



BK-Report 2/2013

BaP-Jahre

BK-Report 2/2013

BaP-Jahre

Hinweise der DGUV zur Ermittlung der Benzo[a]pyren-Dosis (BaP-Jahre) für die Berufskrankheit Nummer 4113 „Lungenkrebs durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis von mindestens 100 Benzo[a]pyren-Jahren [$(\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{Jahre}$]“ sowie für die Berufskrankheit Nummer 4114 „Lungenkrebs durch das Zusammenwirken von Asbestfaserstaub und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis, die einer Verursachungswahrscheinlichkeit von mindestens 50 Prozent nach der Anlage 2 entspricht“

Broschürenversand: bestellung@dguv.de

Publikationsdatenbank: www.dguv.de/publikationen

Umschlagfoto: Jürgen Seidel, Köln

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)
Mittelstraße 51, D – 10117 Berlin
Telefon: 030 288763800
Telefax: 030 288763808
Internet: www.dguv.de
E-Mail: info@dguv.de
– August 2013 –

Satz und Layout: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)

Druck: Medienhaus Plump, Rheinbreitbach

ISBN (print): 978-3-86423-053-0
ISBN (online): 978-3-86423-054-7

Kurzfassung

BK-Report „BaP-Jahre“

Lungenkrebs, verursacht durch die arbeitsbedingte Einwirkung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK), kann unter folgenden Berufskrankheiten-Nummern (BK-Nrn.) anerkannt werden:

- BK-Nr. 4113 „Lungenkrebs durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis von mindestens 100 Benzo[a]pyren-Jahren [$\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{Jahre}$]“
- BK-Nr. 4114 „Lungenkrebs durch das Zusammenwirken von Asbestfaserstaub und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis, die einer Verursachungswahrscheinlichkeit von mindestens 50 % nach der Anlage 2 entspricht“

Bei der Arbeitsanamnese in Ermittlungsverfahren zu den BK-Nrn. 4113 und 4114 erstreckt sich die Recherche wegen der langen Latenzzeiten auf lang zurückliegende Arbeitsplatz-

verhältnisse und Tätigkeiten. Der in der zweiten Auflage vorliegende BK-Report „BaP-Jahre“ soll den Unfallversicherungsträgern bei der Erstellung der qualifizierten Arbeitsanamnese gezielte Hinweise zu PAK-Expositionen an nicht mehr vorhandenen und auch nicht mehr reproduzierbaren Arbeitsplätzen liefern. Die in diesem Report aufgeführten Expositionsdaten stammen überwiegend aus der Expositionsdatenbank MEGA des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA). Weiterhin werden die Vorgaben für die qualifizierte Ermittlung der Benzo[a]pyren-Jahre zusammenfassend dargestellt. Beiträge über das Vorkommen von PAK, Messverfahren sowie gesetzliche Regelungen wie Grenzwerte und Einstufungen runden den Report ab.

Die in diesem BK-Report zusammengestellten Hinweise sollen das Feststellungsverfahren beschleunigen und eine einheitliche Beurteilungspraxis sicherstellen.

Abstract

BK Report: BaP years

Lung cancer caused by occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) may be formally recognized in Germany as an occupational disease under the following occupational disease (BK) numbers:

- BK 4113: Lung cancer caused by polycyclic aromatic hydrocarbons with demonstration of exposure to a cumulative dose of at least 100 benzo[a]pyrene years [$(\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{years}$]
- BK 4114: Lung cancer caused by the combined action of asbestos fibre dust and polycyclic aromatic hydrocarbons with demonstration of exposure to a cumulative dose corresponding to a probability of causation of at least 50% in accordance with Annex 2

During procedures for the investigation of cases of BKs 4113 and 4114, study of the work history extends to workplace conditions and tasks in the distant past, owing to the long

latency times. The second edition of the BK Report on BaP years is intended to provide the social accident insurance institutions with specific information on PAH exposure at workplaces which no longer exist and can no longer be reproduced, for the purpose of generating qualified work histories. The exposure data published in this report were sourced for the most part from the MEGA exposure database of the Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA). The criteria for qualified assessment of the benzo[a]-pyrene years were also summarized. Information on the incidence of PAHs, measurement methods, and statutory provisions, for example governing limit values and classifications, complete the report.

The information collated in this BK report is intended to speed up investigations and to assure that assessments are performed uniformly.

Résumé

Compte rendu MP – années de B[a]P

Un cancer du poumon provoqué par une exposition professionnelle à des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) peut être reconnu comme une des maladies professionnelles (MP) suivantes :

- MP n° 4113 « Cancer du poumon dû à des hydrocarbures aromatiques polycycliques en cas d'exposition attestée à une dose cumulée d'au moins 100 années de benzo[a]pyrène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$ · années] »,
- MP n° 4114 « Cancer du poumon dû aux effets combinés de la poussière de fibres d'amiante et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques en cas d'exposition attestée à une dose cumulée qui correspond à une probabilité de causalité d'au moins 50 % selon l'annexe 2 ».

Les recherches effectuées pour établir l'anamnèse professionnelle dans le cadre des MP 4113 et 4114 ont trait à des conditions de travail et des activités très anciennes du fait des longues périodes de latence. La présente deuxième édition du compte rendu MP « Années de B[a]P » a pour objet

de donner aux organismes d'assurance sociale allemande des accidents du travail et des maladies professionnelles des informations ciblées sur l'exposition à des HAP à des postes de travail qui n'existent plus et ne peuvent plus être recréés, afin de faciliter l'établissement de l'anamnèse professionnelle qualifiée. Les données d'exposition mentionnées dans ce compte rendu proviennent principalement de la base de données d'exposition MEGA de l'Institut de santé et sécurité du travail de l'Assurance sociale allemande des accidents du travail et maladies professionnelles (IFA). En outre, les instructions pour la détermination qualifiée des années de benzo[a]pyrène sont également résumées dans ce compte rendu, qui se termine par des informations sur les professions exposées aux HAP, les méthodes de mesure ainsi que les dispositions légales (valeurs limites, classification, etc.).

Les connaissances regroupées dans ce compte rendu MP doivent permettre d'accélérer la procédure de constatation des maladies professionnelles et d'unifier les méthodes d'évaluation.

Resumen

Informe sobre enfermedades profesionales; años de BP (benzopirenos)

El cáncer de pulmón, causado por el efecto, condicionado por la profesión, de la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), puede ser reconocido como enfermedad profesional bajo los siguientes números (N.º de enfermedad profesional):

- N.º de enfermedad profesional 4113 «Cáncer de pulmón por hidrocarburos aromáticos policíclicos con la prueba del efecto de una dosis acumulativa de como mínimo 100 años de benzopirenos [$(\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{años}$]»,
- N.º de enfermedad profesional 4114 «Cáncer de pulmón por el efecto combinado de polvo de fibra de amianto e hidrocarburos aromáticos policíclicos con la prueba del efecto de una dosis acumulativa, que corresponde a una probabilidad de motivación de como mínimo el 50 % según el Anexo 2».

Para realizar la anamnesis laboral, en el proceso de cálculo relativo a los números de enfermedades profesionales 4113 y 4114, la investigación abarca condiciones laborales y tareas muy remotas debido a los largos periodos de latencia. La segunda edición

del presente informe sobre enfermedades profesionales «Años de BP (benzopirenos)» debe proporcionar los indicios directos de las exposiciones a los HAP en puestos de trabajo que ya no existen y que tampoco se pueden reproducir a los aseguradores de accidentes laborales, para que estos puedan elaborar la anamnesis laboral cualificada. Los datos de exposición mencionados en este informe provienen principalmente de la base de datos sobre exposiciones MEGA del Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, IFA (Instituto de la Seguridad Laboral del Seguro de Accidentes Legal Alemán). En adelante, se muestran de forma resumida las especificaciones para calcular de forma cualificada los años de benzopirenos. Las contribuciones sobre la existencia de HAP, los procesos de medición y las normativas legales, así como los valores límite y las clasificaciones complementan el informe.

Las indicaciones recogidas en este informe sobre enfermedades profesionales deben acelerar el proceso de determinación y garantizar la práctica de evaluación homogénea.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung.....	11
1 Berufskrankheiten durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	13
1.1 Allgemeines	13
1.2 Synkanzerogenese (BK-Nr. 4114)	13
2 Vorkommen und Messverfahren.....	17
2.1 Vorkommen.....	17
2.2 Messverfahren für BaP.....	19
3 Grenzwerte, Einstufungen und Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) für Benzo[a]pyren (BaP) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	21
3.1 Bundesrepublik Deutschland	21
3.2 Deutsche Demokratische Republik (DDR)	22
3.3 Europäische Union	23
3.4 Andere Grenzwerte.....	23
4 Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der Ermittlung der Benzo[a]pyren-Jahre (BaP-Jahre)	25
5 Hinweise für die Ermittlung der Benzo[a]pyren-Jahre (BaP-Jahre)	27
5.1 Definition des BaP-Jahrs.....	27
5.2 Normierung von Arbeitstagen pro Jahr und Schichtlänge.....	27

5.3	Berechnung der BaP-Jahre	27
5.3.1	Schichtexposition	28
5.3.2	Verkürzte und sporadische Exposition	28
5.3.3	Verlängerte Exposition.....	28
5.4	Verwendung von Schicht- und Tätigkeitswerten.....	28
5.5	Worst-case-Berechnungen.....	29
5.6	Arbeitstechnische Stellungnahme und Berechnung der BaP-Jahre.....	29
6	Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition	31
6.1	Betriebs- und Expositionsdaten aus der Expositionsdatenbank MEGA.....	31
6.2	Zusammenfassende Übersicht über die Expositionsdaten aus MEGA	34
6.3	Expositionsdaten aus weiteren Quellen	35
6.4	Expositionsdaten zu branchenspezifischen Arbeitsbereichen und Tätigkeiten.....	36
6.4.1	Bauwirtschaft.....	36
6.4.2	Chemische Industrie.....	53
6.4.3	Herstellung von Werkstoffen aus Kohlenstoff und Elektrographit	58
6.4.4	Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik-Industrie.....	61
6.4.5	Entsorgung.....	62
6.4.6	Gastronomie (Tabakrauch)	62
6.4.7	Glasindustrie.....	63
6.4.8	Holz- und Papiergewerbe.....	64
6.4.9	Keramikindustrie.....	66
6.4.10	Metallerzeugung	67
6.4.11	Metallverarbeitung, Maschinen-/Fahrzeugbau.....	73
6.4.12	Nahrungs- und Genussmittelherstellung – Fleisch-/Fischräucherer	75
6.4.13	Transport, Umschlag von Strangpech im Seehafen, Seeschifffahrt.....	77
6.4.14	Steinkohlekokerei	80
7	Musterbeispiele für die Berechnung der Benzo[a]pyren-Jahre (BaP-Jahre).....	81
7.1	Anleitung zur Ermittlung	81
7.2	Ermittlung der BaP-Jahre.....	83

Literatur	87
Stichwortverzeichnis	91
Abkürzungsverzeichnis	101
Autorenverzeichnis	103
Anhang 1:	
Messverfahren.....	105
1 Probenahmeverfahren.....	105
2 Analysenverfahren	106
2.1 Extraktion.....	106
2.2 Probenaufarbeitung	106
2.3 Dünnschichtchromatografie	107
2.4 Gaschromatografie.....	107
2.5 Hochleistungsflüssigkeitschromatografie	107
3 Messverfahren für CTPV (coal tar pitch volatiles)	108
3.1 Probenahmeverfahren für CTPV	108
3.2 Analysenverfahren für CTPV.....	108
Literatur	108
Anhang 2:	
Benzo[a]pyren (BaP) – Vorkommen in der Umwelt	111
Anhang 3:	
Tabelle aus Anlage 2 der 2. Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung.....	115
Anhang 4:	
Auszug aus der Vereinbarung über die Zuständigkeit bei Berufskrankheiten (VbgBK) vom 1. April 1994 in der Fassung vom 1. Januar 1997 (Arbeitshinweise/Erläuterungen, Stand September 2010).....	125

Einleitung

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, englisch: polycyclic aromatic hydrocarbons = PAH) sind eine Substanzklasse, die mehrere hundert Einzelverbindungen umfasst. Die erwiesene human-karzinogene Wirkung von PAK-Gemischen wird in erster Linie auf die polyzyklischen Aromaten mit vier bis sieben Ringen zurückgeführt. Benzo[a]pyren (BaP) als ein relativ stark karzinogener Vertreter dieser Fraktion wird als Leitsubstanz für die Abschätzung der karzinogenen Wirkungsstärke von PAK-Gemischen verwendet. Die Exposition zusätzlicher krebserzeugender Stoffe im Arbeitsbereich muss gegebenenfalls gesondert betrachtet werden.

In den letzten Jahren sind die gesetzlichen Grundlagen zur Anerkennung von Lungenkrebs durch die Einwirkung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) erheblich verändert und ausgebaut worden. Lungenkrebs, verursacht durch die arbeitsbedingte Einwirkung von PAK, kann nunmehr unter folgenden Berufskrankheiten (BK)-Nummern anerkannt werden:

- BK-Nr. 4110
„Bösartige Neubildungen der Atemwege und der Lungen durch Kokereirohgas“ [1]
- BK-Nr. 4113
„Lungenkrebs durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis von mindestens 100 Benzo[a]pyren-Jahren [$\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{Jahre}$]“ [2]

- BK-Nr. 4114
„Lungenkrebs durch das Zusammenwirken von Asbestfaserstaub und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis, die einer Verursachungswahrscheinlichkeit von mindestens 50 % nach der Anlage 2 entspricht“ [3]

Im BK-Verfahren zur BK-Nr. 4113 ist als Dosisgrenzwert für eine ausreichende Exposition der Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis von mindestens 100 BaP-Jahren erforderlich. Die kumulative Dosis ist das Produkt aus Arbeitsplatzkonzentration und Zeit [$\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{Jahre}$] und wird in Benzo[a]pyren-Jahren (BaP-Jahren) angegeben.

Die BK-Nr. 4114 sieht einen kumulativen Grenzwert auf der Basis eines additiven Wirkungszusammenhanges von Asbestfaserstaub und BaP vor, wenn im Einzelfall bei Expositionen gegenüber beiden Noxen keiner der beiden Grenzwerte (25 Asbestfaserjahre, 100 BaP-Jahre) erreicht wird. Im BK-Verfahren zur BK-Nr. 4110 wird eine Berechnung der BaP-Jahre nicht benötigt.

BaP und andere PAK entstehen bei der unvollständigen Verbrennung und beim Erhitzen von organischem Material unter Sauerstoffausschluss (Pyrolyse). An Arbeitsplätzen findet man PAK bei der Hochtemperaturbehandlung organischer Materialien zur großtechnischen Gewinnung von Destillaten und Rückständen für eine Reihe von Verwendungszwecken. Die größte technische

Einleitung

Bedeutung hat hierbei die Verarbeitung der Steinkohle durch Verkokung zu Steinkohlenkoks und Steinkohlenteer sowie deren Weiterverarbeitung. Weitere Expositionsmöglichkeiten sind im branchenspezifischen Kapitel 6 dargestellt, in dem Arbeitsplatzmesswerte auf der Basis von BaP-Konzentrationen angegeben sind.

PAK-verursachte Lungenkrebskrankungen zeichnen sich durch lange Latenzzeiten aus. Daher sind überwiegend Arbeitsplatzbedingungen zu ermitteln, die sehr lange zurückliegen. Der vorliegende Report soll den Unfallversicherungsträgern bei der Erstellung der qualifizierten Arbeitsanamnese gezielte Hinweise zu BaP-Expositionen an nicht mehr vorhandenen und nicht mehr reproduzierbaren Arbeitsplätzen liefern.

Die für diesen BK-Report zugrunde gelegten Messergebnisse stammen überwiegend aus Messungen im Rahmen des Messsystems Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU), dokumentiert in der Expositionsdatenbank MEGA (Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz) des IFA [4]. Die Messungen der BaP-Konzentrationen an Arbeitsplätzen seit der Einführung der Überwachungspflicht für krebserzeugende Stoffe im Jahre 1980 belegen die Expositionsverhältnisse gewerbe- und arbeitsbereichsspezifisch.

Darüber hinaus wurden Veröffentlichungen aus der nationalen und internationalen Literatur zu einzelnen Tätigkeiten sowie Messungen von inner- und außerbetrieblichen Messstellen berücksichtigt. Zur Sichtung und Bewertung dieser Daten wurde bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) ein interdisziplinärer Arbeitskreis gebildet, der einheitliche Beurteilungskriterien und Vorgaben zur qualifizierten Ermittlung der BaP-Jahre entwickelt hat.

Die in diesem Report zusammengestellten Hinweise zur Ermittlung der kumulativen BaP-Dosis am Arbeitsplatz sollen das Feststellungsverfahren beschleunigen und eine einheitliche Beurteilungspraxis sicherstellen.

Der Report ist eine aktuelle Bestandsaufnahme der zurzeit vorliegenden Daten. Eine Fortschreibung dieses Reports auf der Grundlage neuerer Erkenntnisse und Messdaten ist geplant.

Der Arbeitskreis ist auch als Beratungs- und Informationsstelle tätig, und zwar insbesondere für die Unfallversicherungsträger, die bisher in diesem Bereich wenig Erfahrungen sammeln konnten. Entsprechende Anfragen sind unter Beifügung anonymisierter Akten an folgende Anschrift zu richten:

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Clearingstelle BaP-Jahre
53754 Sankt Augustin

1 Berufskrankheiten durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

1.1 Allgemeines

Durch die 2. Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung (2. BKV-ÄndV) [5], inkraftgetreten am 1. Juli 2009, ist die Liste der Berufskrankheiten um die Positionen Lungenkrebs durch PAK sowie Lungenkrebs durch das Zusammenwirken von Asbestfaserstaub und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) ergänzt worden.

Lungenkrebs, verursacht durch die arbeitsbedingte Einwirkung von PAK, kann nunmehr unter folgenden BK-Nrn. anerkannt werden:

- BK-Nr. 4113
„Lungenkrebs durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis von mindestens 100 Benzo[a]pyren-Jahren $[(\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{Jahre}]$ “
- BK-Nr. 4114
„Lungenkrebs durch das Zusammenwirken von Asbestfaserstaub und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis, die einer Verursachungswahrscheinlichkeit von mindestens 50 % nach der Anlage 2 entspricht“.

Schon bisher konnten und können auch weiterhin Lungenkrebs und darüber hinaus andere bösartige Neubildungen der Atemwege, insbesondere Kehlkopfkrebs, entschädigt werden unter

- BK-Nr. 4110
„Bösartige Neubildungen der Atemwege und der Lungen durch Kokereirohgase“.

Hinweise zu Überlappungen zwischen den BK-Tatbeständen von BK-Nr. 4110 und BK-Nr. 4113 finden sich im Aufsatz „Aktuelle Änderungen der Verordnung über Berufskrankheiten“ [6].

Hautkrebserkrankungen nach Einwirkung von PAK sind unter

- BK-Nr. 5102
„Hautkrebs oder zur Krebsbildung neigende Hautveränderungen durch Ruß, Rohparaffin, Teer, Anthrazen, Pech oder ähnliche Stoffe“ zu subsumieren [7].

1.2 Synergiegenese (BK-Nr. 4114)

Bei der gleichzeitigen oder aufeinander folgenden Einwirkung von PAK und Asbest ist ein mindestens additives Zusammenwirken hinsichtlich der Tumorerkrankung im Bereich der Atemwege wissenschaftlich gesichert.

1 Berufskrankheiten durch PAK

Werden im Rahmen der Arbeitsanamnese neben Einwirkungen von PAK auch Asbestexpositionen ermittelt oder enthält der Auftrag an den Präventionsdienst eine entsprechende Vorgabe, muss neben der Berechnung der BaP-Jahre auch eine Berechnung der Asbestfaserjahre erfolgen [vgl. BK-Report 1/2013 „Faserjahre“]. Der Begriff „Faserjahr“ bezeichnet eine Dosisangabe, d. h. ein Produkt aus Arbeitsplatzkonzentration und Zeit. Es handelt sich um eine Konvention zur Beschreibung der kumulativen Asbestfaserstaub-Dosis. Ein Faserjahr entspricht einer arbeitstäglichen achtstündigen Einwirkung über ein Jahr von $1 \cdot 10^6$ Asbestfasern/m³ der kritischen Abmessungen (Länge > 5 µm, Durchmesser < 3 µm, Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis > 3 : 1) bei 240 Arbeitstagen.

Die Ermittlung der Faserjahre muss entsprechend den Vorgaben und Konventionen des BK-Reports „Faserjahre“ erfolgen. Die Ergebnisse zu allen Beschäftigungsverhältnissen sind in einem Bericht zusammenzustellen (vgl. DGUV-Formtexte J 6200-4113/4114).

Ermittlung der Verursachungswahrscheinlichkeit

Ergeben die Ermittlungen, dass sowohl PAK als auch Asbesteinwirkungen vorgelegen haben, sind die jeweiligen Dosiswerte zu berechnen. Wird bei Betrachtung der Einzelstoffeinwirkungen weder eine PAK-Dosis von 100 BaP-Jahren noch eine Asbestfaserdosis von 25 Faserjahren erreicht, ist zu prüfen, ob bei Kombination beider Dosiswerte die Verursachungswahrscheinlichkeit (VW) mindestens 50 % beträgt, sodass die „arbeitstechnischen“ Voraussetzungen der BK-Nr. 4114 bejaht werden können. Der

statistische Ansatz zur Bestimmung der relativen Risiken basiert auf dem additiven Risikomodell (vgl. Wissenschaftliche Begründung zur BK-Nr. 4114, Abschnitte 3 und 4). Zur Bestimmung ist die Tabelle der Anlage 2 der 2. BKV-ÄndV (Anhang 3 dieses Reports) zu verwenden.

Feststellung der Zuständigkeit

Vorgaben für die Gefährdungsbeurteilung, die zur Feststellung des zuständigen UV-Trägers notwendig sein können, enthält die „Vereinbarung über die Zuständigkeit bei Berufskrankheiten“ (VbgBK, [8], siehe Anhang 4 dieses Reports).

Die in diesem Zusammenhang maßgebliche Regelung lautet:

„Eine gefährdende Tätigkeit im Sinne der BK-Nr. 4114 liegt vor, wenn in einer Beschäftigung durch die Einwirkung von Asbest und/oder PAK eine Verursachungswahrscheinlichkeit von 10 % nach der Tabelle zur BK-Nr. 4114 erreicht oder überschritten wird.

Da die Tabelle nur volle Faser- und BaP-Jahre enthält, kann die Gefährdung auch nach der Summenformel

$$\frac{x}{25} + \frac{y}{100} \geq 0,1$$

Faserjahre BaP-Jahre

ermittelt werden. Die Summe muss den Wert 0,1 ergeben (10 % der Verdopplungsdosis).“

In diese Formel (sog. „Indexberechnung“) werden die ermittelten Dosiswerte für Asbest (x) und BaP (y) eingesetzt.

Hinweise für die Praxis

Der statistische Ansatz, der zur Bestimmung der relativen Risiken verwendet wird, basiert auf einem additiven Risikomodell. Die in Anhang 3 dieses Reports wiedergegebenen Verursachungswahrscheinlichkeiten (Tabelle aus Anlage 2 der 2. BKV-ÄndV) basieren auf der Formel:

$$VW = (RR_{BaP} + RR_{Asbest} - 2) / (RR_{BaP} + RR_{Asbest} - 1) \geq 0,5$$

$$\text{mit } RR_{BaP} = 1 + \text{BaP-Jahre}/100 \text{ und} \\ RR_{Asbest} = 1 + \text{Faserjahre}/25$$

Vergleicht man die Berechnungsergebnisse mit der Formel zur Bestimmung der Verursachungswahrscheinlichkeit einerseits und der Indexberechnung andererseits, stellt man abweichende Ergebnisse fest, wenn die Verursachungswahrscheinlichkeit von 50 % deutlich unterschritten wird. Erreicht die relevante Verursachungswahrscheinlichkeit wenigstens 50 %, wird jedoch mit beiden Berechnungsmethoden das jeweils gleiche Ergebnis ermittelt. Ein berechneter Index von 1 gemäß Indexberechnung entspricht einer Verursachungswahrscheinlichkeit von 50 %.

Die Berechnung der Verursachungswahrscheinlichkeit bzw. des Indexwertes ist erst dann durchzuführen, wenn sämtliche Einzeldosiswerte ermittelt und aufsummiert wurden.

2 Vorkommen und Messverfahren

2.1 Vorkommen

Benzo[a]pyren (BaP) tritt stets vergesellschaftet mit anderen z. T. ebenfalls krebserzeugenden Stoffen in Pyrolyseprodukten aus organischem Material auf. Pyrolyseprodukte aus organischem Material sind u. a. Steinkohlen- und Braunkohlenteer, Kokereiöle, Pyrolyseöle aus der Pyrolyse von Erdölfractionen, von Altreifen und Kunststoffabfällen. Die größte technische Bedeutung hat Steinkohlenteer aus der Verkokung von Steinkohle.

Der Gehalt an PAK im Steinkohlenteer liegt im Bereich von 30 % und mehr. In Braunkohlenteer liegen die Gehalte unter 10 % [9]. Weiter ist zu beachten, dass der PAK-Gehalt in Produkten aus Steinkohle um Größenordnungen höher liegt als in vergleichbaren Veredelungsprodukten aus Erdöl (z.B. Bitumen).

Pyrolyseprodukte aus organischem Material können unter besonderen Bedingungen, auch bei der Verarbeitung anderer Stoffe, unbeabsichtigt freigesetzt werden. Hierzu zählen u. a.:

- Gießen von Eisen und Stahl bei Anwesenheit organischer Materialien
- thermische Bearbeitung von steinkohlenteerimprägnierten Holzschwellen
- Verbrennungsprozesse in Heizungsanlagen mit unvollständiger Verbrennung

- elektrolytische Prozesse unter Einsatz kohlenstoffhaltiger Elektroden

Einige technisch hergestellte Pyrolyseprodukte werden in Destillate und Destillationsrückstände aufgetrennt und in der Regel nach physikalischer und/oder chemischer Nachbehandlung technisch verwendet:

- Herstellung reiner Verbindungen in der chemischen Industrie, z. B. Benzol, Xylol, Naphthalin, Anthracen, Phenanthren, Pyren, Carbazol
- Herstellung von technischen Rußen für die Reifen- und Druckfarbenherstellung
- Herstellung von Holzschutz-, Extraktions- und Lösemitteln

Die Destillationsrückstände (Pech) finden fast ausschließlich Verwendung in der metallurgischen Industrie, z. B. zur Herstellung von Kohlenstoffelektroden für die Aluminium- und Stahlerzeugung sowie von Werkstoffen aus Kohlenstoff und Elektrografit. In der Vergangenheit wurde Teerpech in größeren Mengen auch in der Bauwirtschaft eingesetzt.

Teere und Pech fanden darüber hinaus u. a. in der Feuerfestindustrie zum Herstellen feuerfester Steine, in der Eisen-Hüttenindustrie bei Verwendung besonderer Feuerfestprodukte sowie in der optischen Industrie als Kittmittel bei der Linsenherstellung Anwendung.

2 Vorkommen und Messverfahren

Teeröle verwendete man in der Bauindustrie als Plastifizierungs- und Bindemittel in Straßenbaustoffen und für Schwarzanstrichstoffe, z. B. beim Dachdecken und Isolieren. Bitumen wird durch Destillationen aus Erdöl gewonnen. Es ist kein Pyrolyseprodukt und enthält selten mehr als 100 mg/kg PAK.

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse von PAK-Analysen in Bitumen aus der Bundesrepublik Deutschland [10].

Aus der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) liegen Analysendaten zu BaP-Gehalten in Bitumen vor. Das Petrochemische Kombinat Schwedt führte 1972 in einem gemeinsamen Projekt mit dem Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke Untersuchungen zu Benzo[a]pyren in Bitumen B 80 und B 200 durch. Bitumen aus sowjetischem Erdöl enthielt demnach 0,2 bis 0,5 mg/kg BaP. Aus sowjetischer Literatur waren ähnliche Zahlenwerte zu entnehmen

[11]. In einer Literaturquelle wurde für Bitumenasphalt ein BaP-Gehalt von 4,67 mg/kg angegeben [12].

Bei BaP-Gehalten von über 5 mg/kg ist davon auszugehen, dass es sich nicht mehr um reines Bitumen, sondern um ein Gemisch mit Teer handelt.

Mit der im Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) häufig angewandten Analytik (HPLC mit DAD, siehe Abschnitt 2.2 und Anhang 1) liegen die Ergebnisse bei der Auswertung von Arbeitsplatzmessungen auf PAK beim Umgang mit heißem Bitumen meist unter der Bestimmungsgrenze.

Bitumen wird vor allem im Walzasphalt sowie in Bitumenbahnen eingesetzt, darüber hinaus beispielsweise im Gussasphalt und in Bitumenanstrichen.

Tabelle 1:
Gehalte der PAK
in verschiedenen
Bitumensorten
sowie Naturasphalt
(Trinidad-Epuré)

Bitumensorte	Gehalt in mg/kg	
	EPA-*) PAK	BaP
Hartbit 90/100	30,0	1,2
B 30/45	29,8	2,1
B 50/70	26,7	1,7
B 70/100	25,6	1,4
B 160/220	32,1	1,8
OxBit 85/25	52,2	1,7
Ox Bit 95/35	93,5	2,7
Trinidad-Epuré	33,8	2,0

*) EPA-PAK: 16 PAK gemäß Liste der Umweltbehörde der USA (Environmental Protection Agency, EPA)

2.2 Messverfahren für BaP

Die ersten Messungen von BaP erfolgten mit Papierfiltern zur Probenahme und mit Säulen- oder Papierchromatografie als Analysenmethode. Diese Verfahren hatten eine geringe Selektivität und relativ hohe Bestimmungsgrenzen. Ab den 1960er-Jahren wurden durch den Einsatz von Glasfaserfiltern und der Dünnschichtchromatografie, vor allem mit Scanner-Auswertung, deutlich bessere Verfahren angewandt. Mit der Gaschromatografie (GC) und etwas später der Hochleistungsflüssigkeitschromatografie (HPLC, High Performance Liquid Chromatography) standen seit den 1970er-Jahren Verfahren zur Verfügung, die neben der Bestimmung von BaP auch die weiterer PAK ermöglichten. Dies erforderte den Einsatz

von Adsorptionsmitteln zur Erfassung des Dampfanteils der PAK bei der Probenahme. Für die von den Messtechnischen Diensten im Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU) durchgeführten Arbeitsplatzmessungen gilt, dass bis 1995 die in Abschnitt 6.4 angegebenen Messwerte mittels Dünnschichtchromatografie (DC) in der Gesamtstaubfraktion (eintatembare Partikelfraktion) ermittelt wurden. Durch Verwendung eines kombinierten Probenträgers (Teflonfilter/XAD-2) und anschließender HPLC-Analytik ließen sich ab 1995 dampfförmige Anteile ebenfalls erfassen [13]. Seit 1999 analysiert das IFA BaP und andere PAK nur noch mittels HPLC (ausführlichere Angaben zu Messverfahren siehe Anhang 1).

