

Expositionsbeschreibungen für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen

U. Musanke, C. Emmel, R. Rühl, D. Höber, H. Kleine

Zusammenfassung Für die verschiedenen Tätigkeiten mit Bitumen erarbeitete der Gesprächskreis BITUMEN Expositionsbeschreibungen, die Unternehmen Hilfestellung bei der Gefährdungsbeurteilung geben. Die dabei verfolgte tätigkeitsbezogene Messstrategie wird erläutert und mit der international, z. B. im Rahmen von medizinischen/toxikologischen Untersuchungen, üblichen schichtbezogenen Messstrategie verglichen. Wesentlicher Grund für den Tätigkeitsbezug ist die große Variabilität von Einsatzorten, Tätigkeiten, deren Dauer und Rahmenparametern auf Baustellen. Dort sind die Bedingungen völlig anders als bei stationären Arbeitsplätzen. Neben der Messstrategie kommt auch der Festlegung der Expositionshöhe bei einem vorliegenden Datenkollektiv ein wichtiges Augenmerk zu. Da die Expositionsbeschreibungen den Unternehmen erlauben, auf eigene Messungen zu verzichten, wurde ein entsprechend hohes Sicherheitsniveau gewählt. Mit weit über 1 000 Messwerten in den Expositionsbeschreibungen gehören die Tätigkeiten mit Bitumen zu den besonders gut untersuchten.

Exposure descriptions for vapours and aerosols emitted from bitumen

Abstract For the different uses of bitumen the German Bitumen Forum created exposure descriptions which support the enterprises in their risk assessment. The task-related measurement strategy used in the exposure descriptions is explained in detail and compared with the shift-related measurement strategy which is e.g. common for medical or toxicological studies. The main motivation for the task-relation is the large variety of the site of operation, job task, job duration and other parameters on building sites. The conditions on building sites are absolutely different from those in many other industries. Besides the measurement strategy another important issue is, how the height of exposure is defined for a certain data collective. As the exposure descriptions allow the enterprises to omit own exposure measurements, they use an appropriate high security level. Including far more than 1,000 measurement values in the exposure descriptions, the uses of bitumen are exceptionally well-investigated job tasks.

1 Einleitung

Die Ermittlung der Exposition gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen bei den verschiedenen Einsatzbereichen von Bitumen ist eine der wesentlichen Arbeiten des Ge-

sprächskreises BITUMEN. Die von der Berufsgenossenschaft (BG) der Bauwirtschaft, der Steinbruchs-BG und der BG der chemischen Industrie ermittelten Expositionsdaten sind die Grundlage für nahezu alle Aktivitäten des Gesprächskreises. Präsentiert man diese Expositionsdaten im Ausland, muss bis heute um deren Akzeptanz bei wissenschaftlichen Betrachtungen gerungen werden.

Im Folgenden wird weniger auf die Expositionen bei den verschiedenen Tätigkeiten mit Bitumen eingegangen, vielmehr wird die Vorgehensweise zur Erstellung von Expositionsbeschreibungen erläutert. Die tätigkeitsbezogene und die schichtbezogene Messstrategie werden anhand der Expositionsbeschreibungen und der Humanstudie Bitumen verglichen.

2 Messstrategie und Beurteilung

2.1 Schicht- und Tätigkeitsbezug

Je nach Fragestellung finden unterschiedliche Messstrategien für die Bestimmung von Gefahrstoffexpositionen Anwendung. Sollen beispielsweise die Auswirkungen der Exposition gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen auf den menschlichen Körper untersucht werden, legen die Rahmenbedingungen für das Biomonitoring (Untersuchung der Beschäftigten vor und nach der Schicht) auch die Vorgehensweise für das Air-Monitoring fest: In diesem Fall wird die individuelle Exposition der Beschäftigten über die gesamte Arbeitsschicht als Summenwert aufgezeichnet (Schichtbezug). Die Luftprobenahme erfolgt damit auch während der mehr oder weniger langen Phasen, in denen der Beschäftigte andere Tätigkeiten ausführt – mit geringerer oder gar keiner Exposition – und selbst bei etwaigen Pausen. Die so erhaltenen Daten eignen sich nur für die Beschreibung dieses individuellen Arbeitsablaufs an diesem Tag.

