

4. Raumluft – Verunreinigungen



Cartoon: Michael Ehlers Raumluft

Wenn man den Begriff des Raumklimas so weit fassen wollte wie einst Alexander von Humboldt den Begriff des Klimas, dann hätten luft- und partikelgetragene Verunreinigungen der Raumluft, die wir im folgenden speziell betrachten wollen, bereits unter dem vorangegangenen Kapitel (->3. Raumklima) abgehandelt werden müssen. In der Raumlufthygiene und der Baubiologie hat es sich aber als zweckmäßig erwiesen, Untersuchungen des Raumklimas auf die Temperatur, die Luftfeuchte, die Luftbewegung usw. zu beschränken, also auf die physikalischen Zustandsgrößen. „Raumluft-Untersuchung“ bedeutet demgegenüber die Betrachtung der **chemischen und stofflichen Belastung** der Atemluft in Gebäuden. Dieses Kapitel ist für die Gesundheit besonders wichtig, wie folgende Überlegung sofort zeigt:

Über 93 Prozent unserer Lebenszeit verbringen wir in Wohnungen und Häusern, etwa 5 Prozent in Transportmitteln und höchstens 2 Prozent im Freien. Unsere Wohnungen sind gewissermaßen unser erweiterter Körper. Im Laufe unseres Lebens veratmen wir rund 300 Tonnen Raumluft. Unser Körper nimmt täglich etwa 4.000 mal soviel Atemluft auf wie Nahrung. Diese Atemluft enthält leider viele chemische wie feststoffliche Verunreinigungen, die sich zum Beispiel folgendermaßen gruppieren lassen:

4.1 Natürliche, vom Menschen ausgehende Verunreinigungen

4.2 Flüchtige gasförmige Schadstoffe. Wir unterscheiden:

Leichtflüchtige organische Verbindungen, die vor allem als **VOC** (*volatile organic compounds*) oder auch als **Lösemittel** bezeichnet werden. Die Freisetzungsrate ist hoch, es kommt aber entsprechend rasch zu einer Abschwächung (Ausgasung).

Schwerflüchtige organische Verbindungen, oft **SVOC** genannt. Die Freisetzung erfolgt langsam, unter Umständen über Jahrzehnte hinweg.

4.3. Aerosole. Wir unterscheiden Flüssig-Aerosole („Nebel“) und Feststoff-Aerosole („Rauch“).

4.4 Partikel und Stäube

Bevor wir uns diesen Schadstoff-Gruppen näher zuwenden ist generell noch zu erwähnen, dass auch die Geschwindigkeit der menschlichen Reaktion auf die Verunreinigungen seiner Atemluft eine Unterscheidungsmöglichkeit bietet. Es können **reaktive** (Kurzzeit-) Wirkungen und **resorptive** (Langzeit-) Wirkungen unterschieden werden. In der Baubiologie haben wir es zumeist mit resorptiven Wirkungen zu tun. Dies bedeutet, es wird einem nicht gleich schlecht, dafür später umso gründlicher. Das Bösartige daran ist: wenn solche Spätwirkungen sich zeigen, ist ein dauerhafter Schaden im Allgemeinen nicht mehr abzuwenden. Aus diesem Grund sind geeignete Vermeidungsstrategien unerlässlich.

4.1 Natürliche, vom Menschen ausgehende Verunreinigungen

Die Belastungen der Raumluft, welche vom Menschen selbst ausgehen, sind wesentlich vielfältiger, als oft angenommen wird. Im Rahmen unseres baubiologischen Exkurses muss es genügen, aus der großen Gruppe dieser Substanzen und Effekte das raumlufthygienisch bedeutsamste Agens vorzustellen. Gemeint ist das **Kohlendioxid (CO₂)**, Endprodukt der menschlichen und tierischen Atmung. Sein Anteil an der unbelasteten Außenluft beträgt nicht mehr als ca. 0,03 Volumenprozent. Bereits 1858 erkannte Max von Pettenkofer die Bedeutung des an sich ungiftigen menschlichen Atemproduktes für die Beurteilung der Raumluft-Qualität. Wenn ein CO₂-Wert von **0,1 Volumenprozent** in der Raumluft erreicht ist („Pettenkofer-Wert“), gilt die Raumluft als „verbraucht“. Die genaue Messung dieses Wertes ist weder ganz einfach noch kostengünstig möglich – aber auch kaum erforderlich, da über das sensible Riechorgan des Menschen der von außen Hinzutretende sofort bemerkt, dass gelüftet werden muss („Klassenzimmer-Effekt“). Der Pettenkofer-Wert ist viel schneller erreicht, als dass der Sauerstoff-Gehalt der Raumluft bis dahin nennenswert abnehmen könnte. Insofern kommt es zu einem Sauerstoff-Mangel der Raumnutzer glücklicherweise so gut wie nie. Das Einhalten der gebotenen Luftwechselraten (vgl. S. 32) und des Pettenkofer-Wertes ist jedoch das grundsätzlichste Gebot einer jeden Raumlufthygiene und verhindert überdies, dass die Keimzahl, die Schwebstaubbelastung, Verunreinigungen und Schadstoffe und die relative Luftfeuchte über Gebühr ansteigen.

Ein naher Verwandter des Kohlendioxids ist übrigens das **Kohlenmonoxid (CO)**, welches insbesondere bei unvollständiger Verbrennung entsteht und früher zu Zeiten der Ofenheizungen ein sehr gefürchteter Schadstoff war. CO belegt den roten Blutfarbstoff und behindert dessen Befähigung zur Sauerstoff-Aufnahme. Heute müssen lediglich Kamin-, Kaminofen- und Kachelofen – Betreiber dieses Problem berücksichtigen und während des Brandes für ausreichende Zuluft sorgen. Im Heizungskeller sind Probleme selten, weil der Schornsteinfeger regelmäßig misst. Bei der Kraftstoff-Verbrennung (Benzin, nicht: Diesel) wird ebenfalls CO frei gesetzt. Grundsätzlich sichert §15 Garagenverordnung (GarVO), dass vor Inbetriebnahme einer Tiefgarage präventiv gemessen wird.

Vorsorge-Tipp „Kohlenoxide“

- **Unerklärliche Müdigkeit und das Gefühl von „Luftmangel“ im Kaminzimmer, im Heizungskeller, in der Tiefgarage?** Lassen Sie überprüfen, ob der CO-Wert den gesetzlichen Grenzwert von 100 ppm übersteigt. Lüftung verbessern.

