

Dr. Gerhard Führer

Fogging: Chemie im Innenraum wird sichtbar

Einleitung

Im Vergleich zu früher wird heute zur Energieeinsparung dichter gebaut. Gleichzeitig werden durch moderne Baustoffe anthropogen erzeugte Verbindungen vermehrt in Innenräume eingebracht. Diese können sich aufgrund eines geringen Luftaustausches in der Raumluft anreichern. Chemie im Innenraum ist in der Regel nicht zu sehen, nicht zu hören und nur selten zu riechen. Deshalb wird von vielen Zeitgenossen eine mögliche Belastung von Material, Raumluft oder Raumnutzern mit chemischen Verbindungen nicht erkannt oder nicht als Problem akzeptiert (Führer, 2002, Führer und Pesch, 2003). Weitgehend unbekannt ist auch die Tatsache, dass durch Bauprodukte gebäudebedingte Erkrankungen verursacht werden können (Radünz, 1998).

Der Mensch ist ein »Bildertier«: Was er nicht sieht, kann nicht sein. Bei sichtbaren Veränderungen des Innenraumes wie beispielsweise durch Fogging wird aufgrund der optischen und ästhetischen Beeinträchtigung gehandelt. Immer häufiger werden Baufachleute und Bausachverständige in »schwarze Wohnungen« gerufen. Dieser Personenkreis ist in der Regel nicht

vertraut mit den komplexen luftchemischen und physikalischen Zusammenhängen.

Aus diesem Grund wird hier zunächst der aktuelle Wissensstand über Fogging/Schwarzstaubablagerungen vorgestellt. Im Anschluss daran fasst der Autor ein von ihm erstelltes Gutachten über Schwarzstaubablagerungen in Kirchen zusammen. Im Vergleich zu Wohnungen sind in Kirchen deutlich weniger unbekannt Variablen vorhanden, womit die Quelle/Ursache eingegrenzt werden kann. Abschließend wird ein hypothetischer Erklärungsansatz für Schwarzstaubablagerungen in Innenräumen aufgezeigt.

Aktueller Stand der Diskussion zu Schwarzstaubablagerungen in Innenräumen

Seit etwa 10 Jahren wird von plötzlich auftretenden rußähnlichen Staubablagerungen in Innenräumen berichtet (Schwarzstaubablagerungen, andere Bezeichnungen sind »Fogging« oder »Magic Dust«). Bei der Auswertung einer Fragebogenaktion des Umweltbundesamtes war auffällig, dass es beim Auftreten von Schwarzfärbungen in Wohnungen ge-

meinsame Gesichtspunkte gibt, daneben aber auch individuelle Unterschiede. Die häufigsten Gemeinsamkeiten waren das Erscheinen des Phänomens mit Beginn der Heizperiode und nach Durchführung von Renovierungsarbeiten. In keinem der gemeldeten Fälle konnte aber die genaue Ursache für die Entstehung der Ablagerungen gefunden werden (Moriske, 1997, 2000).

Der Belag entsteht sowohl in Raucher- als auch in Nichtraucherwohnungen und tritt bei allen Heizarten auf. Folgende Erklärungsmodelle und Faktoren sind durch chemische Untersuchungen nicht abgesichert oder aufgrund der Erfahrung nicht beteiligt:

- ♦ Einwirkungen von außen wie Industrie- oder Verkehrsemissionen,
- ♦ Rußablagerungen von Öfen, Kaminen, Kerzen, Fackeln oder Bränden,
- ♦ sublimierende Ammoniumsalze aus versotteten Schornsteinen,
- ♦ Zersetzung von Staubpartikeln an heißen Oberflächen,
- ♦ Abrieb von Kohleelektroden von Staubsaugern.

Als wesentliche Faktoren werden schwerflüchtige organische Verbindungen



Abb. 1: Großflächig mit Schwarzstäuben beaufschlagter Innenraum der modernen Kirche Nr. 1, die im Jahr 1981 geweiht wurde.



Abb. 2: Kirche Nr. 1: Im Bereich des Ewigen Lichtes werden die thermische Geometrie des Kerzenlichtes und die Mörtelfugen des Mauerwerkes wiedergegeben.

