

**Ausgabe August 2015 <sup>1</sup>**

GMBI 2015 S.1066-1083 [Nr. 54] (v. 6.10.2015)

Geändert und ergänzt: GMBI 2016 S. 8-10 [Nr. 1] (v. 27.1.2016)

<b>Technische Regeln für Gefahrstoffe</b>	<b>Teer und andere Pyrolyseprodukte aus organischem Material</b>	<b>TRGS 551</b>
---------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------	-----------------

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder.

Sie werden vom

### **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)**

unter Beteiligung des Ausschusses für Arbeitsmedizin (AfAMed) ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese TRGS konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs Anforderungen der Gefahrstoffverordnung und der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind. Wählt der

---

<sup>1</sup> Hinweis: Anlass für die Überarbeitung der TRGS 551 war die Notwendigkeit einer Anpassung an den aktuellen Stand des Gefahrstoffrechts unter besonderer Berücksichtigung des risikobezogenen Maßnahmenkonzeptes der TRGS 910. Zudem wurden folgende wesentliche Änderungen und Ergänzungen vorgenommen:

- In Nummer 3 erfolgt ein gleitender Verweis auf die REACH-Verordnung. Die Verwendungsbeschränkungen in der bisherigen TRGS 551 sind entbehrlich, da die aufgeführten Pyrolyseprodukte seit vielen Jahren nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen und in der Praxis nicht mehr eingesetzt werden.
- Nummer 4: Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung wurde neu aufgenommen. Die Relevanz der ERB für die Beurteilung der inhalativen Exposition sowie die besondere Bedeutung der Hautresorption wird hervorgehoben.
- In Nummer 5: Anpassung an den aktuellen Stand der Technik und Arbeitshygiene unter besonderer Berücksichtigung der TRGS 401, TRGS 500, TRGS 560 und TRGS 910.
- In Nummer 5.1.4 (bisher Nummer 5.4) wurde das Konzept zur Auswahl geeigneter Atemschutzgeräte auf der Grundlage der Anforderungen der TRGS 910 überarbeitet. Maßstab für die Geräteauswahl ist das Vielfache der Akzeptanzkonzentration. Die Kriterien für die Auswahl geeigneter Schutzkleidung und Schutzhandschuhe wurden präzisiert.
- Nummer 5.1.5 Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen und 5.1.7 Zusammenarbeit verschiedener Firmen wurden neu aufgenommen.
- Die speziellen branchenspezifischen Schutzmaßnahmen in Nummer 5.2 umfassen nun auch Hygienemaßnahmen sowie organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen.
- Nummer 6 Arbeitsmedizinische Prävention wurde neu gefasst.

Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

## **Inhalt**

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Verwendungsverbote
- 4 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung
- 5 Schutzmaßnahmen
- 6 Arbeitsmedizinische Prävention

Literatur

Anlage: Messverfahren

## **1 Anwendungsbereich**

(1) Diese TRGS gilt zum Schutz der Beschäftigten und anderer Personen bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material, die eine Konzentration an Benzo[a]pyren von 50 mg/kg und mehr aufweisen. Dazu gehören insbesondere die unter Absatz 2 bis 6 aufgeführten Produkte und Verfahren.

(2) Technisch hergestellte Pyrolyseprodukte aus organischem Material sind u.a.:

1. Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech aus der Pyrolyse (Verkokung) von Steinkohle,
2. Braunkohlenteer und Braunkohlenteerpech aus der Pyrolyse (Verkokung) von Braunkohle,
3. Pyrolyseöle aus der Pyrolyse von Erdölfraktionen zu Olefinen, Diolefinen, Acetylen und Homologen (Crackverfahren),
4. Pyrolyseöle aus der Pyrolyse von Methan und erdgasähnlichen Produkten,
5. Vergasungsteere aus der Pyrolyse von Kohle und Erdölfraktionen zu Synthesegas,
6. flüssige Produkte aus Verfahren zur Überführung fester organischer Stoffe (z.B. Kohlehydrierung),
7. Kokeröle aus der Verkokung von Erdölfraktionen,
8. Holzteer aus der Pyrolyse von Holz,
9. Pyrolyseöle aus pyrolytischen Recycling-Prozessen von Altreifen und Kunststoffabfällen,
10. technische Ruße aus der Überführung geeigneter petro- und kohlechemischer Rohstoffe.

(3) Einige technisch hergestellte Pyrolyseprodukte werden destillativ in Destillate und Destillationsrückstände aufgetrennt. Die jeweiligen Destillationsrückstände sowie

die Destillate werden (in der Regel nach weiterer physikalischer und/oder chemischer Nachbehandlung) technisch verwendet. Aus den Destillaten werden beispielsweise reine Verbindungen für die chemische Industrie hergestellt (z.B. Benzol, Xylole, Naphthalin, Anthracen, Phenanthren, Pyren, Carbazol); die Destillate finden auch Verwendung zur Herstellung von technischen Rußen für die Gummi- und Druckfarbenherstellung, von Holzschutzmitteln, Heizölen sowie z.B. von Extraktions- und Lösemitteln. Die Destillationsrückstände (Peche) finden Verwendung in der metallurgischen Industrie, z.B. zur Herstellung der Kohlenstoff/Grafitelektroden für die Aluminium- oder Stahlerzeugung.

(4) Peche werden ferner in der Feuerfestindustrie zum Herstellen hitzebeständiger Erzeugnisse, in der Eisen-Hüttenindustrie bei Verwendung besonderer Feuerfestprodukte sowie in der optischen Industrie als Kittmittel bei der Linsenherstellung eingesetzt.

(5) Diese TRGS gilt grundsätzlich ferner für Verfahren, bei denen unter den besonderen Bedingungen des Umgangs aus anderen Stoffen, z.B. im Verlauf einer gewollten chemischen Umsetzung, Pyrolyseprodukte aus organischem Material als Neben- oder Zwischenprodukt unbeabsichtigt erzeugt werden. Hierzu zählen u. a.

1. Gießen von Eisen und Stahl bei Anwesenheit organischer Materialien,
2. Verbrennungsprozesse in Heizungsanlagen mit unvollständiger Verbrennung.

(6) Unbeabsichtigt erzeugte Pyrolyseprodukte aus organischem Material sind enthalten z.B. in gebrauchtem Motorenöl bzw. liegen adsorbiert an Ruß aus Verbrennungsanlagen vor. Insbesondere beim Heizen mit Braun- oder Steinkohle sowie bei der Verbrennung von Holz mit schlechtem Abbrand kann der entstehende Ruß Benzo[a]pyren-Gehalte von mehr als 50 mg/kg aufweisen. Bei Tätigkeiten mit Abgasen von Dieselmotoren gilt die TRGS 554.

(7) Für Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen gilt die TRGS 524. Die TRGS 524 konkretisiert die in § 6 GefStoffV geforderte Informationsermittlung, beschreibt die Methodik zur Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen und stellt Grundanforderungen an die Auswahl der Schutzmaßnahmen. Für Tätigkeiten mit teerhaltigen Materialien bei Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten im Hochbau werden diese Grundanforderungen durch die in Nummer 5.2.5.1 der TRGS 551 aufgeführten Schutzmaßnahmen konkretisiert. Diese TRGS gilt nicht für andere Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen.

## 2 Begriffsbestimmungen

(1) Pyrolyseprodukte aus organischem Material sind Stoffgemische, die bei der Pyrolyse des organischen Materials (Erhitzen unter Sauerstoff-Ausschluss oder unvollständige Verbrennung von organischem Material) entstehen. Diese Stoffgemische enthalten neben niedrig siedenden auch höher siedende bzw. nicht unzersetzt destillierbare organische Verbindungen. In Pyrolyseprodukten aus organischem Material können polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe vergesellschaftet mit Stoffen

aus anderen Substanzklassen wie aromatischen Aminen oder aromatischen Heterocyclen auftreten.

(2) Pyrolyseprodukte aus organischem Material im Sinne dieser TRGS weisen eine Konzentration an Benzo[a]pyren (BaP) von 50 mg/kg und mehr auf.

(3) Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, im folgenden PAK (englisch: polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) abgekürzt, sind kondensierte organische Ringverbindungen.

(4) Technische Ruße sind unter kontrollierten Bedingungen hergestellte Produkte mit jeweils gleichbleibenden physikalischen und chemischen Eigenschaften (hohe Adsorptionskapazität; der mit organischen Lösungsmitteln extrahierbare Anteil beträgt weniger als 0,5 %).

(5) Kaminruße sowie Ruße aus Verbrennungsanlagen entstehen unter nichtdefinierten Bedingungen und haben deshalb variierende physikalische und chemische Eigenschaften (der mit organischen Lösungsmitteln extrahierbare Anteil beträgt mehr als 10 %, nicht selten bis zu 50 %).

(6) Im Übrigen sind in dieser TRGS die Begriffe so verwendet, wie sie im „Begriffsglossar zu den Regelwerken der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), Biostoffverordnung (BiostoffV) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)“ des ABAS, ABS und AGS bestimmt sind.

### **3 Verbote und Beschränkungen**

Verwendungsbeschränkungen für PAK-haltige Stoffe sind europaweit einheitlich in der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH-Verordnung) geregelt. Die Verwendungsbeschränkungen sind dort in Anhang XVII in den Nummern 31 und 50 gelistet.

## **4 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung**

### **4.1 Allgemeines zu den Gesundheitsgefährdungen bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material**

(1) In der TRGS 906 werden Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte krebserzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ausgesetzt sind, die in Pyrolyseprodukten aus organischem Material vorhanden sein können, als krebserzeugend bezeichnet. Hiernach ist es zulässig, als Bezugssubstanz für Pyrolyseprodukte mit krebserzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen den Stoff Benzo[a]pyren (BaP) zu wählen.

(2) BaP ist nach Anhang VI der CLP-Verordnung unter anderem als krebserzeugend (Kategorie 1B), keimzellmutagen (Kategorie 1B) und reproduktionstoxisch (Kategorie 1B) eingestuft.

(3) Gemäß TRGS 905 sind PAK-haltige Gefahrstoffe als krebserzeugend im Sinne des § 2 Absatz 3 der GefStoffV anzusehen, sofern der Massengehalt an BaP gleich oder größer als 0,005 vom Hundert (50 mg/kg) beträgt.

(4) Bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material muss davon ausgegangen werden, dass Beschäftigte polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ausgesetzt sind. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand enthält das hierbei in der Luft am Arbeitsplatz vorkommende komplexe Stoffgemisch krebserzeugende PAK.

(5) Für BaP in Pyrolyseprodukten aus organischem Material (in bestimmten PAK-Gemischen) wurde eine Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) aufgestellt und in der TRGS 910 veröffentlicht. Die TRGS 910 beschreibt eine Akzeptanzkonzentration von 70 ng BaP/m<sup>3</sup> (E) und eine Toleranzkonzentration von 700 ng BaP/m<sup>3</sup> (E). Bei der Festsetzung der Schutzmaßnahmen in dieser TRGS wurde die ERB und das gestufte Maßnahmenkonzept zur Risikominderung der TRGS 910 berücksichtigt.

(6) PAK sind außerdem hautresorptiv und können Hautkrebs erzeugen. Darüber hinaus sind PAK durch UV-Licht sensibilisierende Stoffe (photosensibilisierend) und können daher in Verbindung mit Sonnenlichtexposition zur Überempfindlichkeit der Haut führen.

## **4.2 Allgemeine Anforderungen und Substitutionspflicht**

(1) Der Arbeitgeber hat gemäß § 6 Gefahrstoffverordnung vor Aufnahme der Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und zu dokumentieren. Dazu hat der Arbeitgeber zu ermitteln, ob die Beschäftigten Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material durchführen. Auch Wartungsarbeiten sowie Bedien- und Überwachungstätigkeiten sind zu berücksichtigen, sofern sie zu einer Gefährdung von Beschäftigten durch PAK führen können.

(2) Der Arbeitgeber hat bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material immer eine Ermittlung der Substitutionsmöglichkeiten durchzuführen. Bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material muss eine Substitution immer erfolgen, wenn Alternativen technisch möglich sind und zu einer insgesamt geringeren Gefährdung der Beschäftigten führen. Wenn Pyrolyseprodukte aus organischem Material als Neben- oder Zwischenprodukte unbeabsichtigt erzeugt werden (siehe Nummer 1 Absatz 5), bestehen häufig keine Möglichkeiten zur Substitution.

(3) Die Gefährdungsbeurteilung ist tätigkeitsbezogen von einer fachkundigen Person durchzuführen. Dabei sind insbesondere folgende Punkte zu berücksichtigen

1. Art, Ausmaß und Dauer der dermalen (Hautkontakt) und inhalativen Exposition gegenüber PAK,
2. Arbeitsbedingungen und Verfahren einschließlich der Arbeitsmittel, der Menge der Pyrolyseprodukte und der Prozesstemperatur,

3. erforderliche Schutzmaßnahmen,
4. Festlegungen zur Wirksamkeitsprüfung der ergriffenen oder zu ergreifenden Schutzmaßnahmen.

(4) Die inhalative Exposition gegenüber PAK hat der Arbeitgeber durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Ermittlungsmethoden zu bestimmen. BaP hat sich als Indikatorsubstanz für PAK-Gemische bewährt und wird in Deutschland als Leitkomponente für die Ableitung einer Exposition-Risiko-Beziehung verwendet (siehe Absatz 6). Abhängig von der Gefährdungsbeurteilung können auch andere PAK für die Expositionsbewertung herangezogen werden. In der Regel werden dann die 16 PAK nach US-EPA (United States Environmental Protection Agency) bestimmt. Hier stehen verschiedene Messverfahren zur Verfügung (siehe Anlage 1).

(5) Messergebnisse von vergleichbaren Arbeitsplätzen und Tätigkeiten können, wenn die Messungen nach den Vorgaben der TRGS 402 durchgeführt und protokolliert wurden, zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden.

(6) Für die Beurteilung der inhalativen Exposition gegenüber PAK hat der Arbeitgeber die Exposition-Risiko-Beziehung für BaP heranzuziehen. Ein Vergleich der Expositionshöhe, der die Beschäftigten ausgesetzt sind, mit der Akzeptanz- und Toleranzkonzentration für BaP entscheidet über die Notwendigkeit und Dringlichkeit von Schutzmaßnahmen nach dem risikobezogenen Maßnahmenkonzept der TRGS 910 (§ 10 Absatz 1 GefStoffV).

(7) PAK sind hautresorptive und krebserzeugende Gefahrstoffe. Bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten kann eine hohe Gefährdung durch Hautkontakt im Sinne der TRGS 401 vorliegen. Hautkontakt ist der direkte Kontakt der Haut mit flüssigen oder festen Pyrolyseprodukten einschließlich der Benetzung der Haut mit Spritzern oder der Kontakt mit kontaminierter Arbeitskleidung einschließlich persönlicher Schutzausrüstung oder kontaminierter Arbeitsflächen oder Arbeitsmittel. Zum Hautkontakt zählt auch der Kontakt der Haut mit Dämpfen und Aerosolen (bei Tätigkeiten mit heißen Pyrolyseprodukten). Auch bei kleinflächigem und kurzfristigem Hautkontakt mit PAK liegt gemäß Nummer 4.2.3 der TRGS 401 eine hohe Gefährdung durch Hautkontakt vor.

