

Erfahrungen mit PAK-Belastungen durch Homogenasphaltplatten

Jörg Mertens, Michael Köhler, Jutta Mehnert, Dr. Norbert Weis

Zusammenfassung

Homogenasphaltplatten wurden bis in die 1990er Jahre hin in Gebäuden eingesetzt. In den letzten Jahren sind durch eine Zunahme geplanter Sanierungsmaßnahmen insbesondere von Schulen, welche unter anderem durch das Konjunkturpaket II der Bundesregierung gefördert wurden, vermehrt Fälle von erhöhten PAK-Raumluftbelastungen durch Homogenasphaltplatten aufgefallen. Dabei zeigten sich, deutlich höhere Raumluftbelastungen als durch frühere Studien beschrieben. Die Summenbelastungen der 16 PAK nach EPA lagen dabei in einer Größenordnung von 5.200 ng/m³ bis 52.000 ng/m³. Es wird als wesentliche Ursache angenommen, dass die bessere Erfassung ausschließlich in der Gasphase befindlicher PAK, die in den früheren Studien nicht im gleichen Umfang erfolgte, hierfür verantwortlich ist. Weitere nicht auszuschließende Einflussfaktoren auf die Belastungshöhe sind auch Veränderung der Bodenbeschaffenheit durch Alterung, mechanische oder chemische Schädigung. Die aufgetretenen Belastungssituationen boten den Anlass für eine statistische Aufarbeitung der ermittelten, aktuellen Raumluftkonzentrationen durch Homogenasphaltplatten unter Berücksichtigung aktueller Bewertungsschemata.

Zusätzlich wurden die im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen ermittelten Sekundärbelastungen von anderen Materialien betrachtet. Hier zeigten sich im Mittel zum Teil deutlich Unterschiede, von geringen Belastungen im Putz von Wänden und Decken über deutliche Belastungen in textilen Bezügen beispielsweise von Stühlen bis hin zu hohen Belastungen in Farben und Lacken.

1. Einleitung

Asphalt-Fußbodenplatten wurden in Räumen eingesetzt, in denen druck- und stoßfeste, teilweise auch ölfeste Bodeneigenschaften benötigt wurden. Dies ist unter anderem in Montage-, Lager- und Produktionshallen, in Messe-, Paket- und Markthallen und in Werkstätten, die sich unter anderem auch als Lehrräume in Schulen befinden, sowie z.T. in militärisch genutzten Räumen wie Waffenkammern der Fall gewesen. Eher seltener wurden sie in privat genutzten Gebäuden eingesetzt.

Die Fußbodenplatten werden in erwärmtem Zustand unter sehr hohem Druck gepresst und bestehen zu etwa 90% aus Naturasphalt-Rohmehl und zu etwa 10 % aus Bindemitteln, von denen Bitumen bei den Hochdruck-Asphaltplatten und Steinkohlenteerweichpech bei den Homogenasphaltplatten zum Einsatz kamen. Das letztgenannte Bindemittel beinhaltet eine hohe Materialkonzentration an Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), so dass in den Homogenasphaltplatten etwa ein PAK-Anteil von 1,6 Gewichtsprozent (ca. 16.000 mg/kg) zu finden ist [1,7,15].

Eine von wenigen Studien zu PAK-Raumluftkonzentrationen durch Homogenasphaltplatten wurde 1990 durch das Institut für Hygiene der Freien Universität Berlin veröffentlicht. Luther et. al. verglichen damals unter anderem die Schwebestaubbelastung der Raumluft aus drei Räumen mit Homogenasphaltplatten mit derjenigen der Außenluft. Die über bis zu fünf Messungen in einem Raum gemittelte PAK-Gesamtbelastung lag in einer Größenordnung von bis zu 15 ng/m³ und übersteigt die Belastung der Außenluft bis etwa zum Faktor 2. Einzelne PAK wie Fluranthren und Pyren divergierten gegenüber der Außenluftmessungen um bis zu einem Faktor 15, höher siedende PAK hingegen wichen kaum ab [7].

Diese Studie bildete eine wesentliche Grundlage für die 1991 erschienene Empfehlung des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes (BGA) zu Asphalt-Fußbodenplatten, das bei bereits verlegten Homogenplatten damals keine konkreten Gesundheitsgefahren sah, die eine generelle Sanierung erforderlich machten. Es erging jedoch u.a. auch der Hinweis, dass *„in Fällen stärkerer Belastungen [...] zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen [...] und im Sinne einer aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes anzustrebenden Minimierung der PAK-Immissionen geeignete Verbesserungsmaßnahmen (z.B. Beschichtung oder Ersatz durch weniger bedenkliche Werkstoffe)*

ergriffen werden sollten.“ Das BGA empfahl ergänzend auf den Neueinbau von Homogenplatten zu verzichten [4].

