



## Expositionsbeschreibung

# ‚Verarbeiten von Gussasphalt von Hand im Wohn- und Industriebau‘

Ausgabe September 2019

## 1 Allgemeines

Die Gefahrstoffverordnung [1] fordert den Arbeitgeber in §§ 6 und 7 auf, Art und Ausmaß der Exposition gegenüber gefährlichen Stoffen zu ermitteln, bzw. die Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte sicherzustellen. Die Ermittlung kann durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Methoden erfolgen. Falls keine Arbeitsplatzgrenzwerte vorliegen ist die Wirksamkeit der ergriffenen technischen Schutzmaßnahmen durch geeignete Ermittlungsmethoden zu überprüfen.

Diese Expositionsbeschreibung stellt eine solche geeignete Methode für Stoffe ohne Arbeitsplatzgrenzwert dar. Es liegt für die beschriebenen Tätigkeiten eine ausreichende Anzahl von Arbeitsbereichsanalysen mit eindeutigem Befund vor, und es sind auch verfahrensbedingt in Zukunft keine Änderungen zu erwarten, so dass keine weiteren Arbeitsplatzmessungen erforderlich werden (standardisiertes Arbeitsverfahren). Daher können diese Ergebnisse unmittelbar zur Beurteilung der Exposition herangezogen werden.

Diese Expositionsbeschreibung kann entsprechend § 6 Gefahrstoffverordnung bei der Festlegung der Maßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung gem. § 5 Arbeitsschutzgesetz [2] und § 3 Betriebssicherheitsverordnung [3] verwendet werden. Das Substitutionsgebot, die Verwendung emissionsärmerer Verfahren, die Rangfolge der Schutzmaßnahmen, die Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten bleiben davon unberührt.

## 2 Anwendungsbereich

Im Folgenden wird die Exposition gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen bei der händischen Verarbeitung von Gussasphalt unter Verwendung von Fischer-Tropsch-Wachsen als viskositätsverändernde Zusätze bzw. in viskositätsveränderten Bindemitteln [4] bei Temperaturen bis 230°C im Wohn- und Industriebau in Räumen und im Freien beschrieben.

Der maschinelle Einbau von Gussasphalt wird in der Expositionsbeschreibung 'Maschinelles Verarbeiten von Gussasphalt' behandelt [5]. Hinsichtlich der Verarbeitung von Bitumenbahnen vor dem Einbau von Gussasphalt wird auf die Expositionsbeschreibungen 'Schweißen von Bitumenbahnen' [6] sowie 'Heißverarbeiten von Bitumen im Gießverfahren zum Verkleben von Dämmstoffen und Bitumenbahnen' [7] verwiesen. Der Einbau von Gussasphalt bei Temperaturen über 230°C führt zu sehr hohen Expositionen und ist daher aufgrund des Minimierungsgebotes der Gefahrstoffverordnung (§7(4)/§9(2)) nicht zulässig (vgl. Anlage, s. a. Technische Informationen der bga [8]).

Expositionen gegenüber weiteren Gefahrstoffen wie Dieselmotoremissionen, Quarz und Staub werden im Folgenden nicht berücksichtigt. Diese Expositionen sind bei der Arbeitsbereichsanalyse ggf. zusätzlich zu beachten.

### 3 Arbeitsverfahren

Gussasphalt nach dieser Expositionsbeschreibung wird manuell mit Temperaturen bis 230°C verarbeitet. Der Gussasphalt wird mit beheizbaren Rührwerkskesseln (fahrbare Arbeitsmaschine) vom Asphaltmischwerk zur Baustelle geliefert und dort heiß umgefüllt. Der Zwischentransport vom Rührwerkskessel (Kocher) zur Einbaustelle erfolgt mit Dumper, Schubkarre oder Eimer. In den beiden letzten Fällen werden Trennmittel (z.B. Seifenlösungen, Pflanzenöle oder Mineralöle/-emulsionen) eingesetzt, um ein Anhaften des Gussasphalts an der Karre bzw. am Eimer zu verhindern. Der Einbau von Gussasphalt von Hand erfolgt mit dem Streichbrett oder der Harke. Gussasphalt bedarf keinerlei Verdichtung um seine Endfestigkeit zu erreichen. Die Oberfläche wird in noch warmem Zustand mit Sand abgerieben oder einer groben Gesteinskörnung (Feinsplitt) abgestreut.

