

TEMPERATURABGESENKTE  
ASPHALTE

**Gesprächskreis**



BITUMEN

## Impressum

**Autoren:**

Gesprächskreis BITUMEN  
[www.gisbau.de/bitumen.html](http://www.gisbau.de/bitumen.html)

**Redaktion:**

Reinhold Rühl

**Auflage:** 4.500**Gesamtherstellung:**

LAUCK – Druckprodukte & mehr  
Artelbrückstraße 7  
65439 Flörsheim am Main

**September 2009**

In den 1990er Jahren wurden von mehreren Firmen in Deutschland Techniken für den Einbau von temperaturabgesenktem Asphalt entwickelt. Diese Techniken wurden und werden auf zahlreichen Baustellen im In- und Ausland eingesetzt und waren wesentlicher Grund für die jahrelange Tolerierung der hohen Expositionen von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen bei Gussasphaltarbeiten. Seit 2008 darf Gussasphalt in Deutschland nur noch temperaturabgesenkt eingebaut werden.

Der temperaturabgesenkte Einbau von Walzasphalt erfolgt in Deutschland derzeit vor allem bei Sanierungen kleinerer Flächen und innerorts, um eine schnelle Verkehrsfreigabe zu erreichen. Im Ausland hingegen werden auch größere Strecken temperaturabgesenkt eingebaut. Zudem wird in einigen Ländern diese Einbauweise massiv gefördert. So fand im November 2008 eine „Warm-Mix-Asphalt“-Konferenz in Nashville/USA großes Interesse bei Fachleuten vieler Länder.

Dieser Sachstandsbericht „Temperaturabgesenkte Asphalte“ möchte dazu beitragen, dass diese Technik auch in dem Land verstärkt eingesetzt wird, in dem sie entwickelt

wurde. Neben grundsätzlichen Hinweisen zu Bitumen und vom Gesprächskreis BITUMEN begleiteten Studien zu möglichen Gesundheitsgefahren durch Bitumen werden vor allem die Auswirkungen der temperaturabgesenkten Asphaltbauweise auf Mensch und Umwelt dargestellt. Schließlich werden die mit der REACH-Verordnung zu erwartenden Veränderungen diskutiert.

Die technischen Aspekte der temperaturabgesenkten Bauweise werden im „Merkblatt für Temperaturabsenkung von Asphalt“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen und im Leitfaden „Temperaturabgesenkte Asphalte“ des Deutschen Asphaltverbandes behandelt.

In Zeiten der Energiekrisen und der Klimaerwärmung kann die Asphaltindustrie eine Antwort geben. Asphalt ist ein Naturbaustoff, die Bestandteile werden nahezu so eingesetzt, wie sie in der Natur vorgefunden werden. Asphalt ist zu 100 % wieder verwendbar. Die temperaturabgesenkte Bauweise erlaubt darüber hinaus die Einsparung von Energie und Kohlendioxid. Lassen Sie uns diese Vorteile nutzen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Der Gesprächskreis BITUMEN</b> .....	2
<b>Bitumen – was ist das?</b> .....	2
<b>Bitumensorten</b> .....	3
<b>Verwendung von Bitumen</b> .....	3
<b>Emissionen, Expositionen, Grenzwerte</b>	
Emissionen aus Bitumen .....	4
Expositionen beim Verarbeiten von Bitumen .....	6
Grenzwerte für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen .....	7
Gussasphalt nur noch bei maximal 230 °C .....	8
<b>Umgang mit heißem Bitumen</b>	
Herstellen und Transport von Bitumen .....	10
Herstellen und Transport von Asphalt .....	10
Einbau von Walzasphalt .....	11
Einbau von Gussasphalt .....	11
Fugenverguss mit Heißbitumen .....	12
<b>Weiteres zu Bitumen</b>	
Bitumen in der Umwelt .....	13
Bitumen in Räumen .....	13
Transport .....	13
Bitumen und Teer .....	13
<b>Temperaturabgesenkter Einbau von Asphalt</b>	
Vorteile des temperaturabgesenkten Einbaus .....	14
Bessere Gebrauchseigenschaften .....	15
Deutlich geringere Belastungen der Beschäftigten .....	15
Geringe Bindemittel-Alterung .....	16
Energieeinsparung und weniger Abgase .....	16
Frühere Verkehrsfreigabe .....	16
Nachteile durch temperaturabgesenkten Einbau? .....	17
Verstärkte Innovationsorientierung öffentlicher Beschaffung .....	17
Auswirkungen von REACH auf den Einbau von Walzasphalt .....	18
Arbeitsminister begrüßt temperaturabgesenkten Einbau .....	19
<b>Einbaubeispiele</b> .....	20
<b>Studien</b>	
Krebshäufigkeit bei Asphaltarbeitern .....	26
Ratten-Inhalationsstudie .....	26
Hautpinselungsstudie .....	27
Dermale Resorption von Emissionen aus heißem Bitumen .....	28
Dermale Resorption bei Kontakt mit kaltem Bitumen? .....	28
Arbeitsmedizinische Betreuung der Gussasphalt-Arbeiter .....	29
Humanstudie Bitumen .....	30
<b>Literatur</b> .....	32
<b>Ansprechpartner</b> .....	33

Auf der Webseite des Gesprächskreises BITUMEN ([www.gisbau.de/bitumen.html](http://www.gisbau.de/bitumen.html)) werden weitergehende Informationen und viele Studienberichte angeboten.



## Der Gesprächskreis BITUMEN

Der Gesprächskreis BITUMEN ermittelt mögliche Gefahren und die notwendigen Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Bitumen und bitumenhaltigen Produkten. Im Gesprächskreis sind alle Institutionen und Verbände vertreten, die selbst oder deren Mitgliedsunternehmen für den Umgang mit Bitumen und bitumenhaltigen Materialien verantwortlich sind (Adressen

und Ansprechpartner siehe letzte Seite). Damit ist zum einen die vollständige Bearbeitung der Thematik gewährleistet, zum anderen ist der Gesprächskreis BITUMEN der kompetente Ansprechpartner zu allen Fragen des Gesundheitsschutzes beim Umgang mit Bitumen und bitumenhaltigen Materialien.

Der Gesprächskreis BITUMEN wurde 1997 auf Anregung des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung gegründet. Er initiiert und koordiniert umfassende Untersuchungen über Expositionen, mögliche Gefährdungen durch Bitumen bzw. Dämpfe und Aerosole aus Bitumen und die notwendigen Schutzmaßnahmen.

Dieser Sachstandsbericht „Temperaturabgesenkte Asphalte“ erläutert die vielen Vorteile dieser Technik und demonstriert an Hand zahlreicher Baustellen den erfolgreichen Einbau.

Zudem werden die Ergebnisse der Arbeiten des Gesprächskreises mit oft nur Fachleuten bekannten Fak-

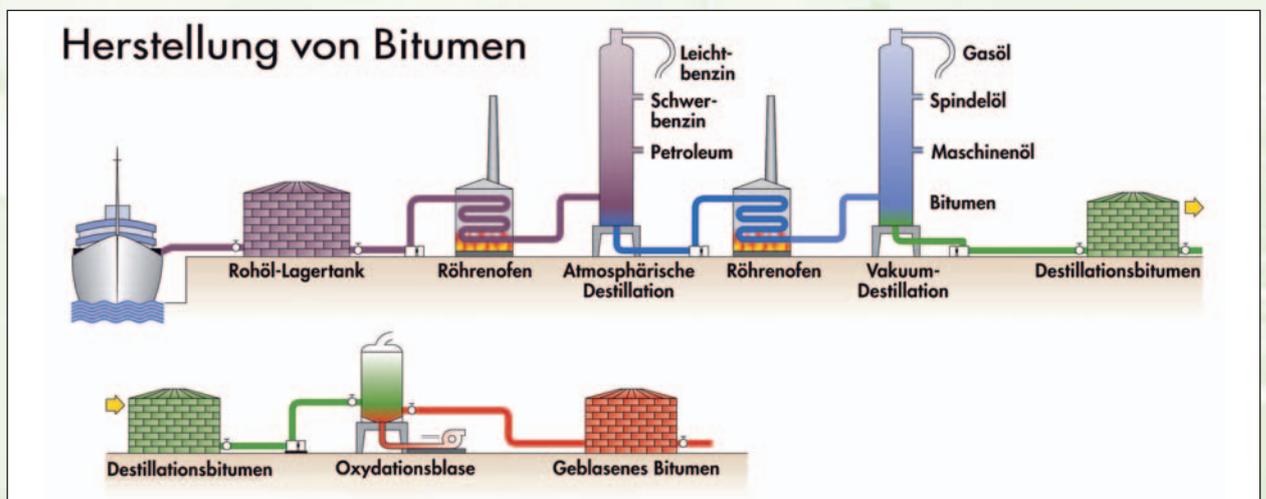
ten zu Bitumen zusammengefasst und der interessierten Öffentlichkeit zu Verfügung gestellt.

## Bitumen – was ist das?

Bitumen kommt in der Natur als Bestandteil von Asphalten und Asphaltgesteinen vor, die sich in langen geologischen Zeiträumen durch Verdunsten der leichter siedenden Anteile des Erdöls gebildet haben. Aufgrund seiner Herkunft besteht Bitumen hauptsächlich aus Kohlenstoff und Wasserstoff.

Der weitaus größte Teil des industriell eingesetzten Bitumens fällt bei der Mineralölverarbeitung an. Es ist die Fraktion des Erdöls, die nach dem Abdestillieren der verdampfenden Anteile zurückbleibt. Bitumen ist somit ein Naturprodukt, das chemisch unverändert eingesetzt werden kann.

Je nach Herstellungsverfahren unterscheidet man Destillationsbitumen, Hartbitumen, Oxidations-



bitumen und modifiziertes Bitumen.

Destillationsbitumen erhält man durch Destillation von Erdöl in mehreren Stufen unter vermindertem Druck bei Temperaturen von 350 bis 380 °C. Auf diese Weise werden weiche und mittelharte Sorten gewonnen, die vor allem im Straßenbau Verwendung finden.

Hartbitumen fällt bei Weiterbehandlung von Destillationsbitumen in einer zusätzlichen Behandlungsstufe an. Es zeigt eine harte bis springharte Konsistenz. Hartbitumen wird bei der Herstellung von Gussasphalt für Estriche im Hoch- und Industriebau und bei der Produktion von Lacken, Gummiwaren und Isoliermaterial verwendet.

Oxidationsbitumen werden in speziellen Reaktoren hergestellt, indem weiche Destillationsbitumen bei Temperaturen zwischen 230 und 290 °C durch Einblasen von Luft weiterbehandelt werden. Durch diese Oxidation wird die Beständigkeit gegen Kälte und Wärme verbessert.

Oxidationsbitumen werden zur Herstellung von Dach- und Dichtungsbahnen, von Klebmassen und zur Isolierung von Rohrleitungen eingesetzt.

Polymermodifizierte Bitumen werden durch chemische Vernetzung von Destillationsbitumen und Polymeren hergestellt, wobei sich das thermoviskose und elastoviskose Verhalten verändert. Die wichtigsten Anwendungsgebiete

von polymermodifiziertem Bitumen sind besonders beanspruchte Verkehrsflächen im Straßen- und Flughafenbau und die Herstellung hochwertiger Dach- und Dichtungsbahnen.

Im Straßenbau wird zu geringen Teilen auch Naturasphalt eingesetzt, der direkt aus den Lagerstätten gewonnen wird.

Bitumen ist nicht mit Teer zu verwechseln, der als Pyrolyseprodukt (Verkokungsprodukt) bei der thermischen Behandlung von Steinkohle oder Braunkohle bei 700 bis 1200 °C entsteht.

## Bitumensorten

Die unterschiedlichen Bitumensorten und die wesentlichen bitumenhaltigen Produkte werden in der DIN EN 12597 definiert und begrifflich beschrieben.

Im Straßenbau werden in Deutschland Straßenbaubitumen und gebrauchsfertige Polymermodifizierte Bitumen (PmB) gemäß TL Bitumen-StB eingesetzt (Tabelle 1).

DIN EN 12 591	DIN EN 14 023
160/220	10/40-65
70/100	25/55-55
50/70	45/80-50
30/45	40/100-65
20/30	

Tabelle 1:  
Bitumensorten nach  
TL Bitumen-StB

Die Zahlenwerte der Bitumensorten geben die Konsistenz des Bitumens an. Sie bedeuten, dass die Nadelpenetration einer Bitumensorte zwischen diesen festgelegten Grenzwerten liegen muss, z. B. 160 und 220. Die Nadelpenetration ist die Eindringtiefe (in 1/10 mm) einer mit 100 g belasteten, genormten Nadel nach 5 sec in eine auf 25 °C temperierte Bitumenprobe.

Mit Einführung der aktualisierten Technischen Lieferbedingungen für Straßenbaubitumen und gebrauchsfertige Polymermodifizierte Bindemittel, Ausgabe 2007 (TL Bitumen-StB 07) wurden auch die bisherigen Sortenbezeichnungen für polymermodifizierte Bindemittel nach den TL PmB, Ausgabe 2001 konkretisiert (Tabelle 1, rechte Spalte, DIN EN 14023). Hierbei entspricht die erste Zahlenkombination der Nadelpenetration (DIN EN 1426) und der darauf folgende Wert dem des zu erreichenden Erweichungspunktes Ring und Kugel (DIN EN 1427).

## Verwendung von Bitumen

Bitumen ist ein sehr alter Baustoff. Schon die Sumerer, Babylonier und Assyrer benutzten es mit Sand gemischt für die verschiedensten Anwendungen. Der industrielle Einsatz von Bitumen begann im 19. Jahrhundert mit der Zunahme des motorisierten Verkehrs. Die Einsatzbereiche von Bitumen können grundsätzlich unterschieden werden in Heiß- und Kaltverarbeitung. Bei der Kaltverarbeitung wird



Einbau von Walzasphalt

Bitumen in Lösemitteln gelöst bzw. als Emulsion oder Schaumbitumen verarbeitet.

Bei der Heißverarbeitung wird – z.B. bei der Herstellung von Bitumenbahnen – in stationären Anlagen erhitztes Bitumen auf ein Trägermaterial aufgebracht. Diese Bitumenbahnen können auf Baustellen u. a. durch Schweißen mittels Gasbrenner oder durch Einlegen in Heißbitumen verarbeitet werden. Heißflüssige Massen auf Bitumenbasis werden auch zum Vergießen von Fugen oder zum Verkleben von Dämmstoffen verwendet.

Die mit Abstand größte Menge des Bitumens geht in den Asphalt-Stras-

ßenbau (Tab. 2). Walzasphalt enthält ca. 5 % Bitumen als Bindemittel und 95 % Mineralstoffe. Gussasphalt wird als Bestandteil der Abdichtung, als Deckschicht im Straßen- und Brückenbau oder als Estrich im Wohn- und Industriebau eingesetzt und hat einen höheren Bitumenanteil (6,5-8 %).

## Emissionen aus Bitumen

Bitumen ist ein Gemisch langkettiger Kohlenwasserstoffe und heterocyclischer Verbindungen und besteht aus vielen hundert Stoffen. Neben Kohlenstoff und

Wasserstoff sind daher auch Schwefel (bis zu 8 Massen %), Stickstoff (etwa 0,5 Massen %) und Sauerstoff (1-2 Massen %) Bestandteile des Bitumens.

Diskutiert wird meist der Anteil an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK; Abb. 1). Daher wurden die Gehalte an PAK sowie einiger schwefelhaltiger bzw. stickstoffhaltiger PAK (S-PAK und N-PAK) in den in Deutschland verwendeten Bitumen sowie in Trinidad-Epuré ermittelt.

Die untersuchten PAK entsprechen der von der amerikanischen Umweltbehörde EPA getroffenen Auswahl und werden weltweit als Leitsubstanzen dieser Gruppe angesehen (EPA-PAK).

Tabelle 3 gibt die Gehalte in Deutschland eingesetzter Bitumensorten an PAK sowie einiger S-PAK an. Die stickstoffhaltigen N-PAK Acridin, Benzo[h]chinolin, Benzo[c]chinolin und 2-Naphthylamin konnten in keiner Probe nachgewiesen werden.