Zwiener et. al. [15] zeigten 1997 durch stichpunktartige Raumlufthuntersuchungen (3 Messungen an einem Standort) und im Vergleich mit den Daten von Luther et. al. [7] (nur Ermittlung der partikelgebundenen PAK), dass eine sachgerechte Beurteilung der raumlufthygienischen Situation nur bei der Erfassung der Summe von partikelgebundenen und gasförmigen PAK möglich ist. Die von Zwiener et. al. ermittelten und durch die leichterflüchtigen PAK dominierten Gesamtkonzentrationen überstiegen diejenigen von Luther et. al. um etwa einen Faktor 50 und lagen bei etwa 600 ng/m³. Hintergrundinformationen zu den damaligen Messrahmenbedingungen (Vorbereitung der Räume, Temperaturangaben, Nutzungssimulation, usw.) liegen nicht vor.

Aktuellere Untersuchungsdaten zu Raumlufthbelastungen über Homogenasphaltböden liegen nicht vor. Dabei besteht durch die Weiterentwicklung und Veränderung analytischer Untersuchungsmethoden von PAK in der Raumlufth seit Beginn der 90er Jahre, zu nennen sind hier z.B. die gleichzeitige Erfassung von gasförmigen und partikelgebundenen PAK oder die Rückrechnung des leichtflüchtigen Naphthalins mittels deuteriertem internen Standard, bei gleichzeitig vermehrtem Auftreten aktueller Bearbeitungsfälle mit Homogenasphaltplatten ein Bedarf an aktuellen Vergleichswerten.

Zudem finden sich keine Studien, die neuere Bewertungsschemata wie z.B. das Richtwertkonzept für Innenraumlufth oder die Verwendung von Toxizitäts-Äquivalenz-Faktoren (TEF) zur Errechnung eines Kanzerogenitätsäquivalent (KE) mit einbeziehen [8, 12, 14].

Darüber hinaus können sich durch Veränderung der Fußbodenplatten durch Alterung, mechanische oder chemische Schädigung im Laufe der Jahrzehnte Veränderungen der Raumlufthkonzentrationen an PAK ergeben haben.

2. Untersuchungsmethoden

Die Durchführung der Luftuntersuchungen und die Entnahme der Materialproben zur Untersuchung der sekundären PAK-Belastungen erfolgten im Zeitraum von Januar 2007 bis Juli 2010, die der Homogenasphaltfliesen (Primärquelle) bereits ab 2002.

Durch fünf verschiedene Probennehmerinnen und Probennehmer fanden die Raumlufthuntersuchungen statt, denen einheitliche Messrahmenbedingungen zu Grund lagen, die sich an die VDI 4300 Blatt 1 und 2 bzw. an die ISO 16000-1 und DIN EN ISO 16000-12 anlehnen [3,5,9,10]. So erfolgten die aktiven Probenahmen in den Räumen nach einem lüftungsfreien Zeitraum von mindestens 8 Stunden etwa in der Raummitte auf einer Höhe von ca. 1,4 m. Türen und Fenster blieben in dieser Zeit bis zum Ende der Messungen geschlossen, Lüftungsanlagen existierten in den Räumen in der Regel nicht. Die Temperaturen der Räume können Tabelle 1 entnommen werden. Eine Nutzungssimulation (Staubaufwirbeln) erfolgte durch definiertes Anblasen analog der VDI 3492.

Die Sammlung der 16 PAK nach EPA (Environmental Protection Agency) erfolgte auf Glasfaserfiltern (MN GF-2 sowie MN GF-4 der Fa. Macherey-Nagel, Düren) sowie auf PU-Schaumfiltern (GA 3035, Durchmesser 6 cm, Höhe 5 cm der Fa. K. Ziemer, Mannheim), welche zuvor mit einem internen Standard aus deuteriertem Naphthalin-D8 und deuteriertem Chrysen-D12 versehen wurde. Das Sammlungsvolumen betrug überwiegend 6 bis 12 m³ bei einer Probenahmezeit von ca. 2 bis 4 Stunden.

Das verwendete analytische Verfahren basiert auf der ehemalige VDI Richtlinie 3875 Blatt 1 bzw. auf der DIN ISO 12884 und wird bei Köhler et. al. 2004 beschrieben.

Vor Durchführung der Extraktion werden die PU-Schaumfilter ergänzend zu den bereits vor den Probenahmen aufgegebenen internen Standards mit Anthracen-D10 dotiert, bei den Materialuntersuchungen erfolgt vor der Extraktion eine Dotierung mittels Naphthalin-D8 und 9-Bromphenanthren.

Die an den Glasfaserfiltern und dem PU-Schaum gesammelten PAK sowie im Material enthaltenen PAK werden mit Toluol extrahiert und im Falle der Luftproben mittels Minikieselgelsäule aufgereinigt. Anschließend werden die PAK gaschromatographisch unter Verwendung einer unpolaren Säule aufgetrennt und mittels Massenspektrometer detektiert. Die Kalibrierung erfolgt über externe Standards.