Tab. 1: Zusammenfassung der Vor-Ort-Verhältnisse in den untersuchten Kirchen

	Kirche 1 geweiht 1981	Kirche 2 alte Kirche, renoviert 1980	Kirche 3 erbaut 1708, letztmals renoviert 1989	Kirche 4 erbaut etwa 1970
Schwarzfärbungen	Großflächig an Wänden und Holzdecke. Die Verfärbungen geben die thermischen Schwachstellen der Wände wieder (siehe Abb. 1). Über Ewigem Licht: Abbildung der thermischen Geometrie der Kerzenflamme und der Mörtelfugen (Abb. 2)	Großflächig an Wänden und Decken. Die Verfärbungen geben die thermischen Schwachstellen speziell der Deckenkuppel über dem Altarraum wieder (siehe Abb. 3). Die Seitenwände sind unterschiedlich stark beaufschlagt (siehe Abb. 4, 5, 6)	Großflächig in der gesamten Kirche und in der Sakristei. Geometrische Verfärbungen an den Auslässen der Heizungsverteilungen und in deren Innenbereichen (siehe Abb. 7, 8). Stärkste Verfärbungen im Altarraum und im Bereich der 1977 angebauten Empore (siehe Abb. 9)	An den Wänden und Decken sind keine großflächigen Schwarzfärbungen erkennbar. Über den Bodenauslässen der Warmluftheizung finden sich einige Meter hohe fahnenartige Verfärbungen (Abb. 10). In den Bodenauslässen selbst sind sehr starke Schwarzfärbungen vorhanden (siehe Abb. 11)
Heizsystem	Fußbodenheizung und Styropor unter dem Estrich	Fußbodenheizung mit Styropor unter dem Estrich	Fußbodenheizung mit Styropor unter dem Estrich	Warmluftheizung, die in der Art einer Hypokaustenheizung ausgeführt ist
Besonderheiten/ Anmerkungen	Starke Geruchsauffälligkeiten in der gesamten Kirche. Geruchsempfinden: Unangenehm, Geruchsqualität: Dumpf, muffig, »schimmelpilzartig«. Baumaterialien aus dem Übergangsbereich von Fußboden zu Wand besitzen subjektiv den gleichen Geruch wie die Raumluft.	Eine ältere Nonne war häufig in dieser Kirche, bevor sie renoviert wurde. Nach deren Aussage waren auch vor der Renovierung Schwarzfärbungen vorhanden, die aber in Ausmaß und Qualität im Vergleich zu den aktuellen Schwarzfärbungen als gering zu bezeichnen sind.	Auffällig ist, dass zwei Räume wenig bis nicht mit Schwarzfärbungen beaufschlagt sind: Beichtstuhl und Abstellraum auf Empore mit umlaufender Türdichtung.	Die Schwarzfärbungen haben sich in dieser Kirche primär in den luftführenden Kanälen im Unterbodenbereich abgelagert.

(SVOC) mit einem Siedepunktsbereich zwischen 250 und ca. 450 °C diskutiert (Moriske et al. 2002). Diese gasen besonders bei frisch renovierten und neu eingerichteten Wohnräumen aus Einrichtungen, Oberflächenbeschichtungen und Baumaterialien, aber beispielsweise auch von elektronischen Geräten aus. Nachfolgend scheiden sich diese durch Kondensation an kälteren Oberflächen ab und bil-

den dort einen klebrigen Film. An diesen können Feinstaubpartikel durch Konvektionsströmung verstärkt herantransportiert werden und dabei einen grauschwarzen, ölig-schmierigen Belag bilden. Auch können sich SVOC an den nicht sedimentierfähigen Mikrofeinstaub anlagern und dabei zur Agglomeration von kleineren Staubteilchen zu größeren Partikeln führen. Diese setzen sich ab an

Außenwandflächen mit Wärmebrücken, an Stellen mit hoher Luftbewegung und an Flächen mit verminderter Oberflächentemperatur. Der Eintrag von SVOC in die Raumluft ist zwar der erste und wichtigste Schritt in der Ursachenkette. Er genügt aber in der Regel nicht, um die Ablagerungen zu erzeugen. Dazu sind weitere Begleiterscheinungen notwendig:



Abb. 3: Deckenkuppel im Altarraum der alten Kirche Nr. 2: Die Sparren heben sich deutlich von den Schwarzfärbungen ab.



