




AZ: H 5354 G

15.10.2011

Sehr geehrter Herr B 

anbei erhalten Sie unsere Stellungnahme zur Bewertung von PAK-Belastungen in Innenräumen.

Der STELLUNGNAHME ist wie folgt gegliedert:

STELLUNGNAHME:

1. ALLGEMEINE ANGABEN ZUM AUFTRAG
2. ERGEBNISDARSTELLUNG
3. INFORMATIONEN ZU DEN ANALYSIERTEN PARAMETERN
4. BEWERTUNGSGRUNDLAGEN
5. FAZIT UND EMPFEHLUNGEN

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen
Bremer Umweltinstitut

Dr. Heidrun Hofmann,
Chemikerin

Anlagen: STELLUNGNAHME

STELLUNGNAHME

1 Allgemeine Angaben zum Auftrag

Auftraggeber:



Auftragsdatum: 12.10.2011

Auftragnehmer: Bremer Umweltinstitut
Gesellschaft für Schadstoffanalysen und Begutachtung mbH
Fahrenheitstraße 1
28359 Bremen

Prüfberichtsnummer: H 5354 G

Erstellungsdatum: 15.10.2011

Veranlassung / Ziel: Herr Bauer beauftragte das Bremer Umweltinstitut mit der gutachterlichen Bewertung der PAK-Messwerte, gemäß Bericht 80982-01 B von INUS Ingenieurbüro Dr. Busch, Innenraum- und Spurengas-technik, München, der Raumlufthproben aus dem Schlafzimmer: 80982-1 (flüchtige PAK) und 80982-2 (16 EPA-PAK).

Die Ergebnistabellen der Raumlufthuntersuchungen wurden per Mail zur Verfügung gestellt. Weitere Angaben, wie Zeitpunkt der Probenahme, raumklimatische Bedingungen und Lüftungsstatus des Raumes vor und während der Probenahme, lagen nicht vor.

Die Bewertung der PAK-Raumlufthkonzentrationen erfolgt anhand der durch das Bremer Umweltinstitut vorgeschlagenen Toxizitäts-Äquivalenz-Faktoren für PAK-Belastungen und unter Berücksichtigung des Innenraumrichtwertes der Ad-hoc-Arbeitsgruppe (ACLG) für Naphthalin.

2 Ergebnisdarstellung

In der nachfolgenden Tabelle sind die Kanzerogenitätsäquivalente (KE) durch Multiplikation der Toxizitäts-Äquivalenz-Faktoren (TEF) mit der (jeweils höchsten) Konzentration für der angegebenen Verbindungen genannt und zu einem Summen-Kanzerogenitätsäquivalent (Summen- KE) addiert. Das Summen-Kanzerogenitätsäquivalent beträgt 22.

Tabelle 1: Berechnung der Kanzerogenitätsäquivalente für die vorgelegten Raumluftkonzentrationen

Parameter	TEF	80982-1/2 Raumluft Schlafzimmer		Bestimmungs- grenze [ng/m ³]
		Konzentration [ng/m ³]	KE	
Naphthalin	0,001	12.700	12,7	100
Acenaphthylen	0,001	26	0,026	5
Acenaphthen	0,001	117	0,117	5
Fluoren	0,001	96	0,096	5
Phenanthren	0,001	156	0,156	10
Anthracen	0,01	13	0,13	10
Fluoranthen	0,001	34	0,034	2
Pyren	0,001	23	0,023	3
Chrysen	0,01	15	0,15	5
Benzo(a)anthracen	0,1	12	1,2	5
Benzo(b)fluoranthen	0,1	9	0,9	5
Benzo(k)fluoranthen	0,1	8	0,8	5
Benzo(a)pyren	1	6	6	5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1	< BG	-	5
Dibenzo(a,h)anthracen	1	< BG	-	5
Benzo(g,h,i)perylene	0,01	< BG	-	5
Summe		13.215	22,332	
Summe, gerundet		13	22	

BG = Bestimmungsgrenze

ng = Nanogramm; 1 Milliardstel Gramm

TEF = Kanzerogenitätsäquivalentfaktor

< BG = unterhalb der Bestimmungsgrenze

ng/m³ = Nanogramm Substanz pro Kubikmeter Luft

KE = Kanzerogenitätsäquivalente

Weitere Angaben siehe Originaltabellen.

