere Schadstoffe reduziert werden. Hierbei ist eine sogenannte Mindestaußenluftfrate im Sinne eines kontinuierlichen Luftwechsels gefordert. Die Luftzirkulation richtet sich nach der Quadratmeteranzahl, den anwesenden Personen und dem Raumvolumen. Je nach Funktionalität der Räume sollten die Regelkreise für die relative Feuchte, die Trockentemperatur sowie Windgeschwindigkeiten in bestimmten Behaglichkeitsgrenzen liegen. Auch aus hygiene-technischen Gründen müssen bestimmte Einrichtungen, wie z.B. OP-Bereiche in Krankenhäusern mit raumluftechnischen Anlagen ausgerüstet sein. Gerade dort sind eine ausgeklügelte Filtertechnik und die regelmäßige Wartung der Anlage wegen der Gefahr der mikrobiellen Kontamination besonders wichtig. Auf immer wiederkehrende Problematiken, insbesondere hinsichtlich der Beschwerden im Rahmen eines Sick-Building-Syndroms, wurde bereits hingewiesen. Sofern raumluftechnische Anlagen erforderlich sind, sollte auf eine ausreichende Leistungsreserve sowie eine differenzierte Feinregulierung geachtet werden. Auch eine spätere Nutzungsänderung der Räume, so z.B. die Installierung von medizinisch-technischen Großgeräten in Krankenhäusern, sollte bei der Auslegung der Klimaanlage mitberücksichtigt werden [J51]. Die besondere Gefährdung durch eine mikrobielle Kontamination, insbesondere der Luftbefeuchtungskammer, wurde bereits in Kapitel 3 Building Related Illness beschrieben.

5. Tabakrauch / Passivrauchen

Ebenfalls ganz erheblich zum Klima und insbesondere zur Innenraum-schadstoffbelastung beitragend ist das Zigarren-, Zigaretten- und Pfeifenrauchen anzuführen. Insbesondere auch im Hinblick auf die Arbeitswelt ist das Rauchen immer wieder Grund von Auseinandersetzungen und Problematiken, manchmal auch im Rahmen der „Mobbingssymptomatik“ genannter Streitpunkt. Allerdings kommt es auch

umgekehrt oftmals zu einer Ausgrenzung der in manchen Bereichen unterrepräsentierten Rauchern.

Bereits seit Jahren gibt es in den USA in vielen Büros und öffentlichen Gebäuden ein generelles Rauchverbot, da der Zigarettenrauch als eine der gefährlichsten Schadstoffkombinationen angesehen werden kann. Bei einfachem Luftaustausch pro Stunde reichen bereits 6 Zigaretten in einem 50 m³ großen Raum aus, um die allein durch Zigarettenrauch entstehende Formaldehydkonzentration über den Innenraumgrenzwert von 0,1 ppm anzuheben.

Es finden sich im Tabakrauch eine Vielzahl von allergisierenden, toxischen und krebserzeugenden Inhaltsstoffen. Die wichtigsten Inhaltsstoffe des Nebenstroms sind Kohlenmonoxid, Formaldehyd, Acrolein, Stickoxide, Nickel, Anilin, Cadmium, Benzo[a]pyren, Nitrosamine und Hydrazin.

Insgesamt lassen sich etwa 5.000 verschiedene Chemikalien nachweisen, von denen 43 anhand der Kriterien der IARC (International Agency for Research on Cancer) als karzinogen eingestuft werden können. Der Hauptstromrauch, d.h. der Rauch, der vom Mundende der Zigarette ausgeht und direkt inhaliert wird, wird bis etwa 900°C heiß, während der Nebenstromrauch, d.h. der Rauch, der vom klimmenden Ende der Zigarette ausgeht, etwa bis 400°C heiß wird.

Aufgrund der unterschiedlichen Verbrennungstemperaturen unterscheidet sich die Zusammensetzung quantitativ und qualitativ, flüchtige Schadstoffe kommen im Nebenstromrauch bis zur hundertfachen höheren Konzentration vor als im Hauptstromrauch.

Ferner unterscheidet man die sogenannte Gasphase von der Partikelphase.

In der Gasphase finden sich Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Methan, Acetylen und Ammoniak als wichtigste Hauptbestandteile.

In der Partikelphase sind Teer, Nikotin, Toluol, Phenol und Naphthalen zu nennen.

Als karzinogene Hauptbestandteile repräsentieren sich Benzo[a]pyren, Dimethylnitrosamin, Methylethylnitrosamin, Diethylnitrosamin, n-Nitrosornikotin, 4-[n-Methyl-n-Nitrosamino]-1-[3-Pyridyl]-1-Butanon, Nitrosopyrrolidin, Chinolin, Methylcholine, Hydrazin, 2-Naphthylamin, 4-Aminobiphenyl, o-Toluidin [J40].

Die Ergebnisse einer groß angelegten prospektiven Mortalitätsstudie von 1951 bis 1990 mit ca. 35.000 britischen Ärzten zeigten, daß Rauchen nicht nur mit dem Lungenkarzinom und anderen Krebserkrankungen, sondern auch mit nicht neoplastischen Erkrankungen sig-

nifikant korreliert ist, insbesondere Gefäßerkrankungen und Atemwegserkrankungen.

Die gleiche Studie zeigt auch, daß das durch Rauchen bedingte Mortalitätsrisiko durch Aufhören vermindert werden kann, je früher desto besser. Weltweit werden derzeit etwa 3 Millionen Todesfälle jährlich durch Rauchen verursacht, in der Bundesrepublik Deutschland waren es 1990 etwa 112.400 Todesfälle [J40].

Seit Jahren ist ein stetiger Anstieg von durch Rauchen bedingten Erkrankungen und Todesfällen in der weiblichen Population zu verzeichnen, da sie ihre Rauchgewohnheiten dem männlichen Geschlecht angeglichen haben.

7. Innenraumallergene

Der Begriff "Allergie" wurde 1906 von dem Wiener Kinderarzt Clemens von Pirquet erstmalig benutzt und ist seither gebräuchlich. Ganz allgemein versteht man darunter eine veränderte Reaktion des Organismus, eine Bereitschaft zur Überempfindlichkeit gegen bestimmte Stoffe. Der Allergiker hyperreagiert auf Stoffe, die einen gesunden Nichtallergiker überhaupt nicht beeinträchtigen [J24]. Bei Allergikern sind die normalen Abwehrmechanismen gestört. Das Immunsystem der Betroffenen kann nicht mehr zwischen schädlichen und unschädlichen Stoffen unterscheiden. Dabei schießen mögliche Abwehrreaktionen des Körpers weit über das Ziel hinaus und es werden mehr Antikörper gebildet, als bei einer normalen Abwehrreaktion benötigt würden, wobei die gebildeten Antikörper nicht etwa zu einer Immunität führen, sondern zu einer "Sensibilisierung", d.h. einer Überempfindlichkeit der Betroffenen [J25].

Dabei existiert eine Vielfalt möglicher Anzeichen für eine Allergie, wobei bei Allergikern jeder neue Kontakt zu der entsprechenden Substanz die allergisch bedingten Krankheitssysteme auszulösen in der Lage ist.

Die folgende Aufzählung gibt einen Überblick über mögliche Reaktionen [J25]:

- Augentränen
- Lidschwellungen
- Niesanfalle
- Fließschnupfen
- Husten
- Asthma
- Migräne
- Nesselfieber
- Ekzeme
- Erbrechen
- Bauchschmerzen
- Durchfall

Es ist bekannt, daß Kinder, deren Eltern unter einer Allergie leiden, statistisch gesehen ein höheres Risiko haben, ebenfalls eine Allergie zu entwickeln, als Kinder nichtallergischer Eltern [J24].

Das ungefähre Risiko eines Neugeborenen, eine allergisch bedingte Erkrankung zu entwickeln

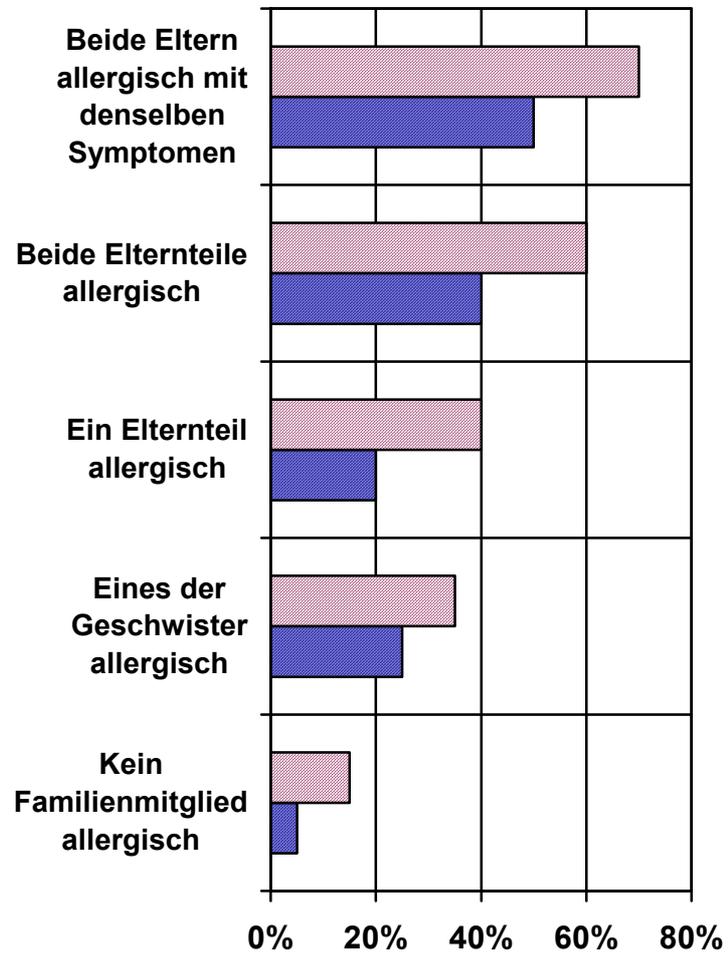


Abb.X: Risiko eines Neugeborenen, eine allergisch bedingte Erkrankung zu entwickeln [J24], modifiziert

Die folgende Abbildung stellt die Häufigkeit des Auftretens verschiedener Allergien dar.

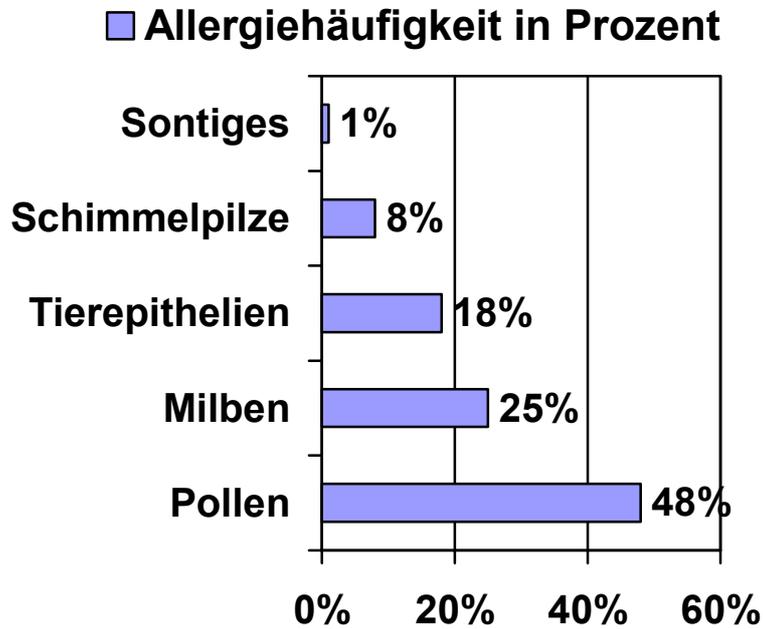


Abb.X: [J24], modifiziert: Die Häufigkeit des Auftretens verschiedener Allergien

Die Möglichkeiten, allergene Schadstoffe aufzunehmen, sind vielfältig.

Insbesondere sind hier die Nahrungsmittelallergene zu nennen, die in der klinischen Praxis eine bedeutende Stellung einnehmen.

In der folgenden Tabelle wird beispielhaft eine Reihe von Allergieauslösenden Stoffen, ihr Vorkommen sowie mögliche Ersatzstoffen aufgezeigt.

Tab. X: Allergieauslöser, Vorkommen und Ersatzmöglichkeiten [J24]

| Allergieauslöser | Vorkommen | Ersatz durch |
|-----------------------|---|---|
| Rohe Kuhmilch | Milchprodukte, Sahne, Quark, Frischkäse, Butter, Wurst, Margarine, Brot | Sojamilch, gekochte Milch |
| Milcheiweiß | Backwaren, Schokolade, Süßigkeiten, Pudding, Speiseeis | Sojamilch, Sojaprodukte, Butterschmalz, Pflanzenöl (Distel- und Sonnenblumenöl) und -fette, Schafs- oder Ziegenkäse |
| Hühnerei, weiß | Nudeln, Backwaren, Mayonnaise, Puddings, Speiseeis, Wurst, Fleischgerichte | Sojaprodukte, Sojamehl als Bindemittel |
| Hefe | Gebäck, Kuchen, Brot, Kekse, Buttermilch, Käse, Joghurt, Fleischprodukte, Panade, Bier, Wein, Most, Malzgetränke, Diätmittel und Hefe | Hefefreie Produkte |
| Fisch | Nicht nur alle Fischarten, sondern auch: Hühnerei, Geflügel (Fischmehl wird unter anderem auch als Futtermittel für Geflügel verwendet) | Fisch und sämtliche Fischprodukte vermeiden |
| Getreideeiweiß | Backwaren, Brot, Nudeln, Panade, Fertigprodukte wie Suppen, Saucen, Gemüsegerichte, Süßigkeiten, Pudding | meist Allergie Auf bestimmte Getreidesorten, z.B. Weizenmehl-Ersatz durch andere Mehlsorten |
| Nüsse | Nüsse, Süßigkeiten wie Marzipan und Schokolade | |
| Gemüse, Hülsenfrüchte | Fertigprodukte wie Saucen, Gemüse und Fleischbrühe, Gewürz | |
| Soja | Backwaren, Margarine, Saucen, Produkte für Diabetiker, Fertiggerichte | Sojafreie Produkte |
| Schimmelpilz | Brot, Mehl, Obst, Gemüse, Nüsse, Käse, Essig, Wein, Bier | Wegen der vielfältigen Erscheinungsweisen und der schwierigen Diagnose individuell ver- |

| | | schieden |
|------------------|---|---|
| Fleisch | Alle Fleischsorten können eine Allergie auslösen, Rind, Schweine-, und Kalbfleisch, Geflügel (s, Fisch), Fleisch von Wildtieren | Meist besteht keine völlige Fleischallergie, Ersatz durch entsprechend verträgliches Fleisch |
| Obst | Erdbeeren, Zitrusfrüchte, häufig auch Kontaktallergie bei Zitrusfrüchten (nach Berührung) | |
| Gewürze, Kräuter | Senf, Curry, Gewürzmischung, Fertigprodukte; Kontaktallergien häufig bei Kräutern und Knoblauch; Zimt und Vanille | Ermittlung der allergieauslösenden Substanzen ist Schwierig. Die beste Methode hierfür ist die Suchdiät |
| Glutamat | Wird besonders häufig in der chinesischen Küche verwendet, Konservendosen | |
| Blütenpollen | Blütenhonig, Getreide | |

Ferner entstehen allergische Reaktionen auf durch die Haut aufgenommene Schadstoffe und Substanzen, die sich oft als Kontaktallergien widerspiegeln. Diese sind in der Regel regional, entsprechend dem Anwendungs- / Kontaktgebiet begrenzt, können aber auch einen generalisierenden Effekt ausüben.

Die folgende Tabelle schließlich setzt die von einer Allergie betroffene Körperstellen mit möglichen Auslösern in Beziehung.

In diesem Zusammenhang muß auf die zunehmende Bedeutung der überall am Körper angebrachten Piercingringe oder -stecker als kontaktallergische Ursache hingewiesen werden.

Tab.X Von Allergien betroffene Körperstellen in Verbindung mit möglichen Auslösern [J24]

| Körperstellen | Mögliche Auslöser |
|---------------------|--|
| Behaarter Kopf | Shampoo, Festiger, Färbemittel, Haarspray, Mützen, sonstige Kopfbedeckungen |
| Ohren | Brillengestell, Ohringe, Hörapparate |
| Augenbereich | Augentropfen, Lidschatten, Wimperntusche, Eyeliner, Augencremes, Faltencremes, Brillengestelle, Kontaktlinsen, Reinigungsmittel für Kontaktlinsen |
| Stirn | Hut- und Stirnbänder, Haarpflegemittel, Kosmetika |
| Gesicht | Kosmetika aller Art, Parfüms, Seifen |
| Nase | Nasensprays, Mentholhaltige Taschentücher, Schnupftabak, Brillengestell |
| Mund | Lippenstift, Zahnpasta, Zigaretten, Pfeifen, Kaugummi, alle Nahrungsmittel |
| Hals / Nacken | Schmuckgegenstände, Kleidung, Pelzkragen, Waschmittel |
| Achseln | Deodorants, Enthaarungsmittel, Kleidung, Parfüm |
| Arme und Hände | Wasch- und Reinigungsmittel, Schmuckstücke, Handschuhe, Geräte mit denen man in Berührung gekommen ist (Füller, Lenkrad, Armaturen, Türgriff etc.), Nahrungsmittel |
| Oberschenkel, Beine | Strümpfe, Unterwäsche, Hosen und Röcke, Inhalt der Hosentaschen, Waschmittel |
| Füße | Schuhe, Schuhputz- und Pflegemittel, Fußbäder und -cremes, Hornhaut- und Hühneraugenmittel, Mittel gegen Fußpilz, Beim Barfußlaufen: Untergrund, Bodenbeläge |
| Rücken | Kleidungsstücke, Bademittel, Massagemittel, Reißverschlüsse, Knöpfe und Häkchen (BH) |
| Bauch | Kleidung, Knöpfe und Nieten (Jeans), Waschmittel, Gummi (Gummizug), Gürtel und Gürtelschnallen |
| Gesäß | Zäpfchen und Salben, Klosett, |
| Intimbereich | Unterwäsche, Mittel, zur Intimpflege, Verhütungsmittel (eigene und die des Partners). |

In der Innenraumluft kommen zum einen die von außen eindringenden Allergene wie Blüten-, Gräserpollen und die aus Schadstoffemissionen (Müllverbrennungsanlagen, Industrie, Verkehr) stammenden allergisierenden Substanzen vor, zum anderen die in den Gebäuden selbst entstehenden allergisierenden Schadstoffe wie Schimmelpilzanteile (Sporen und Myzelteile, Hyphen), Tierhaare, Tierepithelien und Hausstaubmilben.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die in Frage kommenden Innenraumallergene.

Tab. X Wichtige Innenraumallergene [J39]

| | |
|------------------------------|--|
| Tierische Allergene | <i>Milben:</i> Hausstaubmilbe (z.B. Dermatophagoides farinae und pteronyssinus), Vorratsmilbe (Acarus siro) <i>Säugetierepithelien:</i> Katze, Nagetiere, Vögel Hund, Pferd selten: exotische Haustiere (Schlangen, Echsen), Insekten und Arachniden |
| Pflanzliche Allergene | <i>Schimmelpilzsporen:</i> Aspergillus species, Cladosporium, Penicillium, seltener Pollen, Stoffen und Fasern, Hölzer (z.B. Terpene, ätherische Öle), Duftstoffe, Mehle, Kaffee, Kakao- und Rhinzinus-Bohnen, Latex und Ficus benjamina |
| Chemische Allergene | selten: Aldehyde (Formaldehyd, Glutaraldehyd), Isozyanate, Phthalsäureanhydrid, Metallsalze (z.B. Platin), Enzyme, Organophosphate |

Hausstaubmilben, Schimmelpilze, Haustierhaare

Hausstaubmilben

Das allergisierende Agens ist hierbei der Kot der Hausstaubmilbe. Es handelt sich dabei neben den Pollen um das zweitwichtigste Allergen. Hausstaubmilben sind kleine Tierchen, die mit dem bloßen Auge nicht zu erkennen sind. Biologisch gehören sie zu den Spinnentieren [J25].

Die folgende Abbildung zeigt eine solche Hausstaubmilbe in Vergrößerung.



Abb.X: Hausstaubmilbe in Vergrößerung [J25]

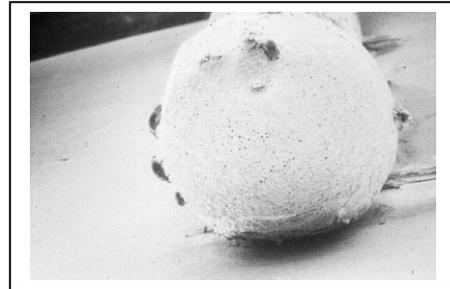


Abb.X: Zum Größenvergleich Hausstaubmilben auf einem Streichholzkopf

Hausstaubmilben siedeln bevorzugt an feuchtwarmen Orten wie Matratzen und Polstermöbeln, da sie dort zugleich geeignete Nahrungsquellen wie Hautschuppen vorfinden. Untersuchungen im Rahmen eines Feldversuches mit 152 beprobten Objekten haben ergeben, daß bevorzugt Matratzen und Kinderzimmerteppiche eine hohe Milbenkonzentration aufweisen [J26].

Der Schwellenwert für die Ausbildung einer Hausstaubmilbenallergie wird mit $2 \mu\text{g/g}$ Hausstaub angesetzt. Bei Konzentrationen oberhalb $10 \mu\text{g/g}$ Hausstaub muß für Milbenallergiker von einem akuten Asthmarisiko ausgegangen werden.

Hausstaubmilbenallergiker sollten unbedingt folgende Vorsichtsmaßnahmen berücksichtigen, um die Ausbreitung der Milben zu reduzieren.

Tab.X: Maßnahmen zur Reduzierung der Ausbreitung von Hausstaubmilben [J25]

- Durch eine ausreichende Lüftung sollten Sie versuchen zu erreichen, daß die Luftfeuchtigkeit unter 65 % relativer Feuchte liegt (Wetterstation)
- Bettbezüge und Textilien sollten bei mindestens 60° C gewaschen werden.
- Alle Bettteile sollten regelmäßig gereinigt und gelüftet werden, hier besonders die Matratzen, die man am besten einmal im Jahr chemisch reinigen läßt.
- Sie sollten einen Schlafanzug tragen, um zu verhindern, daß Hautschuppen direkt in das Bett gelangen.
- Sie sollten im Schlafzimmer alle Staubfänger wie dicke Vorhänge, offene Regale, dicke Teppiche, Rauhfasertapeten, Holzverkleidungen und verschnörkelte Tapeten vermeiden.
- Sie sollten im Schlafzimmer, wenn möglich, einen Holzfußboden legen lassen, auf dem Hausstaubmilben keine Chance haben (möglichst wenig, und wenn kleine Zwischenräume).
- Sie sollten unbedingt Klimaanlage und Luftbefeuchter vermeiden, da starke Luftbewegung zu einer Belastung mit Staubpartikeln und Allergenen durch Aufwirbelung führt. Zudem fühlen sich Hausstaubmilben bei höherer Luftfeuchtigkeit wohl.
- Auch beim Staubsaugen sollte der Hausstaubmilbenallergiker vorsichtig sein. Er sollte diese Arbeit nämlich lieber einem anderen überlassen. Auch Renovierungsarbeiten sollten anderen überlassen werden. Weiterhin sollte beim Staubwischen ein feuchtes oder antistatisches Tuch, das den Staub anzieht und nicht weiter im Raum verteilt verwendet werden.

Das Staubsaugen ist für den Allergiker ein großes Problem. Alte Staubsauger haben schlechte Filter, was dazu führt, daß ein Teil des Staubes wieder im Raum verteilt wird. Der Allergiker sollte sich vor dem Kauf eines neuen Gerätes unbedingt die neuesten und aktuellsten Informationen des Allergiker- und Asthmatikerbundes beschaffen oder sich an den Testergebnissen der Stiftung Warentest orientie-

ren. Frisch gesaugte Räume sollte von einem Hausstauballergiker am besten erst nach zwei bis drei Stunden betreten werden, damit aufgewirbelter Staub ausreichend Zeit hat, sich zu setzen.

Schimmelpilze

Schimmelpilze kann man fast überall antreffen, da sie nur sehr wenig Voraussetzungen benötigen:

- Sie wachsen auf fast allen organischen Substanzen
- Am besten bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von zirka 80%
- und bei einer Temperatur von 20°C.

In den letzten Jahrzehnten haben sich aufgrund der Bauweise (verstärkte Wärme- und Schallisolierung einhergehend mit nichtausreichender Belüftung und daraus folgernd einer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit) die Wachstumsbedingungen für ein Schimmelpilzwachstum deutlich verbessert.

Das Auftreten von Feuchtigkeit kann dabei verschiedene Ursachen haben:

1. **Feuchtigkeit von außen** entsteht z.B. durch undichte Stellen im Mauerwerk (hervorgerufen durch Schäden am Haus oder Baumängel) oder im Dach, aber auch versteckte Wasserrohrbrüche können dazu führen.
2. **Feuchtigkeit von innen** entsteht durch Kondenswasserbildung an den Wänden (Oberflächentauwasser oder Schwitzwasser). Auch beim Wohnen wird durch Kochen, Duschen, Wäsche trocknen, Atemluft und Blumen, die Gießwasser verdunsten, ständig Feuchtigkeit produziert.

Abhängig von Faktoren wie Wohnungsgröße und Anzahl der Bewohner werden so 20 bis 30 Liter Wasser pro Tag produziert werden. Vermehrt wird diese Wassermenge noch durch sogenannte "Bewirtschaftungsfehler", danach sollte keine Wäsche in den Wohnräumen getrocknet werden, Trockner und Dunstabzughaube sollten nach außen abgeleitet werden und vor allem sollten keine Luftbefeuchtungsanlagen benutzt werden [J27, J28].

Feuchte Wände und Schimmelbildung sind immer Mängel der Mietsache. Sie beeinträchtigen nicht nur die Bewohner, sondern sind sogar gesundheitsschädlich. Als Mieter haben sie die Möglichkeit die Miete zu mindern und in schwerwiegenden Fällen sogar das Mietverhältnis zu kündigen. Eine Grundbedingung ist selbstverständlich, daß sie den Schimmelbefall z.B. durch unzureichendes Lüftungsverhalten nicht selbst verursacht haben.

Bevor sie aber irgendwelche Maßnahmen ergreifen, ist angeraten sich vorher beraten zu lassen, um keine unangenehmen Überraschungen zu erleben, z.B. eine Nachfrage beim zuständigen Landesverband des Deutschen Mieterbundes.

Was bedeutet richtiges Lüften?

Zum Lüften sollten die Fenster kurzzeitig ganz geöffnet werden, also Stoßlüften (fünf Minuten reichen dabei im Normalfall schon aus).

Die oft beliebte Methode, die Fenster nur zu kippen, ist wirkungslos und trägt nur dazu bei, Heizenergie zu vernichten.

Im Allgemeinen sollten folgende Temperaturen auch im Herbst und Frühjahr, wenn sie anwesend sind, eingehalten werden:

Wohnzimmer 21°C, Bad 21°C, nachts im Schlafzimmer 14°C [J27].

Eine Schimmelpilzbelastung kann zu einer ganzen Reihe von Befindlichkeitsstörungen und sogar Erkrankungen führen, wobei als häufigstes Atemwegsbeschwerden zu nennen wären. Daneben werden aber auch oft Hautprobleme; Augenreizungen und Antriebsstörung genannt.

Besonders unangenehm wird es dann, wenn er nicht direkt auffindbar ist, es sich also um versteckten Schimmelpilz z.B. in Fußböden handelt [J27].