### 4 Gefahrstoffe

Gussasphalt enthält als Bindemittel ca. 6 – 8 M-% Bitumen - ein bei der Aufarbeitung von Erdöl gewonnenes Gemisch verschiedener organischer Substanzen, vorwiegend hochmolekularer Kohlenwasserstoffe. Analysen der marktüblichen Bitumen ergaben zwischen 1,2 – 2,7 mg/kg Benzo[a]pyren (BaP) [9]; dort weitere Angaben zu einzelnen polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und S-PAK). Dieses ist mehr als eine Zehnerpotenz unter der stoffspezifischen Grenze von 100 mg/kg BaP für die Einstufung als krebserzeugend Kategorie 1B nach Anhang VI der CLP-Verordnung [10].

Diese Expositionsbeschreibung beruht auf Auswertungen von Arbeitsplatzmessungen beim Verarbeiten von Gussasphalt. Dabei wurden die bei der Verarbeitung freiwerdenden Dämpfe und Aerosole aus Bitumen gemessen. Das Messverfahren erfasst alle organischen Stoffe mit aliphatischen C—H-Bindungen [11] und damit ggf. andere Stoffe wie Emissionen aus Verbrennungsmotoren (z.B. unverbrannte Treibstoffanteile) oder Emissionen aus den beim Zwischentransport eingesetzten Trennmitteln, wodurch der Messwert erhöht wird. Für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung gibt es einen MAK-Wert in Höhe von 1 mg/m<sup>3</sup>.

Bei dem Betrieb von fahrbaren Rührwerkskesseln und von Dumpfern treten Dieselmotoremissionen auf. Diesbezüglich ist die TRGS 554 'Dieselmotoremissionen' [12] zu beachten. Kohlenwasserstoff-Emissionen aus Dieselmotoren können bei der Bestimmung der Dämpfe und Aerosole aus Bitumen zu Mehrbefunden führen, wie umgekehrt auch die Dämpfe und Aerosole aus Bitumen die Messung von Dieselmotoremissionen verfälschen.

Darüber hinaus wurden bei einem Teil der Arbeitsplatzmessungen Messungen auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) durchgeführt. Für Naphthalin existiert ein Arbeitsplatzgrenzwert in Höhe von 500000 ng/m<sup>3</sup>. Für Benzo[a]pyren (in bestimmten PAK-Gemischen) gibt es, gemessen in der einatembaren Fraktion, eine Akzeptanzkonzentration in Höhe von 70 ng/m<sup>3</sup> und eine Toleranzkonzentration in Höhe von 700 ng/m<sup>3</sup>.

Bei der Nachbehandlung des Gussasphalts mit (Quarz-)Sand tritt Staub (einatembare sowie alveolengängige Staubfraktion) sowie Quarzstaub auf.

### 5 Gefahrstoffexposition

Die den Auswertungen zugrunde liegenden personenbezogenen Messwerte für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung wurden in den Jahren 1999 bis 2015 ermittelt. Bei den in

Tabelle 1 aufgeführten Messungen wurden immer Fischer-Tropsch-Wachse als viskositätsverändernde Bestandteile eingesetzt<sup>1</sup>.

Bei der abschließenden Behandlung der Gussasphaltoberfläche mit Abreibsand wird Staub (einatembare und alveolengängige Staubfraktion) bzw. Quarzstaub freigesetzt, der insbesondere durch den thermischen Luftstrom über der heißen Gussasphaltoberfläche in den Atembereich gelangen kann.

Für die Auswertung wurden immer die Messwerte als Schichtmittelwerte genommen, da die Arbeiten in einigen Fällen auch über eine ganze Schicht gehen können, beispielsweise bei größeren Objekten wie Parkhäusern oder Industriehallen. Gussasphalt wird auch häufig bei Renovierungs-Arbeiten oder im Wohnungsbau eingesetzt - dann sind die Expositionszeiten in der Regel deutlich niedriger als 8 Stunden.

Bis Ende 2007 waren Gussasphalte ohne viskositätsverändernde Bestandteile mit Verarbeitungstemperaturen über 230°C üblich. Die sehr hohen Expositionen bei diesen Arbeiten sind in der Anlage dargestellt.

### **5.1 Abfüllen von Gussasphalt**

Das Abfüllen des Gussasphaltes aus dem Rührwerkskessel wird in der Regel von einer Person durchgeführt. Die Exposition während der Fahrzeiten des Gussasphalttransportfahrzeugs ist vernachlässigbar (vgl. Expositionsbeschreibung ‚Herstellung und Beförderung von Asphalt‘ [13]).