4.2 Flüchtige gasförmige Schadstoffe.

Erste Untergruppe: Lösemittel (VOC = leichtflüchtig)

Zunächst betrachten wir die große Gruppe der Lösemittel, das sind die flüchtigen organischen Verbindungen (FOV bzw. VOC, volatile organic compounds). Was damit gemeint ist? Es handelt sich, bei aller Verschiedenartigkeit, um kohlenwasserstoffhaltige Verbindungen mit einem Siedepunkt von weniger als 200 °C und damit um Schnellentgaser. Für die Europäische Union wurde am 11. März 1999 die Richtlinie EU VOC 1999/13/EG beschlossen und 2002 in nationales Recht umgesetzt. Ziel der Verordnung ist, verglichen mit dem Niveau von 1990, eine Lösemittelreduzierung bis zum Jahre 2007 von 67 Prozent zu erreichen. Ein ehrgeiziges Ziel, welches die Bedeutung der Schadstoff-Reduzierung in diesem Bereich unterstreicht.

Die bekanntesten Lösemittel sind Testbenzin, Terpentinersatz, („Pinselreiniger“), Kunstharzverdünnung, Nitroverdünnung und Universalverdünner. Bedeutende Mengen solcher oder ähnlicher organischer Lösemittel sind vor allem in Farben enthalten, besonders in Primer (Grundierungen) und Imprägnierungen, sodann in vielen Lacken, Lasuren und Versiegelungen für Holz- oder Metalloberflächen. Ähnliches trifft für viele großflächig verwendbare Baukleber zu.

Formaldehyd (HCHO) galt lange Zeit als Wohngift Nummer 1, hat aber an Bedeutung verloren. Es fand sich früher besonders in Leim gebundenen Spanplatten und Möbeln, Teppichböden, Textilien und Isolierschäumen. Die Freisetzungsraten sind temperatur- und feuchtigkeitsabhängig, die größten Belastungen treten bei Sommerhitze und hoher Luftfeuchte auf. Formaldehyd bewirkt Befindlichkeitsstörungen und Allergien und steht unter Krebsverdacht. Das Bundesgesundheitsamt hat für Innenräume erst 1986 einen angemessen niedrigen Grenzwert von 0,1 ppm (parts per million) festgelegt, nachdem schon 1980 vom Ausschuss für Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB) eine Richtlinie über die Verwendung von Spanplatten und ihre Klassifizierung herausgegeben worden war [ETB, 1980]. Seitdem werden Spanplatten für den Baubereich in die Emissionsklassen E 1 bis E 3 eingestuft. Die gering ausgasenden E1 - Platten (max. 0,1 ppm HCHO) sind heute absolut üblich.

Wenn Formaldehyd noch immer ein Problem darstellt hat dies drei Gründe: Erstens handelt es sich um eine potenzierende Chemikalie, weil sie andere Schadstoffe (z.B. halogenisierte Kohlenwasserstoffe) aus unseren Fettdepots freisetzt. Das ist heimtückisch! Zweitens hat z.B. Ökotest (9.2003) gezeigt, dass auch moderne Einbauküchen mit dem Formaldehyd-Problem noch hochgradig behaftet sein können. Das ist ärgerlich!

Drittens beträgt die Halbwertszeit der Entgasung etwa 3 bis 5 Jahre. Das ist relativ lang! Dennoch wird HCHO der Gruppe der „Leichtflüchtigen“ (VOC) zugerechnet.

Vorsorge-Tipps „Lösemittel“

- **Klebstoffe:** Großflächige Anwendung lösungsmittelhaltiger Baukleber sollte auf wenige Spezialzwecke beschränkt werden. Bevorzugen Sie lösemittelarme Dispersionskleber - auch für Klebearbeiten von Holz (Dielen, Parkett), Teppichböden, Kork und Linoleum. Emicode EC 1 und Giscode D 1 bestätigen Emissionsarmut und Lösemittelfreiheit. Ein neuer 1-Komponenten Polyurethankleber ist der Parkett-Kleber „U-BOND SPECIAL K112“ (von N.P.T.). Er ist frei von Wasser, Alkohol und Lösemitteln und wird als hypoallergen beworben (Allergiker-Tauglichkeit). Sinnvoll ist auch, vor jedem Verlegen stets zu überdenken, ob sich klebefreie Alternativen wie Verspannen oder Vernageln einsetzen lassen.
- **Farben und Anstriche:** Besonders eifrige Heimwerker sind durch lösemittelhaltige Produkte stärker gefährdet als Gelegenheits-Bastler. Schäden an den inneren Organen und dem Zentralnervensystem sind möglich! Bis 1983 wurde in Dänemark für immerhin 700 Maler ein solches Schadenssyndrom als Berufskrankheit anerkannt („Malerkrankheit“). Das zu verarbeitende Material sollte daher kritisch überlegt werden, natürlich auch vor dem Hintergrund einer nachfolgenden permanenten Wohnbelastung. Ökotest äußerte sich enttäuscht über viele so genannte umweltfreundliche Lackfarben mit dem „Blauen Engel“. Lacke und Lasuren auf Acryl-Basis haben aber immerhin den Vorteil, als Hauptlösemittel Wasser einzusetzen – das einzige unbedenkliche Lösemittel überhaupt! Naturfarben-Hersteller bieten eine Fülle von zusätzlichen Alternativen an. Lösemittelarme und VOC-freie Lacke, Lasuren, Wachse, Anstriche sind zu bevorzugen. Solche Naturfarben gibt es zum Beispiel unter den Handelsbezeichnungen Livos®, Kreidezeit® oder Leinos®, um nur einige zu erwähnen. Auch (und gerade) bei der Verwendung von Naturfarbstoffen ist intensive Lüftung wichtig, allein schon deswegen, um gute Trocknungsergebnisse zu erzielen. Solchermaßen behandelte Oberflächen haben im allgemeinen ein deutlich verbessertes Sorptionsvermögen (Aufnahme und Abgabe von Raumfeuchte) und neigen nicht oder nur wenig zur elektrostatischen Aufladung.
- **Angst vor Formaldehyd?** Ein Raumlufttest auf Formaldehyd ist leicht, schnell und kostengünstig möglich. Fragen Sie Ihren Baubiologen. Und bedenken Sie: eine der wichtigsten Quellen ist Tabakrauch. Die HCHO-Mengen, die beim Rauchen entstehen, sind

selbst verglichen mit den schlechtesten Möbeln noch um ein Vielfaches höher.

- **Lösemittel-Screening** nennt man eine umfassende Analyse der VOCs in der Raumluft. Dies wird nur dann erforderlich sein, wenn erhebliche gesundheitliche Symptomatik vorliegt, ohne dass Verursacher hervortreten.