Sollen die Messdaten für eine Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden, d. h. für eine Prognose der üblicherweise auftretenden Expositionen, so ist dies nur möglich, wenn die Schichten jeweils gleichartig oder zumindest ähnlich verlaufen, wie in vielen Produktionsstätten oder bei Arbeiten an Fließbändern. Führen die Beschäftigten unterschiedliche Tätigkeiten aus, die sich von Schicht zu Schicht auch in ihrer jeweiligen Dauer unterscheiden können – dies ist insbesondere im Baubereich anzutreffen –, muss für das Air-Monitoring die Arbeit der Beschäftigten in die unterschiedlichen Tätigkeiten unterteilt werden (Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 402 Anlage 3 Nr. 5 (3) [1]). Das heißt, die Exposition wird während jeder Tätigkeit der Beschäftigten bestimmt (Tätigkeitsbezug).

Die Probenahme kann nun entweder während einer Schicht erfolgen, in der bei jedem Wechsel der Tätigkeit der Proben-träger getauscht wird, oder es können die verschiedenen Tätigkeiten gezielt während verschiedener Schichten untersucht werden. Entscheidend ist, dass die Exposition bei jeder Tätigkeit für sich allein ausgewertet wird. Dies ermög-

Dr. rer. nat. Uwe Musanke,

Dr. rer. nat. Reinhold Rühl,

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Frankfurt am Main.

Dr. rer. nat. Christoph Emmel, Dieter Höber,

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, München.

Dr.-Ing. Horst Kleine,

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.

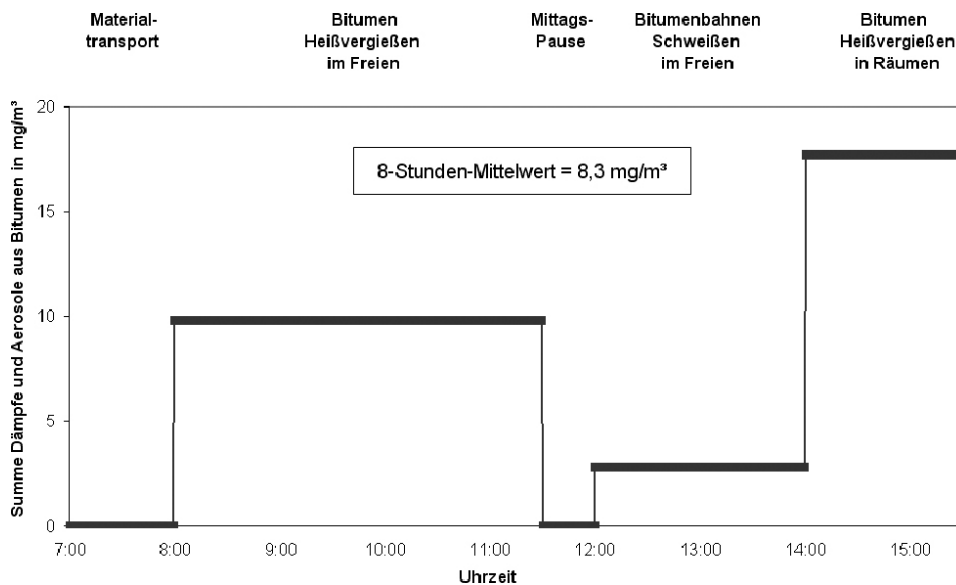


Bild 1. Beurteilung einer Schicht (7:00 bis 15:30 Uhr) mit verschiedenen Tätigkeiten mit heißem Bitumen. Die Expositionen stammen aus den jeweiligen Expositionsbeschreibungen. Der 8-Stunden-Mittelwert berechnet sich nach $(1 \text{ h} \times 0 \text{ mg/m}^3 + 3,5 \text{ h} \times 9,8 \text{ mg/m}^3 + 0,5 \text{ h} \times 0 \text{ mg/m}^3 + 2 \text{ h} \times 2,8 \text{ mg/m}^3 + 1,5 \text{ h} \times 17,7 \text{ mg/m}^3) / 8 \text{ h} = 8,3 \text{ mg/m}^3$.

licht es, Tätigkeiten mit besonders hoher Exposition zu identifizieren und im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung gezielte Maßnahmen zur Minderung der Exposition festzulegen.