In Einzelfällen können Sofortmaßnahmen auch schon ein wenig Abhilfe schaffen bis eventuelle bauseitige Fehler behoben sind. Es empfiehlt sich eine Behandlung der belasteten Stellen [J28]:

- 1.) leicht feuchtem Lappen : eventuell danach mit einem Fön
- 2.) H₂O₂ (15%ig); Handschuhe : die Stellen heiß trocknen
- 3.) Eau de Javel; Handschuhe : die Stellen heiß trocknen

Daneben sollten aber immer begleitende Maßnahme ergriffen werden, um bis zur Sanierung die Schimmelpilzsporenbelastung zu verringern [J28]:

- 1.) Teppiche eventuell im Freien ausklopfen; wenig Teppichböden.
- 2.) Staubsauger mit besonderen Filterbeuteln
- 3.) Abstand der Möbel von feuchten Wänden mindestens 5cm
- 4.) Für ausreichende Hinterlüftung sorgen
- 5.) Eventuelles Umstellen der Möbel; Umhängen großflächiger Bilder; Raumecken möglichst freihalten
- 6.) "Staubfänger" (Gardinen, Teppichböden, Trockenblumen, Polster, "Deckchen", usw.) reduzieren, öfter reinigen
- 7.) Anzahl der Blumentöpfe reduzieren, weniger gießen; eventuell auf Hydrokulturen umstellen
- 8.) Räume ohne Fenster (z.B. Badezimmer, Abstellräume) mit elektrischen Zwangsentlüftungseinrichtungen versehen
- 9.) Keine oberflächenversiegelte Tapeten, Anstriche, Baumaterialien verwenden
- 10.) Regelmäßige Kontrolle der behandelten Stellen

Haustierhaare

Auch die Hautschuppen von Haustieren können Allergien auslösen, wobei an erster Stelle Pelztiere genannt werden müssen. Bei Kindern führen besonders Meerschweinchen und Goldhamster häufig zum allergischen Schnupfen oder auch zum allergischen Asthma.

Aber auch Hautschuppen von Katze, Hund, daneben auch vom landwirtschaftlichen Nutztvieh wie Rindern, Pferden, Schafen und Ziegen, kommen als Allergene in Frage. In bestimmten Fällen reicht hingegen schon ein Fell auf dem Fußboden oder an der Wand aus, um die Allergie auszulösen [J24].

Um sich davor zu schützen, existiert nur eine erfolgversprechende Maßnahme, nämlich die Entfernung des entsprechenden Haustieres aus dem Haushalt. Natürlich wird es wohl jedem der an ein Haustier gewöhnt ist und es gerne hat, schwer fallen, sich von dem geliebten Haustier zu trennen und in einer solchen Situation glauben viele Menschen, daß sie durch ständiges Staubsaugen und Wischen in der Woh-

nung Abhilfe schaffen können. Dem ist leider nicht so. Es hilft wirklich nur die Entfernung des Tieres aus der Wohnung, so hart dies auch klingen mag [25].

Weitere Allergene

Allergien können buchstäblich von unzählig vielen Stoffen ausgelöst werden. Darunter fallen auch viele "gesunde" Stoffe wie z.B. Brotgetreide, Milch oder Sonnenlicht. Dabei gilt wie immer, vor einer etwaigen erfolgreichen Behandlung steht die Suche und Identifizierung des entsprechenden Auslösers der jeweiligen Allergieform.

Als häufigste Allergieform ist die **Pollenallergie** zu nennen, d.h. Allergien, die durch Blütenstaub verursacht werden, der durch Wind oder Insekten Pflanzen bestäubt.

Der Ausdruck Pollen kommt aus dem lateinischen und bedeutet soviel wie Staubmehl. In den sehr kleinen Pollenkörnern (s.u.), die mit dem Wind über viele Kilometer verstreut werden, befindet sich die männliche Erbsubstanz der Pflanzen [J25].

Die folgende Abbildung soll verdeutlichen, wie solche Pollen aussehen können.

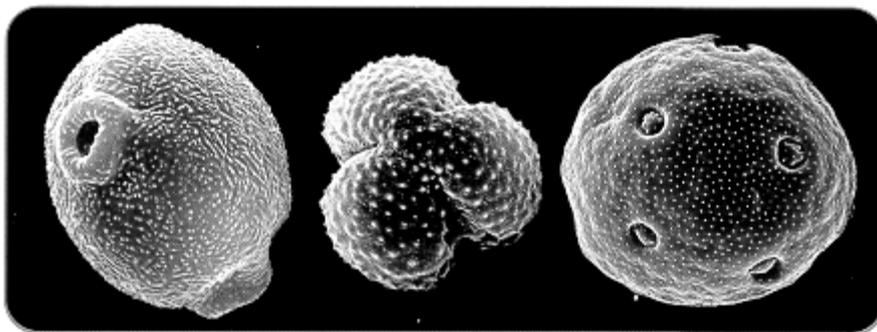


Abb.X: Hängebirken-, Beifuß- und Spitzwegerichpollen in 1300facher Vergrößerung [J25]

Heuschnupfen ist keine Allergie gegen Heu, sondern gegen Pollen von blühenden Gräsern, Getreide, Bäumen, Blumen und Sträuchern. Oft kommen die Beschwerden wie juckende Nase, Niesreiz, Niesanfällen, dem Wechsel von Fließnase und verstopfter Nase, und juckende, gerötete und entzündete Augenbindehäuten, mit dem ersten Pollenflug.

Mehl- und Holzstauballergie

Beide Allergieformen treten bevorzugt bei Ausübung der entsprechenden Berufe auf. Dazu gehören z.B. Roggen- und Weizenmehl in der Bäckerei und Holzstäube in Tischlereien.

4. Chemikalienbelastung im Innenraum

Formaldehyd

Chemisch-physikalische Kurzcharakterisierung:

Formaldehyd [**HCHO**] und seine hoch konzentrierten wäßrigen Lösungen > 30% sind auch unter einer ganzen Reihe von Trivialnamen bekannt:

Ameisnaldehyd, Ameisensäurealdehyd, Formalin, Formylhydrat, Methanal, Methylaldehyd, Oxomethan, Polymerisiert: Paraformaldehyd, Trioxan [J1].

Es ist ein stechend riechendes, giftiges Gas, welches in wäßriger Lösung weitgehend als Hydrat, **HO-CH₂-OH**, vorliegt. Technisch wird es hauptsächlich durch Dehydrierung (=Wasserabspaltung) von Methanol mit Luftsauerstoff am Silber- oder Kupferkontakt bei etwa 600°C (A.W.v.Hoffmann, 1867) hergestellt. [J2].

Vorkommen und Verwendung:

Verwendung findet oder fand Formaldehyd vor allem als Desinfektionsmittel für Wohnräume und in Krankenhäusern, als Konservierungs- und Härtungsmittel (Formalin) für anatomische Präparate, beim Räuchern. Der weitaus größte Teil jedoch geht in die Herstellung von Kunststoffen wie Harnstoff-, Melamin-Harzen und auch Aminoplasten, Phenoplasten und Polyoxymethylenen (Acetylharzen), in denen Formaldehyd chemisch gebunden ist [J3].

Ins Gerede und öffentliche Bewußtsein kam Formaldehyd durch die zum Teil reißerisch aufgemachten und undifferenzierten Berichte in Presse, Funk und Fernsehen, als Bestandteil von Holzspanplatten:

Platten aus Holzspänen, die ähnlich wie Holzfaserplatten - mit einem Bindemittel aus Kunstharzleim (Harnstoff- oder Melamin-Formaldehyd-Harze) heiß gepreßt werden. Durch Größe, Form und Anordnung der Späne und die Mengen des Kunstharzanteils (ca. 3-8%) können die Eigenschaften der Holzspanplatten variiert werden. Hochwertige Platten werden mehrschichtig und mit besonders feinen Deckspänen hergestellt [J3].

Zwischenzeitlich hat der Gesetzgeber eindeutige Regelungen für den Umgang mit Formaldehyd und die davon betroffenen Produkte erlassen:

Grenzwerte und sonstige gesetzliche Regelungen:

Für Formaldehyd sind in der Gefahrstoffverordnung eindeutige Grenzwerte angegeben, ab denen eine **Kennzeichnung** vorgeschrieben ist:

- Textilien mit einem Massengehalt von mehr als 0,15 vom Hundert an freiem Formaldehyd, die bei bestimmungsgemäßem Gebrauch mit der Haut in Berührung kommen, sind mit dem Satz zu kennzeichnen:
„Enthält Formaldehyd. Es wird empfohlen, das Kleidungsstück zur besseren Hautverträglichkeit vor dem ersten Tragen zu waschen.“ (GefStoffV/Anhang III Nr.9)
- Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel mit einem Massengehalt von mehr als 0,1 vom Hundert Formaldehyd sind mit der Aufschrift zu kennzeichnen:
„Enthält Formaldehyd.“ (GefStoffV/Anhang III Nr.12)
- Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel mit einem Massengehalt von mehr als 0,2% Formaldehyd dürfen nicht in den Verkehr gebracht werden.(ChemVerbotsV B 4.1 Abschnitt 3, Abs.3) (gilt nicht für Industriereiniger)
- Beschichtete und unbeschichtete Holzwerkstoffe (Spanplatten, Tischlerplatten, ... Faserplatten) dürfen nicht in den Verkehr gebracht werden, wenn die vom Holzwerkstoff verursachte Ausgleichskonzentration des Formaldehyds in der Luft eines Prüfraums 0,1 ml/m³ (ppm) überschreitet. ... (ChemVerbotsV B 4.1

Abschnitt 3, Abs.1) (mit Ausnahmen für bestimmte industrielle Bereiche)

- Möbel, die Holzwerkstoffe enthalten, die nicht den Anforderungen nach Abs.1 entsprechen, dürfen nicht in den Verkehr gebracht werden. ... (ChemVerbotsV B 4.1 Abschnitt 3, Abs.2) (Ausnahmen, wenn nach Beschichtung die Ausgleichskonzentration eingehalten wird und für Möbel, die vor dem 31.12 1991 hergestellt wurden [J4].

Expositionen:

Somit ist klar festgelegt, wann mit einer Formaldehydexposition zu rechnen ist und in welcher Größenordnung diese liegen kann. Eine ganze Reihe von Messungen und Untersuchungen des Instituts und Poliklinik für Arbeitsmedizin der Universität des Saarlandes in Büro- und Verwaltungsbereichen sowie auch in privaten Wohnräumen belegen, daß für viele mit Formaldehyd in Zusammenhang gebrachte Beschwerden auch immer konkurrierende Faktoren, die durch Klimafaktoren verursacht werden können mit berücksichtigt werden müssen.

Messung:

Formaldehyd ist toxikologisch sehr gut untersucht, so daß man genau weiß, womit man zu rechnen hat. Weiterhin existieren Grenzwerte auch für den häuslichen Bereich, was man für die wenigsten Substanzen sagen kann. Weiterhin kann jeder verhältnismäßig preiswert, die Konzentration des ausgasenden Formaldehyds selbst überprüfen, nämlich mit dem Bio-Check F (einem Schnelltest der Fa. Dräger, Lübeck; ca. 40,- DM), der über Apotheken bezogen werden kann (s. dazu auch Kapitel 12).

Pestizide: Holzschutzmittel, Herbizide, Fungizide

Unter Pestiziden versteht man Chemikalien bzw. Substanzen, die zur Pflanzenbehandlung bzw. zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt werden. Im Einzelnen zählen dazu:

- Herbizide, die gegen Unkräuter,
- Insektizide, die gegen Insekten,

- Helminthizide, die gegen Würmer,
- Molluskizide, die gegen Schnecken,
- Nematizide, die gegen Fadenwürmer,
- Fungizide, die gegen Pilze und schließlich
- Akarizide, die gegen Milben eingesetzt werden.

1989 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 30684 Tonnen verkauft. Inzwischen geht der Einsatz von Pestiziden zurück. 1987 waren noch 1695 Pflanzenschutzmittel auf der Basis von 308 Wirkstoffen zugelassen. Diese Anzahl verringerte sich bis 1990 auf 956 Mittel mit 216 Wirkstoffen. Durch den massiven Einsatz dieser Mittel in früheren Jahren ist es vielfach zu einer nachweislichen Kontamination des Grundwassers gekommen, die auch zu Überschreitungen der Grenzwerte gemäß Anlage 2, lfd Nr. 13a der Trinkwasserverordnung für Chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung einschließlich toxischer Abbauprodukte führte [J20].

Im folgenden werden einzelne Vertreter dieser Stoffgruppen näher vorgestellt. Dabei handelt es sich um Substanzen, die durch die Berichterstattung in den Medien allgemein, zumindest unter ihrem Namen, bekannt sind.

Pentachlorphenol (PCP)

Chemisch-physikalische Kurzcharakterisierung:

Pentachlorphenol (C_6Cl_5OH) bildet beständige, geruchlose, weiße, nadelförmige wasserfreie Kristalle, mit einem Schmelzpunkt von $190^\circ C$ und einem Siedepunkt von $300^\circ C$ unter Zersetzung.

PCP reagiert schwach sauer und ist in Wasser und Petrolether schwer löslich. Es ist dagegen löslich in Alkalilauge (Salzbildung) und Alkohol.

Hergestellt werden, kann es durch Chlorierung von Phenol oder Hydrolyse von Hexachlorbenzol, durch Chlorierung von 2,4,6-Trichlorphenol mit $AlCl_3$ als Katalysator [J3].

Vorkommen und Verwendung:

Pentachlorphenol ist ebenso wie andere Chlorphenole ein starkes Gift für Mikroorganismen (bakterizid und fungizid), Pflanzen (algizid und herbizid), Insekten, Mollusken und Fische. Es stört die oxidative Phosphorylierung in der Zelle. PCP kann über den Magen-Darm-Trakt, durch Einatmen, vor allem auch über die Haut aufgenommen werden; die Ausscheidung erfolgt größtenteils über die Nieren. [J3].

Technisches PCP kann herstellungsbedingt neben phenolischen Verunreinigungen vor allem Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane mit unterschiedlichen Chlorierungsgraden enthalten. Den höchsten Anteil bildet Octachlordibenzo-p-dioxin mit bis zu 2500 mg/kg PCP. Das besonders toxische 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (TCDD) konnte dagegen in den technischen Produkten bei einer analytischen Nachweisgrenze von 0,05 bis 0,001 mg/kg PCP nicht gefunden werden. Sowohl technisches als auch reines bzw. gereinigtes PCP gilt als embryotoxisch bzw., teratogen [J3].

Der Eintrag von PCP in die Umwelt erfolgte vorzugsweise durch die Vielzahl von Einsatzbereichen, dazu zählt vor allem die Einträge über Holz-, Textil- und Lederkonservierungsmittel und als Desinfektionsmittel. Hohe Produktionsmengen führten zu lokalen, territorialen und vermutlich globalen Kontaminationen der Umwelt. Begünstigt wurde dies durch die Stoffeigenschaften von PCP wie Wasserunlöslichkeit, Volatilität und Lipophilie, die zusammen mit einer geringen biologischen Abbaubarkeit dazu führten, daß PCP heute ubiquitär vorkommt. [J3]

Grenzwerte und sonstige gesetzliche Regelungen:

Für Pentachlorphenol und seine Verbindungen schreibt die Gefahrstoffverordnung vor: [J4]

Pentachlorphenol, seine Salze und Ester sowie Zubereitungen, die diese Stoffe enthalten, dürfen nur mit nachfolgender Aufschrift in den Verkehr gebracht werden:

„Nur für Fachleute im Bereich Forschung und Analyse.“ (GefStoffV/Anhang III Nr.6)

Folgende Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse dürfen nicht gewerbsmäßig, im Rahmen sonstiger wirtschaftlicher Unternehmungen oder unter Beschäftigung von Arbeitnehmern hergestellt oder verwendet werden:

Pentachlorphenol, Pentachlorphenolnatrium sowie die übrigen Pentachlorphenolsalze und -verbindungen,

Zubereitungen mit einem Massengehalt von insgesamt mehr als 0,01 vom Hundert, der in den Nummern 1 und 2 genannten Stoffe, sowie Erzeugnisse, die mit einer Zubereitung behandelt worden sind, die Stoffe nach Nummer 1 oder 2 enthält und deren von einer Behandlung erfaßten Teile mehr als 5 mg/kg (ppm) der Stoffe nach Nummer 1 oder 2 enthalten [J5].

Lindan

Chemisch-physikalische Kurzcharakterisierung:

Lindan ($C_6H_6Cl_6$) ist der Trivialname für γ -1,2,3,4,5,6-Heachlorcyclohexan. Lindan ist eins von acht Stereoisomeren des 1,2,3,4,5,6-Heachlorcyclohexans (HCH, Benzolhexachlorid, BHC). Es handelt sich bei Lindan um ein farbloses, kristallines Pulver mit leicht modrigem Geruch. Es ist merklich flüchtig, in Wasser nur in Spuren löslich, in organischen Lösungsmitteln unterschiedlich. Es ist unbeständig gegenüber Alkalien. Bei thermischer Zersetzung entstehen Phosgen und Chlorwasserstoff [J1] [J3].

Lindan kann durch Photochlorierung von Benzol hergestellt werden. Das so gewonnene Technische HCH enthält 65-70% α -HCH, 7-10% β -HCH, 14-15% γ -HCH, ca. 7% δ -HCH, 1-2% ϵ -HCH sowie 1-2% sonstige Verbindungen wie Heptachlor- und Octachlorcyclohexan. Dabei sollen die letzteren wesentlich zum unangenehmen Geruch beitragen. Dieses Gemisch muß dann aufgereinigt werden, da in Deutschland seit 1972 Lindan nur in einer Reinheit von mindestens 99,5% an Weiterverarbeiter abgegeben wird [J3].

Vorkommen und Verwendung:

Lindan findet bevorzugt als Insektizid gegen Bodenschädlinge (hier vor allem in Form von Saatgutbehandlungsmittel) und gegen rindenbewohnende Forstschädlinge eingesetzt. Es ist Bestandteil von Holzschutzmitteln und findet in außereuropäischen Bereich bei der Bekämpfung von Parasiten an Nutztieren Verwendung. Darüber hinaus wird es gegen Vorratsschädlinge, Wanzen in Kakao- und Schadkäfer in Kaffeepflanzungen angewendet [J3]

Polychlorierte Biphenyle (PCB's)

Chemisch-physikalische Kurzcharakterisierung:

Die Polychlorierten Biphenylen, abgekürzt als PCB's, stellen eine Verbindungsklasse $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$ mit einem Molekulargewicht von 189 bis 499, in Abhängigkeit vom Chlorgehalt. Sie besteht theoretisch aus 209 isomeren und homologen Einzelverbindungen (Kongeneren) [J3].

Sie stellen eine anthropogene Verbindungsklasse dar, d.h. es sind Verbindungen, die in der Natur natürlicherweise nicht vorkommen. Ihre hervorstechenden Eigenschaften bestehen :

- Sie sind billig herzustellen
- Sie sind nicht brennbar.
- Sie sind nicht entflammbar.
- Sie besitzen eine hohe chemische Stabilität.
- Sie besitzen eine geringe Korrosivität.
- Sie besitzen ein gutes elektrisches Isoliervermögen
- Sie besitzen eine geringe Wasserlöslichkeit.

Vorkommen und Verwendung:

Aufgrund dieser beschriebenen Eigenschaften wurden die PCB's seit 1929 in erheblichen Mengen industriell produziert und in zahlreichen Bereichen eingesetzt. Dieser Einsatz geschah sowohl in offenen wie auch in geschlossenen Systemen. Die folgende Tabelle gibt eine kurze Übersicht über die unterschiedlichen Einsatzbereiche [J8]:

Tab 1 Anwendungsformen von PCB'S

1. Verwendung in offenen Systemen
 - Schmieröl, Schneidöl, Bohröl, Schleifflüssigkeit
 - Feuerhemmendes Imprägniermittel in der Elektroindustrie
 - Weichmacher von Kunststoffen und Lacken
 - Zusatz zu Kittten, Spachtel-, Dichtungs- und Vergußmassen
Wachsen, Asphaltmaterial, Chlorkautschuk und Klebstoffen
 - Zusatz zu Druckfarben und Kopierpapieren
2. Verwendung in geschlossenen Systemen
 - Transformatorenöl
 - Dielektrikum von Kondensatoren
 - Hydraulikflüssigkeit
 - Wärmeüberträger

Grenzwerte und sonstige gesetzliche Regelungen:

Seit 1978 ist das Inverkehrbringen von PCB-haltigen Erzeugnissen und Materialien durch die 10. Verordnung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz nur noch auf geschlossene Systeme beschränkt. Erzeugnisse, die bereits in den Verkehr gebracht wurden, mit einem PCB-Gehalt von mehr als 50 mg/kg (50 ppm) müssen gemäß der PCB-Verbotsverordnung stufenweise bis zum Jahr 1999 außer Betrieb genommen werden. Seit 1983 werden außerdem in der

Bundesrepublik Deutschland keine PCB-haltigen Kondensatoren mehr hergestellt [J9].

Bedingt durch ihre schlechte Abbaubarkeit und den jahrzehntelangen Eintrag in die Medien Luft, Boden und Wasser haben sie sich weltweit verbreitet und sind heute ubiquitär, d.h. man kann sie überall nachweisen. Dadurch gelangen die PCB'S in pflanzliche Futter- und Nahrungsmittel. Wegen ihrer Fettlöslichkeit reichern sie sich im tierischen Fettgewebe an; somit kumulieren sie am Ende der Nahrungskette im Menschen. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über PCB-Gehalte in verschiedenen Nahrungsmitteln [J8].

Tab 2: PCB-Gehalte in Nahrungsmitteln.

| | | |
|----------------------------|------------|---------------------|
| Pflanzliche Nahrungsmittel | 0,005-0,02 | mg/kg Frischgewicht |
| Fleisch | 0,060-1,20 | mg/kg Fett |
| Kuhmilch | 0,10 | mg/kg Fett |
| Aal | 3,00 | mg/kg Frischgewicht |
| Muttermilch | 1,50 | mg/kg Fett |

Seit 1983 werden in der BRD keine PCB-haltigen Kondensatoren mehr hergestellt ("geschlossene" Systeme)

Expositionen:

Heutzutage ist eine Exposition gegenüber den PCB's akut nicht mehr möglich, da keine PCB-haltigen Produkte mehr im Handel sind. Vielmehr beschränken sich die heutigen Expositionen aus den Altlasten früherer Tage. Ein sehr gutes Anzeichen ob eine PCB-Belastung vorliegt, bietet die Bestimmung der inneren Belastung im Blut der betreffenden Person. Es gelten für die PCB's allgemein die folgenden Punkte:

1. Zur Abschätzung der PCB-Belastung wird der Gehalt von 6 PCB-Kongeneren bestimmt. Dies sind die PCB's 28, 52, 101, 138, 153 und 180 (Nomenklatur gemäß Ballschmider).
2. Je höher der CL-Gehalt, desto größer ist die Halbwertszeit.
3. Die PCB's 28 und 52 sind nur bei akuter Belastung nachweisbar.
4. Die PCB's 101, 138 und 180 besitzen eine längere Halbwertszeit \Rightarrow Sie stellen die sogenannte Hintergrundbelastung dar, das heißt, wie viel PCB's der Mensch bisher aufgenommen hat.

5. Die höheren PCB's können auch noch nach Jahren akuter/chronischer Belastung stark erhöht sein.
6. Eine akute Belastung erfolgt meist inhalativ.
7. Die Halbwertszeit beträgt zwischen mehreren bis zu 30 Jahren.
8. Eine geringfügige Erhöhung der höheren PCB's ist am ehesten nahrungsmittelbedingt (Aufnahme besonders über Fleisch und Fisch).
9. Die höheren PCB's können durch Kumulation (Anreicherung) mit dem Alter zunehmen

Da die PCB's heute überall in der Umwelt anzutreffen sind, kann man sich gegen eine Aufnahme dieser Stoffe nicht vollständig schützen, d.h. eine Aufnahme nicht vollständig ausschließen. Aus diesem Grund wurden Referenzwerte festgelegt. Die Referenzwerte stellen ein Maß für die Schadstoffbelastung in der Allgemeinbevölkerung dar, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt gewissermaßen unvermeidlich ist. Und hier beginnt das Problem: Viele Analysenlabors arbeiten mit Referenzwerten, die

1. viel zu niedrig angesetzt sind, d.h. sich nicht mehr auf dem neuesten Stand der Wissenschaft befinden
2. Nicht berücksichtigen, daß die Schadstoffbelastung im Alter durch Anreicherung dieser Stoffe bedingt durch die großen Halbwertszeiten zunehmen.

Die folgenden beiden Tabellen sollen diese Problematik anhand eines Zahlenbeispiels noch einmal verdeutlichen:

Tab.X: Referenzwerte für die 6 PCB-Kongenere zweier Analysenlabors aus dem Südwestdeutschen Raume, die zu niedrig sind und weiterhin keine Altersabhängigkeit berücksichtigen

| PCB | Chemische Nomenklatur | 1 Referenzwert | 2 |
|------------|--------------------------------------|-----------------------|------------|
| PCB 28 | 2,4,4'-Trichlorobiphenyl | <10 ng/l | <10 ng/l |
| PCB 52 | 2,2',5,5' Tetrachlorobiphenyl | <10 ng/l | <10 ng/l |
| PCB 101 | 2,2',4,5,5' Pentachlorebiphenyl | - 100 ng/l | <100 ng/l |
| PCB 138 | 2,2',3,4,4',5'Hexachlorobiphenyl | - 600 ng/l | <500 ng/l |
| PCB 153 | 2,2',4,4',5,5'Hexachlorobiphenyl | - 750ng/l | <600 ng/l |
| PCB 180 | 2,2',3,4,4',5,5' Heptachlorobiphenyl | - 350 ng/l | < 300 ng/l |

Etwa ab 1994 wurden dann die ersten Studien veröffentlicht, die zeigten, daß die Belastung in der Allgemeinbevölkerung erheblich höher ist und diese berücksichtigten auch die Anreicherung der PCB's mit zunehmendem Alter [J9].

Tab.X: vorgeschlagene Referenzwerte für die PCB-Belastung der Allgemeinbevölkerung in verschiedenen Altersstufen in µg/l

| PCB | Altersverteilung [Jahre] | | | | |
|---------|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 18 - 25 (n=29) | 26 - 35 (n=82) | 36 - 45 (n=65) | 46 - 55 (n=71) | 56 - 65 (n=29) |
| PCB 138 | 1,3 | 1,9 | 2,3 | 2,7 | 4,9 |
| PCB 153 | 1,8 | 2,4 | 2,9 | 4,2 | 6,1 |
| PCB 180 | 1,3 | 1,6 | 2,4 | 3,3 | 4,3 |
| ΣPCB's | 4,2 | 5,8 | 7,6 | 10,2 | 15,5 |

Die PCB's 28, 52 und 101 wurden in keiner der untersuchten Proben nachgewiesen. Alle anderen lagen über der Bestimmungsgrenze (0,2 µg/l) Dies sind die Ergebnisse einer Studie mit 285 Personen in verschiedenen Altersstufen ohne berufliche Belastung gegenüber PCB's. Heute wird in der überwiegenden Anzahl der Analysenlaboratorien mit höheren Referenzwerten gearbeitet.

Messung:

Wenn nur eine generelle Exposition und/oder das Ausmaß einer persönlichen PCB-Belastung festgestellt werden soll, bietet es sich an z.B. über den Hausarzt oder einen Arzt für Umweltmedizin das Blut auf PCB's untersuchen zu lassen.

Zur Bestimmung der PCB-Gehalte in bestimmten Materialien sollte man ein Analyseninstitut beauftragen.

**Flüchtige Stoffe, Lösungsmittel,
Volatile organic compounds (VOC)**

Chemisch-physikalische Kurzcharakterisierung:

Bei den Lösungsmitteln oder flüchtigen Stoffe wird weitgehend davon abgesehen auf Einzelsubstanzen einzugehen. Vielmehr wird versucht,

einen generellen Überblick über diese Stoffgruppe zu geben. Sie zeichnen sich allgemein dadurch aus, daß der Siedepunkt verhältnismäßig niedrig ist und viele davon auch einen niedrigen Dampfdruck besitzen, wodurch ein nicht unerheblicher Teil verdampfen und in die Luft eines entsprechenden Raumes gelangen kann. Dazu gehören Alkohole, Ester, Aldehyde, Ketone, Ether, usw.