Zweite Untergruppe: Holzschutzmittel im Altbestand (SVOC – schwerflüchtig)

Holzschutzmittel mit PCP - Inhaltsstoffen haben traurige Berühmtheit erlangt. PCP steht für PentaChlorPhenole. Als Na-PCP wurde das Natriumsalz deklariert. Im Zeitraum von 1960 bis 1985 waren derartige Imprägnaturen der gebräuchlichste Holzschutz. Allein im Jahr 1979 wurden 750 Tonnen PCP verarbeitet. Die Produkte fanden als fungizide Konservierung von (Fertighaus-) Ständerwerken, Gebälk-Lagen und Paneelen Verwendung, um nur einige Beispiele anzuführen. Obwohl derart toxische Holzschutzmittel schon damals nur für eine Verarbeitung im Außenbereich zugelassen waren, kam es wegen der exzellenten Konservierungsleistung zu vielen Fehlanwendungen. Außerdem wurde die Abgabe in den Innenraum (z.B. aus Ständerwerken) offenbar sehr unterschätzt. In Deutschland erfolgte 1986 ein Verwendungsverbot und 1989 ein Produktionsverbot. Etwa die Hälfte des PCP-Gehaltes verdampfte innerhalb des ersten Jahres. Der große Rest ist chemisch stabil und wird nun über einen Zeitraum von Jahrzehnten freigesetzt. Als Eingriffswert für Sanierungen gelten $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PCP in der Raumluft. Bei Sanierungen sollte ein Sanierungszielwert von $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht werden (LfU Bayern). Im Festmaterial gelten $5 \text{ mg}/\text{kg}$ als Grenzwert. Der von der WHO vorgegebene Richtwert lautet $0,01 \text{ mg}/\text{l} = 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mit anderen Worten: Der Sanierungsinterventionswert liegt 100fach über der Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation und muss als „pragmatisch“ bezeichnet werden. Dieser Pragmatismus ist verständlich, denn Sanierungen sind schwierig, weil viele Materialien im Umfeld kontaminiert sein können und dann ebenfalls entfernt werden müssen.

Genügt der Sanierungs-Interventionswert – oder genügt er nicht? Schauen wir uns hierzu die gesundheitlichen Auswirkungen an. PCP wird aus der Wohnraum-Umgebung insbesondere inhalativ (durch Einatmen), weniger dermal (über die Haut) und kaum oral (über den Mund) aufgenommen. Es bindet sich im Blut zu etwa 90 Prozent an Plasma-Eiweiße. Zu chronischen Vergiftungserscheinungen kommt es durch Inhalation ab einer Raumluft-Verunreinigung von $1 - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Sanierungs-Eingriffswert liegt also hart an der Grenze. Wenn zudem bedacht wird, dass eine gleichzeitige ->Formaldehyd-Belastung potenzierend wirkt, kommen ernste Bedenken auf. Schließlich muss gesehen werden, dass jeder Mensch einem permanenten PCP-Einstrom ausgesetzt ist, z.B. über Nah-

rungsmittel (Fisch), über Ledererzeugnisse usw. Im Tierversuch erwies sich PCP als eindeutig karzinogen. Die Krankheitsbilder einer chronischen PCP-Intoxikation beim Menschen zeigen sich als Kopfschmerz, Schwindel und Schwäche, auch ohne dass der Arzt veränderte Blutparameter feststellt. Die Symptomatik eines CFS (Chronischen Schwächesyndroms) passt hierzu haargenau. Eine Wirkung auf das ZNS (Zentrale Nervensystem) ist allerdings unter Medizinern noch strittig.

Vorsorge-Tipps *Pentachlorphenole (PCP)*

- Auf keine ungeprüften Immobilien einlassen, die aus dem Problemzeitraum 1960-85 stammen und größere Holzbauteile mit Innenraumkontakt aufweisen (gilt auch für Ferienhäuser).
- Messungen sind aus der Substanz (Materialprobe erforderlich) und aus dem ->Hausstaub möglich. Neuerdings ermöglicht ein Plaketten - Meßsystem die beschädigungslose Beprobung verdächtiger Möbel, Balken, Vertäfelungen usw.
- Bei der Innenraumausstattung billige Ledererzeugnisse meiden. Aus Indien, dem größten Lederproduzenten, sollen nicht selten PCP - belastete Lederchargen stammen.

Ein weiterer, sehr problematischer Bestandteil vieler Holzschutzmittel war Lindan. Dieses wird mit PCP oft in einem Atemzug genannt. Das ist auch gerechtfertigt, weil sich beide Stoffe in Holzschutzmitteln gewöhnlich in einem Mengenverhältnis von 1 : 10 (Lindan zu PCP) befanden. Bei Lindan handelt es sich um einen langlebigen chlorierten Kohlenwasserstoff (Hexachlorcyclohexan) bzw. um dessen aufgereinigtes gamma-Isomer (γ -HCH). Verwendung fand Lindan nicht nur im Holzschutz, sondern seit 1945 (Markteinführung) zunächst als Insektizid in der Land- und Forstwirtschaft, in der Folge auch in der Humanmedizin (gegen Läuse, Milben) und im Haushalt (gegen Motten und Ameisen, als „Holzwurmtod“). Gemeinsam mit PCP-haltigen Verbindungen war Lindan weit verbreitet. Im Betrachtungszeitraum (1960 bis 1985) waren etwa 10 % der westdeutschen Bevölkerung jahrelang diesen Stoffen ausgesetzt. Lindan ist hoch giftig und karzinogen. Dieser Stoff reichert sich im Fettgewebe an und schädigt besonders die Leber und das Zentralnervensystem. Seit Mitte 2001 ist Lindan in der gesamten EU nicht mehr zugelassen. Generell verboten ist es noch nicht, allerdings ist der internationale Handel stark eingeschränkt worden. Bayer vertrieb Lindan Ende 2004 noch in den USA als Saatschutzmittel und sah sich entsprechenden Angriffen ausgesetzt. Seit 1988 (andere Quellen verweisen auf 1984) ist die Produktion von technischem HCH in der Bundesrepublik nicht mehr erlaubt. Seit 1977 ist die Verwendung von technischem Lindan untersagt. Bis 1985 enthielten aber ca. 45 % der amtlich zugelassenen Holzschutzmittel noch diesen Wirkstoff

in Konzentrationen zwischen 0,4 und 15 %. Deshalb ist es sinnvoll, den Hochverdachts-Zeitraum nicht nur für PCP, sondern auch für Lindan bis 1985 auszudehnen.

Vorsorge-Tipps Lindan (γ-HCH)

- Weil Lindan und PCP früher in Holzschutzmitteln gemeinsam Verwendung fanden empfiehlt sich bei Altlasten-Besorgnis ein Kombinationstest am ->Hausstaub (Altsediment). Wenn ein Bewohner unter CFS (Chronic Fatigue Syndrome, chronisches Müdigkeitssyndrom) leidet, sollte die Überprüfung, entsprechenden Wohnraum vorausgesetzt, unverzüglich erfolgen.
- Das BGVV (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin) führt gemeinsam mit dem DIB (Deutsches Institut für Bautechnik) und der *Gütegemeinschaft Holzschutzmittel* Qualitätssicherungen durch. Mit RAL gekennzeichnete Holzschutzmittel sind heutzutage garantiert frei von Lindan.
- Sanierung durch PCP und Lindan betroffener offener Bauteile ist mittels Maskierung möglich, d.h. es werden Spezial-Anstriche über die Problemflächen gesetzt, welche eine weitere Freisetzung verhindern. Dies kann bei konstruktiven Bauteilen die einzige wirtschaftlich tragbare Maßnahme darstellen. Wir empfehlen z.B. das Biophil-Farbmaskierungssystem von Imparat®. Es wurde von der TUHH (Hamburg-Harburg) erfolgreich geprüft.