3 Grenzwerte, Einstufungen und Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) für Benzo[a]pyren (BaP) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Seit Jahren ist es gängige regulatorische Praxis, BaP als Leitsubstanz für eine Belastung durch PAK heranzuziehen. Dafür verantwortlich sind in erster Linie analytische Gründe. Aufgrund der guten Nachweisbarkeit von BaP liegen für diesen Stoff auch die meisten Messergebnisse vor. In vielen untersuchten PAK-Gemischen trägt BaP ca. 10 % zur krebs-erzeugenden Gesamtwirkung des Gemisches bei. Nachteil dieser Vorgehensweise sind die variablen Relationen zwischen BaP und den Anteilen höher siedender PAK. Daher ist man in der Vergangenheit dazu übergegangen, neben BaP weitere PAK zu bestimmen. Häufig verwendet wird die 16 PAK umfassende Liste der Umweltbehörde der USA (EPA), die jedoch für Umweltproben gedacht ist und neben BaP mit Dibenzo[a,h]anthracen nur noch eine weitere stark kanzerogene Substanz aufweist. So sind weitere Substanzen im Gespräch, die schon aufgrund ihrer hohen kanzerogenen Wirkung in Zukunft mit analysiert und in die Bewertung einbezogen werden sollen. Dabei sind auch Wirkungs-äquivalenzmodelle, wie sie bereits bei der Bewertung von Dioxinen erfolgreich angewendet werden, in der Diskussion. Solche Modelle stehen allerdings noch nicht zur Verfügung und somit liegt ein Bewertungsmaßstab unter Berücksichtigung mehrerer PAK (PAK-Profil) derzeit nicht vor.

3.1 Bundesrepublik Deutschland

Einstufung

Die Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 906 „Verzeichnis krebs-erzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“ [14] enthält eine Aufstellung von Tätigkeiten oder Verfahren, die im Anhang I der Richtlinie 2004/37/EG oder vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) als krebs-erzeugend Kategorie 1 oder 2 bezeichnet werden. Hier findet sich folgender Eintrag zu PAK:

„Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte krebs-erzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ausgesetzt sind, die in Pyrolyseprodukten aus organischem Material (z. B. Steinkohlenruß, Steinkohlenteer oder Steinkohlenteerpech) vorhanden sein können. Es ist zulässig, als Bezugssubstanz für Pyrolyseprodukte mit krebs-erzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen den Stoff Benzo[a]pyren zu wählen.“

In der Europäischen Union sind durch die GHS/CLP-Verordnung 1272/2008 Benzo[a]-anthracen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[j]-fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]-pyren, Benzo[e]pyren, Chrysen und Dibenz[a,h]anthracen als krebs-erzeugend

3 Grenzwerte, Einstufungen und ERB für...

in die Kategorie 1B (neue Kategorie nach GHS/CLP-Verordnung) bzw. Kategorie 2 (alte Kategorie nach Richtlinie 67/548/EWG) eingestuft. Naphthalin ist als krebserzeugend in die Kategorie 2 (neue Kategorie nach GHS/CLP-Verordnung) bzw. Kategorie 3 (alte Kategorie nach Richtlinie 67/548/EWG) eingestuft.

Grenzwerte

1989 wurde erstmals ein Grenzwert für BaP festgelegt, der bis Ende des Jahres 2004 gültig war. Der Grenzwert war als Technische Richtkonzentration (TRK) definiert.

Es galten folgende Werte:

5 µg/m³
– Strangpechherstellung und -verladung
– Ofenbereich von Kokereien

2 µg/m³
– im Übrigen

Der Wert von 5 µg/m³ konnte in Kokereien an Arbeitsplätzen im Bereich des Oberofens (Einfeger, Steigrohrreiniger, Türmann) sowie bei der Strangpechherstellung und der Strangpechverladung in diesem Zeitraum z. T. technisch nicht eingehalten werden. Deshalb waren hier zusätzliche organisatorische Maßnahmen und Maßnahmen des persönlichen Arbeitsschutzes erforderlich.

Der Überschreitungsfaktor lag bei 4 · TRK als Mittelwert über 15 Minuten, wobei die Dauer der erhöhten Exposition während der Schicht eine Stunde nicht übersteigen durfte.

Mit Inkrafttreten der Gefahrstoffverordnung vom 1. Januar 2005 und der Einführung von Arbeitsplatzgrenzwerten wurde den technikbasierten Grenzwerten nach dem TRK-Konzept die rechtliche Grundlage entzogen. Für BaP besteht seitdem kein Luftgrenzwert mehr. Für Naphthalin gilt seit 2011 ein Arbeitsplatzgrenzwert von 0,5 mg/m³ in der einatembaren Fraktion.

Exposition-Risiko-Beziehung

Für BaP in bestimmten PAK-Gemischen wurde eine Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) abgeleitet.

Die in der Bekanntmachung zu Gefahrstoffen 910 [15] ausschließlich zur Verwendung für Präventionsmaßnahmen veröffentlichten Risikowerte haben keine unmittelbare*) Bedeutung in entsprechenden Berufskrankheiten-Verfahren.

3.2 Deutsche Demokratische Republik (DDR)

Bis zum Jahr 1981 wurde der sowjetische Grenzwert (Achtstundenschicht, 21 Arbeitstage pro Monat) für BaP verwendet. Er betrug 0,15 µg/m³ und war messtechnisch

*) Die in der Bekanntmachung zu Gefahrstoffen 910 zugrunde liegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse sind in Berufskrankheiten-Verfahren unter den geltenden berufskrankheitenrechtlichen Gesichtspunkten, insbesondere mit Blick auf die erforderlichen Einzelfallentscheidungen, gesondert zu würdigen.

nicht nachzuvollziehen. Dieser Grenzwert diente gleichzeitig als Richtkonzentration bei der Bewertung der PAK-Exposition an Arbeitsplätzen, wobei man sich der Unzulänglichkeit dieser Verfahrensweise bewusst war [16]. Von 1981 bis Juli 1989 existierte in der DDR ein MAK-Grenzwert für BaP von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Daneben galt ein Kurzzeitwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.3 Europäische Union

In den Staaten der Europäischen Union existieren derzeit folgende Grenzwerte für BaP [17]:

- Estland:
 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schichtmittelwert),
 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kurzzeitwert)
- Finnland:
 $10,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schichtmittelwert)
- Lettland:
 $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schichtmittelwert)
- Litauen:
 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schichtmittelwert),
 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kurzzeitwert)
- Niederlande:
 $0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schichtmittelwert)
- Österreich:
 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schichtmittelwert),
 $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kurzzeitwert)
- Polen:
 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schichtmittelwert)
- Schweden:
 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schichtmittelwert),
 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kurzzeitwert)
- Slowakei:
 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Herstellung von Koks (Schichtmittelwert),
 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Übrigen (Schichtmittelwert)
- Tschechien:
 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schichtmittelwert),
 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kurzzeitwert)
- Ungarn:
 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kurzzeitwert)

3.4 Andere Grenzwerte

Die Untersuchung von Luftproben auf PAK erfordert einen relativ hohen analytischen Aufwand. Aus diesem Grund gehen einige Staaten (z. B. Dänemark, USA, Australien) einen anderen Weg, um Arbeitsplätze auf Belastungen durch PAK zu untersuchen. Als Maß für die Belastung durch PAK dient der Grenzwert (TWA-TLV nach American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH), der alle in Benzol oder Cyclohexan löslichen Anteile der einatembaren Staubfraktion (Gesamtstaub) als PAK interpretiert: $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ coal tar pitch volatiles (CTPV). Vorteil dieser Vorgehensweise ist die einfache Überprüfbarkeit des Grenzwertes, da es sich beim analytischen Bestimmungsverfahren lediglich um eine einfache Wägung nach vorangegangener Extraktion des Gesamtstaubs handelt. Cyclohexan wurde aus arbeitsplatzhygienischen Gründen als Extraktionsmittel anstelle von Benzol vorgeschlagen.

3 Grenzwerte, Einstufungen und ERB für...

Nachteil des Verfahrens ist seine Unspezifität, denn alle organischen Substanzen, die im jeweiligen Extraktionsmittel löslich sind, werden neben den Steinkohlenteerbestandteilen mit erfasst. So enthalten

Lackaerosole, Dieselmotoremissionen oder Mehlstaub ebenfalls lösliche Bestandteile, die dem CTPV formal zugeordnet werden müssen.

4 Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der Ermittlung der Benzo[a]pyren-Jahre (BaP-Jahre)

Der vorliegende Report soll die Bearbeitung von BK-Feststellungsverfahren wesentlich vereinfachen und vereinheitlichen.

- Er ist vorrangig für fachkundige Ermittler gedacht. Oft ist es von Vorteil, wenn die Ermittlung und Beurteilung einer PAK- bzw. BaP-Exposition solche Personen durchführen, die die zu beurteilenden Arbeitsplätze und Arbeitsverfahren möglichst aus eigener Anschauung kennen, da zum Zeitpunkt der Ermittlung betroffene Betriebe oder Betriebsteile häufig nicht mehr existieren.
- Art, Dauer, Häufigkeit und Höhe der Exposition gegenüber BaP sind individuell zu ermitteln. Die Arbeitsanamnese sollte vorrangig im Gespräch mit dem Versicherten erhoben werden. Die Anamnese muss das gesamte Berufsleben des Versicherten betreffen und nicht nur die ihm direkt als PAK-exponiert erinnerlichen Tätigkeiten. Auf diesem Wege können auch die nicht offensichtlichen Expositionen erkannt werden. Die Angabe von Zeitzeugen (Kollegen, Meister, Personalvertretungen u. a.) durch den Versicherten und ggf. deren Befragung kann im Rahmen des Ermittlungsverfahrens von Bedeutung sein.
- Zusätzlich zu erfassen sind u. a. Vertretungen, Überstunden oder lange Fehlzeiten.

Dabei versteht man unter langen Fehlzeiten Zeiträume von mehr als 20 Arbeitstagen pro Jahr.

Am Ende soll eine detaillierte Arbeitsplatz- und Tätigkeitsbeschreibung mit nachvollziehbaren Angaben zur Beschäftigungs- und Expositionsdauer in den jeweiligen Mitgliedsunternehmen stehen.

Zur Berechnung der BaP-Jahre ist die ermittelte Expositionsdauer mit den ermittelten BaP-Konzentrationen zu multiplizieren (siehe Kapitel 5). Es darf jedoch nicht ohne Weiteres auf die in diesem Report angegebenen Werte zurückgegriffen werden. Folgende Vorgehensweise ist einzuhalten (siehe Abbildung 1 auf Seite 26):

Liegen

- repräsentative Messungen für den betreffenden Arbeitsplatz vor bzw. können diese noch durchgeführt werden oder
 - sind Messergebnisse von vergleichbaren Arbeitsplätzen vorhanden bzw. sind nachstellende Messungen realisierbar, die retrospektiv ein Bild über die jeweilige Expositionssituation liefern könnten,
- sind die erhaltenen Daten heranzuziehen.

4 Empfehlungen zur Vorgehensweise ...

Nur für den Fall, dass keine geeigneten Messdaten vom Arbeitsplatz des Versicherten oder vergleichbarer Arbeitsplätze verfügbar sind, dürfen die Expositionsdaten aus

diesem BK-Report zu vergleichbaren Arbeitsplätzen für die Ermittlung der BaP-Jahre verwendet werden.

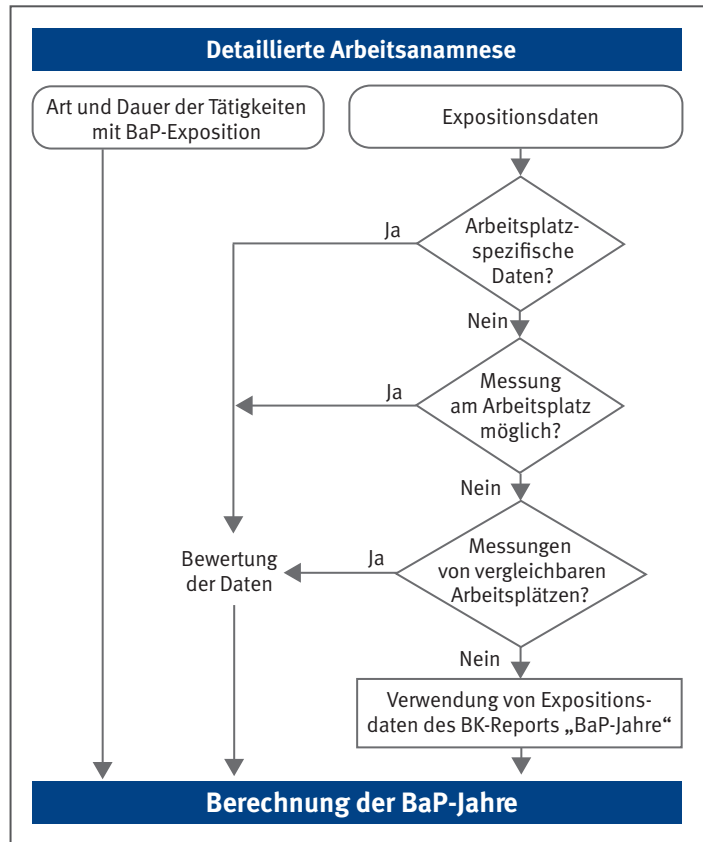


Abbildung 1: Vorgehen zur Ermittlung der BaP-Jahre

5 Hinweise für die Ermittlung der Benzo[a]pyren-Jahre (BaP-Jahre)

5.1 Definition des BaP-Jahrs

Der Begriff BaP-Jahr ist eine Dosisangabe, d. h., das Produkt aus Arbeitsplatzkonzentration und Zeit. Ein BaP-Jahr entspricht einer arbeitstäglich achtstündigen Einwirkung über ein Jahr von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ BaP bei 240 Arbeitstagen (Schichten pro Jahr).

Beispiele:

1 BaP-Jahr = $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ BaP · 1 Jahr

10 BaP-Jahre = $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ BaP · 1 Jahr
oder $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ BaP · 2 Jahre

100 BaP-Jahre = $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ BaP · 10 Jahre
oder $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ BaP · 5 Jahre

5.2 Normierung von Arbeitstagen pro Jahr und Schichtlänge

Eine valide BaP-Jahre-Ermittlung ist nur möglich, wenn Art und Dauer der Tätigkeiten möglichst genau recherchiert werden. Für die Berechnung sind die individuellen Arbeitszeiten des Versicherten heranzuziehen (siehe Kapitel 4). Hilfreich können dabei z. B. Schichtzettel oder andere archivierte Betriebsdaten sein sowie belegte Arbeitszeiten aus vergleichbaren Betrieben oder aus den statistischen Taschenbüchern des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales [18]. Lassen sich Arbeitszeiten z. B.

aufgrund fehlender Detailinformationen nicht mehr exakt ermitteln, so nimmt man für die retrospektive Berechnung der Arbeitszeit im Beurteilungszeitraum 240 Arbeitstage pro Jahr und acht Arbeitsstunden pro Schicht bzw. Arbeitstag an.

Damit ergeben sich folgende Normierungen und Relationen:

1 Jahr = 12 Monate = 240 Arbeitstage
(Schichten) = 1920 Arbeitsstunden

1 Monat = 20 Arbeitstage = $1/12$ Jahr =
0,0833 Jahr

1 Arbeitstag = $1/240$ Jahr = 0,00417 Jahr

1 Arbeitsstunde = $1/1920$ Jahr =
0,000521 Jahr

5.3 Berechnung der BaP-Jahre

Bei allen Berechnungen geht man von der Annahme aus, dass über die Schicht nahezu gleichmäßige BaP-Konzentrationen vorliegen. Dennoch kann unterschieden werden zwischen Schichtexposition, verkürzter Exposition sowie verlängerter Exposition in BaP-exponierten Bereichen. Die Beschäftigungszeit kann in Tagen, Monaten oder Jahren angegeben sein.

Sie ist jedoch zur Berechnung der BaP-Jahre stets auf Jahre umzurechnen.

5 Hinweise für die Ermittlung der BaP-Jahre

Eine ausführliche Darstellung mit Musterbeispielen ist in Kapitel 7 aufgeführt.

5.3.1 Schichtexposition

Der Beschäftigte ist über die gesamte Schicht gegenüber einer BaP-Konzentration in Höhe eines Schichtmittelwertes exponiert. Damit lässt sich die Expositionszeit pro Schicht („Expositionsanteil“) bei einer Schichtlänge von acht Stunden durch den Bruch $\frac{8}{8}$ definieren.

5.3.2 Verkürzte und sporadische Exposition

Bei verkürzter oder sporadischer Exposition ist der Versicherte nur eine bestimmte Zeit während seiner Tätigkeit exponiert. In die Berechnung darf daher nur die tatsächliche Dauer der Exposition eingehen. Damit lässt sich die Expositionszeit pro Schicht bei einer angenommenen Exposition während vier Stunden durch den Bruch $\frac{4}{8}$ beschreiben. Auch Angaben der Wochenarbeitszeit von z. B. 30 Stunden pro Woche lassen sich entsprechend ausdrücken. Im genannten Beispiel ergibt sich so der Expositionsanteil $\frac{30}{40}$ (gemäß 1 Woche = 5 Schichten = 40 Stunden).

Unter bestimmten Umständen hält sich der Beschäftigte (z. B. Betriebsschlossler oder -elektriker) nur sporadisch in exponierten Bereichen auf. Diese Zeiten sind bei der Berechnung der Expositionszeit pro Schicht zu berücksichtigen. Dies kann wie oben beschrieben geschehen, falls regelmäßig in jeder Schicht wiederkehrende Arbeiten im exponierten Bereich durchzuführen sind. In anderen Fällen ist es zweckmäßiger, die Zeiten summarisch über ein Jahr zusammenzufassen. Bei einer Exposition während

288 Stunden innerhalb eines Jahres lässt sich der Expositionsanteil durch den Bruch $\frac{288}{1920}$ (gemäß 1 Jahr = 240 Schichten = 1920 Stunden) ausdrücken.

5.3.3 Verlängerte Exposition

Bei verlängerter Exposition liegt eine über die Normarbeitszeiten (siehe Abschnitt 5.2) hinausgehende Dauer der Exposition vor. Beispielsweise lässt sich eine Exposition während zehn Stunden pro Schicht durch den Bruch $\frac{10}{8}$ beschreiben. Bei einer Exposition während z. B. 50 Stunden pro Woche ergibt sich als Expositionsanteil ein Bruch von $\frac{50}{40}$.

5.4 Verwendung von Schicht- und Tätigkeitswerten

Im vorliegenden Report sind sowohl Schichtmittelwerte als auch Tätigkeitswerte angegeben. Schichtmittelwerte beschreiben Arbeiten, die auch mehrere Tätigkeiten umfassen können. Sind also Schichtmittelwerte in den Tabellen ausgewiesen, bedeutet dies, dass alle PAK- bzw. BaP-belasteten Tätigkeiten während den genannten Arbeiten auch in den Schichtmittelwert eingegangen sind. Da die Abschätzung des Anteils einzelner belasteter Tätigkeiten an einem Arbeitsspektrum oft schwierig ist, ist Schichtmittelwerten bei BaP-Jahre-Berechnungen der Vorzug zu geben.

Der Schichtmittelwert bezieht sich zwar generell auf eine achtstündige Arbeitszeit, er ist aber auch dann anzuwenden, wenn die mit diesem Wert beschriebenen Arbeiten nur während eines Teils der Schicht ausgeübt wurden. Hat beispielsweise ein Versicherter jeweils eine halbe Schicht pro Tag in einem

exponierten Bereich gearbeitet, so wird der entsprechende Schichtmittelwert mit einem Expositionsanteil von $\frac{4}{8}$ Schicht in die Berechnung eingehen.

Tätigkeitswerte beziehen sich auf eine bestimmte Tätigkeit. Dabei wird vorausgesetzt, dass die angegebene Exposition nur während der Tätigkeit gegeben ist, außerhalb dieser Tätigkeit andere oder gar keine Expositionen gegenüber PAK bzw. BaP vorliegen. Erstreckt sich diese Tätigkeit über die ganze Schicht, kann auch ein Tätigkeitswert wie ein Schichtmittelwert verwendet werden. Andernfalls kommt der Ermittlung der Dauer der einzelnen Tätigkeiten während einer Schicht im Rahmen der Arbeitsanamnese große Bedeutung zu. Im Einzelfall lässt sich eine Schicht, wenn konkrete Angaben zur individuellen Arbeitszeit und der Dauer einzelner Tätigkeiten des Versicherten ermittelt werden können, rekonstruieren. Die einzelnen Tätigkeiten werden dann entsprechend ihrer Schichtanteile berücksichtigt.

Im Rahmen der Arbeitsanamnese sind Angaben zur Dauer bestimmter Tätigkeiten mit BaP-Exposition stets kritisch auf ihre Plausibilität zu prüfen.

5.5 Worst-case-Berechnungen

Liegen die Arbeitsverhältnisse, die für eine Berechnung der BaP-Jahre herangezogen werden sollen, sehr weit zurück, führt dies häufig zu Unschärfen bei den ermittelten Expositionsbedingungen (z. B. Expositionsanteile, Verwendungszeiten teerhaltiger Arbeitsstoffe). In solchen Fällen kann die Situation mit dem ungünstigsten Fall (Worst case) beschrieben werden. Dieser bezeichnet eine Situation, in der die Randbedingun-

gen in dem zu beurteilenden Arbeitsbereich bzw. bei den zu beurteilenden Tätigkeiten unter ungünstigen, aber realistischen Betriebsbedingungen eine Obergrenze für die Exposition ergeben. Randbedingungen, die Einfluss auf die Exposition haben, sind z. B. hohe Auslastung, großer Materialverbrauch, kurze Taktzeiten, schlechte Lüftungsbedingungen oder eine ungünstige ergonomische Situation.

Theoretische Extrembedingungen, z. B. das vollkommene Fehlen eines Luftaustausches oder hochsommerliche Raumtemperaturen ganzjährig, sind keine Worst-case-Bedingungen.

Im Einzelfall ist jeweils festzulegen, welche Daten in die Berechnung einfließen. Unzulässig sind Berechnungen, die auf nicht nachvollziehbaren Annahmen basieren. Bei mangelnder Datenlage kann auch die Situation eintreten, dass keine BaP-Jahre-Berechnung möglich ist.

5.6 Arbeitstechnische Stellungnahme und Berechnung der BaP-Jahre

Zu jeder Ermittlung und jeder BaP-Jahre-Berechnung muss eine arbeitstechnische Stellungnahme erstellt werden. Diese muss neben allen relevanten Fakten hinreichende Begründungen für die zur Berechnung eingesetzten Tätigkeits- und Expositionsauern enthalten. Ergänzt wird die Stellungnahme durch die tabellarische Auflistung der Einzelexpositionen, die zur Berechnung der kumulativen BaP-Dosis herangezogen wurden. Die Berechnung der BaP-Dosis sollte mit der IFA Anamnese-Software „BaP-Jahre“ in der aktuellen Version erfolgen.

5 Hinweise für die Ermittlung der BaP-Jahre

War der Versicherte auch gegenüber Asbestfaserstaub exponiert, ist zusätzlich zur Berechnung der BaP-Jahre eine Faserjahrenberechnung durchzuführen (siehe Abschnitt 1.2). Typische Arbeitsbedingungen, in denen beide Expositionen auftreten, finden sich zum Beispiel in folgenden Berufen bzw. Branchen (Betriebsarten): Dachdecker, Schornsteinfeger, Korrosionsschützer (insbesondere im Stahlwasserbau), Feuerungsmaurer, Parkettleger (im Rahmen von Abbrucharbeiten), Isolierer, Gießerei- und Stahlwerksarbeiter, Betriebsschlosser in

Aluminiumhütten, Kokereiarbeiter sowie in Betrieben zur Herstellung von Carbid.

Sollten Expositionen gegenüber weiteren lungenkrebserzeugenden Stoffen (z. B. Chromat, Nickelverbindungen) festgestellt werden, sind diese in der Stellungnahme zu beschreiben.

Für die arbeitstechnische Stellungnahme steht das Formblatt J6200-4113/4114 zur Verfügung.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

6.1 Betriebs- und Expositionsdaten aus der Expositionsdatenbank MEGA

Der größte Teil der in diesem Kapitel aufgeführten Messwerte zu BaP wurde über drei Jahrzehnte im Zeitraum von 1979 bis 2009 im Rahmen des MGU (vormals BGMG) [4; 19] ermittelt und in der Expositionsdatenbank MEGA [20] dokumentiert. Es sind Messwerte von repräsentativen Arbeitsplatzmessungen nach TRGS 402.

Die betrieblichen Messungen fanden unter Einsatz von MGU-Standardverfahren in rund 2 000 Betrieben statt; die Analytik im IFA erfolgte ebenfalls mit MGU-Standardverfahren. Für diesen Report stehen etwa 7 650 Messwerte zur Verfügung. Alle Messwerte wurden branchen- und arbeitsbereichsspezifisch ermittelt und in MEGA dokumentiert. Die Zuordnung zu Betriebsarten (Branchen) und Arbeitsbereichen erfolgte über Schlüsselverzeichnisse. Das Schlüsselverzeichnis für Betriebsarten basiert auf dem Verzeichnis „Systematik der Wirtschaftszweige mit Betriebs- und ähnlichen Benennungen“, herausgegeben vom Statistischen Bundesamt in Wiesbaden [21].

In MEGA wurden die Expositionsdaten branchen- und arbeitsbereichsspezifisch selektiert und statistisch ausgewertet. Die Auswertungen wurden unter Mitarbeit von

Experten der jeweiligen Branche gesichtet und einem fachlichen Qualitätscheck unterworfen.

Zur Charakterisierung der Exposition wurde der 90-%-Wert (90-Perzentil) unabhängig vom Verteilungstyp der ermittelten Messwerte gewählt, da insbesondere für länger zurückliegende Zeiträume ein entsprechend hohes Expositionsniveau nicht ausgeschlossen werden kann – falls nicht zu der betreffenden BK-Anzeige und den jeweiligen Arbeitsplätzen konkrete Expositionsinformationen vorliegen. Das 90-Perzentil besagt, dass 90 % aller vorhandenen Konzentrationswerte unterhalb dieses Wertes, die restlichen 10 % oberhalb dieses Wertes liegen. Die Messwerte aus dem Datenzeitraum von 1979 bis 1995 waren bereits elementarer Bestandteil des BK-Reports 2/99 „BaP-Jahre“. Darüber hinaus enthält dieser Report aktuelle Messwerte aus dem Datenzeitraum 1996 bis 2009. Bei der statistischen Auswertung dieses Datenzeitraums wurden nur Messwerte von Schichtmittelwerten mit einer Probenahmedauer von ≥ 1 Stunde und einer Expositionsdauer von ≥ 6 Stunden einbezogen. Tabelle 2 (siehe Seite 32) stellt weitere Faktoren zur groben Charakterisierung der Daten in den zwei Datenzeiträumen nebeneinander.

Im Datenzeitraum 1979 bis 1995 ist die Anzahl der Datensätze um rund 700 höher als im zweiten Datenzeitraum. Die Anzahl

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 2:
Überblick über die Expositionsdaten

Datenzeitraum 1979 bis 1995			Datenzeitraum 1996 bis 2009		
	Anzahl	(%)		Anzahl	(%)
Datensätze	4 187		Datensätze	3 481	
Betriebe	1 054		Betriebe	995	
Probenahmesystem			Probenahmesystem		
VC 25 G	3 046	72,7	VC 25 G	537	15,4
PAS GSP	702	16,7	PAS GSP	2 744	78,8
G Viellochkopf	376	9	G Viellochkopf	–	–
PM 4 G	–	–	PM 4 G	139	4
Probenahmeart			Probenahmeart		
stationär	3 325	79,4	stationär	2 256	64,8
an der Person	862	20,6	an der Person	1 225	35,2
Analysensystem			Analysensystem		
DC	4 038	96,4	DC	883	25,4
HPLC	118	2,8	HPLC	2 598	74,6
Messwerte			Messwerte		
Werte < Bestimmungs- grenze	2 604	62,2	Werte < Bestimmungs- grenze	2 395	68,9

der Betriebe, in denen die Messungen stattfanden, lag in der gleichen Größenordnung.

Die betrieblichen Messungen fanden im Zeitraum von 1979 bis 1995 zu rund 73 % mit dem ausschließlich für stationäre Messungen einsetzbaren Gesamtstaubprobenahmegerät VC 25 G statt und im Zeitraum 1996 bis 2009 zu rund 79 % mit dem personentragbaren Gesamtstaubprobenahmegerät GSP. Dennoch überwiegen in beiden Datenzeiträumen die stationären Messungen. Stationäre Messungen mit dem GSP wurden im Atembereich des Arbeiters vorgenommen

und sind somit personenbezogene Expositionsmessungen. Da neben BaP z. T. weitere Gefahrstoffe ermittelt wurden, konnten nicht zeitgleich alle Messungen an der Person erfolgen. Die Analytik bediente sich im ersten Datenzeitraum fast ausschließlich der Dünnschichtchromatografie (DC), im zweiten Datenzeitraum wurden hingegen nur noch 25 % der Analysen mit der DC vorgenommen, die übrigen Messungen mittels HPLC.

62 % der ausgewerteten Daten lagen im Datenzeitraum von 1979 bis 1995 unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze und

sind in der Datenbank mit einem <-Vorzeichen versehen. Diese Messdaten wurden in diesem Zeitraum bei der statistischen Auswertung zum BK-Report 2/99 „BaP-Jahre“ in der Regel nicht berücksichtigt. Lagen zu einem Arbeitsverfahren oder Arbeitsbereich nur Messwerte unter der analytischen Bestimmungsgrenze vor, so wurde in den Tabellen „nicht nachgewiesen“ (n. ngw.) vermerkt, was auch im vorliegenden Report für den ersten Datenzeitraum beibehalten wird.

Im Datenzeitraum von 1996 bis 2009 ist der Anteil der <-Werte noch größer und liegt bei über 68 %. Diese <-Werte wurden mit der halben analytischen Bestimmungsgrenze in die statistische Auswertung einbezogen. Liegen mehr Messwerte unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze (a. B.) als Messwerte durch den Summenhäufigkeitswert (90%-Wert) repräsentiert werden, wird „a. B.“ anstelle des entsprechenden Wertes angegeben, d. h., die Summenhäufigkeitskonzentration wird in der Ergebnistabelle nicht angegeben, wenn mehr Messwerte

unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze liegen, als Messwerte durch diesen Summenhäufigkeitswert repräsentiert werden.

Allen Messwerten in diesem Report werden der fachlichen Transparenz wegen Validitätskategorien (VK) zugewiesen (Tabelle 3).

Die im MGU ermittelten und repräsentativen Expositionswerte erhalten die höchste Validitätskategorie 1, wenn in der Expositionsdatenbank MEGA mindestens zehn Messwerte vorliegen und ein 90%-Wert aus dem Datenkollektiv ermittelt werden konnte.