Abb. 4: Die Seitenwände im Bereich der Fenster von Kirche Nr. 2 sind intensiv mit Schwarzstaub beaufschlagt.

- ♦ Bauliche Gegebenheiten wie z. B. Wärmebrücken,
- ♦ Raumausstattung,
- ♦ Raumnutzung incl. Reinigungs- und Lüftungsverhalten,
- ♦ Raumklima und Witterungseinflüsse.

Aus der bisher zur Verfügung stehenden Literatur wird deutlich, wie komplex in vielen Fällen die kausalen Zusammenhänge beim Entstehen des Phänomens der »Schwarzen Wohnungen« sind. Das Phänomen der Schwarzstaubablagerungen lässt sich aus einem Zusammenspiel verschiedener innenrauminterner Faktoren erklären (siehe dazu auch Abb. 12).



Abb. 5: Die Außenwand der Kirche Nr. 2 ist außenseitig etwa 1 m mit Erde angefüllt. Speziell in der Ecke ist im Bereich der Erddämmung die Schwarzstaubbeaufschlagung geringer, verglichen mit den höheren »ungedämmten« Wandbereichen.



Abb. 6: Wischprobenahmestelle an einer stark mit Schwarzstaub beaufschlagten Außenwand in Kirche Nr. 2.

Schwarzstaubablagerungen in begutachteten Kirchen

In Tab. 1 sind die Vor-Ort-Verhältnisse in den untersuchten Kirchen zusammenfassend dargestellt. Die chemischen Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse: In den Schwarzstaubablagerungen konnten keine relevanten Mengen an schwererflüchtigen organischen Verbindungen aus den Stoffgruppen der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), Weichmacher (Phthalate) und Flammschutzmittel (org. Phosphorsäureester) nachgewiesen werden. In der Raumluft der Kirchen 1 und 2 waren keine Glykole/Glykolderivate nachweisbar. Aufgrund dieser Ergebnisse

kann zum Untersuchungszeitpunkt eine mögliche Gesundheitsgefährdung durch die Schwarzfärbung (nach dem heutigen Stand der Messtechnik) ausgeschlossen werden.

In Wohnungen gibt es eine Vielzahl an potentiellen SVOC-Quellen. Neben den Baumaterialien können Putzmittel, Einrichtungsgegenstände und Elektrogeräte schwer flüchtige organische Verbindungen abgeben. In den neuen Kirchen Nr. 1 (Abb. 1, 2) und Nr. 4 (Abb. 10, 11) scheiden Elektrogeräte und Einrichtungsgegenstände mit Ausnahme der Bestuhlung als mögliche SVOC-Quellen aus. Zusätzlich sollten in den alten Kirchen Nr. 2 (Abb. 3–6) und Nr. 3 (Abb. 7–9) auch die ursprünglichen Baumaterialien frei von fogging-aktiven Substanzen sein. Hier lassen sich die potentiellen SVOC-Quellen stark eingrenzen. Es wird davon ausgegangen, dass die Einrichtungsgegenstände und das Nutzer-/Lüftungsverhalten in den beiden alten Kirchen vor und nach den Renovierungen wei-



Abb. 7: Heizkreisverteiler hinter Bank in Kirche Nr. 3, erbaut 1708, letztmals renoviert 1989, Details siehe Text.



Abb. 8: Geöffneter Heizkreisverteiler in Kirche Nr. 3, Details siehe Text.

testgehend gleichgeblieben sind. Diese Faktoren sollten zumindest in alten Kirchen keine Ursachen für die Schwarzstaubablagerungen darstellen. Folgende Materialien können im Rahmen der Renovierung der beiden alten Kirchen Nr. 2 und Nr. 3 flüchtige/schwererflüchtige organische Verbindungen abgegeben haben:

- ♦ Kunststoffmaterialien (Folien und Schaumstoffdämmung) aus dem Unterbodenbereich,
- ♦ Putze und Wand-/Deckenfarben,
- ♦ Bodenpflege- und Reinigungsmittel.