3 Informationen zu den analysierten Parametern

3.1 Allgemeine Informationen für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

PAK kommen als wesentliche Inhaltsstoffe von Steinkohleteerölprodukten wie z.B. Steinkohleteeröl oder bestimmten Asphaltprodukten vor. Steinkohleteeröle sind stark riechende, teerig-ölige Imprägnieröle, die z.T. auch im Holzschutz verwendet werden. Sie schützen vor Pilz- und Insektenbefall. Häufig werden sie auch als Carbolineum bezeichnet. Bei den Teerölen handelt es sich um Stoffgemische aus mehreren tausend Einzelstoffen, von denen nur ca. 500 eindeutig identifiziert sind. Als am toxikologisch bedeutendsten unter diesen gelten die PAK.

Darüber hinaus entstehen PAK immer, wenn organisches Material im Sauerstoffunterschuss auf hohe Temperaturen (mind. 400 bis 1.500 °C) erhitzt wird. Sie sind daher immer in Kontaminationen aus Bränden (Wohnungs- oder Hausbränden) enthalten.

Einige der PAK sind als krebserregend erkannt worden. Dies gilt besonders für den direkten Hautkontakt, aber auch für die inhalative Aufnahme. Bekannt ist dies vor allem von Benzo(a)pyren, allerdings sind auch Benzo(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Dibenz(a,h)anthracen und Indeno(1,2,3-cd)perylene als krebserregend anzusehen.

Die Senatskommission zur Prüfung gesundheitlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) hat Steinkohleteeröle als "Stoffe, die beim Menschen erfahrungsgemäß bösartige Geschwülste zu verursachen vermögen" (MAK-Liste, III 1) bewertet. Andere Substanzgemische, die die oben genannten

krebserregenden PAK enthalten sind als eindeutig krebserregend im Tierversuch, und zwar unter Bedingungen, die der möglichen Exposition am Arbeitsplatz vergleichbar sind, bzw. aus denen Vergleichbarkeit abgeleitet werden kann, anzusehen (MAK III 2). Auch bei Naphthalin besteht Verdacht auf ein krebserzeugendes Potential (MAK III 3).

Darüber hinaus können toxische Wirkungen bei chronischer Exposition nicht ausgeschlossen werden; berichtet wird von Hautentzündungen, Hautschäden, Atembeschwerden, Erscheinungen am Zentralnervensystem, Kopfschmerzen, Erbrechen, Durchfall, Fieber, Nierenreizungen, allgemeines Unwohlsein, Ohrensausen, Schwindel. In schweren Fällen können Blutbildveränderungen, Leber- und Nierenschäden und Herzversagen auftreten.

Seit 1991 ist die sogenannte Teerölverordnung in Kraft getreten, die die Verwendung und das Inverkehrbringen von Teerölpräparaten in Innenräumen verbietet (mit der Neufassung der Gefahrstoffverordnung 1993 wurde die TeerölV in die GefStoffV §15 Abs.3, bzw. die ChemVerbotsV §1 Abschnitt 17 übernommen).

Folgende Ausnahmen vom Herstellungs- und Verwendungsverbot werden in der Gefahrstoffverordnung explizit genannt: Holzschutzmittel, die Rohteere, Teeröle, oder deren Bestandteile oder Destillationsprodukte (Pech) enthalten, dürfen hergestellt und in geschlossenen Anlagen unter folgenden Bedingungen verwendet werden:

1. Benzo(a)pyren-Gehalte bis zu höchstens 5 mg/kg (ppm), sofern die Holzschutzmittel:
 - a) nicht an den privaten Endverbraucher in den Verkehr gebracht werden
 - b) nicht in Innenräumen verwendet werden,
2. Benzo(a)pyren-Gehalte größer als 5 mg/kg (ppm) bis zu höchstens 50 mg/kg (ppm):
 - a) zu Druckimprägnierung mit Schlußvakuum von Erzeugnissen aus Holz- oder Holzwerkstoffen
 - b) zu anderen Imprägnierungsverfahren zur Teilimprägnierung von Holzpfählen, mit denen ein Tiefenschutz gewährleistet ist, insbesondere die Einstelltränkung im Heiß-Kalt-Verfahren, wobei zum Schluss des Imprägnierungsvorganges der Gehalt an Teerölen auf der Oberfläche der Holzpfähle zu vermindern ist, oder
 - c) zur Imprägnierung von Erzeugnissen aus Holz oder Holzwerkstoffen durch andere Verfahren, bei denen ein gleich guter oder besserer Schutz von Menschen oder Umwelt sichergestellt ist,
3. Benzo(a)pyren-Gehalte größer als 50 mg/kg (ppm) bis zu höchstens 500 mg/kg (ppm): nur zur Druckimprägnierung mit Schlußvakuum von Bahnschwellen und Leitungsmasten.