Der gewählte Arbeitsbereich ist über die gesamte Spanne statistisch abgesichert. Für die untersuchten PAK liegt die Verfahrensstandardabweichung $S_{xo} < 0,04 \text{ ng/m}^3$ (Raumlufth) bzw. $S_{xo} < 0,1 \text{ mg/kg}$

(Baumaterial). Die Nachweisgrenze der einzelnen Verbindungen liegt bei $< 0,6 \text{ ng/m}^3$ (Raumluft) und bei $< 1,5 \text{ mg/kg}$ (Baumaterial).

Der Gehalt an Naphthalin in Luftproben wurde über die Wiederfindungsrate des internen Standards Naphthalin-D8 korrigiert. Aufgrund guter Wiederfindungsraten der internen Standards Anthracen-D10 und Chrysen-D12 erfolgt für die weiteren PAK in der Regel keine Korrektur.

Untersuchungsergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze werden mit der entsprechenden halben Nachweisgrenze in die nachfolgende Statistik eingerechnet. Im Falle der Luftuntersuchungen hat dieses Vorgehen aufgrund der größeren Toxizitäts-Äquivalenz-Faktoren der schwererflüchtigen PAK, die häufig nicht oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze ermittelbar waren, einen erhöhenden Einfluss auf die KE-Summe. Die sich hierdurch ergebenden Änderungen der KE-Summe liegen bei den Statusmessungen im Bereich von 0,3 bis 4,6 %.

Die Ermittlung des Summen-KE erfolgt basierend auf der Methode von Weis et. al. [12].

3. Statistische Angaben der Untersuchungsobjekte

Die Raumlufthuntersuchungen erfolgten in sechs Schulen und einem ehemaligen Kasernengebäude in den Bundesländern Bremen und Niedersachsen. Das entsprechende Baujahr der Gebäudeabschnitte der untersuchten Räume lässt sich in den Zeitraum von Ende der 1950er Jahre bis 1974 eingrenzen. Stuserhebungen der Raumlufthgehalte an PAK wurden in insgesamt 16 Räumen durchgeführt, die sich hinsichtlich Nutzung und Aufenthaltszeiten wie folgend unterteilen lassen:

- 1 Klassenraum mit üblichen Aufenthaltszeiten von bis zu 6 Stunden je Tag
- 1 Besprechungsraum mit üblichen Aufenthaltszeiten von wenigen Stunden je Tag
- 5 Werkräume mit üblichen Aufenthaltszeiten von wenigen Stunden je Woche
- 3 weitere Fachräume mit üblichen Aufenthaltszeiten von wenigen Stunden je Woche
- 1 Bibliothek mit üblichen Aufenthaltszeiten von wenigen Stunden je Woche
- 1 Sammlungsraum mit üblichen seltenen Aufenthaltszeiten
- 3 ehemalige Waffenkammern ohne aktuelle Nutzung, in Vorbereitung als Büro- und Seminarräume
- 1 Raum unbekannter Nutzung

In etwa der Hälfte der Räume war der Untersuchungsanlass das Auftreten unangenehmer Gerüche, in etwa einem Viertel erfolgte die Untersuchung nach gutachterlichem Hinweis im Zusammenhang mit einem Inspektionsauftrag hinsichtlich des Vorkommens von Schimmelpilzen. Auch hier gab es organoleptische Auffälligkeiten in Richtung einer PAK-Belastung. Der Anlass in 5 Räumen eines weiteren Objektes ließ sich rückwirkend nicht mehr ermitteln.

Die Ergebnisse aus drei weiteren Räumen konnten für die statistische Auswertung der Luftuntersuchungen nicht berücksichtigt werden. Darunter fielen zwei Klassenräume einer Schule, bei denen eine weitere PAK-Primärquelle im Raum festgestellt wurde sowie eine Bibliothek einer anderen Schule, in der die Homogenasphaltplatten nur zu etwa einem Drittel verlegt waren.

Von den verbliebenen 16 Räumen waren die Homogenasphaltplatten in 2 Räumen mit einem textilen Bodenbelag und in drei Räumen mit einem elastischen Bodenbelag überdeckt.

Viele der geruchlich auffälligen und raumlufthtechnisch untersuchten Räume sind saniert worden. Zur Erstellung eines Sanierungskonzeptes erfolgten zur Feststellung der Sekundärbelastungen Materialuntersuchungen auf PAK, unter anderem von Farben und Lacken, Putz, Beton und Mobiliar. Auf die verschiedenen Objekte verteilen sich insgesamt 35 Materialuntersuchungen.

Auf eine Untersuchung der direkt auf den Homogenasphaltplatten aufliegenden Materialien (Estrich, textiler oder elastischer Bodenbelag) wurde dabei verzichtet, da erhöhte PAK-Kontaminationen zu erwarten waren. Die Materialuntersuchungen erfolgten vor und während der Sanierungen und wurden hinsichtlich des Untersuchungszeitpunktes bezogen auf den Sanierungsfortschritt nicht weiter differenziert.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Materialuntersuchungen der Homogenasphaltplatten

Aus acht Materialuntersuchungen von Homogenasphalten an acht Standorten wird eine gemittelte PAK-Summenbelastung (16 PAK nach EPA) von 13.700 mg/kg festgestellt. Sieben von acht Untersuchungsergebnissen befinden sich innerhalb eines Konzentrationsintervalls von 8.200 bis 18.900 mg/kg, der ermittelte Maximalwert der Untersuchungen liegt deutlich oberhalb dieses Konzentrationsbereiches bei 26.100 mg/kg.

