

(1) Schadstoffe finden sich auch heute noch in vielen Innenräumen. Als Folge können Gesundheitsschäden auftreten.

Eingebautes Risiko

Wenn Holzschutzmittel, PCB und PAK in Innenräumen lauern

inige Bauprodukte enthalten nach wie vor Substanzen, die als Schadstoffe gelten. In Innenräumen belasten sie die Raumluft und verursachen Gesundheitsschäden. Wir stellen die häufigsten Substanzen vor und geben Tipps zum richtigen Umgang. ■

Für die Errichtung von Gebäuden wurden und werden teils schadstoffhaltige Produkte verwendet, die unterschiedlich starken Einfluss auf Gesundheit und Umwelt haben. In der Luft und v. a. in Staub, der sich in Gebäuden ansammelt, lassen sich neben anderen Schadstoffen biologisch riskante, schwer flüchtige organische Schadstoffe (SVOC = semi volatile organic compounds) finden, zu denen Biozide, Insektizide und Holzschutzmittel sowie Flammschutzmittel, Weichmacher, PCB und PAK zählen.

Die Ausgasungstendenz solcher Verbindungen ist wegen des höheren Siedepunkts, der bei mehr als 250 °C liegt, weniger deutlich ausgeprägt als bei leicht flüchtigen Stoffen (VOC). Die schwer flüchtigen Stoffe belasten die Innenraumluft somit langfristig, da die Ausgasung (zwar weniger stark) über einen längeren Zeitraum erfolgt. SVOC sind deshalb nur in geringer Konzentration in der Luft vorhanden, jedoch legen sie sich schnell an den Oberflächen von Einrichtungsgegenständen, Polstern, Vorhängen, Tapeten, Hausstaub usw. ab. Aus diesem Grund bezieht sich die Analytik v. a. auf die Messung im Hausstaub.

Biozide meist als Holzschutzmittel eingesetzt

Holzschutzmittel fallen als Biozidprodukte unter den Geltungsbereich der Biozidgesetzgebung. Diese fordert für die Verkehrsfähigkeit eine Zulassung oder Registrierung durch eine Zulassungsstelle. Die im Innenbereich verwendeten Holzschutzmittel lassen sich in die beiden Kategorien "wasserlösliche Salze und Salzgemische" sowie "ölige, lösemittelhaltige Präparate" unterscheiden. Häufig verwendete Wirkstoffe waren bzw. sind PCP (Pentachlorphenol) und Borverbindungen als Fungizide sowie Lindan, DDT und Permethrin als Insektizide.

PCP ist seit 1989 neben DDT (seit 1972) sowie Lindan (seit 2006 in EU) verboten und gilt nach TRGS 905 als krebserzeugend K2, erbgutverändernd M3 und fruchtschädigend R_□2. Die PCP-Richtlinie ist für die Bewertung und Sanierung je nach Bundesland zu beachten. In der BundesbodenschutzV sowie in der TrinkwasserV wurden wegen des hohen umweltgefährdenden Potenzials Prüfwerte für PCP festgelegt. Lindan gilt nach TRGS 905 als krebserzeugend (K3).

PCP wurde v. a. in den 70er- und 80er-Jahren auch in Innenräumen großflächig in Kombination mit anderen Bioziden verwendet. Besonders bekannt sind die Produkte Xylamon und Xyladecor des Herstellers Desowag in der ehemaligen Bundesrepublik und Hylotex sowie Paratectol 9025 in der ehemaligen DDR. In Gebäuden mit hohem Holzanteil – beispielsweise Hallen, Baracken, Scheunen oder Kindergärten in Holzbauweise sowie Fertighäuser in Holzständerbauweise – sind die eingesetzten Mengen besonders hoch. Obwohl PCP seit Mitte der 80er-Jahre nicht mehr eingesetzt wird, bauen einige Bakterien- und Pilzarten den Stoff biologisch ab. Dadurch kann es zu einem "muffigen" Geruch insbesondere bei älteren Fertighäusern aus den 60er- bis 80er-Jahren kommen und ein Sanierungsverlangen ausgelöst werden.

PCP wurde auch zur Hausschwammsanierung in Mauerwerk und Putz verwendet. In Textilien (Schurwollteppichen, Ledermöbeln) sowie Naturstoffen (Kokos, Sisal) wurden häufig Lindan und PCP zusammen als Biozid eingesetzt. Teppichen wurde zudem Permethrin (aus der Gruppe der Pyrethroide) als Insektizid zugesetzt. In einigen Fällen findet man Biozide in Spanplatten aus kontaminiertem Abfallholz und in Matratzen. Belasteter Altstaub findet sich auch häufig auf der Rückseite von behandelten Holzverkleidungen und wird besonders gefährlich, wenn er z. B. bei Renovierungsmaßnahmen mobilisiert wird.