3.2 Allgemeine Informationen zu Naphthalin

Naphthalin ist ein bicyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff der häufig bereits der Gruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) zugeordnet wird. Die Geruchsschwelle für Naphthalin ist relativ gering und liegt bereits bei 4 µg pro Kubikmeter Raumluft.

Naphthalin kommt als wesentlicher Bestandteil des Steinkohleteeröls vor und findet unter anderem Verwendung für die Herstellung von Azofarbstoffen, Insektiziden oder Phthalsäureanhydrid (Zwischenprodukt bei der Herstellung von PVC-Weichmachern) aber auch als Mottenschutzmittel. Der Einsatz von Naphthalin als Mottenschutzmittel gehört jedoch mehr und mehr der Vergangenheit an. Zudem kann es bei jeder unvollständigen Verbrennung organischen Materials zur Entstehung von Naphthalin kommen (z.B. Kraft- und Luftfahrt, industrielle Prozesse oder Kamine und Öfen).

3.2.1 Gesundheitliche Auswirkungen und Symptome von Belastungen mit Naphthalin

Naphthalin steht im Verdacht eine krebserzeugende Wirkung auf den Menschen auszuüben und wurde daher in die Kategorie 2 der MAK-Gruppe III für krebserzeugende Arbeitsstoffe eingeteilt. Naphthalindämpfe können Augen und Atemwege reizen, eine chronische Exposition kann in Einzelfällen zu Katarakten führen. Weiterhin gilt es als hautresorptiv (kann über die Haut aufgenommen werden) und es ist eine

geringe Reizwirkung des Naphthalins auf Haut und Schleimhäute bekannt. In seltenen Fällen kann Naphthalin eine Sensibilisierung hervorrufen.

4 Bewertungsgrundlagen

4.1 **Bewertungsgrundlagen für Belastung der Raumluft mit PAK anhand von Hintergrundbelastungen**

Die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) liegen in Abhängigkeit von ihrer Flüchtigkeit eher in Gasphase oder an Schwebstaub gebunden vor. Bei der hier durchgeführten Beprobung werden sowohl die Gasphase als auch der Schwebstaub gemeinsam erfasst werden. Allerdings müssen die überwiegend in der Gasphase befindlichen, flüchtigeren PAK anders bewertet werden, als die staubgebundenen weniger flüchtigen PAK.

Als Schwebstaub-gebundene PAK wurden hier Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenzo(a,h)anthracen, Benzo(g,h,i)perylen analysiert. Sie werden in Innenräumen überwiegend durch Einträge aus der Außenluft eingeschleppt, sofern nicht eine Emissionsquelle zu erhöhten PAK-Belastungen im Innenraum führt. Zur Bewertung dieser Substanzen ist daher in der Regel eine parallele Beprobung der Außenluft sinnvoll.

Kriterium 1:

Bei deutlicher Überschreitung (bspw. um den Faktor 2) der Innenluftbelastung mit schwerer flüchtigen PAK gegenüber der Außenluft, sollte dies als Hinweis auf eine erhöhte Belastung im Innenraum gewertet werden, d.h. in der Regel als Hinweis auf die Existenz einer Quelle. Hilfreich ist auch der Vergleich der ermittelten Konzentration zu den in Tabelle 1 genannten 90 Perzentilwerten.