Sofern eine begrenzte Anzahl von Messwerten, weniger als zehn Messwerte bzw. Messwerte aus weniger als fünf Betrieben in MEGA vorlagen, wurde im Datenzeitraum zwischen 1979 und 1995 ein 90%-Wert (doppelter arithmetischer Mittelwert) aus dem Datenkollektiv ermittelt und diesem Wert die Validitätskategorie 2 zugeordnet.

Tabelle 3:
Validitätskategorien von Messwerten

Validitätskategorie	Bezeichnung der Validitätskategorie
VK 1	Es liegen mindestens zehn repräsentative Messwerte aus MEGA vor. Der 90%-Wert wurde aus dem Datenkollektiv ermittelt.
VK 2	Es liegt eine begrenzte Anzahl repräsentativer Messwerte, weniger als zehn Messwerte bzw. Messwerte aus weniger als fünf Betrieben, vor. Der 90%-Wert wurde aus dem Datenkollektiv ermittelt.
VK 3	Es liegen Einzelwerte oder arithmetische Mittelwerte aus Literaturveröffentlichungen vor. Der 90%-Wert wurde aus diesen Werten abgeschätzt.
VK 4	Es liegen keine Messdaten vor. Die angenommenen Expositionen wurden durch Analogiebetrachtungen ähnlicher Arbeitsbereiche bzw. Tätigkeiten abgeschätzt.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

6.2 Zusammenfassende Übersicht über die Expositionsdaten aus MEGA

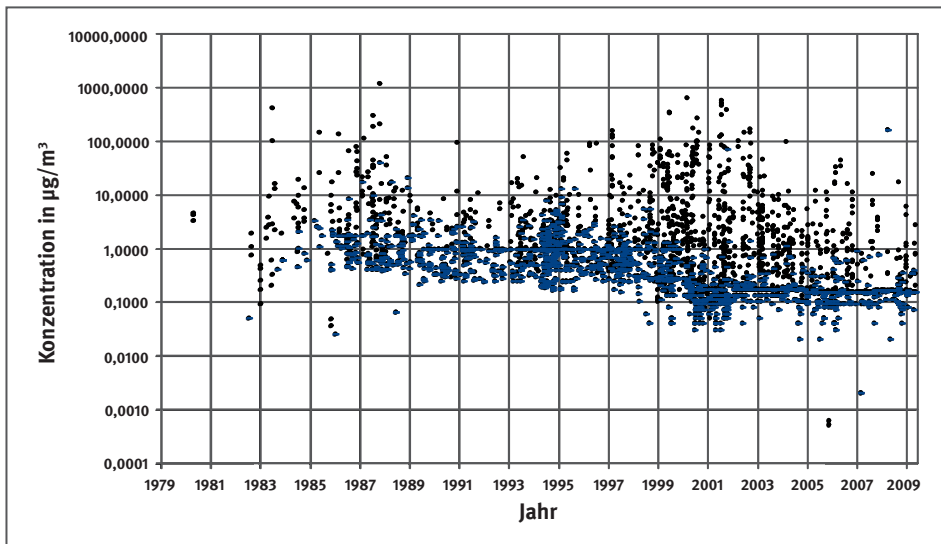
In den Abbildungen 2 und 3 sind Messdaten zu BaP aus der Expositionsdatenbank MEGA als Punktwolke dargestellt. Diese Abbildungen sollen einen allgemeinen Überblick der Expositionshöhen pro Jahr ermöglichen. Abbildung 2 zeigt die BaP-Konzentrationen im zeitlichen Verlauf, die mit PAS-Pumpen, primär GSP, ermittelt wurden. Abbildung 3 zeigt die BaP-Konzentrationen im zeitlichen Verlauf, die mit dem Probenahmegerät VC 25 G ermittelt wurden.

Die analytische Bestimmungsgrenze – u. a. als Funktion der Probenahmedauer und des

Volumenstroms – ist bei den mit dem GSP ermittelten BaP-Konzentrationen uneinheitlicher und liegt ab dem Jahr 2000 tiefer. Die bessere Bestimmungsgrenze beim GSP ab dem Jahr 2000 begründet sich aus dem HPLC-Verfahren. Die bessere analytische Bestimmungsgrenze bei den VC-25-Messungen begründet sich aus dem wesentlich höheren Volumenstrom bei der Messung.

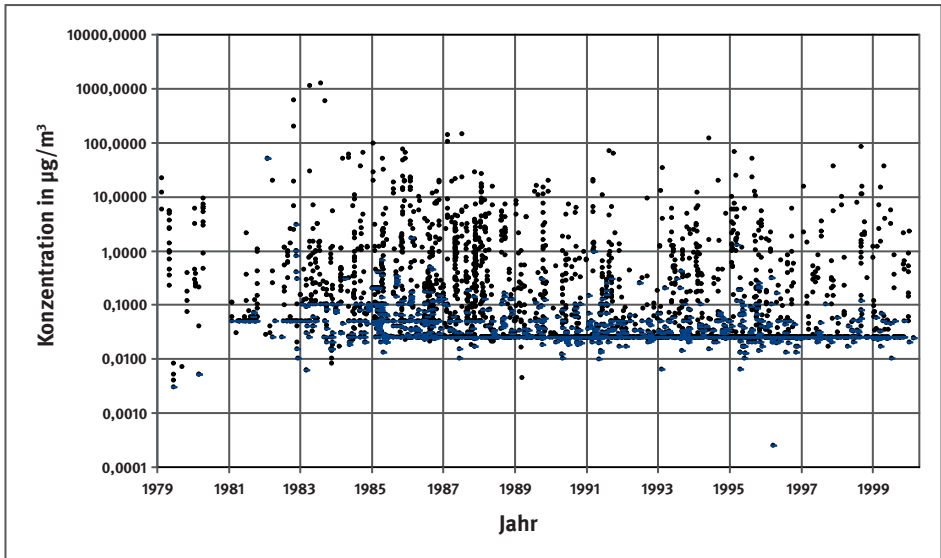
Aus diesen Darstellungen lässt sich kein zeitlicher Trend der Expositionsentwicklung, etwa einer Verringerung der arbeitsbedingten Exposition, erkennen. BaP tritt z. B. als Nebenprodukt chemischer Reaktionen oder als Verunreinigung auf.

Abbildung 2:
Benzo[a]pyren-Konzentration im zeitlichen Verlauf, PAS-Pumpen, überwiegend GSP



Die schwarzen Punkte repräsentieren Messwerte oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze. Die blauen Striche stellen alle Messwerte unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze dar, d. h. die Messwerte mit <-Vorzeichen.

Abbildung 3:
Benzo[a]pyren-Konzentration im zeitlichen Verlauf,
VC 25 G



Die schwarzen Punkte repräsentieren Messwerte oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze. Die blauen Striche stellen alle Messwerte unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze dar, d. h. die Messwerte mit <-Vorzeichen.

Die betrieblichen Randbedingungen an den Arbeitsplätzen unterscheiden sich sehr stark. Ohne weitere Differenzierung lässt sich kein technischer Fortschritt durch stetig verringerte Expositionshöhen feststellen. Die Exposition gegenüber BaP ist wesentlich von den eingesetzten Produkten, den Verarbeitungsparametern (z. B. Reaktionstemperatur), aber auch bei Arbeitsplätzen im Freien (z. B. Koksofendecke) von meteorologischen Parametern abhängig. Aus diesem Grund lassen sich aus den Übersichtsdarstellungen der Messergebnisse keine Rückschlüsse auf einen einzelnen konkreten Arbeitsplatz ziehen.

6.3 Expositionsdaten aus weiteren Quellen

Für den Zeitraum vor 1981 ermittelten Experten Werte aus der Literatur oder aus Analogiebetrachtungen. Bei diesen Werten standen im Allgemeinen arithmetische Mittelwerte oder Einzelwerte zur Verfügung. Die Abschätzung des 90%-Wertes erfolgte durch Verdopplung des arithmetischen Mittelwertes. Diese Werte erhielten die Validitätskategorie 3.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

In den Fällen, in denen keine Messdaten zu ermitteln waren, wurden durch Analogiebetrachtungen ähnlicher Arbeitsbereiche bzw. Tätigkeiten Messwerte abgeschätzt. Diese Messwerte erhielten die Validitätskategorie 4 (siehe Tabelle 3).

6.4 Expositionsdaten zu branchenspezifischen Arbeitsbereichen und Tätigkeiten

Da die Entstehung der Exposition gegenüber BaP sehr stark von den Randbedingungen des Arbeitsverfahrens und den eingesetzten Produkten abhängt, wurden die Arbeitsbereiche und Tätigkeiten branchenspezifisch ausgewertet.

Erläuterungen zu den Tabellen in diesem Abschnitt:

- Betriebsart, Arbeitsbereich, Tätigkeiten (Spalte 1)
Angabe der Betriebsart (Branche), des Arbeitsbereichs und der Tätigkeit
- Expositionszeitraum (Spalte 2)
Zeitraum, in dem Expositionen in der angegebenen Höhe aufgrund der verwendeten Produkte und Verfahren der Regel fall waren bzw. sind. Ist kein Zeitraum angegeben, so ist im Einzelfall zu überprüfen, ob der für den Datenzeitraum angegebene 90-%-Wert übertragbar ist
- 90-%-Wert (Spalte 3)
Angabe des 90-%-Wertes in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(Erläuterungen siehe Abschnitt 6.1)
- Bewertungsart (Spalte 4)
Angaben zur Expositionsdauer, auf die sich der angegebene 90-%-Wert bezieht

Bei der Angabe „Schicht“ ist zu unterstellen, dass in der Regel eine gleichförmige Exposition vorliegt. Bei der Angabe „Tätigkeit“ wird vorausgesetzt, dass die angegebene Exposition nur während dieser bestimmten Tätigkeit gegeben ist (Erläuterungen siehe Abschnitt 5.4)

- Datenzeitraum (Spalte 5)
Angabe des Zeitraums, in dem die Expositionsmessungen stattfanden. Den Validitätskategorien 3 und 4 ließen sich nicht immer Datenzeiträume zuordnen
- VK (Spalte 6)
Angabe der Validitätskategorie (Erläuterungen siehe Abschnitte 6.1 und 6.3)

6.4.1 Bauwirtschaft

Es wird vorab darauf verwiesen, dass selbst in Fachkreisen die Bezeichnung „Teer“ noch heute sowohl für den früher verwendeten Teer (kohlestämmig) als auch für das heute eingesetzte Bitumen (petrostämmig) verwendet wird. Insofern können die Bezeichnungen „Teer“ und „teerhaltig“ irreführend sein. Eine Berechnung der BaP-Jahre bei einer Exposition gegenüber ausschließlich bituminösen Materialien ist nicht sinnvoll, da eine solche Exposition nur unwesentlich zur BaP-Dosis beiträgt. Daher ist im ersten Schritt der Ermittlungen festzustellen, ob ein Umgang mit Teer oder teerhaltigen Materialien vorlag.

Dachdecker

Eine mögliche Exposition gegenüber BaP bestand für den Dachdecker beim Abdichten von Flachdächern und Bauwerken, bei der Verarbeitung von Voranstrichen und Dachlacken, beim Abbruch von Flachdach-

abdichtungen und bei der Verwendung steinkohlenteeröhlhaltiger Holzschutzmittel.

In der Flachdachabdichtung wurden Teer- oder Bitumendachbahnen in Heißteerpech oder Heißbitumen verlegt. Die in Rollen angelieferten Dachbahnen, auch Dachpappen genannt, wurden dazu aufs Dach transportiert und ausgerollt. Zur vollflächigen Verklebung diente in Kochern erhitztes Heißteerpech oder Heißbitumen. Das Heißteerpech oder Heißbitumen wurde mit Eimern oder Gießkannen auf das Dach gebracht und mit Besen vor der Dachbahnenrolle verteilt. Die Dachbahnen wurden in die heiße Klebmasse eingerollt. Um Undichtigkeiten zu vermeiden, wurden in der Regel zwei bis drei Lagen Dachbahnen übereinander verlegt.

Für die Wärmedämmung von Flachdächern wurden teer- oder bitumengebundene Korkdämmplatten verwendet, die wie die Dachbahnen mit Heißteerpech oder Heißbitumen verklebt wurden.

Zur Abdichtung von Flachdächern dienten auch Bitumen- und Polymerbitumen-Schweißbahnen, die mit Propangasbrennern angeschmolzen und auf diese Weise mit dem Untergrund verklebt wurden. Teerdachbahnen wurden zu keinem Zeitpunkt verschweißt.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden bis 1965 überwiegend Dachdeckerprodukte (Dachbahnen, Korkdämmplatten) auf der Basis von Steinkohlenteerpech oder teerverschnittenen Bitumenqualitäten verwendet. Nach 1965 wurden die steinkohlenteerpechhaltigen Materialien rasch durch Bitumenprodukte ersetzt. So betrug der Anteil von Teerdachbahnen am Gesamt-

dachbahnenmarkt in Deutschland 1967 nur noch weniger als 10 %. Ab 1979 wurden teerhaltige Dach- und Dichtungsbahnen nicht mehr hergestellt.

In der DDR wurden Teerdachbahnen verschiedentlich noch bis Ende der 1980er-Jahre hergestellt und verwendet [22].

Bautenschutz

Bautenschutzanstriche auf Steinkohlenteerpech-Basis wurden bis etwa Ende der 1970er-Jahre z. B. für die Kellerabdichtung auf Mauerwerk und Beton verwendet (Tabelle 4, siehe Seite 38). Sie wurden hauptsächlich kalt (lösemittelhaltig) und nur selten heiß (lösemittelfrei) verarbeitet. Ab den 1980er-Jahren wurden verstärkt Produkte aus Teerölen und Petroharzen (Gehalt an BaP in den Produkten ca. 6 000 ppm) sowie Produkte auf Bitumenbasis eingesetzt. Ab den 1990er-Jahren wurden ausschließlich Produkte auf Bitumenbasis verwendet.

Schornsteinfeger

Zu den Tätigkeiten des Schornsteinfegers gehört das Kehren von Schornsteinen, die Rußentnahme, das Reinigen von Feuerungsanlagen, die Reinigung von Schornsteinen von innen und außen, das Ausbrennen und Austrocknen von Schornsteinen sowie Reparaturen an Schornsteinköpfen.

Die Expositionen gegenüber BaP (Tabelle 5, siehe Seite 39) können bei diesen Tätigkeiten in Abhängigkeit von der Feuerungsart und dem Brennstoff (z. B. Braunkohle, Steinkohle, Holz, Öl, Gas, Mischfeuerung)

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

unterschiedlich sein. Die Verwendung des Brennstoffes Steinkohle ist seit Anfang der 1970er-Jahre, die des Brennstoffes Braunkohle seit etwa 1992 stark rückläufig.

Der Expositionszeitraum kann aufgrund regional unterschiedlicher Verwendungszeiträume der Brennstoffe nicht festgelegt werden.

Tabelle 4:
Bauwirtschaft – Dachdecker, Bautenschutz

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expositionszeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewertungsart	Datenzeitraum	VK
Dachdeckerarbeiten					
Dachabdichtungen					
• Verarbeitung von Heiteer und teerverschnittenem Heißbitumen – Kochen, Ausgießen, Verteilen, Dachbahn einlegen	bis 1965 ¹	10,0	Schicht		3
• Verarbeitung von Heißbitumen – Kochen, Ausgießen, Verteilen, Dachbahn einlegen	ab 1965	0,10	Schicht		3
• Verlegen von Polymerbitumen-Schweißbahn/Dachdichtungsbahn	ab 1981	0,02	Tätigkeit		3
Abbrucharbeiten					
• Manuelles Entfernen teerhaltiger Flachdachabdichtungen (Dach- und Dichtungsbahnen, Korkdmungen)	zeitlich unbegrenzt	22,6	Schicht	1997 - 2006	1
Bautenschutz					
Abdichtung von Bauwerken/ Bauwerksteilen					
• Verlegen von Bitumen-Schweißbahnen in Räumen	zeitlich unbegrenzt	0,7	Schicht	1991 - 1996	2
• Abdichten von Bauwerksteilen (Kaltverarbeitung im Handanstrich)		keine Exposition			

¹ in den alten Bundesländern

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 5:
Bauwirtschaft – Schornsteinreinigung

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum ¹	Expositionsdaten			
		90%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ²	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Schornsteinreinigung					
Feuerung mit Braunkohle					
Hausanlagen		3,3	Schicht	1994 - 1997	1
Kesselreinigung		2,2	Schicht		3
Großanlagen		5,1	Schicht	1994 - 1997	2
Feuerung mit Steinkohle³					
Hausanlagen		5,4	Schicht	1994 - 1997	2
Kesselreinigung		6,6	Schicht		3
Feuerung mit Holz		2,5	Schicht		3
Feuerung mit Öl		0,8	Schicht	1994 - 1997	2
Feuerung mit Gas		0,1	Schicht	1994 - 1997	2
Feuerung von Räumereien		n. ngw.	Schicht	1994	1
Feuerung von Kaffeeröstereien		n. ngw.	Schicht	1994	1

¹ Der Expositionszeitraum kann aufgrund regional unterschiedlicher Verwendungszeiträume der Brennstoffe nicht festgelegt werden.

² städtischer Bereich; in ländlichen Bereichen ca. ein Drittel dieser Werte

³ bei „Hausmüllverbrennung“ Werte in gleicher Größenordnung

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Korrosionsschutz

Beschichtungsstoffe auf der Basis von Steinkohlenteerpech, Teer/Epoxid- oder Teer/Polyurethansystemen wurden als Schutzanstriche für erdberührende Stahlkonstruktionen, für unterirdisch verlegte Rohre, im Schiffbau und für den Stahlwasserbau eingesetzt (Tabelle 6).

Seit den 1980er-Jahren wurden zunehmend Produkte auf der Basis BaP-ärmerer Teerersatzstoffe eingesetzt. Neben diesen Ersatzprodukten wurden jedoch bis Ende der 1990er-Jahre noch zu ca. 30 bis 50 % steinkohlenteerpechbasierte Produkte verwendet. Nach 2001 wurden teerpechhaltige Beschichtungsstoffe im Stahlwasserbau nicht mehr eingesetzt [23]. Die Verarbeitung teerpechhaltiger Beschichtungen im Spritzauftrag führte zu hohen BaP-Expositionen. Expositionsdaten zur Verarbeitung der Materialien mit Pinsel oder Rolle liegen nicht vor. Da beim Streichen oder Rollen der Beschichtungsstoffe keine Aerosole entstehen, ist nicht mit einer inhalativen Exposition gegenüber BaP zu rechnen.

Das Entfernen teerhaltiger Altbeschichtungen war mit zum Teil sehr hohen BaP-Expositionen verbunden. Bei Korrosionsschutzmaßnahmen auf Baustellen kamen folgende Entschichtungsverfahren zur Anwendung:

- mechanische Entschichtung mit Handwerkzeugen wie Drahtbürste oder Spachtel
- mechanische Entschichtung mit maschinell angetriebenen Werkzeugen wie Rotationsdrahtbürsten, Schleifwerkzeugen oder Nadelpistolen
- mechanische Entschichtung durch Strahlen
In der Vergangenheit wurde fast ausschließlich das Druckluft-Trockenstrahlen angewandt. Ab Mitte der 1990er-Jahre kamen in zunehmendem Maße auch emissionsärmere Strahlverfahren (Feucht-, Nassstrahlen, Schlämmstrahlen, Hochdruckwasserstrahlen) zum Einsatz.

Tabelle 6:
Bauwirtschaft – Korrosionsschutz

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expositionszeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewertungsart	Datenzeitraum	VK
Korrosionsschutz					
Spritzauftrag von Teerpech- bzw. Teer/Epoxid-Beschichtungsstoffen	bis 2001	36,0	Schicht	1991 - 1994	1
Entfernen teerhaltiger Altbeschichtungen • Trockenstrahlen • Feuchtstrahlen • Schlämmstrahlen • Hochdruckwasserstrahlen	zeitlich unbegrenzt	162,0	Schicht	1998 - 2002	2
		118,0	Schicht	1999 - 2007	1
		63,0	Schicht	1999 - 2002	2
		43,0	Schicht	1998 - 2002	2

- thermische Entschichtung durch Flammstrahlen, Ausführung mit Flammstrahlbrennern unter Einsatz einer Acetylen-Sauerstoff-Flamme
- Entschichtung mit Abbeizmitteln
Nach Auftragen des Abbeizmittels und anschließender Einwirkzeit wurde die angelöste Altbeschichtung mit Spachtel oder Hochdruckwasserstrahl entfernt.

Holzpfaster-/Parkettverlegung

Bei der Holzpfasterverlegung wurden steinkohlenteerpechhaltige Materialien als Voranstriche, Heißkleber, Vergussmassen und als Unterlagsbahnen eingesetzt. Nach DIN 68701 (Holzpfaster GE für gewerbliche und industrielle Zwecke) war der Einsatz von Steinkohlenteerpech-Heißklebern und Vergussmassen noch bis 2001 für eine normgerechte Holzpfasterverlegung vorgesehen. Außerhalb der Anwendung für den gewerblichen und industriellen Bereich wurden bei der Verlegung von Holzpfaster nach DIN 68702 (Holzpfaster RE für Räume in Versammlungsstätten, Schulen, Wohnungen

(RE-V), für Werkräume im Ausbildungsbereich (RE-W) und ähnliche Anwendungsbereiche) teerfreie Materialien eingesetzt. Je nach Verlegebetrieb ist der jeweilige Anteil der Verlegearten sehr unterschiedlich.

Zum Verkleben von Parkettböden wurden bis in die 1950er-Jahre üblicherweise Teerlebstoffe verwendet. Zum Einsatz kamen sowohl Heißlebstoffe als auch kaltflüssige Klebstoffe, beide auf der Basis von Steinkohlenteerpech. Das Verkleben des Parkettbodens entsprach ebenso wie die Ausführung als „genageltes“ Parkett dem damaligen Stand der Technik. Mosaikparkett wurde seit Anfang der 1960er-Jahre nicht mehr mit Teerlebstoffen, sondern mit Kunstharzklebstoffen verlegt. Bei Stabparkett dauerte die Umstellung auf Kunstharzklebstoffe bis Ende der 1960er-Jahre.

Das Entfernen von Parkettböden, die mit Teerlebstoffen verlegt wurden, sowie das Entfernen des am Unterboden anhaftenden Teerlebstoffs (z. B. durch Fräsen oder Kugelstrahlen) sind mit erheblicher Freisetzung PAK-haltiger Stäube verbunden (Tabelle 7).

Tabelle 7:
Bauwirtschaft – Holzpfaster verlegen/entfernen, Parkettsanierung

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expositionszeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewertungsart	Datenzeitraum	VK
Holzpfaster					
• Holzpfasterverlegung, Steinkohlenteerpech-Heißkleber	bis 2001	4,1	Schicht	1986 - 1989	2
Holzpfaster- und Parkettsanierung					
• Entfernen von Holzpfaster und Parkettboden Abfräsen des alten Teerpechklebers	zeitlich unbegrenzt	54,4	Schicht	1998 - 2007	1

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Feuerungsbau

Geformte und ungeformte Feuerfestmaterialien mit einer Teer- oder Teerpechbindung kommen als Auskleidung und Ausmauerung vor allem in den Bereichen Hochofen (Stichlochstopfmassen, Ausgleichsmassen, feuerfeste Steine bei der Neuzustellung), Stahlerzeugung (Konverterausmauerung, Ofenausmauerung etc.) sowie bei anderen metallurgischen Prozessen zum Einsatz. Bei Verwendung dieser Produkte besteht nach wie vor die Möglichkeit einer hohen Belastung der Atemluft mit PAK.

Seit den 1990er-Jahren werden auch Produkte mit Kunstharzbindung eingesetzt. Diese enthalten keine PAK, sodass bei der Kaltverarbeitung keine Belastung zu erwarten ist. Feuerfestmaterialien mit Kunstharzbindung können aufgrund der technischen Eigenschaften nicht überall eingesetzt werden.

Besonders an stark dem Verschleiß unterworfenen Stellen müssen teerpechgebundene Produkte eingesetzt werden.

Für die Betriebsart Feuerungsbau stehen nur wenige Messwerte zur Verfügung, die sich über einen weiten Messbereich erstrecken. In Tabelle 8 sind für vier Arbeitsbereiche Expositionen angegeben.

Es sollte in jedem Einzelfall eine Expositionsbestimmung erfolgen. Hierbei sind folgende Randbedingungen der Tätigkeit, des Arbeitsverfahrens und des Arbeitsbereichs zu ermitteln:

- Wie wurden Feuerfeststeine verarbeitet?
- Wie wurden z. B. die Feuerfestmaterialien zugeführt und eingebracht?
- Welche Einsatzmaterialien wurden verwendet (pech-/teerhaltige oder kunstharzgebundene Feuerfestmaterialien, Art und Bezeichnung der Steine)? Falls möglich, BaP-Gehalt im Material ermitteln.
- Auf dieser Grundlage ist aus ggf. im Betrieb vorliegenden oder vergleichbaren externen Einzelmessungen die Exposition abzuschätzen.

Straßenbau- und Fugenverguss

Schon Anfang der 1950er-Jahre hat man damit begonnen, Straßenteere durch Bitumen zu ersetzen. Straßenteere und Bitumen wurden von da an zunächst parallel verwendet. Die Absatzkurve für Straßenteere verzeichnet für das Jahr 1960 mit 460 000 t ihr Maximum. Diesen 460 000 t Straßenteer stand jedoch ein vier- bis fünffacher Verbrauch an Bitumen gegenüber [24]. Zu diesem Zeitpunkt gab es eine große Nachfrage nach Straßenbaubindemitteln. Aus den Verbrauchszahlen wird deutlich, dass der hohe Bedarf zunehmend von Bitumen gedeckt wurde und Straßenteere trotz ihres Absatzmaximums bereits 1960 stark zurückgedrängt worden waren. Entscheidend für die – für sich betrachtet dennoch hohe – Absatzmenge an Straßenteer war die damalige Einführung des Carbobitumens. Carbobitumen, auch als Verschnittbitumen bezeichnet, besteht zu 75 bis 80 % aus Bitumen und zu 20 bis 25 % aus Straßenteerpech [25].

Tabelle 8:
Bauwirtschaft – Feuerungsbau

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Exposi- tions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in µg/m³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Feuerungsbau (Verarbeitung geformter und ungeformter Erzeugnisse mit Teerpechbindung)					
Zustellung Gießrinne • Mischer füllen	zeitlich unbegrenzt	49,8	Schicht	1990	2
	zeitlich unbegrenzt	15,5	Schicht	1990	2
Konverterzustellung • Stampfen Ringfuge	zeitlich unbegrenzt	28,7	Schicht	1995 - 2003	1
	zeitlich unbegrenzt	6,1	Schicht	1994	2
Hochofenzustellung • Verlegung von Grafitblöcken in Ausgleichsmasse	zeitlich unbegrenzt	1,2	Schicht	1996	2
Ofenbereich in Steinkohlekokereien¹	bis 1988	10,0	Schicht	1985 - 1988	1
	1989 - 1999	6,0	Schicht	1989 - 1999	1

¹ Nur anzuwenden, wenn der angezeigte BK-Fall nicht unter die BK-Nr. 4110 fällt

Der Einsatz von „reinem“ Straßenteerpech als Bindemittel endete praktisch gegen Ende der 1960er-Jahre, der Einsatz von Carbobitumen dauerte zu dieser Zeit noch an [26]. Im Jahre 1974 hatte der Absatz von Straßenteer mit ca. 50 000 t die Tiefststände aus den Jahren 1926 und 1946 erreicht. Mitte bis Ende der 1970er-Jahre spielten Teerpech und Carbobitumen so gut wie keine Rolle mehr, als Bindemittel war fast nur noch Bitumen gefragt.

Der Grund für die Verdrängung von Teerpech durch Bitumen war zunächst nicht die Gesundheitsgefährdung, die vom Teerpech ausgeht, sondern dessen technische Nachteile. Straßenbeläge auf Teerpechbasis waren weicher als Asphalt auf Bitumenbasis.

Im Sommer kam es viel schneller zu Verformungen von Teerpechstraßenbelägen als von Belägen auf Bitumenbasis.

Aber nicht nur die mangelnde Qualität des Straßenteers allein führte zur Ablösung durch Bitumen als Straßenbaubindemittel. Auch der Gesetzgeber stoppte die Verwendung teerpechhaltiger Materialien bzw. ließ sie nur noch für Ausnahmefälle zu. So hat der Bundesminister für Verkehr mit dem Allgemeinen Rundschreiben Nr. 04/1974 die Technischen Vorschriften für Teerbeton im Heißeinbau (TV bit 4/58) und für Teer- und Asphaltmakadam (TV bit 2/56) für den Bereich der Bundesfernstraßen außer Kraft gesetzt.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Mit Inkrafttreten der TRGA 551 „Pyrolyseprodukte aus organischem Material“ im September 1984 wurde die Verwendung von Steinkohlenteerpech, Braunkohlenteerpech, Carbobitumen oder sonstigen Substanzen mit einem BaP-Gehalt von über 50 mg/kg als Bindemittel im Straßenbau sowie der Einsatz von PAK-haltigen Fugenvergussmassen, z. B. im Flughafen- und Straßenbau, untersagt. Vom Verbot ausgenommen hat man die Ausbesserung bestehender treibstoffbeständiger Fugenvergussmassen, den Ausbau und die Wiederverwendung von Straßenbelägen unter Beachtung und Anwendung spezieller technischer Maßnahmen.

Zu diesem Zeitpunkt wurden in den alten Bundesländern nur noch geringe Mengen Carbobitumen im Straßenbau verwendet. Mit der Neufassung der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt (ZTVbit-StB 84, Ausgabe 1990) wies der Bundesminister für Verkehr die Straßenbauverwaltungen der Länder nochmals an, auf den Einsatz pechhaltiger Bindemittel zu verzichten.

Der Einsatz von Teer als Bindemittel im Mischgut wurde jedoch regional sehr unterschiedlich gehandhabt.

Darüber hinaus war der Materialeinsatz auch vom Anwendungsbereich abhängig:

Im Autobahnbau wurde schon in den 1950er-Jahren Mischgut auf Bitumenbasis verarbeitet.

Für Landschafts- und Wirtschaftswege sowie im Deichbau wurde dagegen noch in den 1980er-Jahren teerhaltiges Mischgut verarbeitet, da Teer im Vergleich zu Bitumen resistenter gegen Pflanzenwuchs ist. Es ist somit grundsätzlich möglich, dass bis Ende der 1960er-Jahre reine Teerdecken und bis Mitte der 1970er-Jahre bzw. in ländlichen Bereichen auch bis 1984 noch Teer-Bitumen-Decken hergestellt wurden. Pauschale Aussagen sind jedoch nicht möglich. Der Teer-expositionszeitraum muss möglichst konkret ermittelt werden.