(8) Als weiterer Expositionspfad ist die mögliche orale Aufnahme von PAK durch unzureichende Hygiene zu beachten.

## **5 Schutzmaßnahmen**

In Nummer 5.1 werden allgemeine Schutzmaßnahmen aufgeführt, die branchenübergreifend bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material zu beachten sind. In Nummer 5.2 werden technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen sowie Hygienemaßnahmen beschrieben, die für spezielle Arbeitsbereiche und Tätigkeiten gelten. Diese speziellen Schutzmaßnahmen konkretisieren und ergänzen die branchenübergreifenden Schutzmaßnahmen. Falls keine speziellen Maßnahmen festgelegt sind, gelten die Bestimmungen der Nummer 5.1. Die Anforderungen der Nummern 5.1.5 bis 5.1.7 gelten branchenübergreifend.

## 5.1 Branchenübergreifende Schutzmaßnahmen

(1) Die nachfolgende Rangfolge der Schutzmaßnahmen ist zu beachten. Hierbei ist das STOP-Prinzip (Substitution, technische Schutzmaßnahmen, organisatorische Schutzmaßnahmen und nachrangig persönliche Schutzausrüstung) zu beachten. Das Arbeitsverfahren ist so zu gestalten, dass PAK nicht frei werden. Sollte das nicht möglich sein, ist die Ausbreitung von PAK zu verhindern. Der Stand der Technik ist zu beachten.

(2) Bei der Festsetzung der Schutzmaßnahmen in dieser TRGS wurde die Exposition-Risiko-Beziehung für Benzo[a]pyren und das risikobezogene Maßnahmenkonzept der TRGS 910 berücksichtigt. Bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material ergibt sich aus der dermalen Aufnahme von PAK in der Regel einen wesentlichen Beitrag zur Exposition am Arbeitsplatz. Zur Beurteilung des Krebsrisikos am Arbeitsplatz und zur Festlegung von Schutzmaßnahmen ist daher die abschließliche Ermittlung der inhalativen Exposition nicht ausreichend.

(3) Da bei Hautkontakt mit PAK-haltigen Gefahrstoffen immer eine hohe Gefährdung durch Hautkontakt vorliegt (siehe Nummer 4.2 Absatz 7), wurden Schutzmaßnahmen zur Verhinderung oder Minimierung des Hautkontaktes in dieser TRGS besonders berücksichtigt und müssen i.d.R. auch dann bereits ergriffen werden, wenn die Akzeptanzkonzentration für BaP unterschritten wird.

### 5.1.1 Branchenübergreifende technische Schutzmaßnahmen

(1) Allgemeine technische Grundsätze für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen werden unter Nummer 4.3 der TRGS 500 beschrieben und durch technische Grundmaßnahmen in Nummer 5.2 der genannten TRGS ergänzt. Für Pyrolyseprodukte aus organischen Materialien sind darüber hinaus insbesondere die ergänzenden technischen Schutzmaßnahmen nach Nummer 6.2 der TRGS 500 zu beachten.

(2) Grundsätzlich hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass die Herstellung und Verwendung von Pyrolyseprodukten aus organischem Material in einem geschlossenen System stattfindet. Die erforderlichen Tätigkeiten, wie Probennahme, Befüllen, Entleeren und Wiegen sind emissionsfrei oder so emissionsarm wie möglich zu gestalten.

(3) Die Beurteilung technisch dichter Anlagenteile kann mit Hilfe von Verfahrenssindices nach Anlage 2 zur TRGS 500 erfolgen. Für ein geschlossenes System muss der Verfahrensindex 0,25 betragen (siehe Nummer 6.2.1 Absatz 4 TRGS 500).

(4) Bei in geschlossenen Systemen integrierten Absaugsystemen müssen austretende Gefahrstoffe wirksam erfasst und gefahrlos abgeführt werden. Vor Abgabe der abgesaugten Luft ins Freie muss sie in einer Abgasreinigungseinrichtung gereinigt werden.

(5) Ist ein geschlossenes System technisch nicht möglich, so müssen für die Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material Schutzmaßnahmen nach den nachfolgenden Absätzen 7 bis 12 getroffen werden.

(6) Maschinen und Geräte sind so auszuwählen und zu betreiben, dass möglichst wenig PAK freigesetzt werden. PAK emittierende Anlagen, Maschinen und Geräte müssen mit einer wirksamen Absaugung versehen sein, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Für die in Nummer 5.2 behandelten Branchen wird dies dort beschrieben.

(7) PAK sind an der Austritts- oder Entstehungsstelle möglichst vollständig zu erfassen und gefahrlos abzuleiten. Die Abluft ist so zu führen oder zu reinigen, dass diese Gefahrstoffe nicht in den Atembereich der Beschäftigten gelangen. Die Rückführung der durch Absaugung erfassten Luft in den Arbeitsbereich ist nur zulässig, sofern PAK und andere krebserzeugende Stoffe in der abgesaugten Luft nur als Schwebstaub enthalten sind und sofern behördlich oder von den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung anerkannte Verfahren oder Geräte eingesetzt werden. Bei der Luftrückführung sind dann Geräte mit einem Abscheidegrad von mehr als 99,995 %, z.B. Staubklasse H, einzusetzen (Nummer 3 Absatz 6 TRGS 560). Wenn dampfförmige krebserzeugende PAK in der abgesaugten Luft vorhanden sind, ist Luftrückführung nicht zulässig.

(8) Ist eine vollständige Erfassung und gefahrlose Entsorgung austretender PAK-haltiger Gefahrstoffe nach dem Stand der Technik nicht möglich, so sind weitere lufttechnische Maßnahmen, wie Arbeitsplatzlüftungen, erforderlich. Soweit technisch möglich sind für die Beschäftigten geschlossene, klimatisierte Bedienungsstände einzurichten (siehe z.B. die Nummern 5.2.1 und 5.2.3). Die dem Bedienungsstand zugeführte Luft kann der Umgebung entnommen werden, wenn sie PAK-haltige Gefahrstoffe nur als Schwebstäube enthält und mit einer Filtereinheit mit einem Abscheidegrad von mehr als 99,995 %, z.B. Staubklasse H, gereinigt wurde.

(9) Maschinen mit geschlossenen Fahrerkabinen müssen mit einem Zuluftfilter zur Reinigung der PAK-belasteten Außenluft ausgestattet sein. Schwebstofffilter in der Frischluftanlage müssen mindestens die Anforderungen der Filtergruppe HEPA, Filterklasse H 13 (siehe DIN EN 1822 in der jeweils gültigen Fassung) erfüllen. Türen und Fenster sind während des Betriebes geschlossen zu halten.

(10) Ablagerungen von PAK-haltigen Stäuben sind unmittelbar nach Auftreten oder in festgelegten Reinigungsintervallen durch Feucht- oder Nassverfahren nach dem Stand der Technik oder durch saugende Verfahren unter Verwendung geprüfter Industriestaubsauger, Entstauber oder Kehrsaugmaschinen der Staubklasse H zu beseitigen.

(11) Die Wirksamkeit der Filteranlagen sowie Absauganlagen und -geräte ist bei der erstmaligen Inbetriebnahme oder bei wesentlichen Veränderungen der Anlage oder des Gerätes unter den Bedingungen einer maximalen Gefahrstoffbelastung nachzuweisen (Nummer 4 Absatz 5 TRGS 560). Mindestens einmal jährlich sind Absauganlagen und -geräte auf ihre Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit zu überprüfen. Über die Instandhaltungsarbeiten und die Prüfung der Funktionsfähigkeit sind schriftliche Aufzeichnungen zu führen und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen (Nummer 4 Absatz 6 TRGS 560).



### 5.1.2 Branchenübergreifende organisatorische Schutzmaßnahmen

- (1) Tätigkeiten mit PAK-haltigen Gefahrstoffen dürfen nur durchgeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass die sicherheitstechnische Ausstattung des Unternehmens für diese Arbeiten vorhanden und geeignet ist. Diese Anforderungen gelten auch bei der Abfallbeseitigung.
- (2) Der Arbeitgeber darf Tätigkeiten mit PAK-haltigen Gefahrstoffen nur von Beschäftigten durchführen lassen, die dafür qualifiziert und in regelmäßigen Abständen über die auftretenden Gefahren besonders unterwiesen und mit den Schutzmaßnahmen sowie dem Verhalten im Notfall vertraut sind.
- (3) Die bei Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie bei Störungsbeseitigungen eingesetzten Personen müssen fachkundig und über mögliche Gefährdungen und Schutzmaßnahmen geschult sein.
- (4) Die Zahl der Beschäftigten in den betroffenen Arbeitsbereichen ist auf das Minimum zu beschränken, das notwendig ist, um die vorgesehenen Arbeiten durchzuführen. Der Arbeitgeber hat tätigkeitsspezifisch eine Optimierung hinsichtlich minimaler Expositionsdauer und minimaler Exponiertenzahl vorzunehmen. Beispielsweise können stärker exponierte Beschäftigte und geringer exponierte Beschäftigte zeitweilig die Arbeitsplätze tauschen.
- (5) Neben den Beschäftigten, die unmittelbar Tätigkeiten mit PAK-haltigen Gefahrstoffen durchführen, sind auch andere Beschäftigte oder andere Personen in die Gefährdungsbeurteilung einzubeziehen, soweit als unmittelbare Folge der Tätigkeit ihre Gesundheit und Sicherheit gefährdet werden kann und ihr Aufenthalt im Gefährdungsbereich unerlässlich ist.
- (6) Arbeitsbereiche, in denen Tätigkeiten mit PAK-haltigen Gefahrstoffen durchgeführt werden, sind von anderen Arbeitsbereichen räumlich abzugrenzen und nur solchen Beschäftigten zugänglich zu machen, die sie zur Ausübung ihrer Arbeit oder zur Durchführung bestimmter Aufgaben betreten müssen. Unbefugten ist das Betreten durch Verbotsschilder „Halt, Zutritt verboten“ entsprechend der Technischen Regel für Arbeitsstätten (ASR) A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ zu verbieten.
- (7) Das Verschleppen PAK-haltiger Gefahrstoffe (z.B. über kontaminierte Kleidung) in unbelastete Bereiche ist durch organisatorische oder hygienische Maßnahmen zu vermeiden. Dazu müssen entsprechende Reinigungsmaßnahmen, -mittel und Reinigungszeiten gemäß TRGS 500 Nummer 4.4.2 Absatz 2 gegeben sein.
- (8) Eine regelmäßige Reinigung aller Räume, Anlagen und Geräte ist zu veranlassen. Die betroffenen Arbeitsbereiche sind – soweit möglich – so zu gestalten, dass ihre Reinigung jederzeit möglich ist. Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass das Reinigungspersonal mit entsprechender persönlicher Schutzausrüstung ausgestattet und entsprechend unterwiesen ist. Dies gilt auch beim Einsatz von Fremdfirmen und Leiharbeitnehmern.

### 5.1.3 Branchenübergreifende Hygienemaßnahmen

(1) Der Arbeitgeber hat getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für die Arbeits- oder Schutzkleidung einerseits und die Straßenkleidung andererseits zur Verfügung zu stellen. Der Kontakt von kontaminierter Arbeits- oder Schutzkleidung mit der Straßenkleidung ist zu vermeiden.

(2) Beschäftigte, die Tätigkeiten mit PAK-haltigen Gefahrstoffen ausführen, dürfen in Arbeitsräumen oder an ihren Arbeitsplätzen im Freien keine Nahrungs- oder Genussmittel zu sich nehmen. Für diese Beschäftigten sind Pausenräume oder Pausenbereiche gemäß ASR A4.2 sowie der TRGS 500 Nummer 5.3.1 einzurichten, in denen sie Nahrungs- oder Genussmittel ohne Beeinträchtigung ihrer Gesundheit durch Gefahrstoffe zu sich nehmen können.

(3) Ist eine Verschmutzung der Kleidung durch PAK-haltige Gefahrstoffe möglich, hat der Arbeitgeber den Beschäftigten Arbeitskleidung zur Verfügung zu stellen. Der Arbeitgeber hat die durch PAK-haltige Gefahrstoffe verunreinigte Arbeitskleidung zu reinigen. Mit PAK-haltigen Gefahrstoffen stark verschmutzte oder durchtränkte Arbeitskleidung ist sofort zu wechseln. Bei Tätigkeiten mit PAK-haltigen Gefahrstoffen ist für jeden Beschäftigten stets eine Ersatzgarnitur der notwendigen Arbeitskleidung bereit zu halten. In der Gefährdungsbeurteilung ist festzulegen, in welchen Zeitabständen die Arbeitskleidung zu reinigen oder ggf. sofort zu wechseln ist.

(4) Mit PAK-haltigen Gefahrstoffen kontaminierte Haut muss schnellstmöglich gereinigt werden. Für die Beschäftigten müssen hierzu Waschgelegenheiten mit fließendem Wasser (möglichst mit temperaturregulierbarem Wasseranschluss) sowie geeignete und möglichst milde Hautreinigungsmittel sowie geeignete Mittel zum Abtrocknen der Hände zur Verfügung stehen. Bei Tätigkeiten mit starker Verschmutzung sind zusätzlich Duscharmöglichkeiten vorzusehen.

(5) Der Arbeitgeber hat zu prüfen, ob ein Hautschutzplan aufzustellen ist, in dem die Hautreinigung und die Hautpflege festgelegt sind. Dabei hat sich der Arbeitgeber durch den Betriebsarzt oder die Betriebsärztin beraten zu lassen. Hautschutzmittel sind gegenüber PAK keine geeignete Schutzmaßnahme (siehe auch TRGS 401 Absatz 6.4.4 Nr. 2).

### 5.1.4 Branchenübergreifende persönliche Schutzmaßnahmen

(1) Wird trotz Ausschöpfung der in Nummer 5.1.1 und Nummer 5.1.2 aufgeführten technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen in der Luft am Arbeitsplatz die Toleranzkonzentration für BaP überschritten, hat der Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeit den Beschäftigten wirksame und hinsichtlich ihrer Trageeigenschaften geeignete Atemschutzgeräte zur Verfügung zu stellen. Diese müssen von den Beschäftigten getragen werden.

(2) Liegen in der Luft am Arbeitsplatz BaP-Konzentrationen als Schichtmittelwert im Bereich zwischen 70 und 700 ng/m<sup>3</sup> vor, hat der Arbeitgeber den Beschäftigten

geeignete Atemschutzgeräte zur Verfügung zu stellen. Sind aufgrund des Arbeitsablaufes Expositionsspitzen vorhersehbar, haben die Beschäftigten die Atemschutzgeräte während der Dauer der erhöhten Exposition zu tragen.