Vorkommen und Verwendung:

Sie können in Farben, Lacken, Klebern, Reinigern, Sprays usw. vorkommen. Es gibt keine Berufsgruppe, die nicht Lösungsmitteln gegenüber in unterschiedlichen Größenordnungen ausgesetzt ist oder war. Diese Belastungen konnten dabei über mehrere Größenordnungen schwanken. So war sie bei Malern und Anstreichern sicherlich um einige Größenordnungen höher als bei Arbeiten in einem Büro, wo aber auch Produkte verwendet wurden, die in geringem Maße diese Stoffgruppe enthielt. Hier wären z.B. zu nennen die allseits bekannten wasserfesten Filzstifte und die Schreibmaschinenkorrekturflüssigkeiten wie "Tippex". In solchen Bereichen aber von einer relevanten Exposition zu sprechen, wie in einigen reißerisch aufgemachten Artikeln und Broschüren dem Leser suggeriert worden war, wäre sicherlich falsch und absolut übertrieben.

Bei all dem gesagten darf man jedoch nicht vergessen, daß es nichtsdestotrotz Menschen gibt, die selbst bei den geringsten Schadstoffkonzentrationen auf diese Stoffe reagieren können.

Sie sind dafür prädisponiert. Es handelt sich dabei meistens um allergische Mechanismen, die dafür verantwortlich gemacht werden. Wer sich diesen Stoffen nicht aussetzen will, hat heutzutage die Möglichkeit auf andere Produkte auszuweichen. So kann, wer nicht mit lösungsmittelhaltigen Lacken und Farben anstreichen möchte, heutzutage auf eine große Palette lösungsmittelfreier, wasserverdünnbarer Farben zurückgreifen. Ähnlich sieht es auch für die anderen, oben angesprochenen Produkte aus. Auch für diese existieren eine ganze Reihe von lösungsmittelfreien Ersatzstoffen.

Die folgende Tabelle gibt Beispiele für die Konzentrationen, die man in weitgehend unbelasteten Wohnungen finden kann. Sie bietet somit einen guten Überblick zur Beurteilung von Wohnungen oder Arbeitsplätzen, bei denen kein Umgang mit irgendwelchen Schadstoffen herrscht.

Tab.X: Konzentrationen ausgewählter flüchtiger organischer Verbindungen in rund 500 Wohnräumen [J11]

| Verbindung | Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | |
|-----------------------------|--|-------------------|-------------|
| | Arithmet. Mittelwert | 90% Perzentil (*) | Maximalwert |
| Aliphaten | | | |
| n-Decan | 15 | 31 | 240 |
| n-Undecan | 10 | 23 | 120 |
| Cycloalkane | | | |
| Cyclohexan | 9,1 | 13 | 600 |
| Aromaten | | | |
| Benzol | 9,6 | 18 | 90 |
| Toluol | 84 | 132 | 1710 |
| Naphthalin | 2,5 | 4,1 | 14 |
| Halogenverbindungen | | | |
| 1,1,1-Trichlorethan | 8,6 | 16 | 260 |
| Trichlorethen | 11 | 12 | 1200 |
| Tetrachlorethen | 14 | 15 | 810 |
| p-Dichlorbenzol | 14 | 14 | 1260 |
| Terpene | | | |
| α -Pinen | 10 | 19 | 120 |
| β -Pinen | 1,4 | 2,8 | 14 |
| Limonen | 28 | 67 | 320 |
| Carbonylverbindungen | | | |
| Ethylacetat | 10 | 17 | 200 |
| n-Butylacetat | 6,5 | 12 | 140 |

(*) 90% aller Meßwerte liegen unter dem angegebenen Wert

Grenzwerte und sonstige gesetzliche Regelungen:

Im privaten Bereich existieren praktisch keine gesetzlichen Regelungen für diese Stoffe. Ganz anders hingegen sieht es an Arbeitsplätzen aus, wenn mit lösungsmittelhaltigen Produkten oder Stoffen umgegangen wird. In diesen Fällen greifen nämlich die Marktwerte (MAK = Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen, siehe auch Kapitel 2 "Definitionen"). Diese legen nämlich für eine ganze Reihe von Stoffen Konzentrationen fest, die nicht überschritten werden dürfen. Ebenso verhält es sich mit den BAT-Werten (BAT = Biologischer Arbeitsplatztoleranzwert). Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Größenordnungen einiger exemplarischer Schadstoffe in der Allgemeinbevölkerung und bei Personen die arbeitsbedingt mit diesen Stoffen Umgang haben.

Tab.X: Biomonitoring (Bestimmung von Schadstoffen in biologischen Materialien) von organischen Umweltgefährstoffen in Urin und Blut im Vergleich zu Arbeitsplatzkonzentrationen [J12].

| Substanz | Material | Normalbereich [µg/l] [J12] | BAT-Wert [µg/l][J13] |
|---------------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Benzol | Blut | < 1 | |
| Toluol | Blut | < 5 | 1000 |
| m-Xylol | Blut | < 3 | 1500 (alle Isomere) |
| Ethylbenzol | Blut | < 2 | |
| Dichlormethan | Blut | | 1000 |
| Tetrachlorethen | Blut | < 1 | 1000 |
| Trichlorethen | Blut | < 0,3 | 5000 (als Trichlorethanol) |
| 111,-Trichlorethan | Blut | < 1,3 | 550 |
| Hexachlorcyclohexan (HCH) | Plasma | | |
| α-HCH | | < 0,1 | |

| | | | |
|-------------------|------|-------|-------------|
| β -HCH | | < 0,3 | |
| γ -HCH | | < 0,1 | 20 |
| Pentachlorphenol | Blut | < 25 | 1000 (1988) |
| | Harn | < 10 | 300 (1988) |
| Chlorphenole (CP) | | | |
| Mono-CP | Harn | < 8 | |
| Di-CP | | < 35 | |
| Tri-CP | | < 10 | |
| Tetra-CP | | < 25 | |

Diese Tabelle verdeutlicht sehr gut, daß sich die Konzentrationen von Schadstoffen in biologischen Materialien in biologischen Matrices (Material) in der Normalbevölkerung doch sehr deutlich von denen von Beschäftigten unterscheiden, die mit diesen während ihrer Tätigkeit nachgehen.

Messung:

Für die Messung von Substanzen innerhalb dieser Gruppe stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Diese unterscheiden sich in den Kosten, die für diese Stoffgruppe nicht unterschätzt werden sollten.

Diese können jedoch durch Mitarbeit des Betroffenen reduziert werden. So sollte er versuchen, die Stoffgruppe einzuengen, die für seine Beschwerden verantwortlich gemacht werden können. Hilfreich kann in diesem Falle eine explizite medizinische Abklärung sein. Natürlich sollte abgeklärt werden, in welchen im Haushalt oder am Arbeitsplatz verwendeten Produkten diese Substanz enthalten ist.

Nach dieser Vorarbeit kann der Betroffene jetzt:

1. Ein Labor beauftragen, welches die entsprechende Probenahme und anschließende Analyse durchführt. Man sollte aber darauf achten, daß die Meßwerte auch entsprechend interpretiert werden.
2. Den Bio-Check Lösemittel der Firma Dräger (Lübeck), einen Aktivkohle-Passivsammler, verwenden, der in dem zu untersuchenden Bereich über einen gewissen Zeitraum ausgelegt werden muß. Nach erfolgter Probenahme wird er dann zu der Firma eingeschickt. Man sollte ihn aber erst nach Rücksprache einsetzen, da über diese Methoden nur Stoffe nachzuweisen sind, die auch an Aktivkohle adsorbierbar sind. Andere Substanzen, wie zum Beispiel Aldehyde müssen mittels anderer Testkits be-

stimmt werden. Nun wird auch vielleicht deutlicher, warum die oben angesprochenen Vorarbeiten unbedingt einfließen sollten. Nur damit kann man nämlich ein zufriedenstellendes Ergebnis erwarten. Mit dem Erwerb dieses Testkits hat man auch die Analyse auf eine Reihe von Substanzen bezahlt (siehe auch Kapitel 12 "Einfache selbst durchführbare Meßmethoden").

Terpene

Terpene sind flüchtige Stoffe und kommen als natürliche Bestandteile im Harz der Koniferen (besonders Pinusarten) vor und können aus Fichten- oder Kiefernholz freigesetzt werden. Die dominierenden Schadstoffe sind dabei Monoterpene wie Alpha-Pinen, Beta-Pinen, Delta-3-Caren und Limonen. Diese Stoffe können sich bei der Verwendung von neuen Holzteilen, z.B. Massivholzmöbeln, im Innenraum geruchlich bemerkbar machen. Bei Holzwerkstoffen wie z.B. Spanplatten sind Terpenemissionen eher selten, da sie bereits beim Herstellungsprozeß verflüchtigt werden. Eine weitere Quelle stellt die Verwendung von aus den Hölzern gewonnenen Terpentinöle (Balsamterpentinöl, Wurzelterpentinöl) bei der Herstellung von Lacken/Farben, vor allem „Biolacke“ dar. Abhängig von den Pinusarten, aus denen sie gewonnen werden, und dem Ursprungsland können die Zusammensetzungen der verschiedenen Terpentinöle ganz erheblich schwanken. Auch Monate nach Fertigstellung eines Fertighaustyps mit überwiegender Massivholzbauweise können die dominierenden Terpene anhand typischer Peaks in der Gaschromatographie nachgewiesen werden. [J 46].

In einer 1983 durchgeführten Studie an terpenexponierten Arbeitern eines Sägewerkes wurden irritative Effekte im Bereich der oberen Luftwege und leichte obstruktive Lungenfunktionsveränderungen festgestellt. Bei den Rauchern wurden additive Kombinationseffekte diskutiert [J47]. Der gültige Arbeitsplatzgrenzwert für Terpentine wurde 1991 auf 150 mg/m³ reduziert [J 47]. Ferner konnten in höheren Dosierungen irritative Effekte im Bereich der Nase und der Augen beobachtet werden [J 48]. Eine dauerhafte dermale Delta-3-Caren-Exposition kann eine allergische Kontaktdermatitis auslösen, weshalb diese Arbeitsstoffe mit „S“ (Sensibilisierungsrisiko) gekennzeichnet sind. Da zum jetzigen Zeitpunkt keinerlei Hinweise in der Literatur zu

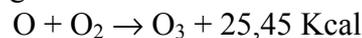
finden sind, kann hinsichtlich eines Sensibilisierungsrisikos bei dauerhafter inhalativer Exposition keine definierte Aussage gemacht werden. Dennoch sollte unter dem Aspekt des vorbeugenden Gesundheitsschutzes jede Chemikalieneinbringung vermieden werden, insbesondere gegenüber Substanzen, deren toxikologische Potenz nicht hinreichend abgesichert ist [J46].

Ozon

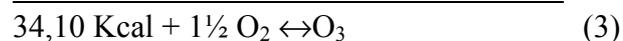
Chemisch-physikalische Kurzcharakterisierung:

Sauerstoff kommt neben seiner Normalform als O₂-Molekül auch in einer energiereicheren als Ozon O₃-Molekül vor.

Ozon wird allgemein durch Einwirkung von Sauerstoffatomen auf Sauerstoffmoleküle dargestellt:



Es gibt unterschiedliche Darstellungsmethoden, die sich hauptsächlich in der Art und Weise der Erzeugung der Sauerstoffatome unterscheiden:



Es ist dabei zweckmäßig die Reaktion bei niedrigen Temperaturen ablaufen zu lassen um das Gleichgewicht nach rechts zu verschieben. Dementsprechend führt man die notwendige Energie auf elektrischem, optischem oder chemischem Wege zu und nicht in Form von Wärmeenergie [J6].

Es ist ein farbloses, äußerst giftiges Gas. Der Siedepunkt liegt bei -111,9°C und der Schmelzpunkt bei 192,5°C. Es bildet schwarzblaue Kristalle. Der Name kommt aus dem Griechischen ozein = nach etwas riechen. Und wird je nach Konzentration als Nelken-, Heu- oder Chlor-ähnlich oder als nach Stickoxiden riechend beschrieben. Im Normalfall ist dieser Geruch ab einer Konzentration von 0,01 ppm wahrnehmbar. Es herrscht immer noch die Meinung vor, daß Walsluft

besonders O₃ haltig sei, was aber eine irrige Vorstellung ist, weil der O₃-Gehalt dort nicht höher ist, wohl hingegen der an oxidierten Terpenen als in anderer Freilandluft [J3].

Vorkommen und Verwendung:

In der Chemie ist Ozon neben Fluor das stärkste Oxidationsmittel. Es ist in der Lage fast alle Metalle zu ihrer höchsten Oxidationsstufe zu oxidieren. Ausnahmen bilden hier nur Gold (Au), Platin (Pt) und Iridium (Ir).

Viele organische Farbstoffe werden durch Ozon gebleicht, Gummischläuche zerstört.

In der Lufthülle der Erde kommt Ozon nur etwa in Konzentrationen von 10⁻⁵ bis 10⁻⁶ Vol.-% (entsprechend 0,1 - 0,01 ppm) vor, wobei sich rund 90% davon in der Stratosphäre mit einem breiten Maximum von 10 ppm in etwa 30 km Höhe befinden. Dies sind keine absoluten Konzentrationsangaben, da die Gehalte mit der Tages- und Jahreszeit aber auch mit den Sonnenaktivitäten schwanken[J3]. So sind die Ozongehalte in den frühen Morgenstunden noch relativ niedrig, steigen aber mit beginnender Sonneneinstrahlung besonders an Orten mit viel Autoverkehr stark an. Aus diesem Grunde werden die höchsten Ozonbelastungen auch am späten Nachmittag gemessen. Während der Nacht kann sich der Ozongehalt mit Hilfe der Schadstoffe wieder etwas abbauen. Wird das Ozon durch Wind jedoch ins Umland mit reiner Luft verfrachtet, so kann es sich in der Nacht nicht richtig abbauen und schaukelt sich in seiner Konzentration von Tag zu Tag hoch. Dies ist der Grund dafür, daß die höchsten Ozonbelastungen häufig nicht in Stadtzentren sondern im Umland der Städte zu beobachten sind. In Bodennähe kommt Ozon normalerweise nur in sehr geringen Konzentrationen vor[J7]. Gerade beim Ozon ist der Spielraum zwischen dem natürlichen - zur Selbstreinigung der Atmosphäre notwendigen Ozongehalt - und bereits schädlichen Konzentrationen äußerst eng. Das in Bodennähe auftretende Ozon, an dem man nicht interessiert ist, entsteht im Sonnenlicht aus Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid, Stickoxiden und anderen Schadstoffen. Es bildet sich ein sogenannter Photosmog. Durch den Menschen und seine Lebensweise verursacht, gelangen große Mengen dieser Stoffe in die untere Schicht der Atmosphäre. Der Mensch ist an dem enormen Anstieg des Ozons in der unteren Schicht direkt beteiligt. Weiteres Ozon entsteht durch Solarien und UV-Lampen, aber auch durch eigene Ionisatoren und Elektrofilter. Auch einige Schweißverfahren erzeugen bis über 4 ppm Ozon

(z.B. MIG bei Aluminium mit Schutzgas Argon). Es bildet sich weiterhin bei Fotokopiergeräten, aber auch bei Laserdruckern.

Natürliche Stickoxide bilden zusammen mit der Sonneneinstrahlung Ozon. Der Ausstoß von Stickoxiden, das hauptsächlich durch den Betrieb von Verbrennungsmotoren entsteht, und von Kohlenwasserstoffen hat den natürlichen Ozonwert um das X-fache vervielfacht. Man könnte deshalb das Ozon in 2 Gruppen unterteilen:

- 1.) Das gute Ozon:
Das ist der Anteil des Ozons in der Stratosphäre. Dieses dient als äußerst wirksames Schutzschild, das die Wärmestrahlung der Sonne durchläßt, aber die gefährlichen UV-Strahlen herausfiltert. Dieser Schutzschild ist in den letzten Jahren immer dünner geworden und kann somit seiner Aufgabe nicht mehr gerecht werden. Verantwortlich dafür sind Schadstoffe und hier vor allem die FCKW's (Fluor-Chlorkohlenwasserstoffe wie Frigene, die als Kühlmittel in Kühlschränken weltweite Verbreitung gefunden haben).
- 2.) Das schlechte Ozon:
Dies ist das Ozon in der Atemluft in der unteren Atmosphärenschicht. Hinsichtlich der Entstehung siehe oben. Es kann abhängig von der vorhandenen Konzentration bei Mensch und Tier zu Beeinträchtigungen und Schädigungen führen.

Grenzwerte und sonstige gesetzliche Regelungen:

Für den allgemeinen Bereich gelten die Regelungen der Sommer-smogverordnung. Diese hat die Maßnahmen bei erhöhten Ozonwerten in 3 Bereiche untergliedert:

- 1.) **ab 120 Mikrogramm (μg) pro Kubikmeter (m^3)Luft:** Dies stellt die Vorwarnstufe dar. In diesen Fällen gilt es die laufenden Informationen in Tageszeitung, Radio und Fernsehen zu verfolgen. Auch jeder einzelne kann etwas dazu beitragen, indem er beim Autofahren den Fuß vom Gas nimmt, also die Geschwindigkeit reduziert.
- 2.) **Ab 180 Mikrogramm pro Kubikmeter (m^3)Luft:** Dies ist die Ozonalarmstufe 1, welche mit freiwilligen Maßnahmen verbunden ist. Diese betreffen wiederum vorwiegend den Straßenverkehr, d.h. Geschwindigkeit reduzieren. Auf Autobahnen freiwillig Tempo 90 für PKW, für LKW gilt Tempo 60; auf Bundes- und Landstraßen für alle Verkehrsteilnehmer freiwillig Tempo 60.

- 3.) **Ab 240 Mikrogramm pro Kubikmeter (m³)Luft:** Dies ist die Ozonalarmstufe 2, die einhergeht mit einem Fahrverbot für nicht schadstoffarme Kfz [J7].

Expositionen:

Die Möglichkeiten zur Exposition bestehen einmal durch den Aufenthalt im Freien bei hohen äußeren Ozonwerten besonders bei Sommermog, zum anderen aber auch an einigen Arbeitsplätzen, wo wir keinen Arbeitsplatz bezogenen Grenzwert mehr besitzen, da dieser mit der Sommermogverordnung ausgesetzt wurde:

Im Büro kann Ozon entstehen durch Kopiergeräte, aber auch durch Laserdrucker und zwar durch die technisch notwendige Hochspannung über eine stille Entladung. Deshalb ist es unbedingt notwendig die vorgeschriebenen Wartungsintervalle unbedingt einzuhalten. Und bei der Neuanschaffung ist einem Kopiergerätes mit geringem Ozon- ausstoß unbedingt der Vorzug zu geben. Aber auch in anderen Bereichen ist mit Ozonbelastungen zu rechnen wie z.B. beim Schweißen. So ist nicht auszuschließen, daß beim MIG Schweißverfahren bei Aluminium mit Argon mehr als 4 ppm Ozon gemessen werden können.

Die aktuellen Ozondaten und Ozonprognosen werden vom Umweltbundesamt unter <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/aod.htm> ins Internet gestellt.

Metalle

Im Normalfall ist mit einer Belastung durch Metalle in Innenräumen nicht zu rechnen. Denkbar ist lediglich eine Bleibelastung in sehr alten Häusern, in denen die früher verwendeten Bleirohre für Trinkwasser noch nicht gegen die üblicherweise heute verwendeten Kupfer- und PVC-Rohre ausgetauscht wurden. In solchen Fällen ist eine relevante Bleiexposition nicht auszuschließen. Hier sollten umgehend Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Eine weitere mögliche Metallexposition in Innenräumen könnte durch auf den Boden gefallene und zerbrochene Fieberthermometer ausgehen. Wurde das ausgelaufene Quecksilber mit entsprechenden Hilfsmitteln nicht restlos entfernt, ist mit einer Belastung durch Quecksilber in dem entsprechenden Raum über einen längeren Zeitraum zu rechnen.

Weitere Metallbelastungen in Innenräumen können aus der Außenluft, vor allem aus Industrieanlagen oder Müllverbrennungsanlagen stammen. Diese Emissionen können durch Cadmium, Arsen usw. belastet sein, je nach industrieller Konstellation in der entsprechenden Umgebung.

Weiterhin sind hohe Metallbelastungen durch Freizeitaktivitäten vorstellbar, was Einzelfälle immer wieder belegen. Bei häufigen Lötarbeiten in schlechtbelüfteten Räumen und ähnlichen Arbeiten, wie Schweißen usw. können Expositionen auftreten, wie man sie normalerweise nur von schlecht ausgestatteten Arbeitsplätzen mit Überschreitung der maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen her kennt. Auch in diesen Fällen kann nur an die Eigenverantwortung jedes einzelnen appelliert werden, hier durch entsprechende Maßnahmen Abhilfe zu schaffen.

Insgesamt läßt sich jedoch abschätzen, daß die Belastung und damit eine unter Umständen verbundene gesundheitliche Beeinträchtigungen der Allgemeinbevölkerung gegenüber Metallen in Innenräumen eher als untergeordnetes Problem angesehen werden kann.

Reinigungsmittel

In dieser Produktgruppe kann man praktisch alle besprochenen Stoffe vorfinden, Lösungsmittel ebenso wie ätzende Stoffe oder Laugen. Ein sorgloser Umgang mit diesen Produkten sollte in jedem Falle vermieden werden. Die auf der Verpackung aufgedruckten Vorschriften und Sicherheitshinweise sollten unbedingt befolgt werden. Genauso wichtig ist es aber auch, bei Konzentraten, die verdünnt werden müssen, die Dosierungen exakt einzuhalten. In vielen Krankenhäusern wird immer noch in bestimmten Abteilungen wie z.B. OP-Sälen großflächig mit Formaldehydlösungen die Boden- und Tischdesinfektion vorgenommen. Dabei kommt es immer wieder bei einem Teil, des mit den Arbeiten betrauten Reinigungspersonals zu Befindlichkeitsstörungen hervorgerufen durch den Gefahrstoff Formaldehyd. Bei genauerer Analyse des Arbeitsverfahrens in solchen betroffenen Häusern stellte sich immer wieder heraus, daß dort das Personal die Desinfektionslösung selbst ansetzt und dabei die Dosierung nicht einhält, nach dem Motto verfährt „ein bisschen mehr kann ja nicht schaden“. Das geht

zum Teil so weit, daß der MAK-Wert nicht eingehalten werden kann. Viele dieser Häuser sind deshalb dazu übergegangen, diese Desinfektionslösungen nicht mehr individuell ansetzen zu lassen, sondern sie werden jetzt von einem Dosierautomaten über einen Wasserhahn exakt angesetzt. Die Zahl der geäußerten Befindlichkeitsstörungen ging nahezu auf null zurück und in allen überprüften Bereichen war die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) eindeutig eingehalten.

Ein weiteres Fehlverhalten beobachtet man, wenn verschiedene Reinigungsmittel nebeneinander zur Anwendung kommen. In solchen Fällen kann nämlich nicht ausgeschlossen werden, daß die unterschiedlichen Inhaltsstoffe miteinander reagieren und dadurch äußerst giftige (toxische) Reaktionsprodukte oder Zersetzungsprodukte wie z. B. Kampfgas bilden können.

Es stellt sich hier nun die Frage, ob man immer die aggressivsten und stärksten Reinigungsmittel für jeden Bereich einsetzen muß. In vielen Fällen und Anwendungsbereichen kann die „chemische Keule“ durch harmlosere Produkte oder sogar Essigreiniger ersetzt werden.

8. Asbest und andere Fasern

Schon die alten Chinesen und Ägypter haben Tücher und Matten aus Asbest hergestellt. Im Mittelalter geriet Asbest dann mehr oder weniger in Vergessenheit. Der Name kommt aus dem griechischen und bedeutet soviel wie unauslöschlich, unvergänglich. Asbest ist eine Sammelbezeichnung natürlich vorkommender Silikatfasern (silikatische Minerale der Serpentin- und Amphibolgruppe). Zur Serpentingruppe gehört Chrysotil (Weißasbest, $Mg_2[(OH)_8Si_4O_{10}]$). Zur Amphibolgruppe gehören Krokydolith (Blauasbest), Amosit (Braunasbest), Anthophyllit, Tremolit und Aktinolith. Technische Bedeutung besaßen in der Vergangenheit Chrysotil (ca. 94%), Krokydolith (ca. 4%) und Amosit (ca. 2%).

Die Asbest-Weltproduktion betrug 1976 5,2 Millionen Tonnen (Deutschland 1975 164000 Tonnen). Der Name Asbest bezieht sich auf das kommerzielle Produkt, es ist keine mineralogische Bezeichnung.

Seinen Siegeszug in der Neuzeit (Industrialisierung) kann mit seinen chemischen Eigenschaften erklärt werden. Sein hervorragenden Eigenschaften sind:

- Nichtbrennbarkeit
- Hitzebeständigkeit
- chemische Beständigkeit
- Beständigkeit gegenüber Fäulnis und Korrosion
- geringe elektrische Leitfähigkeit
- Elastizitäts- und Zugfestigkeit
- Adsorptions- und Isolierfähigkeit

Es war das "Mineral der tausend Möglichkeiten". Asbest kann versponnen und verwoben werden. Früher wurde Asbest in etwa 3000 verschiedenen Anwendungsbereichen verwendet. Keine andere Faser hat gleichzeitig eine so hohe Druckfestigkeit und Bindefähigkeit zum Zement wie Asbest. Daraus erklärt sich, warum Asbest so gerne als Baustoff oder auch für andere Bereiche verwendet wurde. Zudem sollte man nicht vergessen, daß Asbest auch überaus kostengünstig zu gewinnen war (Tagebau), was seine Verbreitung zusätzlich beschleunigte.

In der folgenden Tabelle sind die Hauptverwendungsbereiche aufgezeigt:

Tab.XX Hauptanwendungsbereiche von Asbest in Verhältnis zum Verbrauch

| Verwendungszweck | Anteil [%] |
|---|-------------------|
| Asbestzementprodukte Dachrinnen Rohre Ventilatorschächte | ca. 70 |
| Brems- und Kupplungsbeläge | ca. 5 |
| Fußbodenbeläge Flex-Platten Cushion-Vinyls | ca. 8 |
| Textilien | ca. 7,5 |

| | |
|--|---------|
| Gewebe Schutzkleidung Schnüre Schläuche | |
| Bautechnische Produkte Bitumen-, Dach- und Dichtungsbahnen Kittmassen Spachtel- und Vergußmassen Farben Feuerschutzmittel Unterbodenschutz | ca. 6 |
| Sonstiges Hochdruckdichtungen Pappen und Papier Filtermaterialien Getränkeindustrie Arzneimittel Chemikalien Formmassen Straßendeckschichten | ca. 3,5 |

Daneben enthielt aber z.B. auch Talkum einen natürlichen geringen Asbestanteil.

Vor und im zweiten Weltkrieg wurde sehr viel Asbest hauptsächlich von den Alliierten verwendet, z.B. als Filtermaterial für Gasmasken oder auch im Schiffbau für Matten für U-Boote. In Deutschland begann die Zunahme in den 50iger Jahren mit dem Wiederaufbau. Asbest findet sich in vielen Bereichen, selbst dort, wo man es nicht unbedingt vermuten würde. So z.B. die Asbestose einer Frau die jahrelang in einer Heißmangel arbeitete. Hier war die Walze mit Asbest umhüllt und immer wenn das darüber befindliche Tuch ausgewechselt wurde, kam es zu einer doch erheblichen Exposition.

Daneben enthielten aber noch viele Geräte und Produkte des täglichen Lebens Asbest (alte Geräte und Produkte können es noch enthalten). Die folgende Aufzählung, sicherlich nicht vollständig, gibt dennoch einen Überblick:

- elektrische Nachtspeicheröfen
- Haartrockner

- Toaster
- Ofenhandschuhe
- Strahler
- Warmhalteplatten
- Bügeleisen
- Durchlauferhitzer
- Trockenhauben
- Heizkörperverkleidungen
- Fußbodenbeläge
- Topfuntersetzer
- Blumenkästen
- Balkonverkleidungen

Asbestprodukte werden in zwei Hauptgruppen unterteilt:

- 1.) Schwachgebundene Asbestprodukte mit einem niedrigen Bindemittel- und einem hohen Asbestanteil.
- 2.) Festgebundene Asbestprodukte mit einem hohen Bindemittel- und einem niedrigen Asbestanteil (Asbestzement).

Zu 1.) Der Asbestanteil ist kleiner 60 Gewichtsprozent und die Produkte besitzen ein niedriges Raumgewicht, In der Regel unter $1,0 \text{ g/cm}^3$.

