



Expositionsbeschreibung

, Einbau von Walzasphalt im Straßenbau ‘

Ausgabe April 2018

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 gemäß § 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

Diese Expositionsbeschreibung umfasst den Einbau von Walzasphalt im Straßenbau. Es werden Kriterien für einen Verzicht auf die messtechnische Überwachung von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen beim Einbau von konventionellem Walzasphalt im Verkehrswegebau im Freien festgelegt.

Diese Expositionsbeschreibung gilt nicht, wenn Teer oder Pech im Bindemittel enthalten ist oder wenn Diesel als Trennmittel eingesetzt werden. Gummimodifizierte Bitumen werden lediglich in der Anlage erwähnt. Ausgenommen von dieser Expositionsbeschreibung sind auch Expositionen gegen weitere Gefahrstoffe.

Die Expositionen beim Einbau von Walzasphalt im Freien unter Zugabe temperaturabsenkender Zusätze werden in der Anlage beschrieben.

3 Arbeitsverfahren

Konventioneller Walzasphalt wird entsprechend dem Technischen Regelwerk bei Temperaturen von 160 ± 20 °C in Abhängigkeit von der Viskosität des Bitumens verarbeitet. Das Material wird abgedeckt auf Lkw vom Mischwerk heiß zur Einbaustelle transportiert und zum Einbau in den Materialbunker des Fertigers übergeben. Der Fertiger verteilt den Asphalt mit einer in der Regel beheizten Bohle in der eingestellten Dicke in Bohlenbreite auf der Fahrbahn. Nach dem Einbau wird die Asphaltsschicht durch Straßenwalzen verdichtet.

Beim Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt liegen die Einbautemperaturen bei ca. 120 – 160 °C.

4 Gefahrstoffe

Walzasphalt enthält als Bindemittel Bitumen - ein bei der Aufarbeitung von Erdöl gewonnenes Gemisch verschiedener organischer Substanzen, vorwiegend hochmolekularer Kohlenwasserstoffe. Für die Herstellung von Asphaltsschichten werden überwiegend Straßenbaubitumen und polymermodifizierte Bitumen nach TL Bitumen-StB [4] verwendet (Destillationsbitumen, Air-rectified Bitumen). Oxidationsbitumen wird im Straßenbau nicht eingesetzt.

Analysen der marktüblichen Bitumen ergaben zwischen 1,2 – 2,7 mg/kg Benzo[a]pyren (BaP) ([5]; 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 [6].

Diese Expositionsbeschreibung beruht auf Auswertungen von Arbeitsplatzmessungen beim Einbau von Walzasphalt. Dabei wurden die bei der Heißverarbeitung frei werdenden Dämpfe und Aerosole aus Bitumen gemessen. Das Messverfahren erfasst alle organischen Stoffe mit aliphatischen C—H-Bindungen [7] und damit ggf. auch andere Stoffe wie Emissionen aus Verbrennungsmotoren (z. B. unverbrannte Treibstoffanteile).

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/m³. Für Benzo[a]pyren (in bestimmten PAK-Gemischen) gibt es, gemessen in der einatembaren Fraktion, eine Akzeptanzkonzentration in Höhe von 70 ng/m³ und eine Toleranzkonzentration in Höhe von 700 ng/m³.

Beim Walzasphalteinbau können Dieselmotoremissionen auftreten. Im Hinblick auf deren angemessene Bewertung wird auf die TRGS 554 „Dieselmotoremissionen“ [8] verwiesen.

5 Gefahrstoffexposition

In den Jahren 1993 – 2017 wurden 1188 Messungen beim Einbau von Walzasphalt durchgeführt. In der Anlage werden die Kriterien erläutert, die dazu führen, dass sich die folgenden Auswertungen für konventionellen Walzasphalt im Freien auf 498 Messungen (Tabelle 1) und für temperaturabgesenkten Walzasphalt in Tunneln auf 45 Messungen beziehen

(Tabelle 2). Es wurden nur Messergebnisse von Baustellen im Freien einbezogen, bei denen die Einbautemperatur bei $160 \pm 20^\circ\text{C}$ oder darunter lag. Arbeiten bei Überschreitung dieser Einbautemperatur fallen nicht in den Geltungsbereich dieser Expositionsbeschreibung. Wenn ein Messwert unterhalb der Nachweisgrenze lag, wurde die halbe Nachweisgrenze als Messwert verwendet.

