

Benzol – Messungen in verschiedenen Arbeitsbereichen mit Bezug zur Toleranz- und Akzeptanzkonzentration nach TRGS 910

D. Breuer, R. Ngazi, R. Van Gelder, S. Gabriel, W. Pflaumbaum, G. Meyer, I. Schmidt, H.-P. Fröhlich, D. Fendler, A. Tigler, U. Lewin-Kretzschmar, L. Hohenberger, A. Riethmüller

Zusammenfassung Vor allem in Bereichen, die mit der Versorgung der Bevölkerung mit Ottokraftstoffen in Verbindung stehen, gibt es auch heute noch Arbeitsplätze mit möglichen Benzolexpositionen. Mit einem neu entwickelten empfindlichen Messverfahren wurde die Einhaltung der Akzeptanz- und Toleranzkonzentration für Benzol beim Befüllen von Tankfahrzeugen, im Innen- und Außenbereich von Tankstellen, bei der Instandhaltung von Kraftfahrzeugen sowie im Gartenbau beim Einsatz von Geräten mit Benzinmotoren messtechnisch untersucht. Gleichzeitig erfolgten Messungen mit dem bisherigen Verfahren. Es zeigte sich, dass die Einhaltung der Akzeptanzkonzentration von derzeit $0,2 \text{ mg/m}^3$ an Tankstellen problemlos möglich ist. Auch im Gartenbaubereich ist die derzeitige Akzeptanzkonzentration bei allen Messungen eingehalten. Messungen in einigen weiteren Arbeitsbereichen sind vorgesehen.

Measurement of benzene in a range of working areas with reference to the tolerable and acceptable concentrations of the TRGS 910 technical rules

Abstract Workplaces are still encountered at which a potential risk of benzene exposure exists, particularly in areas associated with the supply of petrol and other spark-ignition engine fuels to the population. A newly developed sensitive measurement method was used to measure the observance of the acceptable and tolerable concentrations of benzene during the filling of tanker vehicles, in the indoor and outdoor areas of filling stations, during maintenance work on motor vehicles, and in landscaping work involving petrol-engined equipment. Measurements were performed at the same time by means of the legacy method. It was found that the current acceptable concentration of 0.2 mg/m^3 is comfortably observed at filling stations. The current acceptable concentration was also observed in all measurements conducted in the landscaping sector. Measurements are planned for selected further areas.

Prof. Dr. rer. nat. Dietmar Breuer, Rachid Ngazi, Dipl.-Chem. Reiner Van Gelder, Stefan Gabriel, Dr. rer. nat. Wolfgang Pflaumbaum,
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.

Dr. rer. nat. Gabriele Meyer,
Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft, Hamburg.

Dr. rer. nat. Inge Schmidt, Dr. rer. nat. Hans-Peter Fröhlich,
Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik, Mannheim.

Dirk Fendler,
Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medien-erzeugnisse, Köln.

Dipl.-Ing. Adolf Tigler,
Berufsgenossenschaft Holz und Metall, Mainz.

Dr. rer. nat. Uta Lewin-Kretzschmar,
Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Heidelberg.

Dipl.-Ing. Ludger Hohenberger,
Unfallkasse Nordrhein-Westfalen, Münster.

Dr. rer. nat. Alexandra Riethmüller,
Sozialversicherung für Landwirtschaft Forsten und Gartenbau, Kassel.

1 Einleitung

Benzol ist ein humankanzerogener Stoff. So haben ihn sowohl die International Agency for Research on Cancer (IARC) als auch die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft als krebserzeugend für den Menschen eingestuft [1; 2]. Doch obwohl dieser gesundheitsschädliche Effekt schon seit vielen Jahren bekannt ist, kann auf die Produktion dieses Stoffes nicht verzichtet werden. Benzol ist eine Grundchemikalie, von der 2012 weltweit noch mehr als 57 Millionen Tonnen produziert wurden [3]. Mehr als 50 % der Produktion werden zur Herstellung von Ethylbenzol verwendet; weitere wichtige Folgeprodukte sind Cumol, Cyclohexan und Nitrobenzol [4].