Pyrethroide als Ersatz für Organochlorverbindungen (wie Lindan und PCB):

In Chrysanthenen findet sich ein natürliches Insektizid: Pyrethrum. In den 1970er Jahren gelang dessen Strukturaufklärung und etwa ab 1985 wurden solche künstlichen „Pyrethroide“ zunehmend für die Textilstabilisierung (Teppichböden!), aber auch in Holzschutzmitteln und im medizinischen Bereich eingesetzt. Obwohl einer natürlichen Substanz nachempfunden, haben sich auch diese Stoffe als gesundheitsgefährdend erwiesen. Berichtet wird in der Literatur über eine charakteristische Kombination von zentral-, peripher- und vegetativ-neurologischen Funktionsstörungen (U. Meyerheinrich, Bremer Umweltinstitut). Pyrethroide wie Permethrin oder Deltamethrin führen zu einer jahrelang anhaltenden Belastung der Innenraumluft und sollen am Syndrom der „Vielfachen Chemikalien - Überempfindlichkeit“ (MCS) maßgeblich beteiligt sein.

Vorsorge-Tipps *Pyrethroide*

- **Holzschutzmittel kaufen?** Auf Pyrethroid-Freiheit achten!
- **Neuer Teppichboden?** Teppichböden sind immer Sammelpunkt für Staub und Allergene und zugleich Adsorbens (Aufgreifer) für verschiedenste Umweltgifte. Allerdings ist die Staubzahl in der Raumluft durch die Staubbindungskraft textiler Böden etwa halbiert. Bei Wollböden gibt das IWS-Siegel Auskunft über verwendete Pyrethroide. Das ETG-Siegel muss PCP und Formaldehyd ausweisen, das GUT-Siegel garantiert die Nichtverwendung von Asbest, FCKW, Azo-Färbemittel, Vinylchlorid, Pestiziden, Formaldehyd und PCP. Eine gute Wahl ist Ziegenhaar ohne Mottenschutz (z.B. tretford ® interland oM).
- Bei **Altlasten-Besorgnis:** eine Hausstaub-Analytik ist aussagekräftig. Zweckmäßig ist es, sie als Kombinationsanalytik Lindan+Permethrin in Auftrag zu geben.
- Bei **Bedrängung des Menschen durch Kleinlebewesen** (Läuse, Milben, Flöhe, Ameisen): Verzicht auf Pyrethrum-haltige Mittel wie z.B. *Goldgeist*. Stattdessen auf Lavendel haltige Produkte zurückgreifen (z.B. von Weleda ®).

Dritte Untergruppe: PCB – Polychlorierte Biphenyle (SVOC – schwerflüchtig)

Es handelt sich hierbei um keine Einzelverbindung, sondern um eine synthetische Stoffgruppe (209 mögliche Varianten). PCB zählen zum „Dreckigen Dutzend“ der weltweit geächteten Dauergifte: kaum abbaubar, langlebig, depotfähig (da fettlöslich), extrem toxisch! Bereits sehr geringe Konzentrationen bewirken schwerwiegende Veränderungen im Zellstoffwechsel, Leber, Hautschäden, Beeinträchtigung des Immunsystems. Schlimm sind besonders auch die Langzeit-Wirkungen in der Kindesentwicklung (defizitäres Wachstum, Intelligenzdefekte). Im Alter von 11 Jahren beträgt der Rückstand gegenüber Gleichaltrigen beim Rechnen und Lesen bereits 1 Jahr. Besonders tückisch ist, dass PCB-Verbindungen geruchlos sind und somit auch in hoher Dosis nicht wahrgenommen werden können.

PCB fanden aufgrund ihrer besonderen physiko-chemischen Eigenschaften (geringe Wärmeleitfähigkeit, schwere Entflammbarkeit, hohe Dielektrizitätskonstante, gute Alterungs- und Temperaturbeständigkeit) breite technische Anwendung, insbesondere auch als Flammschutzmittel und Weichmacher.

Wo der Feind genau sitzt? In Dichtungsmassen (Fugendichtmasse der Ausdehnungsfugen, Fensterkitt, Dichtmassen von Fensterrahmen), in

Klebstoffen, in Anstrichmitteln (als Weichmacher von Lacken und Farben), in akustischen Deckenplatten, in Kondensatoren von Leuchtstoffröhren. Im Betonbau gingen PCB nicht nur in die Fugmassen (mit bis zu bis 25 % Anteil) sondern wurde zudem als Trennmittel für die Schalbretter benutzt – mit der Folge, dass sie noch heute großflächig aus solchen Decken und Wänden austreten.

Wann das war? Nun, in offenen Systemen (am Bau) wurde die Verwendung ab 1978 untersagt. In geschlossenen Systemen (Elektro-Artikel) wurde 1989 ein entsprechendes Verbot ausgesprochen. Allerdings hat der BBU (Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz) in Berlin ermittelt, dass bei Sanierungen noch bis 1992 PCB-haltige Fugmittel verbaut wurden.

Raumluftkonzentrationen unter 300 ng/m^3 (Nanogramm pro Kubikmeter) gelten laut Umweltbundesamt als langfristig tolerierbar. Bei Konzentrationen zwischen 300 und 3000 ng/m^3 sollte die Quelle aufgespürt und unter Beachtung des Verhältnismäßigkeitsprinzips saniert werden.

Vorsorge-Tipps PCB

- Insbesondere im Betonbau der Jahre 1955 bis 1978 ist Vorsicht geboten. Der Raumluft-Richtwert beträgt derzeit $3 \mu\text{g/m}^3$. Über eine orientierende Staubprobe lässt sich im verdächtigen Altbestand ein guter erster Eindruck gewinnen, ob weitere Untersuchungen erforderlich sind.
- Sanierung mittels spezieller Tapeten, die über eine interne Dampf- und Gassperre verfügen. Dieses Prinzip nennt man **Mas- kierung von Schadstoffen**. Es kommt immer dann zum Einsatz, wenn die belasteten Bauteile aus konstruktiven oder finanziellen Gründen nicht ausgebaut werden können. Produktbeispiel: „UNIVERSAL®-Rauhfaser-Dampfsperre“ (Bezugsquelle: Ing.-Büro Oetzel /Kassel).