Sind durch Aussagen des Erkrankten, seiner Angehörigen oder Arbeitskollegen bzw. durch Ermittlungen im Beschäftigungsbetrieb keine Informationen über das verwendete Bindemittel zu erhalten, ist es in vielen Fällen erfolgreich, bei den für die Region zuständigen Bauämtern aus den Ausschreibungen die Art des Bindemittels zu ermitteln. Generelle Angaben über das Ausmaß der Verwendung teerhaltiger Bindemittel sind nicht möglich, da große regionale Unterschiede bestanden.

Asphalt enthält nur Bitumen als Bindemittel und keine kohlestämmigen Anteile. „Bituminöse Materialien“ können dagegen sehr wohl Teeranteile besitzen.

Expositionsdaten zum Straßenbau sind in Tabelle 9 (siehe Seite 46 f.) zusammengefasst.

– Straßenbau – Mischguteinbau von Hand und maschinell

Es wird vorgefertigtes Mischgut (mineralische Bestandteile und Bindemittel) eingebaut.

Spritzer

„Spritzer“ verteilen mithilfe von Spritzgeräten für Straßenbaubindemittel Haftvermittler-Substanzen fein vernebelt auf Untergründe, die mit Mischgut überbaut werden sollen. Dazu müssen Spritzgeräte aus Haftmittel-Fässern gefüllt werden. Nach der Spritzarbeit sind die Spritzen und Spritzschläuche zu reinigen, damit sie für den nächsten Einsatz wieder brauchbar sind. Das Ausbringen des Spritznebels erfolgt mithilfe langer Spritzrohre, an deren vorderem Ende die Spritzdüsen angebracht sind. Damit soll verhindert werden, dass der Spritzrohrführer in unmittelbarer Nähe des ausspritzenden Haftmittelnebels steht.

Abweiser

„Abweiser“ sind Hilfsarbeiter im Straßenbau, die Schutzschilde aus Holz und anderen leichten Materialien vor Randsteine und andere zu schützende Bauteile halten, um zu verhindern, dass der Spritznebel sie verunreinigt. Abweiser helfen gelegentlich beim Reinigen des Spritzgerätes. Die Abweiseschilde werden im Normalfall nicht gereinigt, sondern bei zu starker Verschmutzung entsorgt.

Einbauer (von Hand)

„Hand-Einbauer“ verteilen mithilfe von Rechen und Schaufeln das Mischgut derart, dass es sich für einen ebenen Einbau und anschließende Verdichtung eignet. Der Handeinbau kommt für kleinere Flächen infrage; außerdem wird er beim Herstellen von unregelmäßigen Feldweganschlüssen und ähnlichen Aufweitungen neben der eigentlichen Straße verwendet. Der Hand-Einbauer steht im Normalfall auf kaltem Untergrund und hat das Mischgut, das er verteilen muss, vor sich.

Fertiger-Fahrer

„Fertiger-Fahrer“ sind die Maschinenführer der Straßenfertiger, die vorgemischtes Mischgut maschinell einbauen. Sie haben vor sich die Mulde, in die Lkws das Mischgut abkippen, und hinter sich die Einbaubohle, die das Mischgut verteilt und verdichtet.

Schaufelmann

„Schaufelmann“ ist ein Beschäftigter im Straßenbau, der neben dem Fertiger das Mischgut von Hand zum Randausgleich verteilt. Er ist ein unabdingbarer Begleiter beim Einbau mit Straßenfertigern. Dabei muss er nicht ständig Mischgut mit der Schaufel von Hand verteilen. Er hat vielmehr auch die Aufgabe zu beobachten, ob der Straßenfertiger der Höhe nach das Mischgut richtig einbaut.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 9:

Bauwirtschaft – Straßenbau – Mischguteinbau, Makadam, Fugenvergießen, Ausbau (bei teerhaltigen Bindemitteln)

Die angegebenen Schichtmittelwerte stellen die Belastung von Schwarzdeckenbauern dar, die über eine gesamte Arbeitsschicht von acht Stunden weitgehend ununterbrochen Teerdämpfen ausgesetzt waren (z. B. Arbeiter in einer Teerkolonne auf Schwarzdecken-Großbaustellen).

Bei kleineren Arbeiten im Schwarzdeckenbau (z. B. Bau von Nebenstraßen oder Plätzen etc.) muss der zeitliche Anteil für die anfallenden Nebentätigkeiten ohne Teerexposition ermittelt werden.

Auch erhöhte Arbeitszeiten (mehr als acht Stunden pro Schicht) sind entsprechend zu berücksichtigen.

Die Expositionsangaben beziehen sich auf den Einsatz teerhaltiger Bindemittel.

Bei Einsatz von Bitumen sind die Expositionen vernachlässigbar gering ($< 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Straßenbau – Mischguteinbau					
Spritzer • Füllen des Spritzgerätes Haftvermittler spritzen	bis 1965 1965 - 1984	45,0	Schicht		4
		15,0	Schicht		4
Abweiser • Abweisen des Sprühnebels von Randsteinen	bis 1965 1965 - 1984	45,0	Schicht		4
		15,0	Schicht		4
Einbauer (von Hand) • Herstellen von Anschlüssen	bis 1965 1965 - 1984	35,0	Schicht		4
		10,0	Schicht		4
Fertiger-Fahrer • Führen des Einbaugerätes	bis 1965 1965 - 1984	35,0	Schicht		4
		10,0	Schicht		4
Schaufelmann • Verteilen des Mischgutes von Hand Randausgleich	bis 1965 1965 - 1984	25,0	Schicht		4
		5,0	Schicht		4
Walzenfahrer • Führen der Straßenwalze	bis 1965 1965 - 1984	5,0	Schicht		4
		1,0	Schicht		4
Polier (Bohlenführer) • Überwachung, Steuerung am Fertiger	bis 1965 1965 - 1984	35,0	Schicht		4
		10,0	Schicht		4
Straßenbau – Makadam					
Kesselmann • Heizen, Füllen und Bedienen des Teerkochers • Füllen, Heizen des Spritzgerätes, Führen von Handspritze und Motorspritzwagen	bis 1965	50,0	Schicht		4
		45,0	Schicht		4

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Straßenbau – Makadam (Fortsetzung)					
Einbauer • Verteilen von Hand, Splitstreuen u.a.	bis 1965	25,0	Schicht		4
Verdichter • Führen der Handwalze, Stampf- eisen, Motorwalze	bis 1965	5,0	Schicht		4
Straßenbau – Fugenvergießen					
Fugengießer • Befüllen des Kessels, Gießen von Hand • mit Fugenvergussmaschine	bis 1965	5,0	Schicht		4
	1966 - 1991	1,5	Schicht		3
Spritzen (teerhaltiger Haftvermittler) • Befüllen des Spritzgerätes, Führen des Gerätes	1965-1991	1,5	Schicht		4
Straßenbau – Ausbau					
Ausbauer • Manuell, Bagger, Fräse • Manuell, Bagger, Fräse • Manuell, Bagger, Fräse	bis 1984	5,0	Schicht		4
	1985-1994	2,0	Schicht		4
	ab 1995	0,7	Schicht	1995 - 2008	1

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Walzenfahrer

„Walzenfahrer“ sind die Maschinenführer, die mit Straßenwalzen unterschiedlicher Bauweise das Mischgut verdichten. Übliche Straßenwalzen für den Schwarzdeckenbau sind: Doppelvibrationswalzen mit aufsitzendem Fahrer, Gummiradfahrer mit aufsitzendem Fahrer und Glattradwalzen mit stehendem Fahrer. Für kleine Maßnahmen (insbesondere beim reinen Handeinbau) verdichten Walzenfahrer die Schwarzdecken häufig mit kleinen Verdichtungsgeräten wie z. B. Walzen für den Mitgängerbetrieb.

Polier (Bohlenführer)

„Polier“ oder „Bohlenführer“ sind Beschäftigte, die den Einbau überwachen. Sie haben darauf zu achten, dass das Mischgut in Richtung und Höhe richtig eingebaut wird, und bedienen dazu – häufig auf der Einbaubohle stehend – Steuerungselemente am Heck des Fertigers, mit denen die Höhe der Bohle variiert werden kann. Sie stehen somit auf der Verteilerbohle und haben vor sich im Schacht das zu verteilende Mischgut.

– Straßenbau in Makadambauweise

Schichtweiser Aufbau der mineralischen Bestandteile und jeweiliges Besprühen mit Bindemittel

Kesselmann

„Kesselmann“ ist der Arbeiter, der – etwa bis 1965 – Teer- und Bitumenkocher mit Rohmaterial (Teer, Bitumen oder Mischungen daraus) befüllte, die Kessel heizte und die Schmelze des Bindemittels überwachte. Er war dafür verantwortlich, dass ständig spritz-

fähiges, dünnflüssiges, heißes Bindemittel für den Spritzer zur Verfügung stand. Da das Bedienen und Befüllen der Teerkocher keinen großen Zeitaufwand erforderte, arbeiteten die Kesselmeister zeitlich überwiegend auch als Spritzer.

Spritzer

„Spritzer“ halfen beim Füllen und Heizen des Spritzgerätes und führten außerdem das Spritzrohr, aus dessen Düsen das heiße Bindemittel fein vernebelt ausgespritzt wurde. Bei der Makadambauweise wurde Schicht für Schicht von unten nach oben immer feiner werdender Schotter und Splitt angespritzt und verdichtet. So entstand schichtweise auf der Packlage aus Steinen ein Asphalt, der am Einbauort hergestellt wurde.

Einbauer

„Einbauer“ hatten die Aufgabe, Schotter und Splitt (überwiegend von Hand) nach der Anlieferung durch Lkws und andere Fuhrwerke zu verteilen. Gelegentlich halfen sie beim Spritzen aus. Außerdem wiesen sie die Spritzer an, wie dicht ihre Spritzschicht sein muss, um einen brauchbaren Makadam herstellen zu können. Der Handeinbau in Makadambauweise war eine körperlich enorm schwere Arbeit. Die Einbauer gingen mit Schottergabeln und Splittgabeln um.

– Fugenverguss

Fugengießer

„Fugengießer“ befüllen die Kessel mit Gussmasse, beheizen die Kessel und beobachten das Aufschmelzen des Vergussmaterials. Sie bringen anschließend das Vergussmaterial

entweder von Hand aus Gießgefäßen oder mithilfe von Fugenvergussmaschinen mit Vergussrohren aus. Sie haben als Nebenarbeiten die Vorbereitung der Fugen mit evtl. Haftvermittlern vorzunehmen. Dies geschieht im Regelfall mit Pinsel oder Beschichtungsmaschinen.

Spritzer

„Spritzer“ haben das Spritzgerät zum Ausbringen von Haftvermittlern mit Spritzmaschinen zu befüllen und führen dann das Spritzrohr. Da die Haftvermittler in Fugen einzubringen sind, ist der Spritznebel, der frei wird, nicht erheblich.

Herstellung von Asphaltmischgut

Bis Anfang der 1980er-Jahre wurden offene oder teilweise geschlossene Mischmaschinen in Asphaltmischanlagen eingesetzt. Der Anlagenbediener überwachte und steuerte den Mischvorgang von einem in unmittelbarer Nähe der Mischanlage angeordneten Steuerpult aus, teilweise auch aus der offenen Kabine heraus.

Der Mischanlagenbediener war gegenüber den aufsteigenden Dämpfen exponiert und aufgrund der Verwendung kohlestämmiger Bindemittel (Teer, Teeröle) potenziell gefährdet. Die Aufheiztemperaturen des Bindemittels betragen bis zu 135 °C.

Die Herstellung von teerhaltigem Mischgut wurde seit den 1950er-Jahren stetig reduziert, da Straßenteer zunehmend durch Bitumen ersetzt wurde. Spätestens mit Inkrafttreten der TRGA 551 „Pyrolyseprodukte aus organischem Material“ im September 1984, mit der die Verwendung von Steinkohlenteer-

pech, Braunkohlenteerpech, Carbobitumen oder sonstigen Substanzen mit einem BaP-Gehalt von über 50 mg/kg als Bindemittel im Straßenbau sowie der Einsatz von PAK-haltigen Fugenvergussmassen, z. B. im Flughafen- und Straßenbau, untersagt wurde, erfolgte keine Verarbeitung/Herstellung von teerhaltigem Mischgut mehr. Die Herstellung von teerhaltigem Mischgut ab diesem Zeitpunkt beschränkte sich allenfalls auf Ausnahmen für spezielle Anwendungsbereiche.

Zur Herstellung von kalt einbaufähigem Mischgut und für Sondermischgut wurden Teeröle als Plastifizierungsmittel zugemischt. Beim Mischen, Abfüllen und Verpacken des Mischgutes in Säcke kann eine Gefährdung durch Teerdämpfe in geringem Umfang ebenfalls nicht ausgeschlossen werden.

Etwa ab Mitte der 1970er-Jahre fand Zug um Zug eine Umgestaltung der Asphaltmischanlagen statt. Der Arbeitsplatz des Anlagenbedieners wurde in eine Arbeitskabinen in einiger räumlicher Entfernung zur Mischmaschine verlegt und es wurden zunehmend vollständig geschlossene Mischmaschinen eingesetzt.

Der Anlagenbediener war möglicherweise auch als Anlagenschlosser im Rahmen der Störungsbeseitigung und Reparatur während des Anlagenbetriebs tätig und je nach Aufenthaltsort und -dauer in der Mischanlage entsprechend exponiert.

Recycling von Straßenausbaumaterialien

Das Recycling von Straßenausbaumaterialien ist heute ein gängiges Verfahren der umweltverträglichen Wiedernutzbarmachung der für die Befestigung von Verkehrsflächen

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

verwendeten Straßenbaustoffe. Auf der Baustelle ausgebauten Material wird in mobilen oder stationären Brecheranlagen zu Granulat zerkleinert und bei der Herstellung von Asphaltmischgut zu einem bestimmten Anteil wiederverwendet. Die Möglichkeiten der Wiederverwendung richten sich nach dem Gehalt an PAK nach EPA (Environmental Protection Agency, Umweltbehörde der USA).

Zur Herstellung von Asphalt im Heißmischverfahren darf Ausbaumaterial nur eingesetzt werden, wenn dessen PAK-Gehalt 25 mg/kg nicht überschreitet. Unter bestimmten Voraussetzungen kann auch eine Verwendung des Granulates bei der Herstellung von ungebundenen Recyclingbaustoffen erfolgen. Die Wiederverwendung von Straßenausbaumaterialien mit einem höheren PAK-Gehalt ist nur zulässig, wenn das Granulat zuvor mit Zement oder einem Bindemittel auf Bitumenbasis im Kaltmischverfahren ummantelt wurde.

Die Expositionsangaben (Tabelle 10) beziehen sich ausschließlich auf das Zerkleinern sowie die hiermit verbundenen Nebentätigkeiten des Verladens, Transportierens und Lagerns von Straßenausbaumaterialien mit teer-/pechtypischen Bestandteilen und des daraus hergestellten Granulates. Beim Recycling bitumengebundener Straßenausbaumaterialien sind die Expositionen gegenüber Benzo[a]pyren vernachlässigbar gering.

Gussasphaltarbeiten

Gussasphalt besteht aus Gesteinskörnungen, Füller und Bitumen sowie gegebenenfalls weiteren Zusätzen. Teerprodukte (z. B. Teerpech, Teeröle) wurden zur Herstellung von Gussasphalt niemals verwendet. Guss-

asphalt wird vielseitig eingesetzt, beispielsweise als Estrich im Wohn- und Industriebau sowie als Deckschicht auf Brücken und Straßenverkehrsflächen.

Im Wohn- und Industriebau wird Gussasphalt in der Regel von Hand verarbeitet. Der Gussasphalt wird mit beheizbaren Rührwerkskesseln vom Asphaltmischwerk zur Baustelle geliefert und dort heiß umgefüllt. Der Zwischentransport von Gussasphalt vom Rührwerkskessel zur Einbaustelle erfolgt mit Dumper, Schubkarre oder Eimer, der Einbau mit dem Streichbrett oder der Harke. Die Oberfläche wird in noch warmem Zustand mit Sand abgerieben oder mit einer groben Gesteinskörnung (Feinsplitt) abgestreut.

Auf größeren Flächen, z. B. im Straßenbau, wird Gussasphalt maschinell verarbeitet. Die Gussasphaltmasse wird aus dem Rührwerkskessel direkt auf den Untergrund gegossen und mittels einer höhengeführten Bohle eingebaut. Randarbeiten und Ausbesserungen werden manuell ausgeführt, z. B. mit einer Schaufel. Gussasphalt bedarf keinerlei Verdichtung, um seine Endfestigkeit zu erreichen. Die Oberfläche wird im Regelfall mit grober Gesteinskörnung abgestreut.

Gussasphalt wurde in der Regel bei Temperaturen von 240 bis 260 °C, in Ausnahmefällen auch bis über 275 °C, verarbeitet. Seit 2008 ist in Deutschland der Einbau von Gussasphalt nur noch temperaturabgesenkt mit viskositätsverändernden Zusätzen oder viskositätsveränderten Bindemitteln bei Verarbeitungstemperaturen bis maximal 230 °C erlaubt [27].

Die Expositionsdaten für Gussasphaltarbeiten in der Bauwirtschaft zeigt Tabelle 11.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 10:
Bauwirtschaft – Straßenbau – Asphaltmischanlagen, Recycling

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Asphaltmischanlagen Verwendung kohlestämmiger Bindemittel (Teer/Teeröle) bis ca. 1984					
Steuerpult, offene Steuerkabine an offener Mischmaschine • Bedienen, Überwachen des Misch- vorgangs, Reinigen des Mixers	bis 1989	2,50	Schicht	1987 - 1989	2
Sondermischgut, kalteinbaufähiges Mischgut • Mischen, abfüllen, verpacken	bis 1990	1,0	Schicht		4
Anlagenschlosser • Reparatur und Wartung	bis 1990	0,1	Schicht		4
Geschlossener Leitstand • Bedienen, Überwachen des Mischvorgangs	ab 1979	0,01	Schicht	1979	2
Mischerwerker • Aufenthalt innerhalb der Misch- anlage (z. B. zu Kontrollgängen)	1950 - 1965 1966 - 1975 1976 - 1991	15,0 3,0 0,2	Schicht Schicht Schicht		4 4 4
Transport	1950 - 1965 1966 - 1975 1976 - 1991	2,0 1,0 0,5	Schicht Schicht Schicht		4 4 4
Straßenbau – Recycling (von Straßenausbaumaterialien mit teer-/pechtypischen Bestandteilen)					
• Verladen, Brechen, Lagern	ab 1994	0,7	Schicht	1994 - 2008	1

Tabelle 11:
Bauwirtschaft – Gussasphaltarbeiten

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Daten- zeitraum	VK
Gussasphaltarbeiten					
• Gussasphaltarbeiten im Freien und in Räumen	zeitlich unbegrenzt	a. B.	Tätigkeit	1992 - 2008	1

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Sonstige Tätigkeiten in der Bauwirtschaft

Expositionsdaten für sonstige Tätigkeiten in der Bauwirtschaft sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Die Messwerte zum Schweißen von Schienenstößen stammen aus nachstellenden Untersuchungen im Jahr 2006 im Rahmen einer BK-Ermittlung. Nachgestellt wurde die Exposition des Schweißers im Weichen- und Kreuzungsbau, da durch das häufig notwendige Schweißen von Schienenstößen über Koppelschwellen höhere Emissionen erwartet wurden.

Eine Tagesschicht beinhaltete ca. drei Stunden Rüstzeiten, etwa vier bis fünf Stunden Schweißarbeiten sowie ca. eine Stunde Schleifvorgänge. Vor dem eigentlichen Verschweißen wurden die Schienenstöße mittels Flamme auf ca. 200 bis 300 °C erwärmt. Beim Vorwärmen der Schienen sowie beim abschließenden Schweißvorgang werden die steinkohlenteerpech imprägnierten Holzschwellen thermisch stark belastet. Das Verschweißen erfolgte bis 1975 durch Gasschmelzschweißen (Autogenschweißen) und später durch KB-Elektrodenschweißverfahren. Nachgestellt werden konnte nur das KB-Elektrodenschweißverfahren. Alle

Tabelle 12:
Bauwirtschaft – Abbruch/Demontage, Stollen-, u-, Schacht-, Gleisbau

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Abbruch/Demontage					
<ul style="list-style-type: none"> Entfernen Kork-Teer-Dämmungen (Innenbereiche) Brennschneidarbeiten an mit Teer oder Teer/Epoxid-Beschichtung versehenen Stahlkonstruktionen 	zeitlich unbegrenzt	86,6 siehe Tabelle 18	Tätigkeit	1991 - 1996	2
Stollen-, Tunnel-, Schachtbau, Durchpressungen	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Schicht	1983 - 1987	1
Gleisbau					
Ein-/Ausbau, Instandhaltung, Transport <ul style="list-style-type: none"> Holzschwellen (z. B. Eisenbahn), mit Steinkohlenteeröl imprägniert 	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Schicht		3
Schweißen von Schienenstößen auf Carbolineum-imprägnierten Schwellen <ul style="list-style-type: none"> KB-Elektrodenschweißverfahren KB-Elektrodenschweißverfahren, kurzzeitig entflammte Schwelle (Worst Case) 	ab 1975	0,4	Tätigkeit		3
	ab 1975	1,5	Tätigkeit		3

Arbeiten fanden im Freien statt, es wurde kein Atemschutz getragen. Die verwendeten Holzschwellen stammten aus den frühen 1970er-Jahren und wiesen einen BaP-Gehalt von ca. 470 mg/kg auf.

6.4.2 Chemische Industrie

Elektrothermische Herstellungsverfahren und Holzverkohlung

In der chemischen Industrie werden elektrothermische Öfen zur Herstellung von Reinmetallen, Carbiden, Silicium, Grafit oder Korund eingesetzt. Durch Lichtbögen oder bei Siliciumcarbid alleine durch den Widerstand des Einsatzgutes wird die notwendige Wärme von weit über 1000 °C zur Umsetzung der Rohstoffe erzeugt. Elektroden kommen sowohl vorgeformt als auch als selbstbrennende Söderbergelektroden zum Einsatz (siehe auch Abschnitt 6.4.10 „Aluminiumhütten“, siehe Seite 69).

Siliciumcarbid

Siliciumcarbid wird aus Quarzsand und Petrolkoks bei ca. 1400 °C in einem Widerstandsofen gewonnen. Dabei kann Benzo[a]pyren aus dem Petrolkoks (Gehalt 20 bis 45 mg/kg) freigesetzt werden, es entsteht nicht durch Pyrolyse.

Die Tätigkeit der Beschäftigten an den Öfen wird durch den Auf- und Abbau der Seitenwände, das Räumen von Material und Reparaturen geprägt.

Syntheseanlagen unter freiem Himmel haben sich in den letzten Jahren bewährt.

Calciumcarbid

Die Umsetzung von Calciumoxid und Kohle erfolgt bei etwa 2 000 °C in offenen, halbgedeckten oder vollständig gedeckten (Miguet) Elektrolyseöfen. Vorwiegend werden selbstbrennende Elektroden (Söderberg) eingesetzt, deren Blechmantel bei laufendem Ofenbetrieb erneuert und angeschweißt werden muss. Dabei, wie auch beim Einfüllen der Söderbergmasse, besteht auf den Öfen eine erhöhte Exposition gegenüber den aus der Elektrode ausgasenden Stoffen.

Die personenbezogene Einzelmessung „Elektrodenschweißer“ der Tabelle 13 (siehe Seite 54) erfasst eine Worst-case-Situation, da der Schweißer den Arbeitsplatz mehrmals wegen Gasausbruch verlassen musste.

Phosphor

Phosphate werden zu weißem Phosphor in ähnlichen Öfen reduziert, wie sie auch für die Gewinnung von Calciumcarbid Verwendung finden (Lichtbogen-Reduktionsöfen). Die Herstellung der Elektrodenmasse für die selbstbrennenden Söderbergelektroden geschieht in einer separaten Produktionshalle. Sie wird mit Kübeln zum Ofenhaus gebracht und dort von einer Bühne (Stampfraumbühne) in die Blechmäntel der drei Elektroden gefüllt (z. B. zweimal pro Woche). Zur Reparatur der Abstichrinnen wird auch Söderbergmasse verwendet.

Holzkohle

Holzkohle entsteht bei der thermischen Zersetzung von Holz unter Luftabschluss. In geschlossenen industriellen Anlagen werden bei diesem Prozess auch flüssige und gas-

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

förmige Produkte wie Holzgas, Holzessig und Holzteer gewonnen. Dazu kommen hauptsächlich kontinuierlich arbeitende Großraumretorten zum Einsatz. Auf traditionelle

Weise wird Holzkohle in Meilern erzeugt. In den Tabellen 13 bis 15 sind die Expositionsdaten für verschiedene Tätigkeiten in der chemischen Industrie zusammengestellt.

Tabelle 13:
Chemische Industrie – Teil 1

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expositionszeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m ³	Bewertungsart	Datenzeitraum	VK
Siliciumcarbid-Herstellung					
Elektrothermische Herstellung aus Quarzsand und Petrolkoks					
Schmelzofen	1989 - 1993	0,9	Tätigkeit	1989 - 1993	2
Härteofen	1989 - 1993	n. ngw.	Tätigkeit	1989 - 1993	2
Calciumcarbid-Herstellung					
Calciumcarbid wird elektrothermisch aus Kalk und Kohle hergestellt.					
Söderbergelektrode					
• Einfüllen der Söderbergmasse		3,1	Tätigkeit	1985	3
• Anschweißen des Elektrodenmantels auf Bühne (Miguet-Ofen)		7,3	Tätigkeit	1991 - 1993	2
• Elektrodenschweißer (Arbeiten an Elektrodenmantel bei gestörtem Ofenbetrieb)		16,6	Tätigkeit	1993	3
• Kollerfahrer		n. ngw.	Schicht	1991	3
Abstich					
• Anlagenfahrer		n. ngw.	Tätigkeit	2005	2
Phosphor-Herstellung					
Nach einem elektrothermischen Verfahren unter Einsatz von Söderbergelektroden wird aus Phosphaten Phosphor hergestellt.					
Söderbergmassen-Herstellung					
• Mischeranlage	bis 1985	8,2	Tätigkeit	1985	3
	1986 - 1987	0,4	Tätigkeit	1987	3
	bis 1989	0,2	Tätigkeit	1989	3
• Anlagenfahrer (Zugabe von Weichpech)	1985 - 1987	n. ngw.	Schicht	1985 - 1987	2
– Abfüllung	1987 - 1989	0,6	Tätigkeit	1987 - 1989	2
• Abfüller	1985 - 1987	n. ngw.	Schicht	1985 - 1987	2
Nachfüllen der Söderbergelektrode					
• Elektrodenbefüller	1985 - 1989	0,1	Tätigkeit	1987	3
	1985 - 1989	n. ngw.	Schicht	1987	3
Stampfraumbühne					
	1985 - 1989	n. ngw.	Tätigkeit	1987	3
Abstichrinne im Ofenhaus					
• Reinigung nach Abstich	1985 - 1989	1,9	Tätigkeit	1986	3
• Auskleiden der Abstichrinne mit Söderbergmasse	1985 - 1989	63,0	Tätigkeit	1986	2
• Ausbesserung mit Siliciumcarbid	1985 - 1989	n. ngw.	Tätigkeit	1989	3

Tabelle 14:
Chemische Industrie – Teil 2

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Teerverarbeitung, kontinuierliche Teerdestillation					
Carbostämmiger Rohteer und andere petrostämmige Rohstoffe werden in Destillationskolonnen unter Vakuum aufgetrennt					
Destillierkolonnen • Anlagenfahrer	zeitlich unbegrenzt	0,5 0,2	Tätigkeit Schicht	1987 1987	2 2
Öl-Aufarbeitung	zeitlich unbegrenzt	0,2	Tätigkeit	1987	2
Laboratorien	zeitlich unbegrenzt	0,4	Schicht	1987 - 1992	2
Strangpechanlage					
Heißes Flüssigpech wird durch Eindüsen in Wasser zu Strangpech erstarren lassen, das gebrochen und verladen wird.					
• Anlagenfahrer (Überwachung, Probenahme, Kontrollgänge)	bis 2006	2,4	Schicht	1987 - 1992	2
Pechgranulierung					
Hartpech wird durch Wasserkühlung erstarren lassen und gebrochen.					
• Anlagenfahrer (Kontrolle, Störungsbeseitigung)	1987 - 1995	1,3	Schicht	1987 - 1995	2
Kontinuierliche Hartpechanlage					
Aus Weichpech wird durch Verblasen (Flashen) Hartpech hergestellt.					
• Anlagenfahrer (Messwarte, Kontrollgänge, Probenahme)	bis 1995	0,3	Schicht	1987 - 1995	2
Diskontinuierliche Pechanlage					
Weichpech wird in Retorten mit Luft verblasen, um einen größeren Erweichungspunkt zu erhalten.					
• Anlagenfahrer (Befüllen, Über- wachung, Probenahme)	bis 1993	0,4	Schicht	1987 - 1993	2
Pechkokerei					
Heißflüssiges Steinkohlenteerpech wird bei ca. 1 200 °C unter Luftabschluss in Horizontalkammeröfen zu Pechkoks verkocht.					
Druckmaschinen- und Koksseite • Kokereiarbeiter	bis 1990	23,7	Schicht	1987	3
Koksofendecke • Kokereiarbeiter	bis 1990	37,6	Tätigkeit	1986	3
Betriebslabor • Probenehmer (gesamte Anlage)	bis 1990	0,9	Schicht	1987	3

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 14:
(Fortsetzung)

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Holzkohle-Herstellung					
Press- und Knetanlage von Formkohle, Teerdestillation Schwelanlage • Kontrollarbeiten	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Tätigkeit	1990	2
Holzkohlenmeiler im Freien • Befüllen, Beräumen, Köhler	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Tätigkeit	1992 - 1994	2

Tabelle 15:
Chemische Industrie – Teil 3

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Teerpappenfabrik					
Teerkocherabteilung	bis 1978	2,6	Tätigkeit	1976	3
Dachpappe, Bitumendachbahnen, Herstellung					
Mischer, Beschichtungsanlage (Tauchbad, Abscheider, Beschich- tung, Kühlband, Aufwicklung, Kleben, Kontrolle, Steuerstand)	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Tätigkeit	1993 - 2006	1
Ruß-Herstellung					
Verbrennen von Steinkohlenteeröl in offenen Pfannen • Arbeiten im Ofenraum • Reinigen der Pfannen und Ablöschen mit Wasser • Anlagenfahrer (Schaltwarte, Kontrollgänge, Pfannenreinigen) • Abfüllen, Abwiegen von Ruß	ab 1980	n. ngw.	Tätigkeit	1988 - 1990	2
	ab 1980	3,6	Tätigkeit	1988	3
	ab 1980	n. ngw.	Schicht	1990 - 2001	3
	ab 1980	n. ngw.	Tätigkeit	1990 - 1991	3
Anstrich-, Klebemittel, Fug- und Spachtelmassen, Herstellung					
• Einwiegen, Einfüllen, Mischen, Kneten, Rühren, Abfüllen, Dosieren	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Tätigkeit	1985 - 1999	1

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 15:
(Fortsetzung)

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Mineralölraffinerie	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Schicht	1989 - 2007	1
Kohlehydrierung		17,4	Tätigkeit	1956	3
Entsorgung der Rückstände aus der Kohleverflüssigung • Anlagenfahrer	1989 - 1992	n. ngw.	Schicht	1989 - 1992	2
Kunststoffverarbeitung Mischen, Pressen, Funkenerodieren, thermische Trennverfahren, Herstel- len und Bearbeiten von Phenolharz- artikeln, Beschichten von Polystyrol mit Bitumen	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Tätigkeit	1981 - 2006	1
Herstellung und Verarbeitung von Gummiwaren Herstellung von Gummimischungen (Mischen, Kneten), Vulkanisation in Pressen, Spritzgießmaschinen, Gravur mit Laser	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Tätigkeit	1983 - 2002	1
Herstellung und Verarbeitung von Reifen Herstellung von Gummimischungen (Mischen, Kneten), Vulkanisation, Runderneuerung (Reifenrauh)	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Tätigkeit	1981 - 2007	1

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

6.4.3 Herstellung von Werkstoffen aus Kohlenstoff und Elektrografit

Werkstoffe aus Kohlenstoff, vielfach fälschlich auch als „amorphe Kohle“ bzw. „Hartbrandkohle“ bezeichnet, werden unter Verwendung fester Füller und Bindemittel durch Mischen, Formen, Brennen, Imprägnieren, ggf. Grafitieren und Bearbeiten hergestellt.