Die Verwendung von Benzol in der chemischen Industrie erfolgt in der Regel in geschlossenen Anlagen, daher spielt die Verwendung von Reinbenzol oder Benzolgemischen mit hohem Benzolgehalt an Arbeitsplätzen nur eine untergeordnete Rolle. Benzol wird vielmehr auch in anderen Arbeitsbereichen als Zusatzstoff eingesetzt. Im Umweltbereich gilt dessen Freisetzung beim Betrieb von Motoren mit Fremdzündung als wesentliche Quelle [5]. In Ottokraftstoffen sind gemäß EU-Richtlinie 98/70/EG bis zu 1 % (v/v) Benzol zulässig [6]. Diese Beschränkung hat dazu geführt, dass die Emission von Benzol in die Außenluft seit 1990 von mehr als 66 000 t auf ca. 2 900 t im Jahr 2010 zurückgegangen ist [7]. In der Umwelt gilt ein Jahresmittelwert von $5 \mu\text{g/m}^3$ als Grenzwert für Benzol in der Umgebungsluft, der in der Regel in Deutschland auch unterschritten wird [7].

Tabelle 1. Eingesetzte Messverfahren.

Messverfahren	Messbereich in mg/m ³	Messdauer in h	Volumenstrom	Anzahl der Messungen
Aktivkohleröhrchen Typ B („altes Verfahren“) IFA 6265-1 [13]	0,1 bis 15	2	0,333 l/min (20 l/h)	1
Carbograph1TD/Carbopack X – stainless steel Thermodesorptions- röhrchen („neues Verfahren“) IFA 6265-2 [14]	0,002 bis 0,2	1	0,033 l/min (2 l/h)	2, unmittelbar nacheinander

In der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ sind für Benzol [8] eine Toleranzkonzentration von 1,9 mg/m³ (0,6 ppm) für ein Toleranzrisiko von 4 : 1 000 und eine Akzeptanzkonzentration von 0,2 mg/m³ (0,06 ppm) für ein Akzeptanzrisiko von 4 : 10 000 veröffentlicht. Diese neuen Beurteilungsmaßstäbe stellen – zumindest für das Akzeptanzrisiko – eine deutliche Absenkung des bis dahin in Deutschland geltenden bindenden Grenzwertes (Binding Occupational Exposure Limit Value, BOELV) der Europäischen Union für Benzol von 3,25 mg/m³ (1 ppm) dar. In anderen Staaten innerhalb und außerhalb Europas bewegen sich die Arbeitsplatzgrenzwerte in einer vergleichbaren Größenordnung [9].

Als Reaktion auf die neuen Beurteilungsmaßstäbe musste im Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU) [10] ein neues Messverfahren erarbeitet werden, mit dem auch der untere Bereich der Akzeptanzkonzentration sicher erfasst werden kann. Die bisherige Methode wurde den Anforderungen nach DIN EN 482 [11] für den Mindestmessbereich eines Messverfahrens nicht mehr gerecht. Dieses Messverfahren sollte auch berücksichtigen, dass vorgesehen ist, das Akzeptanzrisiko bis 2018 auf einen Risikowert von 4 : 100 000 abzusinken, was für Benzol eine weitere Reduzierung der Akzeptanzkonzentration auf 0,02 mg/m³ bedeuten würde.

Die Verfahrensentwicklung wurde 2013 erfolgreich abgeschlossen [12] und die Eignung des Verfahrens durch Messungen an ausgewählten Arbeitsplätzen überprüft. Die Ergebnisse dieser Praxiserprobung zeigten einige kritische Arbeitsbereiche, in denen Benzolexpositionen im Bereich der Akzeptanz- bzw. Toleranzkonzentration zu erwarten waren. Im MGU hat man daraufhin ein Messprogramm vereinbart, um diese Bereiche genauer zu untersuchen.

2 Umfang des Messprogramms

Das Messprogramm wurde im Zeitraum von Mitte 2013 bis Ende 2014 im qualitätsgesicherten und arbeitsteiligen MGU durchgeführt. Die betrieblichen Messungen führten die Messtechnischen Dienste der Unfallversicherungsträger durch, die Analysen erfolgten im IFA. Vorabuntersuchungen hatten gezeigt, dass nicht in allen Arbeitsbereichen eine Benzolexposition gänzlich auszuschließen ist.