Phenanthren, Fluoranthren und Pyren weisen die höchsten Einzelkonzentrationen auf (siehe Abbildung 1). Der Naphthalin Gehalt differiert in den acht Untersuchungen stark und erstreckt sich über fast zwei Größenordnungen bis 100 mg/kg. Der Gehalt an Benzo(a)pyren liegt mindestens bei 430 mg/kg, im arithmetischen Mittel werden 900 mg/kg ermittelt.

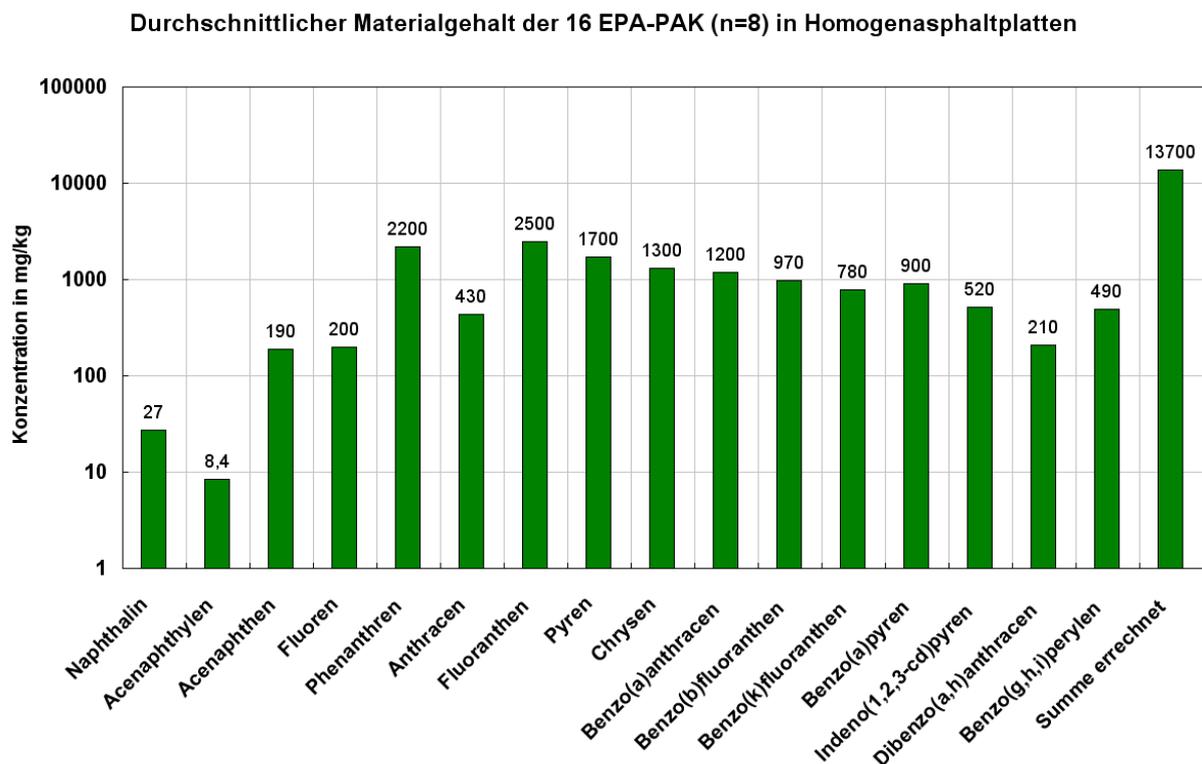


Abbildung 1: gemittelte Materialkonzentrationen der 16 PAK nach EPA sowie deren Summe nach Untersuchungen von Homogenasphaltplatten

Das Untersuchungsergebnis weist gegenüber den von Luther et. al. 1990 zitierten, von 7 durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) gemessenen und gemittelten Materialkonzentrationen, eine vergleichbare Größenordnung, mit einer leicht verminderten Gesamtkonzentration auf. Der Gehalt der leichtflüchtigen PAK bis Pyren fällt im Vergleich zu den neuen Messwerten etwa um 50 bis 10 Prozent geringer aus, bei Naphthalin ist der Unterschied noch deutlicher ausgeprägt. Möglicherweise zeigt sich hier bereits das Vermögen von Emission und Migration aus dem Material in die Umgebung über einen Zeitraum von einigen Jahrzehnten in messbaren Zahlenwerten.