In Abb. 7 und 8 scheint die Schwärze aus der Klappe zu kommen. Metalle besitzen im Vergleich zu mineralischen Bauteilen deutlich unterschiedliche thermisch-physikalische Eigenschaften wie beispielsweise Wärmeleitfähigkeit und Wärmespeicherung. In dem Metallkasten der Heizverteilung und den Hauptaustrittsstellen für Warmluft herrschen vollkommen andere Temperaturen und Temperaturverteilungen vor als in den übrigen mineralischen Wandbereichen. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass es sich bei den Schwarzfärbungen um die Abbildung der kleinräumigen thermischen Gegebenheiten in und in der Umgebung des Heizverteilers handelt. Dort sollte es primär zur Kondensation der filmbildenden Verbindungen

dungen mit nachfolgender Staubablagerung gekommen sein. Ähnlich verhält es sich in Kirche Nr. 4: Dort haben sich die Schwarzsäube primär in den luftführenden Kanälen des hypokaustenartigen Heizsystems im Unterbodenbereich und an den Bodenausläsen abgelagert (Abb. 10, 11). Das luftführende System diente sozusagen als Vorabscheider, so dass sich nur wenig des filmbildenden Materials/Feinstaubes/Staubagglomeration an Wand und Decke anlagern konnte.

Chemische Zusammensetzung von Schwarzstaub: Jagen wir einem Phantom hinterher?

In jedem Hausstaub und in jeder Raumluft finden wir Innenraumanalytiker eine Vielzahl an leicht-, mittel- und schwerflüchtigen organischen Verbindungen. Bildhaft gesprochen entspricht mittlerweile jeder Innenraum einem Reaktionsgefäß, in dem ein chemischer Cocktail aus verschiedensten Verbindungen und Verbindungsklassen enthalten ist. Einen Großteil können wir über moderne Untersuchungsverfahren nachweisen und unter gesundheitlichen Gesichtspunkten bewerten. Nicht alle Verbindungen, Konzentrationen und Kombinationen sind giftig oder schädigen unsere Gesundheit. Im Wohnbereich oder an Büroarbeitsplätzen treten aber immer öfter Befindlichkeitsstörungen auf durch das chronische und langzeitige Einwirken. Den Bewohnern oder Raumnutzern von krankmachenden Gebäuden kann mit konventionellen medizinischen Therapien nicht geholfen werden. Die einzig erfolgreiche Methode ist ein Expositionsstopp durch eine Beseitigung der Belastungsfaktoren (Führer, 2000).

Gleiches gilt letztendlich auch für das Phänomen der Schwarzstaubablagerungen: Wir können nach dem Prinzip »Versuch und Irrtum« das Symptom »Schwarzstaubablagerung« bekämpfen. Die sinnvollere Alternative besteht darin, die Ursache zu erkennen und zu beseitigen bzw. bei Neubauten oder Renovierungsarbeiten entsprechend dem Minimierungsgebot von vornherein emissionsarme (Bau-)Materialien zu verwenden. Auch fordert die Arbeitsgemeinschaft »kontrolliert deklarierte Rohstoffe« (ARGE kdR) eine Volldeklaration aller Inhaltsstoffe. Damit können verdächtige Materialien im Vorfeld ausgeschlossen werden oder im Nachhinein deren Inhaltsstoffe vergleichsweise einfach recherchiert werden.

Abgrenzung von Fogging zu anderen sichtbaren Verfärbungen in Innenräumen

1. Charakteristisch für Brandschäden ist die Freisetzung von Ruß, Staub, Brandgasen und Brandpyrolyseprodukten wie Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). Dabei entstehen häufig großflächige grau-schwarze Verfärbungen an Oberflächen auch in z. T. vom Brandherd weit entfernten Räumen. In der Regel treten bei Brandschäden Geruchsauffälligkeiten auf. Im Vergleich dazu sind dem »Fogging«-Phänomen typischerweise keine Geruchsauffälligkeiten zuordenbar. Für die Fogging-Schwarzfärbung sind keine Verbrennungsvorgänge nötig. Ebenso sind normalerweise keine PAK nachweisbar (vgl. Abb. 12).

