

Ursachenermittlung und analytische Vorgangsweisen bei Auftreten von Schwarzstaubbelastungen (Fogging) in Gebäuden

Dipl. Ing. Peter Tappler, DI Bernhard Damberger, DI Felix Twrdik
INNENRAUM Mess- & Beratungsservice/ Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
Arbeitskreis Innenraumluft am BMLFUW

Zusammenfassung

Bei der Diagnose von Schimmelbelastungen werden in manchen Fällen Schwarzstaubablagerungen mit Schimmelbefall verwechselt. An mehreren Fallbeispielen werden Vorgehensweisen zur Lösung von auftretenden Ruß- bzw. Schwarzstaubablagerungen in Wohnungen dargestellt. Berichtet wird über das Auffinden der oft komplexen Ursachen der Belastungen an Wänden und Einrichtungsgegenständen mittels unterschiedlichen analytischen Techniken. Ursachen waren in etwa der Hälfte der bisher behandelten Fälle interzonaler Massentransfer aus Garagen, in anderen Fällen Verschmelungserscheinungen bei Elektrogeräten, Abbrand von Kerzen sowie Rußeinträge aus stillgelegten Kaminen. Es werden die Ursachenermittlung, gegebenenfalls der Ablauf der Schadstoffmessungen, sowie die Sanierungsstrategien dargestellt. In den berichteten Fällen führten insbesondere die Anwendung einer Tracergastechnik, Hausstaubuntersuchungen sowie PAH-Spektrenvergleiche zu den erwünschten Aussagen.

1 Einleitung

Das Phänomen plötzlich aufgetretener Ruß- und Staubablagerungen in Wohnungen, bei denen von teilweise großflächigen Verfärbungen und Belegen auf Wand-, Fenster- und Möbelflächen berichtet wird, wird immer wieder in der Fachliteratur erwähnt. In manchen Fällen wird die Belastung mit Schimmelbefall verwechselt. Die Bewohner werden durch diese Staubablagerungen in ihrer Wohnqualität stark beeinträchtigt, in manchen Fällen sind die betroffenen Wohnungen nicht mehr benutzbar. Weiters wird in der Regel befürchtet, daß die Ablagerungen möglicherweise gesundheitsschädlich wirken könnten. In fast keinem der geschilderten Fälle konnte eine einfache Ursache dieser Staubimmissionen aufgefunden werden. In zahlreichen Fällen lagerte sich der schwarzgefärbte Staub vor allem an kälteren Flächen, wie Außenwänden sowie an elektrostatisch aufgeladenen Oberflächen wie Bildschirmen oder Kunststoffflächen ab.

Eine Umfrage des UBA-Berlin zeigte, daß fast immer eine Renovierung der Wohnung in der letzten Zeit vorgenommen wurde. Eine Hypothese war, daß bei dieser Renovierung verschiedene Lösemittel (leicht- und schwerflüchtige organische Verbindungen) verstärkt eingesetzt worden sein, die in der Folgezeit in die Raumluft freigesetzt werden. Die schwerer flüchtigen organischen Verbindungen und die länger-kettigen Kohlenwasserstoffe könnten dabei auch noch längere Zeit nach erfolgter Anwendung in die Raumluft abgegeben werden. Derartige Verbindungen lagern sich aufgrund ihres Dampfdruckverhaltens zudem zu einem Großteil an vorhandene Staubpartikel in der Luft an, rekondensieren also an diesen und scheiden sich mit den Staubpartikeln insbesondere auf kälteren Wand- und Fensterflächen ab (Fogging-Effekt). Die Staubablagerung bzw. -abscheidung wird dabei vermutlich durch zusätzliche Wärme- und Isoliermaßnahmen, die den natürlichen Luftwechsel in der Wohnung

beeinträchtigen, unterstützt. Ebenso kann ein zusätzliches Abbrennen von Kerzen und der Gebrauch von Öllämpchen in der Winterzeit zu einer Verstärkung der Staubablagerungen beitragen, der Staub kann dann als "schmierig/ölig" bezeichnet werden (Moriske 1996).