4.2 Raumlufuntersuchungen

Die durchgeführten Statusmessungen der Raumluf weisen Summenkonzentration der 16 PAK nach EPA von 5.200 ng/m³ bis 52.000 ng/m³ auf. Im Mittel wird dabei eine Summenbelastung von 27.000 ng/m³ bestimmt. Für das leichtflüchtige Naphthalin werden Konzentrationen im Bereich von 1.300 ng/m³ bis 35.000 ng/m³, im arithmetischen Mittel von knapp 10.000 ng/m³ festgestellt. Neben Naphthalin dominieren auch die leicht flüchtigen PAK Acenaphthen, Fluoren und Phenanthren das Raumlufspektrum. Die schwererflüchtigen PAK ab Chrysen werden in Konzentrationen bis zu einigen Nanogramm je Kubikmeter ermittelt. Die Konzentrationen variieren recht deutlich um etwa eine Größenordnung, bei nicht zu großen Temperaturschwankungen um die 20 °C. Wesentliche statistische Kenngrößen hierzu sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Statusmessungen in 16 Räumen mit Homogenasphaltplatten – Statistische Kenngrößen

Statusmessungen	n	AM	Stabw	Min	P10	P50	P90	Max	Einheit
Temperatur	16	20,0	2,0	15	17	20	22	22	°C
Feuchtigkeit	8	41,0	9,9	29	30	44	50	58	% r.F.
Naphthalin	16	9700	10000	1300	1800	5100	23000	35000	ng/m ³
Acenaphthylen	16	25	17	4,9	7	23	47	55	ng/m ³
Acenaphthen	16	6000	4500	500	1100	4000	11000	14000	ng/m ³
Fluoren	16	2800	1900	370	700	2400	5100	6100	ng/m ³
Phenanthren	16	7300	6000	670	1300	5800	14000	20000	ng/m ³
Anthracen	16	370	350	18	37	290	830	1100	ng/m ³
Fluoranthen	16	780	720	28	43	730	1700	2100	ng/m ³
Pyren	16	380	380	7,3	14	320	910	1100	ng/m ³
Chrysen	16	2,0	1,8	0,2	0,2	2,1	3,2	7,3	ng/m ³
Benzo(a)anthracen	16	4,6	5,3	0,15	0,15	3,2	7,4	21	ng/m ³
Benzo(b)fluoranthen	16	2,0	3,0	0,15	0,15	0,7	2,2	12	ng/m ³
Benzo(k)fluoranthen	16	1,0	1,3	0,15	0,15	0,5	1,7	5,4	ng/m ³
Benzo(a)pyren	16	0,6	0,6	0,15	0,15	0,3	1,2	2,1	ng/m ³
Indeno(1,2,3-cd)pyren	16	0,6	0,6	0,15	0,15	0,3	1,3	1,6	ng/m ³
Dibenzo(a,h)anthracen	16	0,2	0,1	0,15	0,15	0,2	0,3	0,4	ng/m ³
Benzo(g,h,i)perylene	16	0,5	0,5	0,15	0,15	0,3	1,2	1,4	ng/m ³
PAK-Summe	16	27000	17000	5200	7200	26000	50000	52000	ng/m ³
KE-Summe	16	32	19	8,3	9,1	28	59	63	-

AM = Arithmetisches Mittel, Stabw = Standardabweichung, Min = Minimale Konzentration, Max= maximale Konzentration, P10 = 10 Perzentilwert, P50 = 50 Perzentilwert, P90 = 90 Perzentilwert

Es ist zu vermuten, dass die Konzentrationsunterschiede auf eine Vielzahl von Ursachen zurückzuführen sind. Folgende werden beispielsweise aufgeführt:

- Verweilzeit der Homogenasphaltplatten im Raum (Unterschiede von 15 Jahren)
- zwischenzeitlich erfolgte Renovierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung des zeitlichen Abstands zur Messung
- der Oberflächenzustand der Homogenasphaltplatten
- das Verhältnis aus Homogenasphaltfläche zum Raumvolumen
- die Überdeckung der Homogenasphaltplatten mit anderen Bodenbelägen (hier bei 5 Messungen)
- Unterschiede durch das Vermögen anderer Materialien Sekundärbelastungen auszubilden
- Anreicherungsdauer bis zur Messung (Unterschiede von mehreren Stunden möglich)

Festzustellen ist trotz der deutlichen Konzentrationsunterschiede zwischen den Räumen, dass die von Luther et. al. im Jahre 1990 (Größenordnung der PAK-Summenkonzentration etwa 15 ng/m³) und von Zwiener et. al. im Jahre 1996 (etwa 600 ng/m³) ermittelten Raumlufthalte deutlich überschritten werden. Dabei sind gegenüber den höheren Werten von Zwiener et. al. aktuell Raumlufthalte von ein bis zwei Größenordnungen höher festzustellen. Einige mögliche Ursachen (Veränderung des Messverfahrens, Änderung des Oberflächenzustands der Homogenasphaltplatten) hierzu wurden bereits einleitend genannt. Eine weitere Erklärung könnte in der Verweildauer der Homogenasphaltplatten im Raum, einhergehend mit der Ausbildung von Sekundärquellen, gesehen werden.