### **5.2 Zwischentransport von Gussasphalt**

Der Zwischentransport wird in der Regel von mehreren Personen durchgeführt und kann mittels Dumper, Schubkarre oder Eimern erfolgen. Beim Zwischentransport mit einem Dumper erfolgen während des Transports kaum Emissionen, da im Prinzip ein 'geschlossenes System' vorliegt. Belastungen treten nur beim Befüllen und Entleeren auf und sind unter 5.1 beschrieben.

Häufig erfolgt der Zwischentransport derart, dass im Freien in die Eimer oder Karren abgefüllt wird und der Gussasphalt wenige Meter im Freien und dann überwiegend in Räumen transportiert wird. In solchen Fällen wurde die Messung dem Verarbeiten in Räumen zugeordnet, da hier der weitaus größte Teil der Exposition erfolgt.

### **5.3 Einbau/Glätten von Gussasphalt**

Das Glätten von Gussasphalt, das ebenfalls üblicherweise von mehreren Verarbeitern durchgeführt wird, erfolgt z.B. kniend mit dem Streichbrett oder stehend mit der Harke.

### **5.4 Abstreuen**

Das Abstreuen und Abreiben mit Sand oder Feinsplitt erfolgt in der Regel in enger zeitlicher und räumlicher Nähe zum Glätten, so dass oft ähnliche Expositionen wie für das Glätten vorliegen.

Die Gefahrstoffbelastung bei diesen Arbeiten wird von den Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen bestimmt. Für diese Arbeiten (im Freien und in Räumen) liegen 5 Messwerte für BaP in Höhe von 34 ng/m<sup>3</sup> - 193 ng/m<sup>3</sup> vor. In 5 Fällen liegen die Messwerte für BaP unterhalb der Bestimmungsgrenzen

---

<sup>1</sup> Die Ergebnisse der Expositionsbeschreibung für maschinellen Gussasphalteinbau [5] lassen erwarten, dass auch Fettsäureamide und Montanwachse als viskositätsverändernde Bestandteile einen vergleichbaren positiven Einfluss auf die Exposition haben.

(15 ng/m<sup>3</sup> bis 70 ng/m<sup>3</sup>). Für Naphthalin gibt es 8 Messwerte von 110 ng/m<sup>3</sup> - 1506 ng/m<sup>3</sup>, 2 Messwerte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenzen (490 ng/m<sup>3</sup> und 570 ng/m<sup>3</sup>).

**Tabelle 1:** Übersicht über die ermittelten Expositionen für die Summe der Dämpfe und Aerosole aus

	Anzahl	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
<b>im Freien</b>					
Abfüllen	3	0,3	-	-	3,1
Eimertransport	0				
Karrentransport	3	0,6	-	-	1,1
Glätten	7	0,4	-	-	1,3
Abstreuen	0				
<b>in Räumen</b>					
Abfüllen	12	0,2	2,5	6,3	8,6
Eimertransport	3	0,5	-	-	7,3
Karrentransport	6	2,0	-	-	4,6
Glätten	24	0,2	4,6	8,8	9,5
Abstreuen	3	2,3	-	-	4,2

Bitumen beim händischen Einbau von Gussasphalt mit viskositätsverändernden Zusätzen bzw. viskositätsveränderten Bindemitteln bei Verarbeitungstemperaturen bis 230°C [mg/m<sup>3</sup>]. Bei einer Anzahl von < 10 Messwerten sind die Perzentil-Werte nicht angegeben.

## 6 Befund

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist nach § 6(8) der Gefahrstoffverordnung die Exposition auch gegenüber Gefahrstoffen ohne Grenzwert zu beurteilen. Beim Einbau von Gussasphalt ohne viskositätsverändernde Zusätze oder viskositätsveränderten Bindemitteln sind die Expositionen sehr hoch (Anlage). Wie die Messungen in Tabelle 1 andeuten<sup>2</sup>, liegen mit Gussasphalten unter Verwendung von viskositätsverändernden Zusätzen bzw. viskositätsveränderten Bindemitteln (auf Basis von Fischer-Tropsch-Wachsen) bei Temperaturen bis 230°C deutlich emissionsärmere Alternativen vor. Bei einer Arbeitszeit bis zu 10 Stunden kann hiermit ohne weitere Schutzmaßnahmen gearbeitet werden.