Neben Luftströmungen in Gebäuden werden folgende weitere Ursachen (in unterschiedlicher Kombination) angegeben (UBA 2001):

- bauliche Mängel, wie etwa kalte Wandbereiche oder Wärmebrücken, an denen sich bevorzugt Staubpartikel absetzen,
- ein verstärkter Gebrauch von Öllämpchen und rußenden Kerzen während der Winterzeit,
- ein erhöhtes elektrostatisches Potenzial in der Raumluft,
- ungünstige strömungstechnische Einflüsse, wie etwa Verwirbelungszonen aufsteigender Luft im Raum,
- eine erhöhte Staubkonzentrationen in der Raumluft durch Tabakrauch usw.,
- das Abschalten der Heizung während Abwesenheit der Wohnungsnutzer. Das meint nicht die Drosselung der Heizkörperthermostaten, sondern deren völliges Abschalten – was übrigens auch aus energetischen Gründen oft gar nicht vorteilhaft ist,
- ein ungenügender Luftaustausch, zum Beispiel durch unzureichendes Lüften.

Eine weitere mögliche Quelle von Schwarzstaub könnten Elektrogeräte sein (z.B. Staubsauger).

Gezielte und vor allem wirksame Maßnahmen zur Verringerung der plötzlichen Staubablagerungen wurden bisher nur in wenigen Fällen dokumentiert. Danach war in zwei Fällen ein kräftiges Lüften und Heizen der betroffenen Räume und eine rigorose Entfernung aller möglichen Quellen, auch von Zusatzquellen, wie Öllampen, Vinylschaumtapeten etc., die allesamt schwer flüchtige organische Verbindungen in die Raumluft emittieren können, erfolgreich (Moriske 1996).

Obiges Erklärungsmodell ist jedoch für einen Teil der in der Praxis auftretenden Fälle nicht anwendbar. Emissionen von Kunststoffen, die sich am Hausstaub niederschlagen, können hier die auftretende Schwarzfärbung nicht erklären. Untersuchungen des Feinstaubes von foggingfreien Wohnungen ergaben in vielen Fällen nicht abweichende Zusammensetzungen bezüglich mehrerer leicht- und schwerflüchtiger Bestandteile (Maes 1997).

Die Möglichkeit der Undichtheit innerhalb des Rauchgassystems wird ebenfalls diskutiert, es wurde eine derartige Undichtheit jedoch noch in keinem Fall dokumentiert.

2 Vorgangsweise

In allen unten beschriebenen Fällen traten die Nutzer der Räume respektive Vermieter an das INNENRAUM Mess- & Beratungsservice heran, um die Ursache der auftretenden Staubablagerungen in den betroffenen Wohnungen zu finden.

In nahezu allen Fällen faßte sich der Staub als "schmierig/ölig" an, der schwarzgefärbte Staub lagerte sich vor allem an kälteren Flächen, wie Außenwänden sowie an elektrostatisch aufgeladenen Oberflächen ab.

Es wurden in der überwiegenden Zahl der Fälle Tracergasuntersuchungen durchgeführt, in mehreren Fällen Untersuchungen des PAH-Spektrums von Wischproben bzw. Proben der Wandoberfläche sowie Hausstaubuntersuchungen. Fallweise wurde die Raumluft zur Absicherung auf flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) und Schimmelpilzsporen untersucht.

In etwa der Hälfte der Fälle konnte die Ursache der auftretenden schwarzen Staubablagerungen durch eine Kombination der nachfolgend beschriebenen Methoden gelöst werden.

3 Methodik

Zur Untersuchung des interzonalen Massentransfers wurde eine Tracergastechnik eingesetzt. Als Tracergas wurde das in der Umwelt praktisch nicht vorkommende Gas Schwefelhexafluorid (SF_6) eingesetzt, das sich in ähnlichen Fragestellungen bewährt hat. Die Detektion erfolgte mittels photoakustischer Infrarotspektroskopie (Brüel & Kjær, Single-gas Monitor Typ 3425). Die Methode wurde bereits für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche vorgestellt (Raatschen 1995, Tappler et al. 1996). Tracergastechniken wurden in Einzelfällen erfolgreich dazu verwendet, Luftströmungen in Gebäuden zu quantifizieren (Haghighat 1990, Breum 1992) bzw. interzonalen Massentransfer zu charakterisieren (Kvisgaard und Schmidt 1991, Tappler und Damberger 1996, Tappler und Damberger 1998).