Werden die Expositionen bei einer bestimmten Tätigkeit auf verschiedenen Baustellen wiederholt ermittelt, so kann man zu einer repräsentativen Beschreibung dieser Tätigkeit gelangen (Expositionsbeschreibung). Diese Expositionsbeschreibung erlaubt es, für kommende Baustellen die zu erwartende Exposition abzuschätzen.

Es ist zudem möglich, bei Kenntnis der Tätigkeiten und deren Dauer, die Exposition während einer Arbeitsschicht nachzubilden. Ein Beispiel hierfür ist in Bild 1 dargestellt: Ein Dachdecker bringt morgens das Material auf eine Baustelle auf dem Dach eines Parkdecks, verlegt dort anschließend bis zur Mittagspause Schaumglas-Blöcke mit Heißbitumen im Gießverfahren und schweißt dann Bitumenbahnen auf. Danach hilft er bis zum Feierabend seinen Kollegen, die im Parkhaus Schaumglas verkleben.

Auf Baustellen sind Art und Dauer der Tätigkeiten sehr variabel, zudem können viele Tätigkeiten durchaus über die gesamte Schicht ausgeführt werden. Deshalb wird in den Expositionsbeschreibungen die tätigkeitsbezogen ermittelte Exposition in der Regel ausdrücklich nicht durch Pausen und andere Zeiträume ohne Exposition „herunter gerechnet“. Dies können Arbeitgeber jedoch im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung für den Einzelfall – wie in Bild 1 beschrieben – durchführen.

2.2 Dauer der Probenahme

An einem für den jeweiligen Verarbeiter normalen Arbeitstag erfolgt die Probenahme nur in der Zeit, in der der Verarbeiter die entsprechende Tätigkeit ausführt. Die hier verfolgte Messstrategie entspricht der europäischen Norm DIN EN 689 [2]. Dort ist in Absatz 5.2.4 und Anhang A festgelegt, dass eine Messdauer von mindestens 2 h bei gleichförmigem Expositionsverlauf ausreichend ist für eine statistisch abgesicherte Ermittlung der charakteristischen Expositionshöhe. Selbstverständlich muss sichergestellt sein,

dass die Probenahme für diese Tätigkeit repräsentativ ist. Auch für eine ausreichende Bestimmungsgrenze genügt bei dem hier verwendeten Probenahme- und Analysenverfahren eine Probenahmedauer von 2 h.

2.3 Ort der Probenahme

Eine möglichst genaue Bestimmung der Exposition erfordert eine Probenahme im Einatembereich der Arbeiter. An Arbeitsplätzen mit hoher Mobilität im Arbeitsbereich ist dazu in vielen Fällen eine personengetragene Probenahme unabdingbar, z. B. beim Transport mit Schubkarren oder Eimern beim Gussasphalteinbau sowie beim Schweißen von Bitumenbahnen. In Einzelfällen

kann eine personenbezogene Probenahme erfolgen, indem das Probenahmesystem mitgeführt wird. An „stationären“ Arbeitsplätzen, wie dem des Fertigerfahrers oder Walzenfahrers beim Walzasphalteinbau, kann mit einer personenbezogenen stationären Probenahme im Einatembereich gearbeitet werden, da die Verarbeiter ihren Platz nicht verlassen.