(3) Die Atemschutzgeräte sind entsprechend den Anforderungen der DGUV Regel 112-190 auszuwählen, zu benutzen, zu lagern, zu reinigen und in Stand zu halten. Insbesondere sind die dort angegebenen Tragezeitbegrenzungen zu beachten.

(4) Zum Schutz vor PAK-haltigen Stäuben bzw. Aerosolen sind Filtergeräte mit P2- oder P3-Filter beziehungsweise partikelfiltrierende Halbmasken FFP2 oder FFP3 geeignet. Liegen krebserzeugende PAK in der Atemluft auch dampfförmig vor, sind Kombinationsfilter des Typs AP (z.B. A1P3) erforderlich. Damit ist insbesondere zu rechnen, wenn die emittierten PAK-haltigen Gemische Temperaturen deutlich über 100 °C aufweisen und die Beschäftigten in unmittelbarer Nähe der Emissionsquelle tätig sind (z.B. bei Brennschneidarbeiten an mit Teerpech beschichteten Stahlkonstruktionen). Vorzugsweise ist Atemschutz mit Gebläseunterstützung einzusetzen. Bei Helmen und Hauben mit Gebläseunterstützung entfallen die Tragezeitbegrenzungen gemäß DGUV Regel 112-190.

(5) Bis zu einer BaP-Konzentration von 700 ng/m<sup>3</sup> sind als Atemschutzgeräte

1. partikelfiltrierende Halbmasken FFP2 für kurzfristige Tätigkeiten (z.B. Kontrollgänge),
2. Halbmasken mit P2-Filter für längerfristige Tätigkeiten

geeignet und einzusetzen.

(6) Bis zu einer BaP-Konzentration von 1400 ng/m<sup>3</sup> sind als Atemschutzgeräte Helme oder Hauben mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TH2P geeignet und einzusetzen.

(7) Bis zu einer BaP-Konzentration von 2100 ng/m<sup>3</sup> sind als Atemschutzgeräte

1. partikelfiltrierende Halbmasken FFP3 für kurzfristige Tätigkeiten (z.B. Kontrollgänge),
2. Halbmasken mit P3-Filter für längerfristige Tätigkeiten

geeignet und einzusetzen.

(8) Bis zu einer BaP-Konzentration von 7000 ng/m<sup>3</sup> sind als Atemschutzgeräte

1. Masken mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TM2P,
2. Helme oder Hauben mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TH3P

geeignet und einzusetzen.

(9) Bis zu einer BaP-Konzentration von 28000 ng/m<sup>3</sup> sind als Atemschutzgeräte Vollmasken mit P3-Filter geeignet und einzusetzen.

(10) Die in den Absätzen 5 bis 9 genannten Atemschutzgeräte können auch jeweils durch höherwertige Atemschutzgeräte ersetzt werden.

(11) Bis zu einer BaP-Konzentration von 35000 ng/m<sup>3</sup> (sofern bei Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten unvermeidbar, siehe Nummer 5.2.5) sind als Atemschutzgeräte Masken mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TM3P oder Iso-liergeräte geeignet. Bei BaP-Konzentrationen größer als 35000 ng/m<sup>3</sup> (sofern beim

Strahlen PAK-haltiger Altanstriche unvermeidbar, siehe Nummer 5.2.5.2) sind Isoliergeräte einzusetzen.

(12) Treten bei einer Tätigkeit mehrere Gefahrstoffe gleichzeitig auf, sind Wechsel- oder Kombinationswirkungen der Gefahrstoffe, die Einfluss auf die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten haben, bei der Gefährdungsbeurteilung und der Festlegung von Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen, soweit solche Wirkungen bekannt sind (§ 6 Absatz 6 GefStoffV). Dies gilt auch für nicht stoffbezogene Gefährdungen wie Absturzgefahren oder klimatische Gefährdungen.

(13) Besteht trotz Ausschöpfung der in Nummer 5.1.1 und Nummer 5.1.2 aufgeführten technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen eine Gefährdung durch Haut- oder Augenkontakt mit PAK-haltigen Gefahrstoffen, hat der Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeit den Beschäftigten wirksame und hinsichtlich ihrer Trageeigenschaft geeignete persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen. Als persönliche Schutzausrüstung kommen abhängig von der Gefährdungsbeurteilung insbesondere geeignete Schutzhandschuhe, Schutzbrillen und Schutzkleidung in Betracht. Kriterien für die Auswahl geeigneter persönlicher Schutzausrüstung sind insbesondere Schutz gegen staubgebundene PAK, klimatische Einflüsse, Entflammbarkeit oder mechanische Beanspruchung.

(14) Zum Schutz vor PAK-haltigen Feststoffen (z.B. Staub) sind grundsätzlich Chemikalienschutzhandschuhe nach DIN EN 374 aus Nitril- oder Butylkautschuk geeignet. Hinsichtlich der Eignung von Schutzhandschuhen gegen PAK bei Sanierungsarbeiten wird auf die „Prüfmethode für Handschuhe zum Schutz gegen PAK bei Sanierungsarbeiten“ verwiesen. Konkrete Hinweise auf geeignete Schutzhandschuhe werden in den branchenspezifischen Abschnitten gegeben.

(15) Bei staubförmiger PAK-Belastung ist dichtschießende textile Arbeitskleidung erforderlich. Bei starker Verschmutzung der Arbeitskleidung sind Schutzanzüge, vorzugsweise Einwegschutzanzüge zu benutzen. Zum Schutz vor PAK-haltigen Stäuben geeignet sind Schutzanzüge der Kategorie III, mindestens Typ 5 nach DIN EN ISO 13982-1. Kontaminierte Mehrwegschutzkleidung ist vom Arbeitgeber reinigen zu lassen, kontaminierte Einwegschutzanzüge sind ordnungsgemäß zu entsorgen.

(16) Beschäftigte müssen die bereitgestellte persönliche Schutzausrüstung benutzen, solange eine Gefährdung besteht (§ 7 Absatz 5 GefStoffV).

#### 5.1.5 Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

(1) Als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung sind auch Methoden und Fristen zur Überprüfung der Wirksamkeit bestehender und zu treffender Schutzmaßnahmen festzulegen. Grundsätze hierzu sind umfassend in den Nummern 4.6, 5.5 und 6.5 der TRGS 500 beschrieben.

(2) Der Arbeitgeber hat die Funktion und die Wirksamkeit der technischen Schutzmaßnahmen, z.B. Lüftungs- und Absaugeinrichtungen, regelmäßig zu überprüfen. Für technische Einrichtungen im Geltungsbereich dieser TRGS gilt eine Höchstfrist von einem Jahr (Anhang 1 Nummer 2.3 Absatz 7 GefStoffV). Das Ergeb-

nis der Prüfungen ist aufzuzeichnen und vorzugsweise zusammen mit der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung aufzubewahren (§ 7 Absatz 7 GefStoffV).

(3) Lüftungs- und Absaugeinrichtungen müssen vor ihrer jeweiligen Verwendung durch vom Arbeitgeber unterwiesene Beschäftigte durch Inaugenscheinnahme und durch eine Funktionskontrolle auf offensichtliche Mängel kontrolliert werden (§ 4 Absatz 5 BetrSichV).

(4) Atemschutzgeräte sind vor Gebrauch durch den Gerätträger auf augenscheinliche Mängel zu kontrollieren. Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Instandhaltungsarbeiten und die Prüfung von Atemschutzgeräten nach den Anforderungen der DGUV-Regel 112-190 ausgeführt werden. Schutzhandschuhe und Schutzkleidung sind von den Beschäftigten vor jeder Benutzung durch Sichtprüfung auf ihren ordnungsgemäßen Zustand zu prüfen.

(5) Führt die Wirksamkeitsprüfung zum Ergebnis, dass die getroffenen Schutzmaßnahmen nicht ausreichend sind, so ist die Gefährdungsbeurteilung neu durchzuführen und es sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen.

#### 5.1.6 Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten

(1) Inhalt und Form der Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten sind in § 14 GefStoffV festgelegt und in der TRGS 555 näher erläutert.

(2) Der Arbeitgeber stellt sicher, dass den Beschäftigten vor Aufnahme der Tätigkeit mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material eine arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogene schriftliche Betriebsanweisung zugänglich gemacht wird, die der Gefährdungsbeurteilung Rechnung trägt. Die Betriebsanweisung ist in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache abzufassen und an geeigneter Stelle an der Arbeitsstätte - möglichst in Arbeitsplatznähe - zugänglich zu machen.

(3) Die Betriebsanweisung muss bei jeder maßgeblichen Veränderung der Arbeitsbedingungen aktualisiert werden.

(4) Der Arbeitgeber stellt sicher, dass die Beschäftigten anhand der Betriebsanweisung über alle auftretenden Gefährdungen und entsprechende Schutzmaßnahmen mündlich unterwiesen werden. Teil dieser Unterweisung ist ferner eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung (siehe Nummer 6.2).

(5) Die Unterweisung muss vor Aufnahme der Tätigkeit mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material und danach mindestens einmal jährlich arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogen durchgeführt werden. Sie muss in für die Beschäftigten verständlicher Form und Sprache erfolgen, Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen. Die Unterweisung sollte insbesondere das Verhalten im Gefahrenfall, die Bedeutung der Hygienemaßnahmen (siehe Nummer 5.1.3) und die sachgerechte Nutzung der persönlichen Schutzausrüstung (siehe Nummer 5.1.4) vermitteln. Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass die Träger von Atemschutzgeräten in einer theoretischen Unterweisung und praktischen Übungen unterwiesen werden und sicherzustellen, dass die Beschäftigten die Inhalte der Unterweisung verstanden haben.

(6) Bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material hat der Arbeitgeber sicherzustellen, dass ein aktualisiertes Verzeichnis über die Beschäftigten geführt wird, die Tätigkeiten ausüben, bei denen die Gefährdungsbeurteilung eine Gefährdung der Gesundheit oder der Sicherheit der Beschäftigten ergibt. Die TRGS 410 „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen“ gibt dazu detaillierte Hinweise. Auf die weiteren besonderen Informationspflichten des Arbeitgebers gemäß § 14 Absatz 3 GefStoffV, konkretisiert durch Nummer 6 der TRGS 555 wird hingewiesen.

#### 5.1.7 Zusammenarbeit verschiedener Firmen

(1) Sollen in einem Betrieb Fremdfirmen Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material ausüben, hat der Arbeitgeber als Auftraggeber sicherzustellen, dass die Fremdfirmen vor Beginn der Tätigkeiten über die betriebsspezifischen Gefährdungen durch PAK und die Verhaltensregeln informiert werden.

(2) Die Fremdfirmen haben dafür zu sorgen, dass ihr eigenes Personal über die geltenden Schutzmaßnahmen unterwiesen wird.

(3) Vor dem Beginn von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten oder Bauarbeiten muss der Arbeitgeber Informationen, insbesondere vom Auftraggeber oder Bauherrn, darüber einholen, ob entsprechend der Nutzungs- oder Baugeschichte des Objekts Pyrolyseprodukte aus organischem Material (z.B. Teerprodukte) vorhanden oder zu erwarten sind.

(4) Im Übrigen sind die weiteren Bestimmungen des § 15 GefStoffV zu beachten.

## **5.2 Zusätzliche und besondere Schutzmaßnahmen in speziellen Bereichen**

### **5.2.1 Kokereien**

#### 5.2.1.1 Allgemeines

(1) Koks ist das wichtigste Reduktionsmittel zur Roheisenerzeugung im Hochofen. Unter Luftabschluss wird in Kokereien aus geeigneten Kohlen durch Trockendestillation Koks erzeugt. Nebenprodukte sind Koksgas und flüssige Stoffe wie Teer oder Benzol.

(2) Das Entstehen von krebserzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) wie Benzo[a]pyren (BaP) ist verfahrensbedingt unvermeidbar.

(3) Aggregate zur Kokserzeugung sind Koksöfen, die zu Koksofenbatterien zusammengefasst sind. Die Koksöfen werden in geschlossenem Zustand im Batch-

Verfahren betrieben. Zum Befüllen und Leeren muss der jeweilige Koksofen geöffnet werden. Unvermeidbare Emissionen treten auf

1. beim Öffnen der Türen zum Drücken des Koksens oder
2. beim Öffnen der Fülllöcher und Beschicken der Öfen.

Hinzu kommen diffuse Emissionen u.a. an den Dichtflächen von Türen und an Fülllöchern.

#### 5.2.1.2 Spezielle technische Schutzmaßnahmen

(1) Im Dokument „Best Available Techniques (BAT) Reference Documents for Iron and Steel Production - Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)“ wird die beste verfügbare Technik zur Herstellung von Eisen und Stahl ausführlich beschrieben. Dies gilt auch für Kokereien, die im Kapitel 5 dieses Dokuments behandelt werden. Die Schlussfolgerungen wurden im Dokument „DURCHFÜHRUNGSBESCHLUSS DER KOMMISSION vom 28. Februar 2012 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die Eisen- und Stahlerzeugung“ am 08.03.2012 im Amtsblatt der europäischen Union veröffentlicht.

(2) Es sind insbesondere folgende Maßnahmen durchzuführen: Koksofenkammern sind mit emissionsarmen Chargiersystemen zu befüllen. Aus integrierter Sicht sind die „rauchlose“ Befüllung oder eine fortlaufende Befüllung über Doppelsteigrohre oder Verteilerrohre zu bevorzugen, da in diesem Fall alle Gase und Stäube in die Kokereigasaufbereitung einbezogen werden.

(3) Während der Verkokung soll so viel Kokereigas wie möglich abgesaugt werden. Emissionen sind durch Erreichen einer störungsfreien Koksproduktion mittels folgender Techniken zu reduzieren:

1. Umfassende Überwachung der Prozessführung des Koksofens,
2. Gründliche Wartung der Ofenkammern, Ofentüren und Rahmendichtungen, Steigrohre, Beschickungsöffnungen und sonstiger Einrichtungen (ein regelmäßiges Wartungsprogramm ist von speziell ausgebildeten Wartungstechnikern durchzuführen),
3. Vermeidung größerer Temperaturschwankungen im Koksofen,
4. Reinigung der Türen, Rahmendichtungen, Beschickungsöffnungen, Deckel und Steigrohre nach der Benutzung,
5. Sicherstellung eines ungehinderten Gasstroms im Koksofen,
6. geeignete Druckregelung während der Verkokung und Einsatz von flexiblen Türen mit federbelasteter Dichtung oder Messerkantendichtung (für Öfen, die ≤ 5 m hoch und in einem guten Zustand sind),
7. Nutzung wasserabgedichteter Steigrohre zur Reduzierung der sichtbaren Emissionen aus der gesamten Vorrichtung, die die Koksofenbatterie mit der Hauptgassammelleitung, den Steigrohrkrümmern und den feststehenden Verbindungsrohren verbindet,

8. Abdichtung der Fülllochdeckel mit einer Tonsuspension (oder einem anderen geeigneten Dichtstoff), um gasförmige Emissionen aus den Öffnungen zu vermeiden,
9. Sicherstellung einer vollständigen Verkokung (Vermeidung von Chargen mit „grünem“ Koks) durch den Einsatz rechnergestützter Wärmeleistungsmodelle auf Basis halb- und vollautomatisch erhobener rohstofflicher und thermischer Prozessdaten,
10. Nutzung einer variablen Druckregulierung der Ofenkammern während der Verkokung (anwendbar bei neuen und gegebenenfalls bei bestehenden Anlagen; die Möglichkeit der Einführung dieser Technik in bestehenden Anlagen sollte sorgfältig geprüft werden; sie hängt von der individuellen technischen Situation der Anlage ab).