Die bei den Untersuchungen durchgeführten Analysen auf flüchtige Kohlenwasserstoffe erfolgten analog der VDI-Richtlinie VDI 3482 Blatt 4. Die Analyse der Einzelverbindungen erfolgte mittels Kapillargaschromatographie mit gekoppeltem Massenspektrometer (Shimadzu QP 5000) unter Verwendung einer DB 624 fused silica Kapillarsäule (J&W Scientific), wobei die Einzelverbindungen unter Verwendung externer und interner Standards bestimmt wurden. Die Analyse der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH) erfolgte mittels Kapillargaschromatographie mit gekoppeltem Massenspektrometer (Fisons MD 800) unter Verwendung einer DB 5 fused silica Kapillarsäule (J&W Scientific). Als interne Standards wurden deuterierte Einzelsubstanzen eingesetzt.

Der Keimgehalt der Luft (Schimmelpilzsporen) wurde mittels Impaktationsverfahren bestimmt. Als Luftkeimsammler wurde das Gerät RCS der Fa. BIOTEST eingesetzt. Bei den verwendeten Nährmedien handelte es sich um YM-Luftkeimindikatoren, die zur Unterdrückung des Bakterienwachstums die Substanzen Rosa Bengal sowie Streptomycin enthalten.

4 Fallbeispiele

Im Folgenden werden die Fälle, in denen die Ursache der Schwarzstaubablagerungen aufgefunden werden konnte, in Gruppen zusammengefaßt.

4.1 Ursache: Luftströmung von einer Garage in Wohnräume

Wohnungen in mehrstöckigen Wohngebäuden befinden sich in vielen Fällen über meist von den Wohnungsmietern frequentierten Garagen. In vier Fällen konnten unkontrollierte Luftströmungen von der Garage in die Wohnungen nachgewiesen werden, wobei in zwei Fällen die Wohnung unmittelbar über der Garage lag. Zur Abklärung, ob ein Stofftransfer von der Garage in die Wohnräume möglich ist, erfolgte in der Garage eine stoßweise Freisetzung von Tracergas. Unmittelbar nach der Freisetzung konnte Tracergas in der Raumluft der Wohnungen nachgewiesen werden.

In den Fällen, in denen die Wohnung direkt über der Tiefgarage angeordnet waren, wurden in der Trittschalldämmung jeweils deutlich höhere Konzentrationen als in der Raumluft detektiert. Durchtrittswege waren Undichtigkeiten in der Deckenkonstruktion (Leitungsdurchführungen, Abflußkanäle, Wasserleitungen). Ein permanent betriebener Abluftventilator in einer der Wohnungen, der verbunden mit einer sehr geringen Fugenlüftung (dicht schließende Fenster) Unterdruck in der Wohnung erzeugte, verstärkte den Transfer von Feinstaubpartikel aus der Tiefgarage.

Im Fall einer Wohnung im 3. Geschoß erfolgte der Eintrag von schwarzem Staub aus einer Tiefgarage über einen nicht in Benützung stehenden Notkamin. Eine rein optische Inspektion des Notkamins ergab keinerlei Hinweise auf schwarzen Staub im Kamin, mittels der angewandten Tracergastechnik konnte jedoch die Luftströmung neben dem Verschußdeckel eindeutig nachgewiesen werden. Nach sorgfältiger Abdichtung des Deckels und Desaktivierung des Abluftventilators konnte kein weiterer Eintrag von Schwarzstaub beobachtet werden.