Als Feststoff (feste Füller) werden vor allem hochgeglühter Petrol-, Pechkoks und Anthrazit, aber auch Grafit und Ruß eingesetzt. Als Binde- und Imprägniermittel kommen Steinkohlenteerpech, Petrolpech und Kunstharze zum Einsatz. Als Imprägniermittel werden zusätzlich Petrolfraktionen und härtende Öle verwendet. Bindemittel und Imprägniermittel werden im Allgemeinen in flüssiger und in Sonderfällen in fester Form eingesetzt. Hilfsstoffe sind neben einigen Zuschlagstoffen, die in geringeren Prozentmengen verwandt werden, vor allem kohlenstoffhaltige Schüttmaterialien wie Zechenkoks, Braunkohlkoks, Anthrazit, Petrolkoks und Ruß. Aber auch mineralische Schüttmaterialien wie Siliciumcarbid und Sand werden eingesetzt.

Der Herstellungsprozess wird in folgende Schritte gegliedert:

- Lagern/Aufbereiten von festen Füllern durch Brechen, Mahlen, Klassieren; Lagern/Aufbereiten von Festpech
- Mischen bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen (schließt die Lagerung von flüssigen Bindemitteln ein)
- Formen von Kohlenstoff-Formkörpern (grüne Formkörper) durch z. B. Stampfen, Gesenkpresen, Rütteln und Extrudieren
- Brennen von grünen und imprägnierten Formkörpern bis zu ca. 1300 °C
- Imprägnieren von porösen gebrannten Kohlenstoff-Formkörpern (schließt die Lagerung von flüssigen Imprägniermitteln ein)
- Grafitieren von Kohlenstoff-Formkörpern
- Bearbeiten von Formkörpern durch z. B. Bohren, Fräsen, Sägen
- Das Aufbereiten der festen Füller erfolgt z. B. in Backen- und Kegelbrechern und durch Hammer-, Walzen- oder in Sonderfällen durch Spezialmühlen wie z. B. Jet-Mühlen

Feste Binde- und Imprägniermittel werden in der Regel vor dem Einsatz aufgeschmolzen. Im Allgemeinen werden heute jedoch Flüssigpeche eingesetzt.

Beim Mischen werden die festen Füller entsprechend den Rezepturen und der Herstellungstechnologie mit Bindemitteln versetzt und in Mischern bei Raumtemperatur bzw. bei Temperaturen bis 200 °C, in Sonderfällen bei Temperaturen > 300 °C, zu einer plastischen Masse gemischt. Hierbei kommen für verschiedene Produktgruppen und je nach Ansatzgröße entweder ein manuelles Befüllen oder ein automatisches Chargieren zum Einsatz. Des Weiteren werden je nach Herstellungstechnologie geschlossene oder offene Mischer mit Absaugung bzw. Belüftung verwendet.

Nach dem Mischen werden die plastischen Massen entweder unmittelbar zum Formen transportiert und weiterverarbeitet oder aus

produktionstechnischen Gründen zwischen- gelagert. Für einige spezielle Produkte ist eine Abkühlung auf Raumtemperatur und ein Aufmahlen zur gewünschten Kornfeinheit vor der Weiterverarbeitung unverzichtbar. Hierzu dienen spezielle Mühlen und Siebe.

Grüne Mischungen und Formkörper, die für die Weiterverarbeitung nicht geeignet sind, können in den Herstellungsprozess zurückgeführt werden, ggf. nach vorheriger Zerkleinerung.

Beim Formen werden die gewünschten Formkörper aus einer Trockenmischung oder einer plastischen „grünen Masse“ durch Stampfen, Rütteln oder in isostatischen Pressen, Gesenk-, Kolben-, Strang- oder Schneckenpressen bei Raumtemperatur oder bei Temperaturen bis 170 °C gefertigt.

Die Beschickung der Formgebungseinrichtungen kann, je nach Produktionsart, sowohl automatisch als auch manuell erfolgen. In der Regel werden bei großformatigen Produkten wie Elektroden, Kathoden und Anoden automatische Füllrichtungen benutzt. Bei Sonderprodukten, kleinen Ansatzgrößen und häufigen Rezepturwechseln wird auch manuell oder halbautomatisch befüllt.

Die Produkte der Formgebung werden als „grüne Formkörper“ bezeichnet.

Beim Brennen werden „grüne“ bzw. imprägnierte Formkörper zur Verkokung des Binde-

bzw. Imprägniermittels je nach Bedarf bis auf 1300 °C in geschlossenen bzw. abgedeckten Brenneinheiten erhitzt. Das Binde- bzw. Imprägniermittel wandelt sich hierbei in festen hochgeglühten Kohlenstoff um. Es entsteht ein poröser keramischer Kohlenstoff-Formkörper.

Beim Imprägnieren werden die porösen Formkörper durch eine Tränkung bzw. durch Druck-/Vakuum-Druck-Imprägnierung verdichtet: Die Poren werden mit dem Imprägniermittel gefüllt. Die Imprägnierung geschieht mit oder ohne nachfolgende thermische Behandlung (Brennen bzw. Grafitieren). Bei der Herstellung von großformatigen Kohlenstoff-Formkörpern folgt dem Imprägnierschritt das „Nachbrennen“.

Für Produkte, für die z. B. eine hohe elektrische und/oder thermische Leitfähigkeit oder Gleitfähigkeit anwendungsseitig verlangt wird, wird nach dem Brennen grafitiert. Die Grafitierung der Formkörper erfolgt durch indirekte oder direkte Widerstandserhitzung auf ca. 2800 °C. Hierbei entsteht durch Strukturumwandlung des Kohlenstoffgitters Elektrografit. Ein mechanisches, manuelles oder halbautomatisches Bearbeiten der Produkte durch z. B. Drehen, Fräsen, Sägen oder Schleifen oder bei Sonderprodukten durch Polieren und Läppen kann anschließend erfolgen.

Die Expositionsdaten zeigt Tabelle 16 auf Seite 60 f.).

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 16:
Elektrodenherstellung

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Herstellung von Werkstoffen aus Kohlenstoff und Elektrografit (Kleinkörper)	1981 - 1987	19,5	Schicht	1981 - 1987	1
	1988 - 1995	6,6	Schicht	1988 - 1995	1
	1996 - 2000	4,8	Schicht	1996 - 2000	1
	2001 - 2005	5,9	Schicht	2001 - 2005	1
	2006 - 2009	4,5	Schicht	2006 - 2009	1
Mischen • Ansetzen der Mischungen, Einfüllen von Bindemitteln und Füllern, Entleeren des Mixers, Kontrolle und Überwachung	1981 - 1987	15,7	Schicht	1981 - 1987	1
	1988 - 1995	8,4	Schicht	1988 - 1995	1
	1996 - 2000	13,5	Schicht	1996 - 2000	1
	2001 - 2005	9,3	Schicht	2001 - 2005	1
	2006 - 2009	7,5	Schicht	2006 - 2009	1
Formen (Pressen) • Befüllen, Formen Kontrolle und Überwachung	1981 - 1987	26,0	Schicht	1981 - 1987	2
	1988 - 1995	5,7	Schicht	1988 - 1995	1
	1996 - 2000	3,7	Schicht	1996 - 2000	1
	2001 - 2005	4,7	Schicht	2001 - 2005	1
	2006 - 2009	0,9	Schicht	2006 - 2009	1
Herstellung von Elektroden aus Kohlenstoff und Elektrografit (Großelektroden) Gebrannte Formkörper werden hergestellt, indem Petrol- oder Pechkoks mit Pech oder Teer gemischt und in Ringöfen gebrannt wird.					
Festpechlager • Anlieferung, Transport • Kran-Steuerstand	bis 1984	50,0	Tätigkeit	1984	3
	bis 1984	27,5	Tätigkeit	1983 - 1984	3
Anodenbetrieb • Alle Tätigkeiten	1998 - 2006	0,7	Tätigkeit	1998 - 2006	2
Mischerhalle	1998 - 2004	1,4	Tätigkeit	1998 - 2004	2
Mischer (Arbeitsbühne) • Rüttelmaschine • Mischerfahrer (Einfüllen von Teer und Koks, Entleeren des Mixers, Kontrolle und Überwachung) • Meister in der Mischerei	1983 - 1987	1,5	Tätigkeit	1983 - 1987	2
	1990 - 1993	0,6	Tätigkeit	1990 - 1993	2
	1998 - 2004	0,4	Tätigkeit	1998 - 2004	2
	1983 - 1987	3,0	Tätigkeit	1983 - 1987	2
	1990 - 1993	0,5	Tätigkeit	1990 - 1993	2
	bis 1983	0,6	Schicht	1983	2
Presse • Pressefahrer	bis 1983	0,2	Tätigkeit	1983	2
	1991 - 1993	n. ngw.	Tätigkeit	1991 - 1993	2
	1991 - 1993	0,2	Schicht	1991 - 1993	2
Imprägnierung • am Autoklaven • Beladen der Körbe • Reinigung leerer Pfannen • Schichtführer		0,2	Tätigkeit	1994	2
		0,3	Tätigkeit	1993	3
		1,6	Tätigkeit	1993	3
		n. ngw.	Schicht	1993	3

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in µg/m³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Brennofen für Anoden	1993 - 2000	0,1	Tätigkeit	1993 - 2000	2
Zerkleinern pechhaltigen Materials (Ausschussaufbereitung, Zerschla- gen von Elektroden per Hand, Einfüllen in Brecher)		5,0	Tätigkeit	1999	3

6.4.4 Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik-Industrie

Die Expositionsdaten für die Tätigkeiten in den Betriebsarten Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik-Industrie sind in Tabelle 17 zusammengestellt.

Tabelle 17:
Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik-Industrie

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in µg/m³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Elektrotechnik/Feinmechanik/Eisen-/Blech-/Metallwaren					
Mechanische Trenn- und Bearbeitungsverfahren • Schleifen, Drehen, Hobeln, Sägen	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Schicht	1981 - 2009	1
Thermische Trenn- und Bearbeitungsverfahren • Schutzgasschweißen, Brenn- bohren, Brennschneiden	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Schicht	1981 - 2009	2
Oberflächenbeschichtung, verschiedene Verfahren • Farbspritzen, Pinseln, Tauchen	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Schicht	1981 - 2009	1
Funkenerodieren	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Schicht	1981 - 2009	1
Optikglas, Herstellung und Verarbeitung					
• Pressen, Schmelzen, Vergüten	1981 - 1993	0,2	Schicht	1981 - 1993	2
• Kleben	1983 - 1995	n. ngw.	Schicht	1983 - 1995	2
• Kittarbeiten	1982 - 1983	2,2	Tätigkeit	1982 - 1983	2
• Abkittarbeiten	ab 1982	n. ngw.	Tätigkeit	1982	2

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

6.4.5 Entsorgung

Die Expositionsdaten für die Tätigkeiten in der Entsorgung sind in Tabelle 18 zusammengestellt.

Tabelle 18:
Entsorgung

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Abfallverbrennung, Recyclinganlagen	1989 - 2005	n. ngw.	Schicht	1989 - 2005	1
Entsorgung von Altanlagen	zeitlich unbegrenzt				
<ul style="list-style-type: none"> • Brennschneidarbeiten an teer- behafteten Teilen (z. B. Rohre, Behälter) in Hallen oder im Freien • Trennschneidarbeiten an teer- behafteten Teilen • Erwärmen teerbehafteter Teile auf maximal 110 °C 		38,1	Tätigkeit	1987 - 1995	2
		0,1	Tätigkeit	1992	2
		n. ngw.	Tätigkeit	1992	2

6.4.6 Gastronomie (Tabakrauch)

Im Servicebereich gastronomischer Betriebe können je nach Betriebsart die Mitarbeiter gegenüber Tabakrauch exponiert sein. Tabakrauch ist ein komplexes Gemisch aus Partikeln und flüchtigen Verbindungen und enthält unter anderem auch BaP. In einer Untersuchung über die Tabakrauchbelastung von Gastronomiebeschäftigten wurden auch Konzentrationen an PAK bzw. BaP veröffentlicht [28]. Messungen der Berufsgenossen-
schaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe

zeigten, dass im Einzelfall in einer Gaststätte $0,083 \mu\text{g}/\text{m}^3$ BaP gemessen wurde. Ursache hierfür war der in der Küche befindliche Holzkohlegrill mit defekter Abzugshaube. Dies bedeutet, dass bei der Betrachtung der BaP-Belastung in der Gastronomie auch andere Quellen wie Küche und ggf. Verkehr einen Beitrag leisten können, da BaP nicht tabak-spezifisch ist [29].

Tabelle 19 zeigt die Expositionsdaten für Tätigkeiten im Servicebereich der Gastro-
nomie.

Tabelle 19:
Gastronomie

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Gastronomie (Servicebereich)	zeitlich unbegrenzt	0,006	Schicht	2005 - 2006	3
		0,006	Schicht	2007 - 2009	1

6.4.7 Glasindustrie

In Tabelle 20 sind die Expositionsdaten für Tätigkeiten im Bereich der Glasindustrie zusammengestellt.

Tabelle 20:
Glasindustrie

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Hohlglas, Herstellung und Verarbeitung					
Formgebung und Vergütung: Presse, IS-Maschine • Ölen der heißen Formen mittels Quast (Schwabbeln)		n. ngw.	Schicht	ab 1986	1
Flachglas, Herstellung und Verarbeitung					
• Pressen, Schmelzen, Schleifen		n. ngw.	Schicht	ab 1986	1

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

6.4.8 Holz- und Papiergewerbe

Holzimprägnierung mit Steinkohlenteerölen

Steinkohlenteeröle werden verarbeitet in Trogränkanlagen und Kesseldruckanlagen. Bei der Imprägnierung in offenen Trogränkanlagen werden die Hölzer in dem Imprägnieröl untergetaucht oder nur teilweise – mit dem gefährdeten Ende – eingetaucht. Bei der Einstelltränkung werden z. B. Weinbaupfähle nur auf einem Teil ihrer Länge imprägniert. Häufig wird das Imprägniermittel dabei erhitzt. Die Trogränkanlagen sind heute so gebaut, dass entstehende Dämpfe kondensieren und kaum in die Umgebung entweichen. Ohne Kondensation der Dämpfe ist eine deutliche Geruchsbelastigung möglich.

Bei der großtechnischen Imprägnierung wird das Steinkohlenteeröl in Kesseldruckanlagen verarbeitet. Die zu imprägnierenden Hölzer (z. B. Schwellen, Masten) werden auf Loren gestapelt und in den Imprägnierzylinder gefahren. Nach dem druckfesten Verschließen des Imprägnierzylinders wird beim Imprägnieren nach dem Rüping-Sparverfahren zunächst ein Luftüberdruck (20 bis 25 % des späteren Tränkdruckes) erzeugt und bei diesem Druck der Zylinder mit Imprägnieröl geflutet. Anschließend wird der Tränkdruck (7 bis 15 bar) aufgebracht und über eine festgelegte Dauer gehalten. Abschließend wird der Imprägnierzylinder leer gepumpt und ein hohes Schlussvakuum erzeugt. Die zu Beginn des Verfahrens ins Holz eingepresste Luft dehnt sich hierbei aus und drückt einen Teil des aufgenommenen Teeröls wieder heraus.

Buchenholzschnellen werden nach dem Doppel-Rüping-Verfahren imprägniert, d. h., der Tränkzyklus wird zweimal hintereinander durchlaufen. Die Arbeitstemperatur des Imprägnieröls im Kessel soll zwischen 100 und 115 °C liegen.

Entwicklung des BaP-Gehaltes in Steinkohlenteerölen zur Holzimprägnierung – Chemikalienrechtliche Regelungen

Materialanalysen im Zeitraum 1984 bis 1992 lieferten BaP-Gehalte, die teilweise deutlich über 500 mg/kg lagen. In der Spitze wurden 1987 Gehalte bis 2 200 mg/kg gefunden. Durch die Teerölverordnung (TeerölV – Verordnung zur Beschränkung des Herstellens, des Inverkehrbringens und der Verwendung von Teerölen zum Holzschutz) wurde 1991 die Herstellung und Verwendung von Teerölen im Bereich der Holzimprägnierung in Abhängigkeit vom Benzo[a]pyren-Gehalt eingeschränkt (Tabelle 21).

Tabelle 21:
Herstellungs- und Verwendungsbeschränkung für Teeröle zum Holzschutz (1991)

Gehalt an Benzo[a]pyren in ppm	Verwendung zulässig
maximal 5	in geschlossenen Anlagen
> 5 bis 50	Druckimprägnierung mit Schlussvakuum
> 50 bis 500	zur Druckimprägnierung von Bahnschwellen und Leitungsmasten

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Im Zusammenhang mit der Novellierung der Gefahrstoffverordnung wurden die Stoffverbote 1993 durch die Chemikalien-Verbotsverordnung (ChemVerbotsV) neu geregelt und mit der Vierten Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen vom 13. August 2002 (BGBl. I, S. 3185) die Vorschriften zu Teerölen geändert.

Seit dem 1. September 2002 dürfen für die Holzimprägnierung nur Teeröle mit einem Benzo[a]pyren-Gehalt von weniger als 50 ppm verwendet werden. Diese Produkte dürfen darüber hinaus nur in geschlossenen Anlagen in industriellen Verfahren oder zu gewerblichen Zwecken für die Wiederbehandlung vor Ort eingesetzt werden. Die Expositionsdaten sind in Tabelle 22 zusammengestellt.

Tabelle 22:
Holz- und Papiergewerbe

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Holzbe- und -verarbeitung					
Holzimprägnierung mit Steinkohlenteerölen in Trogränk- und Kesseldruckanlagen • Be- und Entladen, Bedienen, Überwachen		0,03	Schicht	1985 - 2002 2003	1
		n. ngw.	Schicht		1
Papier- und Pappenherstellung/- verarbeitung		n. ngw.	Schicht	1985 - 1989	2

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

6.4.9 Keramikindustrie

Die Expositionsdaten für die Herstellung feuerfester Waren und von Korksteinplatten sind in Tabelle 23 zusammengestellt.

Tabelle 23:
Keramikindustrie

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Feuerfeste Waren, Herstellung					
Aufbereitung, Zubereitung, Mischer • Automatische und ggf. manuelle Zugabe der Mischungskomponen- ten, Überwachen des Mischvor- gangs – mit Absaugung – ohne Absaugung		7,3	Tätigkeit	ab 1982	1
		9,4	Tätigkeit	ab 1982	2
Presse • Verpressen von heißen teer-/pech- haltigen Massen zu Fertigproduk- ten, Absetzen der Fertigprodukte von Hand, Überwachen		2,5	Tätigkeit	ab 1982	1
Tränkanlage • Be- und Entladung der Tränk- gestelle, Überwachen des Tränkvorgangs		6,0	Tätigkeit	ab 1982	1
Brand • Be- und Entladen der Ofenwagen, Fahren und Überwachen der Ofen- anlage – mit Absaugung – ohne Absaugung		2,6	Tätigkeit	ab 1982	1
		5,1	Tätigkeit	ab 1982	1
Nachbearbeiten, Reinigen • Nachbearbeitung (Bohren, Sägen, Abdrehen, Absieben, Schleifen), Reinigen mittels Kratzwerkzeugen		5,5	Tätigkeit	ab 1982	1
Qualitätskontrolle, Verpacken • Kontrolle, Absetzen der Fertig- produkte auf Paletten		0,7	Tätigkeit	ab 1982	1
Steinkohlenteerpechhaltige Isoliermittel					
Korksteinplatten, Herstellung	bis 1965	7,0	Tätigkeit		4

6.4.10 Metallherzeugung

Gießereien

Im Jahr 2010 wurden im Rahmen eines Messprogramms zusätzliche PAK-Werte in Gießereien ermittelt. Für Benzo[a]pyren lag der 90-%-Wert < 0,14 µg/m³.

Die Messungen wurden stationär unter folgenden Randbedingungen durchgeführt:

- Sandformgießereien mit allen häufig verwendeten Form- und Kernformverfahren

- Kleinguss, Mittelguss und Großguss
- Gusswerkstoffe: Grauguss (GGG und GGL), Aluminium, Kupfer, Stahl, Aluminium-bronze
- Messungen an Gießplätzen, Gießstrecken, Abgussbereichen, Gießereibereichen, Formautomaten, Abgießplätzen, Auspackstationen, Leserinnen, Ausleerbereichen

In Tabelle 24 sind die Expositionsdaten aus Gießereien, von Hochöfen und Walzwerken zusammengestellt.

Tabelle 24:
Metallherzeugung

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Gießereien					
Verschiedene Arbeitsbereiche	bis 1972	1,00	Schicht		3
Alle Arbeitsbereiche	1973 - 1995	0,40	Schicht	1973 - 1995	1
	1996 - 2000	0,22	Schicht	1996 - 2000	1
	2001 - 2009	0,10	Schicht	2001 - 2009	1
Kernmacher • Manuelle/maschinelle Kernher- stellung, Montage, Trocknen	1985 - 1996	0,36	Schicht	1985 - 1996	1
Former • Handformen, Formmaschinen, Mischen, Kerneinlegen	bis 1982 1983 - 1990 1991 - 2000	1,50 0,34 0,05	Schicht Schicht Schicht	1983 - 1990 1991 - 2000	3 1 1
Schmelzer • Bedienen/Überwachen der Öfen (verschiedene Typen), Abstich, Gichtbühne	bis 1982 1983 - 1990 1991 - 2000 2001 - 2009	1,50 0,31 0,15 0,10	Schicht Schicht Schicht Schicht	1983 - 1990 1991 - 2000 2001 - 2009	3 1 1 2

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 24:
(Fortsetzung)

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in µg/m³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Gießen • mit ton-/kunstharzgebundenen Formsanden in Warm-/Kaltkam- merdruckgießmaschinen	bis 1972	4,50	Tätigkeit		3
	1973 - 1982	1,50	Tätigkeit		3
	1983 - 1990	0,48	Schicht	1983 - 1990	1
	1991 - 1995	0,23	Schicht	1991 - 1995	1
	1996 - 2006	0,14	Schicht	1996 - 2006	1
Abgießen, Auspacken Putzerei • Ausschlagen, Schleifen, Brenn-/ Trennschneiden, Putzmaschine	ab 2010	< 0,14	Schicht	2010	1
	1985 - 1994 1995 - 2009	0,50 n. ngw.	Schicht Schicht	1985 - 1994 1995 - 2009	1 2
Kranführer im Gießbereich • Transport der Kokillen und Gieß- pfannen, Überwachung Gießhalle, Rüttelrost, Ausleeren mit und ohne Rüttelrost, Auspacken	bis 1972	3,50	Schicht		4
	1973 - 1985	2,00	Schicht		4
	1986 - 2005	0,07	Schicht	1986 - 2005	1
Hochofen					
Ofenbühne allgemein • Kontrolle, Überwachung, Steuerung, Probenahme	bis 1980	2,00	Schicht		3
	1981 - 1991	1,00	Schicht	1981 - 1991	1
	ab 1992	0,60	Schicht	2009	1
Schmelzer • Ausbrechen und Neuzustellen von Eisen- und Schlackenrinne, Rege- lung von Roheisen und Schlacken- fluss, Fuchs öffnen und schließen, Wechsel der Bohrstange, Vorberei- tung der Stopfkanone, Probe- nahme, Schlackenanstich, Mit- arbeit bei Reparaturen • Abstechen	bis 1985	18,00	Schicht		3
	1986 - 1991	7,00	Schicht	1986 - 1991	2
	ab 1992	0,60	Schicht	2009	2
	bis 1985	35,00	Tätigkeit		3
	1986-1991	10,00	Tätigkeit	1986-1991	2
	ab 1992	0,60	Tätigkeit		3
Feuerungsmaurer (siehe Tabelle 8 „Feuerungsbau“)					
Walzwerke					
Formpresse (Nasenpresse) • Auftragen von Schmierstoffen, Überwachen, Grobarbeiten		5,00	Tätigkeit	1974	3
		1,00	Tätigkeit	1989 - 1993	2

Aluminiumhütten

Das aus dem Mineral Bauxit gewonnene Aluminiumoxid wird durch Schmelzflusselektrolyse nach dem Kryolith-Tonerde-Verfahren zu metallischem Aluminium reduziert. Dazu versetzt man das Aluminiumoxid mit Schmelzpunkt senkenden Hilfsmitteln (z. B. Kryolith) und schmilzt es in einer Wanne auf, die als Kathode im Elektrolyseprozess dient. Hier entsteht im unteren Teil das flüssige Aluminium, das regelmäßig abgesaugt wird. Von oben in die Wanne taucht die Anode aus Kohlenstoff, die mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlenstoffdioxid und Kohlenstoffmonoxid reagiert, also abbrennt. Ein ständiger Ersatz des Anodenmaterials ist daher notwendig.

Heute verwendet man in Deutschland als Anode ausschließlich vorgebrannte Formkörper aus Grafit. Ihre Herstellung erfolgt meist, getrennt von den Elektrolyseöfen, in eigenen Fabrikationsanlagen (siehe auch Abschnitt 6.4.3 und Tabelle 16). Bewährt haben sich aneinandergereihte Blockanoden, die entweder regelmäßig nach Abstellen des Elektrolyseprozesses erneuert (diskontinuierlicher Betrieb) oder kontinuierlich ersetzt werden.

Beim diskontinuierlichen Betrieb entfernt man nach dem Abstellen der Stromzufuhr zunächst Anodenreste und baut dann neue Anodenblöcke in die Öfen ein. Zuvor erfolgt das Anbringen von Stromanschlüssen. Dazu werden die Kontaktbolzen vom „Gießber“ in Öffnungen in der Oberseite der Blöcke, z. B. mit Grauguss, eingegossen und die Stellen zusätzlich mit Stampfmasse verstärkt, die in einen aufgesetzten Blechkragen eingefüllt und durch Sintern ausgehärtet wird.

Die kontinuierlichen Anoden haben ihre Stromzufuhr (Nippel) an der Seite und können während des laufenden Prozesses von oben mit einem Kran neu aufgesetzt werden. Um ein Abbrennen an den Seiten zu verhindern, füllt man die Zwischenräume zwischen den Elektroden mit Oxid. Diese Tätigkeit wird Gassenstopfen genannt. Die Mitarbeiter müssen dabei auf den neu eingesetzten Anodenblöcken ca. 2 m oberhalb der Schmelzwanne arbeiten und sind somit hohen Temperaturen sowie den Gasen und Stäuben der Öfen ausgesetzt. Heute tragen die Mitarbeiter bei diesem ca. zehn Minuten dauernden Vorgang geeigneten Atemschutz. In der Vergangenheit wurden in Deutschland bis ca. 1989 auch selbsteinbrennende (selbstbackende) Elektroden (Söderberg-elektroden) eingesetzt. Das Verfahren beruht darauf, dass ein Eisenblechmantel (einzelne Rahmen) von oben kontinuierlich mit der grünen Söderbergmasse befüllt wird. Diese erweicht durch die Temperatur im Schmelzbad und verbackt in den tieferen Zonen durch Verkokung.

Die Söderbergmasse bestand aus Petrol- oder Pechkoks, später auch aus ascheärmer geglühter Anthrazitkohle, die mit Pech oder Teer als Bindemittel angemischt wurde. Die so erhaltene „grüne“ Masse enthielt auch einen bestimmten Prozentsatz Mittelöle, Schweröle und Anthrazenöle zur Moderierung der Entgasung. Der Bindemittelanteil in der Söderbergmasse betrug etwa 25 bis 30 %. Im Steinkohlenteerpech sind hohe Mengen polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) zu finden. Teeröle und Peche enthalten auch in unterschiedlicher Konzentration aromatische Amine. Durch die Selbstverbrennung der Söderbergelektrode entstanden daher nicht nur

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Kohlenstoffdioxid und Kohlenstoffmonoxid, sondern es entwichen auch beträchtliche Mengen von flüchtigen Teerbestandteilen.

Das Mischen der Söderbergmassen geschah meist in Nebenbetrieben (Elektrodenmassenfabrik, „Söderberganlage“). Der „Massefahrer“ brachte die Zubereitung kontinuierlich über die Schicht in die Ofenhalle. Dort wurde diese mithilfe eines Krans über den Anodenschächten der Öfen positioniert und die Bodenklappen zum Entleeren geöffnet. Die „Ofenarbeiter“ oder „Ofenmänner“ kontrollierten den geregelten Ablauf des Elektrolyseprozesses. Brannte eine Anode unregelmäßig ab und tauchte nicht mehr gleichmäßig in das flüssige Aluminium ein (Spitzenbildung), musste die Tür des Ofens (Absaugung) geöffnet und die Anode hochgezogen werden. Der Ofenarbeiter hatte dann die schwierige Aufgabe, die Spitze abzuschlagen und mit Haken aus dem

Ofen zu ziehen. Auch das Umhängen der Stromzuführungen (Laschen) führten die Ofenmänner bei geöffneter Ofentüre durch. Am dichtesten an bzw. im Ofen mussten die „Verbauer“ arbeiten. Der untere Rahmen des Anodenschachtes (Eisenblechmantel) konnte nur durch Betreten des Ofenraums entfernt und oben wieder montiert werden. Eine weitere Tätigkeit im Ofenraum war die des „Nippelziehers“. Er musste die in die verbackene Elektrode eingebrachten Stromzuführungen vor der Entfernung des unteren Rahmens mit einer Maschine entfernen. Bis in die 1970er-Jahre wurden die Tätigkeiten des Nippelziehens und des Verbauens von ein und derselben Arbeitsgruppe vorgenommen.

Die Expositionsdaten in verschiedenen Tätigkeitsbereichen der Metallerzeugung zeigen die Tabellen 25 und 26.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 25:
Metallerzeugung – Aluminiumhütten

Aus einem aluminiumhaltigen Gemisch (Oxide) wird durch Elektrolyse Aluminium gewonnen. Als Anoden werden vorgebrannte Kohleelektroden oder selbstbackende Söderbergelektroden eingesetzt.