Nach wie vor wird in einigen Ländern wie China, Taiwan, Indien und den USA



(2) Typische Holzfarbe und Holzschutz in den 60ern bis 80ern, zwischenzeitlich mehrfach mit neueren Produkten überstrichen

noch PCP produziert, exportiert und angewendet, sodass durch den Import von Textil- und Lederprodukten auch heute noch relevante Innenraumquellen für eine Schadstoffbelastung entstehen können. Zu beachten ist bei der Bewertung des toxischen Potenzials auch, dass durch Verbrennung oder UV-Bestrahlung von PCP-haltigen Produkten Dioxine und Furane entstehen.

Für die Ermittlung von PCP und Prüfung des Sanierungsbedarfs ist die PCP-Richtlinie zu beachten. Dabei ist zu unterscheiden, ob es sich um Aufenthalts- oder Lagerräume (Kellerräume, Dachstühle) handelt, denn bei Letzteren besteht kein weiterer Handlungsbedarf.

Bei der Begehung von verdächtigen Aufenthaltsräumen mit wahrscheinlich behandelten Holzoberflächen können für eine Analyse Hausstaubproben genommen werden. Mehrere Proben von der obersten Schicht jedes behandelten Holzes werden als Mischproben untersucht, wenn der Prüfwert > 1 mg/kg Frischstaub oder > 5 mg/kg Altstaub überschritten wird oder der Verdacht besteht dass bestimmte Bauteile behandelt wurden. Wird bei den Materialproben ein Prüfwert von > 50 mg/kg überschritten, ist anhand der Flächenanteile bezogen auf das Raumvolumen zu prüfen, ob es sich um relevante Quellen handelt.

Die Messung von PCP und Lindan in der Innenraumluft wird in drei VDI-Richtlinien geregelt. Hinweise zur Messstrategie und Raumluftprobenahme sind in der VDI-Richtlinie 4300 Blatt 4 enthalten. Chemische Nachweisverfahren werden in VDI 4301 Blatt 2 und Blatt 3 beschrieben. Sanierungsmaßnahmen sind notwendig, wenn im Jahresmittel Raumluftkonzentrationen von > 1,0 µg PCP/m³ zu erwarten sind. Der gleiche Wert gilt gemäß der Ad-hoc-Arbeitsgruppe¹ als Richtwert II, während der Vorsorgewert

als Richtwert I² bei 0,1 µg/m³ liegt und dem unteren Wert der PCP-Richtlinie entspricht. Werden Werte zwischen 0,1 und 1,0 µg/m³ gemäß der Ad-hoc-AG und PCP-Richtlinie festgestellt, ist die Raumnutzung in die Betrachtung mit einzubeziehen. Für den Nachweis einer akuten Belastung sind Blutuntersuchungen und für chronische Belastungen Urinuntersuchungen vorzunehmen. Aus Vorsorgegründen gilt grundsätzlich ein Minimierungsgebot, wobei die Grenzwerte von Fachkreisen und Betroffenenverbänden als für krebserzeugende Stoffe zu hoch kritisiert werden.

Für Lindan gibt es bisher keine amtlichen Richtwerte. Vorläufige Werte wurden nur von Mecklenburg-Vorpommern veröffentlicht, wobei diese der PCP-Richtlinie bzw. den Richtwerten RW I und II der Ad-hoc-AG entnommen wurden.

Holzschutzmittel sind bei statisch wichtigen, unkontrollierbaren und nicht allseitig umschlossenen Bauteilen zwar insgesamt sinnvoll. Im Innenraum kann jedoch auf chemische Mittel verzichtet werden, wenn durch konstruktiven Holzschutz Holzschädigungen vorgebeugt wird oder entsprechende raumklimatische Bedingungen vorliegen. Wenn nötig, sind gemäß der europäischen Richtlinie 98/8/EG bewertete Wirkstoffe einzusetzen oder solche, die sich im Überprüfungsprogramm für Altwirkstoffe befinden. Alternativ können geeignete biologische Produkte oder Borsalz verwendet werden.

Sekundärkontaminierte Stoffe wie Möbel, Kleidung, Tapeten usw. sollten möglichst entfernt oder zumindest gründlich abgewaschen werden.

Weichmacher noch in häufiger Verwendung

Weichmacher für Kunststoffe zählen neben den Flammschutzmitteln zur Gruppe der endokrinen Substanzen (Umwelthormone) und wurden bzw. werden z. T. noch in breitem Umfang angewandt. Viele

¹ Die Ad-hoc-AG wurde 1993 durch die "Innenraumlufthygiene-Kommission" (IRK) des Umweltbundesamts gegründet. Sie hat mehrere Richtwerte für die Innenraumluft erarbeitet und verschiedene Leitfäden erstellt (weitere Informationen: www.umweltbundesamt.de).