Die Messungen erfolgten in der Regel über zwei Stunden während der Exposition. Tätigkeiten ohne Exposition gegen Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung sind Einrichten der Baustelle, Umsetzen der Geräte, Wartezeiten, usw.

5.1.1 Konventioneller Walzasphalt

Tabelle 1 zeigt die beim Einbau von konventionellem Walzasphalt im Freien erhaltenen Expositionen.

Tabelle 1: Übersicht über die ermittelten Expositionen für die Summe der Dämpfe und Aerosole aus Bitumen beim Einbau von konventionellem Walzasphalt im Freien [mg/m^3].

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Kolonnenführer, Bohlenführer	255	0,12	2,72	12,42	20,80
Fertigerfahrer	178	0,12	2,40	8,90	17,60
Walzenfahrer	65	0,17	0,80	2,38	3,10

Die Gefahrstoffbelastung bei diesen Arbeiten wird von den Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen bestimmt. Für die Heißverarbeitung von herkömmlichem Walzasphalt (im Freien und im Tunnel) liegen 8 Messwerte für BaP in Höhe von $2,4 \text{ ng}/\text{m}^3$ - $100 \text{ ng}/\text{m}^3$ vor. In 30 Fällen liegen die Messwerte für BaP unterhalb der Bestimmungsgrenzen ($1,3 \text{ ng}/\text{m}^3$ bis $1088 \text{ ng}/\text{m}^3$). Für Naphthalin gibt es 18 Messwerte von $258 \text{ ng}/\text{m}^3$ - $8400 \text{ ng}/\text{m}^3$, 6 Messwerte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenzen ($580 \text{ ng}/\text{m}^3$ bis $1370 \text{ ng}/\text{m}^3$). Eine statistische Auswertung aller 24 Naphthalinmessungen ergibt einen 50-Perzentil-Wert von $847 \text{ ng}/\text{m}^3$ und einen 95-Perzentil-Wert von $5038 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Erfahrungsgemäß sind die Umgebungsbedingungen und die Windverhältnisse, die einen Einfluss auf den Messwert / die Exposition haben, nicht über die volle Arbeitszeit konstant, da

- sich die Einbaustelle mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 1-5 m/min fortbewegt und damit in eine anders geartete Umgebung gelangt,
- der Einbau dem Straßenverlauf und dessen vielfach wechselnder Richtung folgt,
- oft ein Umsetzen des Fertigers erfolgt und
- Windrichtung und -stärke wechseln.

Das Messdatenkollektiv wurde hinsichtlich verarbeiteter Menge, Einbaubreite, Beschaffenheit des Mischguts und des Untergrundes ausgewertet. Eine Abhängigkeit der Höhe der Exposition von diesen Parametern konnte nicht festgestellt werden.

Bei Arbeiten in der Abwindfahne ist es in Einzelfällen zu Expositionen über 10 mg/m³ gekommen, wenn die freie Luftbewegung durch ein neben der Einbaustelle liegendes Hindernis behindert wurde (z. B. eine Lärmschutzwand).

Bei Messungen in Frankreich und Slowenien wurden für den Fertigerfahrer (0,25 – 3,8 mg/m³; 5 Messwerte), Bohlenführer (0,4 – 9,4 mg/m³; 8 Messwerte) und Walzenfahrer (0,5 und 1,7 mg/m³) ähnliche Expositionen ermittelt. Diese Messdaten sind im Kollektiv der Tabelle 1 enthalten.