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Elektrolyse mit gebrannten Formkörpern					
Anodenanschlagerei • Gießerei (Gießen, Kragen befüllen)	ab 1984	10,3	Tätigkeit	1987	3
Elektrolyseofenbetrieb • Kran, Kontrolle, Überwachung	1966 - 1979	0,5	Tätigkeit	1966 - 1979	3
• Anfahren des Ofens, Metallsaugen	ab 1984	n. ngw.	Tätigkeit	1984	3
• Nippelumsetzen und -ziehen	ab 2001	0,2	Schicht	2001 - 2004	2
• Gassenstopfen (während des Ofenbetriebs)	ab 1984	49,0	Tätigkeit	1998 - 2000	3
Reparaturbetrieb • Herstellen von Kathodenmasse Knetmaschine	bis 1984	8,9	Tätigkeit	1984	3
• Kathodenmasse einstampfen	ab 1984	0,7	Tätigkeit	1984 - 2000	3
	ab 1984	0,8	Tätigkeit	1984 - 2002	2
Elektrolyse mit Söderbergelektroden					
• Ofenmann (Kontrolle, Beseitigung von Störungen, Krustenbrechen)	bis 1989	13,2	Tätigkeit	1987 - 1989	2
• Nippelzieher (Kontaktbolzen an Anode mit Maschine ziehen)	bis 1979	85,0	Tätigkeit	1978	3
• Verbaukolonne	bis 1989	34,8	Tätigkeit	1987	3
• Oxidfahrer (Anlieferung, Befüllen der Öfen mit Oxid)	bis 1989	106,0	Tätigkeit	1987	3
• Massefahrer (Anlieferung, Befüllen der Anode)	bis 1989	2,0	Tätigkeit	1988	3
	bis 1989	5,2	Tätigkeit	1987 - 1988	3

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 26:
Metallerzeugung – E-Stahlwerk, Blasstahlwerke, Stahlerzeugung allgemein, Instandhaltung

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
E-Stahlwerk					
Kranfahrer	ab 1992	0,6	Schicht	2010	2
Ofenbühne allgemein • Kontrolle, Überwachung, Steuerung Probenahme	bis 1980 1981 - 1991 ab 1992	2,0 1,0 n. ngw.	Schicht Schicht Schicht	1981 - 1991	3 1 3
Schmelzer • Probenahme und Temperatur- messung, Flicken des Ofenherdes, Herrichten der Abstichrinne, Auf- bau und Justierung der Lichtbogen- elektroden, Kontroll- und Steuer- tätigkeit • Abstechen	bis 1985 1986 - 1991 ab 1992	18,0 7,0 0,5	Schicht Schicht Schicht	1986 - 1991	3 2 3
	bis 1985 1986 - 1991 ab 1992	35,0 10,3 0,5	Tätigkeit Tätigkeit Tätigkeit	1986 - 1991	3 1 3
Feuerungsmaurer (siehe Tabelle 8 „Feuerungsbau“)					
Stahlwerk-Nebenanlagen • Bedienungsmann Dolomitanlage: Befüllen des Kollergangs mit Dolo- mitgestein, Zugabe von halbfesten teerhaltigen Bindemitteln, Über- wachung seit 1992 harz- bzw. bitu- mengebundenes Feuerfestmaterial	bis 1991 ab 1992	2,0 0,5	Schicht Schicht	1986 - 1991	2 3
Blasstahlwerke (AOD, OBM)					
Ofenbühne allgemein • Kontrolle, Überwachung, Steue- rung, Probenahme	bis 1980 1981 - 1991 ab 1992	2,0 1,0 0,3	Schicht Schicht Schicht	1981 - 1991 2010	3 1 1
Schmelzer • Kontrolltätigkeiten, Überwachung des Blasprozesses, Analysen- berechnung, Überwachung des Abstichs • Abstechen	bis 1985 1986 - 1991 ab 1992	18,0 7,0 0,8	Schicht Schicht Schicht	1986 - 1991 2010	3 2 2
	bis 1985 1986 - 1991 ab 1992	35,0 10,0 0,6	Tätigkeit Tätigkeit Tätigkeit	1986 - 1991 2010	3 2 2
Feuerungsmaurer (siehe Tabelle 8 „Feuerungsbau“)					

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Stahlerzeugung, allgemein					
Pfannenfeuerplatz – bei der Verwendung von BaP-freien oder niedrig belasteten Feuerfest- materialien (bis 10 ppm)	bis 1985	60,0	Tätigkeit Tätigkeit Schicht	2010	4
	1986 - 1991	30,0			4
	ab 1992	0,3			2
Erhaltung, Instandhaltung (alle Arbeitsbereiche)		¹⁾	Tätigkeit		

¹⁾ 90%-Wert entsprechend den Belastungen im jeweiligen Arbeitsbereich

6.4.11 Metallverarbeitung, Maschinen-/ Fahrzeugbau

Inhaltsstoffe von Ölen (z. B. Kühlschmierstoffe)

Die breiteste Anwendung finden Öle in der Metallindustrie bei der spanabhebenden Metallbearbeitung, als Härteöle und als Schmierstoffe (z. B. als Motoren-, Getriebeöle, Maschinenschmierfette). Für die Belastung der Atemluft mit Schadstoffen aus kontaminierten Ölen spielen fast nur die Anwendungen eine Rolle, bei denen die Öle offen gehandhabt und stark verwirbelt oder hoch erhitzt werden, da nur hierbei eine nennenswerte Aerosol- oder Dampfbildung im Arbeitsbereich möglich ist. Das heißt, die Hauptbelastungen gehen von der Verwendung bei spanabhebenden Tätigkeiten, Kaltumformung und vom Umgang mit Härteölen aus.

Vor 1970 wurden die Grundöle häufig auf der Basis säurebehandelter Mineralöle hergestellt. Diese wiesen teilweise BaP-Konzentrationen in Größenordnungen von 30 bis 300 ppm auf. Bei einer geschätzten Aerosolkonzentration von $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ in der Luft errechnet sich eine Belastung von $0,3$ bis $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Zeit vor 1970. Die nach 1970 verwendeten Öle weisen Konzentrationen von weniger als 1 ppm BaP auf. Sie stellen somit kein Problem für die Kontamination der Atemluft dar.

Eine weitere Quelle für die Entstehung von PAK ist die Verwendung von Ölen als Motorschmiermittel in Ottomotoren. Die Belastungen liegen in einer Größenordnung von bis zu 240 ppm an BaP in gebrauchten Motorölen. Der normale Umgang mit diesen gebrauchten Motorölen, z. B. im Rahmen von Kfz-Wartungsarbeiten, führt jedoch nicht zu einer Kontamination der Atemluft,

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

sondern kann allenfalls zu einer starken Hautbelastung führen.

Tabelle 27 zeigt die Expositionsdaten für die Metallverarbeitung im Maschinen-, Fahrzeug- und Apparatebau.

Tabelle 27:
Metallverarbeitung, Maschinen-/Fahrzeugbau

Expositionsdaten					
Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	90-%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Metallverarbeitung, Maschinen-/Fahrzeug-/Apparatebau					
Pressen • Kaltumformung bei Öleinsatz und hoher mechanischer Umformenergie	bis 1970 1971 - 1980 1980 - 2009	3,0 0,5 n. ngw.	Schicht Schicht Schicht	1971 - 1980 1996	4 1 2
Mechanische Trenn- und Bearbeitungsverfahren • Fräsen, Drehen, Hobeln, Schleifen, Stanzen, unter Einsatz von nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen (Öle) • Fräsen, Drehen, Hobeln, Schleifen, Stanzen unter Einsatz wassergemischter Kühlschmierstoffe (KSS) (Wasser + Konzentrat = Emulsion)	bis 1970 1971 - 1980 1981 - 2009	3,0 0,1 n. ngw.	Schicht Schicht Schicht	1971 - 1980 1981 - 2009	4 1 1
	bis 1980 1981 - 2009	0,1 n. ngw.	Schicht Schicht	1980 - 2007	4 1
Funkenerodieren	ab 1981	n. ngw.	Tätigkeit	1988 - 2002	1
Schweißen und thermisches Schneiden • Schweißen ölbehafteter Bleche (unabhängig vom Verfahren)	bis 1970 1971 - 1985 1986 - 2009	3,0 0,5 n. ngw.	Tätigkeit Tätigkeit Schicht	1986 - 2009	4 4 1
Tauchverfahren • Tauchen von Teilen in flüssige teerhaltige Massen bei 50 bis 60 °C		2,0	Tätigkeit	1981 - 1995	2

In Ölabschreckbädern zur Metallhärtung können sich durch die thermische Belastung unter extremen Bedingungen (z. B. häufiges Abschrecken großer glühender Werkstücke) gewisse Mengen an PAK bilden. Bei allen Arbeitsverfahren liegt die Konzentration von

BaP in der Luft am Arbeitsplatz verfahrensbedingt so niedrig, dass sie nur zu einer relativ geringen Belastung der Atemwege führt. Tabelle 28 zeigt die Expositionsdaten für die Metallverarbeitung durch Oberflächenveredelung und Härtung.

Tabelle 28:
Metallverarbeitung – Oberflächenveredelung und Härtung

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Oberflächenveredelung und Härtung					
Härteöfen					
• Beschicken/Entladen der Öfen (große Distanz zum Abschreckbad)	1986 - 1995	n. ngw.	Tätigkeit	1986 - 1995	1
• im Bereich des Ölabschreckbads	bis 1970	3,0	Tätigkeit		4
	1971 - 1994	0,5	Tätigkeit		4
	1995 - 2009	n. ngw.	Schicht	1995 - 2007	1

6.4.12 Nahrungs- und Genussmittel- herstellung – Fleisch-/Fischräucherer

Die Beschreibung gilt für das Räuchern in herkömmlichen Räucheröfen (z. B. Altonaer Öfen) und in Automatanlagen mit externer Raucherzeugung. Bei sachgerechtem Betrieb ist bei Automatanlagen keine Belastung in der Atemluft nachweisbar [30].

Geräuchert wird in Heiß- und Kaltanlagen. Tätigkeiten des Räucherers sind:

- Beschicken der Räucheröfen/Raucherzeuger mit Holzscheiten/-spänen/-mehl
- Anzünden des Holzes; Kontrolle von Flamme, Glut, Rauchentwicklung und Temperatur
- Einbringen der gesplitteten oder aufgelegten Räucherwaren
- Qualitätsprüfung des Räucher- und Garzustandes und prozessbegleitende Arbeiten im Rauch

- Ausbringen des fertigen Räuchergutes
- Ablöschen der Glut, Reinigen der Räucheröfen und Raucherzeuger

Bei der thermischen Behandlung von Nahrungsmitteln mit pyrolytisch erzeugtem Rauch (Heiß- und Kaltrauch) kann es während der Tätigkeit des Räucherers neben der Belastung durch BaP auch zu einer Exposition gegenüber einer Vielzahl luftfremder Stoffe mit unterschiedlicher toxikologischer Wirkung kommen. Nachgewiesen wurden in der Atemluft im Arbeitsbereich des Räucherers mehr als 50 Einzelstoffe, die folgenden Stoffgruppen zuzuordnen sind: Aldehyde, Ketone, Amine, Phenole, organische Säuren, Kohlenstoff- und Stickstoffoxide.

Von Relevanz sind leicht flüchtige organische Säuren, Aldehyde und Kohlenstoffmonoxid. Neben BaP wurden folgende PAK nachgewiesen: Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]anthracen, Dibenzo[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-c,d]pyren, Chrysen.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Ebenfalls ist eine endogene Entstehung von PAK bei der thermischen Behandlung von Nahrungsmitteln gegeben (Kaffeerösten, Zuckerwarenherstellung, Rösten von Nüssen u.a., Tabakherstellung, in Küchen wie z. B. beim Grillen/Braten, in Bäckereien und in Mälzereien).

Bei der Speisenzubereitung in Küchen können PAK dadurch gebildet werden, dass Fett oder Soßen von den zu garenden Speisen auf die heißen Oberflächen der Wärmeerzeuger (Holz, Holzkohle, Lavasteine, Herdplatte usw.) tropfen und unvollständig verbrennen. Tabelle 29 zeigt die Expositionsdaten in der Nahrungs- und Genussmittelherstellung.

Tabelle 29:
Nahrungs- und Genussmittelherstellung

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Räucheranlagen zur Nahrungsmittelbehandlung					
<ul style="list-style-type: none"> • Fleischverarbeiter, Fleischräucherer • Fischverarbeiter, Fischräucherer 	zeitlich unbegrenzt	0,4	Tätigkeit	1981 - 1996	1
		0,4	Tätigkeit	1990 - 1995	1
Thermische Behandlung von Lebensmitteln					
Endogene Bildung z. B. Rösten von Kaffee, Tabakverarbeitung, Mälzereien, Küchen (Grillen, Braten), Bäckereien (Tätigkeit am Backofen)	zeitlich unbegrenzt	0,01	Tätigkeit	1990 - 1995	1
		0,01	Tätigkeit	1996 - 2009	1
Imbiss/Bratwurstgrill	zeitlich unbegrenzt	< 0,09	Tätigkeit	2010	1

6.4.13 Transport, Umschlag von Strangpech im Seehafen, Seeschifffahrt

Durch zahlreiche Anfragen stellte sich heraus, dass bisher keine Daten für den Betrieb von Dampflokomotiven vorlagen. Während einer fahrplanmäßigen zweiständigen Fahrt einer Schmalspurbahn wurden daher Messungen zur Ermittlung der Exposition gegenüber BaP und weiterer PAK auf dem Führerstand einer steinkohlegefeuerten Dampflokomotive durchgeführt. Die Messungen erfolgten personengetragen (Lokführer und Heizer) sowie stationär (über der Feuerbüchse). Es konnten weder BaP noch anderer PAK nachgewiesen werden.

Strangpech (Elektrodenbinder) wurde als Schüttgut in abgedeckten Eisenbahnwaggons zum Binnenhafen gebracht und dort mithilfe eines Portaldrehkranes, der mit Greifschaukeln ausgestattet ist, in Motorschiffe oder Schubleichter verladen.

Die Kabine des Kranfahrers besitzt keine maschinelle Belüftung und befindet sich ca. 10 m oberhalb des Erdbodens.

Zu den Seehäfen gelangte das Produkt ebenfalls in Eisenbahnwaggons oder – weit häufiger – mit Binnenschiffen. Im Seehafen erfolgte entweder ein direkter Umschlag vom Binnenschiff auf das Seeschiff (Bord-Bord-Umschlag) oder das Produkt wurde auf Leichtern bzw. Halden zwischengelagert. Außerdem wurde Strangpech auch in Großsäcke, sogenannten Big Bags, abgesackt.

Der Hafenarbeiter reinigt per Hand den Bereich um die Eisenbahnwaggons und die Zone zwischen dem Gleis und dem Schiff. Er führt keine Arbeiten auf dem Wasserfahrzeug durch.

Tabelle 30 (siehe Seite 78 f.) zeigt Expositionsdaten zum Transport, zum Umschlag von Strangpech im Seehafen und zur Seeschifffahrt.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Tabelle 30:
Transport, Umschlag von Strangpech im Seehafen, Seeschifffahrt

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90%-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Betrieb von Dampflokomotiven					
• Lokführer	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Schicht	2010	3
• Heizer		n. ngw.	Schicht	2010	3
• Führerhaus		n. ngw.	Schicht	2010	3
Umschlag von Strangpech im Seehafen					
Konzentration im Bereich ruhender Halden bei Lagerung im Freien ohne Umschlagfähigkeit¹⁾					
• Aufenthalt auf Verkehrswegen zwischen Halden im Lee der Halden	1968 - 1992	0,5	Schicht	1984 - 1989	3
• Aufenthalt im Lee geräumter Hal- den in deren unmittelbarer Nähe	1968 - 1992	0,5	Schicht	1984 - 1989	3
Laden und Löschen von Strangpech auf bzw. von Schiffen mit Portal- brückenkränen mit Kragarmausleger und Greifer					
• Signalmann an Bord eines Seeschiffes bei der Beladung	1968 - 1992	40,0	Tätigkeit	1984 - 1989	3
• Radladerfahrer in Kabine beim Zufahren und Zusammenfahren von Strangpech zum Greifer an Land	1968 - 1992	25,0	Tätigkeit	1984 - 1989	3
• Trimmer (Rester, Schaufelmann) beim Zusammenschaufeln von Resten von Strangpech im Lade- raum von Binnenschiffen	1968 - 1992	61,0	Tätigkeit	1984 - 1986	3
• Kranführer in Kabine eines Brückenkrans beim Löschen aus einem Schiff und Verladen in einen Trichter (an Kranbrücke befestigt)	1968 - 1992	10,0	Schicht	1984 - 1989	3
• Aufenthalt und Tätigkeiten im direkten Umschlagsbereich	1968 - 1992	52,0	Schicht	1984 - 1989	3
• Aufenthalt im Lee von Schiffs- beladungen bzw. Schiffsentladun- gen von und auf Halden an der Kaianlage in Abständen von 30 bis 50 m von der Verladestelle	1991 - 1992	0,87	Tätigkeit	1991 - 1992	2

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Abfüllen von Strangpech in Big Bags					
Umfüllen im Freien aus Schiffen mittels Krangreifer über Trichter an Kranbrücke in Bags, die von einem Gabelstapler unter den Trichter- auslauf gehalten werden (ohne Absaugung) • Person, die Big Bags verschließt, zubindet (Zubinder)	01.10.1981 - 28.02.1988 ²⁾	76,0	Tätigkeit	1984 - 1986	2
	01.10.1981 - 28.02.1988 ²⁾	25,0	Tätigkeit	1984 - 1986	2
• Staplerfahrer Umfüllen im Freien aus Schiffen mittels Krangreifer über eine Siloanlage (Trichter mit Direktabsaugung) in Big Bags. Die Big Bags werden vom Stapler unter den Auslauftrichter gehalten und später zugebunden. • Staplerfahrer • Zubinder	1991-1992 ²⁾	0,6	Tätigkeit	1991 - 1992	2
	1991-1992 ²⁾	0,4	Tätigkeit	1991 - 1992	2
Verladen von Eisenbahnwaggons auf Binnenschiffe					
• Kranführer • Hafenarbeiter • Schiffsgangway (Landseite) • Ladeluke während des Verladens	bis 2006	n. ngw.	Schicht	1997	2
	bis 2006	2,5	Schicht	1997	2
	bis 2006	1,1	Tätigkeit	1997	2
	bis 2006	1,9	Tätigkeit	1997	2
Seeschifffahrt					
• Reparatur-, Reinigungs- und Wartungsarbeiten an Schiffsmotoren	zeitlich unbegrenzt	n. ngw.	Schicht	1994 - 1997	1

¹ Das Strangpech wurde in einem Seehafenbereich in Halden von etwa 20 bis 30 m Breite gelagert. Die Länge der Halden betrug von 30 bis 220 m. Die Halden waren etwa zu 50 % abgeplant.

² Die entsprechenden Tätigkeiten und Expositionsdaten wurden bei einer Mitgliedsfirma ermittelt.

6 Retrospektive Ermittlung der Benzo[a]pyren-Exposition

6.4.14 Steinkohlekokerei

In den Jahren seit 1985 wurden in mehreren Messkampagnen äußerst umfangreiche Datenkollektive zur Exposition der Beschäftigten im Bereich von Kokereiföfen erhoben. Grundsätzlich ist dabei festzuhalten, dass, weil es sich um Messungen im Freien und damit im Einflussbereich meteorologischer Faktoren handelt, jede Einzelmessung mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Aufgrund der großen Zahl der Ergebnisse lässt sich jedoch auf eine durchschnittliche Exposition schließen. Infolge technischer Neuerungen, z. B. im Nachgang zur Umsetzung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft), hat sich die Expositionssituation der Beschäftigten etwa seit Mitte der 1980er-Jahre verbessert.

Darüber hinaus wurde durch Einführen des umfangreichen Maßnahmenkataloges nach Anlage 1 der TRGS 551 die persönliche Exposition der Beschäftigten drastisch gesenkt. Der Koksherstellungsprozess ist seit seiner Einführung jedoch nach wie vor gekennzeichnet durch Arbeiten im Überdruck.

Aufgrund dieser Sachlage und der Auswertung des vorliegenden Datenmaterials werden die in Tabelle 31 aufgeführten Expositionswerte vorgeschlagen.

Die beschriebenen Expositionen gegenüber BaP sind im Ofenbereich der Kokereien durch die sogenannten Kokereirohgas verursacht.

„Kokereirohgas“ sind ein komplexes Gemisch verschiedener Komponenten, die bei der Herstellung (Garung) des Koks aus Steinkohle entstehen. Sie enthalten neben PAK andere krebserzeugende Komponenten wie z. B. Benzol und aromatische Amine.

Im Jahr 2011 wurde ein umfassendes Messprogramm zur repräsentativen Expositionsermittlung für Arbeitsplätze im Oberofenbereich von Kokereien begonnen. Ziel ist es, die seit der Jahrtausendwende vorgenommenen weitergehenden Maßnahmen zur Emissionsminderung auf der Koksofendecke zu ermitteln.

Die Ergebnisse dieser Ermittlung dürften etwa Ende 2013 vorliegen und sollten dann als repräsentativ für den Zeitraum ab 2001 angesehen werden.

Tabelle 31:
Steinkohlekokerei

Betriebsart Arbeitsbereich • Tätigkeiten	Expo- sitions- zeitraum	Expositionsdaten			
		90-%-Wert in µg/m ³	Bewer- tungsart	Datenzeit- raum	VK
Oberofenbereich gesamt	bis 1988	10,0	Schicht	1985 - 1988	1
	1989 - 2000	6,0	Schicht	1989 - 1999	1

7 Musterbeispiele für die Berechnung der Benzo[a]pyren-Jahre (BaP-Jahre)

7.1 Anleitung zur Ermittlung

Die Ermittlung der BaP-Jahre baut auf den Vorermittlungen des jeweiligen BK-Sachbearbeiters auf. Die BK-Sachbearbeiter sollten die Daten der Spalten 1 und 2 der in diesem Abschnitt vorgestellten Tabellen zur Verfügung stellen. Die Berechnung der BaP-Dosis sollte mit der IFA Anamnese-Software „BaP-Jahre“ in der aktuellen Version erfolgen.

Bei der Erhebung der BaP-Arbeitsanamnese hat der fachkundige Ermittler zu folgenden Punkten Stellung zu nehmen:

- Art der Tätigkeit mit BaP-Exposition (Spalte 3)
- Art der BaP-Exposition (Spalte 4)

Hier sind ggf. die Einsatzprodukte einzutragen, die bei der fachkundigen Ermittlung festgestellt wurden.

- Sonstige Lungenschadstoffe (Spalte 5)

Hier können Hinweise auf andere zum Erkrankungsfall relevante Lungenschadstoffe, z.B. Quarzfeinstaub eines Ofenbauers, gegeben werden.

- Beschäftigungsdauer (Spalte 6)

Die in Spalte 2 aufgeführte Beschäftigungszeit soll in Jahre umgerechnet werden.

- Expositionsanteil (Spalte 7)
 - tägliche Exposition

Eine tägliche BaP-Exposition kann hier berücksichtigt werden zwischen der gesamten Schicht ($\frac{8}{8}$) bis zu Schichtanteilen von mindestens $\frac{1}{8}$ Schicht.

- wöchentliche Exposition

Die wöchentliche Exposition ist dann gegeben, wenn die Tätigkeit sich innerhalb einer Woche regelmäßig (z.B. jede Woche drei Stunden) wiederholt.

Der zeitliche Bezug ist dann $8 \text{ h} \cdot 5 \text{ Tage} = 40 \text{ h/Woche}$ (Beispiel $\frac{3}{40}$ Expositionsanteil)

- sporadische Exposition

Eine sporadische BaP-Exposition ist dann zu unterstellen, wenn einmalige, sich nicht regelmäßig wiederholende Tätigkeiten vorliegen.

- Dabei kommen zum Ansatz:

1 Jahr = 12 Monate = 48 Wochen
1 Jahr = 240 Arbeitstage (Schichten) = 1920 Arbeitsstunden
1 Monat = $8,33 \cdot 10^{-2}$ Jahre
1 Woche = $1,9 \cdot 10^{-2}$ Jahre
1 Tag = $4,17 \cdot 10^{-3}$ Jahre
1 Arbeitsstunde = $5,21 \cdot 10^{-4}$ Jahre

7 Musterbeispiel für die Berechnung der BaP-Jahre

- Expositionsdauer (Spalte 8)
Spalte 8 ist das Produkt von Spalte 6 und 7
- Expositionsstärke (Spalte 9)
- BaP-Jahre (Spalte 10)

Die BaP-Jahre ergeben sich durch Multiplikation der Werte von Spalte 8 und 9.

Die Expositionsstärke wird gemäß den Vorgaben in den Kapiteln 4 bis 6 dieses Reports ermittelt.

7.2 Ermittlung der BaP-Jahre

Beispiel 1:

Die Angaben zur Expositionshöhe basieren auf betrieblich ermittelten Daten (Tabelle 32). Die Daten aus dem BK-Report bleiben daher unberücksichtigt.

Erkrankter: Herr Mustermann I
 Geboren am: 10.12.1936
 BKV-Nr.: XX
 AZ: XY
 Erstellt am: 30. September 2011

Tabelle 32:
 Berechnungsbeispiel 1

Firma	Beschäftigungszeit von... bis...	Tätigkeit Bemerkungen	Art der Exposition	Sonstige Lungenschadstoffe	Beschäftigungsdauer in Jahren	Expositionsanteile	Expositionsdauer in Jahren	Expositionshöhe in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BaP-Jahre
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	01.10.56 bis 31.12.85	Wagenschmiede einer Steinkohlezeche	Brenn- und Richtarbeiten an Förderwagen des Steinkohlebergbaus		29,25	1,0 (Normarbeitszeit = 8/8)	29,25	4,5	131,6
Summe der BaP-Jahre:									131,6

7 Musterbeispiel für die Berechnung der BaP-Jahre

Beispiel 2:

Die angegebenen Expositionshöhen sind dem BK-Report entnommen (Tabelle 4 Bauwirtschaft, Dachdecker). Es handelt sich um Expositionsangaben mit Schichtbezug (Tabelle 33).

Erkrankter: Herr Mustermann II
 Geboren am: 05.02.1934
 BKV-Nr.: XX
 AZ: XY
 Erstellt am: 30. September 2011

Tabelle 33:
 Berechnungsbeispiel 2

Firma	Beschäftigungszeit von... bis...	Tätigkeit Bemerkungen	Art der Exposition	Sonstige Lungenschadstoffe	Beschäftigungsdauer in Jahren	Expositionsanteile	Expositionsdauer in Jahren	Expositionshöhe in µg/m³	BaP-Jahre
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	01.03.50 bis 31.12.85	Dachdecker	Abbruch teerhaltiger Flachdachabdichtungen		35,84	0,124 (30 d/l)	4,48	22,6	101,24
	01.03.50 bis 31.12.64	Dachdecker/ Verarbeitung von Heißeer	Kochen, Ausgießen, Verteilen, Dachbahnen einlegen		14,84	0,333 (80 d/l)	4,95	10,0	49,46
	01.01.65 bis 31.12.85	Dachdecker/ Verarbeitung von Heißbitumen	Kochen, Ausgießen, Verteilen, Dachbahnen einlegen		21,00	0,375 (90 d/l)	7,88	0,1	0,79
Summe BaP-Jahre:									151,5

7 Musterbeispiel für die Berechnung der BaP-Jahre

Beispiel 3:

Die angegebenen Expositionshöhen sind dem BK-Report entnommen (Tabelle 29: Nahrungs- und Genussmittelherstellung, Betriebsart Räuhereien zur Nahrungsmittelbehandlung, Arbeitsbereich Fleischverarbeiter, Fleischräucherer). Es handelt sich um Expositionsangaben mit Tätigkeitsbezug (Tabelle 34).