² Der eingeführte Richtwert I beschreibt eine Konzentration, bei der bei einer Einzelstoffbetrachtung keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist. Wird der Wert eingehalten oder unterschritten, ist auch dann keine Beeinträchtigung zu erwarten, wenn man dieser Dosis lebenslang ausgesetzt ist.

Weichmacher gehören zu den aromatischen Esterverbindungen aus der Familie der **Phthalate**.³ Sie sollen die Plastizität bzw. Dehnbarkeit von Kunststoffen und Kautschukmaterialien erhöhen. Sie werden zusammen mit anderen SVOC als Ursache für das Phänomen der "schwarzen Wohnungen" (Fogging) angesehen.

Phthalate wandern in die sie umgebenden Materialien. Die Verteilung des Stoffs erfolgt im Raum über den Staub, wodurch die ausdiffundierten Weichmacher in die Atemluft gelangen. Aufgrund der sehr geringen akuten Toxizität wurden Phthalate aus gesundheitlicher Sicht lange Zeit als unproblematisch eingeschätzt. Bei neueren Untersuchungen zur Langzeitwirkung von DEHP wurden jedoch bei Nagern reproduktions- und embryotoxische Effekte, eine Schädigung von Niere und Leber sowie eine erhöhte Inzidenzrate von Nieren- und Lebertumoren festgestellt.



(3) Flur und Wohnküche mit PVC-Bodenbelag, Baujahr 1967/68

Weichmacher sind **bevorzugt in PVC-Produkten** wie Böden, Belägen (Laminat), Folien, Schläuchen, Elektrokabeln und Profilen zu finden. Ebenso sind sie in (Kunststoff-) Möbeln und Paneelen, Teppichen (v. a. im

Schaumrücken), Farben und Lacken (z. B. Alkydharze, Acrylatharze), Klebern und Schäumen, aufgeschäumten Struktur- und Vinyltapeten, Elektrogeräten u. v. m. enthalten.

Da Hausstaub oral, dermal und über die Atmung aufgenommen wird, verteilen sich die Schadstoffe über die Atemwege, den Verdauungstrakt und den Blutkreislauf im Körper. Wird die Exposition im Innenraum untersucht, muss deswegen zusätzlich zur Belastung der Raumluft auch die im Hausstaub berücksichtigt werden. In der Regel werden Probenahmen an einzelnen, scheinbar oder tatsächlich repräsentativen Punkten im Innenraum durchgeführt, um die Belastungssituation zu charakterisieren. Bedingt durch die Dynamik der Raumluft bilden diese Messungen jedoch immer nur einen momentanen Istzustand ab.

Bei der **Untersuchung von Raumluft und Hausstaub** sind stets der komplexe Zusammenhang von Phthalat-Primärquelle und Phthalatbelastung im Hausstaub zu beachten. Bei der DEHP-Konzentration im Staub geht man z. B. von ca. 140 – 3.470 mg/kg aus. Typische Konzentrationen im Staub, die sich als Summe aller Weichmacher in Wohnungen und Arbeitsbereichen finden, liegen laut des Baubiologen Wolfgang Maes bei 50 – 200 mg/kg, Spitzenwerte liegen je nach Objekt bei 2.000 und höher.⁴ Jedoch gibt es keine verbindlichen Beurteilungsmaßstäbe.

Relativ niedrig siedende Phthalate (z. B. DMP, DEP) mit Siedepunkten bis 296 °C sind nur begrenzt im Hausstaub vorhanden und treten meist in der Raumluft auf. Höher siedende Phthalate (DEHP usw.) werden im Hausstaub angereichert, da sie vorzugsweise staubgebunden sind. Deshalb ist ihr Gehalt in der Raumluft deutlich niedriger.

Die Abschätzung der Primärquelle im Raum wird aufgrund von unterschiedlichem Emissionsverhalten erschwert, das wahrscheinlich auf die Verarbeitung zurückzuführen ist. So hat sich gezeigt, dass Produkte mit gleichem Gehalt an Weichmachern ein unterschiedliches Emissions-

verhalten zeigen. Dies wird u. a. vom Geliergrad beeinflusst, aber auch die Verarbeitungstemperatur und der Gehalt an Phthalaten sind ausschlaggebend. Aus diesem Grund sollte bei größeren Gebäuden wie Kliniken, Schulen oder Bürogebäuden eine ausreichende Anzahl an Einzelproben genommen werden, um die Belastungssituation angemessen beurteilen zu können.

Insgesamt ist zu empfehlen, auf PVC-Produkte ganz zu verzichten. Der großflächige Einsatz von Kunststoffen mit hohen Weichmacheranteilen wie Teppichen mit Schaumrücken, Böden oder Vinyl- und Schaumtapeten sollten vermieden werden, da sich im Brandfall auch extreme Gifte wie Dioxine bilden können.