5.1.2 Temperaturabgesenkter Walzasphalt

Für den Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt (Einsatz viskositätsveränderter Bindemittel oder Zugabe von viskositätsverändernden Zusätze bei der Produktion) liegen 239 Messungen vor. Davon wurden 194 im Freien (s. Anlage) und 45 in Tunneln erhalten.

Tabelle 2 zeigt die beim Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt in Tunneln erhaltenen Expositionen.

Tabelle 2: Übersicht über die ermittelten Expositionen für die Summe der Dämpfe und Aerosole aus Bitumen beim Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt im Straßenbau in Tunneln [mg/m³].

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Kolonnenführer, Bohlenführer	21	0,17	1,29	3,88	3,88
Fertigerfahrer	12	0,68	2,73	5,93	6,60
Walzenfahrer	12	0,68	1,67	3,12	3,27

Beim Einbau von herkömmlichem Walzasphalt in Tunneln sind die Expositionen deutlich höher als im Freien (vgl. Anlage) – nahezu doppelt so hoch. Dagegen liegen die Expositionen beim Einbau von temperaturabgesenkten Walzasphalten in Tunneln deutlich niedriger – sogar niedriger als beim herkömmlichen Asphalt im Freien. Deshalb ist seit 2012 in Tunneln temperaturabgesenkter Asphalt einzubauen [9].

Für die Heißverarbeitung von temperaturabgesenktem Walzasphalt (im Freien und im Tunnel) liegen 5 Messwerte für BaP in Höhe von 1 ng/m³ - 529 ng/m³ vor. In 16 Fällen liegen die Messwerte für BaP unterhalb der Bestimmungsgrenzen (1 ng/m³ bis 50 ng/m³). Für Naphthalin gibt es 18 Messwerte von 250 ng/m³ - 6700 ng/m³, 1 Messwert liegt unterhalb der Bestimmungsgrenzen (50 ng/m³). Eine statistische Auswertung aller 19 Naphthalinmessungen ergibt einen 50-Perzentil-Wert von 740 ng/m³ und einen 95-Perzentil-Wert von 6070 ng/m³.

5.2 Lkw-Fahrer

Die Exposition des Lkw-Fahrers, der den Walzasphalt vom Mischwerk zur Baustelle transportiert, wird in der Expositionsbeschreibung „Herstellung und Beförderung von Asphalt“ beschrieben.

5.3 Fertigerfahrer

Der Fertigerfahrer steuert von einer über dem Gerät liegenden allseitig offenen Bühne die Bewegung des Fertigers. Fahren mehrere Fertiger in kurzen Abständen versetzt parallel, können die Werte im oberen Bereich des Messdatenkollektives liegen.

Bei verschiedenen Fertigertypen lässt sich der Fahrerstand durch mehr oder weniger fest angebrachte Fenster und Türen schließen. Die von der Verteilerschnecke durch den Boden aufsteigenden Emissionen reichern sich in der Fahrerkabine an, da die natürliche Belüftung unterbrochen ist (bis zu $19,7 \text{ mg/m}^3$; s. Anlage). Die in Tabelle 1 und 2 enthaltenen Werte gelten nicht für drei- oder mehrseitig geschlossene Kabinen.

5.4 Kolonnenführer (Bohlenführer)

Der Kolonnenführer (Bohlenführer, Einsteller) regelt unter anderem die Einstellung der Bohle.

Der Schaufler führt Nebentätigkeiten aus wie das Ausbessern von Fehlstellen, Randausgleich, Übergänge zu Anschlüssen. Die Tätigkeit des Schauflers wird in der Regel auch vom Kolonnenführer übernommen. Daher werden die Messwerte des Kolonnenführers und des Schauflers in einem Kollektiv zusammengefasst.

In Einzelfällen kam es bei ungünstigen Umgebungsbedingungen zu Expositionen $> 10 \text{ mg/m}^3$, z. B. bei Tätigkeit ausschließlich in der Abwindfahne, Behinderung der freien Luftbewegung oder beim Arbeiten zwischen zwei eng gestaffelten Fertigern beim Paralleleinbau.

