

Heizöl-Kontaminationen in Gebäuden und daraus resultierende Raumlufbelastungen

Stand: April 2015

Unter den verschiedenartigen Schäden, die das Junihochwasser 2013 an Gebäuden hinterlassen hat, stellten die Heizölkontaminationen erneut ein Problem dar. Das Junihochwasser 2013 erreichte zwar hinsichtlich der Anzahl der Heizölhavarien nicht das Ausmaß wie bei der „Jahrhundertflut 2002“.

Die Schäden des jeweiligen standort- und situationsspezifischen Heizöl- bzw. Schadstoffeintrages sind jedoch in den betreffenden Fällen meist derart groß, dass die betreffenden Gebäude fürs erste oft unbewohnbar sind oder die erheblich störenden Geruchsbelastungen limitieren automatisch jeden längeren Aufenthalt.

Die überwiegende Zahl der im flüssigen Heizöl (Heizöl der Kategorie EL, extra leichtflüchtig) enthaltenen Kohlenwasserstoffe kann aufgrund ihrer physiko-chemischen Eigenschaften in Mauerwerk, Fliesen oder sogar in noch wasserunempfindlichere Materialien relativ problemlos eindringen. Nach dem Eindringen der Flüssigphase in die Materialien der umgebenden Gebäudeteile sind verschiedene Mechanismen wie u.a. Adsorption mit Reservoirbildung, Diffusion, Konvektion, Stoffabbau und -umwandlung durch Mikroorganismen sowie ein Übergang in die Gasphase möglich. Die Emissionen in die Raumluf stellen hierbei das maßgebliche umweltmedizinische Problem dar (einschließlich entsprechende Sekundärkontaminationen wie z. B. Adsorption an Textilien). Sie können beträchtlich sein und je nach Situation erheblichen Schwankungen unterliegen. Daher sind Aussagen zur resultierenden Raumlufbelastung oft mit großen Unsicherheiten verbunden, sofern diese nicht gemessen sondern lediglich geschätzt oder modelliert werden (z. B. abgeleitet aus Belastungen anderer Materialien wie z. B. Mauerwerksbohrkernen).

Die vorhandenen Unsicherheiten sowie das geringe, nicht verallgemeinerungsfähige Erfahrungswissen führen in der Praxis mitunter zu sehr divergenten Empfehlungen, deren Spannweite von „einfach Abwaschen“ bis „Gebäudeabriss“ reichen. Da der Abriss als Maximalvariante unter Sicherheitsaspekten und zugleich als teuerste Variante bei den Betroffenen bzw. Entscheidungsträgern nur wenig Akzeptanz findet, wenden sich diese gelegentlich mit an die Gesundheitsämter - und via Gesundheitsämter auch an die LUA - in der Erwartung einer verlässlichen oder wenigstens orientierenden gesundheitsbezogenen Aussage über die spezifische Kontaminationssituation in den betroffenen Gebäuden.

Insbesondere nach den Flutereignissen 2002 bot sich für das Fachgebiet Umweltmedizin der Landesuntersuchungsanstalt die Möglichkeit, innerhalb eines überschaubaren Zeitraums in einer beachtlichen Zahl von heizölkontaminierten Gebäuden entsprechende Raumlufbelastungen während unterschiedlicher Kontaminationsstadien systematisch zu untersuchen und daraus einige konzentrierte Aussagen abzuleiten.

Im Folgenden sollen wegen der wenigen verfügbaren Daten zu dieser Problematik nochmals die Ergebnisse aus den Untersuchungen von 2002 zusammenfassend dargestellt werden.

Methode

Es wurden Raumlufmessungen in **45** Wohnräumen oder in ähnlich sensibel genutzten Räumen (z. B. in Kita-Räumen) durchgeführt. Der Messzeitraum erstreckte sich vom September 2002 bis zum Januar 2004. Die Messungen erfolgten jeweils in denjenigen Aufenthaltsbereichen, die dem Primärschadherd möglichst nahe lagen (quasi unter „realistic worst-case-Bedingungen“).

