



**GESELLSCHAFT FÜR  
UMWELTCHEMIE**

**Analytik • Begutachtung • Forschung mbH**

GfU Gesellschaft für Umweltchemie mbH, Schwanthalerstraße 32, 80336 München

Schwanthalerstr. 32  
80336 München

Telefon 089 / 55 71 57

089 / 51 61 89 5-9

Telefax 089 / 59 50 64

E-mail: info@gfu-muenchen.de



DGA-PL-3738.00

Durch die DGA GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025  
akkreditiertes Prüflaboratorium für die Untersuchung  
von organisch-chemischen Schadstoffen in Innenraum-  
spezifischen Matrices.

## Untersuchungsbericht

### Innenraumuntersuchungen in Räumlichkeiten der Wohnung

M

Auftragsnummer: G 374/10

Auftraggeber:

Anschrift s.o.

Ihr Auftrag: telefonisch

Verantwortlicher: Helmut Scholz, Dipl.-Ing. (FH)

München, den 28. Oktober 2010

Dieser Bericht umfasst 5 Textseiten sowie 5 Seiten Anlage I. Eine auszugsweise Veröffentlichung des Prüfberichtes kann den Inhalt verfälschen und bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung durch den Auftragnehmer. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Proben und Prüfparameter. Rückstellproben bzw. Probenreste werden soweit lagerfähig und sofern mit dem Auftraggeber keine anderslautende Vereinbarung getroffen wurde, über einen Zeitraum von 6 Monaten aufbewahrt.

Bankverbindung: Postbank München BLZ 700 100 80  
Konto-Nr. 65 39 99 807  
Oberbank München BLZ 701 207 00  
Konto-Nr. 104 10 16 781

Geschäftsführer: Margit Reiner  
Helmut Santl  
Handelsregister München HRB 109142  
Steuer-Nr. 143/141/00140



## 1 Auftragstellung

Von \_\_\_\_\_ wurde nach vorheriger Untersuchung einer Materialprobe auf polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) durch die GfU Gesellschaft für Umweltchemie mbH aus der Wohnung \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_ telefonisch folgende Untersuchungen beauftragt:

- Bestimmung der Raumluftbelastung an leichterflüchtigen polycyclischen Kohlenwasserstoffen (LF-PAK) in einem ausgewählten Raum;
- Bestimmung des Gehaltes an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in einer Hausstaubprobe

Die Untersuchungsergebnisse sind schriftlich zu beurteilen. Die Auswahl der zu prüfenden Räumlichkeiten erfolgte durch den Auftragnehmer, die Konditionierung erfolgte durch die derzeitigen Nutzer.

## 2 Sachverhalt nach Angaben des Auftraggebers

Die Raumnutzer klagen über sensorische Auffälligkeiten in der Wohnung. Eine Materialuntersuchung eines durch \_\_\_\_\_ überstellten Parkettklebers ergab eine sehr hohe Belastung an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) (siehe hierzu Untersuchungsbericht G 324/10).

## 3 Feststellungen im Rahmen des Ortstermins

Im Rahmen der Inaugenscheinnahme am 08.10.2010 vormittags wurden zunächst die fraglichen Räume begangen. Bereits beim Betreten der Wohnung fiel ein teertypischer Geruch auf, der mit dem geprüften Kleber assoziiert war und als mangelbehaftet und nicht tolerabel bewertet wurde. Vorgefunden wurden ansonsten sachgerechte Probenahmerandbedingungen nach längerem Verschluss der Räumlichkeiten.

## 4 Ziel der Untersuchungen

Ziel der Untersuchungen ist, anhand von Raumluft- und Hausstaubuntersuchungen zu klären, ob und in welchem Umfang von einer erhöhten Belastung der Raumluft und des Hausstaubs bezüglich der unter 1. genannten Stoffe auszugehen ist.

## 5 Beurteilung der Messergebnisse

### 5.1. leichterflüchtige polycyclische aromatischen Kohlenwasserstoffe in der Raumluft (LF-PAK)

Die Raumluftprüfungen erfolgten unter vergleichsweise ungünstigen Prüfbedingungen nach längerem Verschluss der Räumlichkeiten analog den Vorgaben der DIN EN ISO-Norm 16000 Blatt 1 zur Bestimmung der sich einstellenden Ausgleichskonzentrationen an den zu prüfenden Verbindungen.



Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen zum Vorkommen leichtflüchtiger polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe PAK wurde stark erhöhte Nachweise an leichtflüchtigen Pak nachgewiesen, wobei der Nachweis an Naphthalin und an Methylnaphthalinen den Befund dominiert.