Vor allem in Bereichen, die mit der Versorgung der Bevölkerung mit Ottokraftstoffen in Verbindung stehen, gibt es auch heute noch Arbeitsplätze mit Benzolexpositionen. Mögliche Benzolexpositionen sind zum Beispiel in Arbeitsbereichen bei der Befüllung von Tankfahrzeugen, Tankwagen oder an Tankstellen zu erwarten. Weiterhin ist in allen Arbeitsbereichen der Instandhaltung von Kraftfahr-

zeugen oder von anderen mit Otto- oder Zweitaktmotoren betriebenen Geräten eine potenzielle Benzolbelastung nicht auszuschließen. Ein weiterer Bereich, in dem Benzolexpositionen auch heute noch auftreten, ist der Einsatz von Geräten und Maschinen mit Benzinmotoren im Gartenbau.

2.1 Eingesetzte Messverfahren

Die Vorversuche hatten gezeigt, dass die neue Messmethode geeignet ist, die Akzeptanzkonzentration zu überwachen, wohingegen das alte Verfahren den Bereich der Toleranzkonzentration gut abdeckt [13; 14]. Um den gesamten Bereich von Toleranz- und Akzeptanzkonzentration beurteilen zu können, wurden bei allen Messungen beide Verfahren parallel eingesetzt (Tabelle 1). Da die Messdauer bei dem neuen Verfahren auf eine Stunde begrenzt ist, wurden jeweils zwei Messungen nacheinander durchgeführt; die Ergebnisse wurden anschließend gemittelt.

Die beiden Messverfahren decken den Bereich der aktuellen Beurteilungsmaßstäbe ab. Würde allein nur das neue Messverfahren betrachtet, wäre auch bei einer möglichen Absenkung der Akzeptanzkonzentration auf 0,02 mg/m³ dieses noch in vollen Umfang geeignet. Die „alte Methode“ hat einen so großen Messbereich, dass selbst der viel höhere BOELV noch mit eingeschlossen ist. Insgesamt lassen sich mit den beiden Methoden in Kombination Benzolexpositionen an Arbeitsplätzen in jedem Fall beurteilen.

2.2 Untersuchte Arbeitsbereiche

Die Messungen wurden daraufhin verstärkt in folgenden Bereichen vorgenommen:

- Vertrieb und Verkauf von Ottokraftstoffen mit dem Schwerpunkt auf Tankstellen,
- Werkstätten für Kraftfahrzeuge, Motorräder oder Gartengeräte,
- Einsatz motorbetriebener Gartengeräte.

3 Ergebnisse des Messprogramms

3.1 Tankstellen

Bei Tankstellen lassen sich drei wesentliche Arbeitsbereiche unterscheiden.

Klassisch sind Tankvorgänge, bei denen Beschäftigte in den Bereichen der Zapfsäulen tätig sind. Es gibt auch heute noch Tankstellen, an denen sie die Kraftfahrzeuge betanken und somit während der Tankvorgänge mit benzolhaltigem Ottokraftstoff tätig sind.

Die Verkaufsräume von Tankstellen befinden sich immer in unmittelbarer Nähe der Zapfsäulen. Meist liegen nur wenige Meter Distanz zwischen dem Eingang zum Verkaufsraum und der nächsten Zapfsäule. Eine Kontamination der Räume ist daher nicht auszuschließen. Für die Ver-

Tabelle 2. Messungen an Tankstellen.

Arbeitsbereich	Messverfahren	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte < a. B. *	Minimalwert in mg/m ³	Maximalwert in mg/m ³	geometrisches Mittel in mg/m ³	Median in mg/m ³
Verkaufsraum	IFA 6265-1	17	9	17	< 0,1	< 0,1		
Verkaufsraum	IFA 6265-2	17	9	2	< 0,002	0,0085	0,0036	0,0040
Außenbereich	IFA 6265-1	5	4	5	< 0,1	< 0,1		
Außenbereich	IFA 6265-2	5	4	0	0,0022	0,088	0,0053	0,0028

* < a. B. = Messwert kleiner als Bestimmungsgrenze

Tabelle 3. Messungen beim Umschlag von bzw. der Betankung mit Ottokraftstoffen.