Bei oberflächiger Begutachtung schwarzer Wohnungen kann es zu Verwechslungen kommen zwischen Brandschaden/Verrußung und Fogging. Beide Phänomene können aber nebeneinander auftreten.

Dazu eine Fallbeschreibung aus der eigenen Gutachterpraxis: Von Raumnutzern wurden kleinräumige und »dezent« Schwarzfärbungen in ihrer gemieteten Wohnung wahrgenommen. Aufgrund der Beschreibung war von Fogging auszugehen. Durch den Brand in der Wohnung eines anderen Stockwerkes wurden die Schwarz-



Abb. 9: Stark mit Schwarzstäuben beaufschlagte Empore in Kirche Nr. 3. Die Empore und der darunter liegende Eingangsbereich wurden im Jahr 1977 an die alte Bausubstanz angebaut.



Abb. 10: Fahnenartige Verfärbungen über Bodenauslaß in der modernen Kirche Nr. 4, erbaut etwa im Jahr 1970, Details siehe Text.



Abb. 11: Mit Schwarzstäuben beaufschlagter Bodenauslass des Heizsystems in Kirche Nr. 4, Details siehe Text.

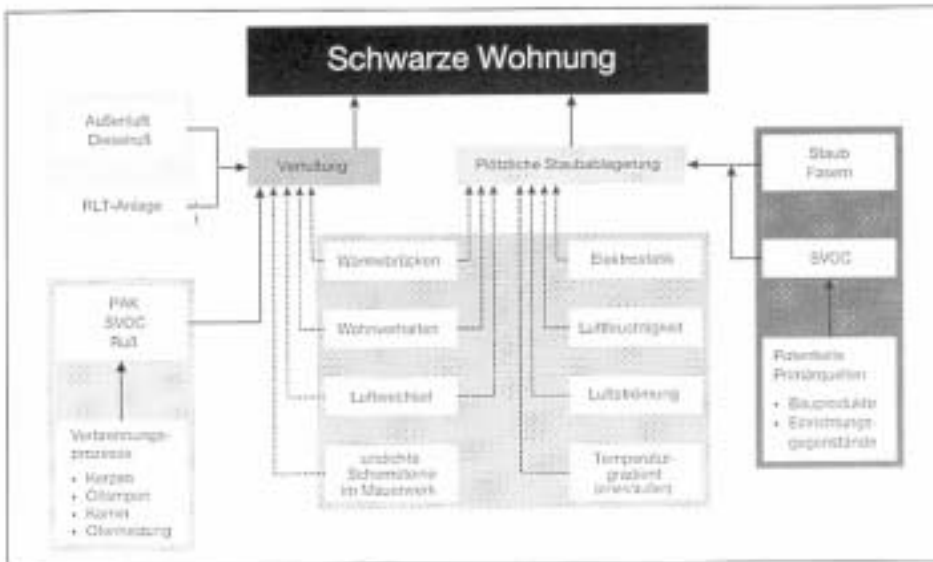


Abb. 12: Zusammenstellung von Faktoren, die zum Entstehen schwarzer Ablagerungen in Wohnungen führen können; Abgrenzung »Verrußung« und »Fogging«-Phänomen (Quelle: Wensing et al. 1998).

färbungen deutlich intensiver und verbreiteten sich großflächig. Nach dem Brand erfolgten chemische Untersuchungen. Die Analyse von zwei Wischproben auf PAK ergab 7,7 bzw. 2,1 µg/m² (Summe nach EPA, Sanierungszielwert für Brandschäden: 100,0 µg/m²).

2. Überlagerung zwischen Schimmel und Fogging: Häufig kommt es speziell an thermischen Schwachstellen der Außenwände zu einer Schwarzstaubbeaufschlagung. Gerade an diesen Stellen tritt häufig auch Kondenswasserbildung auf. Feuchtigkeit kann an diesen Stellen die Grundlage für Schimmelpilzwachstum sein. Eine Überlagerung zwischen einem durch Fogging maskierten Schimmelpilzbefall ist somit möglich. Ohne mikrobielle Untersuchungen der Schwarzfärbungen an potentiellen Wärmebrücken kann ein möglicherweise zusätzlich vorliegendes Schimmelpilzproblem nicht fachgerecht erkannt werden.