Durch die Innenraumluftkommission wurden für einige Verbindungen auch einzelstoff- bzw. gruppenspezifische Richtwerte / Bewertungsmaßstäbe veröffentlicht. Formuliert wird allgemein ein zweigleisiges Basisschema der Bewertung von lufthygienischen Problemstellungen: Als Eingreif- oder Interventionswert, der toxikologisch begründet wurde, wird ein Richtwert RW II festgelegt. Bei Erreichen dieser Größe wird ein unverzüglicher Handlungsbedarf gesehen.

Der Richtwert RW I (laut Konvention 1/10 des RW II) stellt nach Auffassung des BgVV die Raumlufkonzentration dar, die bei Einzelstoffbetrachtung auch bei lebenslanger Exposition nicht zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen beiträgt. Im Konzentrationsbereich zwischen RW I und RW II wird aus Vorsorgegründen ein Handlungs- bzw. Abklärungsbedarf gesehen. Hervorgehoben wird, dass auch der Richtwert I als Sanierungszielwert nach Möglichkeit unterschritten werden soll und derartige Richtwerte nicht „aufgefüllt“ werden sollten, sondern nach Möglichkeit auch eine deutliche Unterschreitung des RW I anzustreben ist.

Die derzeit existierenden **einzelstoffbezogenen Richtwerte RW I in Höhe von  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und RW II werden deutlich überschritten bzw. eingestellt (RW II:  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), die Nachweise** stellen einen **hygienischen Mangel** dar, wobei der begleitende Nachweis an Methylnaphthalinen, Ethyl- und Dimethylnaphthalinen wie auch den mehrkernigen PAK zusätzlich zur ungewöhnlichen sensorischen Wahrnehmung beiträgt und bei der Einzelstoffbewertung von Naphthalin nicht das zeitgleiche Vorkommen weiterer homologer Verbindungen bewertet wurde.

## 5.2. polycyclisch aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Hausstaub

### 5.2.1 Allgemeines

Die Untersuchung von **Hausstaubproben** liefert allgemein einen Überblick über das Vorkommen von schwerflüchtigen, partikelgebundenen organischen Verbindungen in Innenräumen. Während sich bei einem negativem Befund üblicherweise weitergehende Quellensuche oder aufwändigere Raumlufprüfungen erübrigen, sollten „positive Befunde“ im Hausstaub anhand von Raumlufuntersuchungen überprüft werden, da eine exakte, quantitative Übertragung von Staubkonzentrationen auf die zu erwartende Raumlufbelastungen und somit auf die zu erwartende Exposition der Raumnutzer in der Regel nicht möglich ist. Beispielsweise können bodenaufbau- bzw. bodenbelagstypische Einflüsse (wie z.B. direkter Kontakt des Staubes zur belasteten Quelle) oder das Aufsaugen kontaminierter Partikel zu einer vermeintlich hohen Belastung des Hausstaubs beitragen, ohne dass dementsprechende Belastungen in der Raumluf nachweisbar sind.

Die Konzentration der am Hausstaub adsorbierten Stoffe ist zudem stark vom Alter des Staubes abhängig. Im Gegensatz zu einer annähernd gleichbleibenden Belastung der Raumluf reichern sich die Substanzen im Laufe der Zeit im Hausstaub an und liegen dort mit zunehmenden Alter des Staubs in entsprechend höheren Konzentrationen vor. Derartige Unsicherheiten können mit einer normierten Raumlufuntersuchung prinzipiell vermieden werden. Dennoch können Hausstaubun-



tersuchungen unter definierten Probenahmebedingungen für eine Vielzahl schwerflüchtiger, partikelgebundener organischer Verbindungen wie z.B. PCP, Lindan, DDT und PAK sinnvolle Erkenntnisse bei innenraumhygienische Problemstellungen liefern. Zur Untersuchung wird hierbei häufig ein mittels handelsüblichem Hausstaubsauger gewonnener, sogenannter ‚Frischstaub‘, d.h. ein circa 6- 8 Tage ‚alter‘, sedimentierter Bodestaub, herangezogen.

### 5.2.1 Beurteilung

Im Rahmen der laut Auftragstellung durchzuführenden Untersuchung an einer Hausstaubprobe konnte ein Summengehalt an **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)** in Höhe von **382 mg/kg** (Summe 16 PAK nach EPA) nachgewiesen werden. Dieser Wert liegt in einem Bereich, der als **stark erhöht** eingestuft werden kann.