Arbeitsbereich	Messverfahren	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte < a. B. *	Minimalwert in mg/m ³	Maximalwert in mg/m ³	geometrisches Mittel in mg/m ³	Median in mg/m ³
Umschlag/ Betankung	IFA 6265-1	8	4	7	< 0,2	0,4		
Umschlag/ Betankung	IFA 6265-2	8	4	2	< 0,0055	> 0,16**	0,024	0,033

* < a. B. = Messwert kleiner als Bestimmungsgrenze

** Messwert außerhalb des oberen Messbereiches

kaufsräume sollte ein weiterer Aspekt betrachtet werden: Unterscheidet sich die Belastung wesentlich von der in der Außenluft? Diese Frage betrifft insbesondere die Beschäftigung schwangerer Frauen in Verkaufsräumen von Tankstellen. In dem Merkblatt „Werdende Mütter an Tankstellen“ des Landes Baden-Württemberg, auf das sich auch andere Bundesländer beziehen, steht: „Der Arbeitgeber hat nachzuweisen, dass der in der Außenumgebung gemessene Benzolwert (ubiquitärer Wert) auch am Arbeitsplatz der werdenden Mutter nicht überschritten wird. Die schwangere Arbeitnehmerin darf im Kassen- oder Verkaufsraum sowie im sonstigen Tankstellenbereich erst beschäftigt werden, wenn dies durch Messungen nachgewiesen wird“ [15].

Die im Rahmen des Messprogramms durchgeführten Untersuchungen sollten demnach auch feststellen, ob in Verkaufs- und Kassenräumen von Tankstellen Benzolbelastungen auftreten.

Werkstattbereiche in Tankstellen sind mit den Werkstattbereichen z. B. in Autohäusern zu vergleichen und werden daher nicht gesondert betrachtet. An Tankstellen wurden insgesamt 22 Messungen in neun Betrieben durchgeführt (Tabelle 2).

Mit dem „alten“ Messverfahren des IFA (IFA 6265-1; [12]) wurde in keiner Probe Benzol nachgewiesen, wohingegen das wesentlich empfindlichere Thermodesorptionsverfahren Messwerte im unteren µg/m³-Bereich lieferte. Insgesamt bleibt festzustellen, dass die Messwerte in den Verkaufsräumen und in den Außenbereichen der Tankstellen im Eingangsbereich vor den Verkaufsräumen auf gleichem Niveau lagen. Die Konzentrationen bei Messungen aus dem Umweltbereich liegen in der Regel, mit jahreszeitlichen Schwankungen, zwischen 1 und 3 µg/m³ [7]. Der Maximalwert in Höhe von 0,088 mg/m³ wurde im Außenbereich an einer Zapfsäule ermittelt. Für die Verkaufsräume konnten noch weitere statistische Daten ermittelt werden: Das 90-Perzentil lag bei 0,0076 mg/m³ und das 95-Perzentil bei 0,0079 mg/m³. Die Akzeptanzkonzentration wurde bei allen Messungen deutlich unterschritten und auch bei einer Absenkung auf 0,02 mg/m³ (20 µg/m³) ist davon auszugehen, dass diese Werte in Verkaufs- und Außenbereichen vor den Verkaufsräumen an Tankstellen nicht überschritten werden.

3.2 Umschlagarbeiten und Betankung

Hierbei handelt es sich um Vorgänge, bei denen z. B. aus Tankwagen Ottokraftstoffe in Tanks umgefüllt werden. Diese sind meist zeitlich begrenzt, daher konnten auch die möglichen Messzeiten von zwei bzw. einer Stunde nicht voll ausgenutzt werden.

Auch hier wurden in der Regel geringe Konzentrationen bestimmt. Mit dem alten Messverfahren wurde nur bei einer Messung Benzol oberhalb der aktuellen Akzeptanzkonzentration nachgewiesen. Die parallele Probe mit dem neuen Messverfahren bestätigte diesen Wert, der Messwert lag jedoch oberhalb des Messbereiches (Tabelle 3).

Mit zwei Ausnahmen lagen die Messwerte deutlich unterhalb der derzeitigen Akzeptanzkonzentration, im Falle einer Absenkung der Akzeptanzkonzentration sind diese Arbeitsbereiche erneut zu prüfen.

3.3 Grünpflegearbeiten

Bei Tätigkeiten mit ottokraftstoffbetriebenen Gartengeräten, wie Motorheckenscheren, Laubblasgeräten, Rasenmähern und Kettensägen, ist nach Vorschrift benzolfreier Kraftstoff für Zweitaktmotoren einzusetzen. Somit sollten eigentlich nur geringe Benzolexpositionen zu erwarten sein.