	2005		2008	
	tonnen	prozent	tonnen	prozent
Walzasphalt	2.387.000	79,2 %	2.124.000	77,9 %
Bitumenbahnen	429.000	14,2 %	408.000	15,0 %
Bitumen für Kaltanwendungen (z.B. Emulsionen)	98.000	3,3 %	105.000	3,9 %
Gußasphalt, Handeinbau	18.000	0,6 %	17.000	0,6 %
Gußasphalt, maschineller Einbau	16.000	0,5 %	20.000	0,7 %
sonstige Industriebereiche	66.000	2,2 %	52.000	1,9 %
gesamt	3.040.000	100,0 %	2.726.000	100,0 %

Tabelle 2:  
Einsatzgebiete von Bitumen in Deutschland  
(Tonnen pro Jahr bzw. Prozent)



Asphaltemischanlage

**2-Ringsysteme**

- Naphthalin
- Acenaphthen
- Acenaphthylen
- 1-Benzothiophen (S-PAK)

**3-Ringsysteme**

- Anthracen
- Dibenzothiophen (S-PAK)
- Fluoren
- Phenanthren

**4-Ringsysteme**

- Benz[a]anthracen
- Benzo[b]naphtho-[2,1-d]-thiophen (S-PAK)
- Fluoranthen
- Chrysen

**5-Ringsysteme**

- Benzo[a]pyren (BaP)
- Benzo[e]pyren
- Benzo[b + k]fluoranthen
- Dibenz[a,h]anthracen
- Pyren

**6-Ringsysteme**

- Benzo[g, h, i]perylen
- Indo[1, 2, 3-cd]pyren

Bei Temperaturen unter 80 °C treten praktisch keine Emissionen aus Bitumen auf, auch bei 150 °C liegen die Emissionen nur bei ca. 1 mg/h. Bei 180 °C wurden etwas höhere Emissionen festgestellt. Die Emissionsraten der PAK und S-PAK bei 180 °C für 100g Probe sind ebenfalls Tabelle 3 zu entnehmen.

Im Automobilbereich werden Bitumendämpfungsfolien eingesetzt, um die Schwingungen der Karosserie zu dämpfen. Untersuchungen an Dämpfungsfolien (20-30 % Bitumen) zeigen ebenfalls das Emissionsverhalten der PAK aus Bitumen.

Messungen zur Überprüfung des zeitabhängigen Emissions-Verlaufs

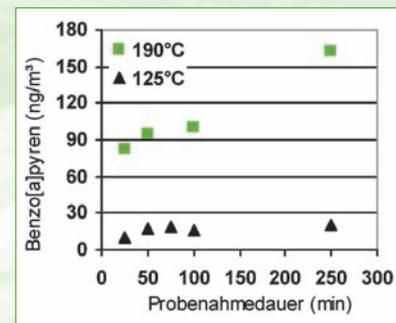


Abbildung 2: BaP-Emissionen aus Bitumendämpfungsfolien

bei 125 °C zeigen eine lineare Abhängigkeit der PAK-Gesamtemission bzw. des Naphthalins. Die Benzo[a]pyren-Emissionen folgen dieser Linearität nicht, da bei 125 °C die Verdampfungstendenz dieser Komponente unbedeutend ist, die gemessenen Konzentrationen

Abbildung 1: Untersuchte PAK und S-PAK in Bitumen und Trinidad-Epuré

Bitumensorte	Gehalt (mg/kg)		Emissionen (bei 180 °C)		
	EPA-PAK	BaP	Gesamt (mg/h)	EPA-PAK (µg/h)	BaP (µg/h)
<b>Hartbitumen 90/100</b>	30,0	1,2	6,6	26,3	0,1
<b>Straßenbaubitumen 30/45</b>	29,8	2,1	13,0	22,7	0,1
<b>Straßenbaubitumen 50/70</b>	26,7	1,7	2,2	3,7	nn
<b>Straßenbaubitumen 70/100</b>	25,6	1,4	3,5	6,6	nn
<b>Straßenbaubitumen 160/220</b>	32,1	1,8	7,0	4,1	nn
<b>Oxidationsbitumen 85/25</b>	52,2	1,7	25,1	52,9	0,2
<b>Oxidationsbitumen 95/35</b>	93,5	2,7	37,2	79,0	0,3
<b>Trinidad-Epuré</b>	33,8	2,0	42,6	10,3	0,1

Tabelle 3: Gehalte und Emissionen (180°C) der PAK und S-PAK der Abbildung 1 in verschiedenen Bitumensorten sowie Trinidad-Epuré bei Laborversuchen aus einer 100 g Probe (nn: nicht nachweisbar)

nen im Bereich der Nachweisgrenze liegen und daher starken Schwankungen unterworfen sind.

Bei 190 °C ist eine Linearität der emittierten PAK-Komponenten und von Benzo[a]pyren (BaP) von der Temperierungszeit festzustellen (Abb. 2). Bei einer Probenahmezeit von 240 min beträgt die Naphthalin-Konzentration ca. 54 µg/m<sup>3</sup>, die entsprechende BaP-Konzentration liegt bei 164 ng/m<sup>3</sup>.

Die vollständigen Berichte zu diesen Studien sind auf der Webseite des Gesprächskreises zu finden.

## Expositionen beim Verarbeiten von Bitumen

Da unterhalb 80 °C keine messbaren Emissionen auftreten, ist bei der Kaltverarbeitung nicht mit Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen zu rechnen. Hier kann es lediglich durch Verschmutzungen zu Hautkontakt mit dem in Lösemitteln gelösten oder in Wasser dispergierten Bitumen kommen; ggf. sind Lösemittelexpositionen zu beachten.

Die Höhe der Emissionen bei der Heißverarbeitung von Bitumen ist abhängig von der Verarbeitungstemperatur, die bei Walzasphalt max. 180 °C und beim Einbau von Gussasphalt max. 230 °C beträgt. Der Einbau von Gussasphalt bei höheren Temperaturen ist seit Anfang 2008 nicht mehr zulässig.

Arbeitsverfahren	Anzahl	95 %-Wert
<b>Herstellen von Bitumen</b>	17	2,6 mg/m <sup>3</sup>
<b>Herstellen von Asphalt</b>		
Leitstand	8	0,8 mg/m <sup>3</sup>
Außenbereich	6	0,7 mg/m <sup>3</sup>
<b>LKW-Transport von Walzasphalt</b>	14	4,3 mg/m <sup>3</sup>
<b>Walzasphalt</b>		
Fertigerfahrer	225	8,9 mg/m <sup>3</sup>
Bohlenführer	161	12,4 mg/m <sup>3</sup>
Walzenfahrer	56	2,5 mg/m <sup>3</sup>
Fertigerfahrer, im Tunnel	34	18,6 mg/m <sup>3</sup>
Bohlenführer, im Tunnel	72	18,5 mg/m <sup>3</sup>
Walzenfahrer, im Tunnel	18	8,8 mg/m <sup>3</sup>
<b>Fugenverguss mit Heißbitumen</b>	40	4,1 mg/m <sup>3</sup>
<b>Gussasphalt, temperaturabgesenker händischer Einbau, &lt; 230 °C</b>		
Es liegen noch zu wenige Messungen vor, um sichere Aussagen treffen zu können, die Expositionen liegen aber unter 12 mg/m <sup>3</sup>		
<b>Gussasphalt, temperaturabgesenker maschineller Einbau, &lt; 230 °C</b>		
Zapfer	43	7,7 mg/m <sup>3</sup>
Bohlenführer	57	9,0 mg/m <sup>3</sup>
Nacharbeiten	43	2,9 mg/m <sup>3</sup>
<b>Herstellen von Bitumendämpfungsfolien</b>	10	5,4 mg/m <sup>3</sup>
<b>Herstellen von Bitumenbahnen</b>	76	4,4 mg/m <sup>3</sup>
<b>Dachdeckerarbeiten</b>		
Heißverschweißen von Bitumenbahnen	77	2,8 mg/m <sup>3</sup>
Heißvergießen von Bitumen	102	9,8 mg/m <sup>3</sup>

Tabelle 4:

Expositionen gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen bei der Heißverarbeitung (95-Perzentile und Anzahl der Messungen)

Weit über eintausend Messungen an Arbeitsplätzen haben zu den in Tabelle 4 angegebenen Expositionsdaten geführt. Die Messungen erfolgten mit dem GGP-System. Bei einer Durchflussrate von 3,5 l/min werden die Aerosole auf einem 37 mm Glasfaser-Filter gesammelt, die Dämpfe in 3 g Am-

berlite™ XAD-2 adsorbiert. Filter und XAD-2 werden mit Tetrachlorethylen extrahiert und mit Infrarotspektroskopie analysiert. Die in diesem Sachstandsbericht angegebenen Konzentrationen beziehen sich auf Mineralöl als Kalibrierstandard.

Die aufgeführten Expositionen sind als Maximalwerte anzusehen, da das Messverfahren auch andere Kohlenwasserstoffe erfasst (z.B. aus dem Straßenverkehr).

Expositionsbeschreibungen mit weiteren statistischen Daten zu den in Tabelle 4 genannten Werten sind auf der Webseite des Gesprächskreises BITUMEN zu finden.

Die ebenfalls durchgeführten Untersuchungen zur Exposition gegenüber polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ergaben für Benzo[a]pyren maximal  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Im Frühjahr 2009 wurden die Expositionsbeschreibungen zum Herstellen und Schweißen von Bitumenbahnen aktualisiert. Der europäische Verband der Bitumenbahnen herstellenden Industrie BWA (Bitumen Waterproofing Association) hatte den Gesprächskreis BI-

TUMEN gebeten, in mehreren europäischen Ländern die Expositionen zu messen. Mit Messungen in acht europäischen Ländern repräsentieren die ermittelten Expositionen den Stand der Technik beim Herstellen und Schweißen von Bitumenbahnen in Europa.

## Grenzwerte für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen

Im Herbst 1996 wurden in Deutschland erstmals Luftgrenzwerte für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung festgelegt: in Innenräumen  $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ , für alle übrigen Arbeiten  $15 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

Die zur Festlegung der Grenzwerte herangezogene Datenbasis war kurzfristig geschaffen worden und

zum Teil sehr dürftig. Daher hat der Gesprächskreis BITUMEN Arbeitsplatzmessungen koordiniert, deren Ergebnisse in Expositionsbeschreibungen (Tab. 5) zusammengefasst wurden und mit denen die Expositionen gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen bei der Heißverarbeitung umfassend beschrieben werden.

Es zeigte sich, dass eine Aufteilung in Innen- und Außenarbeiten nicht sinnvoll ist. Zudem wurde deutlich, dass damals die Expositionen an fast allen Bitumen-Arbeitsplätzen unter  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  liegen.

Auf Basis der neuen Daten legte der Ausschuss für Gefahrstoffe auf Vorschlag des Gesprächskreises im Mai 2000 einen Wert von  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  als neuen Grenzwert für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung fest.

Der Luftgrenzwert für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung war technisch begründet, d. h. er orientierte sich am Stand der Technik. Für diese Emissionen gilt das Minimierungsgebot, da nicht klar ist, ob bei Einhaltung des Luftgrenzwertes nicht doch gesundheitliche Probleme bei den betroffenen Beschäftigten auftreten.

Die Gefahrstoffverordnung hat am 1. Januar 2005 alle technisch begründeten Grenzwerte ausgesetzt, auch den Grenzwert für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung.

Der Arbeitgeber hätte nun selbst die Expositionen bewerten müs-

Herstellung und Transport von Bitumen
Herstellung und Beförderung von Asphalt
Verarbeiten von Walzasphalt im Straßenbau
Verarbeiten von Gussasphalt von Hand im Wohn- und Industriebau
Maschinelles Verarbeiten von Gussasphalt
Fugenverguss mit Heißbitumen
Herstellen von Bitumendämpfungsfolien
Heißverarbeiten von Bitumen im Gießverfahren zum Verkleben von Dämmstoffen und Bitumenbahnen
Herstellen von Bitumendach- und -dichtungsbahnen
Schweißen von Bitumenbahnen
Heißverarbeiten von Bitumenbahnen

Tabelle 5:  
Beschreibung der Expositionen gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen

sen. Um hier eine Hilfestellung zu bieten, hat der Gesprächskreis BITUMEN seine Expositionsbeschreibungen der neuen Gesetzeslage angepasst (Tabelle 5).

Außer bei Gussasphalt konnte festgestellt werden, dass ohne weitere Schutzmaßnahmen gearbeitet werden kann. Da bei Gussasphaltarbeiten die Expositionen zu hoch waren, wurde gefordert, dass der Einbau möglichst bei abgesenkten Temperaturen erfolgen sollte.

Mit den auf der Webseite des Gesprächskreises BITUMEN verfügbaren Expositionsbeschreibungen ist der Arbeitgeber in der Lage, ohne weitere Messungen eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen.

Diese Vorgehensweise wurde von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin ausdrücklich begrüßt:

„Es ist erfreulich, dass der Gesprächskreis BITUMEN so schnell die Intention der neuen Gefahrstoffverordnung aufgegriffen hat. Mit diesen Expositionsbeschrei-

bungen werden Aussagen zu Expositionen eines Stoffes ohne Grenzwert und zu den Schutzmaßnahmen getroffen. Damit hat der Unternehmer Hilfen an der Hand, die Gefährdung der Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit zu verringern. Positiv ist auch, dass weiterhin Wert auf den Einsatz der Niedrigtemperatur-Asphalte gelegt wird.“

## Gussasphalt nur noch bei maximal 230 °C

Seit 2008 ist in Deutschland der Einbau von Gussasphalt nur noch in der temperaturabgesenkten Bauweise bis maximal 230 °C zulässig, bei Expositionen wie in Tabelle 4 angegeben.

Damit wurde Wort gehalten gegenüber einer zehnjährigen Tolerierung der hohen Expositionen beim Gussasphalteinbau.

Bereits bei der Verabschiedung der zwei Grenzwerte für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen 1997 durch den AGS war deutlich, dass die Expositionen bei Gussasphaltarbeiten über diesen Werten liegen.

Die gemeinsamen Anstrengungen aller im Gesprächskreis BITUMEN zusammenarbeitenden Institutionen und Firmen ermöglichten es, ein umfangreiches Paket zur mittelfristigen Rettung des Gussasphaltes zu schnüren.

Der wichtigste Teil des Paketes war der Einbau bei abgesenkten Temperaturen mit viskositätsverändernden Zusätzen. Diese Technik war damals zwar schon bei vielen Gussasphaltherstellern und -verarbeitern Praxis, hatte aber bei der Forschungsgesellschaft Straßen- und Verkehrswesen (und bei den Straßenbauämtern) noch wenig Unterstützung. Die Ergebnisse der ersten Messungen beim Einbau bei abgesenkten Temperaturen legten aber nahe, dass mit dieser Technik der Fortbestand einer bewährten Bauweise gesichert werden kann.

*Fertiger mit Fertigerfahrer und Bohlenführer*



Da aber auch klar war, dass es noch einige Jahre dauert, bis diese Technik allgemein akzeptiert wird, wurde versucht, durch technische oder persönliche Schutzmaßnahmen die Gussasphaltarbeiter vor den Belastungen durch Dämpfe und Aerosole beim Einbau von konventionellem Gussasphalt zu schützen. Weder Gebläse und Absaugungen noch der Einsatz von Atemschutzmasken oder Frischlufthelmen bzw. -hauben (Abb. 3) erwiesen sich als praktikabel.

In einem Bericht an den Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) wurde 2000 auf diese Anstrengungen verwiesen und deutlich gemacht, dass dies kein gangbarer Weg ist. Mit Aussicht auf den zukünftigen Einsatz von Gussasphalt bei abgesenkten Temperaturen wurde der AGS gebeten, den Grenzwert für den Einbau von Gussasphalt für zwei Jahre auszusetzen. Es wurde zugesagt, alle Gussasphaltarbeiter intensiv arbeitsmedizinisch zu betreuen und 50 Gussasphaltarbeiter gründlich vor, während und nach der Schicht zu untersuchen (siehe die Kapitel „Gussasphalterstudie“ und „Humanstudie Bitumen“).