Zum Einsatz gelangten sie hauptsächlich als Spritzasbest, wo er vor allem zur Beschichtung von Decken, Wänden und Trägern in Gebäuden z.B. Schulen, Krankenhäusern, Verwaltungsgebäuden, Sporthallen, Turbinen usw. diente (Verwendung vorwiegend ab Ende der 50iger Jahre bis Mitte der 70iger Jahre). Die Verwendung von Spritzasbest ist seit 1979 verboten.

Daneben gibt es noch die Leichtbauplatten, die insbesondere für den baulichen Brandschutz eingesetzt wurden, die ebenfalls seit 1984 verboten sind.

Zu 2.) Der Asbestanteil ist kleiner 15 Gewichtsprozent, der sehr fest in Zementmassen eingebunden ist und ein relativ hohes Raumgewicht, in der Regel über $1,59 \text{ g/cm}^3$ besitzt.

Asbestzement wurde noch länger verwendet, hauptsächlich für Fassadenverkleidungen, Dacheindeckungen, Herstellung von Lüftungskanälen. Hier ist als Hauptvertreter das Eternit (10-25% Asbestfasern + Portlandzement) zu nennen. Nach Schätzungen wurden etwa 300 Millionen m² unbeschichtete Asbestzementplatten verkauft. Expositionen entstehen hier, wie bei allen Asbestzementprodukten hauptsächlich durch das mechanische Bearbeiten (z.B. Schleifen, Sägen, Reinigen mit Hochdruckreinigern usw.).

Bei den meisten asbesthaltigen Produkten ist im Normalfall, d. h. solange nicht daran manipuliert wird, nicht mit einer gesundheitsgefährdenden Asbestfaserbelastung zu rechnen, in Einzelfällen kann sie jedoch nie ausgeschlossen werden.

Damit eine Erkrankung ausgelöst werden kann, sind an die entsprechenden Fasern bestimmte Bedingungen geknüpft.

Aus Erfahrung weiß man, daß eine Faser nur dann in der Lage ist, Krebs zu erzeugen, wenn Sie

- einen bestimmten Durchmesser und
- eine bestimmte Länge, sowie
- eine gewisse Beständigkeit im Körper hat.

Dies gilt sowohl für Asbest, als auch alle anderen Fasern (z.B. künstliche Mineralfasern [J35])

Die Krankheiten und Symptome, die durch Asbest und andere Fasern verursacht werden können, sind aus der Arbeitswelt schon seit langem bekannt, während sie im Umweltbereich eher weniger vorkommen. Zu nennen wären:

- **Asbestose**

Die Asbestose wird zu Deutsch auch Asbeststaublunge genannt. Es handelt sich dabei um eine im Laufe von 10-20 Jahren auftretende Versteifung und Schrumpfung der Lunge. Die Auswirkungen davon sind Atemnot und letztlich kann es zum Herzversagen führen. Sie tritt bei Personen auf, die hohen Asbeststaubkonzentrationen ausgesetzt waren, z.B. am Arbeitsplatz, also Bedingungen die in der Regel in der Umwelt nicht zu beobachten und erwarten sind [J36].

- **Lungenkrebs**

Entgegen früheren Ansichten, daß ein asbestbedingter Lungenkrebs immer mit einer Asbestose gemeinsam auftritt, ist heute bekannt, daß es auch asbestbedingte Lungenkrebsfälle gibt, ohne daß eine nachweisbare Asbestose vorhanden ist [J36]

- **Mesotheliom**

Es handelt sich dabei ebenfalls um eine Krebserkrankung, nämlich um eine seltene Krebsform des Rippen- und Bauchfells. Es tritt im Mittel nach einer Latenzzeit von 10 bis 45 Jahren auf und führt oft in 1 bis 2 Jahren nach Diagnosestellung zum Tode.

Das Risiko an Krebs durch Asbest zu erkranken, steigt mit der Menge der als Schwebstaub eingeatmeten Fasern und mit der Einwirkungs-dauer von Asbest. Was leider allgemein nicht bekannt ist, ist die Tatsache, daß das Risiko asbestexponierter Personen an Lungenkrebs zu erkranken, erheblich ansteigt, wenn sie zusätzlich rauchen. Weiterführende Informationen über asbestbedingte Erkrankungen und Diagnosekriterien finden sich auch im Internet unter http://www.uniklinik-saarland.de/med_fak/arbeitsmedizin/diagnostik/kap3.html .

Asbestersatzstoffe/Künstliche Mineralfasern

Nachdem die Gesundheitsgefahr von Asbest erkannt war, ging man dazu über, Asbestersatzstoffe zu verwenden, die sich hinsichtlich ihrer Biobeständigkeit im Lungengewebe, ihrer Längsspaltung, ihrer Aufsplitterung und ihren Wirkungen hinsichtlich der mucozilären Clearance möglichst unterscheiden sollten. Dennoch konnten für einige anorganische, künstliche bzw. synthetische Faserstäube im Tierversuch eine Kanzerogenität nachgewiesen werden, so daß einige als kanzerogen nach Gruppe III A 2 eingestuft wurden. Deshalb sollte man aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes kritisch zu beurteilende Faserstäube (Fasern länger als 5 µm, Länge zu Durchmesser größer als 3 : 1 und hohe Biobeständigkeit) vermeiden. Zu den als kritisch einzustufenden Faserstäuben gehören die Keramikfasern, Glasfasern und einige kristalline Fasern und Erionit (nach Gruppe III A 1 eingestuft). Deshalb sollte der Heimwerker bei Sanierungsarbei-

ten auf jeden Fall eine Maske tragen, das Material sollte nicht selbst oder nur bei einer ausreichenden Belüftung zerkleinert werden [J 43].

9. Physikalische Faktoren

Elektrosmog

Mit dem Ansteigen der Zahl der Bildschirmarbeitsplätze in vielen Bereichen des beruflichen Lebens hat in den Medien der Begriff des Elektrosmogs zu einer starken Verunsicherung bei vielen Beschäftigten geführt. Dazu beigetragen hat sicherlich auch die teilweise undifferenzierte Berichterstattung in Presse, Funk und Fernsehen. Aus diesem Grunde erscheint es notwendig, die Diskussion über elektromagnetische Felder EMF und daraus resultierend Elektrosmog im Interesse aller zu versachlichen und auf unnütze Polemik zu verzichten. Bis zum heutigen Tage gibt es keine Hinweise, daß durch elektromagnetische Felder, die von Bildschirmen herrühren, gesundheitliche Beeinträchtigungen ausgehen.

Da Bildschirmarbeitsplätze die größte Rolle spielen und auch im privaten Bereich die Anzahl von Computern in den letzten Jahren stark zugenommen hat, wird hauptsächlich auf die Strahlung, die von diesen Geräten ausgeht, eingegangen.

Von Bildschirmarbeitsplätzen können verschiedenartige Strahlen auf den Menschen einwirken. Das ist sowohl die nichtionisierende Strahlung, als auch die Röntgenstrahlung.

Zum besseren Verständnis:

Die elektromagnetische Strahlung wird eingeteilt in ionisierende und nichtionisierende Strahlung.

Bei Bildschirmarbeitsplätzen kann die ionisierende Strahlung nur als Röntgenstrahlung vorkommen und zwar entsteht diese bei Kathodenstrahlröhren. Sie wird jedoch im Glas der Röhre fast vollständig absorbiert. Der übrigbleibende Rest liegt weit unterhalb der natürlichen Strahlung und ist somit hinsichtlich gesundheitlicher Bedenken für die Exponierten völlig ohne Bedeutung und Bedenken. Nichtsdestotrotz unterliegen die Kathodenstrahlröhren in Bildschirmen wie alle Geräte die Röntgenstrahlen erzeugen, der Röntgenverordnung.

Der zur Zeit gültige Grenzwert beträgt $5 \mu\text{S/h}$ gemessen 5 cm vor der Bildschirmoberfläche. Aber selbst bei defekten Geräten mit maximaler Strahlenausbeute wird dieser Wert nicht erreicht.

Man kann davon ausgehen, daß im Normalfall Bildschirme keine Röntgenstrahlung abgeben und selbst bei Störungen der Grenzwert für die Strahlendosis nicht erreicht wird.

Nicht ionisierende Strahlung

UV Licht, wie wir es z.B. vom Lichtbogenschweißen oder dem Aufenthalt im Freien an sonnigen Tagen oder von Solarien her kennen, muß nicht weiter berücksichtigt werden, da die Leistungen von Bildschirmen hinsichtlich der auftretenden Leistungen für UV-Licht im mW-Bereich liegen und somit gegenüber dem Tageslicht oder der normalen Raumbelichtung völlig vernachlässigbar sind. Einen ähnlichen Tatbestand hat man auch beim Infrarotlicht. Die Leistung beträgt hier nur wenige Watt und spielt somit gemessen an der natürlichen Hintergrundbelastung überhaupt keine Rolle und liegt weit unter dem empfohlenen Grenzwert von 100 W/m^2 [J21, J22].

Somit läßt sich ganz klar sagen, daß an Bildschirmarbeitsplätzen, wenn überhaupt, nur niederfrequente und hochfrequente elektromagnetische neben elektrostatischen Feldern überhaupt von Bedeutung sein können.

Elektrostatische Felder

Sie entstehen durch Aufladungen an der Oberfläche des Bildschirms, aber auch durch die Aufladung des Benutzers, wie sie jeder kennt. Aber auch die Kleidung des Benutzers, die Materialeigenschaften der Einrichtung wie der Bodenbelag sowie physikalische Eigenschaften wie die relative Feuchte üben einen Einfluß auf die Stärke des Feldes aus. Allgemein gilt, daß die Stärke des Feldes mit steigender Luftfeuchtigkeit sinkt. Auch mit dem Anbringen von Bildschirmfiltern gelingt es, das Feld abzuschwächen. Wichtig dabei ist aber, daß die Bildqualität nicht abnimmt. Aber immer gilt, daß die gemessenen elektrostatischen Feldstärken immer unterhalb der gemessenen Grenzwerte liegen [J22].

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder

Diesen Feldern ist der Mensch schon seit Jahrzehnten ausgesetzt. Dieses Feld kommt am häufigsten vor, es ist nämlich das 50 Hz-Feld von

der Netzspannung. Man trifft es überall an, in der Wohnung, am Arbeitsplatz, beim Einkaufsbummel usw.. Sie sind schon lange bekannt und von hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung, weshalb ihre Wirkungen ebenfalls intensiv untersucht wurden. An Bildschirmen rühren niederfrequente elektromagnetische Felder ursächlich von der Stromversorgung und der Ansteuerung der Bildelemente her, wobei letztgenannte normalerweise schwächer sind, als diejenigen, die von der Stromversorgung herrühren. Die Felder der Stromversorgung entsprechen in ihren Feldstärken denjenigen, die im Haushalt allerorten anzutreffen sind [J22].

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Feldstärken, die in einem typischen Haushalt vorkommen können [J22, J23].

Tab.X: Feldstärken in Gebäuden (gemessen in 30 cm Abstand vom Gerät) [J23].

Grenzwert der Strahlenschutzkommission für die allgemeine Bevölkerung 5000 V/M

| | V/m |
|--|-----|
| Boiler | 260 |
| Stereoempfänger | 180 |
| Bügeleisen | 120 |
| Kühlschrank | 120 |
| Handmixer | 100 |
| Toaster | 80 |
| Haarfön | 80 |
| Verdampfer | 80 |
| Farbfernseher | 60 |
| Kaffeemaschine | 60 |
| Staubsauger | 50 |
| Uhr (elektrisch) | 30 |
| Von außen in das Haus einwirkende Felder bei Gebäudeüberspannung | 20 |
| Elektrischer Kochherd | 8 |
| Glühlampe | 5 |

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz

Die folgende Tabelle zeigt repräsentative Werte magnetischer Flußdichten von Haushaltsgeräten in unterschiedlichen Abständen.

Tab.X: Repräsentative Werte magnetischer Flußdichten von Haushaltgeräten in unterschiedlichen Abständen [J23].

| Magnetische Flußdichte (μT) im Abstand von | | | |
|---|------------------|-------------------|--------------------|
| Gerät | 3 cm | 30 cm | 1 m |
| Haarfön | 6 - 2000 | 0,01 - 7 | 0,01 - 0,3 |
| Trockenrasierer (Schwinganker) | 15 - 1500 | 0,08 - 9 | 0,01 - 0,3 |
| Bohrmaschine | 400 - 800 | 2 - 3,3 | 0,08 - 0,2 |
| Staubsauger | 200 - 800 | 2 - 20 | 0,13 - 2 |
| Lötkolben | 105 | 0,3 | < 0,01 |
| Bügeleisen | 8 - 30 | 0,12 - 0,3 | 0,01 - 0,03 |
| Dosenöffner | 1000 - 2000 | 3,50 - 30 | 0,07 - 1 |
| Mixer | 60 - 700 | 0,60 - 10 | 0,02 - 0,25 |
| Gasentladungslampe (Leuchtstoff) | 40 - 400 | 0,50 - 2 | 0,02 - 0,25 |
| Mikrowellengerät | 73 - 200 | 4 - 8 | 0,25 - 0,6 |
| Radio (tragbar) | 16 - 56 | 1 | < 0,01 |
| Küchenherd | 1 - 50 | 0,15 - 0,5 | 0,01 - 0,04 |
| Waschmaschine | 0,8 - 50 | 0,15 - 3 | 0,01 - 0,15 |
| Toaster | 7 - 18 | 0,06 - 0,7 | < 0,01 |
| Bildschirm (Farbe) | 5,6 - 10 | 0,45 - 1,0 | 0,01 - 0,03 |
| Wäschetrockner | 0,3 - 8 | 0,08 - 0,3 | 0,02 - 0,06 |
| Wasserkochtopf | 0,3 - 8 | 0,08 - 0,3 | < 0,01 |
| Computer | 0,5 - 3,1 | < 0,01 | |
| Kühlschrank | 0,5 - 1,7 | 0,01 - 0,25 | < 0,01 |
| Videorecorder | 1,5 | < 0,01 | |
| Uhr (Netzbetrieb) | 300 | 2025 | < 0,01 |
| Diaprojektor | 240 | 4,5 | 0,15 |
| Heizofen | 0 - 180 | 0,15 - 5 | 0,01 - 0,25 |

| | | | |
|-----------------------|-----------|-------------|-------------|
| Kleintrafo | 135 - 150 | 0,60 - 1,05 | 0,24 |
| Fernsehgerät | 2,5 - 50 | 0,04 - 2 | 0,01 - 0,15 |
| Geschirrspüler | 305 - 20 | 0,60 - 3 | 0,01 - 0,15 |
| Tauchsieder (1 KW) | 120,1 | 0,01 | |

Quelle: Bundesanstalt für Strahlenschutz

Hochfrequente elektromagnetische Felder oder Radiowellen

Sie stellen die dritte relevante Gruppe der elektromagnetischen Strahlen nach den elektrostatischen Feldern und den niederfrequenten elektrischen elektrischen und magnetischen Feldern dar. Mit den folgenden Beispielen soll die Art dieses Feldes dem Leser besser vor Augen geführt werden. Man zählt dazu den Rundfunk, die drahtlose Nachrichtenübermittlung, Induktionskochplatten, Mikrowellenherde, usw..

Generell wird aus Gründen der Funkentstörung versucht, diese Felder so gering wie möglich zu halten. So ist es bei vielen Bildschirmgeräten nicht möglich überhaupt Hochfrequenzfelder nachzuweisen. Hierbei muß beachtet werden, daß bei den hochfrequenten Feldern die Dosis mit dem Quadrat des Abstandes abnimmt.

Bildschirmgeräte strahlen überwiegend zur Seite und hauptsächlich nach hinten ab. Somit sollten bei gegenüberliegenden Arbeitsplätzen die Bildschirmgeräte, um eine unbeabsichtigte Verstärkung beider Felder zu verhindern, nicht näher als 1 m voneinander aufgestellt werden.

Elektrosensibilität

Es gibt keinen Zweifel an biologischen Wirkungen elektromagnetischer Felder. Die Elektrosensibilität ist die real bewußte Wahrnehmung von bestimmten Frequenzen aus technisch erzeugten elektromagnetischen (Spannungs-)Feldern, für die der Mensch normalerweise kein Empfangsorgan besitzt. Oftmals haben derartig Betroffene einen hohen Leidensdruck. Sie berichten über brennende, zum Teil schmerzhaft, oft Übelkeit auslösende Manifestationen von verschiedener Dauer und Stärke. Wegen Schlafstörungen sind die Betroffenen oft geschwächt und fühlen sich tief erschöpft. Oftmals wird die Elektrosensibilisierung in Beziehung gesetzt zur Quecksilber- (Amalgam)-intoxikation. Jeder Elektrosensibilisierte reagiert auf individuell

andere Frequenzen und Auslöser, es wurde sogar beobachtet, daß sich die Frequenzen im Laufe der Zeit ändern. Die Betroffenen können keinerlei Metall am Körper vertragen und sollten auch in der Wohnung Metalle vermeiden. [J 40].

In der Nähe von „starken“ Interkontinentalsendern wurde ein vermehrtes Vorkommen von Hörgeräuschen (Tinnitus) beobachtet.

Grundsätzlich müssen genehmigungspflichtige Einrichtungen wie Sendetürme und Trafostationen und für die allgemeine Nutzung freigegebene Geräte, z.B. Mobiltelefone, Mikrowellenherde bestimmte Grenzwerte einhalten. Unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge werden beim Bau und Planung neuer Hochspannungsleitungen, Mobilfunksendestationen (genehmigungspflichtig) einen ausreichenden Abstand zu bebauten Gebieten, Kindergärten, Schulen und Spielplätzen eingehalten. Letztlich gibt es von wissenschaftlicher Seite her unterschiedliche Beurteilungen zur Einhaltung eines Sicherheitsfaktors, weniger auf die Einschätzung der biologischen Wirkungen.

Derzeit gibt es keine wissenschaftlich reproduzierbare Studienergebnisse, die die Wirkungen derartig betroffener Personen im Detail erklären könnten.

Allerdings wurde in der Nähe von starken Interkontinentalsendern ein vermehrtes Vorkommen von Hörgeräuschen (Tinnitus) beobachtet.

Folgende Ratschläge sollten beachtet werden: Herzschrittmacherpatienten sind durch starke elektromagnetische Felder gefährdet und müssen die durch Gefahrensymbole gekennzeichneten Bereiche meiden. Autotelefone sollten mit einer speziellen Außenantenne und sowieso mit einer Freisprecheinrichtung (Bußgeld) betrieben werden. Elektrische Leitungen, Radiowecker können so verlegt bzw. aufgestellt werden, daß auch bei dauerndem und längerem Aufenthalt (Schlafzimmer) keine besondere Belastung zu erwarten ist. Ggf. kann man im häuslichen Bereich die Exposition durch Installation einer Freischaltung für die Nacht reduzieren [J 43]. Bei allen Strahlenarten gilt allgemein, je mehr Abstand zu Leitungen, Sendern oder technischen Geräten eingehalten werden kann, desto besser, da die Strahlendosis im Verhältnis zum Abstand im Quadrat abnimmt (quadratisches Abstandsgesetz).

Radon

Radon-222 ist ein radioaktives Edelgas, das aus dem Radionuklid Radium-226 entsteht und mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen zu einer Reihe kurzlebiger radioaktiver Folgeprodukte zerfällt [J29].

Zunächst werden nun zum besseren Verständnis einige allgemeine Grundlagen zur Radioaktivität vorangestellt.

Der Mensch ist seit seiner Existenz Strahlung in verschiedener Form ausgesetzt. Strahlung ist eine Energieform, die sich als elektromagnetische Welle, oder als Teilchenstrom durch Raum und Materie ausbreitet. Als Unterscheidungsmerkmal dient Energie, die die elektromagnetische Welle besitzt und dadurch unterschiedliche Wirkungen hervorrufen kann, so z.B. die UV-Strahlung des Sonnenlichts, die einen Sonnenbrand bewirkt oder auch die Röntgenstrahlung, die unsere Körper durchdringen kann und es ermöglicht unsere inneren Organe abzubilden.

Die ganzen unterschiedlichen Strahlungsarten werden in zwei Gruppen unterteilt. Welcher Gruppe sie zugeordnet wird, hängt davon ab, ob ihre Energie so hoch ist, daß sie beim Durchdringen von Stoffen Atome oder Moleküle zu ionisieren vermag. Diese Art von Strahlung, zu der die Röntgen- und Gammastrahlung zählt, wird *ionisierende Strahlung* genannt. In den anderen Fällen, in denen die Energie nicht zu Ionisationsvorgängen ausreicht, spricht man von *nichtionisierender Strahlung*. Beiden Strahlenarten ist der Mensch seit Urbeginn ausgesetzt, er ist nicht in der Lage die Strahlungsarten mit seinen Sinnesorganen wahrzunehmen [J29].

Ionisierende Strahlung

Der französische Physiker Antoine-Henry Becquerel entdeckte im Jahre 1896 die Radioaktivität und somit auch die radioaktive Strahlung. Er experimentierte 1896 mit uranhaltigem Gestein und stellte dabei fest, daß in der Nähe befindliche Photoplatten trotz lichtdichter Verpackung geschwärzt waren. Die Ursache konnten nur die Präparate in seinem Labor sein, von denen offensichtlich eine Strahlung aus-

ging, die Materie durchdringen konnte. Die Wissenschaftlerin Marie Curie war es schließlich, die für die Erscheinung, daß bestimmte Stoffe ohne erkennbare äußere Einwirkung unsichtbare, mit technischen Mitteln wie Photoplatten nachweisbare Strahlung aussenden, den Begriff der Radioaktivität einführte [J29].

Die von Becquerel gefundene Strahlung wies die gleiche Eigenschaften auf, wie die sogenannten "X-Strahlen", die Wilhelm Conrad Röntgen ein Jahr zuvor entdeckt hatte, die ebenfalls Materie durchdringen konnte und später nach ihm benannt wurde [J29].

Heute bezeichnen wir mit Radioaktivität allgemein die Eigenschaft bestimmter Atomkerne sich ohne Fremdeinwirkung von selbst in andere Kerne umzuwandeln und dabei energiereiche Strahlung auszusenden. Am Ende einer solchen Kette stehen letztlich Atome, die nicht mehr radioaktiv sind. Bei solchen Kernzerfallreaktionen können folgende Arten ionisierender Strahlung ausgesendet werden [J29]:

Alphastrahlung

Dies ist eine Teilchenstrahlung in Form von Kernen des Elements Helium (2 Protonen + 2 Neutronen = Alphateilchen). Sie werden bereits durch wenige Zentimeter Luft absorbiert und können weder ein Blatt Papier noch die Haut des Menschen durchdringen.

Betastrahlung

Ist eine Teilchenstrahlung und zwar in Form negativ oder positiv geladener Elektronen. Sie vermögen die Luft einige Zentimeter bis Meter zu durchdringen, Weichteilgewebe oder Kunststoff immerhin wenige Millimeter bis Zentimeter.

Gammastrahlung

Elektromagnetische Wellenstrahlung. Gammastrahlung ist von gleicher physikalischer Wellenstrahlung wie das sichtbare Licht, allerdings erheblich energiereicher und mit hohem Durchdringungsvermögen in Materie. Zur Abschirmung von Gammastrahlung müssen deshalb schwere Materialien wie beispielsweise Blei und Beton verwendet werden. Abgesehen von der Art der Entstehung ist Gammastrahlung mit der Röntgenstrahlung vergleichbar.

Elektromagnetisches Spektrum

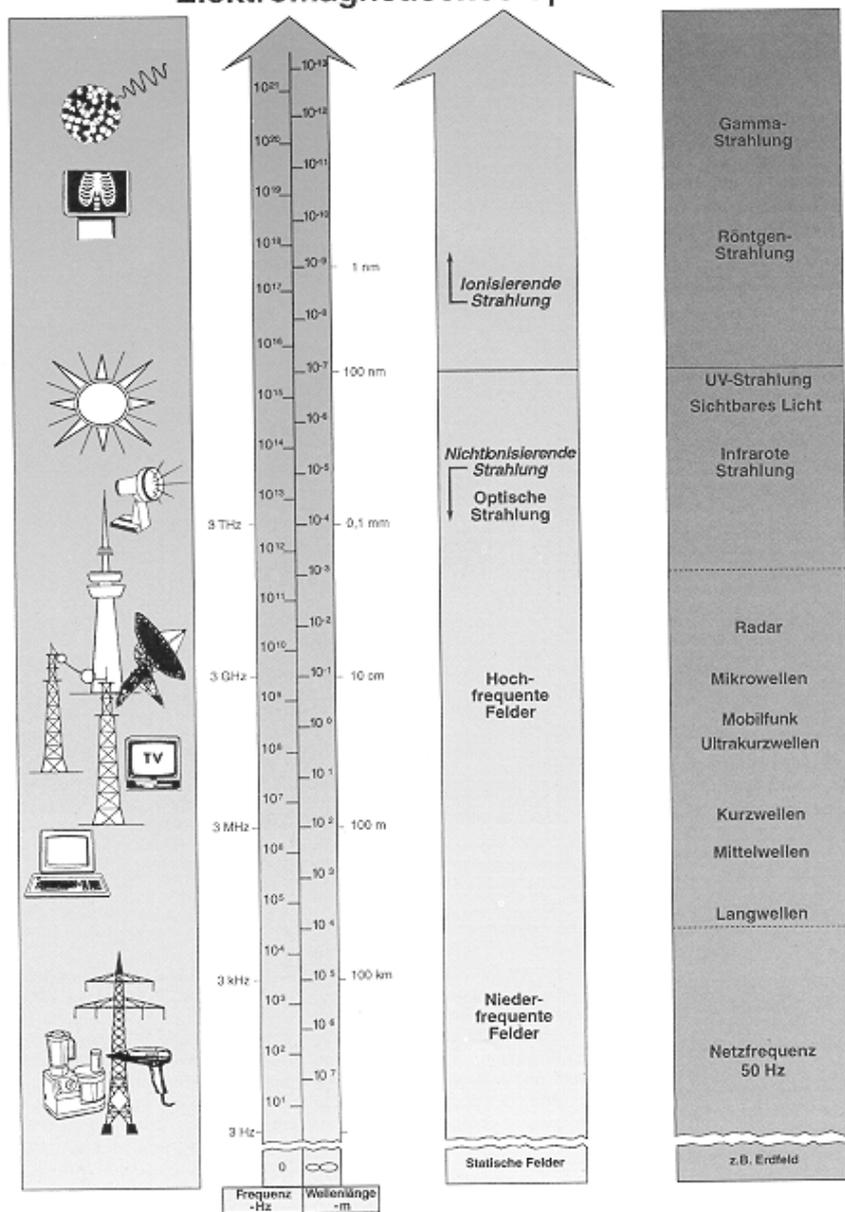


Abb.X: Übersicht über die verschiedenen Strahlenarten innerhalb des elektromagnetischen Spektrums [J29]

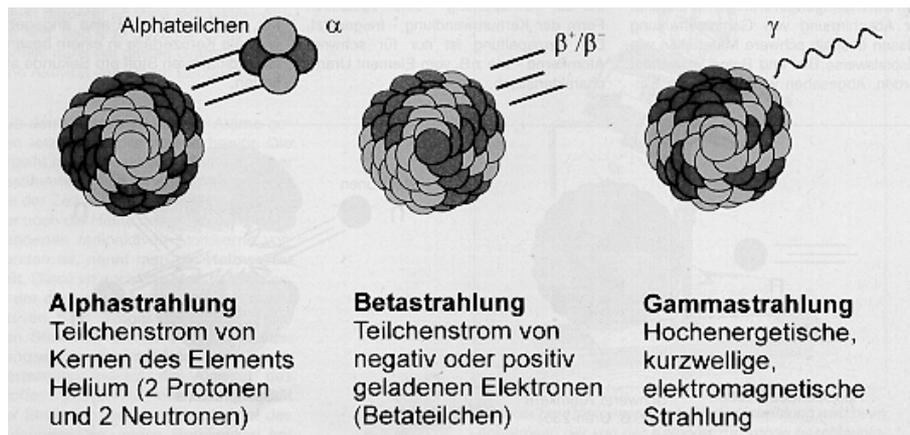


Abb.X Verschiedene Arten ionisierender Strahlung

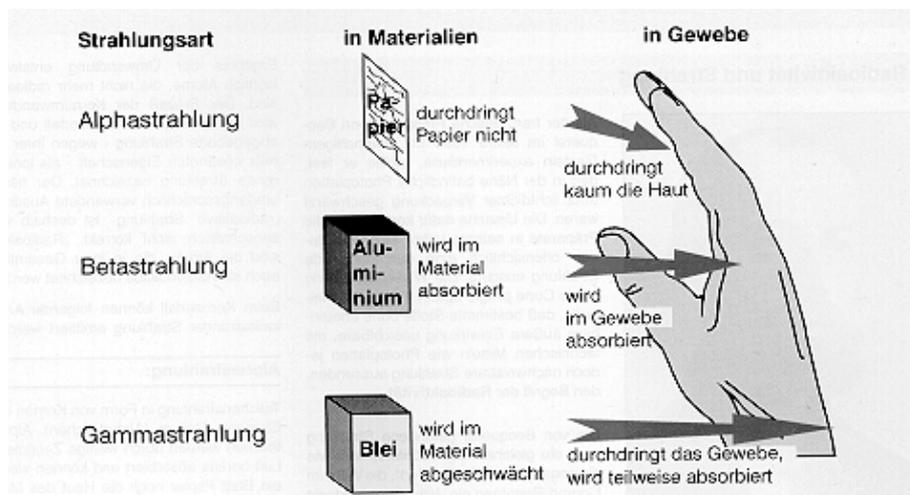


Abb.X Reichweiten von Strahlung in unterschiedlichen Medien

Neutronenstrahlung

Neutronen schließlich sind elektrisch neutrale Elementarteilchen, die im Atomkern vorkommen. Sie werden besonders bei der Kernspaltung freigesetzt. Solche Kernspaltungsreaktionen treffen nur für schwere Atomkerne wie z.B. beim Element Uran zu.