Zur Minderung der Exposition ist zusätzlich eine Klimatisierung der Bedienungsstände mit ausreichender Filterung (mindestens HEPA, Filterklasse H13, siehe Nummer 5.1.1 Absatz 10) der zugeführten Luft vorzusehen.

#### 5.2.1.3 Spezielle organisatorische Schutzmaßnahmen und Hygienemaßnahmen

Da die Arbeitsplätze in Kokereien Hitzearbeitsplätze sind, muss abweichend von Nummer 5.1.3 Absatz 2 die Getränkeaufnahme am Arbeitsplatz unter Beachtung geeigneter Hygienemaßnahmen ermöglicht werden (z.B. durch Benutzung von Trinkflaschen mit Trinkventil und Trinkventil-Schutzkappe). Dazu sind zusätzliche Erholungsphasen einzuplanen.

#### 5.2.1.4 Spezielle persönliche Schutzmaßnahmen

(1) Im Bereich des Oberofens von Kokereien sind Arbeitsplätze mit unterschiedlichen Benzo[a]pyren-Expositionen vorhanden.

(2) Bei Beschäftigten, die an Arbeitsplätzen im Bereich der Ofendecke tätig sind, ist mit Überschreitungen der Toleranzkonzentration von  $700 \text{ ng/m}^3$  zu rechnen. Diese Beschäftigten müssen als Atemschutzgeräte Helme oder Hauben mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TH3P tragen. Davon ausgenommen sind Tätigkeiten in der Füllwagenkabine. Für kurzfristige Befahrungen der Ofendecke (z.B. Aufsicht, Beheizer, Besucher) sind Halbmasken mit P3-Filter oder partikelfiltrierende Halbmasken FFP3 mit Ausatemventil erforderlich.

(3) Bei den weiteren, nicht im Absatz 2 genannten Personen wird die Toleranzkonzentration von  $700 \text{ ng/m}^3$  i.d.R. unterschritten. Eine dauerhafte Unterschreitung der Akzeptanzkonzentration ist anlagen- und verfahrensbedingt nicht möglich. Diese Beschäftigte müssen mindestens Halbmasken mit P2-Filter oder partikelfiltrierende Halbmasken FFP2 mit Ausatemventil tragen. Die Tragezeitbegrenzungen gemäß DGUV Regel 112-190 sind zu beachten.

(4) Jede Person, die den Bereich des Oberofens von Kokereien betritt, muss für die jeweilige Tätigkeit geeignete persönliche Schutzausrüstungen für Atem- und



Hautschutz gemäß Gefährdungsbeurteilung tragen. Die Wirksamkeit der Schutzausrüstung ist zu belegen.

(5) Wegen der Anforderungen bezüglich Temperaturbeständigkeit sind an Arbeitsplätzen des Oberofens ausschließlich Schutzhandschuhe aus Leder sowie schwer entflammbare Schutzkleidung gemäß der Gefährdungsbeurteilung geeignet.

## **5.2.2 Kohlenstoff- und Elektrographitindustrie**

### **5.2.2.1 Allgemeines**

(1) Für elektrothermische Prozesse zur Erzeugung von z.B. Aluminium oder Elektrostahl werden großformatige Elektroden benötigt, die über eine sehr gute Wärme- und elektrische Leitfähigkeit verfügen. Die Herstellung dieser Elektroden aus Kohlenstoff oder Elektrographit beinhaltet in chronologischer Abfolge die folgenden Produktionsschritte:

1. das Mischen der Trockenstoffe und die Abformung der sog. grünen Elektroden-Formkörper (Grünfertigung, Formgebung),
2. das Brennen (Verkoken) der grünen Formkörper (Brennbetrieb),
3. die Imprägnierung der gebrannten Formkörper (Imprägnierung),
4. das Nachglühen der imprägnierten Formkörper (Nachglüh-/Brennbetrieb),
5. die Graphitierung der nachgeglühten Formkörper (Graphitierung),
6. die maschinelle Oberflächenbearbeitung (Bearbeitung),
7. Verpackung und Versand.

(2) Die Prozessschritte Imprägnierung, Nachglühen und Graphitierung der Formkörper werden bei der Herstellung von Anoden für die Aluminiumindustrie nicht angewandt.

(3) Verfahrens- und produktbedingt ist der Einsatz von Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech als Bindemittel z. Z. unverzichtbar, weil geeignete Ersatzstoffe nicht vorliegen.

(4) Eine Exposition gegenüber krebserzeugenden polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) kann insbesondere in folgenden Arbeitsbereichen auftreten:

1. Grünfertigung, Formgebung,
2. Imprägnierung (nicht bei Anoden zur Aluminiumherstellung).

(5) Im ersten Produktionsschritt (Grünfertigung, Formgebung) wird der Rohstoff Koks gemahlen, gesiebt, fraktioniert und anschließend unter Berücksichtigung produktspezifischer Rezepturen mit flüssigem heißen Steinkohlenteerpech zur sog. grünen Masse vermischt. Deren Verdichtung zu Formkörpern erfolgt in einer geschlos-

senen Elektrodenform. Das verwendete Teerpech wird mittels gasbefeuert oder elektrisch beheizter Thermalölanlagen ständig flüssig gehalten und in einem Rohrleitungssystem mit entsprechenden Vorratssilos umgepumpt.

(6) Durch die Imprägnierung der gebrannten Formkörper mit heißem flüssigem Teerpech in speziellen Druckkesseln (sog. Autoklaven) wird eine Nachverdichtung (Füllen vorhandener Poren) erreicht.

#### 5.2.2.2 Spezielle technische Schutzmaßnahmen

(1) Die Vorlagebehälter, der Mischer sowie die Austragevorrichtungen in der Grünfertigung sind mit Abluftleitungen zu versehen. Die dampf- und staubförmigen Emissionen des flüssigen Steinkohlenteerpechs sind damit zu erfassen und einer Abgasreinigungsanlage (z.B. Regenerative Thermische Oxidationsanlage oder thermische Nachverbrennungsanlage) oder einer geeigneten Trockenstoffadsorption zuzuführen.

(2) Feste Rohstoffe müssen in geschlossenen, abgesaugten und mit Filtern versehenen Transportsystemen zu den ebenfalls geschlossenen Mixchern geleitet werden.

(3) Ebenso sind die Anlagen, in denen die im Mischsystem erzeugten Formmassen im Strangpress- oder im Rüttelverfahren (unter Vakuum) abgeformt werden, an ein Abgasreinigungssystem anzuschließen.

(4) Auch die teerpechhaltige Abluft der Imprägnierung muss einer Abgasreinigungsanlage zugeführt werden.

#### 5.2.2.3 Spezielle organisatorische Schutzmaßnahmen und Hygienemaßnahmen

(1) Es ist ausschließlich Personal einzusetzen, das über die speziellen Gefährdungen seines Arbeitsplatzes geschult wurde.

(2) Tätigkeiten an anlagenbezogenen Computern zur Maschinensteuerung und -überwachung haben in vom Produktionsprozess abgetrennten Räumen zu erfolgen. Die den Räumen zugeführte Luft kann der Umgebung entnommen werden, wenn sie PAK-haltige Gefahrstoffe nur als Schwebstäube enthält und mit einer Filtereinheit mit einem Abscheidegrad von mehr als 99,995 %, z.B. Staubklasse H, gereinigt wurde. Eine Dateneingabe kann gegebenenfalls über Panels im Produktionsbereich erfolgen.

#### 5.2.2.4 Spezielle persönliche Schutzmaßnahmen

(1) In der Grünfertigung und in der Imprägnierung treten in der Regel nur kurzzeitig diffuse Emissionen im Umfeld der Anlagen auf. Die BaP-Spitzenkonzentrationen können aber  $700 \text{ ng/m}^3$  überschreiten. Dies kann z.B. bei Befüll- und Entladevorgängen, bei der Abformung bzw. dem Imprägnieren, bei Anlagenkontrollgängen oder der

Elektrodenvermessung der Fall sein. Bei diesen Tätigkeiten sind mindestens Halbmasken mit P3-Filter oder partikelfiltrierende Halbmasken FFP3 zu tragen.

(2) Bei Instandhaltungs- und Reinigungsvorgängen an Anlagen, an denen dampfförmige BaP-Emissionen nicht ausgeschlossen werden können (z.B. beim Umpumpen von heißem flüssigen Teerpech), sind mindestens Atemschutzmasken mit Kombinationsfiltern des Typs A1P3 zu verwenden. Bei Tätigkeiten von mehr als zwei Stunden pro Schicht sind entsprechende Atemschutzgeräte mit Gebläseunterstützung zu verwenden.

(3) Bei mechanischen Reinigungsarbeiten in Tanks oder Behältern, die erkaltetes Steinkohlenteerpech bzw. Mischungen damit enthalten, müssen Vollmasken mit P3-Filter oder Helme mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TH3P eingesetzt werden.

(4) Geeignete und dichte Schutzkleidung (z.B. Overalls, Korbbrillen oder Visiere, Handschuhe, Stiefel, Überschuhe) zur maximalen Bedeckung der Körperoberfläche und zum Schutz vor Kontakt mit partikelförmigen Teerpechbestandteilen ist bei allen in diesem Abschnitt aufgeführten Tätigkeiten zu tragen. Die Chemikalienschutzkleidung muss der Kategorie III, mindestens Typ 5 (partikeldicht) nach DIN EN 14605 entsprechen.

### **5.2.3 Herstellung von Feuerfestprodukten**

#### **5.2.3.1 Allgemeines**

(1) Die hohen Anforderungen der Stahlindustrie an die feuerfesten Produkte insbesondere bei der Roheisenbehandlung und der Stahlerzeugung können nur durch Steine bzw. Massen mit hohen Kohlenstoffanteilen erfüllt werden. Zur Erzielung der gewünschten Kohlenstoffanteile werden u.a. Pech mit geringen Anteilen von Benz[a]pyren eingesetzt.

(2) Zur Herstellung der Steine kommen, je nach Verwendungszweck bzw. Einsatzort, unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Unterschieden werden Steine mit Pechbindung und anschließendem Tempern sowie mit Pech getränkte gebrannte Steine und die Kombination aus beiden Verfahren.

(3) Bei Steinen mit Pechbindung wird in einem Mischer den mineralischen Bestandteilen als Bindemittel Pech zugemischt. Die Mischung wird anschließend mittels hydraulischer Pressen zu Steinen geformt und im Temperofen wärmebehandelt, dabei wird das Pech verkocht.

(4) Bei getränkten Steinen wird in einem Vakuum-Druckkessel in die offenen Steinporen der gebrannten bzw. getemperten Steine flüssiges Pech gepresst. Anschließend können die Steine noch im Temperofen oder im Brennofen einer Wärmebehandlung unterzogen werden.

(5) Bei der Herstellung feuerfester Massen werden in einem Mischer den mineralischen Bestandteilen Pech zugemischt. Die Massen werden „vor Ort“ in die Aggregate eingebracht und gegebenenfalls verdichtet.

(6) Das Mischen von pechhaltigen Massen als Fertigprodukt bzw. zur Herstellung von Steinen mit Pechbindung erfolgt in verbundenen Systemen (z.B. Mischer mit Absaugung). Das Abfüllen der fertigen Massen geschieht mittels Abfülleinrichtung und Absaugung. Bei der Formgebung auf hydraulischen Pressen treten unvermeidbare Restemissionen an BaP auf.

(7) Das Tränken und die Wärmebehandlung der Steine erfolgt in verbundenen Systemen mit entsprechenden Absaugeinrichtungen. Trotzdem treten speziell beim Tränken mit Pech unvermeidbare geringe Mengen an diffusen Emissionen auf.

(8) Einige Produkte müssen vor der Auslieferung mechanisch nachgearbeitet werden, wobei ebenfalls geringe Emissionen an BaP auftreten können. Generell gilt, dass bei wärmebehandelten Steinen oberhalb ca. 550 °C die BaP-Gehalte deutlich unter 50 mg/kg liegen.

#### 5.2.3.2 Spezielle technische Schutzmaßnahmen

(1) Lagerbehälter und Mischer einschließlich der zugehörigen Förderorgane sind an entsprechende Abluftbehandlungsanlagen anzuschließen. Ebenfalls anzuschließen sind die Verpackungseinrichtungen für fertige Massen.

(2) Abgase aus der Wärmebehandlung müssen in einer Nachverbrennungsanlage gereinigt werden.

(3) Das Tränken der Steine findet in verbundenen Systemen statt, wobei die Abgase einer Abgasbehandlungsanlage zuzuführen sind. Systembedingt ist bei einigen Anlagen das Betreten der Tränkkabine durch das Bedienpersonal in gewissen Abständen erforderlich.

(4) Bei der Bearbeitung getemperter Produkte können je nach Verkokungsgrad BaP-Belastungen an den Arbeitsplätzen auftreten. Diese sind soweit möglich zu erfassen und einer Entstaubungsanlage zuzuführen.

#### 5.2.3.3 Spezielle organisatorische Schutzmaßnahmen und Hygienemaßnahmen

Abweichend von Nummer 5.1.3 Absatz 2 muss bei Hitzearbeit die Getränkeaufnahme am Arbeitsplatz unter Beachtung geeigneter Hygienemaßnahmen ermöglicht werden (z.B. durch Benutzung von Trinkflaschen mit Trinkventil und Trinkventil-Schutzkappe). Dazu sind zusätzliche Erholungsphasen einzuplanen.

#### 5.2.3.4 Spezielle persönliche Schutzmaßnahmen

(1) Eine für alle Anlagenteile geltende dauerhafte Unterschreitung der Toleranzkonzentration ist anlagen- und verfahrensbedingt nicht möglich.

(2) In den nachstehenden Bereichen ist bei Einsatz von BaP-haltigen Pechen mit einer Überschreitung der Toleranzkonzentration von 700 ng/m<sup>3</sup> BaP zu rechnen:

1. Bei der Abreinigung von getränkten Steinen mittels Strahlanlagen. Hier sind je nach zu bearbeitenden Steinformaten Halbmasken mit P3-Filter bzw. Helme oder Hauben mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TH2P zu verwenden.
  2. An den Anlagen bei Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten. Die Atemschutzgeräte müssen entsprechend den am jeweiligen Einsatzort herrschenden BaP-Konzentrationen gemäß Nummer 5.1.4 Absatz 5 bis 11 ausgewählt werden. Dies kann von der Halbmaske mit P3-Filter bis zur Vollmaske mit P3-Filter reichen.
  3. Beim Betreten der Tränkkabine je nach Verfahrensart (entfällt bei sog. „Kalt-Kalt“-Anlagen). Da es in der Kabine auch zu Belastungen durch erhöhte Temperaturen kommt, sind Helme oder Hauben mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TH3P einzusetzen.
- (3) Die Akzeptanzkonzentration von 70 ng/m<sup>3</sup> BaP kann anlagen- und verfahrensbedingt nur in wenigen Teilbereichen der Anlagen (z.B. in Leitständen) eingehalten werden.