Die Ergebnisse zeigen, dass in der überwiegenden Zahl der Messungen recht geringe Konzentrationen ermittelt wurden (Tabelle 4). Die Ermittlung weiterer statistischer Werte für Grünpflegearbeiten (ohne Fällarbeiten) zeigt, dass mehr als 90 % aller Messwerte unter 0,072 mg/m³ lagen und damit deutlich unterhalb der derzeit geltenden Akzeptanzkonzentration. Es gab jedoch vereinzelt Messwerte, die deutlich höher lagen. Die Maximalwerte, die mit beiden Verfahren übereinstimmend ermittelt wurden, lagen bei 0,2 mg/m³ bzw. 0,172 mg/m³. Tatsächlich wurde bei diesen Messungen als verwendetes Produkt Ottokraftstoff dokumentiert und nicht Spezialkraftstoff.

3.4 Werkstatt

Schon die Voruntersuchungen hatten gezeigt, dass in Werkstätten zum Teil erhebliche Konzentrationen von Benzol gemessen wurden [12]. Da im Rahmen des Messprogramms aber vor allem Tankstellen und motorbetriebene Gartenge-

Tabelle 4. Messungen bei Grünpflege- und Fällarbeiten.

Arbeitsbereich	Messverfahren	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte < a. B. *	Minimalwert in mg/m ³	Maximalwert in mg/m ³	geometrisches Mittel in mg/m ³	Median in mg/m ³
Grünpflege-Übersicht	IFA 6265-1	26	5	21	< 0,1	0,2		
Grünpflege-Übersicht	IFA 6265-2	26	5	2	< 0,002	0,17	0,0111	0,0102
Heckenschnitt, Motorheckenschnitt	IFA 6265-1	11	2	8	< 0,1	0,2		
Heckenschnitt, Motorheckenschnitt	IFA 6265-2	11	2	0	0,0024	0,148	0,0132	0,0125
Laubsammeln mit Laubblasgeräten	IFA 6265-1	9	3	8	< 0,1	0,2		
Laubsammeln mit Laubblasgeräten	IFA 6265-2	9	3	0	0,0024	0,172	0,0180	0,0165
Mäharbeiten, mitgängergeführte Rasenmäher	IFA 6265-1	6	2	5	< 0,1	0,1		
Mäharbeiten, mitgängergeführte Rasenmäher	IFA 6265-2	6	2	2	< 0,002	0,067	0,0039	0,0034
Fällarbeiten Kulturschnitt Forstwirtschaft	IFA 6265-1	8	2	8	< 0,1	< 0,1		
Fällarbeiten Kulturschnitt Forstwirtschaft	IFA 6265-2	8	2	1	< 0,002	0,0105	0,0048	0,0059

* < a. B. = Messwert kleiner als Bestimmungsgrenze

Tabelle 5. Messungen in Werkstätten.

Arbeitsbereich	Messverfahren	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte < a. B. *	Minimalwert in mg/m ³	Maximalwert in mg/m ³	geometrisches Mittel in mg/m ³	Median in mg/m ³
Werkstätten	IFA 6265-1	6	4	2	< 0,1	1,2	0,332	0,75
Werkstätten	IFA 6265-2	6	4	0	0,052	> 0,19*	> 0,127	> 0,19

* < a. B. = Messwert kleiner als Bestimmungsgrenze

** Messwert außerhalb des oberen Messbereiches

räte untersucht werden sollten, gibt es nur eine recht geringe Anzahl von Messungen in Werkstätten (Tabelle 5). Die Messwerte bestätigen die Ergebnisse aus den früheren Messungen. In den meisten Fällen ist die Akzeptanzkonzentration überschritten und es gibt einige Werkstätten, bei denen durchaus sehr hohe Benzolexpositionen gemessen werden, bis nahe der Toleranzkonzentration von 1,9 mg/m³.

3.5 Sonstige Arbeitsbereiche

Neben den bisher aufgeführten Messungen gab es noch neun Messungen in sieben Betrieben, die den o. g. Kategorien nicht zuzuordnen waren. In den meisten Fällen ist die Akzeptanzkonzentration unterschritten, nur im Pumpenraum einer Mineralölraffinerie wurden Werte zwischen der Akzeptanz- und der Toleranzkonzentration gemessen.