Vierte Untergruppe: PVC-Weichmacher / Phthalate (SVOC – schwerflüchtig)

Die so genannten Phthalate, und hier insbesondere das DEHP (Diethylhexylphthalat), könnten ein größeres Problem darstellen, als bisher angenommen wurde. In einer aktuellen Stellungnahme wies das BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) darauf hin, dass die tägliche DEHP-Aufnahme möglicherweise zehnmal höher ist, als bisher angenommen wurde. Der Kontakt erfolgt keineswegs nur über Baumaterialien und Möbel, sondern auch über Spielzeug, Kinderpflegeartikel, Automobil-Innenteile, Bekleidung, Medizingeräte und Lebensmittelkontaktmaterialien (!). Ein Ausrufe-

zeichen deswegen, weil der wichtigste Aufnahmepfad beim Menschen über die Nahrung erfolgt. Als tolerierbare tägliche Dosis hat die US-amerikanische Umweltbehörde EPA einen Wert von 20 µg DEHP pro Kilogramm Körpergewicht festgelegt. Diese Dosis wird allein schon über die Nahrungsaufnahme näherungsweise erreicht. Die akute Toxizität gilt als gering. Bei chronischer Exposition sind aber Leber- und Nierenschäden zu befürchten. Im Tierversuch zeigte sich eine kanzerogene Tendenz.

Vorsorge-Tipp Phthalate (DEHP)

- **Neuer Fußboden-Hartbelag?** Vermeiden Sie PVC-Böden. Eine erstklassige Alternative ist und bleibt Linoleum. Vor einem Teppichboden-Kauf sollte kritisch auch der Phthalat-Gehalt erfragt werden.

Fogging ist ein neudeutsches Wort für ein recht neues Problem. Seit Anfang der 1990er Jahre häufen sich im Neubau, aber auch im Altbestand unmittelbar nach Renovierungen, Fälle von Schwarzstaub. Innerhalb weniger Tage, meist während der Heizungsperiode, färben sich die Wände schmutzig-grau. Es wird daher auch vom Phänomen der „Schwarzen Wohnungen“ gesprochen. Die „rußig-öligten Beläge“ legen sich über alles, auch über das Interieur. Die Betroffenen sind verzweifelt. Nachdem sich die Fälle vermehrten hat sich das Umweltbundesamt der Angelegenheit angenommen. Die Ursachen sind nicht aufgeklärt, aber eines scheint sicher: im Rahmen einer „multikausalen“ Verursachungskette erweist sich eine hohe Konzentration an schwerflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC) als besonders verdächtig, allem voran Weichmacher und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Verstärkenden Effekt haben Elektrostatik, Wärme und das Abbrennen von Kerzen, Rauchstäbchen und dergleichen mehr. Wie kann man sich schützen?

Tipps gegen *Fogging*

- Eine besonders geeignete Renovierungszeit ist das Ende einer Heizperiode, denn ein längerer Zeitraum ohne künstliche Heizung, verbunden mit intensiver Lüftung, scheint vor Fogging zu bewahren.
- Eine bewusste Auswahl baubiologisch wertvoller, natürlicher Materialien sorgt für niedrige SVOC-Emission und geringe elektrostatische Aufladung. Ein guter Schutz vor Fogging.
- **Trotzdem Fogging?** Für diesen unwahrscheinlichen Fall noch ein Geheim-Tipp für verzweifelte Situationen, der auch allgemein bei SVOC-Notlagen helfen könnte: Der amerikanische Hochleistungsstaubsauger *Rainbow e²* kann mit einem Barnickel-Filter ausge-

rüstet werden. Anstelle von Wasser wird **Pflanzenöl** als Filtermedium genutzt. Die schwerflüchtigen Kohlenwasserstoffe sind überwiegend **fettlöslich** und verbleiben im Ölbad. Der Erlanger Erfinder **Otto Barnickel** hat z.B. in der Grundschule von Prüfenig, die hochgradig PCB belastet ist, mit diesem Saug- und Filtersystem den Schadstoffgehalt von 3000 Nanogramm auf 200 Nanogramm absenken können. Es scheint also zu funktionieren und klingt auch plausibel. Und: Barnickel erhielt für seinen Staubsauger mit Ölfilterung zur Reinigung schadstoffhaltiger Luft den „IHK-Sonderpreis der Iena 2001“. Aber: Rainbow-Saugsysteme sind extrem teuer (um 1.500 Euro) und auf Wasserfilter-Basis laut Ökotest (4/2000) wenig empfehlenswert.

4.3 Aerosole

Aerosole sind keine gasförmigen Luftbeimengungen, sondern feinstverteilte feste oder flüssige Zusätze zur Luft. Handelt sich um die feste Phase, so spricht man von einem Kolloid (z.B. Rauch). Im Falle von flüssigen Luftbeimengungen handelt es sich demgegenüber um eine vernebelte Flüssigkeit (Mikro-Tröpfchen). Die Luft enthält immer Aerosole in unterschiedlicher Menge und Art. Über den Ozeanen ist die Aerosolkonzentration, vom vernebelten Wasser selbst einmal abgesehen, gering. Es finden sich dort vorwiegend kleinste Salzkristalle in der Luft. Über den Landflächen bestehen die Aerosole insbesondere aus **Verbrennungsprodukten**. 10 bis 20 Prozent der Aerosole über dem Festland werden vom Menschen produziert, sind also künstlichen Ursprungs. An dieser Stelle müssen wir baubiologisch einhaken:

PAK – Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen bei unvollständiger Verbrennung von organischem Material. Sie sind aus diesem Grund in der Umwelt weit verbreitet (Tabakrauch, Dieselaabgase, Schwelbrand im Kamin, Holzkohlen-Grill). PAKs werden mit der Nahrung aufgenommen, aber auch eingeatmet. Meist liegt eine Adsorption am Schwebstaub vor. Leitsubstanz ist das krebserregende **Benzpyren**. Die größten Quantitäten inkorporiert der Mensch oral, über seine Nahrung. Dieses Problem gilt als weniger groß. Besonders gefährlich ist die inhalative Aufnahme, auch wenn die Stoffmengen ungleich geringer sind. Hierdurch kann Lungenkrebs entstehen. Durch intensiven Hautkontakt mit PAK - reichen Gemischen (Ruß und Teer) kann Hautkrebs entstehen. Bis in die 1960er Jahre wurden übrigens PAK - haltige Parkettkleber eingesetzt, die an ihrer schwarzen Farbe erkennbar sind und ein spezielles baubiologisches Problem darstellen. An dieser Stelle verwischen sich die Grenzen zwischen Aerosol und schwerflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC). Möglicherweise die größte Gefahr geht von modernsten Dieseltriebwerken aus. Hochdruck-Einspritzer (Common-Rail-Technologie) produzieren feinste Russpartikel im Submikron-Bereich. Hierdurch wird

nicht nur der Bronchial-, sondern auch der Alveolar-Bereich der Lunge erreicht. Durch hochgradige Verbrennung ist der PAK-Gehalt zwar niedrig. Durch die winzige Dimension der Partikel ist aber die Schadstoff-Wirkung möglicherweise extrem hoch. Eine WHO-Studie ermittelte ein fast doppeltes Risiko, an Herz- und Lungenkrankheiten zu sterben, bei Personen, welche innerhalb einer 100 m Distanz zu einer Autobahn oder innerhalb einer 50 m Distanz zu einer stark befahrenen Strasse leben (vgl. auch Feinstaub - Positionspapier *Die Grünen*, Österreich 2004).