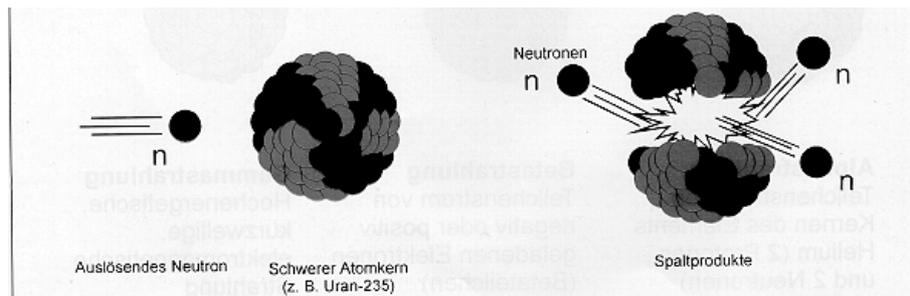


Abb.X: Entstehung von Neutronen bei der Kernspaltung

Eine Maßeinheit für diese Kernzerfallsreaktionen ist das **Becquerel (Bq)**, das somit die Aktivität dieses Stoffes angibt:

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ Kernzerfall / Sekunde}$$

Da aus den zerfallenden radioaktiven Atome letztlich stabile Atome hervorgehen, muß deren Anzahl mit der Zeit abnehmen. Die Zeit nun, in der nur noch die Hälfte der ursprünglichen Atomkerne vorhanden ist, nennt man **Halbwertszeit**. In dieser Zeit halbiert sich damit natürlich auch die Intensität der von dem radioaktiven Stoff ausgehenden ionisierenden Strahlung. Jeder radioaktive Stoff (**Radionuklid**) besitzt so zu sagen, seine persönliche Halbwertszeit, die sich abhängig von dem jeweiligen Radionuklid von Sekundenbruchteilen bis zu mehreren Milliarden Jahren erstrecken kann.

Röntgenstrahlung

Auch die Röntgenstrahlung zählt zu der ionisierenden Strahlung und es besteht physikalisch kein Unterschied zu der Gammastrahlung. Die Röntgenstrahlung wird in Röntgengeräten angewandt. Technisch entsteht sie beim Abbremsen von energiereichen Elektronen an der Anode einer Röntgenröhre. Es ist eine sehr kurzwellige Strahlung, die um so durchdringender wirkt, je höher die anliegende Röhrenspannung ist, mit der die Elektronen beschleunigt werden. Sie ist damit nicht an die Anwesenheit von Radionukleotiden gebunden. Die Röntgenstrahlen finden heute weltweit Anwendung in der Röntgendiagnostik. Allein in Deutschland werden heutzutage schätzungsweise über 120 Millionen Röntgenuntersuchungen durchgeführt [J29].

Um Strahlen und ihre Wirkungen vergleichen zu können, muß man sie mit einer Maßeinheit verknüpfen. Dazu im folgenden einige Maßeinheiten [J29]:

Energiedosis: Die Einheit ist das **Gray (Gy)**

Dabei besteht folgender Zusammenhang:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

Trifft ionisierende Strahlung auf einen menschlichen Körper, so erfolgt automatisch eine Strahlenexposition, d.h. die Strahlung tritt mit dem Körpergewebe in Wechselwirkung und in unterschiedlichem Maße auch adsorbiert. Auch die von einem menschlichen Körper aufgenommene Strahlung wird mit einer Dosis ausgedrückt, wobei die unterschiedlichen Strahlungsarten unterschiedlich starke biologische Wirkungen hervorrufen. Ein Beispiel zum besseren Verständnis:

Wird das Gewebe einer Exposition ausgesetzt, so ist bei gleicher Energiedosis, die Einmal von Alphastrahlung und ein anderes mal von Betastrahlung herrührt, die biologische Wirkung der Alphastrahlung in etwa 20 mal größer. Dies wiederum bedeutet, daß die Angabe der Energiedosis allein nicht ausreicht, um die biologische Wirkung der Strahlung auf den menschlichen Körper ausreichend exakt zu beschreiben.

Aus diesem Grund hat man einen zweiten Dosisbegriff definiert, nämlich die *Äquivalentdosis*, angegeben in *Sievert (Sv)*. Diese erhält man durch Multiplikation der Energiedosis in Gray mit dem Strahlungswichtungsfaktor.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die verschiedenen Strahlenwichtungsfaktoren.

Tab.X: Strahlenwichtungsfaktoren für verschiedene Arten ionisierender Strahlung (nach ICRP 60, 1991) [J29]

| Strahlungsart | Faktor |
|------------------------------------|----------------|
| Röntgen- und Gammastrahlung | 1 |
| Betastrahlung | 1 |
| Neutronen je nach Energie | 5....20 |
| Alphastrahlung | 20 |

Strahlenwirkungen wiederum werden eingeteilt in deterministische- und stochastische Wirkungen.

Die biologischen Wirkungen, die ausgelöst werden können haben im Niedrigdosisbereich bei gleicher Äquivalentdosis für die verschiedenen Organe und Gewebe unterschiedliche Wahrscheinlichkeit. Die folgende Tabelle stellt die Gewebe -Wichtungsfaktoren für verschiedene Organe und Gewebe dar [J29].

Tab.X: Gewebe-Wichtungsfaktoren für verschiedene Organe und Gewebe (nach ICRP 60, 1991)

| Organe und Gewebe | Faktor |
|---------------------------------|---------------|
| Keimdrüsen | 0,20 |
| Knochenmark (rot) | 0,12 |
| Dickdarm | 0,12 |
| Lunge | 0,12 |
| Magen | 0,12 |
| Blase | 0,05 |
| Brust | 0,05 |
| Leber | 0,05 |
| Speiseröhre | 0,05 |
| Schilddrüse | 0,05 |
| Haut | 0,01 |
| Knochenoberfläche | 0,01 |
| Übrige Organe und Gewebe | 0,05 |

Um das Risiko späterer Wirkungen bewerten zu können wurde die *effektive Dosis* eingeführt.

Sie ist die Summe der gewichteten Äquivalentdosen, die sich wiederum ergeben durch Multiplikation der Äquivalentdosen der betroffenen Organe und den Gewebe-Wichtungsfaktoren.

Die folgende Abbildung gibt noch einmal einen Überblick über den Zusammenhang der einzelnen Dosisbegriffe [J29] (siehe folgende Seite).

Zum Schluß noch ein letzter Begriff, den der *Dosisleistung*. Dieser wird verwendet, wenn man die Dosis auf eine bestimmte Zeiteinheit bezieht, in der Regel eine Stunde. Demzufolge ist die Einheit *Gray* oder *Sievert pro Stunde* [29].

Messung ionisierender Strahlung [J29]

Um mit der radioaktiven Strahlung sicher umgehen und arbeiten zu können, muß eine Grundvoraussetzung erfüllt sein, nämlich daß diese zuverlässig und eindeutig gemessen werden kann. Alle Meßmethoden beruhen auf dem gleichen Prinzip, der ionisierenden Wirkung der Strahlung in Materie, sei es Glas, einem Kristall oder Filmmaterial.

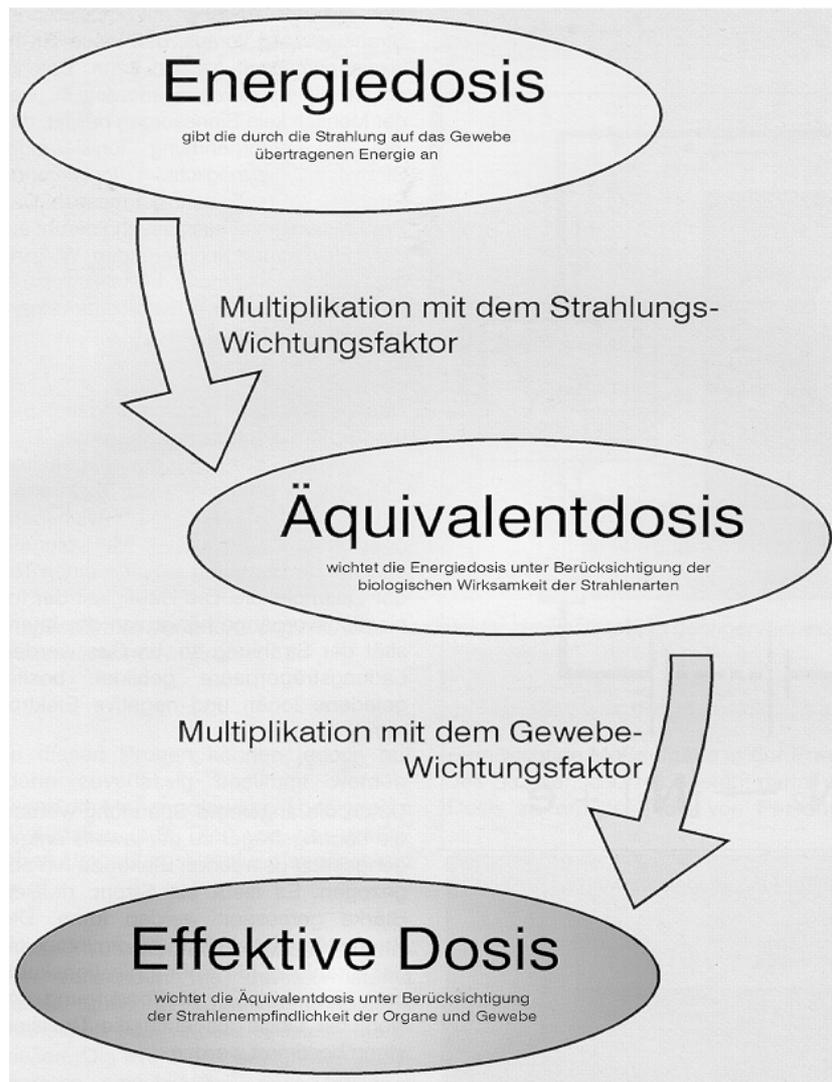


Abb.V: Zusammenhang zwischen Energiedosis, Äquivalentdosis und effektiver Dosis zur Bewertung des Strahlenrisikos [J29]

Die wichtigste Meßaufgabe steht zweifellos in der Überwachung der Personen, die beruflichen Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierenden Strahlen haben, wie z.B. Beschäftigte in Kernkraftwerken und verwandten Industrien und weiter jenen in der Röntgendiagnostik.

Dabei werden Personendosimeter eingesetzt, die während der entsprechenden Tätigkeit an der Kleidung getragen werden, da man nur so die exakte Dosis ermitteln kann, denen die Beschäftigten gegenüber ausgesetzt sind. Das häufig eingesetzte Personendosimeter beruht auf der Schwärzung photographischer Filme und wird deshalb Filmplaketendosimeter genannt [J29].

Natürliche Strahlenquellen

Der Mensch ist ebenso wie die ihn umgebende Materie schon seit Urzeiten immer und überall ionisierender Strahlung ausgesetzt. Diese natürliche Strahlung wiederum kann in zwei Gruppen unterteilt werden:

Kosmische Strahlung

Dies ist die Strahlung die aus dem Weltall auf uns alle einwirkt. Doch nur ein geringer Teil dieser Strahlung trifft uns, der Rest wird auf dem Weg durch die Lufthülle absorbiert. Dies stellt auch den Grund dar, warum die kosmische Strahlung mit der Höhe zunimmt. Sie besteht im wesentlichen aus energiereicher - und Gammastrahlung. Daraus folgt, daß die kosmische Strahlung auf Meeresebene am niedrigsten ist. Sie beträgt hier etwa 32 Nanogray pro Stunde (nGy/h). Mit der Höhe nimmt die Dosisleistung der kosmischen Strahlung zu und ist somit z.B. auf der Zugspitze viermal höher als am Meer. Im Durchschnitt trägt die kosmische Strahlung in Deutschland mit einer effektiven Dosis von ca. 0.3 Millisievert pro Jahr (mSv/a) zur Dosis der Allgemeinbevölkerung bei [J29].

Terrestrische Strahlung

Seitdem die Erde besteht, gibt es auch zahlreiche Radionukleotide. Heute sind davon aber nur noch diejenigen vorhanden, deren Halbwertszeiten in der Größenordnung des Alters unserer Erde liegen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten natürlichen Nukleotide, die einen Beitrag zur terrestrischen Strahlung leisten.

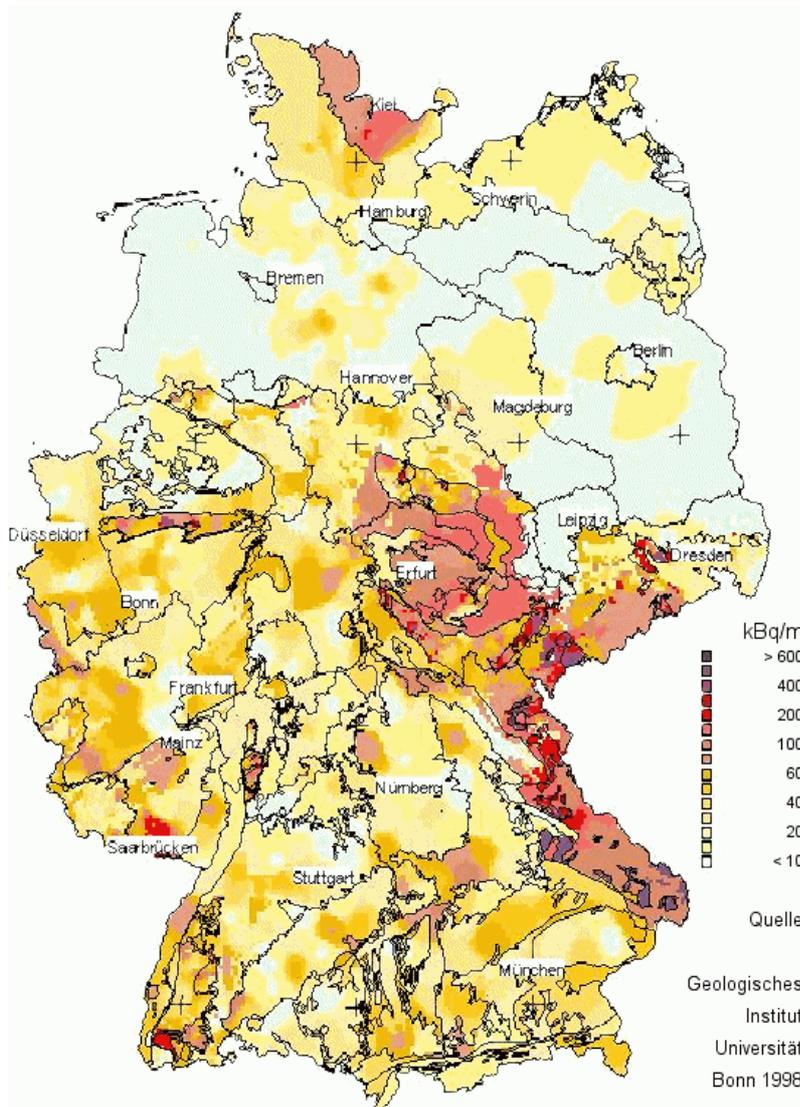


Abb.X: Dosisleistung der terrestrischen Strahlung in der BRD

Auf der abgebildeten Karte ist die Dosisleistung der terrestrischen Strahlung in der Bundesrepublik Deutschland dargestellt. Sie verdeutlicht die Abhängigkeit der Dosisleistung von der Region und damit von den geologischen Gegebenheiten. Man erkennt, daß im Flachland Norddeutschlands die Dosisleistungen mit 40 -70 Nanosievert pro Stunde (nSv/h) relativ gering sind. Hingegen kann das Niveau der ter-

restrischen Strahlung in Gebirgsregionen einen höheren Gehalt an Uran und Radium aufweisen. Dann können Werte bis 180 nSv/h und lokal auch darüber erreicht werden. Der Mittelwert der effektiven Dosis durch terrestrische Strahlung liegt für die Gesamtbevölkerung in Deutschland bei ca. 0,3 Millisievert pro Jahr (mSv/a). Dies bedeutet, daß wir dieser Dosisleistung durchschnittlich immer ausgesetzt sind, ob wir wollen oder nicht [J29]. Dazu kommt jetzt auch noch die Strahlung, die wir über die Nahrungskette aufnehmen. Aus dem Boden gelangen die natürlichen Radionukleotide in Wasser, Pflanzen und somit auch in Tiere und zuletzt über diese Wege, d.h. über die Nahrung, auch in den Menschen. Das überwiegend vorkommende Radionukleotid ist dabei das Kalium-40. Dieses ist im natürlich vorkommenden Element Kalium zu 0,012% enthalten. Es läßt sich abschätzen, daß wir mit jedem Kilogramm unserer pflanzlichen und tierischen Nahrung im Mittel 100 Bq an natürlichen Radionukleotiden aufnehmen. Diese gelangen in den Stoffwechsel und verbleiben somit über eine bestimmte Zeit im menschlichen Körper. Daraus folgt, daß der Mensch immer eine gewisse Menge an natürlichen Radionukleotiden selbst enthält. Die Gesamtaktivität der natürlichen Radionukleotide im Körper eines Erwachsenen beträgt etwa 8000 bis 9000 Bq. Die daraus resultierende mittlere effektive Dosis beträgt ca. 0,3 mSv/a [J29].

Tab.X Halbwertszeiten einiger natürlicher Nukleotide [J29]

| Element | Halbwertszeit |
|----------------|----------------------|
| Thorium-232 | 14 Milliarden Jahre |
| Uran-238 | 4,4 Milliarden Jahre |
| Uran-235 | 700 Millionen Jahre |
| Kalium-40 | 1,3 Milliarden Jahre |

Eine besondere Rolle und Stellung unter den natürlichen Radionuklid-
den nimmt dabei das **Radon-222** ein. Es ist ein radioaktives Edelgas
mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen, welches in geringer Aktivi-
tätskonzentration praktisch überall in unserer Lebensumgebung vor-
kommt. Der Aufnahmeweg geschieht über die Atmung. Daraus folgt,
daß Radon eine Strahlenexposition des Atemtraktes bewirkt. Es ent-
steht innerhalb der Zerfallsreihe des Urans, welches in geringen Kon-
zentrationen überall in den Böden und Gesteinen der Erdrinde vor-
handen ist.

Uran wandelt sich durch radioaktiven Zerfall in Radium-226 um, das weiter zu Radon-222 zerfällt. Durch seine Beweglichkeit (Gas!) kann Radon-222 in die freie Atmosphäre gelangen und somit auch in die Häuser. Aber auch in mineralischen Baustoffen ist es vorhanden. Man weiß, daß in der bodennahen Atmosphäre das Radon rasch verteilt wird. Dies ist auch der Grund dafür, daß die Radonkonzentrationen im Freien erheblich geringer sind als in Gebäuden.

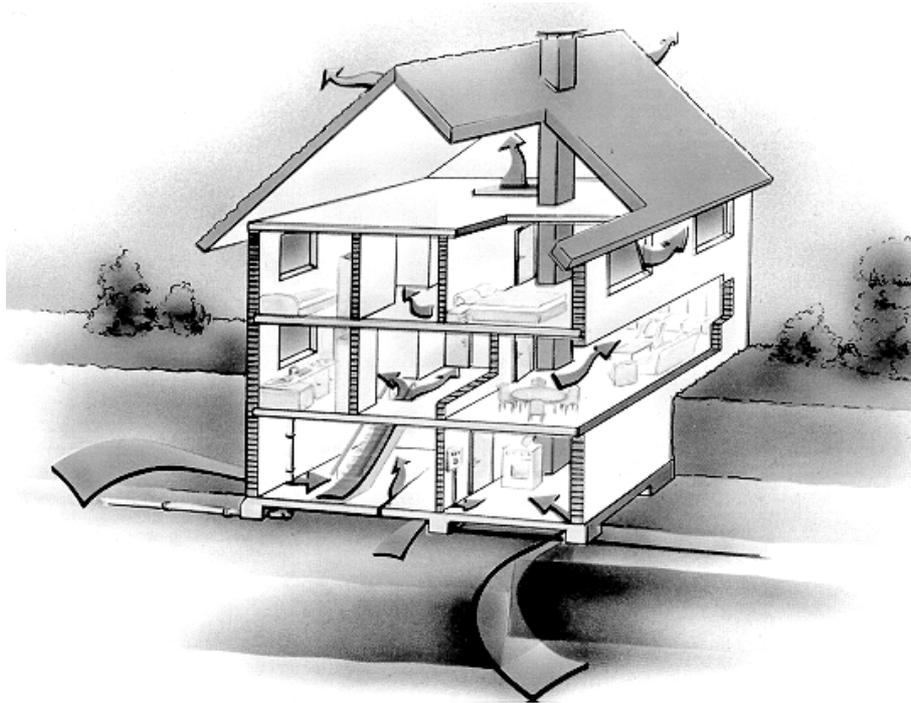


Abb.X: Eintrittspfade des Radons in Gebäude [J29]

In Gebäude gelangt das Radon im wesentlichen auf zwei Wegen: aus dem Erdboden durch Risse und Undichtigkeiten im Fundament und aus den Baustoffen, wobei insgesamt der Beitrag der Baustoffe zur Radonkonzentration in der BRD eher von untergeordneter Bedeutung ist. In der Bundesrepublik Deutschland beträgt die Radonkonzentration im Durchschnitt 50 Bq/m^3 . Nichtsdestotrotz kann es in aus-

gewählten Gebieten, hervorgerufen durch besondere geologische Gegebenheiten, zu höheren Belastungen kommen. Dabei werden noch Jahresmittelwerte der Radonkonzentration in Wohnungen bis 250 Bq/m² als normal angesehen und es besteht kein Grund sich Sorgen zu machen oder einzugreifen [J29].

Im Gebäudeinnern ist im Durchschnitt etwa fünfmal so viel Radon enthalten als im Freien. Dies drückt sich auch in den Mittelwerten der jährlichen effektiven Dosis durch Radon und seine Zerfallsprodukte aus, bei deren Bestimmung die unterschiedlichen Aufenthalte im Freien und in Gebäuden berücksichtigt worden sind. Für den Aufenthalt in Gebäuden ergibt sich somit im statistischen Mittel eine Belastung von 1,2 mSv/Jahr. Dazu kommt noch der Anteil durch den Aufenthalt im Freien mit 0,2 mSv/Jahr. Die Gesamtexposition durch Radon errechnet sich somit zu 1,4 mSv/Jahr.

Dabei trägt Radon mehr als die Hälfte zur jährlichen Belastung bei als durch alle anderen natürlichen Radionuklide. Im Mittel beträgt die Belastung durch natürliche Quellen etwa 2,4 mSv/Jahr. Aufgrund natürlicher Gegebenheiten wie z.B. geologische Bedingungen an einem bestimmten Aufenthaltsort oder dessen Höhenlage ist es durchaus möglich, daß erhebliche Abweichungen von diesem Durchschnittswert auftreten können. Allgemein läßt sich die Situation folgender Maßen beschreiben.

Die **natürliche Strahlenexposition** kann deshalb sehr unterschiedlich sein; **in Deutschland** liegt sie zwischen **1 und 5 mSv pro Jahr** [J29].

Vereinzelt können aber auch Spitzenwerte um 10 mSv/Jahr und darüber auftreten.

Im Laufe der Entwicklungsgeschichte der Menschheit hat sich gezeigt, daß die ursprüngliche Verteilung der Radionuklide ebenso wie die Höhe der Belastung durch die Tätigkeit des Menschen beeinflusst wurde. Die Auswirkungen solcher zivilisatorischen Einwirkungen können unter Umständen ganz erheblich sein, wie die folgenden Beispiele verdeutlichen [J29]:

Seit dem Mittelalter wird in verschiedenen Regionen Deutschlands nach Erz geschürft. Dieses war sehr häufig vergesellschaftet mit Uranerz, das zu jener Zeit keine Beachtung fand, da die Radioaktivität noch unbekannt war. Es wurde zusammen mit dem Nebengestein als Abraum in der Umgebung abgelagert. Später wurden dann oft Wohn-

häuser auf solchen Halden errichtet, was zu erhöhten Radonkonzentrationen in diesen Häusern führen konnte. Davon konnten die Menschen jener Zeit aber nichts wissen, da die Radioaktivität erst im zwanzigsten Jahrhundert untersucht und näher beschrieben wurde. In vielen Fällen war man gezwungen aufgrund erhöhter Radonkonzentration in unserem Jahrhundert gezwungen solche Gebäude zu sanieren, um die Radonkonzentrationen, in Gebäuden, die auf solchen Abraumhalden errichtet worden waren, zu verringern [J29].

In unserem Jahrhundert ist noch zusätzlich eine Belastungsquelle hinzugekommen, der Flugzeugverkehr. Wie am Anfang dieses Kapitels bereits aufgezeigt, besteht ein Zusammenhang zwischen der Intensität der kosmischen Strahlung von der Höhe über dem Meeresspiegel. Dies ist auch der Grund warum Besatzung und Flugpassagiere bei Flügen einer erhöhten Strahlung ausgesetzt sind. Bei einer angenommenen Flughöhe von 12000 m wie z.B. bei Interkontinentalflügen beträgt die zusätzliche Dosisleistung auf der Nordpolarroute etwa 0,006 mSv/h. Daraus folgt, daß Passagiere, die diese Route mehrmals im Jahr fliegen, bei insgesamt 40 Flugstunden eine zusätzliche Strahlenexposition von ca. 0,2 mSv hinzukommt. Dies entspricht jedoch nur etwa einem Zehntel der jährlichen natürlichen Strahlenexposition [J29].

Geringfügig zur allgemeinen Strahlenbelastung tragen auch Kohlekraftwerke bei. Bei der Verbrennung der Kohle reichern sich die darin enthaltenen natürlichen Radionuklide in der Asche an, gelangen zum Teil in die Atmosphäre und lagern sich schließlich auf dem Boden ab. Daraus resultiert eine zusätzliche Belastung der Bevölkerung, die zwischen 0,001 und 0,01mSv pro Jahr liegt. Sie ist damit in etwa genauso groß wie die zusätzliche Belastung aus Kernkraftwerken, bezogen auf die gleiche Kraftwerksleistung [J29].