Tabelle 1: Gehalte der 16 PAK nach EPA in der Außenluft, n = 47, entnommen aus Köhler et.al. (2004), AGÖF-Kongreß

	Min	10 Perzentil	50 Perzentil	90 Perzentil	Max
Substanz	Angaben in ng/m ³				
Naphthalin	0,8	26,2	121,0	507,9	1.428,6
Acenaphthylen	< 0,4	0,5	2,9	11,6	37
Acenaphthen	< 0,4	1,6	4,5	46,8	98
Fluoren	< 0,4	3,2	5,8	21	60
Phenanthren	4,6	5,0	12	45,2	410
Anthracen	< 0,4	0,5	1,2	6,4	14
Fluoranthren	< 0,4	1,1	2,8	11,4	28
Pyren	< 0,4	0,5	2,2	9,3	15
Chrysen	< 0,4	< 0,4	0,4	1,6	3,2
Benzo(a)anthracen	< 0,4	< 0,4	0,5	2,0	4,7
Benzo(b)fluoranthren	< 0,4	< 0,4	0,5	1,9	4,7
Benzo(k)fluoranthren	< 0,4	< 0,4	0,5	1,5	4,6
Benzo(a)pyren	< 0,4	< 0,4	< 0,4	2,5	5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,4	< 0,4	0,5	3,1	5
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,4	< 0,4	0,5	1,5	5
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,4	< 0,4	0,5	2,1	5
Summe PAK	35,6	57,5	164,8	593,5	1.607,6

Bei leichter flüchtigen PAK sind in der Regel erhöhte Konzentrationen im Innenraum gegenüber der Außenluft festzustellen, auch ohne dass dies zwingend auf den Einfluss einer massiven Innenraumquelle hinweist. Verantwortlich hierfür können zum einen diffuse Innenraumquellen und ein photolytischer Abbau einzelner PAK in der Außenluft sein. Eine Bewertung durch den Vergleich mit der Außenluft ist daher nicht möglich. Für diese Substanzen wird eine vorläufige Bewertung auf Basis von sog. Perzentilwerten, die aus Untersuchungen in Innenräumen ermittelt wurden, vorgeschlagen¹.

Kriterium 2:

Bei einer Überschreitung eines der in Tabelle 2 angegebenen 90 Perzentilwerte ist mit hoher Sicherheit eine deutliche Emissionsquelle im Raum zu vermuten. Eine Überschreitung eines oder mehrerer 50-Perzentilwerte der Tabelle 2 weist daher (höchstwahrscheinlich) auf eine über dem Durchschnitt liegende PAK-Belastung hin und stellt einen Hinweis auf eine Emissionsquelle oder mehrere Emissionsquellen im Raum dar.

Tabelle 2: Zusammenstellung aus 111 Luftuntersuchungen in Innenräumen

	Minimum	10 Perzentil	50 Perzentil	90 Perzentil	Maximum
	Angaben in ng/m ³				
Naphthalin	241,9	354,5	938,8	3.000,0	10.714,3
Acenaphthen	4,7	13,5	44,0	370,0	4.800,0
Fluoren	7,9	16,0	42,5	235,0	1.700,0
Phenanthren	19,0	39,5	145,0	535,0	5.500,0
Anthracen	0,7	1,8	11,5	47,0	420,0
Fluoranthen	0,4	3,4	8,4	49,0	470,0
Pyren	0,4	1,9	5,4	21,0	190,0
Chrysen	0,1	0,3	0,5	2,6	56,0
Summe PAK	353	511	1.322	4.782	13.654

Der 90-Perzentil Wert besagt, dass in 90 % aller untersuchten Wohnräume weniger oder maximal die angegebene Konzentration des jeweiligen Stoffes gefunden wurde. Entsprechendes gilt für den 50-Perzentilwert.

Die oben genannten Bewertungskonzepte sind nicht zur Bewertung einer möglichen gesundheitlichen Gefährdung ausgehend von PAK-Luftbelastungen geeignet. Sie dienen jedoch dem Erkennen möglicher Emissionsquellen für PAK.

4.2 Gesundheitliche Bewertung von luftgetragenen PAK-Belastungen

Bislang gibt es keine offiziellen Grenz- oder Richtwerte für die Innenraumluft zur Bewertung von verschiedenen PAK. Es liegen für den Innenraum ebenfalls keine toxikologischen Bewertungsmaßstäbe für luftgetragene PAK-Belastungen (Ausnahme Naphthalin) vor. Um eine gesundheitliche Bewertung zu ermöglichen, schlägt das Bremer Umweltinstitut im folgenden ein eigenes Bewertungskonzept vor². Dies wird ergänzt durch ein Bewertungskonzept der Ad-hoc-Arbeitsgruppe, das sich jedoch ausschließlich auf Naphthalin bezieht.