## **5.2.4 Verarbeitung von Feuerfestprodukten**

### **5.2.4.1 Allgemeines**

- (1) Die Anforderungen nach den Nummern 5.2.4.4 bis 5.2.4.7 gelten für die Verarbeitung, die Montage und den Abbruch von Feuerfestprodukten, die eine Konzentration an Benzo[a]pyren von 50 mg/kg und mehr aufweisen.
- (2) Die zu verarbeitenden Feuerfestprodukte gibt der Auftraggeber der Feuerfestarbeiten dem Auftragnehmer in der Regel verbindlich vor. Die Hinweise zur Substitutionsprüfung nach Nummer 5.2.4.3 richten sich daher in der Regel an den Auftraggeber.

### **5.2.4.2 Vergabe von Aufträgen**

- (1) Wenn BaP-haltige Feuerfestprodukte verarbeitet werden sollen, hat der Auftraggeber bereits in der Ausschreibung darauf hinzuweisen.
- (2) Sofern ein Auftraggeber für die Ausführung von Feuerfestarbeiten die Verwendung von BaP-haltigen Feuerfestprodukten in Auftrag gibt, hat er der ausführenden Firma das Sicherheitsdatenblatt der verarbeiteten Feuerfestprodukte oder vergleichbare Informationen für die Auswahl der zu ergreifenden Schutzmaßnahmen zur Verfügung zu stellen.

#### 5.2.4.3 Substitutionsprüfung

Es sind BaP-freie Feuerfestprodukte auszuwählen. Sofern dies technisch nicht möglich ist, sind Feuerfestprodukte mit möglichst niedrigen BaP-Gehalten auszuwählen.

#### 5.2.4.4 Spezielle technische Schutzmaßnahmen

(1) Kann das Freiwerden von PAK-haltigen Stäuben nicht verhindert werden (z.B. bei Tätigkeiten mit Stampfmassen oder Abbrucharbeiten), so sind diese an der Austritts- oder Entstehungsstelle möglichst vollständig zu erfassen und gefahrlos zu entsorgen. Die abgesaugte Luft ist so zu führen, dass kein Staub in die Atemluft der Beschäftigten gelangt. Eine Rückführung der abgesaugten Luft in den Arbeitsbereich ist nur dann möglich, wenn dies nach Nummer 5.1.1 Absatz 8 erfolgt.

(2) Wenn nach dem Stand der Technik möglich, sind nur herstellerseitig vorkonfektionierte Feuerfeststeine zu verwenden. Schneidarbeiten sind auf ein Minimum zu reduzieren.

(3) Beim Trockenschneiden von Feuerfeststeinen müssen die Steinsägen mit einer wirksamen Absaugung nach dem Stand der Technik versehen sein. Zur Rückführung der durch Absaugung erfassten Luft in den Arbeitsbereich siehe Nummer 5.1.1 Absatz 8.

(4) Bei Verwendung von Steinsägen, bei denen durch Wasserzuführung eine Staubminderung erreicht werden soll und deren Wasserzuführung im Umlaufverfahren ohne Aufbereitung betrieben wird, ist täglich das Umlaufwasser auszuwechseln.

(5) Staubablagerungen sind durch Feucht- oder Nassverfahren oder mit Industriestaubsaugern der Staubklasse H zu beseitigen.

(6) Beim Einfüllen von Stampfmassen ist die freie Fallhöhe so gering wie möglich zu halten.

#### 5.2.4.5 Spezielle organisatorische Schutzmaßnahmen und Hygienemaßnahmen

(1) Besteht bei Tätigkeiten von Beschäftigten eines Arbeitgebers eine erhöhte Gefährdung von Beschäftigten anderer Arbeitgeber durch PAK, ist durch den Betreiber ein Koordinator zu bestellen.

(2) Abweichend von Nummer 5.1.3 Absatz 2 muss bei Hitzearbeit die Getränkeaufnahme am Arbeitsplatz unter Beachtung geeigneter Hygienemaßnahmen ermöglicht werden (z.B. durch Benutzung von Trinkflaschen mit Trinkventil und Trinkventil-Schutzkappe). Dazu sind zusätzliche Erholungsphasen einzuplanen.

#### 5.2.4.6 Spezielle persönliche Schutzmaßnahmen

(1) Bei allen Tätigkeiten mit PAK-haltigen Feuerfestprodukten sind den Beschäftigten zur Verhinderung von Hautkontakt gegenüber PAK Schutzhandschuhe und Schutzkleidung zur Verfügung zu stellen und von diesen zu tragen. Geeignet sind z.B. Einwegschutanzüge der Kategorie III, mindestens Typ 5 nach DIN EN ISO 13982-1 sowie Schutzhandschuhe aus Nitrilkautschuk.

(2) Beim Schneiden von Feuerfeststeinen, bei Tätigkeiten mit Stampfmassen oder bei Abbrucharbeiten sind trotz Ausschöpfung der in den Nummern 5.2.4.4 und 5.2.4.5 aufgeführten technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen Überschreitungen der Toleranzkonzentration für BaP zu erwarten. In Arbeitsbereichen, in denen diese Tätigkeiten durchgeführt werden, müssen daher Atemschutzgeräte getragen werden. Geeignet und einzusetzen sind

1. Masken mit Gebläse und Partikelfilter TM2P,
2. Helme oder Hauben mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TH3P oder höherwertige Atemschutzgeräte.

### **5.2.5 Tätigkeiten mit teerhaltigen Materialien bei Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten**

#### 5.2.5.1 Tätigkeiten mit teerhaltigen Materialien bei Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten im Hochbau

##### 5.2.5.1.1 Allgemeines

Die nachfolgend beschriebenen Schutzmaßnahmen sind an die Gegebenheiten der jeweiligen Baumaßnahme anzupassen.

##### 5.2.5.1.2 Spezielle technische Schutzmaßnahmen

(1) Arbeitsverfahren sowie Maschinen und Geräte sind nach dem Stand der Technik so auszuwählen, dass möglichst wenig Staub freigesetzt wird.

(2) Staub emittierende Maschinen und Geräte (z.B. Fräsen oder Kugelstrahlmaschinen) müssen mit einer wirksamen Absaugung versehen sein. Die Filter der Absaugung müssen einen Abscheidegrad von mehr als 99,995 %, z.B. Staubklasse H aufweisen.

(3) Beim manuellen Abtragen, Ausbauen und Beseitigen ist das teerhaltige Material, soweit möglich, feucht zu halten.

(4) Durch PAK-haltigen Staub verunreinigte Oberflächen sind unmittelbar nach Auftreten oder in festgelegten Reinigungsintervallen durch feuchtes Abwischen oder durch Absaugen mit Industriestaubsaugern der Staubklasse H zu reinigen. Nachträg-

lich schwer zugängliche oder schwer zu reinigende Gegenstände und Einbauteile (z.B. Heizkörperverkleidungen, Akustikdecken, textile Wandbekleidungen) sind staubdicht abzudecken.

(5) Bei Arbeiten in Innenräumen muss eine technische Lüftung des PAK-belasteten Arbeitsbereichs erfolgen. Die Absaugung sollte möglichst nahe an der Emissionsquelle erfolgen um in diesen Bereichen möglichst hohe lokale Luftwechselraten zu erhalten. Die Luftführung muss so gewählt sein, dass Emissionen aus dem Atembereich des Beschäftigten weggeführt werden. Die Zuluft muss über definierte Zuluftöffnungen so geführt werden, dass eine wirkungsvolle Durchströmung des Arbeitsbereichs gegeben ist. Die Abluft muss so geführt oder gereinigt werden, dass hierbei PAK-haltiger Staub nicht in die Atemluft anderer Beschäftigter gelangt. Zur Rückführung der durch Absaugung erfassten Luft in den Arbeitsbereich siehe Nummer 5.1.1 Absatz 8.

#### 5.2.5.1.3 Spezielle organisatorische Schutzmaßnahmen

(1) Der PAK-belastete Arbeitsbereich (Schwarzbereich) ist vom unbelasteten benachbarten Bereich (Weißbereich) deutlich abzugrenzen und nur solchen Beschäftigten zugänglich zu machen, die ihn zur Ausübung ihrer Arbeit oder zur Durchführung bestimmter Aufgaben betreten müssen. Unbefugten ist das Betreten durch das Verbotsschild „Zutritt für Unbefugte verboten“ entsprechend ASR A 1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ zu verbieten.

(2) Die Zahl der Beschäftigten im Schwarzbereich ist auf das Minimum zu beschränken, das notwendig ist, um die vorgesehenen Arbeiten durchzuführen.

(3) Bei Arbeiten in Innenräumen muss der Schwarzbereich gegenüber dem Weißbereich staubdicht abgetrennt sein (z.B. durch Abkleben von Öffnungen mit Folie).

(4) Bei Arbeiten im Freien ist sicherzustellen, dass Bauwerksöffnungen von Räumen im unmittelbaren Arbeitsbereich geschlossen sind.

(5) Der Arbeitgeber hat eine Schwarz-Weiß-Anlage einzurichten, zu unterhalten und für eine sachgerechte Benutzung durch die Beschäftigten zu sorgen. Die Schwarz-Weiß-Anlage besteht in der Regel aus drei Räumen (Kammern). Der dem unbelasteten Bereich zugewandte Teil dient dem Ablegen, Aufbewahren und späteren Wiederanlegen der Straßenkleidung sowie dem Anlegen der Atemschutzmaske. Der Mittelteil enthält die sanitären Einrichtungen und dient dem Waschen bzw. Duschen sowie dem Ablegen und der Reinigung der Atemschutzmaske. Der dem Schwarzbereich zugewandte Teil dient dem Anlegen und späteren Ablegen der Schutzkleidung und muss sich unmittelbar an den Schwarzbereich anschließen. In der Regel sind die drei Räume der Schwarz-Weiß-Anlage unmittelbar miteinander verbunden. Eine Schwarz-Weiß-Anlage mit nicht unmittelbar miteinander verbundenen Räumen, die an die örtlichen Verhältnisse der Baustelle anzupassen sind, ist zulässig.

(6) Bei Arbeiten im Freien ist es zulässig, die persönliche Schutzausrüstung im Freien abzulegen. Dabei sind zuerst der Einwegschutzanzug und anschließend die



Schutzhandschuhe und die Atemschutzmaske abzulegen. Der dafür vorgesehene Bereich muss außerhalb des Schwarzbereiches eingerichtet werden.

(7) Teerhaltige Materialien und kontaminierte persönliche Schutzausrüstungen sind in festen, staubdichten und gekennzeichneten Behältern (z.B. ausreichend feste Kunststoffsäcke, Big Bags) zu sammeln und zu entsorgen. Schuttrutschen dürfen nicht verwendet werden. Das Umladen darf nur von Hand oder unter Verwendung von Hebezeugen vorgenommen werden; das Material darf nicht geworfen werden. In Innenräumen sind die teerhaltigen Abfälle über eine Materialschleuse aus dem Schwarzbereich zu entfernen. Eine Zwischenlagerung des ausgebrochenen Materials im Schwarzbereich ist zu vermeiden.

(8) Nach Beendigung der Arbeiten muss eine Reinigung des Schwarzbereiches erfolgen. Dazu sind durch teerhaltigen Staub verunreinigte Flächen durch Absaugen mit einem Industriestaubsauger der Staubklasse H oder durch feuchtes Abwischen sorgfältig zu reinigen. Verunreinigte Arbeitsgeräte sind entsprechend zu reinigen.

#### 5.2.5.1.4 Spezielle Hygienemaßnahmen

(1) Im Schwarzbereich dürfen die Beschäftigten keine Nahrungs- oder Genussmittel zu sich nehmen oder aufbewahren. Für die Beschäftigten sind Pausenräume oder Pausenbereiche gemäß ASR A4.2 sowie der TRGS 500 Nummer 5.3.1 einzurichten, in denen sie Nahrungs- oder Genussmittel ohne Beeinträchtigung ihrer Gesundheit zu sich nehmen können. Das Betreten der Pausenbereiche mit kontaminierter persönlicher Schutzausrüstung ist verboten.

(2) Bei jedem Verlassen des Schwarzbereiches sind mindestens die Hände und das Gesicht mit fließendem Wasser und Hautreinigungsmitteln zu reinigen.

(3) Einwegschutzanzüge sind nach dem Verlassen des Schwarzbereiches entsprechend Nummer 5.2.5.1.3 Absatz 7 zu entsorgen.

#### 5.2.5.1.5 Spezielle persönliche Schutzmaßnahmen

(1) Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten wirksame und hinsichtlich ihrer Trageeigenschaft geeignete persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen. Die persönliche Schutzausrüstung muss mindestens die Anforderungen nach den nachfolgenden Absätzen 2 bis 4 erfüllen. Die Beschäftigten müssen die persönliche Schutzausrüstung vor dem Betreten des Schwarzbereiches anlegen.

(2) Die persönliche Schutzausrüstung besteht aus Einwegschutzanzügen der Kategorie III, mindestens Typ 5 nach DIN EN ISO 13982-1 (bei Auftreten von Sprühnebel mindestens Typ 4 nach DIN EN 14605), Chemikalienschutzhandschuhen nach DIN EN 374 aus Nitrilkautschuk sowie aus Atemschutzgeräten, die den Anforderungen nach Absatz 3 genügen müssen.

(3) Trotz Ausschöpfung der in den Nummern 5.2.5.1.2 und 5.2.5.1.3 aufgeführten technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen sind bei den Tätigkeiten Überschreitungen der Toleranzkonzentration für BaP zu erwarten. Bei Tätigkeiten in

Innenräumen muss von sehr hohen BaP-Konzentrationen ausgegangen werden. Geeignet und einzusetzen sind:

1. Bei Tätigkeiten im Freien mit Materialien, die ein geringes Staubfreisetzungspotenzial aufweisen (keine oder nur geringe sichtbare Staubentwicklung, z.B. Entfernen von Teerdachbahnen): Halbmasken mit P3-Filter oder höherwertige Atemschutzgeräte. Für kurzzeitige Tätigkeiten von maximal zwei Stunden pro Schicht können partikelfiltrierende Halbmasken FFP3 benutzt werden.
2. Bei Tätigkeiten im Freien mit Materialien, die ein hohes Staubfreisetzungspotenzial aufweisen (deutlich sichtbare Staubentwicklung, z.B. Entfernen von Teerkork): Helme oder Hauben mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TH3P oder höherwertige Atemschutzgeräte.
3. Bei Tätigkeiten in Innenräumen mit Materialien, die ein geringes Staubfreisetzungspotenzial aufweisen (keine oder nur geringe sichtbare Staubentwicklung, z.B. Entfernen von Teerpappen): Helme oder Hauben mit Gebläse und Partikelfilter der Klasse TH3P oder höherwertige Atemschutzgeräte.
4. Bei Tätigkeiten in Innenräumen mit Materialien, die ein hohes Staubfreisetzungspotenzial aufweisen (deutlich sichtbare Staubentwicklung, z.B. Entfernen von teerhaltigen Klebstoffen, Teerkork): Vollmaske mit Kombinationsfilter A1P3 mit Gebläseunterstützung oder Isoliergeräte.