Im Rahmen von hauseigenen Untersuchungen über den Zeitraum August 1996 bis April 2009 lagen die Summenwerte der PAK nach EPA in 50 % der untersuchten Hausstäube unter einem Wert von 3,9 mg/kg bei einem 95er Perzentilwert von 107 mg/kg. Der Befund nimmt damit auch im Vergleich zu Stäuben aus anderen Verdachts- und Schadensfällen eine ungewöhnliche Stellung ein und ist als signifikant erhöht zu bewerten.

Als Leitkomponente zur Beurteilung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Innenräumen wird in der Regel das als krebserzeugend eingestufte **Benzo(a)pyren** herangezogen. Der Gehalt dieser Substanz liegt bei 21,1 mg/kg. Die Empfehlung des Umweltbundesamts für Wohnungen mit geklebten Parkettfußböden sehen bei Konzentration von mehr als 10 mg/kg Benzo(a)pyren im Hausstaub einen kurzfristigen Handlungsbedarf (Interventionsbedarf) vor. Dieser Wert wird hier deutlich **überschritten**.

Insgesamt belegen die hier vorgefundenen Konzentrationen an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in der Raumluft sowie im Hausstaub, dass die im Kleber nachweisbaren krebserzeugenden Teerinhaltstoffe auch in den bewohnten Innenraum freigesetzt werden, und nicht nur zu einer erheblichen und nicht zumutbaren Geruchsbelästigung beitragen, sondern auch zu einer nicht tolerierbaren zusätzlichen Exposition gegenüber krebserzeugenden Teerinhaltstoffen führen. Hieraus ist ein konkreter Handlungs- und Interventionsbedarf abzuleiten. Auf eine bestimmungsgemäßen Nutzung als Schlafraum sollte aus innenraumhygienischer Sicht verzichtet werden.

Die Einzelergebnisse der Raumluft- und Hausstaubuntersuchungen sind in Anlage I S. 4 - 5 im Detail aufgelistet.



Diese Untersuchung umfasst ausschließlich die Bestimmung der angeführten Verbindungen in den vom Auftraggeber ausgewählten Räumlichkeiten. Über die Anwesenheit anderer luftfremder Verbindungen können anhand der hier durchgeführten Untersuchungen keine Aussagen getroffen werden.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

München, den 28. Oktober 2010

Helmut Scholz, Dipl.-Ing. (FH)  
(verantwortlicher Sachverständiger)  
GfU Gesellschaft für Umweltchemie mbH

Margit Reiner, Dipl.-Ing.  
(stellv. Laborleiterin)  
GfU Gesellschaft für Umweltchemie mbH

Anlage I: Raumbeschreibung, Prüfverfahren, Probenahmeparameter, Messwerte



## **I.1 Raumbeschreibung / Innenausstattung**

Der zu untersuchende Raum befindet sich in der ersten Etage eines Einfamilienhauses in der Stillser-Joch-Str. 31 in 81547 München und wurde vormals als Schlafraum genutzt. Derzeit sind die Räumlichkeiten unbewohnt. Die Auswahl der zu prüfenden Räumlichkeiten erfolgte durch den Auftragnehmer.

### **I.1.1 Schlafzimmer**

<b>Grundfläche:</b>	ca. 11,4 m <sup>2</sup>
<b>Raumhöhe:</b>	ca. 2,53 m
<b>Fußboden:</b>	Holzdielen versiegelt
<b>Wände:</b>	Feinputz Wandfarbe gestrichen
<b>Decke:</b>	Feinputz Wandfarbe gestrichen
<b>Fenster:</b>	1 Kunststoffisoliertesfenster nach Süd, umlaufende Lippendichtungen
<b>Außentüren:</b>	—
<b>Innentüren:</b>	1 Innentüre Holzwerkstoff lackiert
<b>Heizung:</b>	Warmwasser zentral Konvektionsheizkörper
<b>Pflanzen:</b>	—
<b>sonstiges:</b>	—

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen befanden sich folgende Inneneinrichtungsgegenstände im Rauminneren:

- 1 Bettvorleger
- 1 Lattenrost
- 4 Kissen
- 1 Matratze
- Garderobe

## **I.2 Luftprobenahmeverfahren**

Die Raumluftprobenahmen erfolgen unter vergleichsweise ungünstigen Prüfbedingungen nach längerem Verschluss der Räumlichkeiten analog den Vorgaben der DIN EN ISO-Norm 16000 Blatt 1 und der jeweils entsprechenden Blätter, um über die sich unter derartigen Bedingungen einstellenden Ausgleichskonzentrationen von den zu prüfenden Verbindungen Kenntnis zu erhalten.