Der technische Fortschritt besonders in den Bereichen Industrie, Technik und Medizin hat durch den Einsatz von radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in diesem Jahrhundert zu zusätzlichen Belastungen zu den natürlichen Strahlenquellen geführt, die man auch als zivilisatorische Strahlenexposition bezeichnen könnte. Dabei kommt der größte Teil dieser zusätzlichen Belastung aus dem Bereich der medizinischen Anwendungen. Dabei läßt sich gemittelt über die Weltbevölkerung sagen, daß durch diese zusätzlichen "zivilisatori-

schen Belastungen" etwa 20% der natürlichen Strahlenexposition hinzukommen, im wesentlichen durch die diagnostischen Anwendung der Röntgenstrahlung. Die meisten Menschen erhalten durch medizinische Maßnahmen und Untersuchungen nur relativ geringe Dosen. In Einzelfällen können einige wenige medizinisch bedingten Strahlenbelastungen ausgesetzt werden, die ein Vielfaches der natürlichen Belastung beträgt [J29]. Seit etwa hundert Jahren wird das Röntgengerät eingesetzt. In Deutschland werden etwa 120 Millionen Röntgenuntersuchungen pro Jahr durchgeführt. Dabei hat die Entwicklung dazu geführt, daß bei den meisten Untersuchungen die Belastungen deutlich gesenkt werden konnten wie z.B. durch den Einsatz empfindlicherer Filmfoliensysteme für die Röntgenaufnahme ebenso wie der Einsatz moderner Bildverstärkertechnik [J29]

Die folgende Abbildung stellt eine röntgendiagnostische Anordnung im Prinzip dar.

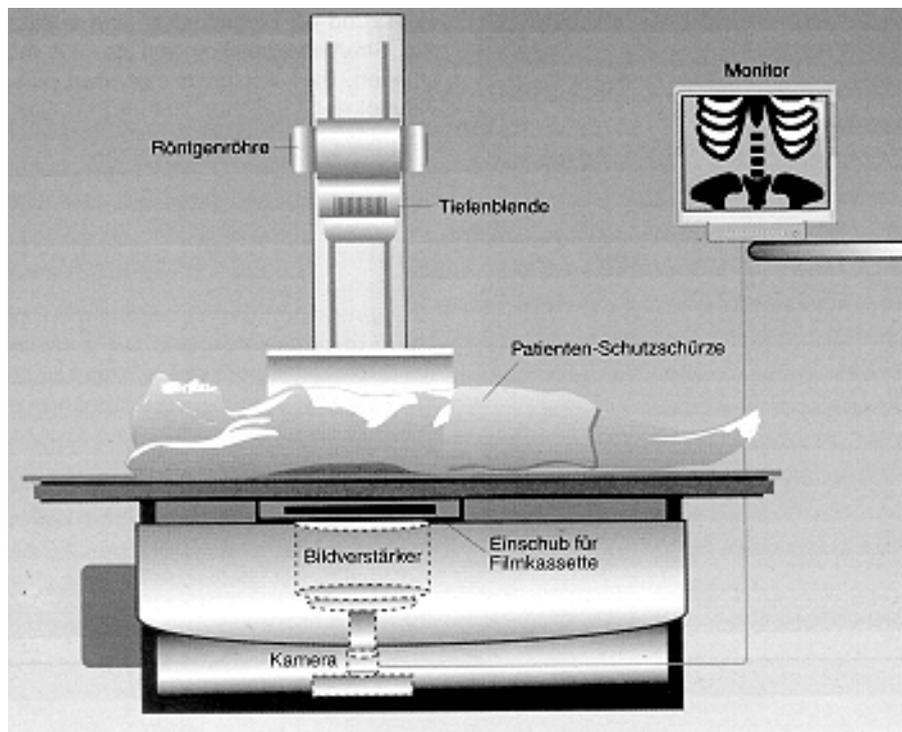


Abb.X Prinzipdarstellung einer röntgendiagnostischen Anordnung [J29]

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die effektiven Dosen bei verschiedenen röntgendiagnostischen Untersuchungen.

Tab.X Mittelwerte der effektiven Dosen für röntgendiagnostische Untersuchungen [J29]

| Untersuchungsart | Dosis [mSv] |
|--------------------|--------------|
| Zahnaufnahme | 0,01 |
| Gliedmaßen | 0,05 |
| Schädel | 0,1 |
| Brustkorb (Thorax) | 0,1 |
| Mammographie | 0,5 |
| Hüfte | 0,5 |
| Wirbelsäule | 1 |
| Becken | 1 |
| Harntrakt | 5 |
| Galle | 7 |
| Magen | 8 |
| Darm | 17 |

In der folgenden Abbildung ist die effektive Jahresdosis der Bevölkerung unterteilt in natürliche und künstliche Strahlenquellen dargestellt.

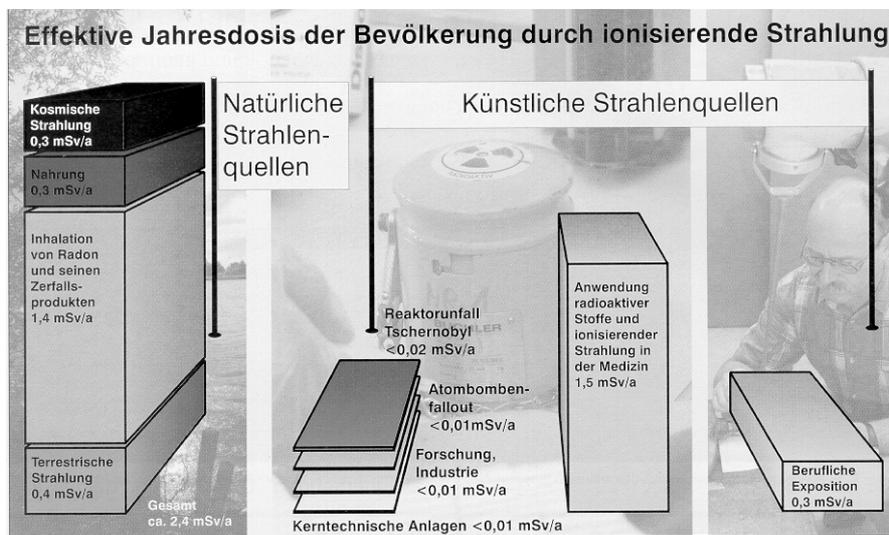


Abb.X Mittlere effektive Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland durch natürliche und künstliche Strahlenquellen [J29].

Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor der schädigenden Wirkung ionisierender Strahlen sind in speziellen Gesetzen und Verordnungen geregelt. Diese basieren im wesentlichen auf Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP)

(ICRP = International Commission on Radiological Protection; Internationales Fachgremium auf dem Gebiet des Strahlenschutzes; gegründet 1928). Im folgenden sollen die wichtigsten Regelungen für den Strahlenschutz in der Bundesrepublik Deutschland kurz angesprochen werden [J29]:

Atomgesetz Es ist das übergeordnete Gesetz. Es regelt die Nutzung der Kernenergie zu friedlichen Zwecken. In ihm sind die Vorschriften zur Gewährleistung der Sicherheit bei der Nutzung der Kernenergie und die internationalen Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Kernenergie und des Strahlenschutzes niedergelegt. Es legt die Maßnahmen fest, die zum Schutz von Leben sowie von Sachgütern gegen die Gefahren der Kernenergie und gegen schädigende Wirkung ionisierender Strahlung zu ergreifen sind. Es bildet somit die Grundlage des Strahlenschutzrechtes [J29].

Die **Strahlenschutzverordnung** basiert auf dem Atomgesetz. Sie legt nähere Regelungen (Ausfuhrbestimmungen) des Strahlenschutzes auf allen relevanten Gebieten mit dem Ziel fest, alle Personen, die durch ihren Beruf Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung haben, als auch die Bevölkerung vor schädigender Wirkung der Strahlung zu schützen. Das Schutzziel ist dabei in Form von Dosisgrenzwerten kontrollierbar festgelegt. Darüber hinaus sind die Prinzipien des Strahlenschutzes bei der medizinischen Strahlenanwendung geregelt [J29].

Die **Röntgenverordnung** regelt den Strahlenschutz beim Betrieb von Röntgeneinrichtungen [J29].

Das **Strahlenschutzvorsorgegesetz** dient dem Schutz der Bevölkerung vor Strahlenexpositionen (Belastungen) infolge von Ereignissen mit erheblichen radiologischen Auswirkungen. In Kraft gesetzt wurde es nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. Außerdem wurde darin die ständige Überwachung der Umweltradioaktivität nach einheitlichen Kriterien geregelt. Um dies durchführen zu können, wurde das Integrierte Meß- und Informationssystem zur Überwachung der Um-

weltradioaktivität (IMIS) aufgebaut. Die folgende Abbildung zeigt die Struktur von IMIS [J29].

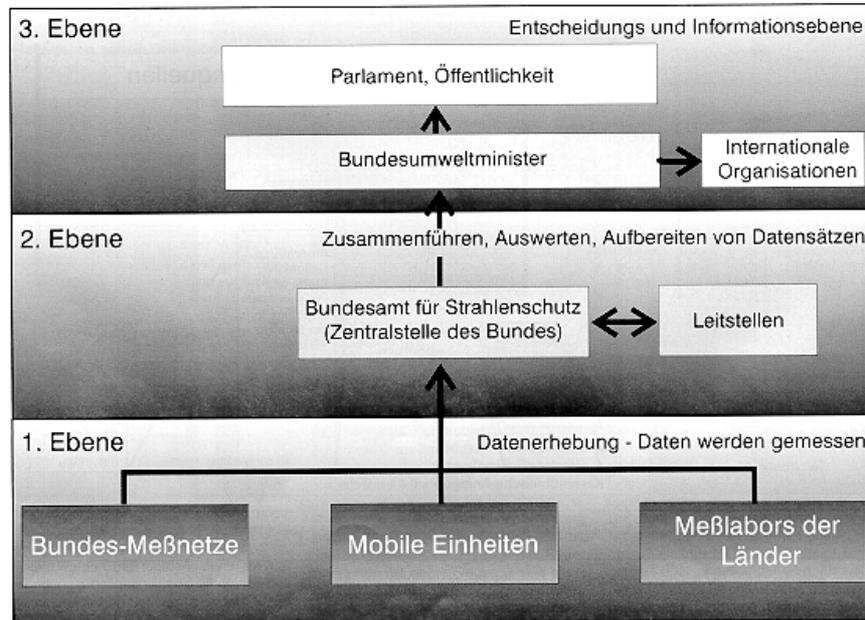


Abb.X Struktur des Integrierten Meß- und Informationssystems zur Überwachung der Umweltaktivität (IMIS) [J29]

10. Spezielle Schadstoffbelastung in Büros

Die bestehenden Schadstoffbelastungen sind entsprechend den Gegebenheiten, den eingebauten Baumaterialien, der technischen Ausrüstung und den benutzten Materialien vielfältig. Vor allem in den Wintermonaten klagen die Beschäftigten über trockene Augen und Schleimhautreizungen bei niedrigen Luftfeuchtwerten während der Heizperiode.

Gerade auch künstlich klimatisierte Arbeitsräume sind immer wieder Anlaß für Klagen. Bereits bei der Konzeption der sollte auf eine differenzierte Feinregulierung, eine ausreichende Leistungsreserve und während des Betriebs der raumlufttechnischen Anlage auf eine regelmäßig Wartung geachtet werden. Somit scheint auszuschließen, daß krankheitsauslösende Keime freigesetzt werden.

Der Nichtraucherchutz wird in absehbarer Zeit einen immer höheren Stellenwert einnehmen, so daß die generelle Empfehlung gilt, vor allem Großraumbüros zur absoluten rauchfreien Zone zu erklären.

Zu dieser Problematik sind gemeinsame Gespräche zwischen Arbeitnehmern, Betriebsarzt, Betriebsrat und Geschäftsführung sinnvoll.

Ebenso wie im häuslichen Bereich werden auch in Büroräumen Chemikalien eingesetzt, so finden sich in Reinigungsmitteln: Heptan, Nonan, Decan, Undecan, Limonen, p-Cymen, α -Pinen.

Bei Bodenwachsbenutzung repräsentieren sich 1,4-Diethylbenzol, Butylbenzol, 1,2,5-Trimethylbenzol, Ethylbenzol, Xylol, Limonen, Decan, 1-Nonen. Bei gefärbten Tapeten sind Aceton, Hexanal, Toluol, 1,2-Propandiol, 2-Butoxyethanol, Limonen, Hexanol und Formaldehyd zu erwarten. Auch können die Bodenbeläge abhängig vom Material die Ausdünstungen vielfältiger flüchtiger organischer Verbindungen (VOC = Volatile organic compounds) von z.B. Alkanen, Alkylaromaten, Aminen, Aldehyden, Glycol, Styrol, Esterverbindungen, Vinylcyclohexan, bewirken [J39].

Weiterhin wurden in der Vergangenheit PCB-haltige Materialien (polychlorierte Biphenyle) eingesetzt.

Hierbei werden *Primärquellen*, z.B. PCB-haltige Weichmacher in dauerelastischen Fugendichtmassen, Anstrichstoffen, Beschichtungen, Deckenplatten sowie in „geschlossenen Systemen“ speziell in Transformatoren und Kondensatoren (Leuchtstofflampen) vorkommenden von sog. *Sekundärquellen* unterschieden. Sekundärquellen geben die an der Oberfläche angelagerten PCB nach und nach wieder an die Umwelt frei. Seit etwa 1978 sind die offenen Anwendungen verboten, seit 1981 erfolgte keine Anwendung mehr bei Leucht Kondensatoren oder anderen Kondensatoren, seit 1983 keine Herstellung mehr und seit 1989 gibt es ein generelles Verbot. Ferner sind natürlich auch in Bürogebäuden Holzschutzmittel (Lindan, Pyrethroide, PCB) eingesetzt worden. Als weiterer vorkommender Schadstoff ist das stechend riechende und reizende Ozongas zu nennen, das vor allem während bestimmter Inversionswetterlagen und in Anwesenheit von Sonneneinstrahlung durch fotochemische Smogreaktionen gebildet wird. In den allermeisten Fällen geht eine Ozonbelastung aus der Außenluft hervor. Bei offenen Fenstern oder Türen wird in der Innenraumluft eine ca. 30- bis 60 prozentige Konzentration der Außenraumluft erreicht. Ozon immitierende Geräte, z.B. Fotokopierer und Laserdrucker sind heutzutage mit Ozonfiltern ausgerüstet, so daß Grenzwertüber-

schreitungen bei modernen Geräten nicht zu erwarten sind. Als weiteres Gas spielt das Kohlendioxid (CO₂) als Indikatorwert für eine Innenraumbelastung eine wesentliche Rolle. Hauptemissionsquelle ist der Mensch, der im Rahmen seiner Stoffwechselfvorgänge Kohlendioxid atmet. Des Weiteren bestehen für die Beschäftigten im Umgang mit alltäglichen Büromaterialien und Hilfsmitteln die Möglichkeit, sich Schadstoffen auszusetzen: Korrekturflüssigkeit, Faserstifte, Klebemittel, Klebestifte, Stempelkissen, Blaupausen, Reaktionsduscheibepapier, chlorgebleichtes Papier. So enthalten Faserstifte zum Teil aromatische Kohlenwasserstoffe wie Toluol oder Xylol, Korrekturflüssigkeiten 1.1.1-Trichlorethan und Benzinkohlenwasserstoffe, Kleber Methylacetat und Toluol [42]. Bei der Verwendung dieser Materialien sollte auf lösungsmittelfreie schadstoffarme Produkte umgestellt werden. Durch Rauchen können sich diese Verbindungen in der Giftigkeit erheblich verstärken, so entsteht z.B. aus 1.1.1-Trichlorethan durch die hohen Verbrennungstemperaturen direkt unterhalb der Nase das hochgiftige Kampfgas Phosgen.

Eine weitere, nicht zu unterschätzende Gesundheitsgefahr geht von den überall vorhandenen Kontaktallergenen aus. Zu diesen wichtigsten Kontaktallergenen gehören die nickelhaltigen Gegenstände (Büroklammern, Scheren, Lichtpauspapier), Klebstoffe (Formaldehyd), Bleistifte (Carbowachse, Holz, Lacke), Gummigegenstände (Gummi-chemikalien), Kohlepapier (Benzylalkohol, Trikresylphosphat), Kugelschreiber (Azofarbstoffe, Dichromat), Kunststoffgegenstände (Formaldehyd, Thiopren), Stempelfarben (Dichromat, Kobalt, Gentiaviolett), Tinte (Anilin; Dichromat, Lanolin, Para-Amino-Azotoluol) und Papier (p-tertiäres Butylcatechol, Melaminharz) [J42].

Zusätzliche allergenisierende Raumluftschadstoffe können, wie auch im privaten Bereich, von gewissen Schimmelpilzen, die sich in Luftbefeuchtern, feuchten Stellen, Topfpflanzen oder auch älteren schlecht gelagerten Büchern verstecken, ausgehen. Faserstaubbelastungen (Asbest, Mineralfasern) dürften nur noch bei Renovierungs- und Umbauarbeiten, Ausbau von asbesthaltigen Materialien oder Dämmstoffen eine Rolle spielen. Hierzu findet sich ein gutes Bewertungssystem mit einer umfangreichen Checkliste in : Asbest in Innenräumen für schwach gebundene Asbestprodukte [J42].

11. Tips zur Schadstoffminimierung

Ganz allgemein sollten präventivmedizinische Maßnahmen im Vordergrund stehen.

Hierzu zählen vor allem die Beseitigung möglicher Expositionsquellen, grundsätzliche Empfehlungen hinsichtlich des Rauchens und Passivrauchens, der Lebensführung und der Ernährung, Verbesserung des physikalischen Raumklimas (ausreichende Frischluftzufuhr, Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 60 %, Temperatur 20 bis 22°C), regelmäßige Wartung und Säuberung von Klimaanlage und Luftbefeuchtern, Auswahl emissionsarmer Bau- und Arbeitsmaterialien sowie Benutzung umweltfreundlicher Farben, Lacke und Reinigungsmitteln sowie das Einhalten von Verbrauchervorschriften und Schutzmaßnahmen.

In Neubauten oder frisch renovierten Räumlichkeiten treten anfangs nicht selten hohe Chemikalienbelastungen auf. Deshalb sollte gerade hierbei oft und intensiv gelüftet werden. Innerhalb weniger Wochen nehmen solche Belastungen jedoch ab und sind meist nach etwa vier bis fünf Monaten kaum mehr vorhanden, allmählich wird die Belastung der Innenraumluft im wesentlichen durch die Außenluftqualität und die Einflüsse aus der Nutzung bestimmt. Prinzipiell sollten Renovierungsarbeiten unmittelbar vor dem Urlaub und wenn möglich, in der wärmeren Jahreszeit zwecks besserer Lüftungsmöglichkeit durchgeführt werden. Schon bei der Auswahl von Wand- und Deckenfarben sollte man umweltfreundliche Produkte erwerben, am besten welche, die den blauen Umweltengel des Umweltbundesamtes tragen. Hierdurch hat man Gewißheit, daß es sich um ein schadstoffarmes Produkt handelt. Lacke und Lasuren enthalten durchschnittlich noch 50 % Lösungsmittel, darunter auch Substanzen wie Xylol, Toluol, Trichlorethylen oder andere chlorierte Kohlenwasserstoffe. Inzwischen sind auch Dispersionslacke, die wassermischbar sind, auf dem Markt und die lediglich noch 10 % organische Lösungsmittel enthalten, sogenannte Wasserlacke. Dennoch sollte man während der Verarbeitung und Trockenphase auf ausreichende Frischluftzufuhr achten, ferner den Hinweisen des Haupteinsatzgebietes folgen und für Außenbereiche zu verwendende Lacke nicht in Innenräumen benutzen. Auch hier sollte man auf schadstoffarme Produkte mit Umweltengel ausweichen. Alternativen sind Naturfarben, deren Inhaltsstoffe lediglich auf pflanz-

lichen Substanzen beruhen. Holzschutzmitteln sollen den Befall durch Pilze und Insekten verhindern und enthalten als Pilzbekämpfungsmittel Pentachlorphenol (PCP) und gegen Insekten Lindan oder Permethrin. In Innenräumen sollte man deshalb eine Oberflächenbehandlung mit Bienenwachs, Leinölfirnis oder Paraffinöl bevorzugen. Textilfasertapeten, neue Vorhänge oder auch Teppichböden gasen häufig Formaldehyd aus. Durch einmaliges Waschen der Vorhänge läßt sich die Schadstoffexposition minimieren. Teppichböden sollten nach Möglichkeit nicht verklebt werden, die üblichen Teppichkleber enthalten oft Lösungsmittel wie Toluol und Xylol. Es würde ausreichen, den Teppichboden mit Teppichklebeband zu befestigen. Bezüglich der Verwendung von Reinigungsmitteln sollte man vor allem im häuslichen Bereich auf die aggressiven bakterizid wirkenden Reinigungsmittel verzichten und dafür einen einfachen Essigreiniger einsetzen. Die „chemischen Keulen“ in Bad und Küche sind teilweise durch harmlosere gesundheitsverträgliche Reinigungsmittel zu ersetzen. Bei der Auswahl von Spanplatten und Sperrholzmöbeln, Wänden und Deckenpaneelen als Hauptquellen für Formaldehydausdünstungen sollte man auf schadstoffarme Produkte (Kennzeichnungspflicht) ausweichen. Empfehlenswert sind lediglich oberflächenbehandelte Massivholzmöbel. Bei der Auswahl der Teppichböden wird regelmäßig die Behandlung von Wollteppichen mit Permethrin beschrieben, vor allem aber die Ausdünstungen von Schaumrücken und Verlegenetzen (Peroxide, Phthalate als Weichmacher, synthetisches Latex, Styrol und PVC-Schäume). Häufig ist Importware zur besseren Lagerung und Konservierung mit Insektiziden und Fungiziden behandelt. Kunststoffprodukte sollten ganz allgemein gemieden und auf Naturmaterialien wie Kork, Mineralstoffe, Kokos etc. ausgewichen werden. Bei Polstermöbeln wird in der Regel Schaumstoff verwendet, eine Ausdünstung von Schadstoffen z.B. Phosphorsäureester (Flammschutzmittel) scheint möglich, auch Lederpolstermöbel können gesundheitsgefährdende Stoffe (PCP) freisetzen. Grundsätzlich sollte – betrachtet man auch den Niedrigdosisbereich – auf Duftstoffe und übermäßige Benutzung von Kosmetika verzichtet werden. Die wirksamste Gegenmaßnahme zur Beseitigung von Innenraumbelastungen ist, diese erst gar nicht entstehen zu lassen. Hierbei sei nochmals das Zigarettenrauchen mit all seinen schädigenden Inhaltsstoffen genannt. Regelmäßiges Lüften hilft zudem, die Innenraumbelastungen niedrig zu halten, während im Sommer ausgiebiges Lüften meist kein Problem darstellt, bedeutet es

im Winter immer höheren Energieverlust. Luftreinigungsgeräte und sog. Ionisatoren für den Hausgebrauch liefern meist unbefriedigende Ergebnisse. Individuell regelbare Anlagen sowie die Wartung von Klimaanlage vermindern nicht nur den Energieverbrauch, sondern auch die Gesundheitsbelastung. Luftbefeuchter sorgen für einen ausreichenden Wasserdampfgehalt in der Luft, was Atemwege und Schleimhäute schont. Oftmals bringt auch ein leichtes Absenken der Temperatur einen ähnlichen Effekt und spart zudem Energie. Pflanzen haben die Fähigkeit, als natürlicher Luftbefeuchter zu dienen, außerdem produzieren sie Sauerstoff und können – wenn auch nur in geringem Maße – Schadstoffe wie Benzol, Kohlenmonoxid und Formaldehyd herausfiltern. Zur gezielten Entfernung von Wohngiften reichen Pflanzen jedoch nicht aus. Kombinationen von Pflanzen und Filtertechnik, die im Wurzelbereich über Bodenbakterien relevante Schadstoffe entfernen sollen, sind auf dem Markt.

Bei den Topfpflanzen ist auf eine entstehende Pilzbesiedlung zu achten, außerdem können einige Pflanzen, z.B. Ficus benjamina (Birkenfeige), eine allergische Potenz aufweisen.

Obwohl die moderneren Staubsauger mit vielfachen und bereits guten Filtersystemen ausgerüstet sind, wird trotzdem Feinstaub aufgewirbelt, weshalb diese Tätigkeiten von Nichtallergikern ausgeübt werden sollten. Insgesamt hilft regelmäßiges Putzen und Aufwischen insbesondere die Hausstaubmilbenallergene zu minimieren. Auf Schädlingsbekämpfungsmittel in Innenräumen sollte unbedingt verzichtet und ggf. auf Hausmittel zurückgegriffen werden.

Prinzipiell erhält man Hilfestellung und Beratungen bei den örtlichen Gesundheitsämtern, umweltmedizinischen Instituten und einigen zertifizierten Ingenieurbüros/Umweltlabors.

12. Hinweise für Ärzte

Praktische Vorgehensweise

Zugegebenermaßen ist der Umgang mit Betroffenen bzw. Patienten, die oftmals einen erheblichen Leidensdruck und eine deutliche Verunsicherung durch Medien und Vorerfahrungen aufweisen, nicht ganz einfach. Auf jeden Fall sollte man sich vor einer zu schnellen Vorver-

urteilung und Psychiatrisierung hüten. Dennoch erscheint in diesem Zusammenhang auf die von der Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) publizierten Leitlinien zu somatoformen Störungen, insbesondere umweltbezogenen Körperbeschwerden, hingewiesen:

- Eine Differenzierung und Abgrenzung zur allgemeinen Umweltangst und zu paranoiden Psychosen mit Beeinträchtigungswahn muß vollzogen werden.
- Gesicherte Fakten zu Ergebnissen von Psychotherapien dieser Patientengruppe liegen bisher noch nicht in ausreichendem Maße vor.
- Generell werden Psychopharmaka abgelehnt und sind bei mangelnder empirischer Wirkungsweise nicht indiziert. [J50]

Im Vordergrund steht natürlich immer der Mensch, nach dessen Bedürfnissen der behandelnde Arzt das individuelle Vorgehen abstimmen muß.

Wie bereits erwähnt, bewährt sich zur Anamneseerhebung ein fragebogengestütztes zielgerichtetes Vorgehen (z.B. Standardfragebogen des Medizinischen Instituts für Umwelthygiene der Universität Düsseldorf oder Fragebogen der Umweltmedizinischen Ambulanz BA Steglitz/Schöneberg, siehe Kapitel 14).

Ebenso sind psychologisch standardisierte Fragebögen, die die Zufriedenheit am Arbeitsplatz, Streßverarbeitung und Persönlichkeit miteinbeziehen, empfehlenswert.

Grundsätzlich sollte – eigentlich selbstverständlich – folgendes beachtet werden: Für den Umgang mit umweltmedizinischen Patienten sind Zeit, Geduld und Gesprächsbereitschaft erforderlich. Probleme müssen ernst genommen, irrationale Erwartungshaltungen gedämpft werden. In der interdisziplinären Zusammenarbeit mit anderen Fachspezialisten (Allergologie, Dermatologie, Neurologie, Pneumologie, Innere Medizin, Psychiatrie und bei beruflicher Exposition Arbeitsmedizin) müssen andere Erkrankungen ausgeschlossen werden. Des weiteren sollte keine polypragmatische Diagnostik und Therapie erfolgen, insbesondere nur Messungen veranlaßt werden, deren Ergebnisse interpretiert werden können, nur Maßnahmen vorgeschlagen werden, die

vertretbar sind (keine baulichen Sanierungsmaßnahmen, die mit hohem finanziellen Aufwand verbunden wären). Die Beurteilung umweltmedizinischer Laborparameter muß wissenschaftlich fundiert sein und auf gesicherten umwelttoxikologischen (Dosis-/Wirkungsbeziehung) und umweltepidemiologischen Erkenntnissen beruhen. Ferner sollte man sich stets darüber klar werden, daß gerade im Bereich der Umweltmedizinproblematik noch große Wissenslücken bestehen.

Im Erheben der allgemeinen Anamnese ist auch die Erfassung psychosozialer Zusammenhänge angezeigt, wie z.B. Familienstand, Lebenszufriedenheit und tragische Ereignisse, in der speziellen Anamnese die genaue Beschwerdesymptomatik, d.h. die örtliche und zeitliche Korrelation, die Umgebung, die geographische Lage sowie ergänzend eine Abklärung der räumlichen Verhältnisse und der beruflichen wie auch privaten Tätigkeitsbeschreibung.