Vorsorge-Tipps *PAK*

- **Holzkohlengrill** nicht zu häufig einsetzen. In die Glut tropfendes Fett erzeugt polyzyklische Aromaten, die sich am Grillgut niederschlagen. Ein Elektrogrill mit wassergefüllter Fettauffangschale ist die überlegene Technik, wenngleich weniger stimmungsvoll.
- **Kamin und Kaminofen** mit ausreichend trockenem Holz beschieken, damit die Prozess-Temperatur hoch ist. Ein gut ziehender Schornstein ist wichtig. Achten Sie darauf, dass Ihre Küchenabluft-Einrichtung keinen Unterdruck erzeugt und hierdurch keine Brandgase in den Wohnraum gezogen werden.
- **Parkett im Altbestand?** Das vorsichtige Hochnehmen eines Parkett-Elements mit Sichtbeurteilung des Klebers kann lohnen, obwohl nicht alle Schwarzkleber PAK-haltig sind. Analytik klärt.
- Bei begründeter PAK-Besorgnis empfiehlt sich eine Analytik des Hausstaubes bzw. des verdächtigen Materials selbst, sofern eine Probe hiervon gewonnen werden kann.
- **Diesel-Enthusiasten** sollten beim Händler nach einer Filtertechnologie fragen (FAP-Technologie), welche durch einen katalytischen Nachbrenner-Effekt die Abgase reinigt. Die deutschen Automobilhersteller schlafen z.T. noch.
- Bei extrem verkehrsexponierter Wohnlage ist der Einsatz hochwertiger Luftionisatoren bedenkenswert, die nach dem Prinzip der Kaltverbrennung unter Nutzung natürlichen Singulett-Sauerstoffs auch Diesel-Aerosole nachhaltig zersetzen (vgl. Kapitel: Ionen-Klima). Nicht ganz billig (AirCat von Hanseatic AB, um 1200 Euro). Der Singulett-Zustand ist übrigens der niedrigste angeregte Zustand des O₂ – Sauerstoffmoleküls. Singulett-Sauerstoff ist äußerst reaktiv und wird selbst mit aromatischen Verbindungen fertig. Aber auch eine Trockenfilterung nach dem HEPA-Prinzip kommt in Betracht. Ein Beispiel: Der Honeywell Luftreiniger (DA-5010E mit HEPA-Patrone) und Aktivkohlefilter fängt Partikel bis zur Größe von 0,3 µm, wird von Ökotest (3/1999) empfohlen und trägt das TÜV-Siegel „Für Allergiker geeignet“ (um 200 Euro).

4.4 Partikel, Fasern und Stäube

können nicht nur selbst chemisch komplex aufgebaut sein, sondern Adsorbens (Speichermedium) für flüchtige Luftschadstoffe der VOC- und sVOC-Klasse sowie der Aerosole sein. Besonders als Feinstäube sind sie „lungengängig“, dringen also bis in den Alveolarbereich (Lungenbläschen) vor. Dort werden die Staubpartikel tatsächlich teilweise aufgelöst. Ein anderer Teil des Staubes, überwiegend die gröbere Fraktion, wird vom Flimmerepithel der Bronchien (bei Nichtrauchern funktioniert das noch) aus den oberen Luftwegen entfernt und verschluckt, um sodann im Gastrointestinaltrakt (Verdauungssystem) aufgelöst zu werden. Beide Mechanismen bedeuten für uns Betroffene eine schleichende chemische Intoxikation (Vergiftung). Über die Zeiten summiert sich da mehr auf, als uns lieb sein kann. Abgesehen vom chemischen Aspekt gibt es auch Partikel in der Atemluft, die (wie Asbest) weder ausgehustet noch aufgelöst werden können und als mechanische Fremdkörper direkt karzinogen auf das Lungenepithel einwirken. Eine materialbezogene Orientierung über Partikelgrößen gibt folgende Zusammenstellung:

Stoff	Partikelgröße in μm
Zementstaub	5 - 100
Schimmelpilzsporen	2 - 100
Pollen	5 - 85
Kohlenstaub	1 - 100
Metallstaub	0,001 - 100
Mehlstaub	1 - 90
Bakterien	0,8 - 80
Milbenallergene	0,1 - 12
Porzellanstaub	0,1 - 12
Asbeststaub	5 - 8
Tabakrauch	0,01 - 1
Diesel-Feinstaub (mittlerer \emptyset)	0,1
Ruß	0,01 - 0,5
Viren	0,005 - 0,08

Quelle: Nilfisk (ergänzt)

Vorsorge-Tipps *Partikel & Stäube*

- **Sehr viel Staub?** Versuchen Sie unbedingt, die Staubquellen zu orten. Notfalls hilft Ihr Baubiologe, indem er **Staubproben** zieht und unter dem Mikroskop analysiert. Bei dieser Gelegenheit wäre es gut, auch eine chemisch-analytische Untersuchung des Stau-

bes vorzunehmen. Der analytische Umfang richtet sich nach den Verdachtsmomenten.

Ältere Holzschutzmittel, zweifelhafte Woll-Teppichböden?

Dann Staub-Analytik auf PCP, Lindan, Permethrin!

Alte Klebstoffe, Anstriche, Dichtungsmassen, Elektrogeräte?

Dann Staub-Analytik auf PCB (Polychlorierte Biphenole, „Weichmacher“)!

Altes Holzparkett, starke Verkehrsbelastung vor dem Haus, irgendwann einen Zimmerbrand gehabt, offener Kamin?

Dann Staub-Analytik auf PAK (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe)!