2.4 Ermittlung der Expositionshöhe

Bei vielen medizinischen/toxikologischen Fragestellungen wird der Mittelwert oder der Median eines Expositionsdatenkollektivs zur Auswertung herangezogen. Für eine Abschätzung der inhalativen Exposition im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung würde das Heranziehen des Medians jedoch bedeuten, dass die Hälfte aller Fälle oberhalb dieses Wertes läge, was aus Sicht der Prävention nicht haltbar wäre. Der REACH-Implementationsleitfaden „Chapter R.14: Occupational Exposure Estimation“ [3] führt aus, dass für eine Beurteilung der Exposition im Rahmen eines Expositionsszenarios – z. B. für den Vergleich mit einem DNEL-Wert – von einem Datenkollektiv von mindestens sechs, vorzugsweise zwölf Messpunkten der 75-Perzentilwert der Messdatenverteilung herangezogen werden sollte. Bei einer solchen Vorgehensweise lägen weiterhin ein Viertel der Fälle oberhalb des Wertes, was für die präventiven Zwecke einer Expositionsbeschreibung immer noch zu viel wäre.

Derselbe Leitfaden weist darauf hin, dass im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung die Anwendung verschiedener Perzentilwerte auf Datenkollektive in der Diskussion ist. Abhängig von der Streubreite der Daten zieht man beispielsweise für die Risikobeurteilung von Bioziden den Wert des 75. oder 95. Perzentils heran.

Entsprechend der TRGS 420 „Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung“ [4] erfolgt in den Expositionsbeschreibungen die Beurteilung für die Exposition bei einer Tätigkeit anhand des 95-Perzentils der Messwertverteilung. Das heißt, in 95 % der Fälle war die Exposition kleiner oder gleich diesem Wert. Die 5 % der Fälle, die darüber lagen, werden als außergewöhnlich

Aktuelle Expositionsbeschreibungen des Gesprächskreises BITUMEN mit den Expositionen für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen in mg/m³. Bei unter zehn Messwerten ist der Maximalwert anstelle der Perzentile angegeben.

Expositionsbeschreibung	Stand	Anzahl	50. Perzentil	75. Perzentil	95. Perzentil
Herstellen von Bitumen	Juni 2006	17	1,4	3,3	2,6
Herstellen und Transport von Asphalt in der Mischanlage	Juli 2006				
Asphaltherstellung, Leitstand		52	6,0	14	31 ¹⁾
Radladerfahrer/Außenbereich		8	–	–	1,3
Grundbelastung		6	–	–	0,90
Beförderung von Asphalt		20	0,70	1,3	1,8
		14	1,2	2,2	4,3
Walzasphaltarbeiten	Mai 2008				
Kolonnenführer/Bohlenführer		225	2,7	5,4	12
Fertigerfahrer		161	2,4	3,7	8,9
Walzenfahrer		56	0,90	1,5	2,5
Fugenverguss mit Heißbitumen	Mai 2005				
Kesselmann		10	1,3	1,9	3,0
Gießer		10	1,0	1,5	3,9
am Kesselwagen		20	2,1	3,4	4,8
Gussasphaltarbeiten (temperaturabgesenkt ≤ 230 °C)					
• Maschineller Einbau	Oktober 2008				
– Zapfer		43	2,4	4,8	7,7
– Bohlenführer		57	2,9	6,0	9,0
– Nacharbeiten		43	0,26	1,0	2,9
• Händischer Einbau	Oktober 2008				
– Gesamt im Freien		5	–	–	1,0
– Gesamt in Räumen		13	3,6	8,6	9,1
Herstellen von Bitumendämpfungsfolien	Mai 2005	10	1,1	3,8	5,4
Herstellen von Bitumenbahnen	April 2009	76	1,6	2,2	4,4
Dachdeckerarbeiten	April 2009				
• Schweißen von Bitumenbahnen	Mai 2005	66	0,25	0,41	2,8
• Verkleben von Schaumglas oder Bitumenbahnen mit Heißbitumen					
– im Freien		102	2,5	4,7	9,8
– in Räumen		15	7,0	13	18

¹⁾ Die Aufenthaltsdauer in diesem Bereich sehr hoher Exposition liegt üblicherweise deutlich unter einer Stunde.

akzeptiert. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, damit die Expositionsbeschreibungen ein relativ hohes Schutzniveau gewährleisten; schließlich erlauben sie dem Arbeitgeber, auf eigene Messungen zu verzichten.