#### 5.2.5.2 Entfernen PAK-haltiger Beschichtungsstoffe zum Korrosionsschutz

##### 5.2.5.2.1 Allgemeines

(1) 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. Im Stahlwasserbau wurden teerhaltige Beschichtungsstoffe bis Ende der 1990er Jahre verwendet. Bis Anfang der 1980er Jahre waren diese Beschichtungsstoffe teilweise asbesthaltig.

(2) Vor dem Beginn der Entschichtungsarbeiten hat der Arbeitgeber Informationen, insbesondere vom Auftraggeber, darüber einzuholen, ob entsprechend der Nutzungs- oder Baugeschichte des Objekts PAK oder andere Gefahrstoffe, insbesondere Asbest, vorhanden oder zu erwarten sind. Bei der Entfernung asbesthaltiger Beschichtungsstoffe sind die Anhänge I Nummer 2 und II Nummer 1 GefStoffV und die TRGS 519 zu beachten.

##### 5.2.5.2.2 Spezielle technische Schutzmaßnahmen

(1) Für die Entfernung von PAK-haltigen Beschichtungsstoffen mit einer BaP-Konzentration von 50 mg/kg und mehr ist emissionsarmen Verfahren der Vorzug zu geben. Keine inhalativen Expositionen gegenüber PAK sind beim Abbeizen zu erwarten. Abbeizmittel dürfen keine Stoffe wie Dimethylsulfoxid oder N-Methyl-2-pyrrolidon

enthalten, die besonders leicht über die Haut in den Körper aufgenommen werden und die Hautresorption von PAK fördern (Carrier-Substanzen). Geringe Freisetzungen von PAK entstehen beim Rotationshöchstdruckwasserstrahlen mit Absaugung und beim induktiven Entschichten. Beim Strahlen sind generell Wasserzugaben dazu geeignet, Emissionen von PAK zu reduzieren. Nass- bzw. Feuchtstrahlen sowie Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlen ist daher der Vorzug vor Trockenstrahlen zu geben. Auch bei kleinflächigen Entschichtungsarbeiten (Reparaturarbeiten oder Teilerneuerungsarbeiten) ist emissionsarmen Verfahren (z.B. Saugkopfstrahlen) der Vorzug zu geben. Emissionsreiche Verfahren sind insbesondere das Trockenstrahlen, das Abflammen sowie das Entschichten mit Nadelhammer oder Winkelschleifer.

(2) Beim Feucht- und Nassstrahlen sowie beim Druckwasserstrahlen ist eine wasserdichte Boden- bzw. Auffangwanne zu installieren. Der PAK-haltige Strahlschutt muss emissionsarm aufgenommen werden, z.B. mit Saugwagen oder Industriestaubsauger der Staubklasse H.

(3) Der PAK-belastete Arbeitsbereich (Schwarzbereich) muss gegenüber der Umgebung nach dem Stand der Technik staubdicht abgetrennt sein (Abschottung). Die Abschottung muss standsicher sein und der Sogkraft des Unterdrucks und den sonstigen Beanspruchungen standhalten.

(4) Durch eine ausreichend dimensionierte raumluftechnische Anlage mit Abluftfilter (Schwebstofffilter) ist sicherzustellen, dass der Schwarzbereich ausreichend durchlüftet wird. Die Durchlüftung ist ausreichend, wenn im Schwarzbereich ein mindestens achtfacher Luftwechsel (Frischluf) pro Stunde erreicht wird.

(5) Der Schwarzbereich ist nur solchen Beschäftigten zugänglich zu machen, die ihn zur Ausübung ihrer Arbeit oder zur Durchführung bestimmter Aufgaben betreten müssen. Unbefugten ist das Betreten durch das Verbotsschild „Zutritt für Unbefugte verboten“ entsprechend ASR A 1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ zu verbieten.

(6) Bei Entschichtungsarbeiten mit besonders emissionsarmen Verfahren (z.B. Abbeizen, Saugkopfstrahlen) kann auf eine Abschottung und auf Lüftungsmaßnahmen verzichtet werden.

#### 5.2.5.2.3 Spezielle organisatorische Schutzmaßnahmen

(1) Der Schwarzbereich darf nur über eine ausreichend bemessene Personenschleuse (Schwarz-Weiß-Anlage) betreten oder verlassen werden. In der Regel ist ein Mehrkammersystem, bestehend aus mindestens drei Kammern im Baukastensystem oder als Festinstallation im Container vorzusehen. Der dem unbelasteten Bereich zugewandte Teil der Personenschleuse dient dem Ablegen, Aufbewahren und späteren Wiederanlegen der Straßenkleidung sowie dem Anlegen der Atemschutzmaske. Der Mittelteil enthält die sanitären Einrichtungen und dient dem Waschen bzw. Duschen sowie dem Ablegen und der Reinigung der Atemschutzmaske. Der dem Schwarzbereich zugewandte Teil dient dem Anlegen und späteren Ablegen der Schutzkleidung und muss sich unmittelbar an den Schwarzbereich anschließen.

(2) Die Zahl der Beschäftigten im Schwarzbereich ist auf das Minimum zu beschränken, das notwendig ist, um die vorgesehenen Arbeiten durchzuführen.

(3) Atemluftschläuche sind so zu verlegen, dass ein Kontakt mit dem PAK-haltigen Strahlschutt oder Strahlschlamm weitgehend vermieden wird.

(4) Vor der Aufhebung des Schwarzbereiches muss eine Reinigung des gesamten Schwarzbereiches erfolgen. Ablagerungen von PAK-haltigen Stäuben sind durch Feucht- oder Nassverfahren oder durch saugende Verfahren unter Verwendung geprüfter Industriestaubsauger oder Entstauber der Staubklasse H zu beseitigen. Nach diesen Reinigungsarbeiten werden die Flächen durch Augenschein auf ihre Sauberkeit geprüft. Erst dann wird der Schwarzbereich aufgehoben.

#### 5.2.5.2.4 Spezielle Hygienemaßnahmen

(1) Im Schwarzbereich dürfen die Beschäftigten keine Nahrungs- oder Genussmittel zu sich nehmen oder aufbewahren. Für die Beschäftigten sind Pausenräume oder Pausenbereiche gemäß ASR A4.2 sowie der TRGS 500 Nummer 5.3.1 einzurichten, in denen sie Nahrungs- oder Genussmittel ohne Beeinträchtigung ihrer Gesundheit zu sich nehmen können. Das Betreten der Pausenbereiche mit kontaminierter persönlicher Schutzausrüstung ist verboten.

(2) Mehrwegschutzanzüge (z.B. Strahlerschutzanzüge) sind bei Verlassen des Schwarzbereiches zu dekontaminieren. Einwegschutzanzüge sind nach dem Verlassen des Schwarzbereiches entsprechend Nummer 5.2.5.1.3 Absatz 7 zu entsorgen.

(3) Bei jedem Verlassen des Schwarzbereiches sind mindestens die Hände und das Gesicht mit fließendem Wasser und Hautreinigungsmitteln zu reinigen.

#### 5.2.5.2.5 Spezielle persönliche Schutzmaßnahmen

(1) Bei Strahlarbeiten (Trocken-, Feucht- oder Nassstrahlen) sind glatte und reißfeste, einteilige Strahlerschutzanzüge gemäß DIN EN ISO 14877 in Verbindung mit Atemschutzgeräten für Strahlarbeiten (Strahlerschutzgeräte) nach DGUV Regel 112-190 sowie glatte Strahlerschutzhandschuhe zu verwenden. Unter dem Strahlerschutzanzug ist ein Einwegschutzanzug der Kategorie III, Typ 4/5 nach DIN EN 14605/DIN EN ISO 13982-1 zu tragen. Beim Beseitigen des Strahlschutts sind Halbmasken mit P3-Filter (oder höherwertigere Atemschutzgeräte), Chemikalienschutzanzüge der Kategorie III, mindestens Typ 5 nach DIN EN ISO 13982-1 sowie Chemikalienschutzhandschuhe nach DIN EN 374 aus Nitrilkautschuk geeignet.

(2) Beim Hoch- oder Höchstdruckwasserstrahlen ist persönliche Schutzausrüstung erforderlich, die einen ausreichenden Schutz vor Verletzungen durch den Wasserdruck aufweist (siehe Kapitel 2.36 „Arbeiten mit Flüssigkeitsstrahlern“ der DGUV Regel 100-500). Unter dem Schutzanzug, der zum Schutz vor dem Wasserdruck getragen wird, ist ein Einwegschutzanzug der Kategorie III, Typ 4 nach DIN EN 14605 zu tragen, der dem zusätzlichen Schutz vor PAK dient. Als Atemschutzgeräte sind Vollmasken mit A1P3-Filter mit Gebläseunterstützung oder Isoliergeräte zu benutzen.

(3) Beim Saugkopfstrahlen und Rotationshöchst- oder Hochdruckwasserstrahlen mit Absaugung sind Halbmasken mit P3-Filter (oder höherwertigere Atemschutzgeräte), Che-

mikalienschutzanzüge der Kategorie III, mindestens Typ 5 nach DIN EN ISO 13982-1 sowie Schutzhandschuhe aus Nitrilkautschuk geeignet.

(4) Beim induktiven Entschichten (induktives Erwärmen) sind Halbmasken mit A1P3-Filter (oder höherwertigere Atemschutzgeräte), Chemikalienschutzanzüge der Kategorie III, mindestens Typ 5 nach DIN EN ISO 13982-1 sowie Schutzhandschuhe aus Nitrilkautschuk geeignet.

### 5.2.5.3 Ausbau teerhaltiger Straßenbefestigungen

#### 5.2.5.3.1 Allgemeines

(1) Steinkohlenteerpech, Braunkohlenteerpech, Carbobitumen oder sonstige Bindemittel mit einem Gehalt an Benzo[a]pyren von 50 mg/kg (ppm) und mehr dürfen als Bindemittel im Straßenbau nicht verwendet werden. Ausgenommen davon ist die Wiederverwendung von Straßenbelägen, die die o.g. Bindemittel enthalten, sofern die Anforderungen nach den Nummern 5.2.5.3.2 bis 5.2.5.3.4 eingehalten werden.

(2) Bei Baumaßnahmen an alten Straßenbefestigungen ist zunächst durch die zuständige Straßenbauverwaltung zu prüfen, ob Steinkohlenteerpech-, Braunkohlenteerpech- oder Carbobitumen-haltiges Material im Straßenoberbau verwendet wurde. Ein Recycling dieses Materials durch Kaltfräsen oder Ausbau mit Abbruchhammer oder Bagger mit anschließendem kalten Wiedereinbau ist zulässig, sofern die Anforderungen nach den Nummern 5.2.5.3.2 bis 5.2.5.3.4 eingehalten werden.

#### 5.2.5.3.2 Spezielle technische Schutzmaßnahmen

(1) Großfräsen (Fräsbreite > 100 cm) müssen mit einer wirksamen Erfassung und Abscheidung von Staub ausgestattet sein. Dies ist beispielsweise gewährleistet bei Straßenfräsen, die den Empfehlungen der DGUV Information 213-720 entsprechen.

(2) Beim Einsatz von Kleinfräsen ist zu gewährleisten, dass immer genügend Wasser zum Kühlen der Meißel und zur Reduzierung der Staubbelastung zugeführt wird. Ein Trockenfahren ist nicht zulässig.

(3) Werden teerhaltige Straßenbefestigungen durch Aufbrechen ausgebaut, sind Baumaschinen (z.B. Bagger) mit geschlossener Fahrerkabine einzusetzen, die mit einem Schwebstofffilter zur Reinigung der Außenluft ausgestattet sind (dies ist in der Regel bei Kabinen mit Klimaanlage der Fall). Während des Betriebs sind Fenster und Türen geschlossen zu halten. Fahrerkabinen sind regelmäßig zu reinigen.

### 5.2.5.3.3 Spezielle organisatorische Schutzmaßnahmen und Hygienemaßnahmen

(1) Werden teerhaltige Straßenbefestigungen durch Ausbrechen ausgebaut, sind zur Reduzierung der Staubentwicklung die Flächen oder das Aufbruchmaterial mit Wasser zu berieseln.

(2) Am Arbeitsplatz dürfen die Beschäftigten keine Nahrungs- oder Genussmittel zu sich nehmen oder aufbewahren. Für die Beschäftigten sind Pausenräume oder Pausenbereiche gemäß ASR A4.2 sowie der TRGS 500 Nummer 5.3.1 einzurichten, in denen sie Nahrungs- oder Genussmittel ohne Beeinträchtigung ihrer Gesundheit zu sich nehmen können. Das Betreten der Pausenbereiche mit kontaminierter persönlicher Schutzausrüstung ist verboten.

(3) An der Arbeitsstelle müssen mindestens eine Waschgelegenheit und eine Möglichkeit zur getrennten Aufbewahrung für Arbeits- oder Schutzkleidung einerseits und Straßenkleidung andererseits zur Verfügung stehen.

### 5.2.5.3.4 Spezielle persönliche Schutzmaßnahmen

(1) Beschäftigte, die Tätigkeiten beim Aufbrechen teerhaltiger Straßenbefestigungen außerhalb geschlossener Fahrerkabinen ausführen, haben persönliche Schutzausrüstung zu benutzen. Geeignet und zu tragen sind Halbmasken mit P3-Filter (oder höherwertigere Atemschutzgeräte), Einwegschutanzüge der Kategorie III, mindestens Typ 5 nach DIN EN ISO 13982-1 sowie Chemikalienschutzhandschuhe nach DIN EN 374 aus Nitrilkautschuk. Die persönliche Schutzausrüstung darf nicht im PAK-belasteten Arbeitsbereich abgelegt werden. Es ist zuerst der Einwegschutanzug und anschließend die Schutzhandschuhe und die Atemschutzmaske abzulegen.

(2) Auf das Benutzen von persönlicher Schutzausrüstung kann verzichtet werden, wenn Großfräsen gemäß Nummer 5.2.5.3.2 Absatz 1 oder Kleinfräsen gemäß Nummer 5.2.5.3.2 Absatz 2 eingesetzt werden. Wenn Hautkontakt mit teerhaltigem Material nicht ausgeschlossen werden kann (z.B. bei Reinigungs- oder Reparaturarbeiten), sind geeignete Chemikalienschutzhandschuhe nach DIN EN 374, z.B. aus Nitrilkautschuk, zu tragen.