Kritisch hinterfragt werden muss der Vergleich aktueller mit den damaligen Messwerten insbesondere auch aufgrund möglicherweise unterschiedlicher Messrahmenbedingungen (Raumsituation), die den älteren Studien nicht zu entnehmen waren.

Neben der substanzspezifischen Aufschlüsselung der Untersuchungsergebnisse in Tabelle 1 ermöglicht Abbildung 2 eine raumbezogene Übersicht der PAK-Summenkonzentration, des Naphthalin gehaltes und des Summenkanzerogenitätsequivalents (KE). Insgesamt konnte in 13 von 16 Räumen ein PAK-Summengehalt von mehr als 10.000 ng/m³, in 10 Räumen von 20.000 ng/m³ oder mehr und noch in der Hälfte der Räume von 30.000 ng/m³ oder mehr ermittelt werden. Ein Viertel der Räume wies mehr als 40.000 ng/m³ in der Raumlufthalte auf.

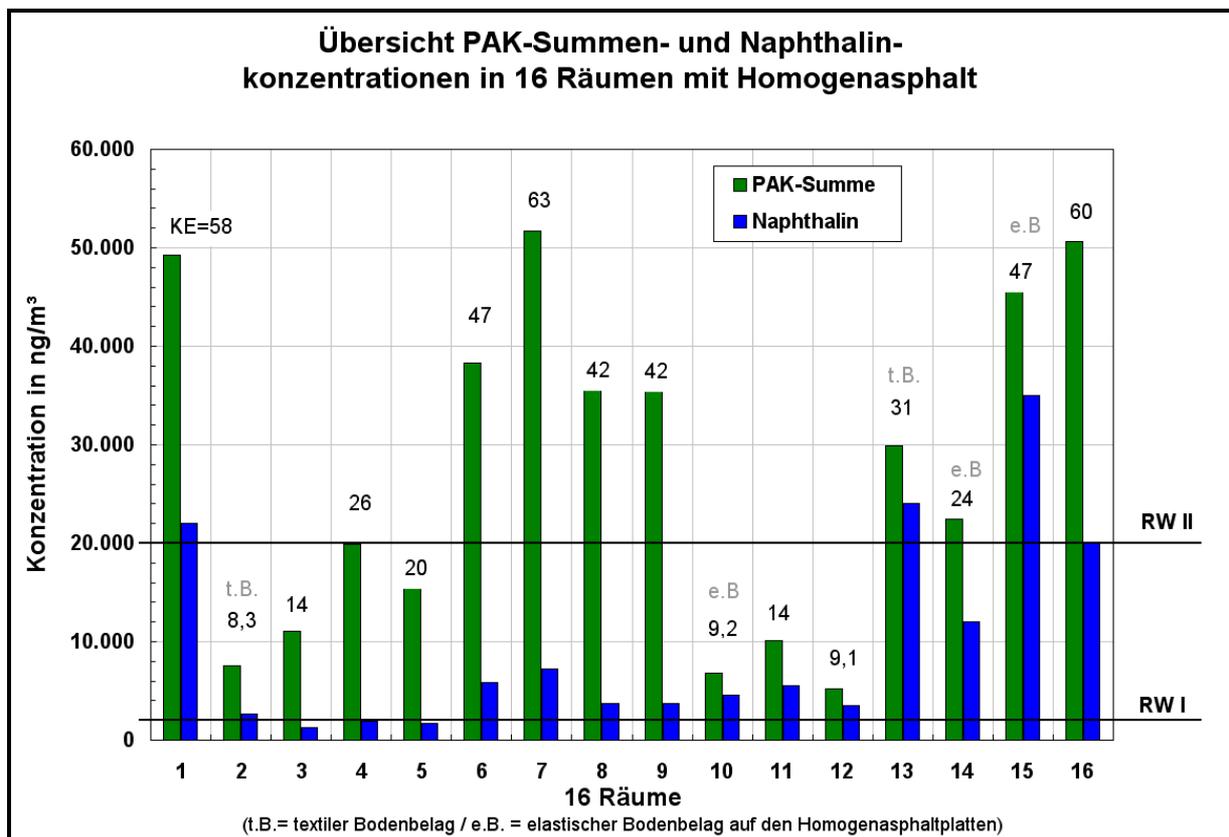


Abbildung 2: PAK-Summen- und Naphthalin- Raumlufthalte sowie Angabe des Summen-Kanzerogenitätsequivalents (KE) in 16 Räumen mit Homogenasphalt im Messzeitraum 2007 bis 2010

