

## Innenraumluf t / Phenol und Kresol

### Ausgangslage

Anlässlich einer Totalsanierung einer Liegenschaft wurde unter anderem auch ein Badezimmer umgebaut. Nach dem Einzug der Eigentümer im August 2003 bestanden keine Auffälligkeiten. Ab Januar 2004 machte sich jedoch ein leichter Geruch im umgebauten Bad bemerkbar, der im Verlaufe des Frühjahres trotz intensivem Lüften immer stärker wurde. Gleichzeitig begann die Bewohnerin zunehmend unter Beschwerden wie Migräne, Herz-Rhythmus-Störungen, Magenschmerzen, Müdigkeit, sowie Bronchial- und Augenreizungen zu leiden. Trotz zahlreicher ärztlicher Untersuchungen im Zeitraum von 2004 bis 2006 war es nicht möglich, die Beschwerden zu beseitigen. Auffallend war, dass jeweils eine deutliche Besserung bei Abwesenheiten in den Ferien auftrat, sodass ein Zusammenhang mit der Benützung des Bades vermutet wurde. Dieser Verdacht erhärtete sich, als sich im Frühjahr 2005 die Fliesen am Boden der Dusche rot zu verfärben begannen (Bild 1).

Gestützt auf das Gutachten einer Fachfirma wurde im April 2006 der Boden versiegelt. Trotzdem verstärkte sich der Geruch weiterhin und Ende 2006 verzichtete die Eigentümerin darauf, das Bad weiterhin zu benutzen. Im Januar 2007 wurde der Boden der Duschkabine entfernt und eine rötlich gefärbte Mörtelschicht kam zum Vorschein (Bild 2). Der die Arbeiten ausführende Arbeiter klagte darauf über Atembeschwerden und musste eine Woche lang krank geschrieben werden. Zusätzlich verstärkte sich der Geruch als Folge der Freilegung des Bodens.



Bild 1: Rotfärbung der Fliesen der Dusche

Durch diese Ereignisse verunsichert, wurden Luftanalysen durch eine private Fachfirma veranlasst. Es wurde eine Formaldehyd- und Toluolbelastung von  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen. Der TVOC-Gehalt (Summe von flüchtigen Substanzen) betrug ca.  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Obwohl diese Werte deutlich unter den allgemein empfohlenen Referenzwerten lagen und somit weder die Geruchsbelästigung noch die Symptome erklären konnten, wurden sie von der Firma als eindeutige Ursache des Krankheitsbildes der Bewohnerin betrachtet.



Bild 2: Rotfärbung der unteren Mörtelschicht

Aufgrund der Messergebnisse wurde die Entfernung des gesamten Zementestrichs (Mörtel) empfohlen, wobei die eigentliche Quelle der Probleme unbekannt blieb. Deshalb entschloss sich die Hauseigentümerin für weitere Abklärungen die Fachstelle Raumluf t vom Kantonalen Laboratorium einzuschalten und anwaltliche Hilfe für allfällige Schadensforderungen in Anspruch zu nehmen.

### Besichtigung des Badezimmers und Messungen

Bei unserer ersten Besichtigung im Februar 2007 wurde eine überraschend grosse Geruchsbelästigung festgestellt, was aufgrund der vorgängigen Messresultate nicht zu erwarten gewesen wäre. Eine orientierende Formaldehydmessung mit Drägerröhrchen ergab jedoch keine entsprechende Belastung. Der intensive und leicht reizende, aromatische Geruch erinnerte an Kunststoffadditive, wobei die Quelle nicht ersichtlich war. Unter diesen Umständen war das Ba-

dezimmer eindeutig nicht mehr benutzbar. Nur mit einer fundierten analytischen Untersuchung der Baumaterialien und der Luft sahen wir einen Ansatz zur Lösung des Problems.