Flammschutzmittel mit Nebenwirkungen

Flammschutzmittel sollen die baurechtlichen Anforderungen an den Brandschutz sowohl bei der Verwendung von entsprechend brandgeschützten Bauprodukten als auch beim konstruktiven Brandschutz sicherstellen. Sie werden entsprechend ihrer Zusammensetzung und Wirkungsweise hauptsächlich in folgende, beispielhaft aufgezählte Gruppen eingeteilt:

- halogenorganische Verbindungen nicht phosphorbasiert (bromierte und chlorierte Verbindungen, z. B. Chlorparafine)
- organische Flammschutzmittel auf Phosphorsäureesterbasis – halogenfrei, z. B. Phosphate
- organische Flammschutzmittel auf Phosphorbasis – halogenhaltig, z. B. TCEP = Tris(2-chlorethyl)Phosphat
- anorganische Flammschutzmittel, z. B. Aluminiumhydroxid, Zinkborate

Das zuvor benannte TCEP wird beispielsweise als krebserzeugend K2 sowie die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigend $R_{\rm F}2$ eingestuft. Flammschutzmittel auf Phosphorbasis gehören einer Verbindungsklasse an, die auch zu den typischen Nervengiften zählen.

Phosphororganische Verbindungen (POV) werden in erheblichem Umfang als Flammschutzmittel und Weichmacher in Kunststoffen und Lacken eingesetzt. Phos-

³ Beispiele sind DEHP (Diethylhexylphthalat), BBP (Benzylbutylphthalat), DEP (Diethylphthalat) und DBP (Dibutylphthalat).

⁴ Siehe www.maes.de, abgerufen am 26.10.2013.

phorsäureester sind Bestandteil von Härtern und Beschleunigern. Sie werden als Hilfsstoffe (z. B. Entschäumer) oder Netzmittel eingesetzt und sind in Putz- und Reinigungsmitteln als Additive enthalten sowie in Bodenpflegemitteln, Bodenlacken und Brandschutzfarben. Ferner sind Flammschutzmittel in Elektrogeräten, Schallschutzplatten, Tapeten, Dispersionsfarben, (PUR-)Montageschäumen, Textilrückenbeschichtungen, Synthesegummi und Kunststoffen für Sonnenschutzrollos enthalten.

Die POV sind aufgrund ihres häufigen Vorkommens auch im Oberflächen-, Grundund Abwasser nachweisbar. Wegen der Anwendung in Bauprodukten lassen sich diese Stoffe in Staub und in der Raumluft nachweisen. Typische Konzentrationen in Hausstaub liegen bei 1 – 10 mg/kg. Bei höheren Konzentrationen liegen großflächige POV-Primärguellen vor.



(4) Holztür lackiert mit "Brandschutz-Holzlack" entsprechend den Anforderungen der Klasse B1 – schwerentflammbar; APEO-, borat-, halogen- und weichmacherfrei, NON VOC. Montiert mit Montageschaum.

Aus der Reihe der bromorganischen Flammschutzmittel wurde das in Polystyrolprodukten enthaltene **HBCD** (Hexabromcyclododecan) ab dem 21.08.2015 zur Herstellung und Verwendung verboten. Dieses findet man z. B. in Textilrückenbeschichtungen, Polstermöbeln, Polymerdispersion

für Textilien, HIPS, Acryl- und Latexdispersion. Bedingt durch die Textilanwendungen ist HBCD teilweise in beträchtlichen Konzentrationen im Hausstaub zu finden, ähnlich wie bei den schwer flüchtigen organischen Verbindungen in Textilien und Polstermöbeln.



(5) Dämmplatten aus Polystyrol als Wärme-, Trittschall- oder Ausgleichsdämmung enthalten wegen der 52-monatigen Umstellungsfrist für die Industrie noch bis zum 21.08.2015 das Flammschutzmittel HBCD.

Weitere bromorganische Flammschutzmittel wie Decabromdiphenylether und Tetrabrombisphenol A. Polybromierte Diphenylether (PBDE) können in Hausstaub und in der Innenraumluft teilweise in hohen Konzentrationen nachgewiesen werden.

Von der Ad-hoc-AG wurde ein zweistufiges Konzept für die Bewertung der POV entwickelt. Sofern der Richtwert II nicht nur kurzfristig überschritten wird, kann eine gesundheitliche Gefährdung bei Daueraufenthalt nicht ausgeschlossen werden. Dies gilt besonders für empfindliche Personen wie Kinder und Kranke. In diesem Fall ist die Belastung der Innenraumluft durch geeignete Maßnahmen zu reduzieren.