Da es plausibel erschien, dass der zeitliche Abstand zwischen dem Messzeitpunkt und dem Schadenseintritt (der Höhepunkt der Flutkatastrophe in Sachsen war im August 2002) sowie der damit einhergehende Sanierungsfortschritt als eine die Raumlufbelastung maßgeblich beeinflussende Randbedingung anzusehen war, erfolgte eine Zuordnung der einzelnen Raumlufmessungen zu einer der folgenden Kategorien **A**, **B** oder **C**.

- A** Im Zeitraum **Herbst 2002** waren in den Untersuchungsobjekten überwiegend nur **erste einfache Schutz- und Sanierungsarbeiten** gerade begonnen worden (Abpumpen des Öls, gerade begonnene Entfernung von kontaminierten Putz- und Estrichflächen, Mauerwerkstrocknung).
- B** Im **1. Halbjahr 2003** erfolgten **bautechnische Maßnahmen** nach den Plänen der Sanierungsfirmen bzw. Sachverständigengutachten (z. B. Sperrschichten, Austausch von Mauerwerksteilen, Neuverputz).
- C** Ab **2. Halbjahr 2003** waren die **Sanierungsmaßnahmen** weitestgehend **abgeschlossen**.

Die Probenahme erfolgte auf der Grundlage der Forderungen der VDI-RL 4300 Bl.1 in Analogie zur Probenahme der flüchtigen organisch-chemischen Verbindungen (FOV) in der Innenraumluf. Dazu wurden Gasprobenehmer GS 312 der Fa. DESAGA, Wiesloch, und Aktivkohle-Adsorptionsröhrchen (NIOSH-Typ) der Fa. SKC Inc., Eighty Four (USA), eingesetzt.

Da es sich bei den Komponenten des Heizöls um reine Kohlenwasserstoffgemische handelte, konnte bei der analytischen Bestimmung als selektives Verfahren die Gaschromatographie auf der Grundlage der VDI-RL 2100, Blatt 1 und Blatt 2 (Analytik der flüchtigen organisch-chemischen Verbindungen in der Innenraumluf) eingesetzt werden.

Ergebnisse

Es konnten in der heizölbelasteten Raumluf ca. 250-300 Einzelverbindungen nachgewiesen werden. Die in den Innenräumen der ölkontaminierten Gebäude nachgewiesenen flüchtigen organischen Verbindungen bestanden, abgesehen von begründbaren Ausnahmen, praktisch ausschließlich aus Kohlenwasserstoffen, die aufgrund der Zusammensetzung von Heizöl der Kategorie EL zu erwarten gewesen sind. Es handelt sich hierbei vorwiegend um aliphatische und cyclische Kohlenwasserstoffe der Kettenlängen C9-C16. Darüber hinaus fanden sich deutliche Mengen von C1-C5-Alkylbenzolen sowie eine Vielzahl von Hydroaromaten (Mono-, Di- und Trimethyldihydroindene, Methyl-, Dimethyl- und Ethylhydro[tetra-, hexa-, deca-]naphthalene u. a.). Aufgrund der außerordentlichen Stoffvielfalt wurde bei der Auswertung und Ergebnisdarstellung bevorzugt auf die Summenkonzentration an flüchtigen organischen Verbindungen abgestellt (**TVOC-Konzentration**, abgeleitet von **T**otal **V**olatile **O**rganic **C**ompounds). Hierzu wurde der gesamte Bereich ausgewertet in dem die Kohlenwasserstoffe unter o. g. gaschromatographischen Bedingungen als Gruppe detektiert werden konnten. Den Schwerpunkt bildete hierbei diejenige Fläche unter dem Chromatogramm, welche der WHO-Definition für die VOC (volatile organic compounds im Siedepunktbereich von 50-100°C bis 250-260°C) entsprach. Mit Hilfe des Ansprechfaktors einer Referenzverbindung wurde hieraus die TVOC-Konzentration gebildet. Die TVOC-Konzentration gilt als ein etablierter Übersichtsparameter zur Einschätzung der summarischen Raumlufbelastung unter hygienischen und umweltmedizinischen Aspekten.