4.2.1 Vorschlag des Bremer Umweltinstitutes zur Berechnung der Toxizitätsequivalent-Summe für PAK-Belastungen

Prinzipiell wird für PAK als gesundheitsgefährdende Wirkung eine mögliche Krebsentstehung angenommen. Dies resultiert aus Untersuchungen an Arbeitsplätzen, an denen Arbeiter in der Regel sehr viel

¹ Köhler et.al. (2004): Luftgetragene PAK-Belastungen in Innenräumen – Vorkommen, Quellen und Bewertung. AGÖF-Kongress-Band.

² C. Zorn et al.: Proposal for assessment of indoor air polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH). Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate (2005) pp2535-2540.

höheren PAK-Belastungen als im Innenraum ausgesetzt waren oder sind, also bspw. Kokereien, Teerverarbeitende Industrie und Schornsteinfeger. Auch Innenraumbelastungen in normalen Wohnräumen und öffentlichen Gebäuden können jedoch Größenordnungen erreichen, die kritisch sind. Diese bedürfen einer gesundheitlichen Bewertung.

Von den 16 PAK nach EPA (die hier analysiert wurden) sind nicht alle PAK in gleichem Maße krebserregend - vielmehr gibt es deutliche Unterschiede. Das gefährlichste der untersuchten PAK ist das Benzo(a)pyren kurz BaP. Durch verschiedene Studien wurde deutlich, dass es möglich ist, die krebserregende Wirkung der einzelnen PAK im Vergleich zu BaP zu gewichten und einen Umrechnungsfaktor festzulegen. Diese Faktoren werden als Toxizitäts-Äquivalenz-Faktoren (kurz TEF) bezeichnet. Sie können den Tabellen des Analysenberichts entnommen werden.

Aus den TEF wird nun durch Multiplikation mit der nachgewiesenen Konzentration ein Kanzerogenitätsäquivalent (kurz KE) gebildet. Alle 16 einzelnen KE werden nun zu einer Summe **KE_{Gemisch}** addiert und diese Summe einer weiteren Bewertung unterzogen.

4.2.2 Risikoabschätzung

Für kanzerogene Substanzen kann in der Regel keine Konzentration angegeben werden, ab der eine krebserzeugende Wirkung *sicher* nicht mehr gegeben ist. Aufgrund von Studien können jedoch statistische Daten bezüglich eines zusätzlichen Krebsrisikos gewonnen werden (es wird nur das zusätzliche Risiko beachtet, das statistisches Grundrisiko für eine Krebserkrankung wird hierunter nicht berücksichtigt).

So wurden für PAK Angaben zum zusätzlichen Risiko einer Krebserkrankung bei definierter Exposition mit Kokereiabgasen gemacht. Konkret wird angenommen, dass bei der Exposition über Kokereiabgase mit einer Benzo(a)pyren-Konzentration von 1 ng/m³ ein zusätzliches Krebsrisiko von $7 \cdot 10^{-5}$ besteht (hierbei handelt es sich, da auf 1 ng/m³ BaP normiert wird, definitionsgemäß um das sog. Unit risk des Kokereiabgases). Dies heißt, dass statistisch bei einer Exposition mit einem Kokereigemisch, das 1 ng/m³ BaP enthält, von 700.000 Exponierten einer zusätzlich an Krebs erkranken würde. Da die Zusammensetzung von Kokereigemischen (bezüglich der unterschiedlichen PAK) als weitgehend konstant angesehen werden kann, kann ein **KE_{Gemisch} für das Kokereigemisch von 1,360** berechnet werden.

Vorausgesetzt, dass andere Gemische bei gleichem KE aufgrund der gleichartigen Mechanismen auch gleich starkes kanzerogenes Potenzial haben, kann ausgehend von diesen Angaben nun für jedes andere **KE_{Gemisch} unterschiedlicher PAK-Zusammensetzung** das statistische zusätzliche Krebsrisiko angegeben werden.