Sowohl für TCEP als auch für die Summe der Organophosphate gilt als **Richtwert**

II 0,05 mg/m³. Dieser wurde in Innenräumen mit POV-Primärguellen bislang nicht annähernd erreicht.5 Der Richtwert I liegt für TCEP und / oder die Summe der Organophosphate bei 0,005 mg/m³. Werden Werte zwischen Richtwert I und II vorgefunden, sollte aus Vorsorgegründen durch geeignete Maßnahmen eine Reduzierung angestrebt werden. Trotz der eindeutiaen Kriterien mit den Richtwerten I und Il werden zur Beurteilung oft die POV in Hausstäuben herangezogen. Der Normalwert für TCEP liegt bei 50 mg/kg, wobei in Räumen mit großflächigen Quellen deutlich höhere Gehalte vorgefunden werden. Für den Nachweis von PBDE kann der Hausstaub ausgewertet werden. Bei Probanden wurde bislang trotz erhöhter Werte im Hausstaub jedoch kein erhöhter Anteil im Blut nachgewiesen. Für die Bewertung von HBCD können Proben von Innenraumluft und Staub genommen werden

Der Einsatz von Flammschutzmitteln bei Möbeln, Tapeten, Textilien und Holz sollte weitgehend vermieden und möglichst auf Produkte mit chlorierten Phosphorsäureestern verzichtet werden. Je nach zu behandelndem Material kann ggf. auch auf Alternativen wie beispielsweise anorganische Salze zurückgegriffen werden.

Verboten, aber noch im Bestand zu finden: PCB

Polychlorierte Biphenyle (PCB) gehören zur Gruppe der chlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffverbindungen. PCB-Gemische sind chemikalienresistent und chemisch sehr stabil sowie biologisch schwer abbaubar. Sie sind thermisch hoch belastbar, nahezu unbrennbar und verfügen neben einer flammhemmenden Wirkung auch über gute Isolationseigenschaften. Aus diesen Gründen sind sie für die Verwendung in industriellen Produkten besonders interessant.

⁵ Vgl. G. Zwiener, F.-M. Lange (Hrsg.): Handbuch Gebäude-Schadstoffe und gesunde Innenraumluft, Berlin: Erich Schmidt 2012, S. 445, Tab. 6: Konzentration von verschiedenen ausgewählten POV in der Innenraumluft und der Außenluft. In der Tabelle sind Messergebnisse aufgeführt, die weit unter dem Richtwert liegen.

PCB wurde in der BRD überwiegend zwischen 1950 und 1980 in Baumaterialien eingesetzt. Für die **Verwendung** in offenen Systemen, wie beim Hausbau, wurde PCB 1978 verboten. Seit 1989 existiert die PCB-Verbotsverordnung, durch die das Inverkehrbringen und die Verwendung von Zubereitungen und Stoffen mit mehr als 50 mg/kg PCB-Gehalt untersagt wurden.

Gemäß TRGS 905 sind PCB als krebserzeugend K3, fruchtschädigend R₋2 und fortpflanzungsbeeinträchtigend R₋2 eingestuft. Des Weiteren schädigen sie das Immunsystem sowie das zentrale Nervensystem und beeinflussen den Hormonhaushalt negativ. Aufgrund des gesundheitsgefährdenden Potenzials von PCB-haltigen Materialien können in PCB-belasteten Gebäuden Sanierungsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Nutzer sowie erhöhte Arbeitsschutzmaßnahmen im Rahmen von Sanierungs- und Rückbauaktivitäten erforderlich werden. Gemäß PCB-Abfallverordnung sind die Vorgaben über die Beseitigung von PCB-haltigem Abfall, die Dekontaminierung und die kontrollierte Beseitigung der PCB einzuhalten

In Gebäuden findet man PCB als Weichmacher oder Flammschutzmittel in Kunststoffen wie dauerelastischen Dichtungsmassen. Diese werden bei Gebäudedehnfugen, Bewegungsfugen zwischen Betonfertigteilen, Sanitärfugen, Außenfugen, Anschlussfugen an Fenstern, Fensterbänken und Türen sowie zur Abdichtung von Waschbecken und Einbauschränken eingesetzt (polyacryl-, silikon- oder polyurethanbasierte Dichtungsmassen enthalten jedoch keine PCB). Des Weiteren sind sie in Kitten, Klebstoffen, Verguss- und Spachtelmassen, Anstrichstoffen und Kabelummantelungen zu finden.