Trotz der Schwierigkeit des jeweils stark situationsgeprägten Einzelfallcharakters lassen sich bestimmte Tendenzen im Ausmaß der Belastung erkennen und differenziert herausstellen wie u. a.:

I Die Faktoren Zeit und/oder Sanierungsstand haben offensichtlich einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Raumluftverhältnisse. Unmittelbar nach einer massiven direkten Kontamination der innenliegenden Bauhülle durch ausgelaufenes Heizöl infolge eines geborstenen Tanks wurden die mit Abstand höchsten Heizölkohlenwasserstoffbelastungen gefunden. Konkret wurden in der Raumluft von 4 noch unsanierten Gebäuden TVOC-Konzentrationen bis zu 98,0 mg/m³ gemessen. Der Havariezeitpunkt lag hier nicht länger als 2-3 Monate zurücklag (Kategorie A). Dieses extrem hohe - für Wohnnutzungen untaugliche - Belastungsniveau wurde bei allen weiteren Messungen nicht mehr erreicht und allenfalls von 3 Ergebnissen noch tangiert (17,9 mg/m³, Kategorie B; 15,2 mg/m³, Kategorie A; 14,2 mg/m³, Kategorie C). Insbesondere die ca. 1 Jahr nach den Akutereignissen beprobten Objekte wiesen in der Regel vergleichsweise deutlich niedrigere Gesamtgehalte mit Heizölkohlenwasserstoffen in der Raumluft auf. Darunter befinden sich erste Ergebnisse, die ubiquitären Belastungsverhältnissen nahe kommen (etliche TVOC-Konzentrationen < 1 mg/m³).

Da in allen Schadensfällen einschneidende Sanierungsmaßnahmen erfolgten (weitgehende Entfernung von kontaminierten Böden, Putzen, Dämmungen bis auf die Grundmauern), andererseits nie alle Kontaminationen vollständig entfernt werden konnten, lässt sich nicht differenziert aussagen, welchen gewichteten Einfluss die beiden Faktoren Zeit und/oder Sanierungsstand jeweils einzeln auf die Konzentrationsabnahme letztlich hatten.

I Auch nach Karenzzeiten von 11-16 Monaten und abgeschlossener Sanierung sind z. T. noch erhöhte Restbelastungen mit Heizölkohlenwasserstoffen in der Raumluft möglich. Die Zahl der aus gesundheitlichen Gründen als inakzeptabel einzuschätzenden Raumluftbelastungen nahm jedoch nach ca. 1 Jahr (Kategorie C) bzw. nach abgeschlossener Sanierung deutlich ab. Pauschale Aussagen zum Abklingverhalten der flüchtigen Verbindungen in der Raumluft allein unter Berufung auf Sanierungsmaßnahmen und Karenzzeiten sind daher mit Unsicherheiten behaftet.

Von erheblicher Tragweite unter praktischen Gesichtspunkten ist für die Nutzer die Feststellung, dass moderate nutzerkompatible Raumluftverhältnisse - gemessen an innenraumüblichen Luftbelastungen in Wohnungen - nach umfangreichen Sanierungsmaßnahmen und 6-12 Monaten Karenzzeit grundsätzlich möglich waren, weshalb ein Abriss in den meisten Fällen nicht erforderlich war.

Gesundheitliche Aspekte

Ein maßgebliches Kriterium für die Bewohnbarkeit eines havariebeeinflussten Gebäudes ist die gesundheitliche Unbedenklichkeit, die gewährleistet sein muss, bevor die Räume wieder einer dauerhaften Nutzung zugeführt werden.

Bezugnehmend auf eine entsprechende **Mitteilung des Umweltbundesamtes** (Umweltmedizinischer Informationsdienst Nr. 2/1999, S. 44) **wird eine Raumluftkonzentration von 5,0 mg/m³ für die Summe aliphatischer und aromatischer Kohlenwasserstoffe für Wohnzwecke vorübergehend für vertretbar gehalten.** Die genannte TVOC-Konzentration von 5,0 mg/m³ für derartige Schadstoffe in der Raumluft ist als ein gesundheitlich vertretbarer Kompromiss für etwa die ersten 6 Monate anzusehen, da in diesem knappen Zeitfenster Normalverhältnisse meisten nicht erreicht werden können.