2.5 Bewertungsmaßstab

Bis zum Jahr 2004 gab es für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen einen Luftgrenzwert von 10 mg/m³; damit war die Bewertung der Exposition gesetzlich geregelt. Mit dem Wegfall aller technisch begründeten Luftgrenzwerte im Jahr 2005 musste die Beurteilung der Exposition neu überdacht werden. Der Gesprächskreis BITUMEN vereinbarte, sich bei der Beurteilung der Expositionen gegenüber Dämpfen und Aerosolen aus Bitumen weiterhin solange an einem Wert von 10 mg/m³ zu orientieren, bis neue Erkenntnisse vorliegen (z. B. ein im Rahmen von REACH aufgestellter DNEL-Wert), vgl. auch [5]).

3 Expositionsbeschreibungen

Expositionsbeschreibungen geben die bei einer größeren Anzahl von Arbeitsplätzen für die verschiedenen Tätigkeiten ermittelten Expositionen wieder. Durch eine ausreichend

hohe Anzahl von Messungen an verschiedenen Arbeitsplätzen kann die Exposition bei der jeweiligen Tätigkeit repräsentativ beschrieben werden und es ist sichergestellt, dass die Rahmenparameter die üblichen Bedingungen an diesen Arbeitsplätzen widerspiegeln. Da die im Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU, ehemals BGMG [6]) eingesetzten Messtechniker, die für die Probenahme zuständig sind, über umfangreiche Branchen-/Baustellen-Erfahrungen verfügen, können sie beurteilen, inwieweit die Arbeiten typisch ausgeführt wurden oder ob beispielsweise Worst-case- oder andere abweichende Bedingungen vorlagen.

Während die Probenahme also durch die branchenbezogenen Messtechnischen Dienste der Unfallversicherungsträger erfolgt, findet die Analytik [7] zentral im Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA, ehemals BGIA) statt. Die Auswertung der Messdaten und insbesondere die Diskussion auftretender Fragen geschieht in Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachleute in kleinen branchenbezogenen Arbeitskreisen des Gesprächskreises BITUMEN. Hier sind in der Regel die Arbeitgeber- und Arbeitnehmerseite der Verarbeiter, die Hersteller, die Länderbehörden für Arbeitsschutz sowie die Berufs-

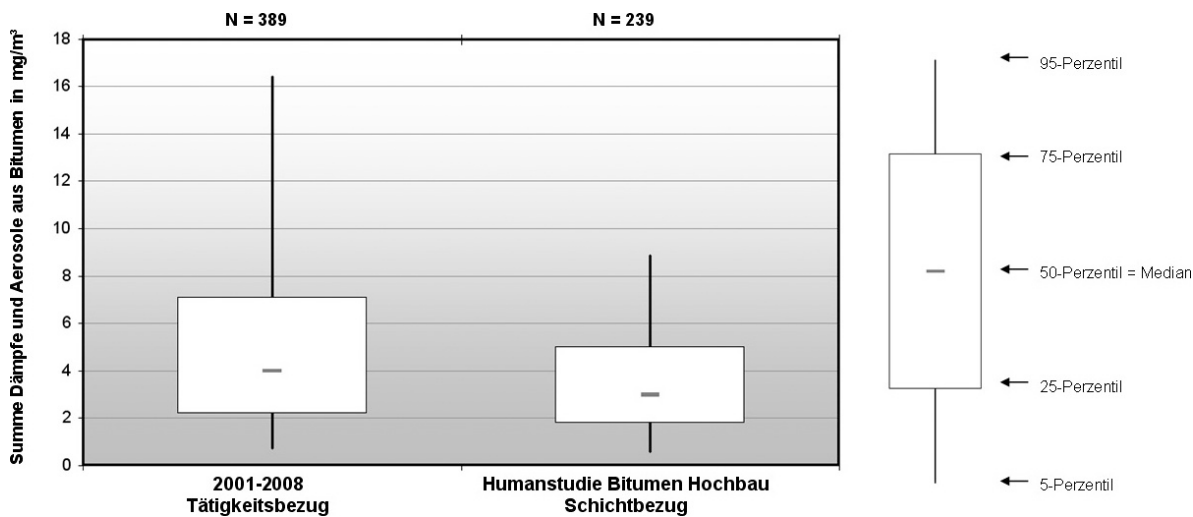


Bild 2. Tätigkeitsbezogene Expositionsdaten für konventionellen Gussasphalteinbau aus dem Zeitraum von 2001 bis 2008 im Vergleich zu den schichtbezogenen Expositionsdaten der Humanstudie Bitumen.