PCB-haltige Dichtungsmassen wurden nur in der BRD verbaut, wobei sich der Schwerpunkt auf die Jahre 1955 bis 1975 erstreckt. Das bekannteste Produkt auf Basis eines Polysulfid-Kautschuks hieß Thiokol und ist i. d. R. grau. In der DDR wurden PCB nicht in Fugenmassen eingesetzt. In Anstrichstoffen wurde PCB als Weichmacher und Flammschutzmittel mindestens bis 1973 zugesetzt. Bekannt sind diesbezüglich die Akustikplatten des Typs Wilhelmi, denen bis 1972 ein werkseitiger Anstrich



(6) Raumluft-Check für Holzschutzmittel und PCB. Die Auswertung erfolgt im Labor mit Kapillargaschromatographie und verschiedenen Detektoren.

mit PCB zugesetzt wurde. Auch in Brandschutzanstrichen in Treppenhäusern und Batterieräumen sind PCB zu finden. In der BRD wurde PCB zudem bis 1984 als Kühlund Isoliermittel in geschlossenen Systemen in Transformatoren und Kondensatoren eingesetzt. In der ehemaligen DDR wurde als Korrosionsschutzmittel das Produkt Delor 106 unter der Bezeichnung PCLackfarbe eingesetzt. PCB sind vereinzelt in Parkettklebern gefunden worden sowie in Schalölen im Betonbau.

PCB wird über die Luft und hauptsächlich fetthaltige Nahrung tierischen Ursprungs aufgenommen. Es verteilt sich rasch im Körper und wird hauptsächlich in Fettgewebe eingelagert. PCB sollte daher im Innenraum möglichst nicht nachweisbar sein. In der PCB-Richtlinie sind aus Vorsorgegründen Beurteilungswerte für die Raumluft aufgeführt. Für die Durchführung von Raumluftmessungen sind die Anforderungen in den PCB-Richtlinien und in der VDI-Richtlinie 4300 in Blatt 2 zu beachten. Für die Planung der Messstrategie ist zusätzlich die VDI-Richtlinie 4300 Blatt 1 zu berücksichtigen. Das angewandte Messverfahren ist genau zu dokumentieren. Empfohlen ist eine Raumluft-Probenahme, die frühestens dann erfolgt, wenn der zu untersuchende Raum nach intensiver Lüftung acht Stunden geschlossen gehalten wurde. Erfolgskontrollmessungen sollen nach Vorgaben der PCB-Richtlinie und unter Normalbetrieb vorgenommen werden, wobei zu beachten ist, dass die Konzentrationen deutlich temperaturabhängig sind.

Die empfohlenen Richtwerte sind in allen Ländern einheitlich, jedoch werden abweichende Maßnahmen empfohlen. Der Vorsorgewert liegt bei 300 ng/m³, der gefahrenbezogene Raumluftwert bei 3.000 ng/m³ für die Bewertung der Gesamt-PCB-Konzentration. Für dioxinähnliche PCB-Gehalte (z. B. bei Deckenplatten, Anstrichen) wurde von der Ad-hoc-AG eine tolerable TEQ-Konzentration⁶ von 5 pgTEQ/m³ ermittelt. Für die Analyse wird hilfsweise als Leitkomponente PCB 118 herangezogen, wobei bei 10 ng PCB 118 der Wert von 5 pgTEQ/m³ i. d. R. immer unterschritten wird.

Alle eingesetzten PCB-haltigen Baustoffe und sonstigen Materialien sind umfassend und vollständig im Zuge einer Gebäudebegehung festzuhalten, wenn der Verdacht einer Gesundheitsgefährdung besteht. Außerdem sind Materialproben von verdächtigen Stoffen zu nehmen, die

⁶ TEQ = Toxizitätsäquivalente; diese berücksichtigt Dioxine, Furane und dioxinähnliche PCB.

anschließend im Labor analysiert werden müssen. Auch Verkleidungen und abgehängte Decken sind zu öffnen und auf verdeckt eingebaute Schadstoffe zu prüfen. Wischproben von Oberflächen sind sowohl zur Erkundung als auch zur Kontrolle des Sanierungserfolgs zu nehmen. Bestätigt sich der Verdacht aufgrund laboranalytischer Untersuchungen, sind gemäß PCB-Richtlinie in repräsentativen Räumen Raumluftmessungen durchzuführen, damit über die Dringlichkeit von Sanierungen entschieden werden kann. Zur Überprüfung des Sanierungserfolgs sind erneut Raumluftproben zu nehmen. Die gesamten Ergebnisse aus der Gebäudebegehung, den Materialproben mit Auswertungen und der Raumluftmessung sind zu bewerten und zusammenzustellen einschließlich der Angaben zu Größen, Mengen, Art und Lage der PCB-Quellen sowie den Angaben zu Primär- und Sekundärguellen.