Schwarzstaubablagerungen und Gesundheitsgefährdung

Eine akute Gesundheitsgefährdung durch Schwarzstaubablagerungen wird in der Literatur in der Regel verneint. Als chemische Verursacher für Fogging werden an erster Stelle Weichmacher aus der Stoffklasse der Phthalate oder Phthalsäureester genannt. Bei Routineuntersuchungen von Hausstaub zur Charakterisierung der Innenraumverhältnisse bezüglich mittel- bis schwerflüchtigen organischen Verbindungen findet nicht nur der Autor in je-

der Staubprobe verschiedene Phthalate wie beispielsweise Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) oder Dibutylphthalat (DBP). Phthalate sind sehr weit verbreitet, weswegen bei der Probenahme auf weichmacherfreie Probenahmematerialien zu achten ist. Auch sollten Untersuchungsergebnisse diesbezüglich kritisch hinterfragt werden. Allein in Deutschland erlangte die Phthalatproduktion im Jahr 1993 einen Umfang von 400.000 t (WWF und Bremer Umweltinstitut, 1995). Der größte Teil der Phthalate gelangt durch Ausgasung aus PVC-Produkten in die Raumluft. Der Weichmacheranteil in Fußböden, Beschichtungen, Tischdecken, Duschvorhängen, Vinylschaumtapeten, etc. kann bis zu 70 % betragen.

Für die Summe an Phthalaten wurde ein Orientierungswert von 250 mg/kg für Hausstaub vorgestellt (Kalberlah, 1991: »Humantoxikologische Bewertung von DEHP und DBP«, zitiert in B.A.U.CH., 1991). Dieser Wert wird bei Routineuntersuchungen des Hausstaubes von Wohnungen häufig überschritten. Im Sinne einer gesundheitlichen Vorsorge sollte die Konzentration an Phthalaten in Innenräumen minimiert werden, da für diese Stoffklasse auch ein krebserzeugendes Potential diskutiert wird.

DEHP ist der wichtigste Kunststoff-Weichmacher und von großer umweltmedizinischer Bedeutung. Er besitzt unter den Phthalaten die größte Toxizität. Besonders ausgeprägt sind die hormonähnlichen Wirkungen, die die Fortpflanzungsfähig-

keit beeinträchtigen können. Aktuell fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ein Projekt, um zu klären, welche Phthalatmengen im menschlichen Körper anzutreffen sind (Meldung ZfU, 2003). Wenn Phthalate in Schwarzstaubablagerungen in erhöhter Konzentration nachweisbar sind, kann nach chronischer langzeitiger Einwirkung eine Gesundheitsgefährdung nicht ausgeschlossen werden. Eine Überprüfung der Hausstaubbelastung mit Weichmachern wäre in diesem Fall empfehlenswert.

Vorbeugung und Minimierungsmaßnahmen bei Schwarzstaubablagerungen in Innenräumen

Vorbeugung

- ♦ Einsatz von Materialien, von denen alle Inhaltsstoffe bekannt sind (Volldeklaration der Inhaltsstoffe). Damit kann im Falle des Auftretens von Fogging die Ursachenermittlung vereinfacht bzw. überhaupt erst ermöglicht werden.
- ♦ Auf Synthetikmaterialien incl. deren Zuschlagstoffe weitestgehend verzichten.
- ♦ Verzicht auf »lösemittelarme/-freie« Baumaterialien, da diese höhersiedende Komponenten wie beispielsweise Glykole/Glykolderivate enthalten (Hörsieder sind definitionsgemäß aufgrund ihres hohen Siedepunktes keine Lösemittel).
- ♦ Im Sinne einer gesundheitlichen Vorsorge sollten keine Weichmacher (Phthalate) im Innenraum eingesetzt werden. Durch Verzicht auf PVC-Produkte können Weichmacher in der Innenraumluft vermieden werden.