## 6 Arbeitsmedizinische Prävention

### 6.1 Beteiligung des Betriebsarztes an der Gefährdungsbeurteilung

(1) Teer und andere Pyrolyseprodukte aus organischem Material können sich hinsichtlich ihrer Zusammensetzung aus krebserzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen erheblich unterscheiden. Bei der Gefährdungsbeurteilung sind auch Gehalte an aromatischen Aminen mit einer Potenz, Krebserkrankungen der ableitenden Harnwege zu erzeugen, zu berücksichtigen. Weitere praxis-

nahe Informationen dazu sind in den Handlungsanleitungen der berufsgenossenschaftlichen Schriften zu finden. Auch Gemische an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), für die anerkanntermaßen Benzo[a]pyren (BaP) als Leitkomponente herangezogen werden kann, differieren in ihrem krebserzeugenden Potenzial. Hinzukommt, dass neben der inhalativen Aufnahmewege auch andere Aufnahmepfade eine ganz wesentliche Rolle spielen. Ganz im Vordergrund steht die Hautresorption. Inhalative Aufnahme und Hautresorption werden ganz entscheidend von den Verhältnissen am Arbeitsplatz beeinflusst. Hierzu gehört die Schwere der Arbeit, die Umgebungstemperatur aber auch z.B. der Zustand der Haut. So können Hautschädigungen die Aufnahme von Aromaten verändern. Bei komplexen Expositionssituationen ist die Hinzuziehung arbeitsmedizinischen Sachverständigen für die Gefährdungsbeurteilung unerlässlich. Hinzugezogen werden sollte in aller Regel der Betriebsarzt, ggf. auch der Arzt nach § 7 der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV).

(2) Bei der Gefährdungsbeurteilung ist auch zu entscheiden, ob es sich um Expositionsbedingungen handelt, die zu einer Pflicht- oder einer Angebotsvorsorge führen. Nach Anhang Teil 1 Absatz 1 der ArbMedVV hat der Arbeitgeber bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material eine Pflichtvorsorge für die Beschäftigten zu veranlassen, wenn eine wiederholte inhalative Exposition nicht ausgeschlossen werden kann. Bei den PAK ist darüber hinaus grundsätzlich eine Hautresorption zu unterstellen. Nach der betriebsbezogenen Untersuchung von R. Preuss et al. ist die Aufnahme über die Haut in der betrieblichen Realität ein wesentlicher Pfad für die innere Belastung durch PAK. Bei einer Exposition sind damit in der Regel die Bedingungen des Anhangs Teil 1 Absatz 1 der ArbMedVV erfüllt, wonach eine Pflichtvorsorge dann erforderlich wird, wenn die genannten Gefahrstoffe hautresorptiv sind und eine Gesundheitsgefährdung durch Hautkontakt nicht ausgeschlossen werden kann (weitere praxisnahe Informationen dazu sind in den Handlungsanleitungen der berufsgenossenschaftlichen Schriften zu finden). Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung wäre ggf. nachzuweisen, dass diese Situation nicht zutrifft.

## **6.2 Allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung**

(1) Der Arbeitgeber hat bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung der Beschäftigten sicherzustellen. Diese Beratung, die im Rahmen der Unterweisung erfolgen soll, ist zu unterscheiden von der individuellen Beratung, die Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorge ist.

(2) Die Durchführung einer arbeitsmedizinisch-toxikologischen Beratung durch den Betriebsarzt, ggf. den Arzt nach § 7 ArbMedVV, ist erforderlich. Im Rahmen dieser Beratung ist die Exposition-Risiko-Beziehung für Benzo[a]pyren (siehe Nummer 4.1 Absatz 4) als eine Komponente der PAK am Arbeitsplatz in verständlicher Form darzustellen. Den Beschäftigten ist die Bedeutung des zusätzlichen Krebsrisikos, das mit dem Umgang mit PAK (Toleranz- und Akzeptanzwert) verbunden ist, darzulegen. Es handelt sich um sensible Sachverhalte, die der ärztlichen Vermittlung bedürfen. Neben der individuellen Beratung zu persönlichem Risikoverhalten im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge sollte bei der allgemeinen Beratung auch die Risikohöherung durch andere Faktoren wie Tabakrauch dargestellt werden.

(3) Die Beschäftigten sind darüber zu informieren, dass Erkrankungen durch PAK unter bestimmten Bedingungen als Berufskrankheit anerkannt werden können. Als allgemeine Information mit (abnehmender) praktischer Bedeutung soll auch über das Zusammenwirken von Asbest und PAK als Grundlage für die Anerkennung einer Berufskrankheit unterrichtet werden. Konkret spielen die Berufskrankheitennummern 4110 „Bösartige Neubildungen der Atemwege und der Lungen durch Kokereirohgas“, 4113 „Lungenkrebs durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis von mindestens 100 BaP-Jahren“ und 4114 „Lungenkrebs durch das Zusammenwirken von Asbestfaserstaub und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Dosis, die zu einer Verursachungswahrscheinlichkeit von mindestens 50 Prozent nach der Anlage 2 entspricht“ eine Rolle.

(4) Zu erläutern ist die arbeitsmedizinische Vorsorge sowie die Nutzung von anonymisierten Erkenntnissen aus diesen Untersuchungen für die Fortschreibung der Gefährdungsbeurteilung und sonstige Maßnahmen des Arbeitsschutzes, weil diese einen wesentlichen Beitrag zur Erfassung der Belastung der Beschäftigten leisten.

(5) Wenn sich aus der Gefährdungsbeurteilung die Situation ergeben hat, dass eine Angebotsvorsorge erforderlich ist, sollen die Beschäftigten ärztlich auf die Bedeutung dieser arbeitsmedizinischen Vorsorge für ihren individuellen Gesundheitsschutz und die Möglichkeiten des Biomonitorings hingewiesen werden.

### **6.3 Arbeitsmedizinische Vorsorge**

(1) Arbeitsmedizinische Vorsorge richtet sich nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) und den dazu veröffentlichten Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR).

(2) Arbeitsmedizinische Vorsorge dient der Beurteilung der individuellen Wechselwirkungen von Arbeit und physischer und psychischer Gesundheit und der Früherkennung arbeitsbedingter Gesundheitsstörungen sowie der Feststellung, ob bei Ausübung einer bestimmten Tätigkeit eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung besteht (§ 2 Absatz 1 Nummer 2 ArbMedVV). Dabei steht die Aufklärung und Beratung der Beschäftigten zur Tätigkeit mit Teer und anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material und den sich daraus ergebenden Gefährdungen für ihre Gesundheit im Vordergrund. Wenn körperliche oder klinische Untersuchungen aus Sicht des Arztes für die Aufklärung und Beratung nicht erforderlich sind oder vom Beschäftigten abgelehnt werden, kann sich die arbeitsmedizinische Vorsorge auf ein Beratungsgespräch beschränken. Mit Einverständnis des Beschäftigten können im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge die Möglichkeiten des Biomonitorings genutzt werden. Dabei können die Blutkonzentrationen oder die Ausscheidung von Metaboliten für ein biologisches Monitoring der Belastung mit PAH oder aromatischen Aminen herangezogen werden. Zu berücksichtigen sind dabei die Äquivalenzwerte für die Toleranz- und Akzeptanzkonzentration für BaP. Zur Früherkennung von Blasenkrebserkrankungen werden derzeit zytologische Untersuchungen empfohlen, weil Urintests keine hinreichend sicheren Ergebnisse erzeugen.



(3) Arbeitsmedizinische Vorsorge ist für die betroffenen Beschäftigten nach § 4 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 1 Absatz 1 Nummer 1 Buchstabe b und/oder c ArbMedVV durch den Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeit und danach in regelmäßigen Abständen (vgl. AMR 2.1) zu veranlassen (Pflichtvorsorge), wenn am Arbeitsplatz eine wiederholte Exposition gegenüber Teer oder anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material (polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen im Sinne der ArbMedVV) nicht ausgeschlossen werden kann (Die Tätigkeiten mit Teer und anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material werden als krebserzeugende Tätigkeiten oder Verfahren Kategorie 1A im Sinne der Gefahrstoffverordnung bezeichnet.) und/oder eine Gesundheitsgefährdung durch Hautkontakt nicht ausgeschlossen werden kann (Teer und andere Pyrolyseprodukten aus organischem Material sind hautresorptiv). Der Arbeitgeber darf die Tätigkeit durch die betroffenen Beschäftigten nur ausüben lassen, wenn sie zuvor an der Pflichtvorsorge teilgenommen haben (§ 4 Absatz 2 ArbMedVV).

(4) Arbeitsmedizinische Vorsorge ist den betroffenen Beschäftigten nach § 5 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 1 Absatz 2 Nummer 1 ArbMedVV durch den Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeit und danach in regelmäßigen Abständen (vgl. AMR 2.1) anzubieten (Angebotsvorsorge), wenn er keine Pflichtvorsorge zu veranlassen hat und eine Exposition gegenüber Teer und anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material (polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen im Sinne der ArbMedVV) nicht ausgeschlossen werden kann. Das Ausschlagen eines Angebots entbindet den Arbeitgeber nicht von der Verpflichtung, weiter regelmäßig Angebotsvorsorge anzubieten. Die AMR 5.1 zeigt einen Weg der Angebotsunterbreitung auf.

(5) Neben der Tätigkeit mit Teer oder anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material können sich in Abhängigkeit von der Gefährdungsbeurteilung weitere Anlässe für Pflicht- oder Angebotsvorsorge gemäß Anhang der ArbMedVV ergeben (z.B bei Tätigkeiten, die das Tragen von Atemschutzgeräten erfordern). Sofern die betroffenen Beschäftigten Atemschutzgeräte tragen müssen, soll die Pflicht- bzw. Angebotsvorsorge hierfür (Anhang Teil 4 Absatz 1 Nummer 1 bzw. Absatz 2 Nummer 2 ArbMedVV) mit jener wegen Teer oder anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material kombiniert werden. Die Benutzung von Atemschutzgeräten befreit nicht von den zuvor genannten Verpflichtungen zur arbeitsmedizinischen Vorsorge bei Tätigkeiten mit Teer oder anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material.

(6) Nach Beendigung der Tätigkeit mit Exposition gegenüber Teer oder anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material hat der Arbeitgeber betroffenen Beschäftigten nach § 5 Absatz 3 Satz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 1 Absatz 3 Nummer 1 ArbMedVV in regelmäßigen Abständen (vgl. AMR 2.1) nachgehende Vorsorge anzubieten (Die Tätigkeiten mit Teer oder anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material werden als krebserzeugende Tätigkeiten oder Verfahren Kategorie 1A im Sinne der Gefahrstoffverordnung bezeichnet.). Das Angebot zur arbeitsmedizinischen Vorsorge dient dann der Früherkennung von Erkrankungen. Gesundheitsstörungen durch Exposition gegenüber Teer und anderen Pyrolyseprodukten aus organischem Material (Krebs der Lunge, Harnblase und Haut) sind insbesondere nach längeren Latenzzeiten zu erwarten. Das Ausschlagen eines Angebots entbindet den Arbeitgeber nicht von der Verpflichtung, weiter regelmäßig Angebotsvorsorge in

Form nachgehender Vorsorge anzubieten. Die AMR 5.1 zeigt einen Weg der Angebotsunterbreitung auf. Sofern die Beschäftigten eingewilligt haben, überträgt der Arbeitgeber am Ende des Beschäftigungsverhältnisses die Verpflichtung zum Angebot der nachgehenden Vorsorge an den zuständigen gesetzlichen Unfallversicherungsträger und überlässt diesem die erforderlichen Unterlagen in Kopie (vgl. § 5 Absatz 3 Satz 2 ArbMedVV).

(7) Der Arzt hält nach § 6 Absatz 3 ArbMedVV das Ergebnis und die Befunde der arbeitsmedizinischen Vorsorge einschließlich einer ggf. durchgeführten Untersuchung schriftlich fest und berät den Beschäftigten darüber. Auf Wunsch des Beschäftigten, stellt er diesem das Ergebnis der Vorsorge zur Verfügung. Der Arzt stellt dem Beschäftigten und dem Arbeitgeber eine Bescheinigung über die durchgeführte arbeitsmedizinische Vorsorge aus. Die Bescheinigung enthält Angaben über den Zeitpunkt und den Anlass des aktuellen Vorsorgetermins sowie die Angabe, wann aus ärztlicher Sicht weitere arbeitsmedizinische Vorsorge angezeigt ist (vgl. AMR 6.3) Diese Bescheinigung enthält weder Diagnosen oder andere Informationen über den Gesundheitszustand des Beschäftigten noch eine medizinische Beurteilung zur Eignung für bestimmte Tätigkeiten.

(8) Der Arbeitgeber hat über die durchgeführte arbeitsmedizinische Vorsorge eine Vorsorgekartei zu führen mit Angaben darüber, wann und aus welchen Anlässen diese für jeden Beschäftigten stattgefunden hat (§ 3 Absatz 4 ArbMedVV).

(9) Der Arzt wertet die Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge aus (§ 6 Absatz 4 ArbMedVV). Ergeben sich Anhaltspunkte dafür, dass die Maßnahmen des Arbeitsschutzes nicht ausreichend sind, so hat der Arzt dies dem Arbeitgeber mitzuteilen und ihm (ergänzende) Schutzmaßnahmen für exponierte Beschäftigte vorzuschlagen. Hält der Arzt aus medizinischen Gründen, die ausschließlich in der Person des Beschäftigten liegen, einen Tätigkeitswechsel für erforderlich, so bedarf die Mitteilung darüber an den Arbeitgeber der Einwilligung des Beschäftigten. Konkretisierungen enthält die AMR 6.4. Der Arbeitgeber hat als Folge eines solchen Vorschlags vonseiten des Arztes nach § 8 Absatz 1 ArbMedVV die Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen und unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu treffen. Wird ein Tätigkeitswechsel vorgeschlagen, so hat der Arbeitgeber nach Maßgabe der dienst- und arbeitsrechtlichen Regelungen dem oder der Beschäftigten eine andere Tätigkeit zuzuweisen. Dem Betriebs- oder Personalrat und der zuständigen Behörde sind die getroffenen Maßnahmen mitzuteilen (§ 8 Absatz 2 ArbMedVV).

## Literatur

Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz)

Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH-Verordnung)

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP-Verordnung)

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)

Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

TRGS 400 Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

TRGS 401 Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen

TRGS 402 Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition

TRGS 500 Schutzmaßnahmen

TRGS 519 Asbest: Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten

TRGS 524 Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen

TRGS 554 Abgase von Dieselmotoren

TRGS 555 Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten

TRGS 560 Luftrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben

TRGS 905 Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe

TRGS 906 Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten und Verfahren nach § 2 Abs. 3 Nr. 3 GefStoffV

TRGS 910 Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen

DGUV Regel 109-002 Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen

DGUV Regel 112-189 Benutzung von Schutzkleidung

DGUV Regel 112-190 Benutzung von Atemschutzgeräten

DGUV Regel 100-500 Betreiben von Arbeitsmitteln

DGUV Information 213-720 BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung Einsatz von Straßenfräsen mit Absauganlagen – Fräsen von Asphaltbelägen

DIN EN 1822 „Schwebstofffilter (EPA, HEPA, ULPA)“

Environmental Protection Agency (EPA) of the United States of America: Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Compendium Method TO-13A, EPA, Cincinnati, OH, USA (1999)

Oppl, R.: Prüfmethode für Handschuhe zum Schutz gegen PAK bei Sanierungsarbeiten. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: For-

schungsbericht, Fb 990. Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven (2003)

R. Preuss et al., Eine deutschlandweite Studie zur inneren und äußeren Exposition gegenüber polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) am Arbeitsplatz, Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 63 (2003), S. 7 ff.