Aufgrund der Ähnlichkeit der Substanzspektren korreliert das Summen- Kanzerogenitätsequivalent (KE) in Näherung mit der PAK-Summe. In 13 von 16 Räumen wurde der durch Weis et. al [12] vorgeschlagene Interventionswert von 10 überschritten, in 11 Räumen liegt die KE-Summe über 20. Zudem ist auch eine Richtwert I – Überschreitung in 13 und eine Richtwert II- Überschreitung für Naphthalin in 4 Räumen feststellbar (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Anzahl von Richtwert- und Orientierungswertüberschreitungen bei Statusmessungen in 16 Räumen mit Homogenasphaltplatten

Gesamtanzahl n = 16	Kriterium	Anzahl	Prozent
Naphthalin RW I – Überschreitungen	$\geq 2.000 \text{ ng/m}^3$	13	81
Naphthalin RW II – Überschreitungen	$\geq 20.000 \text{ ng/m}^3$	4	25
Interventionswertüberschreitungen Summen-KE	≥ 10	13	81

Die ermittelten Raumlufkonzentrationen zeigen in der Mehrzahl der Räume Handlungsbedarf für die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen auf, die sich ergänzend auch durch die Geruchsbelästigungen begründen lassen. Statt einer Änderung der Raumnutzung oder des Nutzungsverhaltens werden in der Regel nachhaltige bautechnische Lösungen seitens der Bauherren favorisiert und wurden in diesen konkreten Fällen mittlerweile umgesetzt.

4.3 Untersuchungen von sekundärkontaminierten Materialien

Die Untersuchung von Materialien in Räumen mit Homogenasphaltplatten zeigen innerhalb einzelner Materialgruppen deutliche bis hohe Konzentrationsunterschiede auf. Es ist zu vermuten, dass diese Unterschiede durch die nicht mehr ermittelbaren und vermutlich recht unterschiedlichen Aufenthaltszeiten der Materialien im Raum, der Lage im Raum und der Entfernung zur Primärquelle, dem Verhältnis von Primärquellenfläche zu Raumvolumen und dem Luftwechsel sowie durch Unterschiede in der chemischen Struktur der Materialien hervorgerufen werden.

Insgesamt lassen sich daher durch die Bildung des arithmetischen Mittelwertes nur orientierende Größenordnungen der PAK-Sekundärbelastungen einzelner Materialgruppen ableiten, die in Tabelle 3 zusammengestellt wurden.

Tabelle 3: PAK-Konzentrationen sekundärbelasteter Materialien (Mittelwerte) in Räumen mit Homogenasphalt, Angaben in mg/kg

	Primär- quelle	Sekundärkonzentrationen						
Material	Homogen- asphalt	Farben, Lacke				Putz	Beton	Textilien
Unterteilung	-	gesamt	v. Wand	v. Decke	v. Holz	-	-	-
Anzahl Messwerte	8	26	9	5	8	3	4	2
Naphthalin	27	5,6	6,6	1,0	9,7	0,2	0,1	1,3
Acenaphthylen	8,4	1,1	0,4	0,2	2,7	0,1	0,2	0,3
Acenaphthen	190	12	20	1,8	11	0,4	0,4	14
Fluoren	200	11	16	2,2	12	0,3	0,3	15
Phenanthren	2200	280	310	13	460	3,1	9,3	140
Anthracen	430	19	24	0,5	30	0,3	0,7	14
Fluoranthren	2500	280	210	6,0	540	2,1	6,6	87
Pyren	1700	180	140	2,1	350	1,0	4,2	45
Chrysen	1300	3,6	0,6	0,3	10	0,3	4,4	2,3
Benzo(a)anthracen	1200	19	4,2	0,5	55	0,3	6,4	1,3
Benzo(b)fluoranthren	970	11	1,0	0,3	33	0,3	5,5	0,2
Benzo(k)fluoranthren	780	9,0	0,8	0,3	28	0,2	3,7	0,2
Benzo(a)pyren	900	3,4	0,6	0,4	10	0,3	4,0	0,4
Indeno(1,2,3-cd)pyren	520	7,4	0,6	0,4	23	0,3	2,7	0,4
Dibenzo(a,h)anthracen	210	1,2	0,4	0,4	3,2	0,3	1,1	0,4
Benzo(g,h,i)perylene	490	4,0	0,5	0,3	12	0,3	2,7	0,4
PAK-Summe	13.700	850	740	30	1.600	9,8	52	320

Es zeigte sich, dass insbesondere Farben und Lacke (von Wänden, Fußleisten, Türzargen, usw.) mit gemittelten Summenbelastungen von 850 mg/kg hohe, textile Bezüge (z.B. von Stühlen) mit 320 mg/kg deutliche, die Betonsohlen mit 52 mg/kg leicht erhöhte und Putz (von Wänden und Decken) mit knapp 10 mg/kg geringe Sekundärbelastungen mit PAK aufweisen. Ähnlich wie schon bei den Homogenasphaltplatten selbst, werden hierbei überwiegend Phenanthren, Fluoranthren und Pyren in den höchsten Konzentrationen nachgewiesen.