Erkrankter: Herr Mustermann III
 Geboren am: 18.07.1956
 BKV-Nr.: XX
 AZ: XY
 Erstellt am: 30. September 2011

Tabelle 34:
Berechnungsbeispiel 3

Firma	Beschäftigungszeit von... bis...	Tätigkeit Bemerkungen	Art der Exposition	Sonstige Lungenschadstoffe	Beschäftigungsdauer in Jahren	Expositionsanteile	Expositionsdauer in Jahren	Expositionshöhe in µg/m ³	BaP-Jahre
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	01.09.67 bis 28.02.83	Räucher- geselle: Transport- arbeiten, Qualitäts- prüfung-	Stockwerkrauch mit Leckagen	CO, NO _x , Aldehyde, Stäube	15,50	3/8	5,81	0,4	2,32
	01.03.83 bis 31.12.92	Heizer/Räu- cherer: Wartung der Glut, Späne- bereitstellung	Stockwerkrauch (untere Etage)	CO, NO _x , Aldehyde, Stäube	9,83	8/8	9,83	0,4	3,93
	01.01.93 bis 30.06.96	Räucher- meister: Transport- arbeiten, Qualitäts- prüfung	separate Rauch- kammern mit exter- nen Räucherzeu- gern, Leckagen	CO, NO _x , Aldehyde, Stäube	3,49	4/8	1,75	0,4	0,70
Summe der BaP-Jahre:									7

Literatur

- [1] Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 4110 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung „Bösartige Neubildungen der Atemwege und der Lungen durch Kokereirohgas“. Bekanntmachung des BMA vom 11. Oktober 1989. BArbBl. (1990) Nr. 2, S. 135-136
- [2] Bekanntmachung einer Empfehlung des Ärztlichen Sachverständigenbeirats, Sektion „Berufskrankheiten“: Lungenkrebs durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis von mindestens 100 Benzo[a]pyren-Jahren $[(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{Jahre}]$. Bekanntmachung des BMA vom 5. Februar 1998. BArbBl. (1998) Nr. 4, S. 54-61
- [3] Wissenschaftliche Begründung für die Berufskrankheit „Lungenkrebs durch das Zusammenwirken von Asbestfaserstaub und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen“. Bekanntmachung des BMAS vom 1. Februar 2007. GMBI. (2007) Nr. 23, S. 474-495
- [4] MGU – Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2013
- [5] Zweite Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung. BGBl. I (2009) Nr. 30, S. 1273-1276; Begründung in Bundesrat-Drucksache (BR-Drs.) 242/09
- [6] *Kranig, A.*: Aktuelle Änderungen der Verordnung über Berufskrankheiten. DGUV Forum (2009) Nr. 7-8, S. 50-60
- [7] Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 5102 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung. Bekanntmachung des BMA vom 18. Februar 1963. BArbBl., Facheil Arbeitsschutz (1963), S. 25
- [8] Vereinbarung über die Zuständigkeit bei Berufskrankheiten (VbgBK) vom 1. April 1994 in der Fassung vom 1. Januar 1997 (Arbeitshinweise/Erläuterungen, Stand September 2010). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin
- [9] Branchenbezogene Merkblätter zur Altlastenbehandlung, 2: Gaswerke/ Kokereien. Hrsg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden 2003
- [10] *Knecht, U.; Stahl, S.; Woitowitz, H.-J.*: Handelsübliche Bitumensorten: PAH-Massengehalte und temperaturabhängiges Emissionsverhalten unter standardisierten Bedingungen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 59 (1999) Nr. 11/12, S. 429-434
- [11] VEB Petrochemisches Kombinat Schwedt: Chemische Zusammensetzung von Bitumen B 80 und B 200. Schreiben an die Arbeitshygieneinspektion Karl-Marx-Stadt, 1973

Literatur

- [12] Schamp, N.; van Wassenhove, F.: Determination of benzo[a]pyrene in bitumen and plants. *J. Chromatogr. A* 69 (1972), S. 421-425
- [13] Hahn, J.-U.; Assenmacher-Maiworm, H.: Beurteilung von Arbeitsplätzen auf der Basis von CTPV und Benzo[a]pyren beim Umgang mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material. *Staub – Reinhalt. Luft*. 55 (1995) Nr. 12, S. 441-444
- [14] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV (TRGS 906). *Ausg. 7/2005*. *BArbBl.* (2005) Nr. 7, S. 79-80
- [15] Bekanntmachung zu Gefahrstoffen: Risikowerte und Exposition-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (BekGS 910). *Ausg. 6/2008*; *zul. geänd. GMBL.* (2011) Nr. 10, S. 194
- [16] Otto, J.; Schmidt, E.: Arbeitsplatz-Konzentration polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAH). *Z. ges. Hyg.* 24 (1978) Nr. 12, S. 895-898
- [17] Ausländische und EU-Grenzwerte. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin
www.dguv.de/ifa, Webcode: d4703
GESTIS – Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin
www.dguv.de/ifa/gestis-limit-values
- [18] Statistisches Taschenbuch 2010 – Arbeits- und Sozialstatistik. Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Bonn 2010
- [19] Gabriel, S.; Voitl, S.; Charissé, M.; Deppe, D.: Das Qualitätsmanagementsystem im Berufsgenossenschaftlichen Messsystem Gefahrstoffe – BGMG. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 66 (2006) Nr. 1/2, S. 33-37
- [20] Van Gelder, R.: IFA-Expositionsdatenbank MEGA. In: *Aus der Arbeit des IFA*, Nr. 0207. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin 2010
- [21] Systematik der Wirtschaftszweige mit Betriebs- und ähnlichen Benennungen. Hrsg.: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. W. Kohlhammer, Stuttgart 1979
- [22] Schriftliche Mitteilung der Arbeitshygieneinspektion des Rates des Kreises Sangerhausen, 6. Juli 1987
- [23] Leitfaden für die Entschichtung von Asbest- bzw. PAK-haltigen Altanstrichen im Stahlwasserbau und auf Betonbauwerken der WSV (Asbest-/PAK-Leitfaden). Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2007
- [24] Wiederverwertung von pechhaltigen Straßenaufbruchmaterialien. BayFORREST-Projekt F 189, Schlussbericht Nr.: F 5009. Hrsg.: Technische Universität München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung, München 2006

- [25] *Knecht, U.; Woitowitz, H.-J.*: Krebsgefährdung bei Verwendung von Pechbitumen im Straßenbau. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschungsbericht Fb 612. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1990
- [26] *Rühl, R.*: Die Bedeutung der Leitsubstanz B[a]P für die Gefährdungsbeurteilung bei PAK-Exposition. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 34 (1999) Nr. 2, S. 59-64
- [27] Temperaturabgesenkte Asphalte. Hrsg.: Gesprächskreis Bitumen. LAUCK – Druckprodukte und mehr, Flörsheim am Main 2009
- [28] *Bolte, G.; Heitmann, D.; Kiranoglu, M.; Schierl, R.; Diemer, J.; Koerner, W.; Fromme, H.*: Exposure to environmental tobacco smoke in German restaurants, pubs and discotheques. *J. Expo. Sci. Environm. Epidemiol.* 18 (2008) Nr. 3, S. 262-271
- [29] *Hüner, H.; Andrejs, B.; Dannenbaum, C.; Rietschel, P.; Schuh, C.; Weigl, M.*: BGN-Studie zur Messung der ETS-Exposition in gastronomischen Betrieben. In: *Griehaber, R.; Stadeler, M.; Scholle, H.-C.*: Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen (14. Erfurter Tage). S 147-157. Bussert und Stadeler, Jena 2008
- [30] *Andrejs, B.; Fehlauer, M.; Waga, N.-C.*: Bestimmung der in Arbeitsbereichen von Räumlichkeiten vorhandenen Gase, Dämpfe und Aerosole. Forschungsbericht F-01-9031. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für angewandte System-sicherheit und Arbeitsmedizin, Mannheim 1998

Stichwortverzeichnis

Symbole

90-Perzentil 31

A

Abbeizmittel 41
Abbrucharbeiten 30, 36, 38, 52
Abfallverbrennung 62
Abstechen 68, 72
Abstich 53, 54, 67, 72
Abstichrinne 53, 54, 72
Abweiser 45, 46
Aluminiumhütten 30, 69, 71
Analogiebetrachtungen 33, 35, 36
Anlagenschlosser 49, 51
Anodenanschlagerei 71
Anodenbetrieb 60
Anstrich-, Klebemittel, Fug- und Spachtelmassen 56
– Herstellung 56
Arbeitsanamnese 12, 14, 25, 26, 29, 81
Arbeitsplatzmessungen 18, 19, 31
Arbeitstechnische Stellungnahme 29, 30
Arithmetischer Mittelwert 33
Asbestfaserstaub 11, 13, 14, 30
Asphalt 18, 43, 44, 48, 49, 50, 51
– Gussasphalt 18
– Herstellung von Asphaltmischgut 49, 50, 51
– Walzasphalt 18
Asphaltmischanlagen 49, 51

B

Bautenschutz 37, 38
Benzo[a]pyren 11, 17, 18, 21, 50, 53, 64, 67
Benzo[a]pyren-Jahr 11, 13, 25, 27, 81
Beschäftigungsdauer 25, 81, 84, 85
Beschichtungsstoffe 40

Stichwortverzeichnis

Bestimmungsgrenze	18, 32, 33, 34, 35, 107, 108
Betriebslabor.....	55
Betriebsschlosser	28, 30
Big Bags	77, 79
Bitumen.....	17, 18, 36, 37, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 56, 57
– BaP-Gehalte in Bitumensorten.....	18
– Bitumenanstriche.....	18
– Bitumenbahnen	18, 37, 38, 56
– Bitumensorten	18
Blasstahlwerke	72
Bohlenführer	46, 48
Braunkohle.....	37, 38, 39
Braunkohlenteer.....	17, 44
Brennofen für Anoden.....	61
Brennschneidarbeiten	52, 61, 62
Brennstoff.....	37, 38, 39

C

Calciumcarbid-Herstellung.....	53, 54
Carbobitumen.....	42, 43, 44, 49
Chemikalien-Verbotsverordnung (ChemVerbotsV)	65
Chemische Industrie	53, 54, 55, 56
Chromat.....	30
Chromatografie.....	19, 105
– Dünnschichtchromatografie	19, 32, 106, 107
– Gaschromatografie.....	19, 105, 106, 107, 108
– Hochleistungsflüssigkeitschromatografie	19, 105, 106, 107
– Papierchromatografie.....	19, 106
– Säulenchromatografie.....	19, 106
Coal tar pitch volatiles (CTPV).....	23, 108

D

Dachabdichtungen	36, 37, 38
Dachdecker	30, 36, 37, 38, 84
Datenzeitraum	31, 32, 33, 36, 60
Demontage.....	52
Destillierkolonnen	55
Diskontinuierliche Pechanlage.....	55
Dolomitanlage	72

Dosisangabe.....	11, 14, 27
Dünnschichtchromatografie.....	19, 32, 106, 107

E

Einbauer.....	45, 46, 47, 48
Einfeger.....	22
Elektroden.....	53, 54, 59, 60, 69, 70, 71
Elektrolyse.....	69, 71
Elektrolyseofenbetrieb.....	53, 69, 71
Elektrotechnik.....	61
Entschichtungsverfahren.....	40, 41
Entsorgung.....	57, 62
Epoxid-Beschichtungen.....	40, 52
Erdöl.....	17, 18
– Sowjetisches Erdöl.....	18
E-Stahlwerk.....	72
Exposition.....	25, 27, 28, 29, 30, 31, 33
– Expositionsanteil.....	28, 29, 81, 84
– Expositionsdaten.....	26, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 40, 44, 50, 51, 52, 59, 60, 61, 62
– Expositionsdauer.....	25, 29, 31, 36, 82, 84
– Expositionshöhe.....	34, 35, 82, 83
– Schichtexposition.....	27, 28, 36
– sporadische Exposition.....	28, 81
– verkürzte Exposition.....	28
– verlängerte Exposition.....	28
Exposition-Risiko-Beziehung (ERB).....	21, 22
Extraktion.....	23, 106, 107

F

Faserjähreberchnung.....	14, 30
Fehlzeiten.....	25
Feinmechanik.....	61
Fertiger-Fahrer.....	45, 46
Festpechlagel.....	60
Feuerfeste Waren.....	42, 66
Feuerfestindustrie.....	17, 66
Feuerfestprodukte.....	17, 42, 66
Feuerungsanlagen.....	37, 39
Feuerungsbau.....	42, 43

Stichwortverzeichnis

Feuerungsmaurer.....	30, 42, 43, 68, 72
Flachglas	63
Fleisch- und Fischräucherer.....	75, 76, 85
Former	67
Formkörper	58, 59, 60, 69, 71
Fugengießer.....	47, 48
Fugenverguss.....	42, 44, 47, 48, 49
Funkenerodieren.....	57, 61, 74

G

Gaschromatografie	19, 101, 105, 106, 107, 108
Gassenstopfen	69, 71
Gastronomie.....	62, 63, 111
Gefahrstoffverordnung.....	22, 65, 101
Gießereiarbeiter.....	110
Gießereien.....	67
Gießrinne	43
Glasindustrie	8, 63
Gleisbau.....	52
Grenzwerte	
– Arbeitsplatzgrenzwert	22
– Exposition-Risiko-Beziehung (ERB)	21, 22, 88, 101
– Kurzzeitwert	23
– MAK-Grenzwert.....	23
– Technische Richtkonzentration (TRK)	22, 101
Grüne Masse	69
Gummiwaren	57
Gussasphalt	18, 50, 51

H

Haftvermittler	45, 46, 47, 49
Härteöfen	54, 75
Heizer.....	77, 78, 85
Herstellung und Verarbeitung von Gummiwaren	57
Herstellung und Verarbeitung von Reifen	17, 57
Herstellung von Asphaltmischgut.....	49, 50
Herstellung von Dachpappe, Bitumendachbahnen	56
Herstellung von Elektroden aus Kohlenstoff und Elektrografit.....	60

Herstellung von Werkstoffen aus Kohlenstoff und Elektrografit.....	58, 60
Hochleistungsflüssigkeitschromatografie.....	19, 101, 105, 106, 107
Hochofen.....	42, 43, 67, 68
Hohlglas	63
Holzimprägnierung	64, 65
Holzkohleherstellung.....	53, 54, 56
Holzplasterverlegung.....	41
Holzschutzmittel.....	17, 37
Holzschwellen	17, 52, 53
Holz- und Papiergewerbe	64, 65

I

IFA Anamnese-Software „BaP-Jahre“	29, 81
Imbiss/Bratwurstgrill	76
Imprägnierung	59, 60, 64, 65
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA).....	3, 18, 101
Isolieren (Bautenschutz).....	37, 38
Isoliermittel	66

K

Kellerabdichtung	37
Keramikindustrie	66
Kernmacher	67
Kesseldruckanlagen.....	64, 65
Kesselmann.....	46, 48
Kocher.....	37, 46, 48, 56
Kohlehydrierung	57
Kokereiarbeiter	30, 55
Kokereiöle	17
Kokereirohgas.....	11, 13, 80
Koksherstellungsprozess	80
Koksofendecke	35, 55, 80, 106
Kontinuierliche Hartpechanlage	55
Konverterzustellung.....	43
Korkdämmplatten	37
Korkdämmungen	38
Korksteinplatten	66
Korrosionsschutz	40

Stichwortverzeichnis

Kranführer im Gießbereich	68
Kunststoffverarbeitung	57

L

Laboratorien	55
Lokführer	77, 78
Lungenschadstoffe, sonstige	81, 85

M

Makadam	43, 46, 47, 48
Maschinen-/Fahrzeug-/Apparatebau	74
Massefahrer	70, 71
Mechanische Trenn- und Bearbeitungsverfahren	61, 74
MEGA „Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz“	12, 26, 31, 33, 34, 101
Messverfahren	17, 18, 19, 105, 108
Metallerzeugung	67, 70, 71, 72
Metallverarbeitung	73, 74, 75
Mineralölraffinerie	57
Mischwerker	51
Motorschmiermittel in Ottomotoren	73
Musterbeispiele	81

N

Nahrungs- und Genussmittelherstellung	75, 76, 85
Nasenpresse	68
Nickelverbindungen	30
Nippel	69
Nippelzieher	70, 71

O

Oberflächenbeschichtung	61
Oberflächenveredelung	74, 75
Oberofenbereich	80
Ofenbühne	68, 72
Ofenmann	70, 71
Ölabschreckbäder	74
Öl-Aufarbeitung	55

Optikglas	61
Optik-Industrie	61
Oxidfahrer	71

P

Papier- und Pappenherstellung/-verarbeitung	65
Parkettleger	30
Pechgranulierung.....	55
Pechkokerei.....	55
Pfannenfeuerplatz	73
Phosphor-Herstellung	54
Polier.....	46, 48
Polymerbitumen-Schweißbahnen.....	37, 38
Polyurethan(systeme)	40
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	1, 3, 7, 11, 13, 69, 101
Presse	57, 58, 59, 60, 61, 63, 66, 68, 74
Probenaufarbeitung.....	106, 107
Putzerei	68
Pyrolyse.....	11, 17, 53
– Pyrolyseöle.....	17
– Pyrolyseprodukte	17, 18, 21, 44, 49

R

Randausgleich.....	45, 46
Räucheranlagen.....	76
Recyclinganlagen.....	62
Recycling von Straßenausbaumaterial.....	49
Ruß.....	13, 17, 21, 37, 56, 58
Ruß-Herstellung.....	56

S

Schachtbau	52
Schaufelmann	45, 46, 78
Schiffstransport.....	77
Schmelzer	48, 61, 63, 67, 68, 72
Schornsteinfeger	30, 37
Schwarzanstrichstoffe	18
Schweißen.....	52, 61, 74
Seeschifffahrt	8, 77, 78, 79

Stichwortverzeichnis

Siliciumcarbid	53, 54, 58
Söderbergelektrode	53, 54, 69, 71
Söderbergmassen-Herstellung	54
Sondermischgut	49, 51
Spritzer.....	45, 46, 47, 48, 49
Stahlerzeugung	17, 42, 72, 73
Stahlwasserbau	30, 40
Stampfraumbühne.....	53, 54
Steigrohrreiniger.....	22
Steinkohle	38, 77, 80, 83
Steinkohlekokerei.....	43, 80
Steinkohlenteeröle	52, 56, 64, 65, 66, 69
Steinkohlenteerpech	37, 40, 41, 44, 49, 52, 58, 66, 69
Strahlverfahren	40
Strangpech	
– Abfüllen von Strangpech.....	79
– Umschlag von Strangpech	77, 78
– Verladen von Eisenbahnwaggons auf Binnenschiffe.....	79
Strangpechanlage.....	55
Straßenbau.....	42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51
Straßenbaubindemittel.....	42, 43, 45
Straßenfertiger	45
Synkanzerogenese.....	13

T

Tabakrauch.....	62, 111
Tätigkeitswert	28, 29
Tauchverfahren	74
Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)	80
Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)	21, 31, 80, 101
Teer	13, 17, 18, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 50, 44, 46, 47, 60, 64, 65, 69, 70, 1
Teerdestillation, kontinuierliche.....	55, 56
Teerlebstoffe	41
Teerölverordnung (TeerölV)	64, 101
Teerpappenfabrik.....	56
Teerverarbeitung.....	55
Thermische Behandlung von Lebensmitteln	76
Thermische Trenn- und Bearbeitungsverfahren.....	57, 61

Trennschneidarbeiten	62
Trimmer	78
Trogtränkanlagen	64, 65
Tunnelbau	52
Türmann	22

U

Überstunden.....	25
Umgebungsluft	106, 111, 112
Umwelt	87, 103, 105, 110, 111, 113
Umweltbehörde	18, 21, 50

V

Validitätskategorie.....	33, 35, 36, 102
Verbaukolonne	71
Verschnittbitumen	42

W

Walzenfahrer	46, 48
Walzwerke	67, 68
Worst case	29, 52, 53

Z

Zerkleinern pechhaltigen Materials	50, 61
------------------------------------------	--------

Abkürzungsverzeichnis

a. B.	analytische Bestimmungsgrenze
AGS	Ausschuss für Gefahrstoffe
BaP	Benzo[a]pyren
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGN	Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe
BK	Berufskrankheit
BKV	Berufskrankheiten-Verordnung
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
ChemVerbotsV	Chemikalien-Verbotsverordnung
CLP	Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures
CTPV	Coal tar pitch volatiles
DAD	Diodenarraydetektor
DC	Dünnschichtchromatografie
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
ECD	Electron capture detector, Elektroneneinfangdetektor
EPA	Environmental Protection Agency
ERB	Exposition-Risiko-Beziehung
FID	Flammenionisationsdetektor
GC	Gaschromatografie
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GHS	Global Harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien
HPLC	High Performance Liquid Chromatography, Hochleistungsflüssigkeitschromatografie
IFA	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MEGA	Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz
MGU	Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger
n. ngw.	nicht nachgewiesen
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
TeerölV	Teerölverordnung
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRK	Technische Richtkonzentration
TV	Technische Vorschrift
UV	Unfallversicherung
VbgBK	Vereinbarung über die Zuständigkeit bei Berufskrankheiten
VK	Validitätskategorie
VW	Verursachungswahrscheinlichkeit
ZTV	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen

Autorenverzeichnis

Dr. Stefan Auras

Berufsgenossenschaft Handel und
Warendistribution, Mannheim

Dipl.-Ing. Kathleen Barduna

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft,
Köln

Dipl.-Ing. Margret Böckler

Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse, Köln

Dr. Dirk Dahmann

Institut für Gefahrstoff-Forschung der
Berufsgenossenschaft Rohstoffe und
chemische Industrie, Bochum

Stefan Gabriel

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,
Sankt Augustin

Dr. Claus-Dietrich Grimm

Verwaltungs-Berufsgenossenschaft,
Hamburg

Dr. Karlheinz Guldner

Verwaltungs-Berufsgenossenschaft,
Würzburg

Dr. Jens-Uwe Hahn

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,
Sankt Augustin

Dr. Andreas Hammel

Berufsgenossenschaft Holz und Metall,
Stuttgart

Dr. Michael Heger

Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz,
Saarbrücken

Dipl.-Ing. Ludger Hohenberger

Unfallkasse Nordrhein-Westfalen, Münster

Dr. Uwe Kern

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und
chemische Industrie, Karlsruhe

Dr. Günter Klein

Berufsgenossenschaft Holz und Metall,
Düsseldorf

Dipl.-Ing. Kurt Kolmsee

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und
chemische Industrie, Langenhagen

Dr. Peter Kredel

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und
chemische Industrie, Köln

Dr. Wolfgang Marschner

Berufsgenossenschaft Holz und Metall,
Düsseldorf

Dr. Katrin Moeller

Berufsgenossenschaft Holz und Metall,
Chemnitz

Dr. Wolfgang Pflaumbaum

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,
Sankt Augustin

Dipl.-Chem. Karin Praefke
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung,
Berlin

Dr. Thorsten Reinecke
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft,
Hannover

Dipl.-Ing. Rüdiger Schmidt
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel
und Gastgewerbe, Güstrow

Dipl.-Ing. Klaus-Eckart Sinner
Berufsgenossenschaft für Transport und
Verkehrswirtschaft, Hamburg

Dipl.-Ing. Adolf Tigler
Berufsgenossenschaft Holz und Metall,
Mainz

Dr. Matthias Weigl
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel
und Gastgewerbe, Mannheim

Weitere Autoren früherer Auflagen

Dr. Reinhold Rühl, Frankfurt am Main

Heinz Assenmacher-Maiworm,
Sankt Augustin

Dipl.-Geogr. Wolfgang Bock, Sankt Augustin

Prof. Dr. Helmut Blome, Sankt Augustin

Otto Blome, Sankt Augustin

Dr. Michael Fehlauer, Potsdam

Dr. Ulrich Goergens †, Wuppertal

Dipl.-Ing. Harald Metge, Neuwied

Dr. Jörg Otto, Erfurt

Dr. Jürgen Schürmann, Wuppertal

Dipl.-Ing. Günter Sonnenschein, Düsseldorf

Dr. Roger Stamm, Sankt Augustin

Margret Stückrath, Sankt Augustin

Dr. Valerie Wilms, Hamburg

Dipl.-Ing. Wolfgang Woeste, Köln

Dr. Gerd Zoubek, München

Anhang 1: Messverfahren

PAK ist eine Sammelbezeichnung für aromatische Verbindungen mit kondensierten Ringsystemen. Dabei handelt es sich überwiegend um Ringsysteme aus sechs Kohlenstoffatomen wie z. B. beim Benzo[a]pyren (BaP), es können jedoch auch Ringe mit nur fünf Kohlenstoffatomen wie z. B. beim Fluoranthren im Molekül eingebaut sein. Das vergleichsweise leicht analysierbare BaP dient seit Langem als Indikatursubstanz für PAK-Gemische. Hier gibt es relativ viele Messwerte und die Erfahrung der vergangenen Jahre hat gezeigt, dass Unterschiede in der BaP-Konzentration an Arbeitsplätzen als ungefähre Maßstab für die kanzerogene Potenz eines PAK-Gemisches geeignet sind.

Zur Messung von PAK in der Luft steht eine Reihe von Verfahren zur Verfügung. Im Folgenden wird eine kurze Übersicht über diese Verfahren gegeben, deren Messergebnisse in eine Fülle von Publikationen eingeflossen sind. Dabei entsprechen nicht mehr alle erwähnten Verfahren dem Stand der Technik. Für die differenzierende Bestimmung einzelner PAK werden heute überwiegend hoch auflösende Trennverfahren wie die Gaschromatografie (GC) oder die Hochleistungsflüssigkeitschromatografie (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) mit entsprechenden Detektoren (FID, ECD, UV/DAD, Fluoreszenz) angewendet.

In der Regel werden heute nicht mehr BaP allein, sondern die 16 PAK nach US-EPA (United States Environmental Protection

Agency) [1] bestimmt. Häufig wird zusätzlich Benzo[e]pyren analysiert. Die PAK aus dieser Liste gelten als „Priority Pollutants“ für den Umweltbereich und werden stellvertretend für die ganze Stoffgruppe analysiert. Naturgemäß ist die Zusammenstellung nicht repräsentativ für den Bereich des Arbeitsschutzes, sodass seit einigen Jahren auch andere Listen diskutiert werden, deren Zusammenstellung stärker Aspekten wie Mutagenität, Kanzerogenität und akute Toxizität Rechnung trägt [2]. Dass sich bisher keine Liste durchsetzen konnte, mag daran liegen, dass die Trennung der verschiedenen „neuen“ PAK deutlich schwieriger ist und Kalibrierstandards häufig nicht erhältlich sind [3].

1 Probenahmeverfahren

BaP in der Luft wird seit Anfang der 1950er-Jahre gemessen. Bei den ersten Messungen wurden großflächige Papierfilter eingesetzt [4 bis 6]. Seit den 1960er-Jahren werden überwiegend Glasfaserfilter für die Probenahme von BaP, das in der Luft in Arbeitsbereichen nahezu vollständig partikelförmig oder an Partikeln adsorbiert vorliegt, und für andere PAK benutzt [7 bis 9]. In den letzten Jahren kommen zunehmend Teflonfilter und teflonisierte Glasfaserfilter zum Einsatz [10 bis 12]. Die Probenahme sollte nach der Definition für die einatembare Fraktion (Gesamtstaub) erfolgen. In der Regel genügen solche Bestimmungsverfahren, bei denen die Dampfphase unberücksichtigt bleibt, um 95 % der toxikologisch relevanten PAK zu

Anhang 1

erfassen. Soll auf eine Erfassung des Dampfanteils der PAK nicht verzichtet werden, muss hinter das Partikelfilter ein Adsorbens geschaltet sein. Die ursprüngliche Methode, eine gekühlte Waschflasche mit Ethanol zu benutzen [13; 14], war störanfällig und schwierig zu handhaben. Deshalb wird nun überwiegend Porapak PS oder XAD-2 als festes Adsorptionsmittel eingesetzt [10 bis 12; 15].

Bei der Bestimmung der BaP-Gehalte in der Luft am Arbeitsplatz wurden in den USA und Kanada häufig Probenahmesysteme verwendet, die als sogenannte „total dust sampler“ nicht die Anforderungen der Norm DIN EN 481 erfüllen. In Deutschland sind hingegen Probenahmesysteme gebräuchlich, die im Bereich geringer und mittlerer Umgebungsluftgeschwindigkeiten der DIN EN 481 gehorchen. *Notø* [16] berichtet in diesem Zusammenhang, dass mit „total dust sampler“ deutlich niedrigere BaP-Konzentrationen gefunden werden. Dieser Befund konnte durch vergleichende Messungen mit beiden Systemen, die das IFA durchführte, nicht bestätigt werden. So ergaben Messungen auf der Koksofendecke, bei der Strangpechverladung oder bei Schweißarbeiten von teergedichteten Schleusentoren mit beiden Probenahmesystemen annähernd gleiche Konzentrationen. Im Bereich der Aluminiumindustrie (Elektrodenfertigung) ließen sich leichte Unterschiede feststellen, die jedoch noch keine Umrechnung bestehender Messwerte rechtfertigen könnten.

2 Analysenverfahren

BaP und andere PAK werden mit einem Lösemittel vom Filter und gegebenenfalls dem Adsorptionsmittel extrahiert. Abhängig

von der Probe und dem Analysenverfahren erfolgt eine Probenaufarbeitung zur Reinigung und Anreicherung. Anschließend werden BaP und andere PAK mithilfe eines chromatografischen Analysenverfahrens bestimmt. Bei den ersten Messungen wurde hierfür die Säulenchromatografie oder die Papierchromatografie eingesetzt. Seit den 1960er-Jahren kam die Dünnschichtchromatografie und seit den 1970er-Jahren kamen zunehmend die Gaschromatografie (GC) und die Hochleistungsflüssigkeitschromatografie (HPLC) zum Einsatz. Heute haben sich je nach Aufgabenstellung GC-MS-Verfahren oder HPLC-Verfahren mit verschiedenen Detektoren durchgesetzt [17; 18].

2.1 Extraktion

Die Soxhlet-Extraktion ist die gängigste Methode, wobei als Lösemittel Benzol, Cyclohexan, Toluol, Acetonitril oder Dichlormethan in Betracht kommen [9; 15; 19; 20]. Das geeignete Lösemittel ist abhängig von der Zusammensetzung der Probe und muss für jede Matrix experimentell bestimmt werden. In letzter Zeit wird die Extraktion mit Ultraschall unterstützt [10 bis 12; 21]. Neben der klassischen Soxhlet-Extraktion werden auch zunehmend neuere Verfahren der Extraktion mit superkritischen Fluiden (SFE) wie z. B. Kohlenstoffdioxid verwendet [22].

2.2 Probenaufbereitung

Abhängig von der Zusammensetzung der Probe und dem angewandten Analysenverfahren ist eine Reinigung und Anreicherung der Probe notwendig. Die einfachsten Schritte hierbei sind Einengen und Filtration der Probe. Häufig wird eine Reinigung über eine Kieselgelsäule oder eine Sephadex-

LH-20-Säule angewandt [9; 15; 23]. Beide Verfahren können auch nacheinander durchgeführt werden. Die Flüssig/Flüssig-Verteilung im System Cyclohexan/Dimethylsulfoxid oder Dimethylformamid/Wasser ist ebenfalls eine bewährte Methode zur Reinigung der Probe [9; 13 bis 15]. Bei allen Aufarbeitungsschritten ist die Wiederfindungsrate zu bestimmen.

2.3 Dünnschichtchromatografie

Die Probe wird auf einer Celluloseacetat-Platte mit verschiedenen Laufmitteln zweidimensional getrennt [9; 24]. BaP wird fluoreszenzspektroskopisch entweder direkt mit einem Scanner oder nach Extraktion des abgeschabten Fleckes bestimmt. Die Bestimmungsgrenzen betragen bei der direkten Bestimmung ca. $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹⁾ und bei der Bestimmung nach Extraktion des Fleckes ca. $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹⁾ [9]. Der Vorteil des dünn-schichtchromatografischen Verfahrens liegt darin, dass bei den meisten Proben keine Vorreinigungsschritte notwendig sind. Der Nachteil des Verfahrens ist seine geringe Spezifität. Andere PAK als BaP können nicht oder nur mit eingeschränkter Aussagekraft bestimmt werden.

2.4 Gaschromatografie

Die Probe wird auf einer Kapillarsäule mit einem Temperaturprogramm getrennt

[9; 12; 19; 25]. BaP und andere PAK werden mit einem Flammenionisationsdetektor bestimmt. Die Bestimmungsgrenze für BaP beträgt ca. $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁾. In den letzten Jahren hat sich zunehmend das Massenspektrometer als Detektor [17] durchgesetzt. Dieser kann in Abhängigkeit vom Detektionsmodus nachweisstärker als ein Flammenionisationsdetektor sein, wodurch sich die Nachweisgrenze nochmals erniedrigen lässt [11]. Der Vorteil des gaschromatografischen Verfahrens besteht darin, neben BaP eine ganze Reihe weiterer PAK bestimmen zu können. Außerdem werden beim Einsatz eines Massenspektrometers als Detektor sehr niedrige Bestimmungsgrenzen erreicht. Der Nachteil des Verfahrens besteht darin, dass in der überwiegenden Zahl der Fälle eine aufwendige Probenaufarbeitung erforderlich ist.

2.5 Hochleistungsflüssigkeitschromatografie

Die Probe wird auf einer Reversed-Phase-Säule isokratisch oder mit einem Gradientenprogramm getrennt [9; 11; 26]. BaP und andere PAK werden mit einem UV- oder Diodenarraydetektor bestimmt. Mit einem Diodenarraydetektor lässt sich eine Reinheitskontrolle der Peaks mithilfe der Darstellung der UV-Spektren durchführen. Die Bestimmungsgrenze für BaP beträgt ca. $0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁾. Wird statt des UV- oder Diodenarraydetektors ein Fluoreszenzdetek-

¹⁾ Die Bestimmungsgrenzen beziehen sich auf eine zweistündige Probenahme mit dem stationären Staubsammelgerät VC 25 G; bei einer Ansaugrate von $22,5 \text{ m}^3/\text{h}$ entspricht dies einem Probeluftvolumen von 45 m^3 . Das Gerät erlaubt nur die Anreicherung schwer flüchtiger PAK und wird heute nicht mehr eingesetzt.