## Anlage zu TRGS 551: Messverfahren

Zur quantitativen Bestimmung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) stehen eine Reihe von Verfahren zur Verfügung. Im Folgenden wird eine kurze Übersicht über diese Verfahren gegeben. Dabei entsprechen nicht mehr alle erwähnten Verfahren dem Stand der Technik. Für die differenzierende Bestimmung einzelner PAK werden heute überwiegend hochauflösende Trennverfahren wie die Gaschromatographie (GC) oder die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) mit entsprechenden Detektoren (FID, ECD, UV/DAD, Fluoreszenz) verwendet.

Damit eröffnet sich die Möglichkeit nicht nur BaP sondern weitere PAK in einem Analysenlauf zu bestimmen. Häufig werden die 16 PAK nach US-EPA (United States Environmental Protection Agency) [1] und zusätzlich Benzo[e]pyren in einem Lauf 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, so dass 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].

Außerhalb der Bundesrepublik Deutschland (insbesondere in den USA und Kanada) erfolgt die Beurteilung der PAK-Exposition durch die Bestimmung des CTPV (coal tar pitch volatiles). Das einfache gravimetrische Verfahren erfasst neben den PAK alle in Benzol oder Cyclohexan löslichen Anteile der einatembaren Staubfraktion [4, 5].

### 1 Messung von PAK in der Luft

#### 1.1 Probenahmeverfahren

Für die Probenahme von BaP kommen vorwiegend Teflonfilter und teflonisierte Glasfaserfilter zum Einsatz [6, 7, 8, 9]. 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 erfassen. Das macht vor allen Dingen vor dem Hintergrund der niedrigen Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) für BaP in Pyrolyseprodukten aus organischem Material (in bestimmten PAK-Gemischen) von nur 700 ng/m<sup>3</sup> (Toleranzkonzentration gemäß TRGS 910) Sinn, da bei der Probenahme höhere Flussraten und damit auch niedrigere Bestimmungsgrenzen möglich sind.

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 [10, 11], war störanfällig und schwierig zu handhaben. Deshalb wird nun überwiegend Porapak PS oder XAD-2 als festes Adsorptionsmittel eingesetzt [12, 7, 8, 9]. 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 EN 481 erfüllen. In Deutschland sind hingegen Probenahmesysteme gebräuchlich, die im Bereich geringer und mittlerer Umgebungsluftgeschwindigkeiten der EN 481 gehorchen. Notø [13] 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 vom Institut für Arbeitsschutz durchgeführt wurden, 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 nicht eine Umrechnung bestehender Messwerte rechtfertigen könnten.

## **1.2 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 mit Hilfe eines chromatographischen Analysenverfahrens bestimmt. Heute haben sich je nach Aufgabenstellung GC-MS-Verfahren oder HPLC-Verfahren mit verschiedenen Detektoren durchgesetzt [14, 15].

### **1.2.1 Extraktion**

Die Soxhlet-Extraktion ist die gängigste Methode, wobei als Lösemittel Cyclohexan, Toluol, Acetonitril oder Dichlormethan in Betracht kommen [16, 12, 6, 4]. 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 [17, 7, 8, 9]. Neben der klassischen Soxhlet-Extraktion werden auch zunehmend neuere Verfahren der Extraktion mit superkritischen Fluiden (SFE) wie z.B. Kohlendioxid verwendet [18].

### **1.2.2 Probenaufarbeitung**

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 Kieselgel-Säule oder eine Sephadex LH 20-Säule angewandt [19, 12, 6]. 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 [12, 11, 10, 6]. Bei allen Aufarbeitungsschritten ist die Wiederfindungsrate zu bestimmen.

### 1.2.3 Dünnschichtchromatographie (DC, TLC)

Die Probe wird auf einer Celluloseacetat-Platte mit verschiedenen Laufmitteln zweidimensional getrennt [20, 6]. BaP wird fluoreszenzspektroskopisch entweder direkt mit einem Scanner oder nach Extraktion des abgeschabten Fleckes bestimmt. Die Bestimmungsgrenzen betragen bei der direkten Bestimmung ca. 1 ng/m<sup>3\*</sup>) und bei der Bestimmung nach Extraktion des Fleckes ca. 10 ng/m<sup>3\*</sup>) [6]. Der Vorteil des dünn-schichtchromatographischen 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.

### 1.2.4 Gaschromatographie (GC)

Die Probe wird auf einer Kapillarsäule mit einem Temperaturprogramm getrennt [21, 16, 9, 6]. BaP und andere PAK werden mit einem Flammenionisationsdetektor bestimmt. Die Bestimmungsgrenze für BaP beträgt ca. 20 ng/m<sup>3\*\*</sup>). In den letzten Jahren hat sich zunehmend das Massenspektrometer als Detektor durchgesetzt. Dieser kann in Abhängigkeit vom Detektionsmodus nachweisstärker als ein Flammenionisationsdetektor sein, wodurch sich die Nachweisgrenze nochmals erniedrigen lässt [16]. Der Vorteil des gaschromatographischen 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 aufwändige Probenaufarbeitung erforderlich ist.

### 1.2.5 Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)

Die Probe wird auf einer Reversed-Phase-Säule isokratisch oder mit einem Gradientenprogramm getrennt [22, 8, 6]. BaP und andere PAK werden mit einem UV- oder Diodenarraydetektor bestimmt. Mit einem Diodenarraydetektor lässt sich eine Reinheitskontrolle der Peaks mit Hilfe der Darstellung der UV-Spektren durchführen [23]. Die Bestimmungsgrenze für BaP beträgt ca. 30 ng/m<sup>3\*\*</sup>). Wird statt des UV- oder Diodenarraydetektors ein Fluoreszenzdetektor eingesetzt, so kann die Bestimmungsgrenze deutlich erniedrigt werden [22, 17]. Dann lässt sich unter den genannten Bedingungen für BaP eine Bestimmungsgrenze von ca. 3 ng/m<sup>3</sup> erreichen. Hier-

---

\*) Die Bestimmungsgrenzen beziehen sich auf eine zweistündige Probenahme mit dem stationären Staubsammelgerät VC 25 G; bei einer Ansaugrate von 22,5 m<sup>3</sup>/h entspricht dies einem Probeluftvolumen von 45 m<sup>3</sup>. Das Gerät erlaubt keine personengetragenen Messungen und wird heute kaum noch eingesetzt.

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

bei wird allerdings bei vielen Proben eine aufwändigere Vorreinigung notwendig. Der Vorteil des hochleistungsflüssigkeitschromatographischen Verfahrens liegt darin, dass bei Verwendung eines UV- oder Diodenarraydetektors in der Regel eine aufwändige Aufarbeitung der Proben nicht erforderlich ist. Der Nachteil des HPLC-Verfahrens besteht darin, dass die hohe Spezifität der Gaschromatographie nur durch den Einsatz verschiedener Trennsäulen erreicht werden kann.

## **2 Messung von PAK in Materialproben**

Auch für die Bestimmung von PAK in Materialien gibt es eine Reihe von Verfahren. Im Folgenden ist beispielhaft eine Vorgehensweise beschrieben, wie sie bei der Analyse von PAK in Kunststoffen Anwendung findet. Diese Methode ist auch für andere Materialien geeignet und lehnt sich eng an eine Vorschrift des Ausschusses für Produktsicherheit (AfPS) zur GS-Spezifikation [24].

### **2.1 Probenaufbereitung**

Mit einem geeigneten Werkzeug wird eine repräsentative Teilprobe entnommen und anschließend in maximal 2 - 3 mm große Stücke zerkleinert. Davon wird eine geringe Menge eingewogen und mit Toluol oder Dichlormethan 1 h bei 50 °C–60 °C im Ultraschallbad extrahiert. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird kurz aufgeschüttelt und aus dem Extrakt ein Aliquot entnommen. Ob dieses direkt, nach Verdünnung mit Toluol oder nach Einengung im Rotationsverdampfer und Aufnahme in einem Acetonitril/Methanol-Gemisch vermessen werden muss, hängt von der nachfolgenden Analytik ab.

Werden Matrixeffekte beobachtet, können säulenchromatographische Reinigungsschritte (z.B. SPE-Polypropylensäulen mit speziellen Kombinationsphasen (CN/SiOH) zur Anreicherung von PAK) durchgeführt werden.

### **2.2 Analysenverfahren**

Die Quantifizierung kann mittels Gaschromatographie mit massenspezifischem Detektor (GC-MSD) im SIM-Modus erfolgen. Eine andere Möglichkeit ist die Bestimmung mittels HPLC mit Diodenarray- und/oder Fluoreszenzdetektor. Die Geräteparameter (Säule, Laufmittel, Säulentemperatur) müssen an die Analyten angepasst werden.

### **2.3 Bestimmungsgrenze**

Die Bestimmungsgrenze sollte mindestens 0,2 mg BaP/kg betragen.

### **2.4 Beprobung von potenziell teerhaltigen Baumaterialien im Zuge von Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten**

Bei der Beprobung von potenziell teerhaltigen Baumaterialien muss darauf geachtet werden, dass der gesamte Aufbau der Bausubstanz (z.B. Decken, Böden oder Wände) erfasst wird. Bei einer Teilbeprobung besteht die Gefahr, verdeckte oder tiefer liegende teerhaltige Materialien zu übersehen. Teerhaltige Materialien sind getrennt von anderen Baustoffen (z.B. Mauerwerk, Estrich oder Holzbaustoffen) zu untersuchen.



chen. Teerhaltige Materialien, die sich nicht exakt vom Untergrund abtrennen lassen (z.B. Kleber oder Anstriche, die unmittelbar auf Beton oder Mauerwerk aufgebracht wurden), sind mit der verbundenen Schicht des Untergrundes bis zu einer Schichtdicke von maximal 2 cm zu untersuchen [25].

### Literatur zur Anlage zu TRGS 551

[1] Environmental Protection Agency (EPA) of the United States of America: Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Compendium Method TO-13A, EPA, Cincinnati, OH, USA (1999)

[2] Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR): Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Spielzeug. Aktualisierte Stellungnahme Nr. 051/2009 des BfR vom 14. Oktober 2009, Abschnitt 3.1.3 „Exposition“.

[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 in Analytical Chemistry, Vol. 25, No. 7 (2006), S. 716-725

[4] OSHA: Analytical Methods Manual, ACGIH, Cincinnati, 1994, Method 58

[5] NIOSH: Manual of Analytical Methods, 4th Ed., U.S. Department of Health and Human Services, Cincinnati, 1994, Method 5023

[6] Berufsgenossenschaftliche Information: Verfahren zur Bestimmung von Benzo[a]pyren und anderen polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) (BGI 505-25). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin. Carl Heymanns, Köln 1989

[7] Wolff, M.S., Herbert, R., Marcus, M.: PAH residues on skin in relation to air levels among roofers. Arch. Environ. Health, Vol. 44 (1989), S. 157-163

[8] NIOSH: Manual of Analytical Methods, 4th Ed., U.S. Department of Health and Human Services, Cincinnati, 1998, Method 5506

[9] NIOSH: Manual of Analytical Methods, 4th Ed., U.S. Department of Health and Human Services, Cincinnati, 1994, Method 5515

[10] Bjorseth, A., Fjeldstad, P.E.: PAH in the work atmosphere, II. Determination in a coke plant. Scand. J. Work. Environ. Health, 4 (1978), S. 224-236

[11] Bjorseth, A., Fjeldstad, P.E.: PAH in the work atmosphere, I. Determination in an aluminium plant. Scand. J. Work. Environ. Health, 4 (1978), S. 212-223

[12] Knecht, U., Woitowitz, H.J.: Krebsgefährdung bei Verwendung von Pechbitumen im Straßenbau. BAU-Schriftenreihe Fb 612

[13] Notø, H., Halgard, K., et al: Comparative study of an inhalable and total dust sampler for personal sampling of dust and polycyclic aromatic hydrocarbons in the gas and particulate phase. Analyst 121, S. 1191-1196

[14] Meyer zu Reckendorf, R.: Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) – Methode 3, in Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Hrsg.: Greim, H. DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft. Band 1: Luftanalysen, 13. Lfg. (2003), Wiley-VCH, Weinheim

[15] Hahn, J.U., Assenmacher-Maiworm, H.: Polyzyklische Aromatische Kohlenwas-

serstoffe (PAH) – Methode 2, in Analytische Methoden zur Prüfung gesundheits-schädlicher Arbeitsstoffe. Hrsg.: Greim, H. DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft. Band 1: Luftanalysen, 13. Lfg. (2003), Wiley-VCH, Weinheim.

[16] Petry, T., Schmid, P., Schlatter, C.: Exposure of PAH in two different Silicon Carbide plants. Ann. Occup. Hyg., Vol. 38, 5 (1994), S. 741-752

[17] 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, Vol. 12, No. 2 (1983), S. 197-207

[18] Schwedt, G., Enders, B.: Super-fluid-Extraktion am Beispiel PAK-kontaminierter Böden, Umwelt-Magazin, 2 ( 1993 ), S. 92-94

[19] Grimmer, G.: Qualitätssicherung bei der Probenahme von Stoffen am Beispiel der PAK. Staub 48 (1988), S. 401-404

[20] Schimberg, W.; Skyttä, E.; Falck, K.: Belastung von Eisengießereiarbeitern durch mutagene polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe. Staub 41(1981) Nr. 11, S. 421-424

[21] 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)

[22] Katschani, D.T., Brauns, A.: Bestimmung von PAH's in Kraftfahrzeugabgasen durch HPLC, Teil 2. GIT Spezial, Chromatographie 2/91, S. 66-76

[23] Huber, L., Emmert, J., Gratzfeld-Hüsgen, A., Dulson, W.: Bestimmung von polyzyklischen Aromaten mit HPLC, UV/VIS Diodenarray und Fluoreszenzdetektion. Staub 47 (1987) Nr. 1/2, S. 22-27

[24] Ausschuss für Produktsicherheit (AfPS): GS-Spezifikation AfPS GS 2014:01 PAK, Prüfung und Bewertung von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bei der Zuerkennung des GS-Zeichens – Spezifikation gemäß § 21 Abs. 1 Nr. 3 ProdSG, Stand 4. August 2014

[25] Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau – Kontaminierte Bausubstanz – Erkundung, Bewertung, Entsorgung (2003)