Der Empfehlungswert von 5 mg/m³ wurde von einem Arbeitsplatzgrenzwert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration nach TRGS 901 für die Gruppe der sogenannten "Aromatenarmen Kohlenwasserstoffgemische mit einem Aromatenanteil von 1-25 %": 500 mg/m³, Wirkungsschwelle Mensch) unter Berücksichtigung von wohnungsnutzungsüblichen Empfindlichkeiten, Zeitbudgets und Expositionsparametern (z. B. höheres Atemvolumen von Kindern) hergeleitet. Entsprechend der Konzeption sollten bei dem genannten Wert toxikologische Wirkungen auszuschließen sein, nicht jedoch Befindlichkeitsstörungen, irritative Effekte und sensorische Wirkungen. Auf längere Sicht - spätestens etwa in einem Zeitabstand von einem halben Jahr - sollten daher nach Auffassung des Umweltbundesamtes VOC-Summenkonzentrationen von unter 1 mg/m³ angestrebt werden.

Da für nicht gewerblich genutzte Innenräume keine auf wissenschaftlicher Grundlage abgeleiteten gesundheitsbezogenen Grenz- bzw. Richtwerte für derart komplexe Kohlenwasserstoffgemische verfügbar sind, andererseits eine Orientierung benötigt wird, ab wann entsprechende Innenräume wieder

dauerhaft und wohnungsüblich unbedenklich genutzt werden können, wird als weitere Zielgröße eine TVOC-Konzentration von $0,3 \text{ mg/m}^3$ empfohlen. Dieser Wert entstammt der Empfehlung eines Fachgremiums, der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes und der Arbeitsgemeinschaft der Oberen Landesgesundheitsbehörden, offiziell bekanntgegeben und veröffentlicht im Bundesgesundheitsblatt Nr. 7/2007. Die Konzentration von $0,3 \text{ mg/m}^3$ für den Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen sollte nach Auffassung des empfehlenden Fachgremiums im längerfristigen Mittel erreicht und nach Möglichkeit unterschritten werden. Sie grenzt den Vorsorgebereich nach oben ab und bietet nach allen einschlägigen Erfahrungen und Berücksichtigung toxikologischer Kenntnisse hinreichende Sicherheit vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen, auch vor Befindlichkeitsstörungen (ausgenommen Geruchsbelästigungen bei Dominanz geruchsaktiver Verbindungen).

Eine scharfe Trennlinie zum Beginn gesundheitlicher Beschwerden lässt sich nicht ziehen. Jahrelangen eigenen Erfahrungen zufolge bedeuten jedoch Überschreitungen des Zielgrößenbereiches nicht automatisch eine Gesundheitsgefährdung.

Die angegebene Spanne mit gestuften Expositionszeiten

- von **$5,0 \text{ mg/m}^3$** für heizölähnliche Kohlenwasserstoffe, tolerierbar **für ca. 6 Monate**,
- **nach 6 Monaten** möglichst **$< 1,0 \text{ mg/m}^3$** ,
- bis **$\leq 0,3 \text{ mg/m}^3$** (TVOC-Konzept) für den **Daueraufenthalt**

bildet somit den Rahmen für jeweils vertretbar erscheinende Nutzungsbedingungen.

Das Abweichen von sonst üblichen Empfehlungen bzw. Forderungen von optimalen hygienischen Raumluftverhältnissen ist pragmatisch begründet in dem Sonderfallcharakter der durch Katastropheneinwirkung verursachten Situation. Selbstverständlich muss im Einzelfall eine differenzierte umweltmedizinische Expositions- und Gefährdungsabschätzung erfolgen, wenn die Situation Anlass hierfür gibt.

Die Anwendung des **TVOC-Konzeptes der Ad-hoc-Arbeitsgruppe** setzt voraus, dass sich das jeweils untersuchte Kohlenwasserstoffgemisch aus Komponenten mit ähnlichen Wirkungsspektren zusammensetzt. Insbesondere **dürfen keine Verbindungen enthalten sein, die besonders kritische toxikologische Eigenschaften aufweisen** (z. B. Stoffe mit erbgutschädigenden, kanzerogenen, fruchtschädigenden Eigenschaften).