Anschließend folgt eine Basisdiagnostik, die außer einer körperlichen Untersuchung ein Routinelabor (Entzündungsparameter, Differentialblutbild, Schilddrüsenfunktion, Nieren- und Leberwerte, evtl. Immunstatus) umfassen sollte. Aus den vorbestehenden und erhobenen Befunden wird nun eine vorliegende andere Erkrankung abgeschätzt und das weitere diagnostische und therapeutische Vorgehen mit dem Patienten abgesprochen.

Ergeben sich Anhaltspunkte für einen Zusammenhang der Beschwerden mit der Innenraumluft, sollten weitere objektive Befunde zusammengetragen werden, z.B. wird der Betroffene aufgefordert, ein Tagebuch mit zeitlicher und örtlicher Dokumentation des Beschwerdemusters zu führen, zusätzlich könnte zur Objektivierung und Quantifizierung vom Patienten ein Selbsttest mit einem Passivsammler auf den vermuteten Schadstoff erfolgen, ggf. eine Hausstaubanalyse. Ferner erscheint es sinnvoll die raumklimatischen Faktoren wie Temperatur und Feuchtigkeit aufzuzeichnen. Falls vertretbar, kann ein Auslaßversuch bzw. ein Expositionsversuch, um die Veränderung des Beschwerdebildes zu überprüfen, durchgeführt werden. Ergeben sich hierdurch deutliche Anhaltspunkte auf eine innenraumassoziierte Erkrankung, so ist zwischen der BRI und dem SBS zu unterscheiden. Oftmals ist ein Biomonitoring von verschiedenen Gefahrstoffen im Blutgewebe oder Harnproben in Kooperation mit zertifizierten Labors hilfreich.

Hierzu ist nochmals zu betonen, es sollten nur solche Messungen veranlaßt werden, die man auch interpretieren kann.

Als weitere Interpretationshilfe ist ein Umweltmonitoring durch Innenraumluftmessungen durchführbar. Zusätzlich sollte ein Erfahrungsaustausch mit umweltmedizinischen Einrichtungen, z.B. öffentlichen Gesundheitsämtern, Umweltambulanzen einiger Bundesländer und Informationszentralen erfolgen. Wissenschaftlich fundierte Literatur findet man über Datenbanken, Online-Dienste, Internet und natürlich in relevanten toxikologisch/umweltmedizinischen Büchern und Zeitschriften.

Erst in der Zusammenschau aller vorliegenden relevanten Befunde, insbesondere auch unter Berücksichtigung von persönlichen Einflußfaktoren und unter der begrenzten Aussagekraft der analytischen Meßverfahren, kann in Anlehnung an wissenschaftliche Erkenntnisse die gesundheits- und wirkungsbezogene Interpretation erfolgen.

Bei vorhandener Schadstoffbelastung und als wahrscheinlich einzustufenden Gesundheitsgefährdungen sollten dann Sanierungsmaßnahmen und ggf. bauliche Veränderungen mit dem Betroffenen besprochen werden.

Findet sich keine relevante Schadstoffbelastung, so ist dennoch professionelle Hilfe anzubieten, zum einen, um der gesellschaftlichen und sozialen Isolation entgegenzuwirken, zum anderen sollte es das allgemeine Ziel sein, den Betroffenen beratend und begleitend zur Seite zu stehen und ggf. eine psychosomatische/psychotherapeutische Betreuung anzubieten[J39,mod.].

Derzeit erscheinen insbesondere verhaltenstherapeutisch ausgerichtete Therapieansätze vielversprechend.

Allergien

Bei Personen mit häufigen Atemwegserkrankungen und Infekten oder angegebener „Immunschwäche“ empfiehlt sich eine Allergieaustestung. Hierbei werden bei Allergologen bzw. Hautärzten in einem Prick-Scratch-Test die in Frage kommenden Allergene ausgetestet.

Ca. 10 % der Personen mit Atemwegserkrankungen und etwa 30 % der Atopiker haben eine Allergie auf Schimmelpilze [J39]. Pilzsporensensitive Patienten reagieren in der Allergietestung meist auf mehrere Inhalationsallergene wie Milben und Tierepithelien sowie auf verschiedene Pilzextrakte. Eine alleinige Sensibilisierung gegen eine Sporenart ist selten. Wichtig ist, zu erwähnen, daß es sogenannte

Kreuzallergien gibt, d.h. Personen reagieren sowohl auf Nahrungsmittelallergene als auch auf bestimmte Pollenallergene. In diesem Zusammenhang muß nochmals auf die allergologische Potenz von Zimmerpflanzen (z.B. Ficus benjamina, Birkenfeige) hingewiesen werden. Der modifizierte Prick-Test testet Inhalationsallergene, die in Tröpfchenform auf den Unterarm aufgebracht werden können und mit einer Pricknadel oberflächlich in die Haut eingeritzt wird. Die Untersuchungsergebnisse (Rötung) wird nach ca. 20 Minuten abgelesen. Der Epikutantest eignet sich für die Typ IV-Allergene, die vor allem bei der Kontaktdermatitis eine Rolle spielen. Im Intrakutantest lassen sich gut Nahrungsmittelallergene anhand einer Quaddelbildung ablesen. Zusätzlich empfiehlt sich natürlich die Durchführung einer Röntgenaufnahme zur Beurteilung der Lungenstruktur.

Unbedingt durchgeführt werden sollte eine Lungenfunktion zum Nachweis einer obstruktiven Atemwegsstörung, ggf. ergänzend eine Diffusionsspirometrie oder eine Provokationsspirometrie. Bei der allergischen Rhinitis kann die nasale Provokation hilfreich sein, bei der die Nasenschleimhaut mit potentiellen Allergenen besprüht und die Abnahme der Nasenluftpassage quantitativ gemessen werden kann (Rhinomanometrie).

Auch im Blut lassen sich labortechnisch bestimmte Inhalationsallergene durch Nachweis von speziellen Immunglobulinen vom Typ E (IgE) im sog. RAST (Radio-Allergo-Sorbent-Test) nachweisen. Als seltenes Krankheitsbild zu nennen ist die allergische bronchopulmonale Aspergillose und die exogen-allergische Alveolitis, eine Entzündung der Lungenbläschen, die oft nach längerfristigen oder massiven Allergenexpositionen entstehen kann.

Weiterführende Informationen zur exogen allergischen Alveolitis, etwa zu Diagnosekriterien, Differentialdiagnosen und Untersuchungsmethoden, finden sich auch im Internet unter: http://www.uniklinik-saarland.de/med_fak/arbeitsmedizin/diagnostik/kap3.html#3.3.4 .

Therapeutisch im Vordergrund steht die Allergenkarenz, d.h. Beseitigung der Allergene, soweit möglich. Pollenallergiker sollten unbedingt die Meldungen des Pollenwarndienstes des Deutschen Wetterdienstes oder regionale Meldungen z.B. der Tageszeitung beachten. Im Saarland informiert auch die Uniklinik Homburg (Institut für Präventivmedizin, unterstützt von der Landwirtschaftlichen Berufsgenos-

senschaft) per Bandansage über den aktuellen Pollenflug, erreichbar unter **06841/1623625**.

In Kürze können die aktuellen Daten auch im Internet unter www.uniklinik-saarland.de/fb/innereV.html abgerufen werden.

Ferner erteilt die Allgemeine Ortskrankenkasse (AOK) Pollenfluginformationen für RheinlandPfalz unter 0190 115492

oder im Internet unter www2.aok.de/rlpf/htm/allergie/Allergie.htm

Weitere Tipps und Informationen bietet der Deutsche Allergie und Asthma Bund unter 0621 524877 oder www.daab.de

In vielen Fällen ist eine sog. spezifische Hyposensibilisierung hilfreich, allerdings ist die Behandlungsmethode nicht ganz ungefährlich, da gefährliche Nebenwirkungen bis zum anaphylaktischen Schock resultieren können.

Es gibt eine Reihe von Medikamenten, die Linderung verschaffen können. Abschwellende Nasentropfen sollten allerdings nur kurzfristig eingesetzt werden.

Bei asthmatoïden Beschwerden kommen Inhalationssprays (Beta-2-Sympathomimetika, Glukokorticoide, Chromoglicinsäure) zur Anwendung. Ferner stehen auch systemisch wirkende Medikamente (Antihistaminika, Glukocorticoide, Beta-2-Sympathomimetika, Theophyllinhaltige Präparate, Broncho- und Mukolytika) zur Verfügung.

Der Patient selbst sollte allgemeine Verhaltensmaßnahmen anwenden:

- gesunde Lebensweise, d.h. ausreichend Schlaf,
- Stressvermeidung,
- zusätzliche Vermeidung von Noxen wie Tabak, Alkohol,
- Vermeidung von Nahrungsmittelallergenen, da Doppelbelastungen die allergischen Symptome verstärken können,
- Vermeidung oder Reduktion nebenwirkungsreicher Medikamente.

Bei den sog. saisonalen Allergien empfiehlt sich, falls einrichtbar, ein Aufenthalt im Hochgebirge oder an der See.

Infektiöse Mikroorganismen

Infektiöse Mikroorganismen wie Bakterien und Viren als aerogen übertragbare Infektionserreger werden in überwiegender Anzahl von infizierten Personen von Mensch zu Mensch übertragen. Vor allem überfüllte, schlecht belüftete und mechanisch ventilierte Räume bedeuten ein höheres Risiko, an Infektionen des Respirationstraktes zu erkranken. Bei entsprechenden Beschwerden oder Symptomatik sollte bei Risikogruppen wie alten, kranken und abwehrgeschwächten Menschen oder Kindern an sogenannte opportunistische Erreger wie Schimmelpilze, Tuberkelbakterien, Pseudomonas oder Legionella pneumophila als Krankheitsverursacher gedacht werden. Bei Tierhaltung oder in Einrichtungen, in denen tierische Produkte hergestellt werden, müssen beim Auftreten von grippalen Infekten oder Pneumonien auch seltenere vom Tier zum Mensch übertragbare Erreger wie Milzbrand, Ornithose, Brucellose, Histoplasmose oder Q-Fieber in Erwägung gezogen werden [J39].

Die Legionelleninfektionen haben wir bereits im Kapitel Building Related Illness umfassend behandelt. Hierbei kommt es im Rahmen der klassischen Legionärskrankheit zu einer Infektion durch erregerhaltige Aerosole, die sich in Warmwassersystemen, Klimaanlage oder Kühltürmen massenhaft vermehren können und dementsprechend gehäuft in Großgebäuden wie Kliniken, Altenheimen, Bädern, Betriebsgebäuden, Verwaltungsgebäuden, Hotels und Mehrfamilienhäusern auftreten.

Tab.XX Wichtige infektiöse Mikroorganismen und Übertragungswege [J39]

| Mensch-Mensch | Tier-Mensch (selten) | feuchtes Medium-aerogen |
|--|--|---|
| Viren: Influenza, Masern Varizellen Bakterien: Streptokokken, Staphylokokken, Bordetella pertussis, Corynebacterium diphtheria | Anthrax (Bacillus anthracis) z.B. Textilwerke Ornithose (Chlamydia psittaci) Haushalte, in denen Vögel gehalten werden oder Hühnermästereien Bruzellose, (Brucella suis, melitensis) Schlachthäuser Histoplasmose (Histoplasma capsulatum) Hühnerställe Q-Fieber (Coxiella burnetti) Ziegen- und Schafhaltung | Legionella pneumophila Mycobacterium tuberculosis Aspergillus spp. Cephalosporium spp. Pseudomonas spp. Bacillus spp. z.B. Warmwassersysteme, Kühltürme, Klimaanlage, in Krankenhäusern, Altenpflegeheimen, seltener Bäder und Betriebsgebäude |

Alle diese Infektionserkrankungen können auch als Building Related Illness bezeichnet werden, da eine klar erkenntliche Ursache vorliegt. (siehe Kapitel 3)

Raucherentwöhnung

Rauchen ist eine Suchterkrankung, ca. 60 bis 70 % der Raucher sind nach medizinischem Kriterien abhängig. Tabakabstinenz führt nach mehreren Stunden zu einem Nikotinentzugsyndrom, das in der Regel ein bis vier Wochen anhalten kann. Hierbei dominieren eine verminderte Frustrationstoleranz, dysphorische und depressive Stimmungen, Ärger und Aggressivität, Angst oder Unruhe, Schlafstörungen, Konzentrationsstörungen, vermehrte Irritierbarkeit, gesteigerter Appetit und relative Bradykardie [J 44].

Die Raucherentwöhnung stellt eine interdisziplinäre Aufgabe von Ärztinnen und Ärzten aller Fachrichtungen sowie ärztlicher und psychologischer Therapeuten dar.

Die medikamentösen Raucherentwöhnungsstudien mit psychologischen Begleittherapien zeigten die längerfristigeren Abstinenzwahrscheinlichkeiten. Je nach Abhängigkeitstyp stehen Nikotinersatztherapien in unterschiedlichen Dosierungen und Applikationsformen, Anti-Craving-Medikamente wie Zyban zur Verfügung, jedoch sollten die absoluten und relativen Kontraindikationen beachtet werden.

Unterstützend kann auch eine Akupunktur-Therapie eingesetzt werden. Raucherentwöhnungskurse können bei niedergelassenen Ärzten und Kliniken besucht werden.

Ferner werden wirksamkeitsüberprüfte, wissenschaftlich fundierte Gruppentherapien, z.B. im Klinikum Saarbrücken, Medizinische Klinik I, Funktionsbereich Psychosomatik, (Kosten von etwa 160 Euro) angeboten [J 44].

12. Einfache, selbst durchführbare Meßmethoden

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über zur Zeit gängige Testkits, mit denen eine ganze Reihe von Innenraumschadstoffen schnell, einfach und kostengünstig selbst bestimmt werden können.

Tab.X: Überblick über einen Teil der zur Zeit im Handel erhältlichen Schnelltests zur Bestimmung relevanter Schadstoffe in Innenräumen mit Preisen

UM Schnelltests / Analytik

| | PZN | (Preise in €) (Stand 05.2002) |
|---|---------|-----------------------------------|
| Formaldehyd (Dräger Bio-Check F) | | |
| Einzelpackung | 4898239 | (24,98) |
| Dreierpackung | 7469421 | (67,45) |
| Ozon (Dräger Bio-Check Ozon) | 6348773 | (17,99 10 x) |
| Lösemittel (Dräger Bio-Check Lösemittel) | | (126,96) |
| | | (12 Substanzen standardmäßig) |
| Alkohol (Dräger Alco-Check) | | |
| Anzeigegrenze bei 0,5 ‰ | 7268674 | (3,40) |
| Anzeigegrenze bei 0,8 ‰ | 8753325 | (3,40) |
| PCP (Dräger Bio-Check PCO) | | |
| Einzelpackung | 7601085 | (72,50) |
| Dreierpackung | 7659819 | (160,-) |
| Hausstaubmilbenallergene (Dräger Bio-Check Allergen control) | | |
| Einzelpackung | 1408111 | (14,59) |
| Schimmelpilze | 0584314 | (71,-) |
| (Dräger Bio-Check Schimmelpilze) | | |

| | |
|---|------------|
| Klima (Temperatur, relative Feuchte) (z.B. Wetterstation) | (ab 20.-) |
| Elektromagnetische Felder | (ab 50.-) |
| Radioaktivität (Radon, Institut für Biophysik Universität, Homburg) | (ca. 25.-) |
| Hausstaubmilben (-Kot, Acarex Test) Einzelpackung (10Stk) 1408111 | (15,29) |

PZN = Pharmazentral Unter dieser Nummer kann der entsprechende Test in der Apotheke eindeutig bestellt werden.

Im folgenden werden nun die in der vorangehenden Tabelle vorgestellten Schnelltests näher vorgestellt

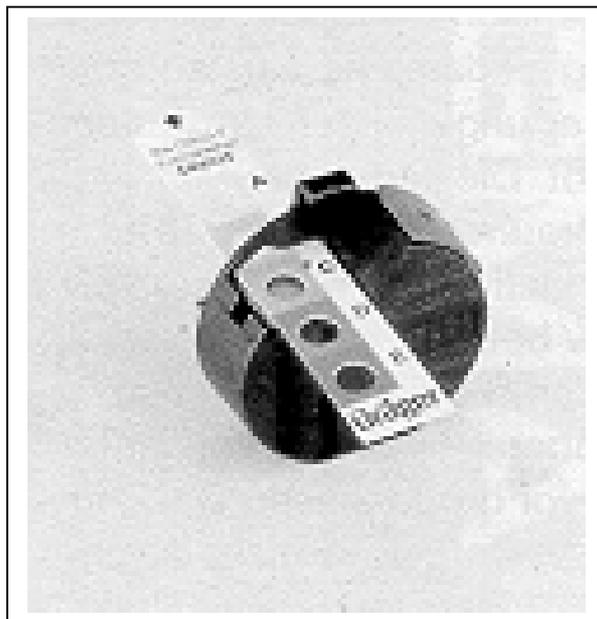
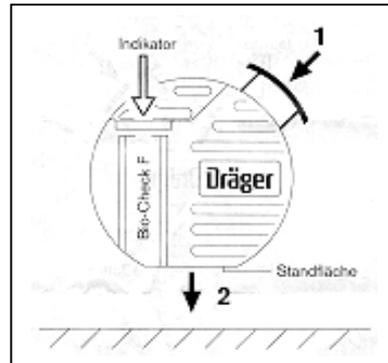
Formaldehyd (Dräger Bio-Check F)[J17, J18]:

Der Dräger Bio-Check F mißt die Formaldehydkonzentration einfach, von jedermann selbst durchführbar, schnell genau und ohne Zusatzgeräte. Die Konzentrationen lassen sich durch einen einfachen Farbvergleich direkt ablesen.

Dieser Test wird von der Firma Dräger auch über Apotheken vertrieben, wo er zu einem Preis von 24,98 € erworben werden kann. Ein Dreier-Kit kostet 67,45 €.

Zur Messung wird der Bio-Check F der versiegelten entnommen. Im nächsten Schritt muß er aktiviert werden. Dazu wird der Startknopf (1) (siehe Abb. unten) bis zum Anschlag gedrückt. Ein deutliches Knacken bestätigt dabei das Öffnen der eingebauten Ampulle. Anschließend wird der Bio-Check F auf einen festen Untergrund kräftig aufgestoßen. Nach 8 bis 10 Sekunden ist der Indikator befeuchtet und damit meßbereit. Sollte der Indikator nicht befeuchtet sein, sollte dieser Arbeitsschritt wiederholt werden. Nachdem diese Vorbereitungen abgeschlossen sind, muß man den Bio-Check F für 2 Stunden am ausgewählten Meßort platzieren. Wichtig ist, daß der Test direkt nach der 2stündigen Messung anhand der beigefügten Farbskala ausgewertet wird, da spätere Verfärbungen auch ohne den Einfluß von Formaldehyd auftreten können.

Zur Auswertung wird der mitgelieferte Farbcode durch den Schlitz des Bio-Check F geschoben. Die Farbintensität des Indikators wird nun mit den Intensitätsstufen am Farb-Code verglichen. Dabei sollen die Farbwerte gleicher Intensität ermittelt werden.



Tab. : Die folgende Tabelle zeigt, welchen Farbintensitäten welche Konzentrationsbereiche zugeordnet werden können.

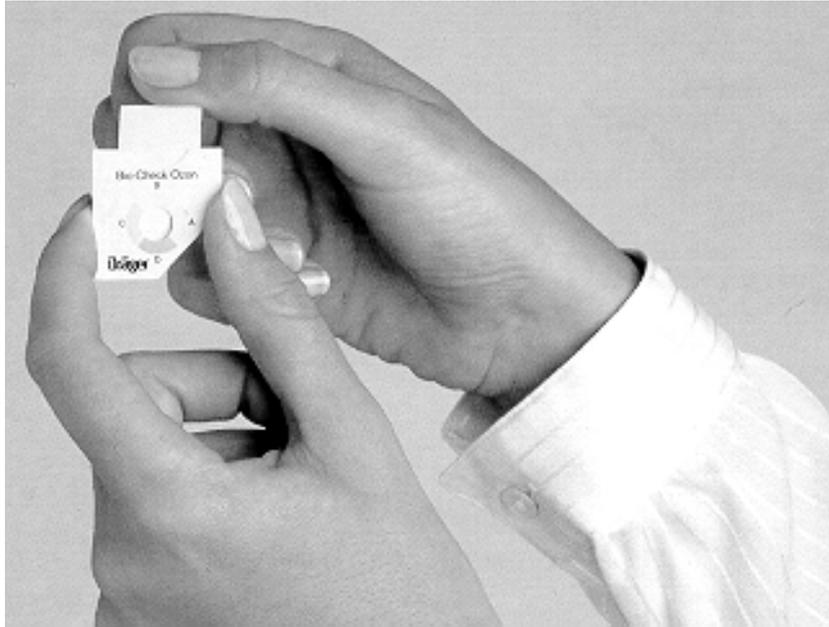
| Farbwert | Formaldehydkonzentration [ppm] | Innenraum Richtwert |
|-----------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| A | 0 bis 0,05 | unterschritten |
| B | 0,05 bis 0,1 | eventuell erreicht |
| C | 0,1 bis 0,2 | Erreicht oder überschritten |
| D | 0,2 bis 0,3 | überschritten |
| E | 0,3 oder höher | überschritten |

Wenn die auftretende Verfärbung schwächer ist, als der Farbwert A, ist kein Formaldehyd vorhanden, bzw., die Konzentration liegt unter 0,02 ppm.

Ozon (Dräger Bio-Check Ozon)[J15]:

Auch dieser Schnelltest ist in Apotheken (unter der Pharmazentralnummer (6348773) erhältlich. Es handelt sich dabei um ein Plakettenmeßsystem das 10 Einzelmessungen ermöglicht.

Die eigentliche Messung erfolgt durch Einschieben eines ozonempfindlichen Meßstreifens in einen Plakettenhalter. Nach einer Meßdauer von 20 Minuten in Innenräumen bzw. 10mMinuten im Außenbereich Kann die Ozonkonzentration über einen Farbvergleich mit dem auf dem Plakettenhalter gedruckten Farbcode erfolgen. Diese einfache Methode müßte von jedermann exakt durchgeführt werden können.



Tab. : Die folgende Tabelle zeigt, welchen Farbintensitäten welche Konzentrationsbereiche zugeordnet werden können. Als Grenzwert wird dabei der MIK-Wert zugrunde gelegt (Maximale Immissions-Konzentration [$120\mu\text{g}/\text{m}^3$])

| Farbwert | Ozon-Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Wohnraum |
|----------|---|--|
| A | 30 - 90 | MIK-Wert unterschritten |
| B | 90 - 150 | Im Bereich des MIK-Wertes |
| C | 150 - 210 | MIK-Wert überschritten |
| D | 20 - 240 | MIK-Wert deutlich überschritten |

Die Wirkungen des Ozons auf den Menschen sind sehr unterschiedlich ausgeprägt. Die folgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über mögliche Symptome

Tab.X: Mögliche durch Ozon hervorgerufene Wirkungen in Abhängigkeit von der vorhandenen Ozonkonzentration

| | |
|----------------------------------|--|
| ab 30 µg/m ³ | Wahrnehmung mit dem Geruchssinn, es tritt jedoch ein schneller Gewöhnungseffekt ein |
| ab 70 µg/m ³ | erste Reizzustände der Augenbindehaut |
| ab 100 µg/m ³ | eventuell Kopfschmerzen |
| ab 160 µg/m ³ | bei Tieren sinkt die Abwehrbereitschaft für bakterielle Lungenerkrankungen |
| ab 106 bis 200 µg/m ³ | Lungenfunktionsveränderungen, insbesondere bei körperlicher Belastung |
| ab 200 µg/m ³ | Erhöhte Anzahl von weißen Blutkörperchen, Immunsystem wird inaktiviert |
| ab 240 bis 300 µg/m ³ | Zunahme der Häufigkeit von Asthma-Anfällen |
| ab 240 bis 700 µg/m ³ | Abnahme der Leistungsfähigkeit |
| ab 400 µg/m ³ | Husten, Brustschmerzen, nach vier Stunden bei 400 µg/m ³ : Hormon- und Enzymveränderungen |
| ab 800 µg/m ³ | entzündliche Reaktion des Gewebes |
| Ab 1000 µg/m ³ | Nach 6 bis 10 Stunden erste Chromosomenschädigung beim Menschen |

Lösemittel (Dräger Bio-Check Lösemittel) [J16]:

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Substanzen bzw. Schadstoffgruppen, die mit Dem Bio-Check Lösemittel analysiert werden können.

Tab. :Schadstoffe die mit dem Bio-Check Lösemittel analysiert werden können

| Schadstoffquelle | Einzelkomponente (Beispiele) | Schadstoffgruppe |
|---|--|---------------------------------|
| Lösemittel | Pentan, Hexan, Octan, Nonan, Dekan, Undekan, Dodekan | Aliphatische Kohlenwasserstoffe |
| Offen Feuerstellen, Tabakrauch, Kfz-Abgase, <Otto-Kraftstoffe, Tankstellen, (Tief-)Garagen | Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol, Ethyltoluole, Trimethylbenzole | Aromatische Kohlenwasserstoffe |
| Polystyrol-(Restpolymer) | Styrol | |
| Terpentinöl, Anstrichmittel, Boden- und Möbelpflegemittel, Holzschutzmittel, Badezusätze | α -Pinen, Limonen | Terpene |
| Anstrichmittel, Möbelpflegemittel, Klebstoffe, Fleckentferner, Schuhpflegemittel, Nagellackentferner, Methylmethacrylat, Lösemittel | Methylacetat, Ethylacetat, n-Propylacetat, n-Butylacetat, i-Butylacetat, 2-Methoxyethylacetat, 2-Ethoxyethylacetat | Ester |
| Nagellackentferner, Klebstoffe | Acton, 2-Butanon, Cyclohexanon, Methylisobutylketon | Ketone |
| Anstrichmittel, Teppich- und Polsterreiniger, Fensterreiniger, Kosmetika, Klebstoffe, Desinfektionsmittel, Filzschreiber | Dichlormethan, 1,1,1-Trichlormethan, Trichlorethylen | Halogenierte Kohlenwasserstoffe |
| Chemisch-Reinigungen | Tetrachlorethylen (Perchlorethylen) | |



Abb.X: Inhalt und Aufbau des Trägers Bio-Check Lösemittel während der Probenahme

Zur Probenahme wird der Träger Bio-Check Lösemittel aus der Transportflasche entnommen (s. auch obige Abb.) und kann anschließend im Innenraumbereich ortsbezogen eingesetzt werden. Hierzu wird der Bio-Check Lösemittel unter Zuhilfenahme des beigefügten Halteclips mittels eines Bindfadens ungefähr in der Raummitte befestigt. Dabei ist es ratsam für Raumlauftuntersuchungen den Probenahmeort in Einatemhöhe festzulegen.

Wenn es darum geht zu überprüfen, ob z.B. von einem bestimmten Möbelstück ausdampfen, kann es hingegen durchaus vorteilhaft sein, den Bio-Check Lösemittel direkt an oder in diesem Möbelstück zu platzieren.

Bei der Probenahme mit dem Bio-Check Lösemittel gelangen eventuell vorhandene Lösemitteldämpfe über Diffusionsvorgänge (= natürliche Teilchenbewegung) aus der Umgebungsluft an die Aktivkohle des Probenahmesystems und werden dort adsorbiert (= angelagert).

Da in Wohnräumen üblicherweise nur mit eher niedrigen Schadstoffkonzentrationen zu rechnen ist, empfiehlt sich eine Probenahmedauer von 14 Tagen, da nur dadurch gewährleistet ist, daß eine für die chemische Analytik ausreichende Schadstoffmenge adsorbiert worden ist. Äußerst wichtig ist weiterhin, daß während der Probenahme jegliche zusätzliche Belastung mit Lösemitteldämpfen, die z.B. aus Lacken, Farben Sprays, Nagellack, -entferner, oder auch Zigarettenrauch kommen, vermieden werden, da diese das Meßergebnis verfälschen würden.

Nach abgeschlossener Probenahme wird der Bio-Check Lösemittel in die Transportflasche überführt und mit dem vollständig ausgefüllten Probenahmeprotokoll und der Analysenmarke (= Gutschein für die Analyse) an das Labor der Dräger Analysentechnik geschickt.