5.5 Walzenfahrer

Der Walzenfahrer führt die Straßenwalze hinter den Fertigern auf dem frisch eingebauten Belag.

6 Befund

Die Messungen belegen, dass beim Verarbeiten von Walzasphalt im Straßenbau im Freien bei achtstündiger Tätigkeit ohne weitere Schutzmaßnahmen gearbeitet werden kann, wenn

- die unter Abschnitt 3 vorgesehenen Verarbeitungstemperaturen $160 \pm 20^\circ\text{C}$ eingehalten sind,
- die Belüftung der Fertigerbühne nicht durch einen drei- oder allseitigen Abschluss behindert wird,
- kein Diesel, Altöl oder ähnliches als Trennmittel verwendet wird und
- der Einbau von konventionellem Walzasphalt nicht in Tunneln erfolgt.

Die höheren Expositionswerte beim Bohlenführer ergaben sich vor allem bei ungünstigen Umgebungsbedingungen (neben dem Arbeitsplatz liegende Hindernisse wie Lärmschutzwälle) in Zusammenhang mit Aufenthalt in der Abwindfahne und ungünstiger Windrichtung.

Die bislang vorliegenden Messungen beim Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt in Tunneln zeigen, dass entsprechend dem zuvor Gesagten auch bei diesen Arbeiten keine weiteren Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

7 Empfehlungen

7.1 Empfehlung für den Einbau von Walzasphalt

Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse sind für herkömmlichen Walzasphalt keine Expositionsmessungen erforderlich; es kann im Allgemeinen bei achtstündiger exponierter Tätigkeit ohne weitere Schutzmaßnahmen gearbeitet werden. Da die Anzahl der Messungen für temperaturabgesenkten Walzasphalt noch nicht hoch genug ist, sollten solche Baustellen den Arbeitsschutzverwaltungen der Länder / der BG BAU gemeldet werden, damit weitere Messungen erfolgen können, um die Aussagen statistisch noch besser absichern zu können.

Die Temperatur des Mischgutes muss beim Einbau im unter Abschnitt 3 aufgeführten Temperaturbereich von $160 \pm 20^\circ\text{C}$ liegen (bzw. bei temperaturabgesenktem Asphalt darunter) und der Steuerstand des Fertigers darf nicht drei- oder allseitig durch Scheiben, Vorhänge o. Ä. geschlossen sein, weil dadurch der freie Luftaustausch behindert wird und aufsteigende Emissionen sich anreichern können.

Die Verwendung von Dieseldieselkraftstoff als Trennmittel ist nicht zulässig. In Dieseldieselkraftstoff können aromatische Kohlenwasserstoffe enthalten sein, die möglicherweise krebserzeugend wirken und bei der Verwendung als Trennmittel eingeatmet werden können.

Bei den im Abschnitt 5.3 beschriebenen und als Ausnahme zu bewertenden ungünstigen Lüftungsbedingungen, bei denen Beschäftigte sich belästigt fühlen, können filtrierende Halbmasken A2P2 getragen werden, diese sind vorzuhalten. Auf die Arbeitsmedizinische Vorsorge „Atemschutzgeräte“ wird hingewiesen.

Dem Einsatz von temperaturabgesenktem Walzasphalt sollte im Hinblick auf das Minimierungsgebot der Gefahrstoffverordnung immer der Vorzug vor dem Einsatz von Walzasphalt bei herkömmlichen Verarbeitungstemperaturen gegeben werden [10] – siehe dazu auch die Anlage.