Messdaten für andere viskositätsverändernde Zusätze bzw. anderweitig viskositätsveränderte Bindemittel oder Verfahren liegen noch nicht vor (vgl. Fußnote 1).

Der Einbau von Gussasphalt bei Temperaturen über 230°C ist wegen der hohen Expositionen nicht zulässig (s. Anlage).

Der vorliegende Befund basiert auf einem Beurteilungsmaßstab von 10 mg/m<sup>3</sup>. Unter Berücksichtigung des MAK-Wertes, der an diesen Arbeitsplätzen um das 6- bis 9-fache überschritten wird, kann bei diesen Expositionen eine Gesundheitsgefährdung der Beschäftigten (z.B. Atemwegsreizungen) nicht ausgeschlossen werden. Solche Effekte sind für die Verarbeitung von konventionellem Gussasphalt sowie in Tierstudien belegt. Also muss die Exposition verringert werden, z.B. indem technische oder organisatorische Schutzmaßnahmen entwickelt werden. Im Gesprächskreis BITUMEN wird aktuell daran gearbeitet.

<sup>2</sup> Für den händischen Einbau von viskositätsverändertem Gussasphalt mit Temperaturen bis 230°C liegen bislang erst sehr wenige Messergebnisse vor. Die hier getroffenen Aussagen werden jedoch unterstützt durch Messergebnisse, die bei viskositätsveränderten Gussasphalten mit Verarbeitungstemperaturen oberhalb 230°C erhalten wurden (s. Anlage).

## **7 Empfehlungen**

Aufgrund der geringen Anzahl vorliegender Messergebnisse sind beim Einbau von Gussasphalt unter Verwendung von Fischer-Tropsch-Wachsen, Fettsäureamiden oder Montanwachsen als viskositätsverändernde Zusätze bzw. in viskositätsveränderten Bindemitteln bei Verarbeitungstemperaturen bis 230°C noch weitere Arbeitsplatzmessungen notwendig. Weitere Schutzmaßnahmen sind bei einer Arbeitszeit bis zu 10 Stunden nicht zu ergreifen. Es wird empfohlen Baustellen für Arbeitsplatzmessungen an die Arbeitsschutzverwaltungen der Länder oder an die BG BAU zu melden.

Für Gussasphaltnwendungen bis 230°C mit anderen Verfahren, Bindemitteln oder Zusätzen muss der Unternehmer die Gefährdungsbeurteilung auf Grund eigener Ermittlungen vornehmen. Es wird empfohlen, solche Maßnahmen so lange von den Arbeitsschutzverwaltungen der Länder / der BG BAU und der bga begleiten zu lassen, bis ausreichend Messdaten für eine allgemeine Aussage vorhanden sind.

Als Trennmittel sind Seifenlösungen zu bevorzugen - auf keinen Fall dürfen Dieselkraftstoff oder gar Altöl als Trennmittel verwendet werden.

Ein direkter Hautkontakt mit heißem Gussasphalt führt zu Verbrennungen und wird von den Verarbeitern deshalb grundsätzlich vermieden. Es wird empfohlen, wärmebeständige Schutzhandschuhe z.B. aus Leder zu tragen.

## **8 Anwendungshinweise**

Der Anwender dieser Expositionsbeschreibung muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt u. a. die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser Expositionsbeschreibung. Die Überprüfung kann im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 Arbeitsschutzgesetz, § 6 Gefahrstoffverordnung bzw. § 3 Betriebssicherheitsverordnung erfolgen.

Diese Expositionsbeschreibung gibt dem Arbeitgeber praxisgerechte Hinweise, wie er seinen Pflichten insbesondere nach § 7 Abs. 9 der Gefahrstoffverordnung nachkommen kann. Bei Anwendung dieser Expositionsbeschreibung bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung bestehen, insbesondere

- zur Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung (§ 6),
- zum Einsatz von Stoffen und/oder Verfahren mit geringerem Risiko (sowie der Dokumentation eines eventuellen Verzichts auf eine Substitution)(§ 7 Abs. 3),
- die Verpflichtung zur Beachtung der Rangfolge der Schutzmaßnahmen (§ 7 Abs. 4) sowie
- die Verpflichtung zur Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten und zur Erstellung schriftlicher Betriebsanweisungen (§ 14).

## **9 Überprüfung**

Diese Expositionsbeschreibung wurde im Januar 2001 erstellt und zuletzt im September 2019 aktualisiert. Sie wird in jährlichen Abständen überprüft. Sollten Änderungen notwendig werden, werden diese veröffentlicht.