Bei Auftreten von Fogging

- ♦ Renovierung mit Anstrichfarben und Materialien durchführen wie oben empfohlen. Ein reines Überstreichen der Schwarzstaubbeaufschlagung wird als problematisch erachtet.
- ♦ Luftfeuchte kontrollieren und optimieren (40–60 %), selbstkritische Überprüfung der Lüftungs- und Heizgewohnheiten.
- ♦ Als Putz-, Reinigungs- und Fußbodenpflegemittel folgende Materialien bevorzugen: Wasser, Schmierseife, volldeklarierte Systeme.
- ♦ Ggf. Entfernung von Baumaterialien, die fogging-aktive Substanzen emittieren können (wie z. B. Vinyltapeten oder PVC-Beläge), ggf. Reduzierung von Wärmebrücken, ggf. Änderung des

Heizsystems (Konvektionsheizung) hin zu einer Strahlungsheizung.

Ein hypothetischer Erklärungsansatz

Flüchtige organische Verbindungen lagern sich bevorzugt an thermischen Schwachstellen oder an Flächen ab, an denen sie nicht (oder nicht schnell genug?) austrocknen oder nicht wieder verdampfen können. Dort bilden sich viskose, zähflüssige Filme, die u. U. auch Wassermoleküle einlagern. Grauer, trockener Feinstaub wird durch das Heizsystem vermehrt in die Raumluft gebracht, konvektiv im Innenraum verteilt und an den klebrigen Filmen gebunden. Der ehemals graue Staub färbt sich durch Anfeuchten schwarz und es bilden sich Schwarzstaubablagerungen. Beim feuchten Wischen von grauem, trockenem Hausstaub entsteht eine vergleichbare Schwarzfärbung des Staubes.

Der Hausstaub ist ein ideales Sammelmedium für mittel- bis schwerflüchtige organische Verbindungen. 7-Tages-Staub wird beispielsweise als Untersuchungsmatrix eingesetzt, um Holzschutzmittel, Flammschutzmittel, Weichmacher, Pyrethroide, PAK, PCB und andere Schadstoffe in Innenräumen nachzuweisen. Im Staub enthalten sind immer auch Fettsäuren und deren Ester, längerkettige Alkane, Fettalkohole und andere für Staub typische Verbindungen. Durch entsprechende bauphysikalische und strömungstechnische Gegebenheiten wird dieser Staub (Feinstaub) an die Wände und Decken transportiert und lagert sich dort ab. Die Schwarzstaubablagerungen an Wänden und Decken sollten deshalb die typische Zusammensetzung des Hausstaubes abbilden. Das könnte der Grund sein, warum Staub-Screenings von Fogging-Belägen in der Regel ohne auffälligen chemischen Befund sind (persönliche Mitteilung Herr Albrecht Friedle, c/o UIS Umweltinstitut GmbH in Stuttgart).

Für die Klebefilmbildung und/oder eine Partikelagglomeration müssen Verbindungen mit folgenden Eigenschaften verantwortlich sein:

- ♦ Zäh, hochviskose Flüssigkeiten, um einen Klebeffekt zu erzielen.
- ♦ Hoher Siedepunkt und niedriger Dampfdruck, damit keine schnelle Austrocknung mit Verlust der Klebfähigkeit erfolgt.
- ♦ Mittleres Molekulargewicht (Größenordnung 100–200 g/mol).
- ♦ Lösemittelartiger Charakter, damit die

Verbindung(en) aus der Quelle in die Raumluft ausgasen kann/können.

- ♦ Verbindungen, die entsprechend weit verbreitet sind und in gängigen (Bau-) Materialien eingesetzt werden.

Diese Eigenschaften werden mehrheitlich von der Substanzgruppe der Glykole/Glykolderivate erfüllt (Ether und Ester mehrwertiger Alkohole, EEMA). Es handelt sich bei diesen Verbindungen um weit verbreitete Ersatzlösemittel, die in lösemittelarmen Dispersionslacken, Dispersionsklebern, Dispersionsfarben, Reinigungsmitteln, Bodenpflegemitteln u. ä. eingesetzt werden. Für die Ausprägung dieses Klebefilmes sollte eine sehr dünne, im Extremfall monomolekulare Schicht ausreichen. Aus diesem Grund kann die nachweisbare Menge an EEMA bei entsprechenden Routineanalysen sowohl in der Raumluft wie auch im Schwarzstaub unterhalb der Nachweisgrenzen oder in unauffälligen Konzentrationsbereichen liegen.