- **Wäschetrockner:** Benutzen Sie nach Möglichkeit nur ein System mit Abluftführung in den Außenbereich. Bei Umluftgeräten („Kondenstrockner“) müssen die Filter extrem gut versorgt werden. Regelmäßig mit Staubsauger aussaugen, reinigen, auf Beschädigungen überprüfen, Filter im Zweifel sofort ersetzen.
- **Staubsauger:** Wie auch beim Wäschetrocknen sind Systeme sehr im Vorteil, welche die Abluft in den Außenbereich entlassen. Man spricht von **Zentralen Staubsaug-Anlagen**. Die Firma Zehnder (Comfoclean®) weist darauf hin, dass derartige Systeme eine echte Alternative zum herkömmlichen Bodenstaubsauger darstellen. Der Staub verlässt die Wohnung, ohne dass der gefürchtete Feinstaub in den Raum zurück geblasen wird. Derartige Systeme kann leider nur der Bauherr einplanen. Und alle anderen? Insbesondere Allergikern sei ans Herz gelegt, einen geeigneten Staubsauger (z.B. Nilfisk) mit HEPA-Filter einzusetzen. Hepa-Filter (High Efficiency Particulate Arresting - Filter) haben in Staubsaugern ein Rückhaltevermögen auch für Feinststäube in Höhe von 99,8 %. Das ist kein Luxus! Die kalifornische Firma HEPA besteht seit 1967 und ist der weltweit führende Anbieter im Bereich der Staub-Trockenfilterung. Mit Nilfisk-ULPA-Filter können sogar 99,98 % aller Partikel bis zu einer Größe von 0,06 µm (Mikrometer) zurückgehalten werden. Solche Staubsauger sind aufgrund exzellenter Filtereigenschaften sogar zum Absaugen von Asbest zugelassen. Unsere Vergleichstabelle zeigt, dass derartige Filtersysteme lediglich die feinste Fraktion von (Tabak-) Rauch sowie Viren nicht aufzuhalten vermögen. In einem groß angelegten Gebrauchstest hat Ökotest (April 2000) Nass-Sauger untersucht, welche aufgrund aquatischer Filtersysteme beste Abscheide-Grade und extreme Allergiker-Tauglichkeit versprechen. Diese Geräte sind durchgefallen. Es bildeten sich nach einigen Wochen bis Monaten Verpilzungen und bakterieller Besatz.
- **In verzweifelten Fällen** gibt es drei Möglichkeiten einer apparativen Luftverbesserung: Entweder **Luftwäscher** einsetzen

(z.B. System Venta). Ein lamellierter Plattenstapel fährt durch ein Wasserbad, das täglich erneuert wird. Schmutzpartikel und Stäube werden ausgewaschen und die Luftfeuchte erhöht sich durch Kaltverdunstung auf Werte um 60 Prozent rH. Oder eine **HEPA-Trockenfilterung** verwenden (z.B. icleen® HEPA – um 900 Euro). Letzte Möglichkeit: **Luftionisatoren** einsetzen.

Problematische Dämmstoffe:

Bis 1995 wurden künstliche Mineralfasern (KMF) vermarktet, die aufgrund ihrer Größe und Biopersistenz, gemeint ist die lange Verweilzeit in der Lunge, heute als krebserregend bewertet werden (Technische Regel für Gefahrstoffe: TRGS 905). Seit 2000 ist in Deutschland generell die Vermarktung von allen Dämmstoffen verboten, die aufgrund hoher Biopersistenz möglicherweise Krebs auslösen (Chemikalien-Verbotsordnung vom 25.5.2000, Abschn. 2.3).

Über die Gefährlichkeit von **Asbest** braucht nicht viel berichtet werden. Im Altbestand lässt sich Asbest in zwei Kategorien unterscheiden:

- **Schwachgebundener Asbest (bis ca. 1979)** ist das größere Problem. Er findet sich als Spritz- und Weichasbest in Wand- und Deckenbeschichtungen und als Unterseite bzw. Unterlage von Fußbodenbelägen (Asbestpappe). Er wurde in Plattenform als Brand-, Wärme-, Feuchtigkeits- und Schallschutz eingesetzt, diente als Ummantelung von Leitungen, Rohren und Kesselanlagen und wurde in hitzeintensiven Elektrogeräten integriert. Ein besonderes Übel sind **Nachtspeicherheizungen** der Baujahre bis 1977. Hier muss in jedem einzelnen Fall geprüft werden, ob Asbest enthalten ist. Eine vollständige Liste der betroffenen Geräte liefert die Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke VEW, Stresemannallee 30, 60596 Frankfurt am Main (www.vew.de).
- **Festgebundener Asbest** wurde (bis 1990) als Asbestzement und in Form anderer Hart-Asbest – Produkte verbaut: (Wellplatten, Fassadenverkleidungen, Balkon-Blenden, Dichtungen, Fensterbretter, Blumenkästen).

Vorsorge-Tipps *Mineralfaser-Dämmstoffe*

- Bei Dachdämmungen vor dem Jahr 1996 ist zu prüfen, ob im Falle von KMF - Dämmstoffen der Einrieselungsschutz ausreicht. Im Zweifel ist eine mikroskopische Staubuntersuchung sinnvoll.

Bei neuen Dämmvorhaben ist beim Material zumindest auf das RAL-Gütesiegel („frei von Krebsverdacht“) zu achten. Es sollte aber überlegt

werden, ob Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen nicht die bessere und lukrativere Variante darstellen. Das Bundesverbraucherschutzministerium (BMVEL) hat ein solches Markteinführungsprogramm (abgekürzt: FNR) bis Ende 2006 verlängert. Gefördert werden Wärme- und Schalldämmstoffe aus Hanf, Flachs, Schafwolle, Getreidegranulat oder Wiesen gras, soweit die betreffenden Produkte in der Förderliste der FNR aufgeführt sind. Produkte der Kategorie I, die nach den Standards von natureplus® zertifiziert sind, werden mit 35 Euro je Kubikmeter Dämmstoff unterstützt.

4.5 Luftverbesserung auf natürliche Art

Pflanzen können einen erheblichen Beitrag zur Raumluftverbesserung leisten. Aus dem Biologieunterricht ist erinnerlich, dass Pflanzen den zum Aufbau ihrer Kohlehydrate erforderlichen Kohlenstoff dem Kohlendioxid der Luft entnehmen und als Abfallprodukt Sauerstoff erzeugen. Bei Mensch und Tier läuft es gerade andersherum. Sauerstoff wird veratmet und Kohlendioxid ausgeschieden. Ein perfekter Kreislauf. Natürlich kann allein über Zimmerpflanzen kein stabiles O₂/CO₂ – Gleichgewicht erzielt werden, hierzu wäre ein ganzer Pflanzen-Dschungel in der Wohnung erforderlich. Aber die Effekte sind messbar und wissenschaftlich fundiert. Am John C. Stennis-Weltraumzentrum der NASA in Mississippi konnte in den 1990er Jahren gezeigt werden, dass Zimmerpflanzen die Luft in versiegelten Testräumen reinigen und revitalisieren, und zwar durchaus auch in Bezug auf jene Schadstoffe, die wir in diesem Kapitel so eingehend betrachtet haben. Nicht geklärt allerdings schien, ob es zu einem Abbau der Gifte oder lediglich zu einer vorübergehenden Fixierung an den Blattoberflächen und im Topfsubstrat kommt. Dieser Frage wurde am Institut für Biochemische Pflanzenpathologie der Helmholtz-Gemeinschaft (GSF) in Neuherberg nachgegangen. Das aufregende Ergebnis besteht darin, dass es sich tatsächlich um Abbauprozesse handelt, die enzymatisch gesteuert werden und dem Abbau von Schadstoffen in der menschlichen Leber grundsätzlich entsprechen. Insofern ist es nicht unangebracht, wenn die Wissenschaftler jetzt die Pflanzen nicht nur als „grüne Lunge“, sondern auch als „grüne Leber“ bezeichnen. Für die Luftfilterkapazität erwiesen sich solche Pflanzenarten als günstig, die Blätter mit einer hohen Gasaufnahme rate besitzen und einen vergleichsweise großen Überschuss an entgiftenden Enzymen aufweisen.