7.2 Allgemeine Maßnahmen

Ein direkter Hautkontakt mit heißem Walzasphalt führt zu Verbrennungen und wird von den Verarbeitern deshalb grundsätzlich vermieden. Es wird empfohlen, im Bedarfsfall 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 erstmals im Oktober 1999 verabschiedet, im März 2005 hinsichtlich der Inkraftsetzung der neuen Gefahrstoffverordnung überarbeitet und im März 2008 sowie im April 2018 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 (Arbeits-

- schutzgesetz – 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. Technische Lieferbedingungen für Straßenbaubitumen und gebrauchsfertige Polymermodifizierte Bitumen, FGSV 07/13
 5. 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
 6. 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>
 7. IFA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“ Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) Berlin, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld
 8. 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)
 9. Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 13/2012 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Fortschreibung der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Teil 5 Abschnitt 1)
 10. Gesprächskreis BITUMEN
<http://www.bgbau.de/koop/gespraechskreis-bitumen>

Diese Expositionsbeschreibung wurde gemeinsam von

- dem europäischen Verband der Bitumenindustrie Eurobitume, Brüssel
- der Bundesanstalt für Straßenwesen – BASt, Bergisch-Gladbach
- der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Berlin
- dem Deutschen Asphaltinstitut (DAI) e.V., Bonn
- dem Deutschen Asphaltverband (DAV) e.V., Bonn
- dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V., Berlin
- dem Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik - LASI
- Industriegewerkschaft Bauen – Agrar – Umwelt (IG BAU), Frankfurt
- dem Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (ZDB) e.V., Berlin

erarbeitet.

Anlage

Expositionsdaten konventioneller und temperaturabgesenkter Walzasphalt

In den Jahren 1994 – 2017 wurden 1188 Messungen beim Einbau von Walzasphalt durchgeführt. In 79 Fällen wurden nicht Dämpfe und Aerosole aus Bitumen gemessen, sondern PAK, Aldehyde, usw. Bei 22 Messungen waren die Probenräger defekt und in 27 Fällen waren die Messungen keinem Arbeitsplatz zuzuordnen. In 8 Fällen handelte es sich um Mehrfachmessungen am selben Ort, z. B. beim Vergleich verschiedener Messverfahren und in 12 Fällen lag die Asphalttemperatur oberhalb von 200°C.
(1188 – (79 + 22 + 27 + 8 + 12) = 1040)

Bei einigen Messungen wurden Expositionen von Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen mit einem ungewöhnlichen Quotienten Aerosol/Dampf ermittelt (< 0,1). Dies kann ein Hinweis auf einen Einfluss durch andere Expositionen sein, wie dieselhaltige Trennmittel. Entsprechende Messungen wurden aus dem Kollektiv herausgenommen, wenn neben diesem ungewöhnlichen Quotienten Aerosol/Dampf weitere Hinweise auf Einflüsse durch andere Expositionen (wie Trennmittel) vorlagen (17 Messungen auf 9 Baustellen).
(1040 – 17 = 1023)

42 Messungen erfolgten im unbelasteten Umfeld von Baustellen, um den Einfluss vor allem des Straßenverkehrs auf die Expositionen der Walzasphaltarbeiter abschätzen zu können (Tabelle A1).
(1023 – 42 = 981)

Tabelle A1: Messungen im unbelasteten Umfeld von Baustellen (mg/m³ Dämpfe und Aerosole aus Bitumen)

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Im Freien	41	0,07	0,30	1,77	2,30
Im Tunnel	1	5,60			

In 14 Fällen wurde nicht an einem Arbeitsplatz, sondern direkt über der Schnecke des Fertigers gemessen (Tabelle A2).
(981 – 14 = 967)

Tabelle A2: Messungen direkt an der Emissionsquelle (mg/m³ Dämpfe und Aerosole aus Bitumen)

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Emissionsquelle	14	6,00	25,91	78,88	146,80

Auf 10 Baustellen wurden insgesamt 46 Messungen beim Einbau von gummimodifiziertem Asphalt durchgeführt (Tabelle A3), alle im Freien.
(967 – 46 = 921).