Aufgrund der geschilderten Erkenntnisse sollte bei einem Fogging-Schadensfall ein Chemiker bzw. Innenraumanalytiker hinzugezogen werden. Bei Schadensfällen könnte die aufgezeigte Hypothese, aber auch andere plausible Erklärungsansätze für Schwarzstaubablagerungen durch eine geschickte Untersuchungsstrategie und eine zielgerichtete Recherche überprüft werden. Nachdem es sich bei Fogging unabhängig von einer möglichen Gesundheitsgefahr um einen gravierenden wirtschaftlichen Schaden handelt, besteht zur Klärung der Ursachen dringender Forschungs-/Handlungsbedarf.

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei Herrn Martin Oestemer, Bauschadenssachverständiger in Leinach, und bei Herrn Architekt Werner Haase, Karlstadt, für anregende Diskussionen zum Thema Fogging, sowie bei Herrn Albrecht Friedle, UIS Umweltinstitut GmbH in Stuttgart, für fachliche Anregungen und die kritische Durchsicht des Manuskripts.]

Literatur

- B.A.U.CH., 1991: Analyse und Bewertung der in Raumluft und Hausstaub vorhandenen Konzentration der Weichmacherbestandteile Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) und Dibutylphthalat (DBP), gefördert durch die Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz.
- Führer G, 2000: Probewohnen in baubiologischen Musterwohnungen, Zeitschrift für Umweltmedizin 1/2000, 49.
- Führer G, 2002: Neu im BVS, Fragen an Dr. Gerhard Führer, Der Sachverständige 5/2002, 118.
- Führer G, Pesch H-J, 2003: Dicke Luft in Innenräumen – was tun? Zeitschrift für Umweltmedizin 2/2003, 94–95.
- Kamphausen PA, 2001: Wenn die Wohnung schwarz wird Der Sachverständige 1-2/2001, 19–20.
- Moriske HJ, 1997: Plötzliche Staubimmissionen in Wohnungen: Neue Aspekte, Fragebogenaktion. Umweltmedizinischer Informationsdienst. Umweltbundesamt. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Nr. 1, 15–19.
- Moriske HJ, Rudolphi A, Salthammer T, Wensing M, 2000: Zum Phänomen der »Schwarzen Wohnungen« – aktueller Sachstandsbericht, gi – Gesundheitsingenieur 121, Heft 6, 305–311.
- Moriske HJ, Klar A, Salthammer T, Wensing M, 2002: Auftreten von plötzlichen Staubimmissionen in Wohnungen – das »Fogging«-Phänomen. In: Handbuch für Bioklima und Lufthygiene. Hrsg.: Moriske HJ und Turowski E, ecomed-Verlag Landsberg (1998). 8. Ergänzungslieferung Kap. III-4.4.1.
- Radünz A, 1998: Bauprodukte und gebäudebedingte Erkrankungen, Herausgeber: Enquete-Kommission »Schutz des Menschen und der Umwelt« des 13. Deutschen Bundestages, Springer-Verlag.
- WWF Umweltstiftung, Bremer Umweltinstitut, 1995: Kunststoffe – Umwelt- und Gesundheitsgefahren, ISBN 3-9803930-2-X.
- Wensing G, Moriske HJ, Salthammer T, 1998: Das Phänomen der »Schwarzen Wohnungen«. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 58, 463–468.
- ZfU, 2003: Metaboliten von DEHP im Urin nachgewiesen, Zeitschrift für Umweltmedizin 1 2003, 5.

Dr. Gerhard Führer ist von der IHK Würzburg-Schweinfurt öffentlich bestellt und vereidigt für Schadstoffe in Innenräumen. Er leitet das Institut peridomus in Himmelstadt bei Würzburg. peridomus@t-online.de

Merkwürdig

Ein Mensch bleibt weise, so lange er die Weisheit sucht; sobald er glaubt, sie gefunden zu haben, wird er zum Narren!

(Talmud)

(eingereicht von: Michael Staudt)