Doch damit nicht genug. Auch die Luftfeuchtigkeit wird von einer angemessenen großen Zahl von Zimmerpflanzen im allgemeinen sehr günstig beeinflusst.

Tipps für Luftverbesserung durch Zimmerpflanzen

- Die besten Schadstoff-Abbauer sind



Schwertfarn (*Nephrolepis exaltata*)

Hohe Schadstoff-Aufnahme und sehr hohe Transpirationsrate. Im Frühjahr kaufen und an das Raumklima gewöhnen. Halbschattiger Standort (Ost- oder Westfenster), am besten auf Hocker oder Säule. Gleichmäßig gießen. Gelegentliches Besprühen verhindert welke Blattspitzen. Einigermaßen pflegebedürftig.



Birkenfeige (*Ficus benjamina*):

benötigt viel Licht, aber ohne pralle Sonne. Temperaturen nicht unter 17 Grad. Bis August 1 x pro Woche düngen, anschließend und im Winterhalbjahr 1 x pro Monat. Gut wässern, aber während der Ruhezeit (Okt.-Febr.) nur sparsam gießen.

Auf die Birkenfeige sollte verzichten, wer an einer Latexallergie leidet, weil *Ficus* ganz ähnliche Eiweiße in die Raumluft ausdampft.



Einblatt (*Spathiphyllum sp.*)

Warmer Platz, halbschattig, nicht der direkten Sonne aussetzen. Erde stets gleichmäßig feucht halten. Blätter besprühen (aber nicht die Blüten). Salzeempfindlich, daher vor dem Düngen gießen. Im Frühjahr umtopfen. Bei geringer Luftfeuchte: Größeren Untertopf verwenden, mit Kieselsteinen füllen, Pflanze darauf stellen und Kiesbett unter Wasser setzen. Dies schafft das benötigte feuchte Mikroklima. Braune Flecken auf den Blättern? Weniger düngen!



Königswein (*Cissus spp.*)

auch als Klimme und Russischer Wein bekannt. Die unterschiedlichen Arten haben z.T. recht verschiedene Standort-Ansprüche. Lesen Sie das Etikett oder lassen Sie sich beraten. Regelmäßig Düngen von April bis Mitte August. Erde gleichmäßig feucht halten, nicht übergießen. Die Pflanze klettert, ältere Individuen schätzen daher ein Geflecht oder Spalier.



Drachenbaum, (*Dracaena deremensis*)

Dracaenen gehören zu den beliebtesten und besonders robusten Zimmerpflanzen. Als sehr gute Schadstoff-Aufgreiferin wird die Art *deremensis* „Janet Craig“ herausgestellt. Standort hell. Andere Dracaenen können halbschattig stehen und tolerieren sogar die Raummittle. Pralle Sonne und Dauer-Zugluft vermeiden (trotzdem nicht auf Querlüften verzichten!). Im Sommer normal, im Winter sparsam gießen.



Die **Strahlenaralie** (*Schefflera sp.*) zieht pro Stunde rund 9 Mikrogramm Formaldehyd aus jedem Kubikmeter Raumluft und bindet auch besonders viele Schadstoffe aus Tabakrauch. Die Pflanze ist genügsam, benötigt einen hellen Standort, allerdings ohne grelle Sonne. Im Sommer luftig (auch: Balkon), im Winter etwas kühler. Keinesfalls übergießen (kein Wasser im Untersatz!), bei sommerlichen Temperaturen öfter besprühen. Sparsam düngen von März bis September. Alle drei Jahre umtopfen.

Diese sechs Entgiftungsmeister stellen nur eine kleine, aber wesentliche Auswahl dar. Um Schimmelpilz-Befall auf der Oberfläche der Topferde zu vermeiden, kann eine obere Schicht aus reinem Quarzsand gebildet werden.

- **Pflanzliche Luftbefeuchtung**

In gewissem Umfang lässt sich die Luftfeuchte mit entsprechend ausgewählten Pflanzen entscheidend beeinflussen. Nestfarn, Banane und Zimmerlinde gelten als besonders geeignet. Befeuchtungsmeister aber ist das



Zyperngras (*Cyperus sp.*),

Eine dekorative und völlig anspruchslose Zimmerpflanze. Ideal ist ein helles Ost- oder Westfenster. Das wichtigste für Zyperngras ist Wasser, besonders gilt dies für *C. alternifolius*. Der Untersatz kann und soll immer gefüllt sein. Bei hoher Temperatur ist überdies Besprühen günstig. Während der Wachstumsphase reicht es, alle 10 Tage Flüssigdünger zu geben. Umtopfen einmal jährlich (Frühjahr). Der Topf muss ausreichend groß gewählt werden. Diese Sumpfpflanze verdunstet garantiert sehr viel Wasser.

Tipp: Luftverbesserung auf japanische Art mit Vitan® - Papier

Das Vitan-Papier des japanischen Herstellers EIN (gesehen bei: Till Bottler 42389 Wuppertal) enthält Titandioxid und arbeitet **photokatalytisch**. Es ist preisgünstig und nicht toxisch. TiO_2 ist weit verbreitet, z.B. in Wandfarben und Kosmetika, so dass sich Bedenken erübrigen. Immer wenn dieses Papier belichtet wird, setzt der luftreinigende Effekt ein. Das Papier wirkt gegen Bakterien, Gerüche und Schadstoffe wie z.B. Formaldehyd. Die Wirkung ist wissenschaftlich nachgewiesen. Die "Society of Industrial Technology for Antimicrobial Articles" in Tokio hat für das japanische Verlagshaus Yomiuri die Wirkung überprüft. *E. coli* – Bakterien (500 Kulturen) und Formaldehyd (20 ppm) wurden in 24 Stunden zu Null abgebaut. Wie das Material eingesetzt wird? Als Tapete, Wandschirm (Paravent), als Jalousie, als großflächiger Wandkalender, Tisch- oder Hängelampe. Aus Meterware können eigene Ideen verwirklicht werden.