Bei unserem zweiten Hausbesuch anfangs März konzentrierten wir uns vor allem auf den Nachweis von auffälligen Substanzen im rötlichen Mörtel und auf reizende und aromatische Stoffe (z.B. Aldehyde und VOC) in der Luft. Die Analyse von Formaldehyd und 13 anderen Aldehyden erfolgte mit DNPH-Extraktionsröhrchen und Flüssigchromatographie (HPLC). Der Gehalt von flüchtigen, lösemittelartigen Substanzen (VOC) wurde durch Adsorption an einem Trägermaterial (XAD7) und mit anschliessender Gaschromatographie (GC/MS) ermittelt. Proben von verschiedenen Baumaterialien und vom stehenden Ablaufwasser der Dusche wurden entnommen und mittels GC/MS und Geruchstests analysiert.

## Ergebnisse und Interpretation der Messungen

### 1) Analyse der Baumaterialien

Gehalt (mg/kg)	Wasser	Bitumen	Beton grau	Filz	Mörtel rot
Diverse Substanzen	nur Spuren	keine Analyse	nur Spuren	keine Analyse	nur Spuren
Phenol	<0,01		0,06		<b>0,6</b>
Kresol	<0,01		0,06		<b>0,1</b>
Triarylphosphate	<0,02		<0,02		<b>20</b>
Geruch	-	-	+/-	-	<b>+</b>

Bei den Baumaterialien fiel die rötlich verfärbte Mörtelschicht mit einem schwachen Geruch und einem auffälligen Gehalt an Triarylphosphaten sowie Phenol und Kresol auf. Letztere sind sehr geruchsintensiv. Triarylphosphate dienen in Kunststoffen und Lacken als Weichmacher, Flammenschutzmittel, Härter, sowie als Beiz- und Haftmittel beim Aufbringen von Farben und Lacken.

### 2) Analyse der Luft

Gehalt ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mittelwert	Bereich	Empfohlener Bereich*	Bemerkungen
Siloxane	40	38 - 42	< 10	leicht erhöht
Methylisobutylketon (MIK)	2	1 - 3	< 5	
Toluol	4	3 - 5	< 20	
Isopropylbenzol (Cumol)	8	8	< 5	
Phenol	8	7 - 8	< 1	<b>auffällig</b>
Kresol	5	5	< 1	<b>auffällig</b>
Pinen	2	2	< 5	
Limonen	6	5 - 6	< 10	
Lösemittel TVOC (Summe von ca. 90 VOC)	ca. 120		< 200	geringer Wert
Formaldehyd	39	35-42	< 125	unter Richtwert
Acetaldehyd	23	21-24	< 20	Normbereich
Übrige 12 Aldehyde	< 2	-	-	nicht bestimmbar
Summe Aldehyde	62	-	-	

\*rechtlich unverbindlich

Die meisten der insgesamt etwa 100 erfassten Substanzen in der Luft befanden sich unter oder um den Normalbereich und konnten weder den massiven Geruch noch die gesundheitlichen Problem erklären. Auffallend war jedoch das Vorkommen von geringen Konzentrationen an Phenol und Kresol, die normalerweise in der Raumluft nicht vorkommen. Da ihre Signale sehr klein waren, konnten sie nur dank der Erkenntnisse aus den Materialuntersuchungen mit Hilfe einer massenspezifischen Analyse entdeckt werden (Bild 3). Trotz ihrem geringen Gehalt sind sie wegen ihrer Flüchtigkeit und Geruchsintensität die wahrscheinlichste Ursache der Geruchsbelästigung. Vorerst blieb aber unklar, was diese Substanzen überhaupt im Boden der Dusche zu suchen hatten und weshalb ein Teil davon in die Luft gelangte.