In einem weiteren untersuchten Fall erfolgte der Eintrag von schwarzem Staub in die Wohnung im 4. Geschoß über einen Liftschacht, aus dem die Luft in die Trittschalldämmung der Wohnung strömte. Auch hier verstärkte ein Abluftventilator, der in der Wohnung Unterdruck erzeugte, den Transfer von Feinstaubpartikel aus der Tiefgarage.

4.2 Ursache: Verbrennungs- oder Verschmelzungsprozesse in der Wohnung

Mittels Untersuchung des PAH-Spektrums des Schwarzstaubes konnte der Abbrand von Kerzen als Quelle von in einer Dachgeschoß-Wohnung plötzlich auftretenden Schwarzstaubbelastung festgemacht werden. Der Schwarzstaub zeigte ein ähnliches PAH-Spektrum wie der im Labor durch eine Versuchsanordnung gewonnene Kerzenruß, jedoch ein deutlich unterschiedliches Spektrum wie der ebenfalls schwarz gefärbte Straßenstaub vor den Fenstern der Wohnung (siehe Abb. 1 - 3). Die charakteristischen Verteilungen der einzelnen PAK des Staubes im Bereich des Heizgerätes und des im Zuge eines Laborversuchs gewonnenen Kerzenrußes stimmten weitgehend überein. Als Leitsubstanzen wurden in diesen Proben die Substanzen Phenanthren, Fluoranthren und Naphtalin

detektiert. Eine Versuchsanordnung mit der aus der Wohnung stammenden Kerze, bei der der Abgasstrom der Kerze durch ein vertikales, zylindrisches Rohr geleitet wurde, an dessen Oberseite sich eine Steingutplatte befand, zeigte, daß schon bei leichten Luftbewegungen eine relevante Rußbildung gegeben war, der Ruß setzte sich dabei an der kühleren Steingutplatte ab.

In einer weiteren Wohnung in einer zweigeschoßigen Villa trat extrem starke Schwarzstaubbelastung auf. Die Ursache, die mittels vergleichender PAH-Analytik gefunden wurde, waren Verschmelzungsvorgänge hinter einem Kühlschrank in der Küche.

In mehreren Fällen konnte ein Zusammenhang zwischen dem Abbrand von Kerzen, Tabakrauchen und auftretender Schwarzstaubbelastung festgestellt werden.