Insofern war von Bedeutung, dass sich die Befürchtung von Belastungen mit Benzol, als erwiesenermaßen humankanzerogene (leukämiegene) Substanz, nicht bestätigt hat. Offenbar ist das Benzol nicht Bestandteil der hier relevanten Heizölkategorien.

Generell ist unter Wirkungsgesichtspunkten die Gruppe der aromatischen Kohlenwasserstoffe herauszustellen, von der sich entsprechend der Heizölzusammensetzung nennenswerte Anteile auch in der Raumluft wiederfinden. Darunter befanden sich keine polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe. Ebenso konnten keine anderen Vertreter aus dieser Stoffgruppe in der Raumluft nachgewiesen werden, die unter toxikologischen Gesichtspunkten einer gesonderten Bewertung hätten unterzogen werden müssen (ausgenommen die starke belästigende Komponente durch den ausgeprägten Geruch insbesondere der Hydroaromaten).

In dem genannten expositionsrelevanten unteren Milligramm-Bereich sind insbesondere bei nicht nur vorübergehendem Aufenthalt Schleimhautirritationen sowie unspezifische Beschwerden und mit Geruchsbelästigungen assoziierte Symptome (z. B. Kopfschmerzen, Übelkeit) nicht auszuschließen, sofern den Gemisch prägenden Stoffgruppen ähnliche dosisabhängige Wirkungen unterstellt werden.

Dass nur in einem von 23 untersuchten Objekten entsprechende Beschwerden von Nutzern artikuliert wurden, hatte vor allem zwei Gründe. Die meisten Bewohner hielten sich während der Sanierungsmaßnahmen nicht mehr in kontaminierten Bereichen auf oder waren allenfalls temporär bei guten Durchlüftungsverhältnissen während der Sanierungsarbeiten exponiert.

Der limitierende Faktor für eine Wiederbenutzung unsanierter oder teilsanierter Räume war jedoch die erheblich störende Geruchsbelastung des Kohlenwasserstoffgemisches, die einen längeren Aufenthalt, insbesondere bei Belastungen oberhalb der Empfehlungswerte, nicht mehr ermöglichte.

Somit muss die Abwesenheit von erheblich belästigenden Fremdgerüchen als ein ganz wesentliches Qualitätskriterium für die Wiederbewohnbarkeit gelten.

Zusammenfassende Aussagen

1. In den untersuchten unsanierten oder teilsanierten Gebäuden, die direkt mit einer größeren Menge Heizöl kontaminiert wurden, herrschten zu Beginn der Messaktion (2-3 Monate nach dem Havarieereignis) Raumlufthverhältnisse vor, die nicht mehr als gesundheitszuträglich zu beurteilen waren.
2. Nach längeren Karenzzeiten (ab ca. 6 Monaten nach der Flut) und umfangreichen Sanierungsmaßnahmen sind deutlich niedrigere Raumlufthbelastungen erreicht worden. Selbst in anfangs hochgradig kontaminierten Räumen wurden nach Sanierungsabschluss teilweise FOV-Konzentrationen der Luft erreicht, die sich auf dem Niveau innenraumüblicher Hintergrundlevels bewegten und umweltmedizinisch nicht mehr zu beanstanden waren.
3. Relevante Restbelastungen können im Einzelfall auch nach umfänglichen Sanierungsarbeiten nicht völlig ausgeschlossen werden. Die Gefahrenbeurteilung nach solchen Schadensfällen muss deshalb stets einzelfallbezogen erfolgen.
Insbesondere können bei Erneuerung der Bauhülle aus den eingesetzten Baustoffen emittierende flüchtige Verbindungen die Raumlufth erneut belasten und somit zu Sekundärproblemen führen.
4. Aus Gründen des Gesundheitsschutzes ist unbedingt anzuraten, nach einer Heizölkontamination die Qualität der Raumlufth mittels einer FOV-Messung überprüfen zu lassen, bevor die betroffenen Räume einer Wiedernutzung zugeführt werden.

Bearbeiter:

Dr. med. Mario Hopf

LUA Chemnitz