²⁾ Die Bestimmungsgrenze bezieht sich auf eine zweistündige Probenahme mit der SG 10-2 Probenahmepumpe und Sammlung auf Teflonfilter; bei einer Ansaugrate von $10 \text{ l}/\text{min}$ entspricht dies einem Probeluftvolumen von $1,2 \text{ m}^3$. Bestimmt werden nur schwerflüchtige PAK.

Anhang 1

tor eingesetzt, so kann die Bestimmungsgrenze bis um den Faktor 50 erniedrigt werden [21; 26]. Hierbei wird allerdings bei vielen Proben eine aufwendigere Vorreinigung notwendig. Der Vorteil des hochleistungsflüssigkeitschromatografischen Verfahrens liegt darin, dass bei Verwendung eines UV- oder Diodenarraydetektors in der Regel eine aufwendige Aufarbeitung der Proben nicht erforderlich ist. Der Nachteil des Verfahrens besteht darin, dass die hohe Spezifität der Gaschromatografie nur durch den Einsatz verschiedener Trennsäulen erreicht werden kann.

3 Messverfahren für CTPV (coal tar pitch volatiles)

Außerhalb Deutschlands (insbesondere in den USA und Kanada) erfolgt die Beurteilung der PAK-Exposition durch die Bestimmung der CTPV. Das einfache gravimetrische Verfahren erfasst neben den PAK alle in Benzol oder Cyclohexan löslichen Anteile der einatembaren Staubfraktion (Gesamtstaub).

3.1 Probenahmeverfahren für CTPV

Die Gesamtstaubprobenahme erfolgt mit Filtern, wobei die OSHA-Methode 58 [20] die Benutzung von Glasfaserfiltern vorschreibt, während in der NIOSH-Methode 5023 [27] Teflonfilter eingesetzt werden.

3.2 Analysenverfahren für CTPV

Nach der Probenahme wird das Filter nach OSHA mit 3 ml Benzol 60 Minuten geschüttelt. Anschließend wird filtriert und 1,5 ml des Extraktes werden bei 40 °C im Vakuumofen getrocknet. Der Rückstand wird gewogen. Nach NIOSH wird das Filter mit 5 ml Cyclo-

hexan 20 Minuten im Ultraschall extrahiert. Nach Filtration werden 1 ml des Extraktes wie oben beschrieben getrocknet und der Rückstand gewogen.

Literatur

- [1] Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Compendium Method TO-13A. Hrsg.: Environmental Protection Agency (EPA) of the United States of America, Cincinnati, Ohio, USA (1999)
- [2] Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Spielzeug. Aktualisierte Stellungnahme Nr. 051/2009 des BfR vom 14. Oktober 2009, Abschnitt 3.1.3 „Exposition“. Hrsg.: Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Berlin
- [3] *Wenzl, T.; Simon, R.; Kleiner, J.; Anklam, E.*: Analytical methods for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in food and the environment needed for new food legislation in the European Union. *Trends Anal. Chem.* 25 (2006) Nr. 7, S. 716-725
- [4] *Tanimura, H.; Kitakyushu, B.S.*: BaP in iron and steel works. *Arch. Environm. Health* 17 (1968), S. 172-177
- [5] *Ketchan, N.H.; Norton, R.W.*: The hazards to health in the hydrogenation of coal; II. The industrial hygiene studies. *Arch. Environm. Health* 1 (1960), S. 194-207
- [6] *Kreyberg, I.*: 3,4-Benzopyrene in industrial air pollution: some reflections. *Br. J. Cancer* 13 (1959), S. 618-622

- [7] *Jackson, J.O.; Warner, P.O.; Mooney, T.F.*: Profiles of BaP and coal tar volatiles in the immediate vicinity of a coke oven battery. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 5 (1974), S. 276-281
- [8] *Lawther, P.J.; Commins, B.T.*: A study of the concentrations of PAH in gas work retort houses. *Brit. J. Ind. Med.* 22 (1965), S. 13-20
- [9] Berufsgenossenschaftliche Information: Verfahren zur Bestimmung von Benzo[a]pyren und anderen polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) (BGI 505-25). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin. Carl Heymanns, Köln 1989
- [10] *Wolff, M.S.; Herbert, R.; Marcus, M.*: PAH residues on skin in relation to air levels among roofers. *Arch. Environm. Health* 44 (1989), S. 157-163
- [11] Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by HPLC. In: NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). 4th ed. Method 5506. Hrsg.: Centers for Disease Control and Prevention. Atlanta, Georgia, USA 1998
- [12] Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by GC. In: NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). 4th ed. Method 5515. Hrsg.: Centers for Disease Control and Prevention. Atlanta, Georgia, USA 1994
- [13] *Bjorseth, A.; Fjeldstad, P.E.*: PAH in the work atmosphere, II. Determination in a coke plant. *Scand. J. Work. Environm. Health* 4 (1978), S. 224-236
- [14] *Bjorseth, A.; Fjeldstad, P.E.*: PAH in the work atmosphere, I. Determination in a aluminium plant. *Scand. J. Work. Environm. Health* 4 (1978), S. 212-223
- [15] *Knecht, U.; Woitowitz, H.J.*: Krebsgefährdung bei Verwendung von Pechbitumen im Straßenbau (PT-AT). Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschungsbericht, Fb 612. Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft, Wilhelmshaven 1990
- [16] *Notø, H.; Halgard, K.; Daae, H.L.; Bentsen, R.K.; Eduard, W.*: Comparative study of an inhalable and total dust sampler for personal sampling of dust an polycyclic aromatic hydrocarbons in the gas and particulate phase. *Analyst* 121 (1996) Nr. 9, S. 1191-1196
- [17] *Meyer zu Reckendorf, R.*: Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) – Methode 3. In: *Greim, H.* (Hrsg.): Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Bd. 1. Luftanalysen. 13. Lfg 2003. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Weinheim Wiley-VCH (Losebl.-Ausg.)
- [18] *Hahn, J.U.; Assenmacher-Maiworm, H.*: Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) – Methode 2. In: *Greim, H.* (Hrsg.): Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Bd.1. Luftanalysen. 13. Lfg. 2003. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Weinheim, Wiley-VCH (Losebl.-Ausg.)

Anhang 1

- [19] *Petry, T., Schmid, P., Schlatter, C.*: Exposure of PAH in two different silicon carbide plants. *Ann. Occup. Hyg.* 38 (1994) Nr. 5, S. 741-752
- [20] Coal Tar Pitch Volatiles (CTPV) – Coke Oven Emissions (COE) – Selected Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs). In: OSHA Sampling & Analytical Methods. Method 58. Hrsg.: American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati
- [21] *Andersson, K.; Levin, J.O.; Nilsson, C.A.*: Sampling and analyses of particulate and gaseous aromatic hydrocarbons from coal tar sources in the working environment. *Chemosphere* 12 (1983) Nr. 2, S. 197-207
- [22] *Schwedt, G.; Enders, B.*: Super-fluid-Extraktion am Beispiel PAK-kontaminierter Böden. *Umwelt-Magazin* 2 (1993), S. 92-94
- [23] *Grimmer, G.*: Qualitätssicherung bei der Probenahme von Stoffen am Beispiel der PAK. *Staub – Reinhalt. Luft* 48 (1988) Nr. 11, S. 401-404
- [24] *Schimberg, W.; Skyttä, E.; Falck, K.*: Belastung von Eisengießereiarbeitern durch mutagene polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe. *Staub* 41 (1981) Nr. 11, S. 421-424
- [25] *Grimmer, G.; Naujack, K.; Dettbarn, G.*: Beitrag zur Ursachenforschung exogen bedingter Blasenkarzinome – Profilanalyse aromatischer Amine am Arbeitsplatz. Schlußbericht für das Bundesministerium für Forschung und Technologie im Rahmen eines Forschungsvorhabens der DFULR, Projektträger HdA (1987)
- [26] *Katschani, D. T.; Brauns, A.*: Bestimmung von PAH's in Kraftfahrzeugabgasen durch HPLC, Teil 2. *GIT Spezial, Chromatographie* (1991) Nr. 2, S. 66-76
- [27] Coal Tar Pitch Volatiles. In: NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). 4th ed. Method 5023. Hrsg.: Centers for Disease Control and Prevention. Atlanta, Georgia, USA 1993

Anhang 2: Benzo[a]pyren (BaP) – Vorkommen in der Umwelt

BaP entsteht zusammen mit anderen polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bei der unvollständigen Verbrennung nahezu aller organischen Stoffe, sodass Großfeuerungsanlagen, Hausbrand, Waldbrände, Verbrennungsmotoren o. Ä. als potenzielle Emissionsquellen infrage kommen.

Auch beim Tabakrauchen werden PAK freigesetzt. Tabakrauch als hoch komplexes Stoffgemisch enthält darüber hinaus weitere krebserzeugende Substanzen wie insbesondere Nitrosamine und aromatische Amine. In Deutschland gab es in jüngerer Zeit mehrere Untersuchungen in mit Tabakrauch belasteten Bereichen wie Diskotheken, Bars oder Gaststätten [1; 2]. In der Luft bayerischer Gaststätten lagen die Messwerte von BaP bei maximal 12 ng/m³ [1]. Unter besonderen Umständen können diese Werte z. T. auch überschritten werden (siehe hierzu Abschnitt 6.4.6 Gastronomie).

Darüber hinaus können PAK auch beim Grillen, Kochen oder Räuchern entstehen. Ebenso ist die Bildung biogener PAK durch Mikroorganismen, Pilze, Pflanzen und Tiere möglich.

Es gibt also auch eine allgemeine Belastung der Umwelt (Boden, Luft). Auswertungen der Messdaten von PAK-Messstellen in Deutschland ergaben folgende BaP-Jahres-

mittelwerte in der Umgebungsluft [3]: In den 1990er-Jahren lagen die Konzentrationen in ländlichen Gebieten zwischen 0,1 und 1 ng/m³, in städtischen Gebieten zwischen 0,5 und 3 ng/m³ und in der nächsten Umgebung bestimmter Industrieanlagen bei bis zu 30 ng/m³. Seit der Jahrtausendwende liegen die Jahresmittelwerte in städtischen Gebieten nur noch bei etwa 0,5 ng/m³ und in ländlichen Gebieten bei etwa 0,2 ng/m³. Darüber hinaus sind in Tabelle 35 (siehe Seite 102) für den Zeitraum 1968 bis 1990 einige typische BaP-Jahresmittelwerte angegeben [4]. Messungen in den Sommermonaten ergaben in der Regel deutlich niedrigere Konzentrationen (Faktor: 3 bis 7) als im Winter während der Heizperiode. Seit Dezember 2004 wurde mit der 4. Tochterrichtlinie (EG-Richtlinie 2004/107/EG) zur Rahmenrichtlinie 96/62/EG ein Zielwert von 1 ng/m³ für BaP festgelegt, der ab 2013 soweit wie möglich einzuhalten ist. So schwanken beispielsweise die Jahresmittelwerte an fünf Berliner Messstationen im Jahr 2010 geringfügig um diesen Zielwert [5].

Hauptquelle für eine Belastung durch PAK von Mensch und Tier aus der Umwelt ist jedoch die Nahrung und nicht die Luft. Pro Tag nimmt der Mensch über die Nahrung 0,01 bis 4 µg BaP (Angaben aus 1987 [4]) auf.

Anhang 2

Tabelle 35:
Belastung der Umgebungsluft durch BaP, Jahresmittelwerte


Ort	BaP-Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ländliche Gebiete (ca. 1985)	0,001 bis 0,002
Ballungsgebiete (ca. 1985)	0,005 bis 0,012
Emittenten-Nahbereiche (ca. 1985)	0,005 bis 0,03
Quellferne Gebiete (1984)	0,0005 bis 0,001
Frankfurt am Main (1980)	0,002
Westberlin (1982/83)	0,0083
Ostberlin (1968 bis 1971)	0,019
Ruhrgebiet (1984)	0,005
Ruhrgebiet (1981)	0,0032
Ruhrgebiet (1981) (Randgebiet)	0,0011
Essen-Bredeneu (1978/79) (Öl-Hausbrand)	0,0056
Essen-Vogelheim (1978/79) (Kohle-Hausbrand)	0,0145
Essen-Katernberg (1978/79) (nahe Kokerei)	0,038
Bayreuth (1990)*	0,00035
Ennepetal (1978/79)	0,0018
Feldberg (1989/90)	0,00035

*) kein Jahresmittelwert

Literatur

- [1] Bolte, G.; Heitmann, D.; Kiranoglu, M.; Schierl, R; Diemer, J.; Koerner, W.; Fromme, H.: Exposure to environmental tobacco smoke in German restaurants, pubs and discotheques. J. Expo. Sci. Environm. Epidemiol. 18 (2008) Nr. 3, S. 262-271
- [2] Hüner, H.; Andrejs, B.; Dannenbaum, C.; Rietschel, P.; Schuh, C.; Weigl, M.: BGN-Studie zur Messung der ETS-Exposition in gastronomischen Betrieben. In: Grieshaber, R.; Stadeler, M.; Scholle, H.-C.: Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen (14. Erfurter Tage). S 147-157. Bussert und Stadeler, Jena 2008
- [3] Ihle, P.; Fritsche, B: Erfassung der Luftbelastung durch Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Bundesrepublik Deutschland anhand von Messdaten. UBA-Forschungsbericht 20 04 22 66, S. 65-66. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin 2003
- [4] Rippen, G.: Handbuch Umweltchemikalien. 20. Erg.-Lfg. 7/93. ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech 1993
- [5] Luftqualität in Berlin – Jahresübersicht der Luftqualität 2010
www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/jahresuebersicht/luft_2010/pak.shtml

Anhang 3: Tabelle aus Anlage 2 der 2. Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung

 bitte umblättern

Anhang 3

Berufskrankheit Nr. 4114, Verursachungswahrscheinlichkeit in Prozent

BaP Jahre	Asbestfaserjahre											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	4	7	11	14	17	19	22	24	26	29	31
1	1	5	8	12	15	17	20	22	25	27	29	31
2	2	6	9	12	15	18	21	23	25	28	30	32
3	3	7	10	13	16	19	21	24	26	28	30	32
4	4	7	11	14	17	19	22	24	26	29	31	32
5	5	8	12	15	17	20	22	25	27	29	31	33
6	6	9	12	15	18	21	23	25	28	30	32	33
7	7	10	13	16	19	21	24	26	28	30	32	34
8	7	11	14	17	19	22	24	26	29	31	32	34
9	8	12	15	17	20	22	25	27	29	31	33	35
10	9	12	15	18	21	23	25	28	30	32	33	35
11	10	13	16	19	21	24	26	28	30	32	34	35
12	11	14	17	19	22	24	26	29	31	32	34	36
13	12	15	17	20	22	25	27	29	31	33	35	36
14	12	15	18	21	23	25	28	30	32	33	35	37
15	13	16	19	21	24	26	28	30	32	34	35	37
16	14	17	19	22	24	26	29	31	32	34	36	38
17	15	17	20	22	25	27	29	31	33	35	36	38
18	15	18	21	23	25	28	30	32	33	35	37	38
19	16	19	21	24	26	28	30	32	34	35	37	39
20	17	19	22	24	26	29	31	32	34	36	38	39
21	17	20	22	25	27	29	31	33	35	36	38	39
22	18	21	23	25	28	30	32	33	35	37	38	40
23	19	21	24	26	28	30	32	34	35	37	39	40
24	19	22	24	26	29	31	32	34	36	38	39	40
25	20	22	25	27	29	31	33	35	36	38	39	41
26	21	23	25	28	30	32	33	35	37	38	40	41

Asbestfaserjahre													
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
32	34	36	38	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50
33	35	36	38	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50
33	35	37	38	40	41	43	44	45	46	47	48	49	50
34	35	37	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50	51
34	36	38	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51
35	36	38	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50	51
35	37	38	40	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51
35	37	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50	51	52
36	38	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52
36	38	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50	51	52
37	38	40	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
37	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50	51	52	53
38	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53
38	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
38	40	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
39	40	42	43	44	45	47	48	49	50	51	52	53	53
39	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54
39	41	42	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
40	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
40	42	43	44	45	47	48	49	50	51	52	53	53	54
40	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
41	42	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
41	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
42	43	44	45	47	48	49	50	51	52	53	53	54	55
42	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	55
42	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56

Anhang 3

BaP Jahre	Asbestfaserjahre											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
27	21	24	26	28	30	32	34	35	37	39	40	42
28	22	24	26	29	31	32	34	36	38	39	40	42
29	22	25	27	29	31	33	35	36	38	39	41	42
30	23	25	28	30	32	33	35	37	38	40	41	43
31	24	26	28	30	32	34	35	37	39	40	42	43
32	24	26	29	31	32	34	36	38	39	40	42	43
33	25	27	29	31	33	35	36	38	39	41	42	44
34	25	28	30	32	33	35	37	38	40	41	43	44
35	26	28	30	32	34	35	37	39	40	42	43	44
36	26	29	31	32	34	36	38	39	40	42	43	44
37	27	29	31	33	35	36	38	39	41	42	44	45
38	28	30	32	33	35	37	38	40	41	43	44	45
39	28	30	32	34	35	37	39	40	42	43	44	45
40	29	31	32	34	36	38	39	40	42	43	44	46
41	29	31	33	35	36	38	39	41	42	44	45	46
42	30	32	33	35	37	38	40	41	43	44	45	46
43	30	32	34	35	37	39	40	42	43	44	45	47
44	31	32	34	36	38	39	40	42	43	44	46	47
45	31	33	35	36	38	39	41	42	44	45	46	47
46	32	33	35	37	38	40	41	43	44	45	46	47
47	32	34	35	37	39	40	42	43	44	45	47	48
48	32	34	36	38	39	40	42	43	44	46	47	48
49	33	35	36	38	39	41	42	44	45	46	47	48
50	33	35	37	38	40	41	43	44	45	46	47	48
51	34	35	37	39	40	42	43	44	45	47	48	49
52	34	36	38	39	40	42	43	44	46	47	48	49
53	35	36	38	39	41	42	44	45	46	47	48	49
54	35	37	38	40	41	43	44	45	46	47	48	49

Asbestfaserjahre													
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
43	44	45	47	48	49	50	51	52	53	53	54	55	56
43	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	55	56
44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	56
44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
44	45	47	48	49	50	51	52	53	53	54	55	56	57
44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	55	56	57
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	56	57
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	57
45	47	48	49	50	51	52	53	53	54	55	56	57	57
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	55	56	57	58
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	56	57	58
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	57	58
47	48	49	50	51	52	53	53	54	55	56	57	57	58
47	48	49	50	51	52	53	54	55	55	56	57	58	58
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	56	57	58	59
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	57	58	59
48	49	50	51	52	53	53	54	55	56	57	57	58	59
48	49	50	51	52	53	54	55	55	56	57	58	58	59
48	49	50	51	52	53	54	55	56	56	57	58	59	59
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	57	58	59	59
49	50	51	52	53	53	54	55	56	57	57	58	59	60
49	50	51	52	53	54	55	55	56	57	58	58	59	60
49	50	51	52	53	54	55	56	56	57	58	59	59	60
49	50	51	52	53	54	55	56	57	57	58	59	59	60
50	51	52	53	53	54	55	56	57	57	58	59	60	60
50	51	52	53	54	55	55	56	57	58	58	59	60	60
50	51	52	53	54	55	56	56	57	58	59	59	60	60
50	51	52	53	54	55	56	57	57	58	59	59	60	61

Anhang 3

BaP Jahre	Asbestfaserjahre											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
55	35	37	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
56	36	38	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50
57	36	38	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50
58	37	38	40	41	43	44	45	46	47	48	49	50
59	37	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50	51
60	38	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51
61	38	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50	51
62	38	40	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51
63	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50	51	52
64	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52
65	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50	51	52
66	40	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
67	40	42	43	44	45	47	48	49	50	51	52	53
68	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53
69	41	42	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
70	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
71	42	43	44	45	47	48	49	50	51	52	53	53
72	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54
73	42	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
74	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
75	43	44	45	47	48	49	50	51	52	53	53	54
76	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
77	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
78	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
79	44	45	47	48	49	50	51	52	53	53	54	55
80	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	55
81	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
82	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56

Asbestfaserjahre													
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
51	52	53	53	54	55	56	57	57	58	59	60	60	61
51	52	53	54	55	55	56	57	58	58	59	60	60	61
51	52	53	54	55	56	56	57	58	59	59	60	60	61
51	52	53	54	55	56	57	57	58	59	59	60	61	61
52	53	53	54	55	56	57	57	58	59	60	60	61	61
52	53	54	55	55	56	57	58	58	59	60	60	61	62
52	53	54	55	56	56	57	58	59	59	60	60	61	62
52	53	54	55	56	57	57	58	59	59	60	61	61	62
53	53	54	55	56	57	57	58	59	60	60	61	61	62
53	54	55	55	56	57	58	58	59	60	60	61	62	62
53	54	55	56	56	57	58	59	59	60	60	61	62	62
53	54	55	56	57	57	58	59	59	60	61	61	62	62
53	54	55	56	57	57	58	59	60	60	61	61	62	63
54	55	55	56	57	58	58	59	60	60	61	62	62	63
54	55	56	56	57	58	59	59	60	60	61	62	62	63
54	55	56	57	57	58	59	59	60	61	61	62	62	63
54	55	56	57	57	58	59	60	60	61	61	62	63	63
55	55	56	57	58	58	59	60	60	61	62	62	63	63
55	56	56	57	58	59	59	60	60	61	62	62	63	63
55	56	57	57	58	59	59	60	61	61	62	62	63	64
55	56	57	57	58	59	60	60	61	61	62	63	63	64
55	56	57	58	58	59	60	60	61	62	62	63	63	64
56	56	57	58	59	59	60	60	61	62	62	63	63	64
56	57	57	58	59	59	60	61	61	62	62	63	64	64
56	57	57	58	59	60	60	61	61	62	63	63	64	64
56	57	58	58	59	60	60	61	62	62	63	63	64	64
56	57	58	59	59	60	60	61	62	62	63	63	64	64
57	57	58	59	59	60	61	61	62	62	63	64	64	65

Anhang 3

BaP Jahre	Asbestfaserjahre											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
83	45	47	48	49	50	51	52	53	53	54	55	56
84	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	55	56
85	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	56
86	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
87	47	48	49	50	51	52	53	53	54	55	56	57
88	47	48	49	50	51	52	53	54	55	55	56	57
89	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	56	57
90	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	57
91	48	49	50	51	52	53	53	54	55	56	57	57
92	48	49	50	51	52	53	54	55	55	56	57	58
93	48	49	50	51	52	53	54	55	56	56	57	58
94	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	57	58
95	49	50	51	52	53	53	54	55	56	57	57	58
96	49	50	51	52	53	54	55	55	56	57	58	58
97	49	50	51	52	53	54	55	56	56	57	58	59
98	49	50	51	52	53	54	55	56	57	57	58	59
99	50	51	52	53	53	54	55	56	57	57	58	59
100	50	51	52	53	54	55	55	56	57	58	58	59

Asbestfaserjahre													
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
57	57	58	59	60	60	61	61	62	63	63	64	64	65
57	58	58	59	60	60	61	62	62	63	63	64	64	65
57	58	59	59	60	60	61	62	62	63	63	64	64	65
57	58	59	59	60	61	61	62	62	63	64	64	65	65
57	58	59	60	60	61	61	62	63	63	64	64	65	65
58	58	59	60	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65
58	59	59	60	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65
58	59	59	60	61	61	62	62	63	64	64	65	65	66
58	59	60	60	61	61	62	63	63	64	64	65	65	66
58	59	60	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66
59	59	60	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66
59	59	60	61	61	62	62	63	64	64	65	65	66	66
59	60	60	61	61	62	63	63	64	64	65	65	66	66
59	60	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66
59	60	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66
59	60	61	61	62	62	63	64	64	65	65	66	66	66
60	60	61	61	62	63	63	64	64	65	65	66	66	67
60	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66	67

Anhang 4: Auszug aus der Vereinbarung über die Zuständigkeit bei Berufskrankheiten (VbgBK) vom 1. April 1994 in der Fassung vom 1. Januar 1997 (Arbeitshinweise/Erläuterungen, Stand September 2010)

...

§ 2 Gefährdende Tätigkeit

Als gefährdende Tätigkeit im Sinne der Vereinbarung gelten alle Arbeiten in einem Unternehmen unter Einwirkungen/Bedingungen, die ihrer Art nach geeignet waren, die Berufskrankheit zu verursachen. Die Beurteilung erfolgt nach objektiven Kriterien entsprechend dem aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse.

Arbeitshinweise:

1. Maßgeblich für die Annahme einer gefährdenden Tätigkeit im Sinne der Vereinbarung ist, dass im Arbeitsbereich des Versicherten Einwirkungen/Bedingungen vorhanden waren, die die Berufskrankheit hätten verursachen können.
2. Für den Nachweis von Art und Ausmaß der Einwirkung reichen allgemein-technische oder arbeitsmedizinische Erkenntnisse aus. Soweit Gefährdungskataster vorhanden sind, die für spezielle Tätigkeiten/Arbeitsbereiche
 - eine messtechnische Erfassung für den konkreten Arbeitsplatz nicht erfolgt ist,
 - technische Einrichtungen oder persönliche Schutzausrüstungen Art und Ausmaß der Einwirkung am konkreten Arbeitsplatz beeinflusst haben,
 - arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nicht durchgeführt wurden oder nicht durchzuführen waren,

Angaben über eine allgemein bestehende Berufskrankheitsgefährdung enthalten, soll bei Anwendung der Vereinbarung hierauf zurückgegriffen werden. Zur Beurteilung der Gefährdung sollen in besonders gelagerten Fällen gemeinsame örtliche Feststellungen durch die technischen Aufsichtsbeamten der beteiligten Berufsgenossenschaften erfolgen.

3. Der Annahme einer gefährdenden Tätigkeit kann insbesondere nicht entgegengehalten werden, dass

Anhang 4

- es nicht zu BK-typischen Krankheitserscheinungen während des Zeitraumes der Tätigkeit gekommen ist.

- die Dauer der ausgeübten Tätigkeiten; hier greift nur die 3-Monats-Frist im Rahmen der Zuständigkeitsprüfung (§ 3 VbgBK).

Erläuterungen:

- | | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Grundsätzliches zum Gefährdungsbegriff | 1.4 | Die sich aus der Zuständigkeitsvereinbarung ergebende alleinige Leistungsverpflichtung des zuständigen UV-Trägers erfordert eine Beurteilung der tatsächlichen Expositionsverhältnisse. Im Einzelfall ist der Präventionsdienst mit Ermittlungen vor Ort zu beauftragen oder um eine Einschätzung nach dem Gefährdungskataster zu bitten. Stellungnahmen fremder Aufsichtspersonen sind grundsätzlich zu akzeptieren. In begründeten Ausnahmefällen (z. B. bei widersprüchlichen Angaben zur Arbeitsanamnese) können gemeinsame Ermittlungen beider Aufsichtspersonen vor Ort durchgeführt werden, um dadurch zu einer einheitlichen Beurteilungsgrundlage zu gelangen, die das Feststellungsverfahren beschleunigt. |
| 1.1 | Maßgebend bei der Betrachtung von gefährdenden Tätigkeiten nach der Vereinbarung sind ausschließlich nach dem SGB VII versicherte Tätigkeiten, d. h. dass Gefährdungszeiten ohne Versicherungsschutz (z. B. Selbstständiger ohne freiwillige Versicherung) unberücksichtigt bleiben. | 1.5 | Eine Addition von Gefährdungen, die in zwei oder mehreren Unternehmen im Zuständigkeitsbereich eines UV-Trägers oder im Rahmen nicht unmittelbar aneinander anschließender Beschäftigungsverhältnisse in demselben Unternehmen aufgetreten sind, erfolgt im Rahmen der Zuständigkeitsprüfung nicht. |
| 1.2 | Die Bedeutung der Gefährdung verlangt über die rein abstrakte Betrachtungsweise hinaus konkrete Anhaltspunkte dafür, dass schädigende Einwirkungen auch tatsächlich vorliegen, d. h., es kommt nicht auf Berufsbezeichnungen an, sondern auf die im Einzelnen verrichteten Tätigkeiten. Deren Berücksichtigungsfähigkeit bei der Zuständigkeitsbestimmung kann je nach Berufskrankheit an Grenzwertüberschreitungen festgemacht werden (siehe Punkt 2). | ... | |
| 1.3 | Für die Beurteilung einer gefährdenden Tätigkeit ist unerheblich <ul style="list-style-type: none">– ob nach dem Ergebnis des Feststellungsverfahrens tatsächlich ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Einwirkung und Erkrankung besteht | | |

12 BK 4113, 4114 Lungenkrebs durch PAK bzw. durch Asbest und PAK

12.1 Ermittlung der Gefährdung

12.1.1 Von einer gefährdenden Tätigkeit im Sinne des § 2 VbgBK ist bei der BK 4113 auszugehen, wenn im Arbeitsbereich des Versicherten eine PAK-Belastung von 10 oder mehr BaP-Jahren vorgelegen hat. Es gelten die Ausführungen im jeweils aktuellen BK-Report „BaP-Jahre“.

12.1.2 Eine gefährdende Tätigkeit im Sinne der BK 4114 liegt vor, wenn in einer Beschäftigung durch die Einwirkung von Asbest und/oder PAK eine Verursachungswahrscheinlichkeit von 10 % nach der Tabelle zur BK 4114 erreicht oder überschritten wird.

Da die Tabelle nur volle Faser- und BaP-Jahre enthält, kann die Gefährdung auch nach der Summenformel

$$\frac{x}{25} + \frac{y}{100} \geq 0,1$$

Faserjahre BaP-Jahre

ermittelt werden. Die Summe muss mindestens den Wert 0,1 ergeben (10 % der Verdoppelungsdosis).

12.2 Zuständigkeit des UV-Trägers

12.2.1 Zuständig ist der UV-Träger, in dessen Mitgliedsbetrieb zuletzt eine PAK-Belastung von 10 oder mehr BaP-Jahren (BK 4113) oder eine Einwirkung von Asbest und/oder PAK mit einer Verursachungswahrscheinlichkeit von mindestens 10 % (BK 4114) vorgelegen hat.

12.2.2 Hat eine Belastung dieses Ausmaßes in keinem Beschäftigungsverhältnis vorgelegen, richtet sich die Zuständigkeit nach dem Unternehmen, in dem zuletzt eine PAK-Belastung < 10 BaP-Jahren (BK 4113) bzw. eine Einwirkung von Asbest und/oder PAK mit einer Verursachungswahrscheinlichkeit < 10 % vorlag (BK 4114).

12.2.3 Ist eine Einwirkung nicht festzustellen, bleibt der erstangegangene UV-Träger für die abschließende Bearbeitung zuständig.

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Mittelstraße 51
10117 Berlin
Telefon: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de