Abb. 1: PAH-Spektrum Rußteilchen im Bereich Heizgerät

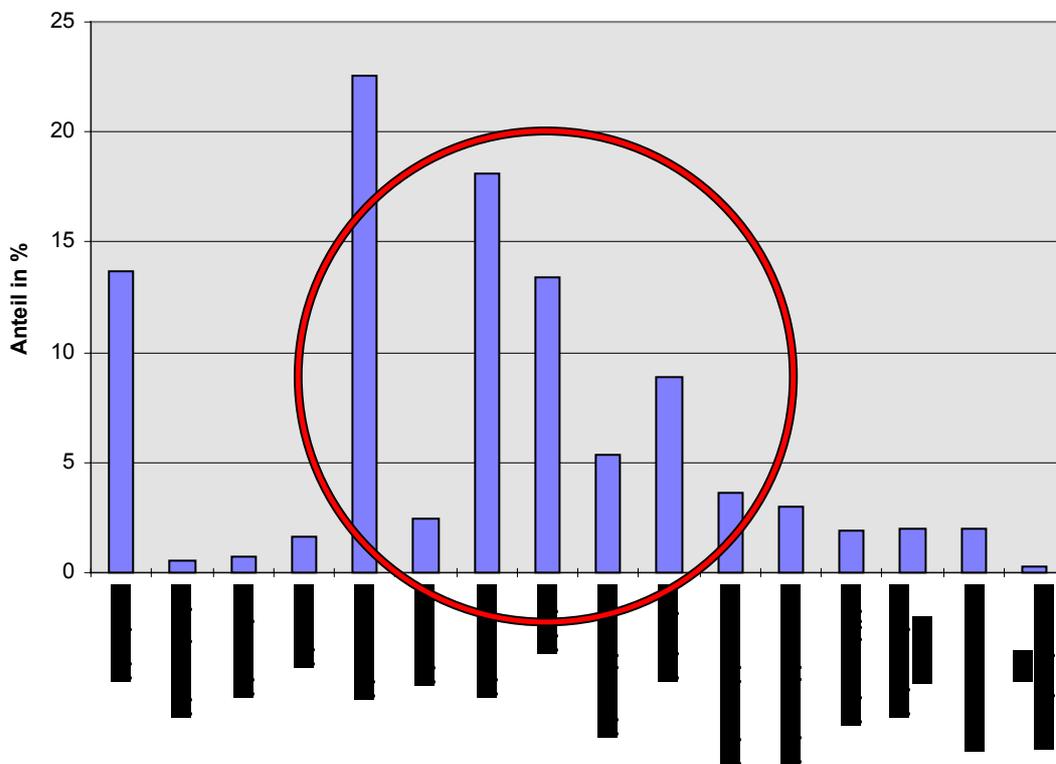


Abb. 2: PAH-Spektrum