Der AGS verabschiedete 2000 einen neuen Grenzwert von  $10 \text{ mg/m}^3$  für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen. Zudem entsprach er dem Vorschlag des Gesprächskreises BITUMEN und setzte diesen Grenzwert für Gussasphaltarbeiten aus. Zur Begründung führte er aus:

„Der Luftgrenzwert für Gussasphaltarbeiten wird vorläufig ausgesetzt. Im Herbst 2002 wird erneut

über diesen Luftgrenzwert beraten. Neue Messergebnisse zu Gussasphaltarbeiten sind der Geschäftsstelle des AGS bis zum 30. Juni 2002 mitzuteilen. Bei den Fertigerfahrern bzw. Kolonnenführern im Straßenbau werden auf Grund von witterungsbedingten starken Schwankungen im Einzelfall Konzentrationen bis zu  $12 \text{ mg/m}^3$  (Stand der Technik) erreicht. Den Aufsichtsbehörden wird empfohlen, in diesen Fällen Messergebnisse beim Fertigerfahrer bzw. Kolonnenführer bis zu  $12 \text{ mg/m}^3$  zu tolerieren.“

Ein in der Geschichte des AGS einmaliger Vorgang, der bei vielen Arbeitsschützern nicht gerade Begeisterung verursachte.

Diesen Beschluss verband der AGS mit der Forderung, nach zwei Jahren einen Bericht zum Stand der Technik des Einbaus von Gussasphalt bei abgesenkten Temperaturen vorzulegen. Damit hatte der Gesprächskreis BITUMEN dem Einbau von konventionellem Gussasphalt eine Atempause verschafft, sonst wäre der Einbau von konventionellem Gussasphalt schon 2000 nicht mehr möglich gewesen.

2002 wurde ein Bericht zum Stand der Technik vorgelegt – auf Basis von Stellungnahmen der BAST und der bga. Der Gesprächskreis BITUMEN konnte zudem darauf verweisen, dass nicht nur 50, sondern mehrere hundert Gussasphaltarbeiter gründlich vor, während und nach der Schicht untersucht werden. Mit Hinweis auf einige noch offene Fragen, insbesondere feh-



Abbildung 3:  
Frischlufthelm bei Gussasphaltarbeiten

lender Untersuchungsstrecken mit viskositätsverändertem Gussasphalt unter Begleitung der BAST, wurde eine Verlängerung der Aussetzung des Grenzwertes für den Einbau von Gussasphalt erbeten.

Der Ausschuss für Gefahrstoffe hat auch diesem Vorschlag entsprochen und den Grenzwert für Gussasphaltarbeiten für weitere fünf Jahre ausgesetzt. Vor allem die bereits begonnenen Studien und die gesellschaftlich ausgewogene Besetzung des Gesprächskreises haben zu dieser Entscheidung geführt.

Ende 2007 sind diese Übergangsfristen nach über 10 Jahren abgelaufen. Eine Verlängerung stand nicht zur Debatte. Der Gesprächskreis BITUMEN und die in ihm zusammenarbeitenden Institutionen sahen sich in der Pflicht, eine gegebene Zusage auch einzuhalten. Der Gesprächskreis bestätigte damit seinen guten Ruf, was sicher-

lich dazu beitragen wird, dass auch zukünftige Diskussionen über eine mögliche krebserzeugende Wirkung der Dämpfe und Aerosole aus Bitumen in ruhiger und sachlicher Atmosphäre geführt werden.

Wie alle technisch begründeten Grenzwerte wurde 2005 vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung mit der Aktualisierung der Gefahrstoffverordnung auch der Grenzwert für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen zurückgezogen. Was bedeutet das für den Einbau von Gussasphalt?

Der Arbeitgeber hat die Gefährdungen der Beschäftigten durch Gefahrstoffe zu beurteilen. Dies

**§ 7 (1)** Der Arbeitgeber darf eine Tätigkeit mit Gefahrstoffen erst aufnehmen lassen, nachdem eine Gefährdungsbeurteilung vorgenommen wurde und die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen wurden.

**§ 9 (8)** Sofern Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchgeführt werden, für die kein Arbeitsplatzgrenzwert vorliegt, kann der Arbeitgeber die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen durch geeignete Beurteilungsmethoden nachweisen. Liegen geeignete Beurteilungsmethoden nicht vor, ist eine Messung erforderlich.

*Abbildung 4:  
Auszüge aus der Gefahrstoffverordnung*

beschränkt die Gefahrstoffverordnung nicht auf Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert (§ 9 (8); Abbildung 4). Die Exposition gegenüber allen Stoffen ist zu prüfen, dazu zählt auch Bitumen. Die Gefährdungsbeurteilung muss nach §7 (1) vor Aufnahme der Arbeiten erfolgen, es darf somit ohne Gefährdungsbeurteilung nicht mit den Arbeiten begonnen werden.

Zur Gefährdung beim Einbau von Gussasphalt im Straßenbau stellt die Expositionsbeschreibung ‚Maschinelles Verarbeiten von Gussasphalt‘ (Stand Mai 2008; [www.gisbau.de/bitumen.html](http://www.gisbau.de/bitumen.html), Link Einsatzgebiete) fest, dass bei maschineller Verarbeitung von konventionellem Gussasphalt im Freien und in Räumen mit sehr hohen Expositionen gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen zu rechnen ist. Daher ist der Einbau von konventionellem Gussasphalt nicht zulässig und es muss Gussasphalt unter Verwendung von viskositätsverändernden Zusätzen bzw. viskositätsveränderten Bindemitteln bei Temperaturen bis 230 °C eingesetzt werden. Dabei wird Bezug auf das Merkblatt für Temperaturabsenkung der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen von 2006 genommen.

Somit gibt es seit Beginn 2008 beim Einbau von Gussasphalt nach Ablauf der über 10jährigen Übergangsfristen nur noch eine zulässige Vorgehensweise: den Einbau von viskositätsverändertem Gussasphalt bei Temperaturen bis 230 °C. Hier sind auch die Bauher-

ren gefordert, indem sie nur noch temperaturabgesenkten Gussasphalt ausschreiben.

## Herstellen und Transport von Bitumen

Bitumen wird in geschlossenen Anlagen in Raffinerien hergestellt. Auch die Verladung geschieht bis zum Austritt aus dem Verloaderohr in einer geschlossenen Anlage. Eine Exposition ist lediglich bei der Probenahme (drei Proben pro Schicht) sowie beim Öffnen des Kesselwagens bzw. eines anderen Fahrzeugs und der Einführung des Füllrohres möglich.

Über geschlossene Systeme wird Bitumen in Straßentankwagen gefüllt und unterhalb seines Flammpunktes transportiert (bei ca. 200 °C). Beim Verarbeiter wird das Bitumen ebenfalls über geschlossene Leitungssysteme in den Lagertank gepumpt (siehe Merkblatt „Warmlagerung von Bitumen“).

## Herstellen und Transport von Asphalt

Asphalt wird in überwiegend stationären Asphaltmischwerken hergestellt (in Deutschland gibt es etwa 650 Asphaltmischwerke, in der Regel mittelständische Betriebe). Die Gesteinskörnungen – ausgenommen Steinmehl – werden in Trockentrommeln getrocknet und

erhitzt. Die erhitzten Gesteinskörnungen werden auf Körnungen abgeseibt, in Silos über dem Mischer zwischengelagert und dann entsprechend der Sollzusammensetzung für die einzelnen Chargen in den Mischer dosiert. Die Temperatur der Gesteinskörnungen muss etwas über der Verarbeitungstemperatur liegen, da das Steinmehl kalt – in Einzelfällen auf etwa 80 bis 100 °C vorerwärmt – zugegeben wird. Die unterschiedlichen Bitumensorten lagern heißflüssig (bei Temperaturen unter 200 °C) in Lagertanks und werden zum Schluss in den Mischer dosiert.

Walzasphalte werden heiß in geschlossenen Thermofahrzeugen oder auf mit Planen abgedeckten LKW-Ladeflächen transportiert.

Gussasphalt wird direkt nach der Herstellung in beheizte Rührwerkskessel übernommen und zur Einbaustelle gefahren. Die Rührwerkskessel sind mit thermostatgesteuerten Heizeinrichtungen versehen. Die Fahrer haben darauf zu achten, dass die Temperatur des Gussasphaltes innerhalb des vorgegebenen Temperaturbereiches bleibt. Diese ist abhängig von der Härte des eingesetzten Bitumens und der vom Anwendungsfall abhängigen Härteklasse des Gussasphaltes, beträgt jedoch maximal 230 °C.

## Einbau von Walzasphalt

Walzasphalt – der klassische Straßenbaustoff – wird in Deutschland



*Einbau von Walzasphalt*

von ca. 3.000, meist mittelständischen Firmen eingebaut. Walzasphalte (Einbautemperatur bis etwa 180 °C) werden vor allem im Freien und hier überwiegend maschinell auf Straßen, Wegen, Plätzen, Flugpisten, im Wasserbau zum Küstenschutz, auf Staudämmen und in Pumpspeicherbecken sowie zur Abdichtung von Deponien verarbeitet. Gelegentlich werden Walzasphalte auch in großen Hallen eingebaut.

Der Asphalt wird vom LKW direkt in den Kübel des Fertigers gegeben.

Der Fertiger wird von einer über der Bohle offen liegenden Bühne durch den Fahrer gesteuert. Mit dem Fertiger wird der Asphalt mittels einer in der Regel beheizten Bohle auf der Fahrbahn verteilt und vorverdichtet. Nach dem Einbau wird die Asphaltschicht durch Straßenwalzen verdichtet.

Die Konzentrationen von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen beim Verarbeiten von Walzasphalt sind stark wetterabhängig, insbesonde-

re Windrichtung und -stärke sind maßgeblich für die Belastung der Beschäftigten. Fertigerfahrer (etwa 9 mg/m<sup>3</sup>) und vor allem der Kolonnen- bzw. Bohlenführer (über 12 mg/m<sup>3</sup>) sind am stärksten exponiert. Die Exposition des Walzenfahrers ist deutlich niedriger (2,5 mg/m<sup>3</sup>), da der Asphalt zum Zeitpunkt des Verdichtens etwas abgekühlt ist.

Auf Baustellen in Tunneln liegen erheblich höhere Expositionen vor. Fertigerfahrer und Kolonnen- bzw. Bohlenführer sind fast 19 mg/m<sup>3</sup>, der Walzenfahrer fast 9 mg/m<sup>3</sup> Dämpfe und Aerosole aus Bitumen ausgesetzt. Daher muss Walzasphalt in Tunneln temperaturabgesenkt eingebaut werden.

## Einbau von Gussasphalt

Gussasphaltarbeiten werden von etwa 115 überwiegend klein- und mittelständischen Betrieben durchgeführt.

Gussasphaltestriche werden für Bodenbeläge in Werkhallen, auf Parkdecks und in Wohnungen verwendet. Der Transport des Gussasphalts vom Asphaltmischwerk an die Baustelle erfolgt in beheizten Rührwerkskesseln. Der Zapfer füllt den Gussasphalt vom Rührwerkskessel entweder in Holzeimer, in beheizte Dumper (dieselgetriebene Kleintransporter) oder in Schubkarren. Damit wird der Gussasphalt zur Einbaustelle transportiert. Die Eimer werden zur Einbaustelle getragen und dort entleert. Die Dumper fahren möglichst nahe an die Einbaustelle heran, wo der Gussasphalt ggf. mit Schubkarren weiter transportiert wird. Der Gussasphalt wird von Hand verteilt und mit dem Streichbrett geglättet.

Im Straßenbau wird Gussasphalt in der Regel maschinell eingebaut. Dabei wird der Gussasphalt vom Rührwerkskessel direkt vor den Fertiger gegeben. Der Einbau erfolgt mit Einbauböhlen.

Seit 2008 erfolgt der Einbau von Gussasphalt nur noch temperaturabgesenkt mit viskositätsverändernden Zusätzen bzw. mit viskositätsveränderten Bindemitteln bei Verarbeitungstemperaturen bis maximal 230 °C (vgl. Seite 8, „Gussasphalt nur noch bis maximal 230 °C“).

Beim temperaturabgesenkten maschinellen Einbau ist der Bohlenführer mit 9 mg/m<sup>3</sup> etwas höher belastet als der Zapfer (unter 8 mg/m<sup>3</sup>). Bei den weiteren Arbeiten des maschinellen Einbaus von Gussasphalt liegen deutlich geringere Expositionen vor (unter 3 mg/m<sup>3</sup>).

Beim temperaturabgesenkten Einbau von Hand konnten bisher erst wenige Messungen durchgeführt werden. Statistisch gesicherte Aussagen können daher noch nicht gemacht werden. Bisher vorliegende Messungen zeigen, dass die Expositionen aber unter 12 mg/m<sup>3</sup>

(Zapfer und Glätter) sowie unter 10 mg/m<sup>3</sup> für die weiteren Arbeiten (Eimer- und Karrentransport, Abstreuen) liegen.

## Fugenverguss mit Heißbitumen

Fugen zwischen Verkehrsflächen werden mit Heißbitumen ausgegossen um eine elastische Verbindung zu schaffen. Das Bitumen wird hierzu aus einem Heizkessel über eine Schlauchleitung zu einer Düse geführt und direkt in die Fuge gespritzt.

Die Bitumentemperatur beträgt zwischen 160 und 170° C. Beim Fugenverguss mit Heißbitumen besteht eine geringe Exposition mit Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen (ca. 4 mg/m<sup>3</sup>).

*Glätten von Gussasphalt auf einer Brücke*



## Bitumen in der Umwelt

Nur an sehr heißen Tagen werden an Asphaltflächen Temperaturen von maximal 80 °C erreicht, auf Dächern Temperaturen der Dachbahnen bis zu 100 °C, so dass hier keine Emissionen aus Bitumen auftreten. Zudem verhärtet Bitumen durch UV- und Luftsauerstoffbeanspruchung an der Oberfläche und macht „dicht“, ein weiterer Grund dafür, dass keine Emissionen bei eingebauten Bitumenprodukten auftreten.

Wasser löst keine Stoffe aus Bitumen und Asphalt. Daher ist Bitumen im Anhang 1 der Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwVwS) nicht als wassergefährdender Stoff aufgeführt.

Bitumen und Asphalt werden im Bereich der Trinkwassererzeugung seit Jahrzehnten eingesetzt, insbesondere bei der Abdichtung und Befestigung von Bereichen, die zur Speicherung oder Rückhaltung von Trinkwasser dienen.

Bitumen wird von Pflanzen oder Organismen nicht abgebaut.

## Bitumen in Räumen

Nach dem Einbau fällt die Konzentration der Emissionen schnell auf ein sehr niedriges Niveau ab. Ist der Gussasphaltestrich auf unter 100 °C abgekühlt, treten keine

Emissionen mehr auf. Daher besteht bei dem üblichen zeitlichen Abstand zwischen Einbau und Nutzung der Räume keine Beeinträchtigung der Bewohner.

Auch die als Abdichtung verwendeten Bitumenprodukte geben nach dem Einbau keine Bitumeninhaltsstoffe ab.

## Transport

Als Transportgut fallen Flüssiggas in die Gefahrgutklasse 2 und Bitumen in die Gefahrgutklasse 9 (Erwärmte Stoffe) der internationalen Gefahrgut-Transportvorschriften (ADR) und der nationalen Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB). Dabei wird bei Bitumen eine Gefahr ausschließlich in der für den Transport erforderlichen Temperatur von über 100 °C gesehen, die für die Erhaltung der Pumpfähigkeit erforderlich ist.

Für den Transport von Walz- und Gussasphalt gelten folgende Regelungen: Walzasphalt ist kein flüssiger Stoff und infolge Temperaturen < 240 °C kein Gefahrgut im Sinne der GGVSEB.