### **I.2.1 leichtflüchtige polycyclisch aromatische Kohlenwasserstoffe (LF-PAK) in der Raumluft**

Zur Bestimmung des Gehaltes an mittelflüchtigen organischen Verbindungen wird mittels einer kalibrierten Gasprobenahmeapparatur Raumluft durch ein Adsorptionsröhrchen Typ Chromosorb 106 der Fa. SKC gezogen, hierbei werden die zu untersuchenden Substanzen am Trägermaterial adsorbiert. Das Probenahmenvolumen wird auf Normbedingungen (1013 hPa bei 20°C) umgerechnet. Nach der Probenahme werden die Durchflussenden der Adsorptionsröhrchen luftdicht ver-



### 1.3 Durchführung der Probenahmen und Probenahmeparameter

#### 1.3.1 Luftprobenahmen

Die Luftprobenahmen wurden am 08. Oktober 2010 durch Herrn H. Scholz nach mehr als 8-stündigem Verschluss der Außenfenster vorgenommen. Die Einhaltung dieser Randbedingungen konnte nicht eigenständig überprüft werden. Es lagen allgemein sachgerechte Probenahmerandbedingungen zur Bestimmung der Ausgleichskonzentration an den zu prüfenden Verbindungen vor.

Witterungsbedingungen außen: bedeckt, 14°C

Probenahmeparameter Raumlufuntersuchungen						
Probenahmeort Prüfnummer Prüfparameter	von – bis	Luftdurchsatz	Temperatur	rel. Luft- feuchte	abs. Luft- druck	Messpunkt / Besonderheiten
Raum SZ [cs 1270/10] LF-PAK	11 <sup>54</sup> 14 <sup>00</sup>	0,2839 MAK-m <sup>3</sup>	206 °C	67 %	958 hPa	Raummitte in 1,0 m Höhe, 1,5 m Wandabstand

#### 1.3.2 Hausstaubprobenahmen

Zur Bestimmung des Gehaltes an polycyclisch aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Hausstaub wurden entsprechende Proben mittels eines Handstaubsaugers nach VDI 4300 Blatt 8 entnommen. Das genaue Alter des Staubes konnte nicht bestimmt werden, es sollte sich jedoch um sogenannten Frischstaub (Alter < 8 Tage) handeln, da laut Angabe des Hauspersonals die betreffenden Räume in regelmäßigen Abständen gesaugt werden.

Der nachfolgenden Tabelle sind die entsprechenden Kennzeichnungen sowie die zugehörigen Prüfnummern und -parameter zu entnehmen:

Probenart	Probenahme	Prüfparameter	Prüfnummer
Hausstaub	Schlafzimmer	PAK (16)	hs 1271/10



## **I.4 Analyseverfahren**

### **I.4.1 Leichterflüchtige polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (LF-PAK) (entsprechend AA 10A012)**

Das Trägermaterial wird unter Zugabe zweier internen Standards (Ethylbenzoat, 1-Bromnaphthalin) mit Toluol desorbiert. Die Bestimmung der einzelnen Substanzen erfolgt kapillargaschromatographisch mit einem niederauflösendem Massenspektrometer (GC/LRMS) im kombinierten Scan/Selected Ion Modus (SIM/Scan).

Die kombinierte Messunsicherheit liegt bei 15%, bei Werten nahe der Bestimmungsgrenze bei 25%.

### **I.4.2 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK (entsprechend AA 10A007)**

Die Extraktion der Probe erfolgt nach Zugabe von fünf deuterierten PAK (Naphthalin, Acenaphthen, Phenanthren, Chrysen und Perylen) als interne Standards mit einer Mischung aus Cyclohexan/Aceton im Soxhlet. Gegebenenfalls wird der Extrakt an modifizierten Silicagel aufgereinigt. Abschließend wird 1-Bromnaphthalin als Recovery-Standard zugegeben. Die gaschromatographische Analyse erfolgt auf einer Kapillarsäule in Verbindung mit einem niederauflösenden Massenspektrometer (HRGC/LRMS) auf mindestens zwei charakteristischen Massenspuren je Substanz. Die Quantifizierung erfolgt direkt über die Isotopenverdünnungsmethode gegen die deuterierten internen Standards.

Der geschätzte Analysenfehler liegt bei 20%, nahe der Bestimmungsgrenze bei 30%, nahe der Nachweisgrenze bei 40%.