PCP (Dräger Bio-Check PCP) [J19]:

Der Dräger Bio-Check Pentachlorphenol (PCP) stellt einen immunochemischen Test dar. Dabei wird das PCP von der Sammelschicht desorbiert und anschließend immunochemisch bestimmt.

Immunoessays sind analytische Verfahren, die mittels sog. <Antikörper, Substanzen in einer Probe sehr selektiv und empfindlich ermitteln und quantifizieren können. Antikörper sind Proteine (Eiweißmoleküle) und als solche Bestandteil des Immunsystems von Wirbeltieren und Menschen. Sie bilden den natürlichen Schutzmechanismus gegen körperfremde Stoffe (Schadstoffe), indem sie diese nach dem sog. "Schlüssel-Schloß-Prinzip" binden. Diese Bindung bzw. Erkennung kann mit modernen technischen Verfahren z.B. in vitro sichtbar gemacht und quantifiziert werden. Die Analytik des Bio-Check PCP erfolgt mittels eines sog. "Enzym-Immunoessays" (EIA).

Die folgende Abb. zeigt den schematischen Aufbau des Bio-Check PCP.

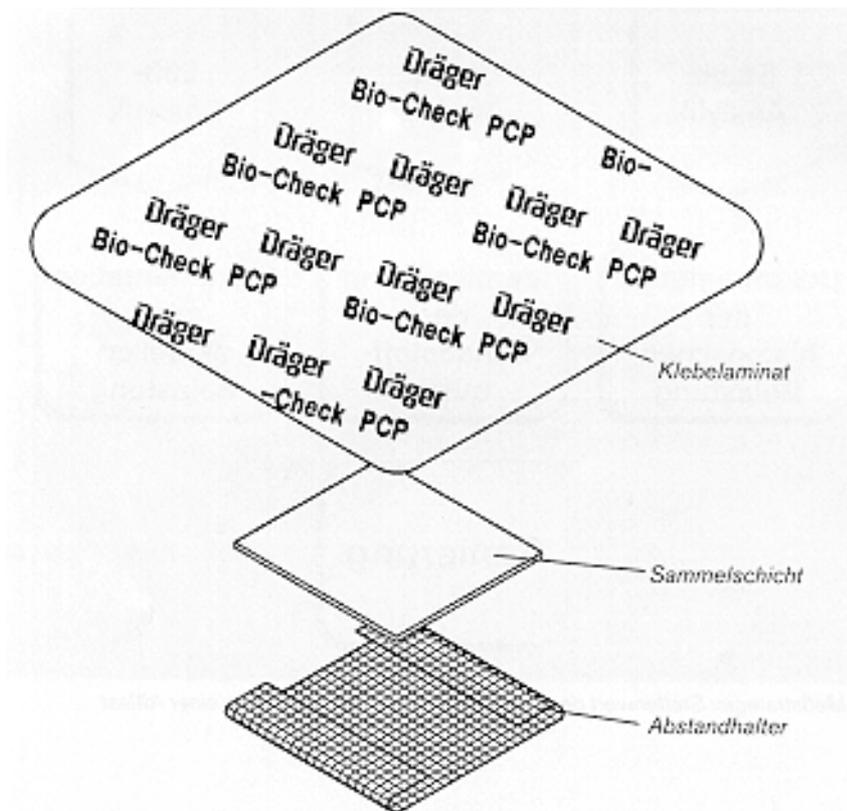


Abb.X: Schematische Darstellung des Dräger Bio-Check PCP

In trockenen Anstrichen enthaltenes PCP kann infolge Verdampfung oder Sublimation in der Luft von Innenräumen gelangen. Da PCP nicht nur während der Anwendung, sondern über längere Zeiträume aus den behandelten Oberflächen ausgasen, führt dies bei großflächiger Anwendung auch noch Jahre nach der Maßnahme zu erhöhten PCP-Raumluftkonzentrationen.

Wann immer eine PCP-Kontamination vorliegt, ist es ratsam die PCP-Quelle ausfindig zu machen. Ist diese ermittelt, können zielgerichtete Sanierungsmaßnahmen eingeleitet werden. Eine Abschätzung von PCP-Raumluftkonzentrationen anhand des PCP-Materialgehaltes ist nicht möglich. Nach Literaturangaben gibt es Hölzer, die relativ niedrig belastet sind, aber eine hohe PCP-Ausgasung aufweisen. Während der umgekehrte Fall einer hohen Kontamination mit PCP nicht umgekehrt zwangsläufig zu einer intensiven PCP-Ausgasung führt.

Der Träger Bio-Check PCP erlaubt eine punktuelle, objekt bzw. gegenstandsbezogene PCP-Probenahme ohne daß die untersuchten Objekte dabei beschädigt werden. Dadurch ist es möglich einfach und sicher PCP-Emissionen schnell und einfach im Innenbereich zu lokalisieren. Das Kennzeichen des Bio-Check PCP ist ein Anreicherungsverfahren, bei dem das ausgasende PCP in einem Sorptionsmaterial gesammelt wird. Dieses Sorptionsmaterial wird dabei mit Hilfe einer Klebefolie auf dem Untersuchungsmaterial fixiert (s.oben).Zusätzlich befindet sich das Sorptionsmaterial eingebettet in ein Gewebeflies, dem sog. Abstandhalter. Dieser verhindert, daß es beim Aufkleben des Bio-Check PCP auf dem Objekt zu einem Kontakt zwischen Sorptionsmaterial und der zu untersuchenden Oberfläche (z.B. Holz oder Leder) kommt. Das Probenahmesystem befindet sich direkt auf der Oberfläche der vermuteten PCP-Quelle. Durch dieses Aufkleben ist der Test hermetisch gegenüber der Umgebung abgegrenzt. Umgebungsbedingte Einflüsse wie Luftwechselrate, Staubkonzentration und Konvektion werden durch impermeable (undurchlässige) Klebefolie abgeschirmt. Deutlich beeinflussbar ist die PCP-Ausgasung durch die Umgebungstemperatur, da sich die physikalische Eigenschaft von PCP, wie z.B. der Dampfdruck und die Diffusionseigenschaften ändern. So können Temperaturerhöhung die PCP-Freisetzung deutlich ansteigen lassen.



Abb.X: Probenahme auf Holz mittels Träger Bio-Check PCP

Um die normale PCP-Ausgasung aus dem untersuchten Material zu gewährleisten sollte die Probenahme-Umgebung wie üblich genutzt, belüftet bzw. geheizt werden.

Alkohol (Dräger Alco-Check) [J14]



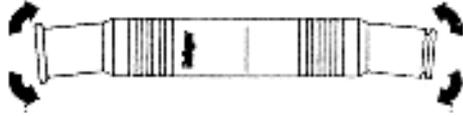
Es ist allgemein bekannt, daß der Alkoholgehalt der Ausatemluft von dem Alkoholgehalt des Blutes abhängt. Ist der Test positiv, d.h. es wird Alkohol in der Ausatemluft festgestellt, ist jedoch zur rechtlichen Beurteilung eine anschließende Blutalkoholbestimmung unerlässlich. Ist der Test hingegen negativ, d.h. kein Blutalkohol nachweisbar, kann auf eine Blutalkoholbestimmung verzichtet werden.

Eine Messung mit dem Alco-Check sollte frühestens 15 Minuten nach

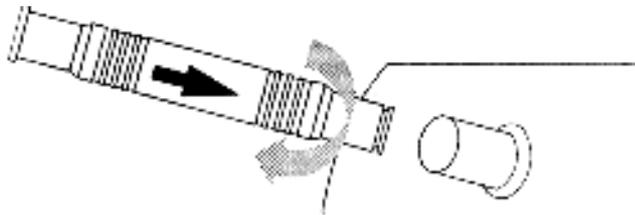
- dem Genuß alkoholischer Getränke oder aromatischer Getränke
- dem Anwenden von Mundsprays,
- dem letzten Rauchgenuß

durchgeführt werden, da sonst ein zu hoher Wert gemessen wird.

Der Alco-Check darf nicht ein zweites Mal verwendet werden.
Zur Durchführung der Messung wird der Alco-Check der Packung entnommen und anschließend die Enden hin- und hergebogen, bis es knackt. Der Test ist nun aktiviert und somit einsatzbereit.

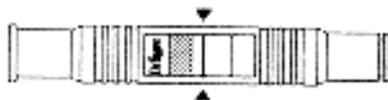


Mit einer Drehung wird der Alco-Check in die Öffnung des flachgedrückten Meßbeutel gesteckt, daß der aufgedruckte Pfeil zum Meßbeutel hinzeigt.



Nachdem der Test zur Messung bereit ist, muß der Untersuchte kräftig einatmen und kräftig in des Alco-Check Mundstück blasen und ohne dazwischen erneut Luft zu holen den Meßbeutel prall füllen. Das Blasen sollte in 15 bis 20 Sekunden durchgeführt sein.

Bei einer Blutalkoholkonzentration zwischen 0,3‰ und 0,7‰ erreicht die grüne Verfärbung nicht den blauen Markierungsring.



Erreicht oder überschreitet die grüne Verfärbung den Markierungsring, kann auf einen Blutalkoholwert von 0,8‰ oder darüber geschlossen werden.

Man sollte aber an dieser Stelle nicht vergessen, daß der Dräger Alco-Check nur zur orientierenden Messung gedacht ist, was bedeutet, daß sich auch bei sorgfältigster Anwendung Abweichungen zwischen der Atemalkoholkonzentration und der maßgeblichen Blutalkoholkonzentrationen ergeben können.

14. Umweltmedizinischer Fragebogen

Den folgenden Fragen diene der Fragebogen der Umweltmedizinischen Ambulanz Bezirksamt Steglitz / Schöneberg zur Wohnungsbegehung als Grundlage.

Wohnumgebung / Wohnung

| | |
|------------------------|----------------------------|
| Handelt es sich um ein | Bebauungsdichte |
| Einfamilienhaus | groß |
| Mehrfamilienhaus | mittel |
| Reihenhaus | gering |
| Mietshaus | |
| Hochhaus | Alter des Hauses (Baujahr) |
| | _____ |

Verkehrsdichte am Haus/Wohnbereich

- stark
- mittel
- gering

Auffällige Emissionsquellen in der Nähe (Tankstellen, Reinigung, Industrie im Nahbereich usw.)

Art des Gebäudes (Ziegel, Beton, Holz etc.). Bei Beton, sind Dichtungsfugen erkennbar, die in der Nähe der Wohnung verlaufen?

Störende Schallquellen (z.B. Straße, Kühlaggregate, Gewerbebetrieb im Haus etc.)?

Wurden irgendwelche Renovierungsarbeiten am oder außerhalb des Hauses durchgeführt (incl. Dachboden)? Wenn ja, was wurde gemacht, wann und welche Arbeitsstoffe (Produkte) wurden eingesetzt?

Wohnung:

Seit wann wohnen Sie in der Wohnung?

Wohnungsgröße (qm)

Anzahl der Räume

Balkon

Terrasse

Gartennutzung

Etage und Lage der Wohnung

Querlüftung möglich

Ja

nein

Anzahl der Personen in der Wohnung?

Heizungstyp (falls mehrere HZG., jeweils mit zugehörigem Raum angeben)

Bestehen die Trinkwasserleitungen aus Bleirohren bzw. liegen Wasseruntersuchungen vor?

Sonstiges (führen z.B. Hochspannungsleitungen am Haus vorbei, etc.)

Gibt es Haustiere in der Wohnung, wenn ja, welche, bzw. ist bei Freunden, Bekannten oder Verwandten ein Tierkontakt gegeben?

Raumluftechnische Anlagen vorhanden(z.B. Klimaanlage)? Wenn ja, werden diese regelmäßig gewartet?

Gibt es feuchte Stellen bzw. Schimmelpilzprobleme in der Wohnung?

Symptome, Beschwerden, Ursachen

Welche Personen sind betroffen sowie Zeitraum und Art der Beschwerden. Wie lange halten sich die betroffenen Personen ca. in der Wohnung aus und wo sind deren Hauptaufenthaltsorte in Wohnung?
Bei Kindern: wo schlafen Sie?

- 1.) Name: _____
Alter: _____
Aufenthaltsdauer u. -ort: _____

Symptome: _____

Liegen ärztliche Befunde vor? Wenn ja, welche?

2.) Name: _____
Alter: _____
Aufenthaltsdauer u. -ort: _____

Symptome: _____

Liegen ärztliche Befunde vor? Wenn ja, welche?

3.) Name: _____
Alter: _____
Aufenthaltsdauer u. -ort: _____

Symptome: _____

Liegen ärztliche Befunde vor? Wenn ja, welche?

4.) Name: _____
Alter: _____
Aufenthaltsdauer u. -ort: _____

Symptome: _____

Liegen ärztliche Befunde vor? Wenn ja, welche?

Hat der/die Betroffene(n) eine Vermutung, was die Ursache seiner Beschwerden sein könnte?

Wann traten die Beschwerden vermutlicherweise zum ersten Mal auf?

Zu welchen Zeiten sind die Symptome stärker oder schwächer (morgens, abends, Wochenende)? Gibt es mehr oder weniger periodische Symptomzyklen und wenn ja, wie kann man sie beschreiben (z.B. Abhängigkeit von der Jahreszeit etc.)?

Ändert sich die Symptomatik z.B. im Urlaub (wo verbracht?), bei Ausflügen oder auch schon beim Aufenthalt in verschiedenen Räumen?

Formaldehyd

Preßspanplatten ja nein
beschichtet ja nein
unbeschichtet ja nein
Sind im Raum Preßspanplatten vorhanden? ja nein
Decke ja nein
Wandverkleidung ja nein
Möbel ja nein
sonstiges ja nein

Fläche _____ m²

Kosmetika: ja nein

(Beipackzettel beachten)

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____
- 4. _____

Desinfektionsmittel: ja nein

(Beipackzettel beachten)

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____
- 4. _____

Kleber: ja nein

(Beipackzettel beachten)

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____
- 4. _____

Dichtmassen: ja nein

(Beipackzettel beachten)

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____

4. _____

Textilien: ja nein
(bitte Etikett beachten)

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

Pentachlorphenol und sonstige Holzschutzmittel

Welche Flächen bzw. Teile könnten ihrer Meinung nach mit holzschutzmittelhaltigen Produkten behandelt sein?:

Decken

_____ m²
_____ m²
_____ m²

Wände

_____ m²
_____ m²
_____ m²

sonstige

_____ m²
_____ m²

Betroffene Räume

Sonstige vermutete Quellen, z.B. Berberteppiche?

1. _____

2. _____

Wie groß ist das Verhältnis der behandelten Fläche im Vergleich zum Raumvolumen?

Raum _____ Verhältnis _____ (Fläche/Volumen)

Welche Produkte haben Sie verarbeitet, die Holzschutzmittel enthalten könnten?

1. _____
2. _____
3. _____

Welche Holzschutzmittel sind auf dem Gebinde Deklariert?

1. _____
2. _____
3. _____

Wann haben Sie diese Produkte eingesetzt und in welchen Mengen?

1. _____ l
1. _____ l
1. _____ l

Wie oft haben Sie die entsprechenden Teile mit den verschiedenen Produkten behandelt?

1. _____
2. _____
3. _____

Besitzen Sie noch Reste der verarbeiteten Produkte?

- | | | | | | |
|-------|----|------|-----------------|----|------|
| 1. | ja | nein | Originalgebinde | ja | nein |
| <hr/> | | | | | |
| 2. | ja | nein | Originalgebinde | ja | nein |
| <hr/> | | | | | |
| 3. | ja | nein | Originalgebinde | ja | nein |
| <hr/> | | | | | |

Aromatische Kohlenwasserstoffe, Halogenkohlenwasserstoffe, andere flüchtige organische Verbindungen

Befindet sich in Ihrer Umgebung wenn ja, in welcher Entfernung

Eine Tankstelle ja nein _____ m

Eine chem. Reinigung ja nein _____ m

Sonstige Quellen ja nein _____ m

Sind Ihnen irgendwelche Altlasten in Ihrem Wohnbereich, z.B. belastete Böden usw. bekannt?

ja nein

1. _____
2. _____
3. _____

Welche Produkte werden in Ihrem Haushalt verwendet, die Lösungsmittel enthalten könnten?

(Beipackzettel, Produktbeschreibung usw. beachten)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

Verwenden Sie in anderen Bereichen z.B. Hobby Produkte die Lösungsmittel enthalten könnten?

(Beipackzettel, Produktbeschreibungen usw. beachten)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

Asbest und andere Mineralfasern

Nachtspeichergeräte

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| Hersteller | 1. _____ | 2. _____ | 3. _____ |
| Fabrikat | 1. _____ | 2. _____ | 3. _____ |
| Seriennummer | 1. _____ | 2. _____ | 3. _____ |
| Baujahr | 1. _____ | 2. _____ | 3. _____ |

Asbestzementplatten (asbesthaltige "Eternitplatten" oder ähnliche Produkte

Heizkörperabdeckungen
Blumenkübel
Dichtungen, Dichtungsschnüre, -massen
Sonstiges _____

Sonstige Mineralfaser

1. _____
2. _____
3. _____

Isoliermassen (asbest- oder mineralfaserhaltig)

Kaschiert
Unkaschiert
Freiverlegt

Bereich

1. _____
2. _____
3. _____

Menge Asbest oder mineralfaserhaltiges Materials

Dicke mm
Größe m²
Gewicht kg

Polychlorierte Biphenyle (PCB's)

Wo vermuten Sie PCB-haltige Produkte oder Materialien?

1. _____
2. _____
3. _____

Welche Produkte oder Materialien wurden dort verarbeitet?

1. _____
2. _____
3. _____

Wann wurden diese Produkte oder Materialien verarbeitet?

1. _____
2. _____
3. _____

Sind noch Reste dieser Produkte vorhanden?

- | | | | | | |
|----|----|------|-------------------|----|------|
| 1: | ja | nein | Originalabpackung | ja | nein |
| 2: | ja | nein | Originalabpackung | ja | nein |
| 3: | ja | nein | Originalabpackung | ja | nein |

Ist ihres Wissens nach in Ihrer Wohnung bzw. Umfeld irgendwann ein Kondensator einer Leuchtstoffröhre explodiert?

1. ja nein Raum _____ wann _____

Existieren Ihrer Meinung nach in Ihrer Wohnung oder Umfeld weitere PCB-haltige Quellen

- | | | |
|----|-------|------|
| | Ja | nein |
| 1. | _____ | |
| 2. | _____ | |

Essen Sie tierische Produkte (Fleisch, Fisch, Eier usw.)

Produkt _____
regelmäßig
mäßig
selten
nie

15. Nützliche Linksammlung

http://www.hydropflege.de/wohngift/wg_quell.html

<http://www.grells.com/wgifte.html>

http://vereine.freepage.de/cgi-bin/feets/freepage_ext/41030x030A/rewrite/igwohngifte/links.htm

<http://vereine.freepage.de/igwohngifte/links.htm>

<http://www.free.de/WiLa/derik/EXISTHUM.html>

<http://www.garmisch-partenkirchen.com/gesundheitsamt/alle/umwelt/chemie/alphabet/index.htm>

<http://www.garmisch-partenkirchen.com/gesundheitsamt/alle/umwelt/lex/index.htm>

<http://home.t-online.de/home/093193627/intern.htm#Rauchen:>

<http://www.ecomed.de/journals/welcome.htm>

<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/aod.htm>

www2.aok.de/rlpf/htm/allergie/Allergie.htm

www.uniklinik-saarland.de/fb/innereV.html

www.daab.de

<http://bzga.de>

<http://uminfo.de>

<http://umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/umweltmedizinischer-Informationsdienst.htm>

www.krebsinformation.de

www.baua.de

www.umweltlexikon.de

www.stiftungwarentest.de

www.umwelt-sachsen.de

http://www.uniklinik-saarland.de/med_fak/arbeitsmedizin/diagnostik/anfang.html

16. Literatur

- [J1] Kühn, R., Birett, K.: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe, 12/1982.
- [J2] Walter, W., Franke, W.: Bayer, Walter Lehrbuch der Organischen Chemie, 23. Überarb. und aktualisierte Auflage, S. Hirzel Verlag Stuttgart, Leipzig 1998.
- [J3] Hrsg. Falbe, J., Regitz, M.: Römpp Chemie Lexikon, 9. Auflage, 1995.
- [J4] Weinmann, W. et al.: Gefahrstoffverordnung mit Chemikaliengesetz, Carl Heymanns Verlag KG, 1/1998.
- [J5] Lewakter, J., Neumann, H.-G.: Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwerte (Biomonitoring) Teil VIII: Bewertung der Hintergrundbelastungen bei beruflich nicht-exponierten Personen, Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin 31, 10, 1996.
- [J6] Hollemann, A., F., Wiberg, E.: Lehrbuch der anorganischen Chemie, Walter De Gruyter & Co, 1971.
- [J7] NN.: Ozon woher es kommt, was es tut und wie es wieder verschwindet, Informationsschrift des Ministerium für Umwelt und des Ministerium für Gesundheit, Saarbrücken.
- [J8] Burkhardt, U. et al.: Innenraumbelastung durch polychlorierte Biphenyle (PCB) in dauerelastischen Dichtungsmassen, Öffentliches Gesundheitswesen, 567-574, Georg Thieme Verlag Stuttgart New York, 1990.
- [J9] N.N.: PCB-Luftverunreinigungen im Innenbereich?, bga presse-dienst, 10/1990.
- [J10] Lehnert, G., et al.: Referenzwerte für persistente Gefahrstoffe am Beispiel der Konzentrationen an Polychlorierten Biphenylen im Humanserum; Arbeitsmedizin, Sozialmedizin; Umweltmedizin, 29, 454-458, 1994.
- [J11] Seifert, et al.: Flüchtige organische Verbindungen in der Innenraumluft; Bundesarbeitsblatt 3, 11, 115, 1990.
- [J12] Schaller, et al.: Bio-Monitoring in der Arbeits- und Umweltmedizin, Deutsches Ärzteblatt 31/32, A 2122-2128, 1993.
- [J13] Deutsche Forschungsgemeinschaft, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoff, Mitteilung 31, MAK- und BAT-Werte-Liste, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1995.

- [J14] Dräger Alco-Check, Gebrauchsanweisung 237-6400700, 1. Ausgabe, Dräger Aktiengesellschaft, Lübeck, 6/1995.
- [J15] Dräger Bio-Check Ozon, Gebrauchsanweisung 234-6400371d, 3. Ausgabe, Dräger Aktiengesellschaft, Lübeck, 6/1995.
- [J16] Dräger Bio-Check Lösemittel zur Untersuchung von Luft auf organische Lösemitteldämpfe, Dräger Aktiengesellschaft, Lübeck.
- [J17] Dräger Bio-Check F, Gebrauchsanweisung 4350.002 2. Ausgabe, Dräger Aktiengesellschaft, Lübeck, 4/1994.
- [J18] Dräger Formaldehyd mit dem Einmalmeßsystem Bio-Check F einfach messen und bestimmen.
- [J19] Wuske, T. et al.: Objektbezogenes Verfahren für den Nachweis von Pentachlorphenol-Emissionen in Innenräumen, Drägerheft 365, 4-10, 6.1997.
- [J20] Seidel, H.,J.: Umweltmedizin, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 1996.
- [J21] Grandjean, E.: Physiologische Arbeitsgestaltung; Leitfaden der Ergonomie, Ott Verlag Thun, 4. Auflage, 1991.
- [J22] Kirn-Jünemann, U.: Bildschirmarbeit - Gesundheit, Gestaltung und Vorschriften an EDV-Arbeitsplätzen, AK-Beiträge, Saarbrücker Druckerei und Verlag GmbH, 6/1999.
- [J23] Rimner, G.: Augenbeschwerden bei Bildschirmarbeit; Beruf und Gesundheit, 1996.
- [J24] Bergmann, K.-C.: Allergien Erkennen, Behandeln, Vermeiden, Techniker Krankenkasse, 1994
- [J25] NN.: Allergie - die sensible Überreaktion, Sicherheitsreport, 2/1992, 18-19.
- [J26] Wuske, T., et al.: Bio-Check Allergene / Schimmelpilze: Innenraumallergene und Schimmelpilzsporen auf der Spur, Drägerheft 370, 7-10, 12/1999.
- [J27] Schimmelpilze, <http://focus.de/F/FT/FTC/FTC63/ftc63.htm>, 3/2000
- [J28] Stempka, R.: Erste Maßnahmen bei Schimmelpilzbeseitigung, persönliche Mitteilung 1999.
- [J29] Dymke, N., et al.: Strahlung und Strahlenschutz, Bundesanstalt für Strahlenschutz, 1999.
- [J30] Innenraumlufthqualität; Hrsg. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), 1995.

- [J31] Seifert, B.: Das "sick building"-Syndrom, Öffentliches Gesundheitswesen, [53], 376-382, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 1991.
- [J32] Fraisse, E., et al.: Sick Building Syndrom durch Holzschutzmittel, Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin [30], 1995.
- [J33] Klein, I.: Selektive Wahrnehmung von toxischen Belastungen in Innenräumen. Abschlußarbeit weiterbildendes Studium Umweltberatung, Universität Bielefeld, Februar 1992.
- [J34] NN.: IEI statt MCS, Chemische Rundschau 12, 22.03.1996.
- [J35] NN.: Mögliche Gesundheitsgefährdung durch künstliche Mineralfasern, Sicherheitsbeauftragter 10/1992, 6-8
- [J36] NN.: Wohngifte und ihre gesundheitsschädlichen Wirkungen, <http://www.gress.com/wgifte.html> .
- [J37] Vilmar, K., Bachmann, K.-D.: Belastung der Bevölkerung durch Asbest, Deutsches Ärzteblatt, 88, 27, B1595-B1600, 7/1999.
- [J38] NN.: www.lbr-rose.de/wohngifthaus150_70.jpg
- [J39] Florian, Franz, Zerlett: Handbuch Betriebsärztlicher Dienst, 60. Erg-Lfg. 4/00.
- [J40] Böse-O'Reilly, Kammerer: Leitfaden Umweltmedizin, Gustav-Fischer-Verlag, Lübeck, 1997.
- [J41] NN.: www.sick-building-syndrome.de/bilder/raucher.gif
- [J42] Kalberlah, Oltmanns, Dröner: Gefahrstoffe im Büro. Deutsche Angestellten Gewerkschaft, 3. erweiterte Auflage, Hamburg, März 1991.
- [J43] Seidel, H.J.: Praxis der Umweltmedizin, 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Thieme-Verlag, Stuttgart, 1998.
- [J44] Häuser, Grandt, Schäfer, Gorge: Raucherentwöhnung – eine ärztliche Aufgabe, Saarländisches Ärzteblatt 03/02.
- [J45] Barig, Kleine: Innenraum – Arbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften Sankt Augustin, Januar 2001.
- [J46] Kaiser, LGA Potsdam: Gesundheitliche Auswirkungen inhalativer Terpenexposition.
<http://com.gapinfo.de/gesundheitsamt/alle/umwelt/chemie/luft/terp/uebb.htm>.
- [J47] Hedenstierna et al: Exposure of Terpenes: Effects on Pulmonary function. International Archives of Occupational and Environmental Health, 51 (3), 191-198, 1983.

- [J48] Falk et al: Human Exposure to 3-Caren by Inhalation: Toxicokinetics, Effects on Pulmonary Function and Occurrence of Irritative and CNS Symptoms; Toxicology and Applied Pharmacology 110, 198-205;1991.
- [J49] Daunderer: Klinische Toxikologie; 90. Erg.-Lfg. 12/94.
- [J50] Henningsen, Sack: Diagnostik und Therapie umweltbezogener Körperbeschwerden – eine Übersicht der empirischen Literatur. Zsch.psychosom.Med. 44, 251-267, 1998.
- [J51] Buchter, Bolt, Harrison: Künstlich klimatisierte Arbeitsräume in einem Großklinikum. Sonderdruck aus dem Jahresbericht 1980 (20. Jahrestagung der deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e.V.), 111-120, Gentner Verlag-Stuttgart, April 1980
- [J52] Hulpke H. et al.: Römpf-Lexikon Umwelt, Thieme Stuttgart, New York, 2. Auflage 2000