Für Gussasphalt (UN 3258) gibt es in dem ADR eine Sondervorschrift (Nr. 643) in der es heißt „Gussasphalt unterliegt nicht den für die Klasse 9 geltenden Vorschriften“.

Das bedeutet eine völlige Freistellung der Gussasphaltbeförderung (z.B. im Rührwerkskessel) von

den Gefahrguttransportvorschriften.

Flüssiggas, das zum Betrieb der gasbeheizten Rührwerkskessel sowie als Ersatzflaschen und als restentleerte Flaschen mitgeführt wird, ist ebenfalls von den Vorschriften freigestellt. Dies erfolgt aufgrund der Nr. 1.1.3.2e des ADR.

## Bitumen und Teer

Bitumen und Teer werden immer noch verwechselt und es wird vielfach kein Unterschied zwischen diesen beiden Stoffen gesehen (Glet, 1996). Alles was schwarz ist wird als Teer bezeichnet. Dies führt immer wieder dazu, dass Gefahren beim Umgang mit Bitumen gesehen werden, die nachweislich nur beim Umgang mit Pech oder Teer auftreten. Insbesondere gilt dies für den Gehalt an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, sowie deren Leitsubstanz, dem Benzo[a]pyren (BaP).

Der BaP-Gehalt im Teer liegt bei 5 g/kg, im Bitumen bei unter 5 mg/kg. Ursache hierfür ist die Herstellung von Teer durch Pyrolyse von Kohle, während Bitumen durch Destillation aus Erdöl gewonnen wird.

Teer bzw. Emissionen aus heißem Teer können Hautkrebs und Lungenkrebs verursachen, während solche Erkrankungen durch Emissionen aus Bitumen nicht bekannt sind.

# Temperaturabgesenkter Einbau von Asphalt

Der Einbau von Asphalt bei abgesenkten Temperaturen ist das Ergebnis konsequenter Weiterentwicklung des als Straßen- oder Brückenbelag sowie als Estrich bekannten Baustoffes. Ein geringer Zusatz ermöglicht Verarbeitungstemperaturen, die um 20 bis 40 °C niedriger liegen als bei herkömmlichem Walz- oder Gussasphalt. Mit der Absenkung der Herstellungs- und Verarbeitungstemperatur gehen viele Vorteile einher: Einsparung von Energie und damit Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, weniger Verschleiß an den Mischanlagen, geringere Alterung des Bitumens sowie vor allem eine Verringerung der Exposition der Beschäftigten beim Einbau von Asphalt. Die Einbautemperatur kann auf verschiedene Weise abgesenkt werden. Beim Walzasphalt kann dies z.B. durch die Zugabe eines Zeolithes erreicht werden. Dieser findet in großen Mengen u. a. als Phosphat-ersatzstoff in Waschmitteln Verwendung. Zeolithe geben ab einer Temperatur von etwa 100 °C Wasser ab, welches sofort verdampft. Damit wird die Geschmeidigkeit des Mischgutes entscheidend verbessert. Auf diese Weise wird die Verarbeitung und Verdichtung deutlich (ca. 30 °C) unter den üblicherweise zum Einbau genutzten Temperaturen möglich.

Andere Wege zur Verringerung der Einbautemperaturen erfolgen durch Zugabe organischer Zusätze wie Fischer-Tropsch-Wachse, Amid-Wachse oder Paraffine. Diese Methode ist nicht nur bei Walzasphalt, sondern auch bei Gussasphalt einsetzbar, der damit bei Temperaturen bis unter 210 °C verarbeitbar bleibt.

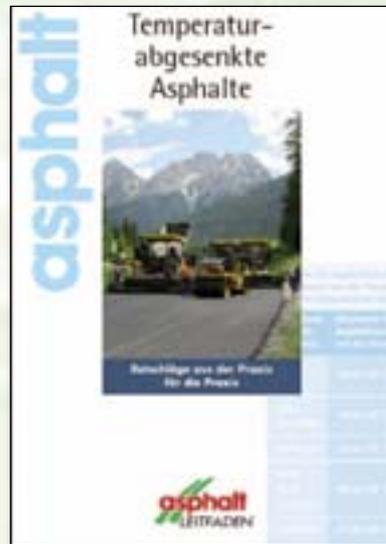


Abbildung 5:  
Leitfaden „Temperaturabgesenkte Asphalte“ des DAV

Der Einsatz derartiger Additive wird seit vielen Jahren durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) prüftechnisch begleitet. In Deutschland werden überwiegend die Additive verwendet, die sich im Rahmen einer Erprobung über mindestens fünf Jahre bewährt haben. Eine Erfahrungssammlung der BASt listet diverse Erprobungsstrecken auf, auf denen verschiedene Additive zum Einsatz gekommen sind. Die Auswirkungen wur-

den sowohl im Labor als auch in der Praxis anhand mehrerer Kriterien getestet ([www.bast.de](http://www.bast.de) unter Fachthemen/Straßenbautechnik/Temperaturreduzierte Asphaltbauweisen).

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. ([www.fgsv.de](http://www.fgsv.de)) hat im Frühjahr 2006 erstmals das Merkblatt für Temperaturabsenkung von Asphalt (MTA) heraus gegeben. Mit diesem Merkblatt haben die Auftragsverwaltungen (z.B. Straßenbauämter) die Möglichkeit, diese Asphalte gezielt auszuschreiben. An einer aktualisierten Version des MTA wird gearbeitet.

Der Deutsche Asphaltverband DAV hat im April 2009 einen Leitfaden „Temperaturabgesenkte Asphalte“ herausgegeben ([www.asphalt.de/site/startseite/literatur/](http://www.asphalt.de/site/startseite/literatur/)). Der Leitfaden (Abb. 5) gibt Ratschläge aus der Praxis für den Einbau temperaturabgesenkter Asphalte. Es werden die verschiedenen Techniken und Additive erläutert und es wird deutlich gemacht, dass diese innovative Technik sorgfältig eingesetzt werden muss.

## Vorteile des temperaturabgesenkten Einbaus

Der Gesprächskreis BITUMEN sieht es als eine seiner wichtigsten Aufgaben an, den Einsatz von Asphalt bei abgesenkten Temperaturen zu



fördern. Die Asphaltindustrie verspricht sich von dieser innovativen Entwicklung

- weniger Emissionen an der Mischanlage;
- einen geringeren Energieverbrauch;
- einen geringeren Anlagenverschleiß;
- die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Produktion;
- kaum Alterung des Bindemittels bei Produktion und Einbau;
- verbesserte Gebrauchseigenschaften des Asphaltes;
- weniger Dämpfe und Aerosole beim Einbau;
- frühere Verkehrsfreigabe ohne Qualitätseinbuße.

## Bessere Gebrauchseigenschaften

Erfreulicherweise haben viele Asphalte, die bei abgesenkten Temperaturen eingebaut werden, sogar verbesserte Gebrauchseigenschaften. Diese Verbesserungen waren der eigentliche Grund für die Entwicklung dieser Technik.

Neben einer hohen Verdichtungswilligkeit beim Einbau zeichnet sich temperaturabgesenkter Asphalt im Gebrauchsverhalten durch eine erhöhte Verformungsresistenz aus.

Auch lassen sich die im normalen Gebrauch eher schwer zu handhabenden polymermodifizierten Bitumen sehr viel besser verarbeiten. Bei Gussasphalt kann die Verformungsbeständigkeit des Asphaltes erheblich gesteigert werden.

## Deutlich geringere Belastungen der Beschäftigten

Walzasphalte können bei ca. 130 °C (statt ca. 160 °C) und Gussasphalte bei 210-220 °C (statt früher 250 °C) eingebaut werden. Diese Einbautemperaturen führen zu deutlich geringeren Belastungen der Beschäftigten (die Abbildungen 6 – 8 illustrieren dies anhand der jeweiligen 95-Percentil-Werte vieler Messungen).

Auf Baustellen gibt es beim Einsatz temperaturabgesenkter Asphalte keinen „blue smoke“ mehr – die Verarbeitbarkeit des Asphaltmischgutes bleibt dennoch gewährleistet.

Beim Gussasphalt sind die Verbesserungen derart drastisch, wie sie noch vor wenigen Jahren undenkbar schienen. Die Expositionen liegen jetzt unter 10 mg/m<sup>3</sup>.

Aus Sicht des Arbeitsschutzes ist die Absenkung der Einbautemperatur daher der Königsweg für den Schutz der Beschäftigten beim Umgang mit heißem Asphalt. Dies sieht auch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit so und hat daher die Firmen Mitteldeutsche Hartstein Industrie AG (MHI AG) sowie W. Schütz GmbH & Co. KG im Herbst 2002 bei der Verleihung des Deutschen Gefahrstoffschutzespreises für ihre Entwicklungen auf dem Gebiet der temperaturabgesenkten Asphalte ausgezeichnet.

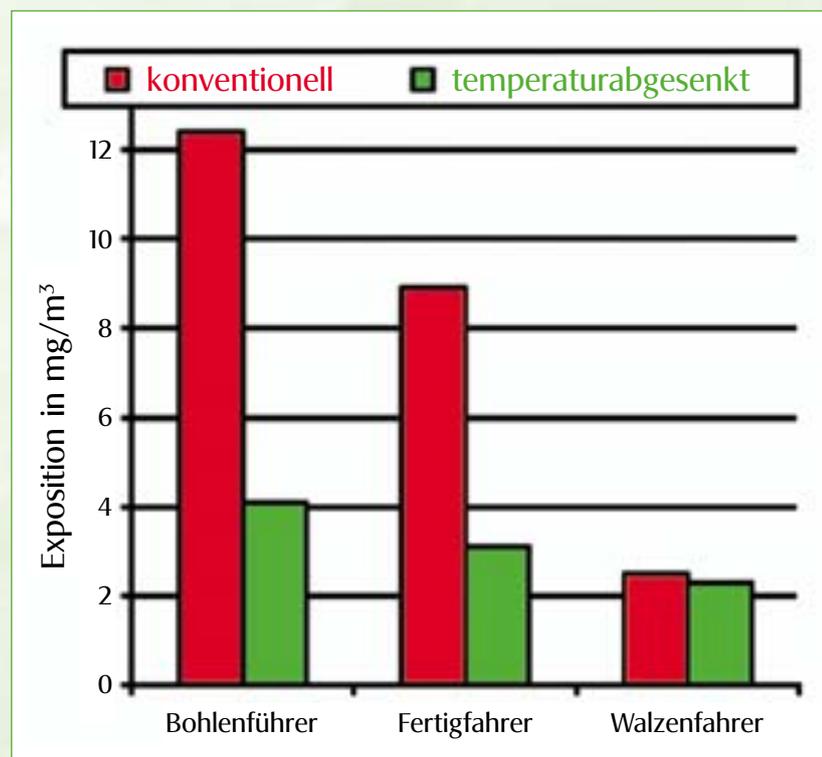


Abbildung 6: Expositionen beim konventionellen und temperaturabgesenkten Einbau von Walzasphalt (95 %-Werte der Datenkollektive)



*Verleihung des Deutschen Gefahrschutzpreises durch die Abteilungsleiterin des BMWA Frau Dr. Cornelia Fischer an Walter Barthel (Fa. MHI AG) und Ottmar W. Schütz (Fa. W. Schütz).*

## Geringere Bindemittel-Alterung

Bitumen ist die letzte Fraktion bei der Erdöldestillation. Diese Destillation verläuft schonend, so dass das Bitumen nicht verändert („gecrackt“) wird. Auch bei der Asphaltherstellung sollte das Bitumen nicht zu hoch erhitzt werden, damit es nicht „altert“ und seine Eigenschaften erhalten bleiben. Dies ist vor allem bei einer niedrigeren Einbau- und damit auch Mischtemperatur von Asphalt gewährleistet.

Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist die geringere Beanspruchung der Mischanlagen durch eine geringere Befeuerungsleistung, als dies bei normal temperiertem Asphaltmischgut der Fall ist.

## Energieeinsparung und weniger Abgase

Durch Absenken der Mischtemperatur reduziert sich der Energiebedarf an der Mischanlage. Aus den zahlreichen Abschätzungen des

Umfanges dieser Einsparung kann ein Wert von 5,9 % für eine Absenkung der Mischtemperatur um 10 °C abgeleitet werden. Für die Herstellung von Walzasphalt (Einbautemperatur 160 °C) werden 7,1 l Heizöl pro Tonne benötigt, bei konventionellem Gussasphalt 10l/t (Einbautemperatur 250 °C) ([www.gisbau.de/bitumen/Hintergrund.pdf](http://www.gisbau.de/bitumen/Hintergrund.pdf)).

Seit 2008 wird Gussasphalt nur noch temperaturabgesenkt bei maximal 230 °C eingebaut. Bei 290.000 t Gussasphalt (2007) bedeutet diese Absenkung der Einbautemperatur um 20 °C 342.200 l Heizöl weniger. Eine vierköpfige Familie benötigt für Heizung und Warmwasser 1.200 l Heizöl im Jahr.

1 l Heizöl führt zu 2,62 kg CO<sub>2</sub>, unter Berücksichtigung der neben CO<sub>2</sub> entstehenden weiteren Klimagase (Methan, Lachgas, ...) ergeben 1 l Heizöl 3,12 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

Eine Einsparung von 342.200 l Heizöl bedeutet somit 1,07 Mio kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr weniger.

Da vor allem der maschinelle Gussasphalteinbau oft unter 230 °C erfolgt, ist die tatsächlich erreichte Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes noch höher.

Bei 50 Mio t Walzasphalt (2007) ergibt sich ein Einsparpotential von 41,9 Mio l Heizöl bei einer Einbautemperatur von 140 °C (statt 160 °C) und eine Verringerung der CO<sub>2</sub> Emissionen um etwa 130.700 t. Bei einer niedrigeren Einbautemperatur sind diese Einsparungen entsprechend höher.

## Frühere Verkehrsfreigabe

Nach dem Einbau von Asphalt sehen die ZTV Asphalt StB 2007 eine ausreichende Zeitspanne von mindestens 24 Stunden zur Abkühlung vor. In der Praxis wird diese Zeit meist nicht abgewartet, da der Verkehr möglichst bald wieder fließen soll.

Mit einer früheren Verkehrsfreigabe können zum einen Kosten im Rahmen der Ausführung, als auch Kosten für die Verkehrsteilnehmer durch reduzierte Verkehrsbeeinträchtigungen gesenkt werden. Ein wesentlicher Nebeneffekt der früheren Verkehrsfreigabe ist zudem die Reduzierung von Abgasen, die ein „Stopp and Go“ Verkehr aufgrund von Verkehrsraumeinschränkungen zwangsläufig nach sich zieht.

Freigaben von deutlich weniger als 24 Stunden sind also sehr oft üblich. Aber: Es besteht die Gefahr, dass eine zu frühe Verkehrsfreigabe zu einer Schädigung des neuen Belages führt.

Mit dem temperaturabgesenkten Einbau von Asphalt ist diese Gefahr deutlich geringer. Eine frühere Verkehrsfreigabe führt bei temperaturabgesenkter Bauweise zu einer deutlich geringeren Qualitätseinbuße.