Nun muss noch entschieden werden, welches zusätzliche kanzerogene Risiko akzeptabel erscheint. Als „praktisch sichere Dosis“ wird von der EPA (environmental protection agency, Umweltbehörde der USA) ein zusätzliches Risiko von 10^{-6} angegeben. Diesem Risiko entspräche ein KE_{Gemisch} von 0,02. Auch unsere Außenluft weist jedoch häufig bereits PAK-Belastungen auf, die diese als praktisch sicher geltende Konzentration in der Außenluft nicht einhalten. Daher kann in dieser Situation der Wert nicht als Sanierungsziel festgelegt werden. Ein „akzeptiertes Risiko“ liegt nach Angaben der EPA bei 10^{-4} . Dies entspricht einem KE_{Gemisch} von 2 und kann nach Erfahrungen des Bremer Umweltinstituts auch für die Außenluft eingehalten werden. Außerdem liegt dieses Risiko in einem Bereich, in dem bereits andere Risikofaktoren für Krebsentstehung eine bedeutendere Rolle spielen.

4.2.3 Toxikologisches Bewertungsschema des Bremer Umweltinstitutes für PAK-Belastungen

Das Bremer Umweltinstitut schlägt daher für die Bewertung von luftgetragenen PAK-Belastungen folgendes Schema vor:

KE _{Gemisch}	Zusätzliches Krebsrisiko	Bewertung
2,0	10 ⁻⁴	Sanierungsleitwert Bei Unterschreitung des Sanierungsleitwertes KE _{Gemisch} von 2,0 liegt ein noch akzeptables Risiko einer zusätzlichen Krebserkrankung vor. Das Risiko wird gegenüber bestehenden Krebserkrankungsrisiken als vernachlässigbar angesehen.
10	5*10 ⁻⁴	Interventionswert Bei einer Überschreitung des KE _{Gemisch} von 10 wird ein relevantes zusätzliches Risiko angenommen. Eine Aussetzung der Nutzung der betreffenden Räume ist in der Regel anzustreben. Eine Sanierung wird vor einer weiteren Nutzung als zwingend notwendig betrachtet.

Im Bereich von einem KE_{Gemisch} zwischen 2 und 10 ist aus gesundheitsvorsorgenden Überlegungen eine Minderung der Belastung zu empfehlen.

Es sei darauf hingewiesen, das es sich um ein grobes Schema handelt, Einzelfallbetrachtungen können durchaus zu einer von diesen Schemata abweichenden Beurteilung führen. Außerdem muss auf Vorläufigkeit dieses Schemas hinsichtlich neuerer Erkenntnisse über die kanzerogene Potenz einzelner EPA-PAK und weiterer PAK hingewiesen werden.

4.3 Bewertung von Naphthalin nach Richtwert³:

Zur Bewertung von **Naphthalin** in der Innenraumluft gibt es zwei Richtwerte, die von einer Ad-hoc-Arbeitsgruppe⁴ festgelegt wurden.

Man unterscheidet zwischen Richtwert II (**20.000 ng/m³**) und Richtwert I (**2.000 ng/m³**). Der Richtwert II ist ein wirkungsbezogener, begründeter Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da diese geeignet ist, insbesondere für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen eine gesundheitliche Gefährdung darzustellen.

Bei Einhaltung des Richtwertes I sind nach gegenwärtigem Kenntnisstand keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten. Eine Überschreitung des RW I ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden. Aus Vorsorgegründen besteht auch bei Konzentrationen zwischen RW I und RW II Handlungsbedarf.

³ Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten und -beamtinnen der Länder (AGLMB, jetzt: Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) und der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes UBA (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundhbl. 39, S. 422 - 426

⁴ Zur Begründung: Sagunski, H. und Hege, W.(2004): Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin. Bundesgesundhbl. 7

5 Fazit und Empfehlungen

Die Bewertung der im Schlafzimmer laut Bericht 80982-01 B von INUS Ingenieurbüro Dr. Busch, Innenraum- und Spurengastechnik, München ermittelten PAK-Belastungen anhand des toxikologischen Bewertungsschemas des Bremer Umweltinstitutes für PAK-Belastungen auf der Basis von Toxizitäts-Äquivalenzfaktoren (siehe Kapitel 4) ergibt mit dem berechneten Summen-KE in Höhe von 22 eine deutliche Überschreitung des vorgeschlagenen Interventionswertes in Höhe von 10. Auch der Richtwert I der Ad-hoc-Arbeitsgruppe für Naphthalin in Höhe von $2.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird überschritten. Der Richtwert II wird unterschritten. Die Überschreitung des Richtwertes I weist auf eine erhöhte, unerwünschte Naphthalin-Exposition hin.