Bei der Durchführung von PAK-Sanierungen in Räumen mit Homogenasphalt zeigt die Erfahrung, dass besonders großflächige und höher sekundärbelastete Materialien (z.B. Wandfarben) mit saniert werden müssen. Häufig müssen sie sachgerecht entfernt werden, insbesondere wenn das Erreichen der üblichen Zielwerte in der Raumluft (Naphthalin <2.000 ng/m³ und Summen-Karzinogenitätsäquivalent < 2) angestrebt wird.

Deutliche PAK-Sekundärkontaminationen wurden auch in Inventar, insbesondere in Büchern ermittelt, vgl. hierzu Weis et.al. [13].

5. Zusammenfassung

In den meisten Fällen bilden Geruchsbeschwerden der Raumnutzer oder die Erstellung vorbeugender Schadstoffkataster den Anlass zu den Untersuchungen hinsichtlich Belastungen ausgehend von Homogenasphaltplatten. Die ermittelten Ergebnisse der Raumluftmessungen in Räumen mit Homogenasphaltplatten zeigen gegenüber früheren Untersuchungen eine deutlich höhere PAK-Raumluftbelastung auf. Vorhandene Richtwerte für die Innenraumluft werden hier teilweise deutlich überschritten. Als eine wesentliche Ursache sind hier Veränderung in den analytischen Verfahren anzusehen, bei denen auch flüchtigere PAK erfasst werden. Andere Einflussfaktoren können jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Die aus 1991 stammenden Hinweise des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes hinsichtlich einer Belastung mit PAK ausgehend von Homogenasphaltplatten sollten daher überdacht werden.

Im Falle von Sanierungen empfiehlt es sich insbesondere deutlich bis hoch sekundär belastete Materialien (überwiegend Farben und Lacke sowie textile Stoffbezüge, in Bibliotheken auch Bücher) in die Sanierungskonzepte mit einzubeziehen.

Literatur

[1] - Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (2004): Asphalt-Fußbodenplatten, 401, BayLfU 2004 – 3/8

[2] - DIN ISO 12884 (1998): Bestimmung von gasförmigen und partikelgebundenen polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in der Außenluft – Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien und anschließender gaschromatographischer/massenspektrometrischer Analyse, Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

[3] - DIN EN ISO 16000-12 (2008): Probenahmestrategie für polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Dibenz-p-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

[4] - Empfehlung des Bundesgesundheitsamtes (BGA) zu Asphalt-Fußbodenplatten, Bundesgesundheitsamt 8/91

[5] - ISO 16000-1 E (2004): General aspects of sampling strategy, Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

[6] - KÖHLER, M., WEIS, N., ZORN, Ch. (2004): Luftgetragene PAK-Belastungen in Innenräumen – Vorkommen, Quellen und Bewertung. In: AGÖF (Hrsg.): Umwelt, Gebäude & Gesundheit. S. 298 - 308, Springer Eldagsen

[7] - LUTHER, M., MORISKE, H.-J., RÜDEN, H. (1990): Raumluftbelastungen mit polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) bei Verwendung von Asphalt-Fußbodenplatten. Forum Städte-Hygiene 41 (1990), S. 95-103

[8] – SAGUNSKI, H.; HEGER, W. (2004): Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin; Behörde für Umwelt und Gesundheit, Hamburg; Umweltbundesamt, Berlin; erschienen im Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 7 • 2004, S. 705 bis 711

[9] - VDI 4300 Blatt 1 (1995): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Allgemeine Aspekte der Messstrategie, Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

[10] - VDI 4300 Blatt 2 (1997): Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messstrategie für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs), polychlorierte Dibenz-p-dioxine (PCDDs), polychlorierte Dibenzofurane (PCDFs) und polychlorierte Biphenyle (PCBs), Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

[11] - VDI 3875 Blatt 1 (1996): Messen von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) – Gaschromatographische Analyse, Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, mittlerweile ersatzlos gestrichen

[12] - WEIS, N.; KÖHLER, M.; ZORN, C. (2007): Bewertung von PAK-Belastungen in Innenräumen anhand von Toxizitätsäquivalenten. In: AGÖF (Hrsg.): Umwelt, Gebäude & Gesundheit. S. 66 - 82, Springer-Verlag

[13] - WEIS, N.; KÖHLER, M.; MERTENS, J. (2010): Sekundärkontaminationen mit SVOC (PAK, PCN, PCB) in Büchern belasteter Bibliotheken. AGÖF (Hrsg.): Umwelt, Gebäude & Gesundheit. 2010.

[14] - ZORN, C.; KÖHLER, M.; WEIS, N.; SCHARENBERG, W (2005): Proposal for Assessment of Indoor Air polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH). 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Beijing, China

[15] - ZWIENER, G. (1997): Handbuch Gebäude-Schadstoffe S. 403 – 407, Verlag R. Müller, Köln, ISBN 3-481-01176-8, daraus ZWIENER, KRIEG (ECO-Luftqualität + Raumklima GmbH/ECO-Umweltinstitut GmbH) mit der Darstellung 1996 ermittelter PAK Raumluftmittelwerte von drei Messungen an einem Standort.