4 Fazit und Ausblick

Das Messprogramm Benzol hatte die Schwerpunkte Tankstellen und Gartenbau. Bei Tankstellen ist die Einhaltung der Akzeptanzkonzentration von derzeit 0,2 mg/m³ kein Problem. Auch bei einer Absenkung im Jahr 2018 ist in Verkaufsräumen und Außenbereichen vor Tankstellen von einer Einhaltung auszugehen. Im Gartenbaubereich ist die derzeitige Akzeptanzkonzentration bei allen Messungen eingehalten, bei einer Absenkung müsste jedoch verstärkt darauf geachtet werden, dass benzolfreier Kraftstoff eingesetzt wird.

Das Messprogramm soll in den kommenden Jahren mit veränderten Schwerpunkten weitergeführt werden. Vor allem Werkstätten aller Art (für Kraftfahrzeug-, Motorrad- oder Gartengeräte bzw. -maschinen) und möglicherweise größere Betankungsanlagen für Tank- oder Kesselwagen gehören sicherlich zu den Arbeitsbereichen, in denen Benzolmessungen erfolgen sollten, da Benzolexpositionen zu erwarten sind.

Literatur

- [1] Some industrial chemicals and dyestuffs. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks of Chemicals to Humans. Vol. 29. Hrsg.: International Agency for Research on Cancer (IARC). Lyon, Frankreich 1982.
- [2] MAK- und BAT-Werte-Liste 2013: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. Hrsg.: Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Weinheim: Wiley VCH 2013. http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/homepage/access_to_the_list_of_mak_and_bat_values.htm
- [3] World Benzene Production to Exceed 50.95 Mln Tonnes in 2017. Hrsg.: Merchant Research & Consulting Ltd., Birmingham, Großbritannien 2015. <http://mcgroup.co.uk/news/20140502/benzene-production-exceed-5095-mln-tonnes.html>

- [4] Prioritäre Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie. Datenblatt Benzol. In: *Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.; Strauch, M.; Heitmann, K.; Schaffrin, B.*: Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie – Stoffdatenblätter. Texte 29-07, September 2006. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin.
- [5] Informationen zum Luftschadstoff Benzol, Informationsblatt Benzol – Stand: Dezember 2010. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Letzte Änderung 25.03.2013. <http://www.umweltbundesamt.de/luft/luftschadstoffe/benzol.htm>
- [6] Richtlinie 98/70/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 1998 über die Qualität von Otto- und Dieselmotoren und zur Änderung der Richtlinie 93/12/EWG des Rates. ABl. EG (1998) Nr. L 350, S. 58; zul. geänd. ABl. EU (2011) Nr. L 147, S. 15.
- [7] UmweltWissen – Schadstoffe. Benzol. Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg 2013. www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_10_benzol.pdf
- [8] Technische Regel für Gefahrstoffe: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 910). Ausg. 2/2014. GMBL (2014) Nr. 12, S. 258-270; zul. geänd. GMBL (2014) Nr. 64, S. 1313.
- [9] GESTIS – Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen. Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. www.dguv.de/ifa/gestis-limit-values
- [10] Das Messsystem Gefährdungsermittlung der UV-Träger (MGU). 7. Aufl. (print); 8. Aufl. (online). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2013.
- [11] DIN EN 482: Exposition am Arbeitsplatz – Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe. Berlin: Beuth 2012.
- [12] *Breuer, D.; Ngazi, R.; Herrmann, S.; Schneider, W.; Moritz, A.; Lewin-Kretschmar, U.*: Benzol – Erarbeitung und Praxiserprobung eines Messverfahrens mit Bezug zu dem neuen Risikowert und der Exposition-Risiko-Beziehung für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 73 (2013) Nr. 10, S. 415-421.
- [13] *Breuer, D.; Eisenhardt, A.; Ngazi, R.*: Benzol – Messverfahren 1 (Kennzahl 6265). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 2. Lfg. X/2013. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin. Berlin: Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989.
- [14] *Breuer, D.; Eisenhardt, A.; Ngazi, R.*: Benzol – Messverfahren 2 (Kennzahl 6265). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 2. Lfg. X/2013. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin. Berlin: Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989.
- [15] Merkblatt: werdende Mütter an Tankstellen. Hrsg.: Gewerbeaufsicht, Baden-Württemberg. www.gaa.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/17595/