Tabelle A3: Zusammenfassung der Messungen beim Einbau von gummimodifiziertem Asphalt (mg/m³ Dämpfe und Aerosole aus Bitumen)

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Kolonnenführer, Bohlenführer	24	0,25	4,63	11,74	17,40
Fertigerfahrer	18	1,10	3,20	6,12	6,20
Walzenfahrer	2	0,41 - 1,20			
Sonstige	2	3,30 – 7,20			

Rückschlüsse auf mögliche Emissionen aus den Gummizusätzen lassen diese Messungen der Dämpfe und Aerosole aus Bitumen nicht zu.

[Für den Einbau von gummimodifiziertem Walzasphalt (im Freien) liegen 2 Messwerte für BaP in Höhe von 5,2 ng/m³ und 5,6 ng/m³ vor. In 3 Fällen liegen die Messwerte für BaP unterhalb der Bestimmungsgrenzen (40 ng/m³ bis 160 ng/m³). Für Naphthalin gibt es 4 Messwerte von 410 ng/m³ - 7315 ng/m³, 1 Messwert liegt unterhalb der Bestimmungsgrenzen (1150 ng/m³).]

Von den verbleibenden 921 Messungen wurden **682 beim Einbau von konventionellem Walzasphalt** und **239 bei temperaturabgesenktem Asphalt** ermittelt.

Konventioneller Walzasphalt

Die 682 Messungen beim Einbau von konventionellem Walzasphalt wurden im Freien und in Tunneln bei Einbautemperaturen ≤ 200°C vorgenommen. Tabelle A4 zeigt die Expositionen für die verschiedenen Arbeitsplätze unabhängig davon, ob die Verarbeitung im Freien oder im Tunnel durchgeführt wurde.

Einige Messungen wurden an Fahrern von Winden (4; zur Sicherung des Fertigerfahrers) und Beschickern (14, davon 7 bei Kompaktasphalt) sowie an LKW-Einweisern (2) und -Fahrern (2) vorgenommen (letzte vier Zeilen der Tabelle A4), v.a. bei der Asphaltierung eines Wasserrückhaltebeckens mit konventionellem Walzasphalt (Abb. A1). Diese, in der Regel eher selten vorkommenden Arbeitsplätze wurden für die Expositionsbeschreibungen nicht berücksichtigt (der LKW-Fahrer wird in der Expositionsbeschreibung zu Herstellung und Transport von Asphalt behandelt).

(682 – (14 + 4 + 2 + 2) = 660)

Tabelle A4: Zusammenfassung der Messungen beim Einbau von konventionellem Walzasphalt im Straßenbau bei Einbautemperaturen $\leq 200^{\circ}\text{C}$ (mg/m^3 Dämpfe und Aerosole aus Bitumen)

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Kolonnenführer, Bohlenführer	339	0,12	2,80	13,60	28,80
Fertigerfahrer	233	0,12	2,60	12,64	19,90
Walzenfahrer	88	0,17	0,90	3,10	8,80
Beschickerfahrer	14	0,22	1,28	7,85	9,60
Windenfahrer	4	0,14 - 0,22 - 0,4 - 0,8			
LKW-Einweiser	2	0,5 - 1,0			
LKW-Fahrer	2	0,1 – 1,5			



Abbildung A1: Winde (oben), Beschicker (mitte) sowie Fertiger und Walze (unten) beim Asphaltieren eines Wasserrückhaltebeckens

Auf 15 Tunnelbaustellen wurden insgesamt 135 Messungen beim Einbau von konventionellem Walzasphalt durchgeführt (Tabelle A5)
 $(660 - 135 = 525)$.

Tabelle A5: Zusammenfassung der Messungen beim Einbau von konventionellem Walzasphalt auf Tunnelbaustellen (mg/m³ Dämpfe und Aerosole aus Bitumen)

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Kolonnenführer, Bohlenführer	78	0,23	3,20	18,42	28,80
Fertigerfahrer	37	0,75	2,60	18,54	19,90
Walzenfahrer	20	0,70	1,35	7,00	8,80

Auf 5 Baustellen wurden insgesamt 9 Messungen an Fertigerfahrern durchgeführt, deren Fahrerkabine geschlossen waren (Tabelle A6).
(525 – 9 = 516)