Die Erneuerung von Start- und Landebahnen, wie zum Beispiel auf den Flughäfen Frankfurt, Zweibrücken, Belgrad (Serbien) und Linz-Hörsching (Österreich), oder umfangreiche Erneuerungen in Stadtgebieten, wie Mittlerer Ring in

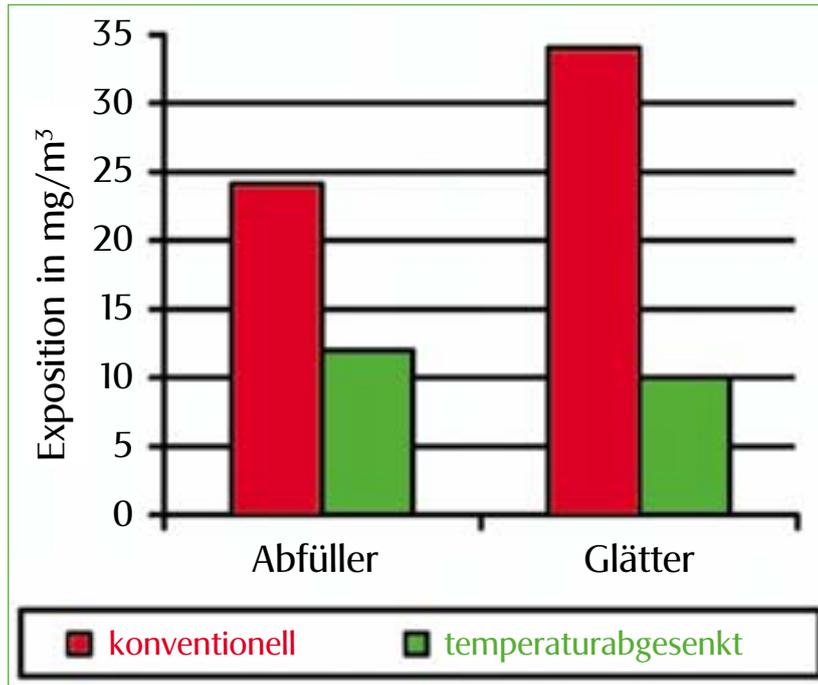


Abbildung 7:  
Expositionen beim konventionellen und temperaturabgesenkten Einbau von Gussasphalt von Hand (95 %-Werte der Datenkollektive)

München, in Dresden, Leipzig und Chemnitz, oder auch die Erneuerungen auf schwer belasteten Bundesstraßen, wie der B 92 im Vogtland Richtung Tschechien, sind Belege für erfolgreiche sehr frühe Verkehrsfreigaben.

## Nachteile durch temperaturabgesenkten Einbau?

Asphalte, die bei abgesenkten Temperaturen eingebaut werden, kosten mehr als konventionelle Asphalte, je nach Art der einzubauenden Schicht. Berücksichtigt man die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen, die verbesserten Gebrauchseigenschaften, aber auch die effizientere Arbeitsweise durch die Möglichkeiten einer früheren

Verkehrsfreigabe, dürften diese Mehrkosten teilweise, wenn nicht sogar komplett wieder aufgefangen werden.

In einer derartigen Rechnung ist die deutlich niedrigere Belastung der Beschäftigten noch nicht mit eingerechnet. Geringere Emissionen äußern sich weniger in finanziellen Aspekten als durch eine größere Zufriedenheit am Arbeitsplatz.

Die vielen überzeugenden Gründe für die Nutzung von temperaturabgesenktem Walzasphalt haben leider noch keine flächendeckende Umsetzung in die Praxis bewirkt. Es sind Offensiven für diese Bauweise notwendig. Dies schließt auch die öffentliche Hand ein, die diese innovative Bauweise in ihren Ausschreibungen mindestens als Alternativposition vorsehen sollte.

## Verstärkte Innovationsorientierung öffentlicher Beschaffung

Anfang 2008 haben sich sechs Bundesministerien verpflichtet, verstärkt neue Technologien und Innovationen im Rahmen ihrer öffentlichen Beschaffungen zu berücksichtigen ([www.gisbau.de/bitumen.html](http://www.gisbau.de/bitumen.html), Link „Abgesenkte Temperaturen“).

Die Ministerien führen aus, dass sich eine neue Technologie trotz ei-

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) teilt zudem mit, dass mit innovativen Beschaffungsprojekten politische Wirkungen verbunden sein können. Sie können damit zu Zielen der Nachhaltigkeit (Umweltschutz, Energieeffizienz), Sicherheit, Gesundheit, Verbraucher- oder Arbeitsschutz beitragen. Die Beschaffung energiesparender und emissionsarmer Produkte soll begünstigt werden.

Für ein innovationsorientiertes Beschaffungswesen kommt es laut BMVBS darauf an, die Dialogbereitschaft zwischen allen Personengruppen zu fördern, z. B. durch Fachgespräche, Konferenzen, Präsentationen, Messen und gezielten Informationsaustausch über gelungene Beschaffungen von Innovationen.

ner möglichen höheren Anfangsinvestition bei Berücksichtigung der Lebenszykluskosten gegenüber herkömmlichen Technologien als langfristig wirtschaftlicher herausstellen kann. Dies vor allem, wenn auch üblicherweise in der Kostenrechnung nicht erfasste Einflussgrößen berücksichtigt werden. Für die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten sind die Kosten eines Produktes über all seine Lebensphasen (vom Erwerb bis zur Entsorgung) zu analysieren.

Temperaturabgesenkter Asphalt ist sicherlich eine Innovation, die unter diese Selbstverpflichtung fällt. Ein entsprechender Hinweis bei der Angebotsabgabe könnte ein weiterer Schritt hin zur größeren Akzeptanz dieser Technik sein.

## Auswirkungen von REACH auf den Einbau von Walzasphalt

Die europäische Binnenmarkttrichtlinie REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) fordert die Registrierung aller Stoffe mit einer Produktion über 1.000 Tonnen pro Jahr bis zum 1. Dezember 2010. Mit dieser Registrierung muss jeder Hersteller Grenzwerte (DNEL, Derived No Effect Level) und Schutzmaßnahmen für den Arbeitsschutz, den Umweltschutz, den Gewässerschutz usw. angeben.

Dies bedeutet u.a., dass auch von den Bitumenherstellern ein DNEL für Emissionen aus Bitumen ange-

geben werden muss. Noch offen ist, ob dieser DNEL wie der alte Deutsche Grenzwert auf Basis von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen aufgestellt wird. Denkbar wären auch andere DNEL wie ausschließlich der Aerosolanteil der Emissionen aus Bitumen oder eine ganz andere Bezugsgröße.

Nach mehreren Gesprächen mit Eurobitume, dem europäischen Verband der Bitumenhersteller, gibt es eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass sich der DNEL auf Dämpfe und Aerosole aus Bitumen beziehen wird. Offen ist die Höhe des DNEL. Die Ergebnisse der Rattenstudie des Fraunhofer-Instituts (s. Kapitel „Ratteninhalationsstudie“) legen einen deutlich unter  $10 \text{ mg/m}^3$  liegenden Wert nahe. Dies ist vor allem dadurch bedingt, dass die Konzentration, bei der bei den Ratten irritative Effekte der Atemwege festgestellt wurden, auf den Menschen umge-

rechnet werden müssen. Hierbei werden üblicherweise Extrapolationsfaktoren berücksichtigt, etwa ein Faktor von 100. Bei den Ratten zeigten sich bei  $20 \text{ mg/m}^3$  Effekte, bei  $4 \text{ mg/m}^3$  keine Effekte mehr.

Die Bitumenhersteller warten daher auf die Ergebnisse der Humanstudie Bitumen (S.30/31). Die Ergebnisse dieser Studie am Menschen lassen unter Umständen die Ermittlung eines DNEL zu, ohne entsprechende Extrapolationsfaktoren berücksichtigen zu müssen.

Grundsätzlich liegt aber die Vermutung nahe, dass der DNEL, wenn er denn auf Dämpfe und Aerosole bezogen wird, unter  $10 \text{ mg/m}^3$  liegen wird.

Falls diese Annahmen zum Tragen kommen, könnte der temperaturabgesenkte Einbau von Walzasphalt die Lösung sein.

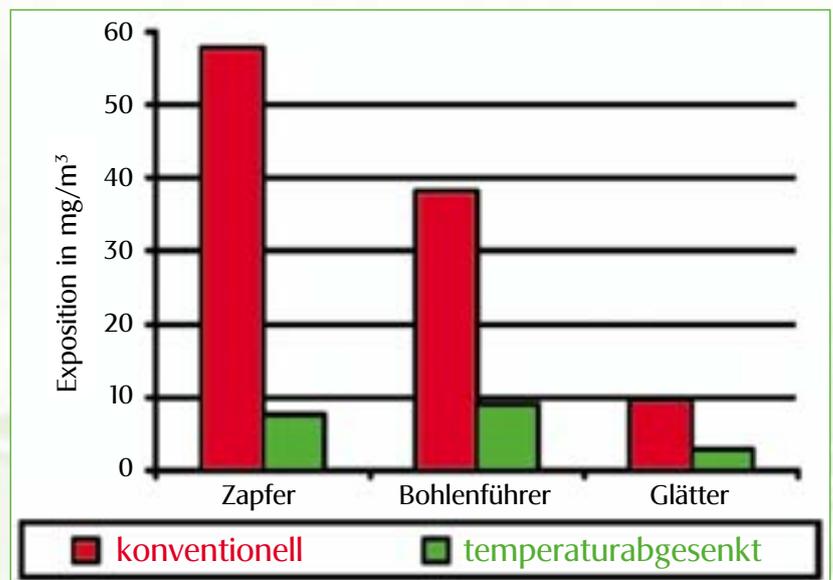


Abbildung 8: Expositionen beim konventionellen und temperaturabgesenkten maschinellen Einbau von Gussasphalt (95 %-Werte der Datenkollektive)

## Arbeitsminister begrüßt temperaturabgesenkten Asphalt

Die nicht nur aus Sicht des Arbeitsschutzes offensichtlichen Vorteile der temperaturabgesenkten Asphaltbauweise haben das hessische Ministerium für Arbeit, Familie und Gesundheit bewogen, im Juli 2009 zu einer Pressekonferenz auf der Asphaltmischanlage der Fa. W. Schütz GmbH & Co. KG in Oberursel-Weißkirchen einzuladen.

Herr Ottmar Schütz begrüßte Minister Jürgen Banzer und wies darauf hin, dass die Fa. Schütz schon Anfang der 90er Jahre begann, die Verarbeitbarkeit des Asphaltes mit Hilfe von Additiven zu verbessern. Nach einigen Testflächen wurde u.a. die Zufahrt zum wichtigsten Werkstor der damaligen Hoechst AG von der Fa. Schütz temperaturabgesenkt gebaut: „Wenn ich mir nicht sicher gewesen wäre, dass es funktioniert, hätte ich diese extrem belastete Straße nicht temperaturabgesenkt gebaut“.

Herr Schütz machte deutlich, dass auch andere Firmen ähnliche Techniken entwickelt haben und erwähnte hier vor allem die Fa. MHI, die Zeolithe als Additive bei Walzasphalt verwendet.

Jeder Autofahrer kennt die Einbaukolonnen, die im Sommer bei großer Hitze mit freiem Oberkörper den heißen Asphalt einbauen, machte Minister Banzer deutlich. Daher erscheint es ihm nur folgerichtig, die Einbautemperatur abzusenken. Wenn dabei zahlreiche weitere Vorteile genutzt werden können, spreche dies doch eindeutig für diese Technik.

Den von Herrn Schütz genannten Vorteilen dieser innovativen Technik fügte Herr Banzer noch die Möglichkeit hinzu, den Verkehr wieder schneller fließen zu lassen. „Der Arbeitsschutz ist hier somit Wegbereiter des Klimaschutzes und erreicht zugleich eine höhere Wirtschaftlichkeit“ erläuterte der Minister, der seinen hessischen Verkehrsministerkollegen Dieter Posch auffordern will, bei Ausschreibungen die temperaturabgesenkte Bauweise stärker zu berücksichtigen.

Für den Gesprächskreis BITUMEN wies Dr. Reinhold Rühl darauf hin, dass diese innovative Technik derzeit in ihrem Ursprungsland weniger diskutiert wird als im Ausland.

Daher bat er Herrn Minister Banzer, sich für diese maßgeblich in Hessen entwickelte Technik einzusetzen und zu verhindern, dass diese Innovation in einigen Jahren aus dem Ausland importiert wird, obwohl sie in Deutschland entwickelt wurde. Die Geschichte des MP3-Players sei Allen noch gegenwärtig.

Im Anschluss an diese Statements demonstrierte die Fa. Schütz den Einbau von Gussasphalt, wobei Minister Banzer selbst Hand anlegte. Da die Sonne schien und es sehr warm war an diesem Tag, war für Alle offensichtlich, dass der temperaturabgesenkte Gussasphalt (er hatte eine Temperatur von 199 °C!!) eine Erleichterung für die Beschäftigten darstellt.

*Herr Ottmar Schütz erläutert Minister Jürgen Banzer den Gussasphalteinbau*



# Beispiele für den Einbau von Asph

Die folgenden Baustellen sollen die Möglichkeiten des Einbaues von Asphalt bei abgesenkten Temperaturen demonstrieren. Ansprechpartner sowie weitere Informationen zu diesen Baustellen sind auf der Webseite des Gesprächskreises zu finden.

## Asphalt hält Containern stand

Container-Stellplätze müssen enormen Belastungen standhalten, vor allem, wenn mehrere Container aufeinander gestapelt werden. Asphalt, der bei abgesenkten Temperaturen eingebaut wurde, hat neben vielen anderen positiven Eigenschaften auch eine höhere Resistenz gegen Verformungen.

Daher wurde schon 1997 Asphalt auf einem Containerumschlagplatz im Industriepark Hoechst bei abgesenkten Temperaturen eingebaut. Auch nach zwölf Jahren erfüllt der Asphalt die enormen Anforderungen an den Belag auf ei-



Asphalt hält Containern stand



Brückenbeschichtungen werden durch abgesenkte Temperatur geschont

nem Umschlagplatz zur vollsten Zufriedenheit.

## Abgesenkte Temperaturen schonen Brückenbeschichtungen

Im August 2001 wurde die Autobahn A4 auf der Rodenkirchener Brücke bei Köln saniert. Da die

Brücke mit einer temperaturempfindlichen Beschichtung versehen ist, mussten die Einbau-Temperaturen des Fahrbelages möglichst gering sein. Dies gelang mit einem Gussasphalt, der bei 220 – 230 °C eingebaut werden konnte. Alle während der Einbauarbeiten vorgenommenen Arbeitsplatzmessungen ergaben Expositionen der Gussasphaltarbeiter unter 10 mg/m<sup>3</sup>.

Bei diesen Sanierungsarbeiten der Rodenkirchener Brücke konnte man sich auf Erfahrungen von 1997 stützen, als Gussasphalt bereits auf der Grünwaldbrücke der A 59 bei abgesenkten Temperaturen eingebaut wurde, ebenfalls wegen einer temperaturempfindlichen Beschichtung.

Mittlerweile gehört der Einsatz von Temperatur abgesenkten Gussasphalten auf Stahlbrücken zu dem anerkannten Stand der Technik.

# alt bei abgesenkten Temperaturen

## Temperaturabgesenkte Asphalte in Frankreich

Asphalt wird nicht allein in Deutschland bei abgesenkten Temperaturen eingebaut, auch im Ausland setzt man auf diese Technik. So wurde in Orly bei Paris parallel Asphalt bei üblichen (160 °C) und bei abgesenkten Temperaturen eingebaut. Trotz Regen und 11 °C Außentemperatur ließ sich auf dieser Baustelle der Asphalt bei 140 °C gut einbauen. Die Exposition war an den Arbeitsplätzen beim Einbau bei niedrigeren Temperaturen deutlich geringer.

## Nach Tschechien über TA Walzasphalt

Die Europastrasse E 49 führt durch das Vogtland in das benachbarte Tschechien. Sie wird gerne von „Mautflüchtlingen“ genutzt und

war nach der ersten Erneuerung nach 1990 dem heutigen Verkehrsaufkommen kaum gewachsen. Ab 2005 wurden Teilabschnitte mit einer Länge von 23,5 km (173 tm<sup>2</sup>), verbunden mit dem Neubau der Ortsumgehung Bad Brambach, in temperaturabgesenktem Walzasphalt (Binder und Splittmastix-Deckschicht) ausgeführt.

Alle Erneuerungsteilabschnitte wurden freitags gefräst, am Samstag wurde der Binder und am Sonntag unter Vollsperrung der SMA eingebaut. Durch den temperaturabgesenkten Einbau war die Verkehrsfreigabe um 22.00 Uhr ohne Qualitätsverlust möglich.

## Fernpass wird mit temperaturabgesenktem Asphalt saniert

Das Straßenbauamt der Tiroler Landesregierung forderte 2003 in einer Ausschreibung für die Sanie-



Einbau bei abgesenkten Temperaturen am Fernpass

rung mehrerer Teilstrecken des Fernpasses ausdrücklich Bitumen „Niedertemperatur“. Den Asphalt lieferte ein bayrisches Asphalt-Mischwerk nach Österreich.