Ruß von Abgasungsversuch Kerze

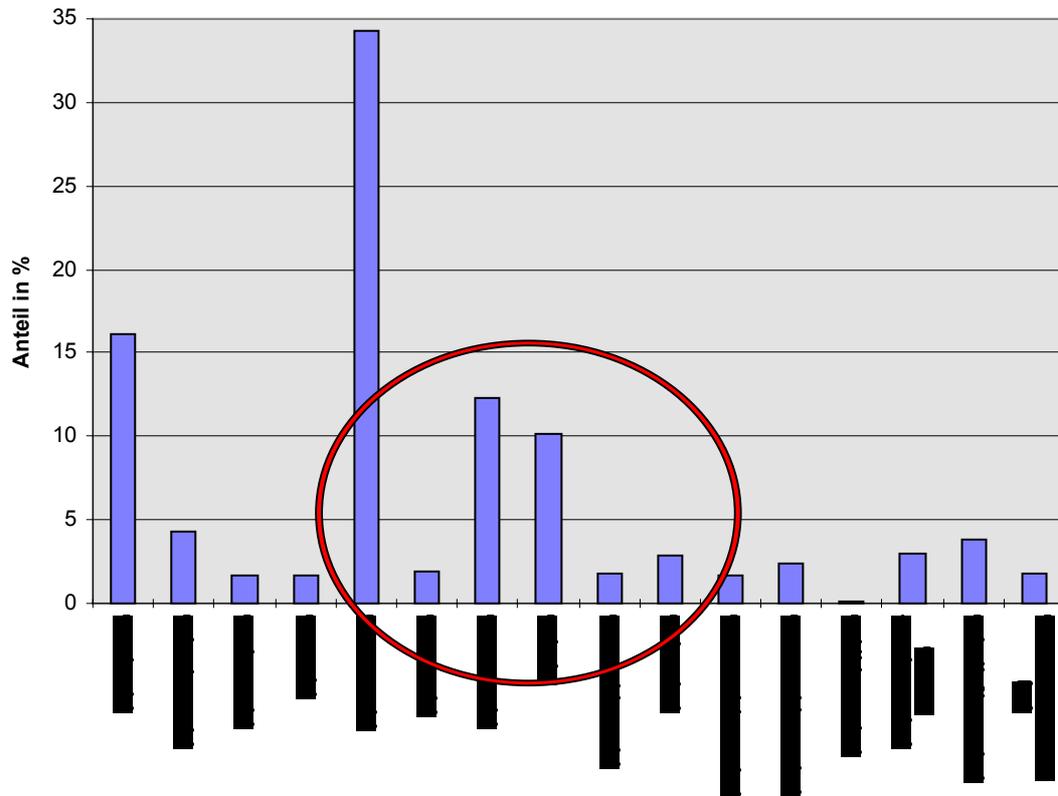
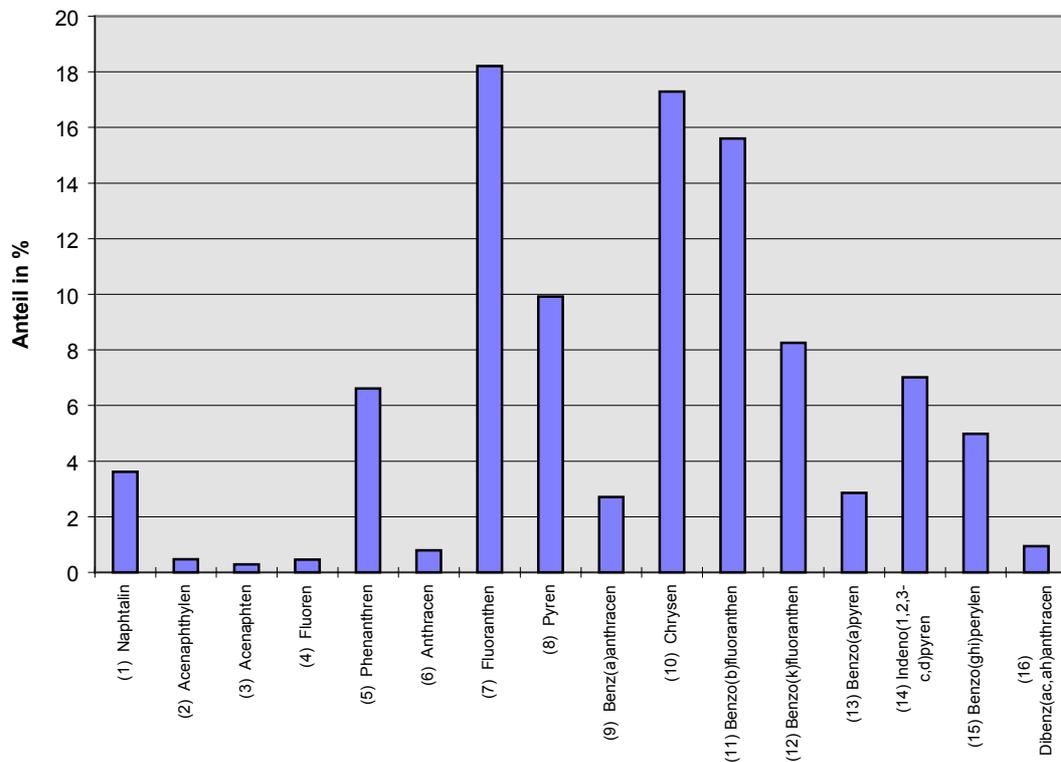