## Literatur

1. Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643) zuletzt geändert durch Artikel 148 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S 626)
2. Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996 (BGBl. I S 1246) zuletzt geändert durch Artikel 427 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S 1474)
3. Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S 49) zuletzt geändert durch Artikel 147 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S 626)
4. Merkblatt für Temperaturabsenkung, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2011
5. Expositionsbeschreibung , Maschinelles Verarbeiten von Gussasphalt ‘;  
<http://www.bgbau.de/koop/gespraechskreis-bitumen/expositionsbeschreibungen>
6. Expositionsbeschreibung , Schweißen von Bitumenbahnen ‘;  
<http://www.bgbau.de/koop/gespraechskreis-bitumen/expositionsbeschreibungen>
7. Expositionsbeschreibung , Heißverarbeiten von Bitumen im Gießverfahren zum Verkleben von Dämmstoffen und Bitumenbahnen ‘;  
<http://www.bgbau.de/koop/gespraechskreis-bitumen/expositionsbeschreibungen>
8. Technische Information Gussasphalt 47 „Gussasphalt von A bis Z – Bauweisen“, bga Beratungsstelle für Gussasphaltenanwendung, 2014
9. Knecht, U.; Stahl, S.; Woitowitz, H.-J.: Handelsübliche Bitumensorten: PAH-Massengehalte und temperaturabhängiges Emissionsverhalten unter standardisierten Bedingungen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 59 (1999) 429 – 434
10. Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (ABl. L 353 vom 31.12.2008, S. 1)  
<http://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/Rechtstexte/RText-CLP/RText-CLP.html>
11. IFA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“ Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) Berlin, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld
12. TRGS 554 „Abgase von Dieselmotoren“, Ausgabe Oktober 2008 (GMBI Nr. 56/58 S. 1179-1212 v. 8.12.2008), berichtigt: GMBI Nr. 28 S. 604-605 (v. 2.7.2009)
13. Expositionsbeschreibung ,Herstellung und Transport von Asphalt‘;  
<http://www.bgbau.de/koop/gespraechskreis-bitumen/expositionsbeschreibungen>

Diese Expositionsbeschreibung wurde in Zusammenarbeit

- der Beratungsstelle für Gussasphaltenanwendung e.V.
- der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
- dem Deutschen Asphaltverband e.V.

- des Dezernats Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik Bad Hersfeld des Regierungspräsidiums Kassel
- des europäischen Verbands der Bitumenindustrie Eurobitume
- dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.
- der Industriegewerkschaft Bauen – Agrar – Umwelt
- dem Zentralverband des Deutschen Baugewerbes

erarbeitet.

## Anlage

### **Einbau von konventionellem Gussasphalt von Hand**

Bis Ende 2007 war der Einsatz von Gussasphalt ohne Verwendung von viskositätsverändernden Zusätzen bzw. viskositätsveränderten Bindemitteln über 230°C<sup>3</sup> üblich („konventioneller Gussasphalt“).

Die den Auswertungen der Tabellen A1 – A4 zugrunde liegenden personenbezogenen Messwerte für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung wurden in den Jahren 1992 bis 2011

**Table A1:** Übersicht über die Expositionen für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen beim händischen Einbau von konventionellem Gussasphalt bei Verarbeitungstemperaturen über 230°C [mg/m<sup>3</sup>]. Bei einer Anzahl von < 10 Messwerten sind die Perzentil-Werte nicht angegeben.

	Anzahl	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
<b>im Freien</b>					
Abfüllen	52	0,5	3,0	14,6	16,0
Eimertransport	17	0,1	0,6	9,0	9,0
Karrentransport	8	0,7	-	-	16,8
Glätten	13	0,9	4,2	7,6	8,1
Abstreuen	1	-	-	-	2,4
<b>in Räumen</b>					
Abfüllen	59	1,3	5,3	24,1	77,0
Eimertransport	77	0,5	3,1	7,6	26,3
Karrentransport	86	0,6	5,4	32,8	66,0
Glätten	238	0,8	7,8	34,0	71,7
Abstreuen	36	0,6	5,7	27,9	36,8

ermittelt.

Diese Ergebnisse belegen, dass bei händischer Verarbeitung von konventionellem Gussasphalt im Freien mit hohen und in Räumen mit sehr hohen Expositionen gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen zu rechnen ist.