genossenschaften und ggf. weitere interessierte Kreise, z. B. die Bundesanstalt für Straßenwesen, beteiligt.

Die in Deutschland ermittelten Expositionen bei den verschiedenen Tätigkeiten mit Bitumen wurden mehrfach auch international publiziert [8; 9]. Der aktuelle Stand ist in der Tabelle aufgeführt. Damit die Ergebnisse in einer für die Unternehmer leicht anwendbaren Form verfügbar sind, wurden Expositionsbeschreibungen für die verschiedenen Tätigkeiten formuliert. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung kann auf diese verwiesen werden; eigene Messungen der Unternehmen sind nicht mehr erforderlich, wenn sie sich an die in den Beschreibungen festgelegten Bedingungen halten. Selbstverständlich kann ein Unternehmer in einem Betrieb selbst Messungen durchführen lassen und die dabei erhaltenen Expositionsdaten für seine Gefährdungsbeurteilung verwenden. Die in der Tabelle aufgeführten Expositionsbeschreibungen sind auf der Internetseite des Gesprächskreises BITUMEN unter www.gisbau.de/bitumen.htm verfügbar, viele sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache.

Für eine bessere internationale Vergleichbarkeit der im Rahmen des Gesprächskreises BITUMEN ermittelten Expositionen wurden Vergleichsmessungen mit dem deutschen und dem US-amerikanischen Messverfahren durchgeführt [10]. Für Walzasphalt ließen sich brauchbare Korrelationen herstellen zwischen den Werten für „benzene-soluble-fraction“ (BSF) und für Aerosole aus Bitumen sowie den Werten für „total organic matter“ (TOM) und für die Summe der Dämpfe und Aerosole aus Bitumen. Damit eröffnen sich Möglichkeiten, die deutschen Werte auch mit solchen zu vergleichen, die mit anderen Messverfahren erhalten wurden.

4 Vergleich Expositionsbeschreibungen und Humanstudie Bitumen

Bild 2 vergleicht die schichtbezogenen Expositionsdaten der Humanstudie Bitumen [11] mit den tätigkeitsbezogenen Expositionsdaten für den händischen Gussasphalteinbau mit konventionellem¹⁾ Gussasphalt aus dem gleichen Zeitraum

¹⁾ Seit 2008 darf in Deutschland nur noch temperaturabgesenkter Gussasphalt mit bestimmten viskositätsverändernden Bestandteilen bei Temperaturen von maximal 230 °C eingesetzt werden. Die dabei ermittelten in der Regel niedrigen Expositionen sind hier nicht einbezogen worden.

von 2001 bis 2008. Es wird deutlich, dass sich die 95-Perzentile mit 16 und 8,8 mg/m³ fast um 50 % unterscheiden. Bei dem 75-Perzentilwert und dem Median sind die Unterschiede mit 30 bzw. 25 % deutlich geringer. Sie liegen damit in einer Größenordnung, die auch für die Messunsicherheit von Arbeitsplatzmessungen zulässig ist. Letztendlich unterscheiden sich die Expositionen im Großen und Ganzen nicht außergewöhnlich: Bezogen auf den Interquartilsabstand in Bild 2 kann festgestellt werden, dass beim Tätigkeitsbezug und beim Schichtbezug die Hälfte aller Werte zwischen 2 und 7 mg/m³ bzw. zwischen 2 und 5 mg/m³ liegen.