Abb. 3: PAH-Spektrum Ruß von Balkon vor Wohnung



4.3 Ursache: Stillgelegter Kamin

In einer Wohnung im obersten Geschoß eines dreigeschoßigen Wohngebäudes traten insbesondere in der Küche und im Wohnraum Schwarzstaubbelastungen an den Zimmerwänden auf. Die an bestimmten Stellen der Wohnung sowie im Kamin entnommenen Staubproben wurden auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) untersucht. Insbesondere sollte festgestellt werden, ob sich die Quelle des Schwarzstaubes im Bereich der Warmwassertherme befindet. Weiters sollte festgestellt werden, ob die im Wohnraum verwendete Kerze als Quelle des Schwarzstaubes in Frage kommt. Der Spektrenvergleich zeigte keinerlei Übereinstimmung des Schwarzstaubes mit den Spektren einer Kerze sowie der Ablagerungen im Abgasrohr der Warmwassertherme (siehe Abb. 4 - 5). Die Vermutung des Wohnungsnutzers, daß die im Dachboden in größerer Menge vorhandenen Rußansammlungen in die Wohnung vertragen werden, konnte durch eine Tracergasmessung als unwahrscheinlich ausgeschlossen werden.

Eine genaue Inspektion des Küchenbereichs der Wohnung ergab, daß ein vertikaler, stillgelegter Kamin, in dem sich große Mengen Ruß befanden, die Quelle des Schwarzstaubes darstellte. Es konnte ein Luftstrom vom Kamin in die Wohnung nachgewiesen werden. Neben dem Verschlussdeckel des Kaminanschlusses strömte vor allem bei Tiefdruckwetterlage mit Ruß angereicherte Luft in die Küche, wurde dort von der Konvektionsströmung des Kühlschranks erfasst und weitertransportiert. Folgerichtig konnten über dem Kühlschrank auch die stärksten Ablagerungen mit dem höchsten Anteil starker flüchtiger Komponenten festgestellt werden.

Abb. 4: PAH Spektrum Wischprobe Küche

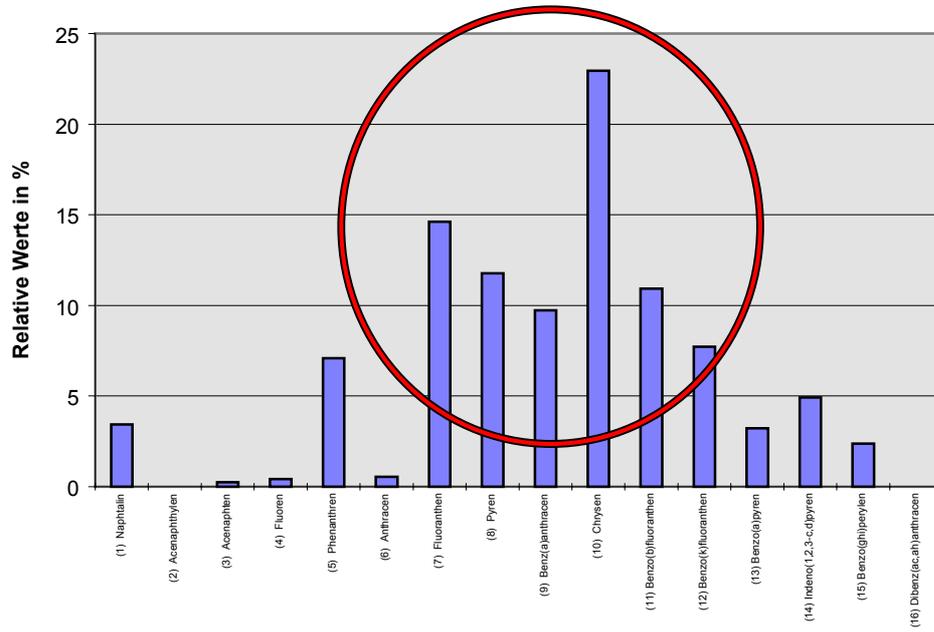
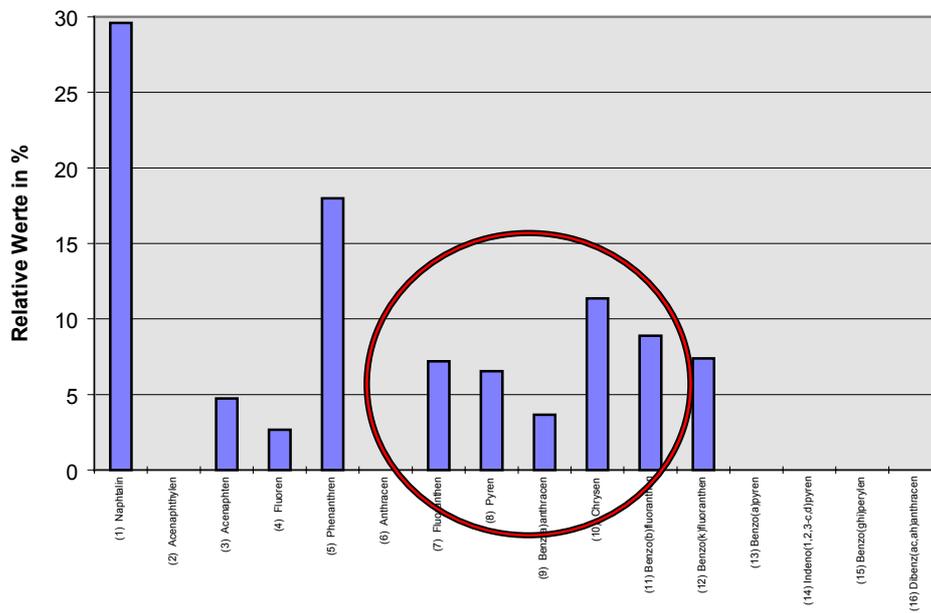