Die Messergebnisse, die bei konventionellem Gussasphalt bei Verarbeitungstemperaturen bis 230°C erhalten worden sind, sind in der Tabelle A2 aufgeführt. Sie sind deutlich höher als bei Verwendung von viskositätsverändertem Gussasphalt.

<sup>3</sup> 230°C liegt über den von der Bitumenindustrie genannten Maximaltemperaturen, die auch unter REACH registriert worden sind.

**Tabelle A2:** Übersicht über die Expositionen für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen beim händischen Einbau von konventionellem Gussasphalt mit Verarbeitungstemperaturen bis 230°C [mg/m<sup>3</sup>]. Bei einer Anzahl von < 10 Messwerten sind die Perzentil-Werte nicht angegeben.

	Anzahl	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
<b>im Freien</b>					
Abfüllen	3	3,5	-	-	6,2
Eimertransport	0				
Karrentransport	4	0,9	-	-	4,6
Glätten	7	0,5	-	-	8,5
Abstreuen	0				
<b>in Räumen</b>					
Abfüllen	1	-	-	-	15,5
Eimertransport	3	1,3	-	-	8,3
Karrentransport	11	2,3	9,7	37,6	50,4
Glätten	20	1,6	6,1	18,3	21,9
Abstreuen					

Für das händische Verarbeiten von herkömmlichem Gussasphalt (im Freien und in Räumen – unabhängig von der Verarbeitungstemperatur) liegen 33 Messwerte für BaP und 36 für Naphthalin vor. In 47 (BaP) bzw. 21 (Naphthalin) Fällen lagen die Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Die statistischen Werte für diese Daten sind in Tabelle A3 aufgeführt. Für BaP ist deutlich zu erkennen, dass teilweise sehr hohe Bestimmungsgrenzen vorliegen. Diese beeinflussen auch die höheren Perzentil-Werte für das Gesamtkollektiv in erheblichem Umfang.

**Tabelle A3:** Übersicht über die Messwerte und Bestimmungsgrenzen („NWG“) für BaP und Naphthalin beim händischen Einbau von herkömmlichem Gussasphalt [ng/m<sup>3</sup>]. Für das Gesamtkollektiv wurde bei den Messwerten < „NWG“ die halbe Bestimmungsgrenze für die Statistik berücksichtigt.

	Anzahl	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
<b>BaP</b>					
Messwerte	33	2	30	504	655
„NWG“	47	< 20	< 480	< 2347	< 2900
Gesamtkollektiv	80	2	181	768	1450
<b>Naphthalin</b>					
Messwerte	36	172	942	9585	12700
„NWG“	21	< 230	< 2080	< 12000	< 13000
Gesamtkollektiv	57	115	946	7816	12700

In der Entwicklungsphase von viskositätsverändertem Gussasphalt kamen auch Verarbeitungstemperaturen zwischen 230°C und 257°C vor. Die hierbei ermittelten Messergebnisse sind in der Tabelle A4 aufgeführt und zeigen auch bereits den expositionsvermindernden Einfluss der viskositätsverändernden Bestandteile.

**Tabelle A4:** Übersicht über die Expositionen für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen beim händischen Einbau von viskositätsverändertem Gussasphalt mit Verarbeitungstemperaturen oberhalb 230°C [mg/m<sup>3</sup>]. Bei einer Anzahl von < 10 Messwerten sind die Perzentil-Werte nicht angegeben.

	Anzahl	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
<b>im Freien</b>					
Abfüllen	4	0,6	-	-	3,2
Eimertransport	0				
Karrentransport	2	2,0	-	-	2,1
Glätten	2	2,3	-	-	3,3
Abstreuen	1	-	-	-	1,6
<b>in Räumen</b>					
Abfüllen	26	1,4	5,0	11,1	12,8
Eimertransport	3	1,0	-	-	1,6
Karrentransport	1	-	-	-	3,0
Glätten	30	0,6	5,3	9,8	10,8
Abstreuen	9	1,3	-	-	10,2

Für diese Arbeiten (im Freien und in Räumen) liegt 1 Messwerte für BaP in Höhe von 41 ng/m<sup>3</sup> vor. In 4 Fällen liegen die Messwerte für BaP unterhalb der Bestimmungsgrenzen (70 ng/m<sup>3</sup> bis 140 ng/m<sup>3</sup>). Für Naphthalin gibt es 5 Messwerte von 451 ng/m<sup>3</sup> - 740 ng/m.