Um es zu verdeutlichen: Die Arbeitsplatzmessungen der Expositionsbeschreibungen sind tätigkeitsbezogen, wurden also nur während der exponierten Tätigkeit durchgeführt, die der Humanstudie BITUMEN schichtbezogen, fanden also auch während eventueller expositionsfreier Zeiten statt. Die Expositionsdaten – nicht die Expositionen – müssen also im Rahmen der Humanstudie niedriger sein.

5 Ausblick

Einige Expositionsbeschreibungen des Gesprächskreises fußten in ihrer ersten Ausgabe auf verhältnismäßig kleinen Datenkollektiven. Für viele – nicht nur Arbeitsschützer – gehörte schon ein gewisser Mut dazu, darauf basierend Urteile zu fällen und Maßnahmen festzulegen. Bei diesen Bewertungen der Expositionen bewährte sich immer wieder das Vertrauen der Mitglieder des Gesprächskreises BITUMEN in die Kompetenz der jeweiligen Fachleute.

Im Laufe der Jahre kamen weitere Messungen hinzu, mit denen sich aufgekommene Fragen meist klären ließen. Mit ca. 5 000 Messwerten für Dämpfe und Aerosole aus Bitumen, von denen mehr als 1 000 in die aktuellen Expositionsbeschreibungen einfließen und weitere 1 500 in Anhängen beschrieben sind (beim Einbau von konventionellem Gussasphalt oder bei außergewöhnlichen Walzasphaltarbeiten), gehören die Tätigkeiten mit Bitumen mittlerweile sicherlich zu den besonders gut untersuchten. Hier zeigt sich eindrucksvoll, wie durch gemeinsame Anstrengungen aller Interessenträger einer Branche eine Hilfestellung für den Arbeitsschutz erarbeitet werden kann.

Literatur

- [1] Technische Regel für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). Ausg. 2/2010. GMBI. (2010) Nr. 12, S. 231-253.
- [2] DIN EN 689: Anleitung zur Ermittlung der inhalativen Exposition gegenüber chemischen Stoffen zum Vergleich mit Grenzwerten und Meßstrategie. Berlin: Beuth 1995.
- [3] Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.14: Occupational Exposure Estimation. Hrsg.: European Chemicals Agency, Helsinki, Finnland, 2008.
- [4] Technische Regel für Gefahrstoffe: Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung (TRGS 420). Ausg. 1/2006. BArbBl. (2006) Nr. 1, S. 38-41; zul. geänd. GMBI. (2010) Nr. 12, S. 253-254.
- [5] *Rühl, R.; Baier, R.; Lechtenberg-Auffahrt, E.*: Eine Branche ist sich einig. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 70 (2010) Nr. 7/8, S. 279-284.
- [6] *Gabriel, S.; Koppisch, D.; Range, D.*: The MGU – a monitoring system for the collection and documentation of valid workplace exposure data. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 70 (2010) Nr. 1/2, S. 43-49.
- [7] BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Kennzahl 6305, Messverfahren 1. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin. Berlin: Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989.
- [8] *Rühl, R.; Musanke, U.; Kolmsee, K.; Prieß, R.; Zoubek, G.; Breuer, D.*: Vapours and aerosols of bitumen: Exposure data obtained by the German Bitumen Forum. Ann. Occup. Hyg. 50 (2006), S. 459-468.
- [9] *Rühl, R.; Musanke, U.; Kolmsee, K.; Prieß, R.; Breuer, D.*: Bitumen emissions on workplaces in Germany. J. Occup. Environm. Hyg. 4 (suppl. 1) (2007), S. 77-86.
- [10] *Kriech, A. J.; Emmel, C.; Osborn, L. V.; Breuer, D.; Redman, A. P.; Höber, D.; Rühl, R.*: Side by side comparison of field monitoring methods for hot bitumen emission exposures: the German BGIA Method 6305, the U.S. NIOSH Method 5042 and the Total Organic Matter Method. J. Occup. Environm. Hyg. (2010), in Druck.
- [11] *Spickenheuer, A.*: Beitrag auf der 18. Sitzung des Gesprächskreises BITUMEN am 27. Oktober 2009 in Mannheim. Persönliche Mitteilung.