Die sanierten Teilstrecken des Fernpasses liegen über 1.800 Meter hoch. Der Einbau erfolgte bei einer Temperatur von 128-135 °C. Die neu verlegte Asphaltstrecke konnte schon 20 Minuten nach Einbau wieder dem Verkehr übergeben werden.

Einbau bei abgesenkten Temperaturen auch in Frankreich



# Beispiele für den Einbau von Asph



Frankfurter Landebahn wird bei abgesenkter Temperatur saniert

## Start- und Landebahnen nur mit abgesenkter Temperatur zu sanieren

Der Flughafen Frankfurt hat seine teilweise über 35 Jahre alte Start- und Landebahn Nord aus Beton, sowie die Zufahrtswege in den vergangenen Jahren grundlegend mit temperaturabgesenktem Asphalt erneuert. Die vier Kilometer lange und 60 Meter breite Piste hat jährlich rund 200.000 Starts und Landungen zu verkraften. Die Flugzeuge starten und landen jeden Morgen ab sechs Uhr. Zu dieser Zeit muss die neue 60 cm dicke Asphaltsschicht bereits auf mindestens 80 °C abgekühlt sein. Das ist nur mit abgesenkten Mischgut-Temperaturen von 120 °C – 130 °C zu schaffen.

In rund 300 Einzelabschnitten wurde die Start- und Landebahn neu gebaut. Die Arbeitszeit auf der Baustelle begann um 22.30 Uhr und endete um sechs Uhr morgens. Tagsüber herrschte regulärer Start- und Landebetrieb.

Das innovative Verfahren wurde und wird inzwischen bei der Sanierung der Start- und Landebahnen weltweit von vielen weiteren Flughäfen eingesetzt und gilt mittlerweile als anerkannter Stand der Technik.

Ein aktuelles Beispiel ist der Flughafen Zürich. Die Piste 16/34 ist dort mit einer Länge von 3.700 m die längste der drei Start- und Landebahnen. In den Nächten von April bis Oktober 2008 erfolgte die Sanierung des 23 m breiten Mittelstreifens der 60 m breiten Betonpiste mit einem Asphaltbelag. Von

23.30 bis 05.30 Uhr wurde die 35 cm dicke Betondecke im Mittelstreifen abgebrochen und die Asphalttragschicht, -binderschicht und -deckschicht eingebracht.

Um 05.30 Uhr wurde nicht nur die Sauberkeit der Piste kontrolliert, sondern vor allem die Oberflächentemperatur. Damit ab 06.00 Uhr wieder Flugzeuge landen konnten, musste sie unter 80 °C liegen. Dies war nur mit temperaturabgesenktem Asphalt zu erreichen.

## Warm Mix Asphalt in den USA

Delegationen der National Asphalt Paving Association (NAPA), der US Federal Highway Administration und des National Institut of Occupational Safety and Health haben sich im August 2002 und im Mai 2007 in Deutschland über die Technik des temperaturabgesenkten Asphalteinbaus informiert.

In den USA wird viel über „Warm Mix Asphalt“ (WMA) diskutiert. So heißt dort der Asphalt, der temperaturabgesenkt eingebaut wird, im Gegensatz zum „Hot Mix Asphalt“.

Im November 2008 fand eine ‚Warm-Mix-Asphalt‘-Konferenz in Nashville/USA statt, bei der man den Eindruck hatte, dass die USA inzwischen Vorreiter dieser Technik ist. Hierzu trägt auch die sehr informative Webseite [www.warm-](http://www.warm-)

# alt bei abgesenkten Temperaturen



Asphalteinbau bei abgesenkten Temperaturen in Slowenien

mixasphalt.com bei. Weitere Informationen unter [www.gisbau.de/bitumen.html](http://www.gisbau.de/bitumen.html) ‚Aktuelles‘.

## BAST begleitet Einbau bei abgesenkten Temperaturen

Im Mai und September 2004 wurden auf der A 7 und der B 106 Versuchsstrecken mit Walzasphalt bei abgesenkten Temperaturen eingebaut. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) und der Gesprächskreis BITUMEN begleiteten diesen Einbau.

Es konnte bei beiden Baumaßnahmen (Einbautemperaturen unter 140°C) erfolgreich demonstriert werden, dass die Herstellung und Verarbeitung von temperaturabgesenkten Asphalten unter Verwendung verschiedener viskositätsveränderter Bindemittel möglich ist.

Die Expositionen lagen auf der A 7 unter 2 mg/m<sup>3</sup>, auf der B 106 bei maximal 5 mg/m<sup>3</sup>.

Die weitere Beobachtung dieser Versuchsstrecken zeigt bisher, dass keine nachteilige Veränderungen der Gebrauchseigenschaften der temperaturabgesenkten Asphalte

zu erwarten sind. Die hier erprobten Produkte können somit in die von der BAST veröffentlichte Erfahrungssammlung über die Verwendung von Fertigprodukten und Zusätzen zur Temperaturabsenkung von Asphalt aufgenommen werden.

## Slowenien baut ebenfalls abgesenkt ein

Im Oktober 2005 wurde in Slowenien Walzasphalt parallel bei normalen und abgesenkten Temperaturen eingebaut. Beim Einbau des konventionellen Asphaltes (168 °C) ergaben sich für den Fertigerfahrer 3,8 mg/m<sup>3</sup> und für den Bohlenführer 9,4 und 2,7 mg/m<sup>3</sup>. Beim Einbau bei 143 °C lagen die entsprechenden Expositionen bei 2,8 und 5,1 bzw. 2,7 mg/m<sup>3</sup>.



Einbau mit abgesenkten Temperaturen auf der A 7

# Beispiele für den Einbau von Asph



Temperaturabgesenkter Gussasphalteinbau bei Obertshausen

## 5.000 t TA Gussasphalt auf A3

Im Mai und Juni 2007 wurden auf der A3 bei Obertshausen-Hanau insgesamt 5.000 t Gussasphalt bei 210-230 °C eingebaut.

Die Expositionen des Zapfers lagen bei 12 mg/m<sup>3</sup> und damit um 80 % niedriger als beim konventionellen Gussasphalt, der Bohlenführer hatte eine Exposition von nur 4,2 mg/m<sup>3</sup>, das bedeutet eine Absenkung um 89 %.

Allein bei dieser Baumaßnahme wurden 8.850 Liter Heizöl durch den temperaturabgesenkten Einbau gespart. Damit kann eine vierköpfige Familie fast acht Jahre heizen.

## Temperaturabgesenkter Walzasphalt im Eisenbahntunnel

Die Bahnstrecke Frankfurt-Kassel führt südlich von Fulda durch den

ca. 90 Jahre alten Schlüchterner Tunnel. Aufgrund der fortschreitenden Entfestigung an der Oberfläche des Mauerwerksgewölbes wurde der alte Schlüchterner Tunnel als längerfristig nicht mehr verkehrssicher eingestuft. Daher wurde der zweigleisige neue Schlüchterner Tunnel gebaut.

Um den Einbau der zwei Gleise und vor allem die nach Sanierung des alten Tunnels geplante eingleisige Verlegung zu vereinfachen, wurde die Ausführung als ‚Feste Fahrbahn‘ gewählt. Dabei werden die Schwellen auf eine Asphalt-schicht verlegt.

Im Juli 2009 wurde Walzasphalt temperaturabgesenkt eingebaut. Die temperaturabgesenkte Bauweise musste gewählt werden, da beim konventionellen Walzasphalteinbau im Tunnel Expositionen von fast 19 mg/m<sup>3</sup> Dämpfe und Aerosole aus Bitumen vorliegen.



Temperaturabgesenkte Walzasphalt im Schlüchterner Tunnel

# alt bei abgesenkten Temperaturen

Im 4.000m langen Tunnel wurden 4.000 t Deckschicht und 4.800 t Tragschicht temperaturabgesenkter Walzasphalt eingebaut. Die Einbautemperatur betrug 131 °C.

Die Expositionen des Fertigerfahrers lag bei 1,4 mg/m<sup>3</sup>, des Bohlenführers bei 2,1 mg/m<sup>3</sup> und des Walzenfahrers bei 1,1 mg/m<sup>3</sup>. Dies bedeutet eine Verringerung der Expositionen um 93%, 89% bzw. 85%!

## Innovation im Stadtstraßenbau

Vierspurige Straßen, gekreuzt von S-Bahngleisen sowie Fuß- und Radwegen durchziehen das Stadtbild vieler deutscher Großstädte. Dies stellt besondere Herausforderungen hinsichtlich Sperrzeiten und Umleitungen dar. Die Stadt München setzt immer wieder temperaturabgesenkten Walzasphalt bei der Sanierung stark frequentierter und damit hoch belasteten Straßenabschnitte ein. Nur so ist eine schnelle Verkehrsfreigabe ohne Qualitätsverlust zu gewährleisten.



Temperaturabgesenkter Walzasphalt ermöglicht frühe Verkehrsfreigabe bei Münchner Nachtbaustellen

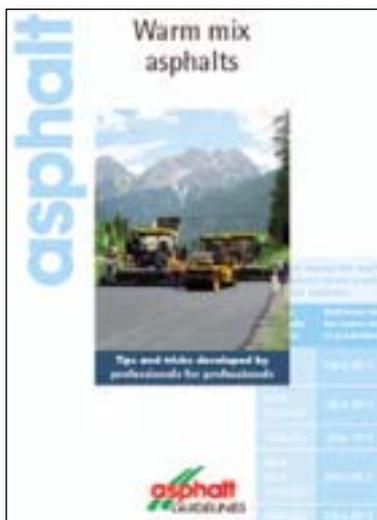
## Weitere Techniken zum temperaturabgesenktem Einbau von Asphalt

Die hier sowie auf der Webseite des Gesprächskreises BITUMEN aufgeführten Einbaubeispiele beziehen sich auf Asphalte mit dem Zusatz von Fischer-Tropsch-Wachsen, Fettsäureamiden, Montanwachsen oder Zeolithen als viskositätsverändernde Bestandteile. Für diese ist eine entsprechende Emissionsminderung belegt.

Es gibt weitere Techniken bzw. Bindemittel, mit denen eine Temperaturabsenkung möglich ist. Ob beim

Gussasphalteinbau die dadurch erreichte Emissionsminderung ausreichend ist, muss messtechnisch noch belegt werden.

Es wird empfohlen solche Baumaßnahmen solange von den Arbeitsschutzverwaltungen der Länder, der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft und der Bundesanstalt für Straßenwesen begleiten zu lassen, bis ausreichend Messdaten für eine allgemeine Aussage vorhanden sind.



## Krebshäufigkeit bei Asphaltarbeitern

Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) in Lyon, Frankreich, betreut seit 1992 die Internationale Bitumen-Kohortenstudie. An dieser Studie sind Frankreich, Niederlande, Finnland, Norwegen, Dänemark und Israel beteiligt (Abb. 9). Für Deutschland sind die Universität Bremen und das Bremer Institut für Präventionsforschung und Sozialmedizin (BIPS) für die Durchführung der Studie verantwortlich (Prof. Dr. Ahrens; [www.bips.uni-bremen.de](http://www.bips.uni-bremen.de), nach „Bitumen“ suchen).

In die Studienpopulation eingeschlossen wurden Männer, die in einem Asphalt verarbeitenden Be-

trieb tätig sind oder tätig waren. Im ersten Follow-up der Kohortenstudie bis zum Jahr 1999 wurde ein leicht erhöhtes Auftreten von Lungenkrebsfällen bei Arbeitern in Asphalt verarbeitenden Betrieben beobachtet. Es wurde jedoch kein Zusammenhang mit beruflichen Belastungen durch Emissionen aus Bitumen festgestellt. Aus diesen Daten lies sich nicht klären, ob die erhöhte Krebsrate durch eine Aufnahme von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen hervorgerufen wurde, oder ob nicht vielmehr ein früherer Kontakt mit teerhaltigen Produkten, Belastungen aus anderen Berufstätigkeiten außerhalb der Asphaltindustrie, das Einatmen von Dieselabgasen oder der Konsum von Zigaretten für den Mortalitätsanstieg verantwortlich zeichnen.

Daher schloss sich eine Studie an, die detaillierte Angaben zu Hygienemaßnahmen und Arbeitsbedin-

gungen beim Umgang mit Bitumen der Kohortenmitglieder erfasste.

Um eine Beeinflussung durch vorangegangene berufliche Tätigkeiten oder bestimmte Nebentätigkeiten auszuschließen wurden auch berufliche Faktoren außerhalb der Tätigkeit in der Asphalt verarbeitenden Industrie ermittelt. Weiterhin wurde die individuelle Belastung durch Rauchen detailliert erfasst.

Bei verstorbenen Personen wurden Angehörige interviewt. Zusätzlich wurden Kollegen befragt, die am selben Arbeitsplatz wie die verstorbenen Fälle tätig waren, um valide Angaben zu Expositionen am Arbeitsplatz zu erhalten.

In der abschließenden Analyse wurden dann die an Lungenkrebs verstorbenen Asphaltarbeiter mit einer Gruppe von zufällig ausgewählten Beschäftigten ohne diese Erkrankung verglichen.

Die Studie kommt zum Ergebnis, dass Asphaltarbeiter überdurchschnittlich viel rauchen. Insgesamt wurde aber keine Korrelation zwischen der Exposition gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen und der Krebshäufigkeit festgestellt.

## Ratten-Inhalationsstudie

Das Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin (ITEM) in Hannover (Prof. Heinrich) hat eine Langzeitinhalations-

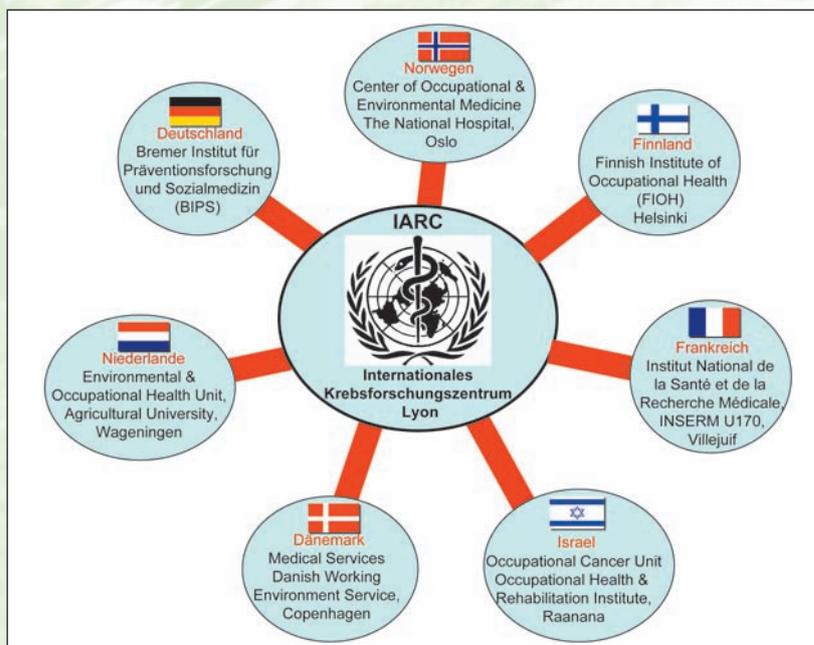


Abbildung 9:  
Verbund der an der IARC-Studie beteiligten Institute

studie durchgeführt, die Aufschluss über das kanzerogene Potential von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen nach inhalativer Aufnahme geben soll. Dies erfolgte durch eine zweijährige Exposition von Ratten gegenüber unterschiedlichen Konzentrationen von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen und der Messung geeigneter biologischer Endpunkte. Die Exposition war dabei in ihrer chemischen Zusammensetzung, insbesondere hinsichtlich der hochsiedenden polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, mit derjenigen an typischen Arbeitsplätzen im Strassenbau vergleichbar.