PAK – keine rechtsverbindlichen Grenzwerte

Der Begriff Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ist die Sammelbezeichnung für viele gleichartige aromatische Verbindungen, zu denen z. B. die schwer flüchtigen Schadstoffe Naphthalin, Anthracen und Benso[a]pyren zählen. Die wichtigsten 19 Verbindungen wurden von der Ad-hoc-AG erarbeitet und veröffentlicht

PAK sind in allen aus Teer, Bitumen, Pech, und Mineralölen hergestellten Produkten enthalten und finden sich somit in Bauprodukten wie Holzschutzmitteln (auch Carbolineum) und den teerhaltigen Parkettklebern der 50er- bis 70er-Jahre. Zu finden sind sie außerdem in Anstrichen, Asphaltestrichen und Asphaltfußbodenplatten, Fugenvergussmassen, Dachbahnen, teergetränkten Trennlagen unter Estrich, teergetränkten Papierkaschierungen, Klebstoffen für Holzpflaster, wenn die Produkte bis etwa zum Jahr 2000 verbaut wurden, sowie Kleber v. a. für Mosaik- (bis ca. 1965) und Stabparkett (bis ca. 1979). In feuerfesten Baustoffen wie Binde- und Imprägniermitteln werden bis heute teerhaltige Stoffe verwendet. PAK sind als umweltgefährdend WGK3 sowie als gesundheitsschädlich eingestuft. Als nachweislich kanzerogen K2 gilt die Leitkomponente BaP (Benzo[a]pyren). In der Gefahrstoffverordnung sind Sicherheitsratschläge (S-Sätze) und Hinweise auf besondere Gefahren (R-Sätze) aufgeführt. Gemäß Chemikaliengesetz werden PAK als giftig (T) und umweltgefährlich (N) eingestuft. Zu beachten sind deshalb die "Hinweise für die Bewertung und Maßnahmen zur Verminderung der PAK-Belastung durch Parkettböden mit Teerklebstoffen in Gebäuden (PAK-Hinweise)" sowie die "PAK-Handlungsanleitung" (2007) zum Umbau, Rückbau und zur Instandhaltung von Gebäuden.

Durch die überwiegende Anlagerung an Feinstaub können PAK im Innenraum sowohl in der Luft als auch bevorzugt im Hausstaub nachgewiesen werden, wobei eine Konzentration unter 1 ng BaP/m³ als normal und ungefährlich eingestuft wird. Maßgebend für den Fund im Hausstaub sind der Zustand des Parketts und des PAKhaltigen Klebers. Für eine Auswertung der Materialprobe ist die Angabe der Probenahmetechnik entscheidend. Der Auffälligkeitswert P90 der Orientierungswerttabelle liegt für das beispielhaft aufgeführte Naphthalin bei < 0,2 µg/m³. Für die gesundheitliche Bewertung wird die BaP-Konzentration im Frischstaub herangezogen.



(7) Professioneller Gasprobenehmer nach VDI-Richtlinie durch geschultes Laborpersonal für eine Laboranalyse auf Pestizide, VOC, SVOC usw. Die Auswertung erfolgt im Labor mittels Kapillargaschromatographie und verschiedener Detektoren.

Die Erkundung von vorhandenem Parkettkleber ist nur nötig, wenn es sich um Aufenthalts- oder Wohnräume handelt und das Gebäude vor 1970 errichtet wurde. Findet sich dunkel gefärbter Klebstoff, sollte eine Klebstoffprobe entnommen und von einem Labor analysiert werden. Wenn der geprüfte BaP-Gehalt über 10 mg/kg Klebstoff liegt, sollte der Parkettzustand begutachtet und auf Schadhaftigkeit sowie große Fugenabstände geprüft werden. Ist der Parkettboden schadhaft, ist eine Staubanalyse anzuraten. Der Staub wird entweder durch Saugen, Kehren, Fegen oder Wischen gesammelt. Sind Säuglinge und Kinder betroffen, sind ab dem genannten Wert expositionsmindernde Maßnahmen vorzunehmen. In anderen Gebäuden besteht Handlungsbedarf, wenn die Konzentration über 100 mg BaP/kg Frischstaub liegt. Ergänzend können Innenraumluftmessungen vorgenommen und auch später zur Erfolgskontrolle nach Sanierungen durchgeführt werden.

Zur Ermittlung von Spitzenkonzentrationen bedarf es realistischer Bedingungen bei geringem Luftwechsel und einer hohen Raumtemperatur. Bei der Erkundung von anderen Baumaterialien ist ähnlich vorzugehen wie bei der Erkundung von Parkettkleber und auf bereits erfolgte Renovierungsarbeiten zu achten. Über die Messungen sind Berichte zu erfassen, welche alle beurteilungsrelevanten Daten enthalten müssen. Probenahmen mit dem Staubsauger oder mit dem Planfilterverfahren sind zulässig entsprechend der VDI 4300 Blatt 8.