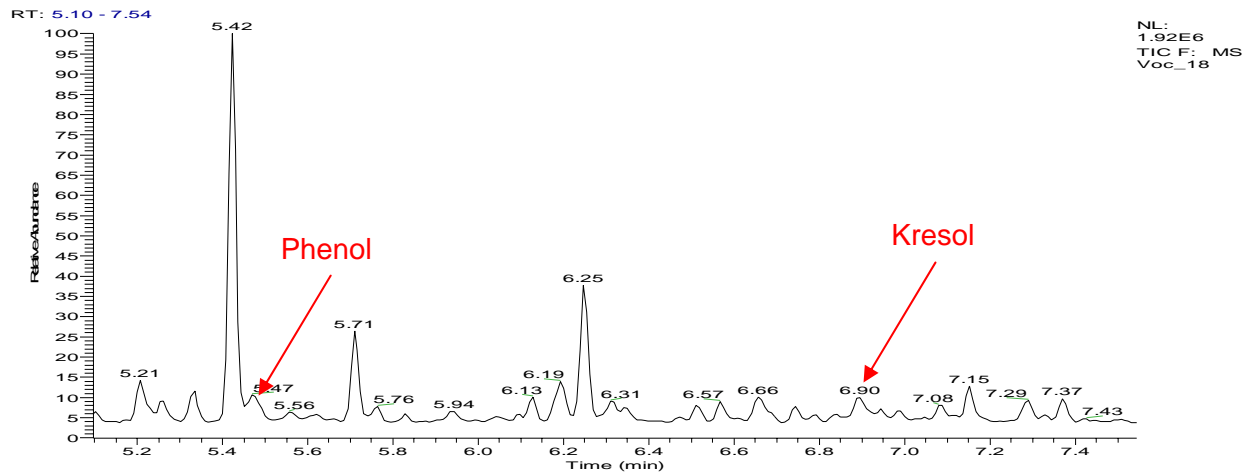


Bild 3: GC-MS Chromatogramm der Luftprobe mit kleinen Signalen von Phenol und Kresol

### Rekonstruktion und Lösung des Problems

Ein weiterer Besuch vor Ort zusammen mit einem sehr fachkundigen Architekten ergab, dass beim Umbau zur Abdichtung des Duschebodens ein Flüssigkunststoff (PUR Präpolymer-Mischung) verwendet wurde (Bild 2). Auf dieser Dichtung wurden die Fliesen mit Hilfe einer Mörtelschicht befestigt, die sich im Verlaufe der Jahre rötlich färbte. Was war geschehen?

Nach einigem Suchen konnte die Herstellerfirma des PUR-Belags in Deutschland ausfindig gemacht werden. Das Sicherheitsdatenblatt und ein Gespräch mit dem zuständigen Chemiker ergaben Folgendes: Der verwendete Flüssigkunststoff wird normalerweise nicht in Innenräumen verwendet. Er ist zum Dichten von Dächern vorgesehen und muss aus Brandschutzgründen ein Flammenschutzmittel enthalten. Gemäss Datenblatt handelt es sich dabei um Triarylphosphate, womit die Resultate unserer Materialanalysen bestätigt wurden. Weil der PUR-Belag nicht alkalistabil ist, darf er auf keinen Fall zusammen mit Zementmörtel verwendet werden. Sonst kommt es unter feuchten Bedingungen zu Zersetzungsprozessen und es können Kresole und Phenole von den Triarylphosphaten abgespalten werden und eine rote Verfärbung ist möglich.

Diese zusätzlichen Informationen führten zur Aufklärung des Falls. Durch die falsche Verwendung des PUR-Belags zusammen mit dem alkalischen Mörtel kam es unter den feuchten Bedingungen im Duscheboden zu den oben geschilderten Reaktionen und zur langfristigen Freisetzung von diesen geruchsintensiven Substanzen.

### Massnahmen

Ein grosser Teil des Badezimmerbodens musste ersetzt und sämtliche Oberflächen gereinigt werden. Seither sind weder Geruch und noch Symptome vorhanden. Die Kosten der Sanierung übernahm zum grössten Teil die Haftpflichtversicherung des fehlbaren Handwerkers.

### Schlussfolgerungen

- Die Zusammenarbeit mit einem materialkundigen Architekten für die richtige Probenahme und die Fokussierung möglicher Ursachen war äusserst hilfreich.
- Routinemessungen sind wenig geeignet und können zu Fehlschlüssen führen, weil relevante aber selten oder in geringen Konzentrationen vorkommende Substanzen nicht erfasst werden.
- Unser Prüfbericht und unsere Abklärungen vereinfachten die Renovationsmassnahmen und die juristische Bearbeitung.