**Prüfzeitraum:** 11.10. - 21.10.2010





## I.5 Messergebnisse

### I.5.1 leichtflüchtige organische Kohlenwasserstoffe (LF-PAK) in der Raumluf SZ

Bezeichnung	Luftprobe				
Code (Auftraggeber)	SZ				
Luftdurchsatz (in MAK-m <sup>3</sup> ):	0,2839				
Prüf-Nr.	cs 1270/10	BG			BG
Konzentration von:	in µg/m <sup>3</sup>	in µg/m <sup>3</sup>	Konzentration von:	in µg/m <sup>3</sup>	in µg/m <sup>3</sup>
<b>Leichterflüchtige PAHs</b>			<b>chlorierte Naphthaline</b>		
Indan 1)	0,52	(<0,088)	1-Chlornaphthalin	n.b.	(<0,035)
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	n.b.	(<0,18)	2-Chlornaphthalin	n.b.	(<0,035)
Naphthalin	20	(<0,18)	1,4-Dichlornaphthalin	n.b.	(<0,035)
1-Methylnaphthalin	1,0	(<0,070)	1,5-Dichlornaphthalin	n.b.	(<0,035)
2-Methylnaphthalin	2,9	(<0,070)	1,2-Dichlornaphthalin	n.b.	(<0,035)
1-/2-Ethylnaphthalin	0,10	(<0,088)	2,3-Dichlornaphthalin	n.b.	(<0,035)
2,6-Dimethylnaphthalin	0,12	(<0,088)	1,8-Dichlornaphthalin	n.b.	(<0,035)
weitere Dimethylnaphthaline	0,48	(<0,26)			
Diisopropylnaphthaline	0,32	(<0,18)		Summe	0,000
Acenaphthylen	n.b.	(<0,035)			
Acenaphthen	0,15	(<0,035)			
Fluoren	0,055	(<0,035)			
Phenanthren	0,071	(<0,025)			
Anthracen	n.b.	(<0,025)			
Summe	26				
Summe der nachgewiesenen Verbindungen				26	

#### Anmerkungen zur LF-Ergebnis-Tabelle:

n.b. = nicht bestimmbar, d.h. Gehalte liegen unterhalb der in nebenstehenden Spalte angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)  
n.a. = nicht auswertbar, d.h. die Verbindung ist aufgrund von massiven Überlagerungen nicht auswertbar  
n.u. = nicht untersucht

Angegeben sind die im Labor desorbierten Gehalte der genannten Einzelverbindungen bezogen auf das angegebene Probenahmevolumen. Für fast alle der angegebenen Substanzen liegen die Überführungsraten selbst im Bereich der Bestimmungsgrenze bei mindestens 80%, in der Regel bei über 90% und entsprechen somit den tatsächlich vorliegenden Raumlufkonzentrationen.

Zudem sind folgende Fußnoten zu beachten:

<sup>1)</sup> Bei diesen Substanzen kann ein relevanter Durchbruch bei einem Probenahmevolumen > 0,2 m<sup>3</sup> und/oder einem gewählten Volumenstrom von >2 l/min nicht ausgeschlossen werden



**I.5.2 Hausstaubuntersuchung polycyclisch aromatische Verbindung (PAK)**

Bezeichnung Code (Auftraggeber) Prüf-Nr.	Hausstaub Bauer SZ	
	hs 1271/10	BG
<i>Konzentration von:</i>	<i>in mg/kg</i>	<i>in mg/kg</i>
<b>PAK (16 nach EPA):</b>		
Naphthalin	12,3	(<0,11)
Acenaphthylen	1,02	(<0,05)
Acenaphthen	4,9	(<0,04)
Fluoren	7,2	(<0,04)
Phenanthren	85,4	(<0,04)
Anthracen	17,3	(<0,05)
Fluoranthren	67,9	(<0,05)
Pyren	45,4	(<0,05)
Benzo(a)anthracen	29,3	(<0,05)
Chrysen	24,5	(<0,06)
Benzo(b+j)fluoranthren	32,2	(<0,06)
Benzo(k)fluoranthren	10,7	(<0,06)
Benzo(a)pyren	21,1	(<0,06)
Indeno(123cd)pyren	10,4	(<0,07)
Dibenzo(ah)anthracen	3,6	(<0,09)
Benzo(ghi)perylen	7,9	(<0,06)
<b>Summe 16 EPA-PAK</b>	<b>382</b>	
<b>Abkürzungen/Anmerkungen:</b>		
mg/kg: Milligramm Wirkstoff je Kilogramm Probe (= µg/g)		
n.b. : nicht bestimmbar, d.h. die Gehalte liegen unterhalb der in der entsprechenden Spalte angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)		