Tabelle A6: Messungen an Fertigerfahrern in geschlossenen Fahrerhäusern beim Einbau von konventionellem Walzasphalt (mg/m³ Dämpfe und Aerosole aus Bitumen)

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Fertigerfahrer	9	5,6	-	-	19,7

18 Messungen wurden bei Einbautemperaturen über 180 – 200°C beim Einbau von konventionellem Walzasphalt im Straßenbau im Freien vorgenommen.
(516 – 18 = 498)

Somit verbleiben 498 Messungen an Kolonnenführer bzw. Bohlenführer, Fertiger- und Walzenfahrer bei Einbautemperaturen von 160 ±20°C (Tabelle A7). Auf diese 498 Messungen beziehen sich die Aussagen dieser Expositionsbeschreibung zum Einbau von konventionellem Walzasphalt im Freien. Tabelle A7 ist identisch mit Tabelle 1 (S. 3) dieser Expositionsbeschreibung.

Tabelle A7: Übersicht über die ermittelten Expositionen (mg/m³ Dämpfe und Aerosole aus Bitumen) beim Einbau von konventionellem Walzasphalt im Straßenbau

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Kolonnenführer, Bohlenführer	255	0,12	2,72	12,42	20,80
Fertigerfahrer	178	0,12	2,40	8,90	17,60
Walzenfahrer	65	0,17	0,80	2,38	3,10

Temperaturabgesenkter Walzasphalt

Für den Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt (Einsatz viskositätsveränderter Bindemittel oder Zugabe von viskositätsverändernden Zusätze bei der Produktion) liegen 239 Messungen vor. Davon wurden 194 im Freien und 45 in Tunneln erhalten. Die Einbautemperaturen lagen zwischen 120 °C und 166 °C, im Mittel bei 138 °C.

Tabelle A8 zeigt die beim Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt im Freien erhaltenen Expositionen.

Tabelle A8: Übersicht über die ermittelten Expositionen (mg/m³ Dämpfe und Aerosole aus Bitumen) beim Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt im Straßenbau im Freien

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Kolonnenführer, Bohlenführer	99	0,18	1,20	5,17	13,00
Fertigerfahrer	57	0,25	1,20	7,29	17,40
Walzenfahrer	38	0,14	0,27	2,70	7,10

Beim Einbau von herkömmlichem Walzasphalt in Tunneln sind die Expositionen deutlich höher als im Freien (vgl. Tabelle A5) – nahezu doppelt so hoch. Dagegen liegen die Expositionen beim Einbau von temperaturabgesenkten Walzasphalten in Tunneln deutlich niedriger – sogar niedriger als beim herkömmlichen Asphalt im Freien (vgl. Tabelle A9). Deshalb ist seit 2012 in Tunneln temperaturabgesenkter Asphalt einzubauen. Da die Anzahl der Messungen für diese Bauweise noch nicht hoch genug ist, kann noch keine Befreiung von der Messverpflichtung gewährt werden – solche Baustellen sollten den Arbeitsschutzverwaltungen der Länder / der BG BAU gemeldet werden, damit dort weitere Messungen erfolgen können, um die Aussagen statistisch noch besser absichern zu können.

Tabelle A9: Übersicht über die ermittelten Expositionen (mg/m³ Dämpfe und Aerosole aus Bitumen) beim Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt im Straßenbau in Tunneln

	Messwerte	Minimalwert	50-Perzentil	95-Perzentil	Maximalwert
Kolonnenführer, Bohlenführer	21	0,17	1,29	3,88	3,88
Fertigerfahrer	12	0,68	2,73	5,93	6,60
Walzenfahrer	12	0,68	1,67	3,12	3,27

Auf diese 45 Messungen beziehen sich die Aussagen dieser Expositionsbeschreibung zum Einbau von temperaturabgesenktem Walzasphalt in Tunneln. Tabelle A9 ist identisch mit Tabelle 2 (S. 4) dieser Expositionsbeschreibung.