Die Untersuchungen unterteilen sich in eine

- eine technische Vorstudie,
- eine Studie zur akuten Toxizität,
- eine 14-Tage und eine 90-Tage Dosisfindungsstudie und
- die 24-Monats-Kanzerogenitätsstudie.

In der technischen Vorstudie wurde ein Verfahren zur Generation der Expositionsatmosphäre entwickelt und validiert. Die Dämpfe und Aerosole aus Bitumen wurden dabei aus dem Gasraum eines großen Lagertanks gesammelt und auskondensiert (Abb. 10). Aus diesen Kondensaten können mittels eines speziell entwickelten Generationssystems wieder unterschiedliche Konzentrationen von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen hergestellt werden.

Mit der 24-Monats-Kanzerogenitätsstudie an Ratten wurde im März 2003 begonnen. Die Studie

wurde mit vier Gruppen durchgeführt, die gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen (4, 20, 100 mg/m<sup>3</sup>) exponiert wurden. Zusätzlich zu den histopathologischen Gewebeuntersuchungen am Ende der Studie wurden nach 7 und 90 Tagen sowie 12 Monaten Untersuchungen der Lungenspülflüssigkeit sowie Untersuchungen zur Zellproliferation des Nasen- und Lungenepithels durchgeführt.

In einer zweiten Studie wurden Dämpfe und Aerosole aus Bitumen auf ihre molekulartoxikologischen Wirkungen in einer Inhalationsstudie an Ratten in einem Studiendesign mit 3 Dosisstufen (4, 20 und 100 mg/m<sup>3</sup>) und 4 Zeitpunkten (5 Tage, 1, 3 und 12 Monate) untersucht. Es wurde gezielt nach genotoxischen Wirkungen durch Bestimmung von stabilen DNA Addukten (<sup>32</sup>P-Postlabelling, Mikrokerne und quantitative Erfassung des 8-OHdG-Adduktes) in Geweben der Atemwege (Lunge, Alveolarepithel, respiratorisches Epithel der Nase) sowie lymphozytäre DNA gesucht. Des Weiteren wurden 14 polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie deren metabolische Abbauprodukte in Urinproben exponierter Tiere untersucht.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Studien: „Die Inhalation von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen über einen Zeitraum von zwei Jahren hat bei den Versuchstieren (Ratten) im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die nur reine Luft eingeatmet hat, nicht zu einem statistisch relevanten Anstieg in der

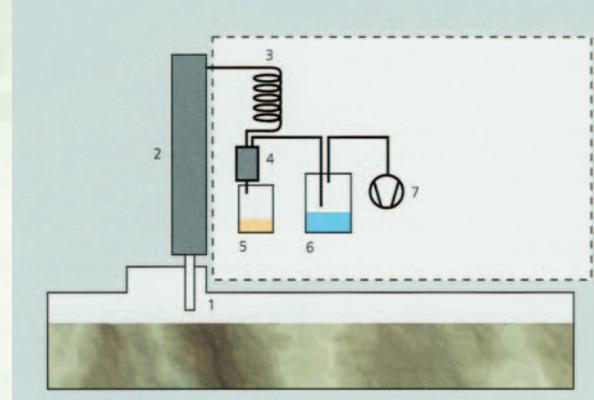


Abbildung 10: Sammelapparatur für Kondensat aus Bitumen. Das Dampf-Aerosol-Gemisch wird aus dem geheizten (180°C) Bitumentank (1) durch ein beheiztes Rohr (2) und eine Edelstahlspirale (3) in einen Kühler (4) und in einem Gefäß (5) aufgefangen. Eine Wasserfalle (6) schützt die Pumpe (7).

Krebsrate geführt, weder insgesamt noch in spezifischen Organen. Aufgrund dieser Ergebnisse können Dämpfe und Aerosole aus Bitumen nicht als krebserregend für Ratten angesehen werden. Vereinzelt wurden in Nasengängen und Lunge Reizungserscheinungen festgestellt, die auf die Wirkung der Dämpfe zurückzuführen sind.“

Weitere Informationen sind auf der Webseite des Gesprächskreises zu finden.

## Hautpinselungsstudie

In den USA wurde eine Hautpinselungsstudie mit Dämpfen und Aerosolen aus Destillationsbitumen durchgeführt. Dabei wurde Mäusen zwei Jahre lang jeden Tag ein Kondensat von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen auf die Haut aufgetragen (50 mg pro Woche). Die Hauptergebnisse der Studie sind:

- Dämpfe und Aerosole aus Bitumen haben keine krebserregende Wirkung.

- Lediglich geringe Hautirritationen wurden festgestellt.
- Die Überlebensraten der belasteten Tiere waren genauso wie in der nicht belasteten Kontrollgruppe.
- Andere die Gesundheit der Versuchstiere belastende Resultate wurden nicht gefunden.

## Dermale Resorption von Emissionen aus heißem Bitumen

Am Institut und der Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin des Universitätsklinikums Gießen und Marburg wurde die dermale Resorption von Bitumen-Emissionen untersucht.

In einer Kammer wurden reproduzierbar Bitumen-Emissionen bei ca. 200 °C generiert. In dieser Kammer erfolgten standardisierte Expositionen von insgesamt 10 Personen gegenüber dem damals für Innenräume vorgegebenen Grenzwert von 20mg/m<sup>3</sup> Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen. Verwendet wurde das am häufigsten in der Praxis eingesetzte Bitumen 50/70 (früher B 65).

Der Versuchsablauf berücksichtigte praxisrelevante Gegebenheiten wie 8-stündige Expositionszeiten oder Aufenthalt in der Versuchskammer mit unbekleidetem Oberkörper. Zum Ausschluss einer Inhalation trugen die Probanden eine gebläseunterstützte Atemschutzmaske. Zur Bilanzierung einer dermalen und kombinierten inhalativ/dermalen Inkorporation wurden in einer weiteren Untersuchung zwei der zehn Probanden ohne Atem-

schutz unter den gleichen Versuchsbedingungen exponiert. Die Quantifizierung der resorbierten Bitumen-Emissionen orientierte sich am Biomonitoring der Metabolite der in den Emissionen vorliegenden polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) Pyren, Chrysen und Phenanthren im Urin.

Abbildung 11 zeigt eine deutliche dermale Resorption der in den Bitumen-Emissionen vorhandenen PAK. Eine Bilanzierung anhand der bei den beiden mit und ohne Atemschutz exponierten Probanden ermittelten PAK-Harnkonzentration ergab einen über die Haut resorbierten Anteil im Falle von Chrysen, Phenanthren und Pyren von 50 – 60 % der insgesamt inkorporierten Menge.

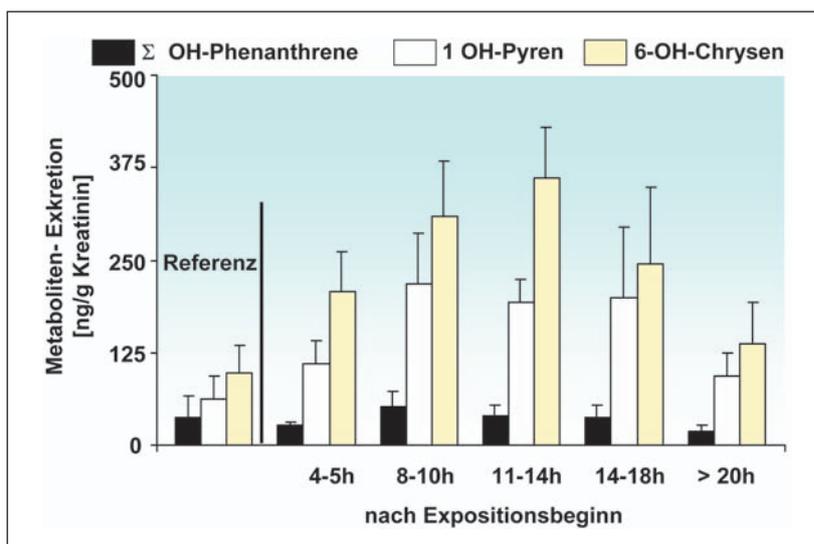


Abbildung 11: Konzentration dreier PAK-Metabolite von 10 Atemschutz tragenden Personen vor, während und nach Exposition gegenüber Bitumen-Emissionen von 20 mg/m<sup>3</sup>

## Dermale Resorption bei Kontakt mit kaltem Bitumen?

Es wurden 134 Beschäftigte eines Bitumendämpfungsfolien herstellenden Betriebes hinsichtlich äußerer und innerer PAK-Belastung untersucht. Dabei lag die Temperatur des Bitumens, mit dem die Beschäftigten in Kontakt kamen, überwiegend unter 50 °C. Die äußere Exposition wurde mithilfe personengebundener Luftmessungen bestimmt (16 EPA-PAK).

	Raucher		Nichtraucher	
	n	µg/g Kreatinin	n	µg/g Kreatinin
<b>Kontrollen</b>				
<b>Bürotätigkeit</b>	24	0,16	40	0,05
<b>Bitumenexponierte</b>				
<b>Stapelfahrer</b>	8	0,26	7	0,11
<b>Kalenderführer</b>	6	0,23	2	0,14
<b>Anlagenfahrer</b>	4	0,23	4	0,08
<b>Chargierbetrieb</b>	6	0,18	6	0,05
<b>Instandhaltung</b>	8	0,19	9	0,07
<b>Abnehmer</b>	14	0,13	17	0,09
<b>Sonstige</b>	18	0,23	25	0,07

Tabelle 6:  
Medianwerte der 1-Hydroxypyren-Konzentration [µg/g Kreatinin]

Zur Erfassung der inneren PAK-Belastung wurden die Metabolite 1-Hydroxypyren (Tab. 6); 1-, (2+9)-, 3- und 4-Hydroxyphenanthren sowie 1- und 2-Naphthol im Urin bestimmt. Als Kontrollkollektiv wurden 64 beruflich nicht PAK-exponierte Personen untersucht.

Alle im Urin gemessenen Konzentrationen der PAK-Metaboliten lagen im Bereich der Basisausscheidung der Allgemeinbevölkerung. Die Raucher des Kontrollkollektivs hatten höhere PAK-Ausscheidungen als die nicht rauchenden exponierten Personen.

Bei der untersuchten Form der Bitumenverarbeitung kann das Gesundheitsrisiko durch PAK-Exposition unter Berücksichtigung der bestimmten Parameter vernachlässigt werden.

## Arbeits- medizinische Betreuung der Gussasphalt- Arbeiter

Der Ausschuss für Gefahrstoffe hatte 2000 mit der Aussetzung des Grenzwertes für Gussasphaltarbeiten gefordert, die Gussasphaltarbeiter besonders intensiv arbeitsmedizinisch zu betreuen.

Hierzu wurden mit Hilfe der Verbände alle erreichbaren Gussasphalt verarbeitenden Betriebe aufgefordert, ihre Arbeitnehmer untersuchen zu lassen. Die Untersuchung wurde vom Arbeitsmedizinischen Dienst der BG BAU zwischen August 1999 und Januar

2004 durchgeführt, wobei 109 Firmen respektive Betriebsteile erfasst wurden. Insgesamt wurden 859 Personen untersucht, denen ein Vergleichskollektiv mit 517 Kontrollen gegenübergestellt wurde.

Für die Erfassung der Untersuchung wurde ein Erhebungsbogen konzipiert, der Beschwerden der Arbeitnehmer im Hinblick auf die Haut und Atemwege erfragte.

Im Ergebnis sind die erfragten Beschwerden bei den Gussasphaltarbeitern deutlich höher. Von den Exponierten gaben 24,5 % mindestens eine Beschwerde an gegenüber 5,8 % bei den Kontrollen. Am häufigsten waren Atembeschwerden vermerkt (11,4 %; Abb. 12).

Die Anzahl der Klagen steigt mit dem zeitlichen Ausmaß der Gussasphaltpflichtigkeit. In der ärztlichen Beurteilung zur Fortführung der Tätigkeit am Arbeitsplatz wurden signifikant häufiger Einschränkungen bei den Exponierten ausgesprochen. Der Umgang mit Epoxidharzen und die Exposition gegenüber Dieselmotoremissionen wurden mehrfach als zusätzlich belastend genannt.

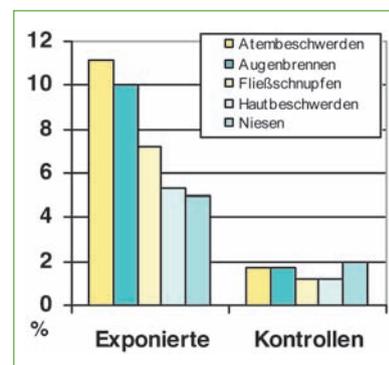


Abbildung 12:  
Einzelbeschwerden

## Humanstudie Bitumen

Der Ausschuss für Gefahrstoffe hatte bei der Aussetzung des Grenzwertes für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen für Gussasphaltarbeiten gefordert, 50 Gussasphaltarbeiter besonders intensiv zu untersuchen.

Diese Gussasphalter-Studie sowie die darauf aufbauende Humanstudie Bitumen wurden im Berufsgenossenschaftlichen Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin (BGFA), Institut der Ruhr-Universität in Bochum, unter Leitung von Frau Prof. Dr. Monika Raulf-Heimsoth durchgeführt. Sie wird als multizentrische Studie von den Kompetenz-Zentren des BGFA und von externen Kooperationspartnern getragen.

Die Humanstudie Bitumen wurde sowohl vom Ausschuss für Gefahrstoffe als auch von der MAK-Kommission unterstützt.

## Gussasphalter-Studie

Gemeinsam mit der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft wur-

den Gussasphaltarbeiter hinsichtlich der Belastung durch Dämpfe und Aerosole aus Bitumen vor und nach einer Arbeitsschicht untersucht (Cross-shift).

Dieses Cross-shift Untersuchungs-Design umfasst u.a.:

- Expositionsmessungen,
- Einsatz eines tätigkeits- und krankheitsbezogenen Fragebogens,
- Lungenfunktionsuntersuchungen,
- Biomonitoring der PAK-Metabolite im Urin
- Gewinnung und Analyse von Zellmaterial und löslichen Entzündungsmediatoren der Nasenschleimhaut (Nasallavage) und des tieferen Respirationstraktes (Sputum),
- Parameter der Genotoxizität im Blut sowie die Untersuchungen relevanter Enzym polymorphismen.

Insgesamt konnten von Mai 2001 bis Ende 2004 auf 14 Baustellen 66 exponierte Beschäftigte sowie als Kontrollpersonen 49 Beschäftigte ohne Exposition untersucht werden.

Im Ergebnis zeigt sich ein Dosis-Wirkungszusammenhang bei den

PAK-Metaboliten nach der Schicht. Je höher die äußere Exposition mit Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen war, umso höher waren die 1-Hydroxypyren- und die Hydroxyphenanthren-Konzentrationen im Nachschicht-Urin. Atemwegsbeschwerden wurden von den hochexponierten Gussasphaltern häufiger genannt. Das Abfallen der Lungenfunktionswerte nach der Schicht bei den Exponierten zeigt einen akuten Einfluss der Dämpfe und Aerosole im Schichtverlauf.

Entzündliche Veränderungen bei den Hochexponierten waren am deutlichsten in den tieferen Atemwegen zu beobachten und weisen auf eine chemisch-irritative Wirkung der Dämpfe und Aerosole aus Bitumen hin.