Abb. 5: PAH Spektrum Kaminstaub



5 Diskussion

In der überwiegenden Zahl der untersuchten Fälle mit Schwarzstaubablagerungen konnte eine im Gebäude befindliche Garage als Quelle der Staubablagerungen identifiziert werden. Weitere Quellen waren stillgelegte Kamine, Verbrennungs- bzw. Verschwelungsprozesse in der Wohnung selbst, Abbrand von Kerzen und Tabakrauch (starkes Rauchen). Es zeigte sich, dass die Verwendung weichmacherhaltiger Produkte nicht zwangsläufig zu den schwarzen Ablagerungen führen muss, sondern in der Regel erst im Zusammenwirken mit den genannten anderen Faktoren dazu führen kann (UBA 2001).

Die in mehreren Fällen eingesetzte Tracergasmethode erweist sich als aussagekräftiges und hilfreiches Instrument, gebäuediagnostische Probleme in Zusammenhang mit schwarzen Staubbelastungen zu lösen. Die Methode ist leicht anzuwenden und liefert sofort verfügbare Ergebnisse.

VOC-Analysen, die häufig bei derartigen Problemen angewendet wurden, führen dagegen unserer Meinung nach nicht zu eindeutigen Ergebnissen, vor allem lassen sie keine Rückschlüsse auf die Durchtrittswege der Staubpartikel von der Quelle in die betroffenen Wohnungen zu.

6 Literatur

- Kvisgaard B; Schmidt L (1991): Interzonal airflow measurement – a tool to solve pollution problems. 12th AIVC Conference, Ottawa, Canada.
- Tappler P, Damberger B (1996) Interzonal airflow from garages to occupied zones as one reason for building related illness: three case studies using tracer gas measurements. In INDOOR AIR '96 – Proc. 7th Internat. Conf. of Indoor Air Quality and Climate, Nagoya Japan, Vol. 4. 119-124
- Raatschen W (1995): Tracergasmessungen in der Gebäudetechnik Teil 2. In: Gesundheits-Ingenieur-Haustechnik-Bautechnik-Umwelttechnik 116/ 1995, Heft 3. 129-138
- Tappler P, Sulzner M, Burtscher I, Scheidl K (1996): Indoor formaldehyde concentrations and air exchange rates in austrian prefabricated houses. In INDOOR AIR '96 – Proc. 7th Internat. Conf. of Indoor Air Quality and Climate, Nagoya Japan, Vol. 2. 103-108
- Tappler P, Damberger B (1996): Interzonaler Schadstofftransfer in Gebäuden als Ursache von Geruchsproblemen; Vorgehensweise, Einsatz der Tracergastechnik, Sanierung. VDI-Berichte 1373 „Gerüche in der Umwelt, Innenraum- und Außenluft“, Tagung Bad Kissingen, 4.-6.3.1998. 489-500
- Haghighat F, Fazio P, Rao J (1990): Experimental Analysis of Air Flow in a Residential Building. In INDOOR AIR '90 – Proc. 5th Internat. Conf. of Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, Vol. 4. 373-378.
- Breum N.O (1992): Diagnosis of Ventilation by Single-Tracer Gas Techniques. Indoor Air Supplement No 1/93.
- Moriske HJ (1996): Mitteilung des Instituts für Wasser-,Boden- und Lufthygiene, Umweltbundesamt, zit in Umweltdatenbank
- Maes W (1997): Fogging – Plötzliche Staubablagerungen in Innenräumen, Wohnung und Gesundheit 6/97. 36-37
- UBA (2001): Wenn die Wände in der Wohnung plötzlich schwarz werden. Internet vom 15.01.2006. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/presse-informationen/pd4501.htm>