Bei einer Überschreitung des Summen-KE wird ein relevantes zusätzliches gesundheitliches Risiko angenommen. Es sollte eine Aussetzung der Nutzung des betreffenden Raumes erfolgen. Eine Sanierung wird vor einer weiteren Nutzung als zwingend notwendig betrachtet. Sekundärbelastungen sind hierbei zu berücksichtigen.

Die Höhe des Summen-KE ergibt sich insbesondere aus den hohen Konzentrationen für Naphthalin und Benzo(a)pyren. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist auch zu berücksichtigen, dass die Bestimmungsgrenzen für die krebserregenden PAK mit niedrigen TEF sehr hoch sind. Gesundheitlich relevante Belastungen durch diese Substanzen können also nicht ausgeschlossen werden.

Darüber hinaus ist auch zu berücksichtigen, dass die raumklimatischen Bedingungen vor und während der Probenahme einen erheblichen Einfluss auf die PAK-Raumluftkonzentrationen haben. Für die Überprüfung der Einhaltung von Richtwerten in Wohngebäuden sind eine Nichtbelüftungszeit von mindestens 8 Stunden und nutzungsübliche Raumklimabedingungen einzuhalten.

Sollten Sie weitere Fragen haben, stehen wir Ihnen auch telefonisch beratend zur Verfügung.

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf die geprüften Probenmaterialien. Der UNTERSUCHUNGSBERICHT bestehend aus TEIL 1 BEFUNDUNG und TEIL 2 ANALYSENBERICHT darf nur vollständig, bzw. nach Absprache mit dem Bremer Umweltinstitut auszugsweise, wiedergegeben werden.

Mit freundlichen Grüßen
Bremer Umweltinstitut

Dr. Heidrun Hofmann,
Chemikerin

Tab. 01: Quantitative Untersuchung auf flüchtige PAK
(Raumluftprobe aus dem Schlafzimmer)

	80982-1 Raumluft Schlafzimmer	Bestimmungs- grenze
	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	0,1	0,1
Naphthalin	12,7	0,1
2-Methylnaphthalin	1,8	0,1
1-Methylnaphthalin	0,7	0,1
Acenaphthylen	0,026	0,005
Acenaphthen	0,117	0,005

Die Angabe der Ergebnisse erfolgt in Mikrogramm Substanz pro Kubikmeter Luft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; < BG: unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG); n.a.: nicht auswertbar. Geschätzter Analysenfehler: $\pm 30\%$, unterhalb der doppelten Bestimmungsgrenze $\pm 50\%$.

Tab. 02: Quantitative Untersuchung auf PAK (16 EPA-PAK)
 (Raumluftprobe aus dem Schlafzimmer)

	80982-2 Raumluft Schlafzimmer	Bestimmungs- grenze
	[ng/m ³]	[ng/m ³]
Naphthalin	6.780	10
Acenaphthylen	17	2
Acenaphthen	117	2
Fluoren	96	5
Phenanthren	156	10
Anthracen	13	10
Fluoranthren	34	2
Pyren	23	2
Benz(a)anthracen	12	5
Chrysen	15	5
Benzo(b)fluoranthren	9	5
Benzo(k)fluoranthren	8	5
Benzo(a)pyren	6	5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< BG	5
Dibenz(a,h)anthracen	< BG	5
Benzo(ghi)perylen	< BG	5
Summe der EPA-PAK	7.286	

Die Angabe der Ergebnisse erfolgt in Nanogramm Substanz pro Kubikmeter Luft [ng/m³];
 < BG: unterhalb der Bestimmungsgrenze; n.a. = nicht auswertbar;
 geschätzter Analysenfehler: ± 30%, unterhalb der doppelten Bestimmungsgrenze: ± 50%.