Zur Person



Dipl.-Ing (FH) Brigitte Hallschmid

Brigitte Hallschmid ist Innenarchitektin, beim BAFA gelistete Energieberaterin, Ausstellungsberechtigte im Rahmen der Bauvorlageberechtigung und nach EnEV 2009 § 16 Satz 1 Nr. 2 für bestehende Wohngebäude sowie Baubiologin (IBN) und Bausachverständige.

Kontakt: www.trazado.de

Schwerflüchtige Schadstoffe	Quelle	Häufige Symptome	Konzentration	Literatur / Quelle
Biozide, Holz- schutzmittel (Lindan, PCP)	Holz (Holzschutzmittel, Holzschutzfarben) Leder (Kleidung, Möbel) Matratzen Teppich Wolle	Chlorakne, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Taubheitsgefühle, Haut- und Schleimhautreizungen, Schmerzen in den Gliedmaßen, Leukämie, Störungen des Nervensystems, Leberschäden, im Tierversuch krebserregend u. v. m.	PCP Frischstaub: >1 mg/kg Altstaub: > 5 mg/kg Holz: > 50 mg/kg PCP und Lindan Raumluft in Wohnungen und Aufenthaltsräumen RW I: 0,1 µg/m³ Raumluft in sonstigen Räumen RW II: 1 µg/m³	PCB-Richt- linie PCB-Richt- linie und Ad-hoc-AG
Insektizide (Permethrin anstelle von Lindan ab Mitte der 1980er-Jahre)	s. o. und Elektroverdamp- fer, Insektenspray	Störungen des Nervensystems, Konzentrationsstörungen, Hautreizungen, krampfartige Be- schwerden u. v. m.		
Weichmacher	Kleber Lacke Kunstleder Kunststoffprodukte Matratzen Vinyltapeten PVC-Böden Synthetikteppiche	Störungen des Nervensystems, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Rei- zung der Schleimhäute, Frucht- barkeitsstörungen, Speicherung im Fettgewebe	Untersuchung von Raumluft und Hausstaub Für Hausstaub gibt es keine ver- bindlichen Beurteilungsmaßstäbe.	
Flammschutzmittel (Chlororganische Phosphorsäureester)	Matratzen Möbel Montageschäume Textiltapeten	Störungen des Nervensystems, erhöhte Infektanfälligkeit, Müdigkeit, allergische Effekte, Schleimhautreizungen, mutage- ne Wirkung	Raumluft RW II: 0,05 mg/m³ RW I: 0,005 mg/m³ Hausstaub Normalwert: 0,5 mg/kg Auffälligkeitswert: 50 mg/kg	Ad-hoc AG AGÖF
PCB (Polychlorierte Biphenyle)	alte Elektrogeräte Fugendichtmassen alte Neonlampen Schalldämmplatten	Schwächung des Immunsystems, Kopf- und Gliederschmerzen, Müdigkeit, Chlorakne, Störung des Immunsystems, Ödeme, Leber- und Nierenschäden, Ge- wichtsverlust usw.		PCB-Richtlinie Ad-hoc AG
PAK (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe)		Eindeutig krebserregend, Leber- und Nierenschäden	In Deutschland gibt es keine rechtsverbindlichen Grenzwerte. Verwendungsverbot ab > 50 mg/ kg BaP Raumluft RW 1: 2 µg Naphthalin / m³ RW 2: 20 µg Naphthalin / m³	TRGS 551 Ad-hoc AG

(8) Übersicht der Schadstoffe, deren Quellen und häufige Krankheitssymptome

Die Bestimmung der PAK-Summen bei Staubproben wird hauptsächlich entweder durch Hochleistungsflüssigkeitschromographie oder durch Gaschromatographie vorgenommen.

Rechtsverbindliche Grenzwerte für PAK existieren in Deutschland nicht. BaP wird nach TRGS 905 ab einer Konzentrationsgrenze von 0,005 % (50 mg/kg)

als kanzerogen eingestuft. Für andere Produkte gilt nach TRSG 551 ein Verwendungsverbot, wenn sie einen Gehalt von mehr als 50 mg BaP/kg aufweisen. Für die Innenraumluft existieren zwei toxikologisch begründete Richtwerte der Ad-hoc-AG. Gesundheitliche Schäden sind z. B. selbst bei lebenslanger Exposition bei Konzentrationen unterhalb RW 1, also < 2 µg Naphthalin / m³ nicht

zu erwarten. Expositionsmindernde Maßnahmen sollten bei einer Überschreitung von RW 1 ergriffen werden. Unverzüglicher Handlungsbedarf besteht, wenn der Richtwert 2, also 20 μg Naphthalin / m³ überschritten wird. Die AGÖF gibt als Normalwert für die Raumluft (P50) 1,0 μg/m³ an. Der Auffälligkeitswert (P90) sowie der Orientierungswert werden mit 2,0 μg/m³ aufgeführt.