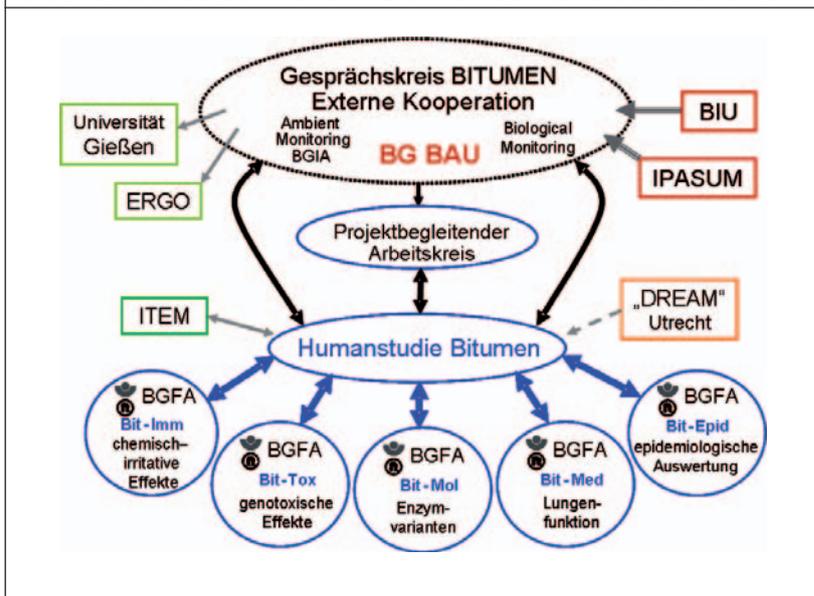
## Gussasphalter mit Teerexposition

Bei sieben Beschäftigten wurden deutlich erhöhte Konzentrationen der PAK-Metabolite im Nachschicht-Urin im Vergleich zu den anderen Gussasphaltkolonnen gemessen (Schott et al., 2004).

Ursache hierfür war ein Unterboden aus Steinkohleteerplatten, aus dem der heiße Gussasphalt die PAK freigesetzt hatte (Abb. 13). In den Steinkohleteerplatten wurde eine Benzo[a]pyren-Konzentration von 768 mg/kg ermittelt, im Gussasphalt weniger als 0,3 mg/kg.

Da die erhöhte PAK-Belastungen ihre Ursache außerhalb des Bitumens hatte, wurde diese „Schwel-

Viele Institute arbeiten mit dem BGFA an der Humanstudie Bitumen



mer Kolonne“ nicht in Humanstudie Bitumen einbezogen.

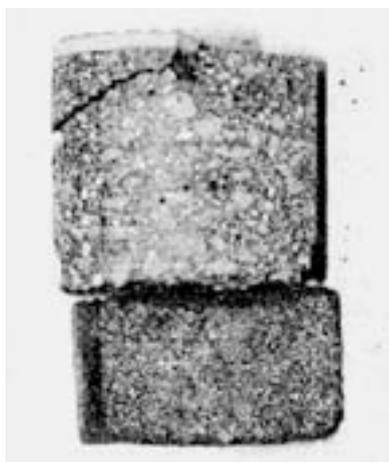


Abbildung 13: Boden der Gussasphalterkolonne mit erhöhter PAK-Belastung; oben Teppichboden, in der Mitte der Gussasphalt, unten Steinkohlen-teerpechplatte

## Humanstudie Bitumen

Das Cross-shift Untersuchungs-Design der Gussasphalter-Studie wurde in der Humanstudie Bitumen fortgeführt, um mögliche chemisch-irritative bzw. genotoxische Wirkungen von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen auf die Atemwege abzuklären.

Die Abbildungen 14 und 15 geben einen Überblick über die untersuchten Kollektive. Es war geplant, Gussasphalt- und Walzasphaltarbeiter sowie Dachdecker beim Umgang mit heißem Bitumen zu untersuchen. Es zeigte sich jedoch, dass nur bei den Gussasphaltarbeitern über die Schicht betrachtete relevante Expositionen auftreten. Die Medianwerte für alle Gussasphalt-

	Exponierte N = 320	Kontrollen N = 118
Dämpfe und Aerosole aus Bitumen (Median)	3,46 mg/m <sup>3</sup>	0,20 mg/m <sup>3</sup>
Alter (Median, Bereich)	41 (17–63)	41 (18–64)
aktuelle Raucher	62,2%	51,7%
Deutscher Nationalität	68,3%	81,4%

Abbildung 14: Kollektive der Humanstudie Bitumen

arbeiten liegen bei 5,1 mg/m<sup>3</sup> Dämpfe und Aerosole aus Bitumen, für Walzasphaltarbeiten bei 2,3 mg/m<sup>3</sup> und beim Schweißen von Bitumenbahnen bei 0,3 mg/m<sup>3</sup>. Der schichtbezogene Medianwert für die Gussasphaltarbeiter der Humanstudie Bitumen liegt bei 3,5 mg/m<sup>3</sup>. Bei einer Einbeziehung der Walzasphaltarbeiter oder gar der Dachdecker hätte über die Schicht bezogen kaum eine Belastung durch Dämpfe und Aerosole stattgefunden.

Die Ergebnisse der Humanstudie Bitumen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Exponierten zeigten unauffällige Lungenfunktionsbefunde sowohl vor als auch nach der Schicht. Nur ein schwacher Einfluss der Exposition von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen während der Schicht auf die Lungenfunktion war zu beobachten.
- An den tieferen Atemwegen konnten irritativ-entzündliche Veränderungen in der exponierten Gruppe sowohl vor als auch nach der Schicht nachgewiesen werden. Dies weist auf einen (sub)chronischen Effekt hin.

- Das Ausmaß von oxidativen DNA-Schädigungen im Blut war in der Gruppe der Exponierten vor und nach der Schicht höher als in der Kontrollgruppe.
- Auf chromosomaler Ebene wurden keine deutlichen Effekte gefunden.
- Ein Dosis-Wirkungs-Zusammenhang zur einmalig gemessenen Dampf- und Aerosolexposition lässt sich sowohl für irritative als auch für genotoxische Marker nicht herleiten.

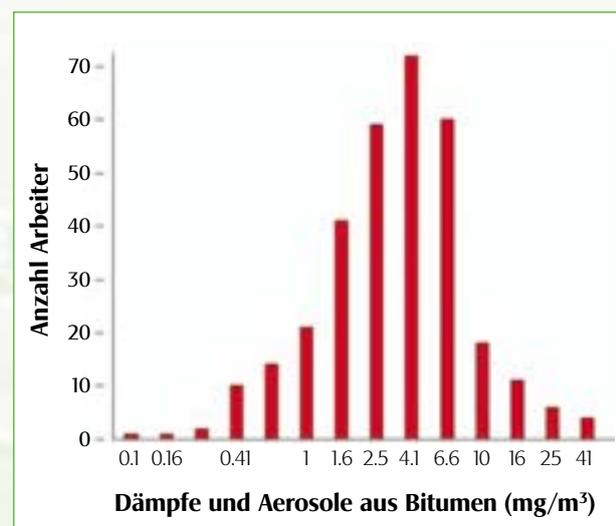


Abbildung 15: Belastung der Exponierten der Humanstudie Bitumen

## Literatur

1. DIN EN 14023 Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Rahmenwerk für die Spezifikation von polymermodifizierten Bitumen; Deutsche Fassung EN 14023:2005
2. DIN EN 12591 Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Anforderungen an Straßenbaubitumen; Deutsche Fassung EN 12591:2009
3. Fuhst R., Creutzenberg O., Ernst H., Hansen T., Pohlmann G., Preiss A., and Rittinghausen S.: 24 Months Inhalation Carcinogenicity Study of Bitumen Fumes in Wistar (WU) Rats. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 4(S1): 2007, 20-43
4. Glet, W. Aspekte zu den Emissionen aus Bitumen, Asphalt und alten Straßenausbaustoffen, *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 58 (1998) 397-405
5. Knecht, U., Stahl, S. und Weitowitz, H.-J.: Handelsübliche Bitumensorten: PAH-Massengehalte und temperaturabhängiges Emissionsverhalten unter standardisierten Bedingungen. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 59 (1999) 429 – 434
6. Marczyński B, Raulf-Heimsoth M, Spickenheuer A, Mensing T, Welge P, Förster K, Angerer J, Pesch B, Brauner R, Käfferlein HU, Breuer D, Hahn J-U, Brüning T: Ambient and biological monitoring of exposure and genotoxic effects in mastic asphalt workers exposed to fumes of bitumen. *J Occup Environ Hyg* 4 (S1): 2007, 127-136
7. Merkblatt „Warmlagerung von Bitumen“, T037, Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Jeder-mann Verlag, Heidelberg
8. Preuss, R.; Rossbach, B.; Korinth, G.; Müller, J.; Drexler, H.; Angerer, J.: Innere und äußere Belastung mit polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bei Beschäftigten eines Bitumen verarbeitenden Betriebes. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 63 (2003) 461-467
9. Raulf-Heimsoth M, Angerer J, Pesch B, Marczyński B, Hahn JU, Spickenheuer A, Preuss R, Rühl R, Rode P, Brüning T: Biological monitoring as a useful tool for the detection of a coal-tar contamination in bitumen-exposed workers. *J Toxicol Environ Health A* 2008; 71: 746-750
10. Raulf-Heimsoth M, Pesch B, Schott K, Kappler M, Preuss R, Marczyński B, Angerer J, Rihs HP, Hahn JU, Merget R, Brüning T: Irritative effects of fumes and aerosols of bitumen on the airways: results of a cross-shift study. *Arch Toxicol* 2007; 81: 35-44
11. Rühl R, Musanke U, Kolmsee K, Prieß R, Zoubek G and Breuer D: Vapours and aerosols of bitumen: exposure data obtained by the German Bitumen Forum. *Ann Occup Hyg*; 50 (2006) 459–468
12. Rühl R, Musanke U, Kolmsee K, Prieß R and Breuer D: Bitumen Emissions on Workplaces in Germany. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 4(S1): 2007, 77–86
13. Rumler R, Rühl R, Nies E, Rode P und Heger M: Gesundheitliche Beschwerden bei Gussasphalt-Arbeitern – Ergebnisse einer flächendeckenden Befragung: *Zbl Arbeitsmed* 57 (2007) 186–195
14. Schott, K.; Raulf-Heimsoth, M.; Angerer, J.; Hahn, JU.; Heger, M.; Preuss, R.; Rohde, P.; Rühl, R.; Zoubek, G.; Brüning, T.: Auffälligkeiten bei einer Gussasphaltkolonne – Ursachenklärung einer erhöhten PAK-Belastung. *ASU*, 38 (2003) 594-597
15. Schott, K.; Zoubek, G.; Rumler, R.; Schicker, H-J.; Rühl, R.; Brüning, Th.; Raulf-Heimsoth, M.: Chemisch-irritative Wirkung von Gussasphaltdämpfen und –aerosolen auf Atemwege bei heißer Verarbeitung. *Tiefbau* 10/2004, 668-673

Weiterführende Informationen, u.a. die Abschlussberichte vieler Studien sind auf der Webseite des Gesprächskreises BITUMEN zu finden: [www.gisbau.de/bitumen.html](http://www.gisbau.de/bitumen.html).

## Ihre Ansprechpartner wenn Sie direkt mit Fachleuten sprechen wollen

Arbeitsgemeinschaft der  
Bitumen-Industrie e.V. (ARBIT)  
Frau Dr. Anja Sörensen  
(0 40/28 08 31 14)  
Steindamm 55  
20099 Hamburg  
soerenzen@arbit.de

Arbeitskreis Temperaturabsenkung  
in der FGSV  
Herr Prof. Dr.-Ing. Martin Radenberg  
(02 34/3 22 84 37)  
Lehrstuhl für Verkehrswegebau  
Ruhr-Universität Bochum  
44780 Bochum  
verkehrswegebau@rub.de

Beratungsstelle für  
Gussasphaltenanwendung e.V. (bga)  
Herr Dipl.-Ing. Peter Rode  
(02 28/23 98 99)  
Dottendorfer Straße 86  
53129 Bonn  
prode@gussasphalt.de

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und  
Arbeitsmedizin  
Frau Dr. Eva Lechtenberg-Auffarth  
(02 31/90 71-25 90)  
Friedrich-Henkel-Weg 1-25  
44149 Dortmund  
eva.lechtenberg@baua.bund.de

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Herr Dipl.-Ing. Franz Bommert  
(0 22 04/4 37 52)  
Brüderstraße 53  
51427 Bergisch Gladbach  
bommert@bast.de

DAV-Leitfaden  
'Temperaturabgesenkte Asphalte'  
Herr Dipl.-Ing. Richard Mansfeld  
(0 37 44/21 49 47)  
Ritterstr. 32  
08209 Auerbach  
rm-asphalt@t-online.de

Deutscher Asphalt Verband e.V. (DAV)  
Herr Jürgen Reifig  
(02 28/979 65-0)  
Schieffelingweg 6  
53115 Bonn  
reifig@asphalt.de

Dezernat Arbeitsschutz und Sicherheits-  
technik des Regierungspräsidium Kassel  
Herr Ralf Baier (0 66 21/4 06-929)  
Hubertusweg 19  
36251 Bad Hersfeld  
ralf.baier@rpkhs.hessen.de

Hauptverband der  
Deutschen Bauindustrie e.V.  
Herr Obering. Ulrich Habermann  
(0 30/212 86-0)  
Kurfürstenstraße 129  
10785 Berlin  
verkehrswegbau@bauindustrie.de

Industriegewerkschaft  
Bauen – Agrar – Umwelt (IG BAU)  
Herr Gerhard Citrich  
(0 69/95 73 71-22)  
Olof-Palme-Straße 19  
60439 Frankfurt/Main  
gerhard.citrich@igbau.de

Industriegewerkschaft Bergbau,  
Chemie, Energie (IG BCE)  
Herr Erich Manthey  
(05 11/76 31-364)  
Königsworther Platz 6  
30167 Hannover

Zentralverband des  
Deutschen Baugewerbes e.V.  
Herr Helmut Schgeiner (0 30/2 03 14-0)  
Kronenstraße 55  
10117 Berlin  
schgeiner@zdb.de

### Humanstudie Bitumen

Prof. Dr. Monika Raulf-Heimsoth  
(02 34/30 24-582)  
Berufsgenossenschaftliches  
Forschungsinstitut für  
Arbeitsmedizin (BGFA)  
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1  
44789 Bochum  
raulf@bgfa.de

### Ratten-Inhalationsstudie

Prof. Dr. Uwe Heinrich  
(05 11/53 50-120)  
Fraunhofer-Institut für Toxikologie und  
Experimentelle Medizin (ITEM)  
Nikolai-Fuchs-Str. 1  
30625 Hannover  
heinrich@item.fraunhofer.de

### Inhaltsstoffe von Bitumen sowie Studie zur dermalen Exposition

Priv. Doz. Dr. Dr. Udo Knecht  
(06 41/99-413 20)  
Universität Gießen-Marburg  
Institut für Arbeits- und Sozialmedizin  
Aulweg 129 / III  
35392 Gießen  
udo.knecht@arbmed.med.uni-giessen.de

### Epidemiologische Studie

Prof. Wolfgang Ahrens  
(04 21/5 95 96-57)  
Bremer Institut für Präventions-  
forschung und Sozialmedizin  
Linzer Str. 10  
28359 Bremen  
ahrens@bips.uni-bremen.de

### Untersuchung der Gussasphaltarbeiter

Dr. Richard Rumler (09 31/4 06 83-0)  
BG BAU – Berufsgenossenschaft der  
Bauwirtschaft  
Arbeitsmedizinischer Dienst  
Max-Planck-Str. 12  
97204 Höchberg  
richard.rumler@bgbau.de

### Gesprächskreis BITUMEN

www.gisbau.de/bitumen.html  
Dr. Reinhold Rühl (0 69/47 05-213)  
Dr. Uwe Musanke (0 69/47 05-283)  
BG BAU – Berufsgenossenschaft der  
Bauwirtschaft  
Hungener Straße 6, 60389 Frankfurt  
reinhold.ruehl@bgbau.de  
uwe.musanke@bgbau.de



**bast**

**vdd**  
Industrieverband Bitumen-  
Dach- und Dichtungsbahnen e.V.



**BITUMEN**

**dai**



ZENTRALVERBAND  
DEUTSCHES  
BAUWERBE **ZDB**

**LASI**



DIE DEUTSCHE  
BAUINDUSTRIE

**Gesprächskreis**



Industriegewerkschaft  
Bauen-Agrar-Umwelt

**bgfa**

Beratungsstelle für Gußasphaltenwendung e.V.

**BAuA**

**dav**

Zentralverband  
des Deutschen  
Dachdeckerhandwerks



**DEUTSCHE BAUCHEMIE e.V.**