

Arbeitsplatzbelastungen durch Trichlorethen in der Asphaltanalytik bei Umsetzung des Stands der Technik

C. S. Allin, D. Höber

1 Einleitung

Das krebserzeugende Lösemittel Trichlorethen ist aufgrund der in Deutschland geltenden Anforderungen an die Qualitätsprüfung von Straßenbelägen nach wie vor ein Arbeitsstoff in Asphaltlaboratorien. Derzeit wird die Arbeitsplatzbelastung und die Gefährdung der Beschäftigten durch Trichlorethen auf der Grundlage einer stoffspezifischen Expositions-Risiko-Beziehung (ERB) mit einer Akzeptanzkonzentration von 33 mg m^{-3} und einer Toleranzkonzentration von 60 mg m^{-3} gemäß der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ [1] bewertet.

In der Ausgabe 7/8 (2017) dieser Zeitschrift berichtete die Hessische Ländermessstelle für Gefahrstoffe (HLMS) über ihre messtechnischen Ermittlungen zur Arbeitsplatzbelastungen durch Trichlorethen in der Asphaltanalytik [2]. Die erhobenen Daten zeigen, dass für den wirksamen Schutz der Beschäftigten vor dem krebserzeugenden Lösemittel eine Laborausstattung nach dem Stand der Technik¹⁾, die die Anforderungen der TRGS 526 „Laboratorien“ [4] erfüllt, erforderlich ist. Dies umfasst die durchgehende Verwendung von geschlossenen Systemen und eine wirksame Lüftungstechnik, insbesondere den Betrieb der Extraktionsanlagen in einem Laborabzug nach DIN 14175 [5] oder einer vergleichbaren, wirksamkeitsgeprüften technischen Einrichtung. Die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [6] und der TRGS 526 wurden zum Zeitpunkt der Ermittlungen in keinem der beprobten Betriebe vollständig umgesetzt. Seitens der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) und der HLMS erfolgten – insbesondere im Hinblick auf eine mögliche Absenkung der Akzeptanzkonzentration auf $3,3 \text{ mg m}^{-3}$ im Jahr 2019 [7] – messtechnische Ermittlungen in acht weiteren, gezielt ausgesuchten Asphaltlaboratorien, in denen zumindest die Anforderungen der GefStoffV und der TRGS 526 durch die angewandten technischen Schutzmaßnahmen erfüllt und alle Verfahren und Arbeitsschritte mit Trichlorethen durchgehend in Laborabzügen oder vergleichbaren technischen Einrichtungen durchgeführt werden.

¹⁾ Der Stand der Technik wird festgelegt durch die TRGS 460 „Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik“ [3].

Dipl.-Chem. Carolina S. Allin,
Regierungspräsidium Kassel, Hessische Ländermessstelle für
Gefahrstoffe, Kassel.
Dieter Höber,
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), München.

2 Tätigkeiten und Arbeitsverfahren und die dabei auftretenden Expositionssituationen

Beschäftigte in Asphaltlaboratorien können Trichlorethen hauptsächlich inhalativ ausgesetzt sein, da bei verschiedenen Tätigkeiten des Extraktionsprozesses und nachfolgenden Arbeiten Lösemitteldämpfe freigesetzt werden. Zur Analyse von Asphalt – bestehend aus dem Bindemittel Bitumen, größerem Gestein verschiedener Körnungen und sehr feinem Gesteinsmehl (Füller) – wird das in Trichlorethen lösliche Bindemittel in vollautomatisierten, geschlossenen Extraktionsanlagen von den Mineralstoffen gewaschen. In Deutschland kommen mittlerweile fast ausschließlich Extraktionsanlagen nach dem Waschtrommelverfahren zum Einsatz. Mineralstoffe und Füller werden bereits in der Extraktionsanlage getrocknet und können vom Bindemittel-Lösemittel-Gemisch getrennt entnommen werden. Das Bindemittel wird zur weiteren Analyse destillativ rückgewonnen. Die Beschäftigten können bei folgenden Tätigkeiten gegenüber Trichlorethen exponiert sein:

- Entnahme der Waschtrommel mit den Mineralstoffen,
- Entnahme der Schleuderhülse mit dem Füller,
- Entnahme des Bindemittel-Lösemittel-Gemisches aus der Extraktionsanlage,
- Entnahme verbrauchten Lösemittels aus dem Tank,
- Rückgewinnung des Bindemittels durch Destillation am Rotationsverdampfer,
- Verbringung des abdestillierten Trichlorethens nach der Bindemittlrückgewinnung,
- Reinigung der bitumenverunreinigten Arbeitsmittel, insbesondere der Glasware,
- Stabilitätstest des Lösemittelvorrats.

Eine detaillierte Beschreibung aller Arbeitsschritte und potenziellen Expositionssituationen erfolgte bereits in oben erwähntem Artikel „Arbeitsplatzbelastungen durch Trichlorethen in der Asphaltanalytik“ der HLMS [2].

3 Eingesetzte Messverfahren

Die Messungen zur Ermittlung der Trichlorethenkonzentration in der Arbeitsplatzluft der Asphaltlaboratorien erfolgten nach der TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ [8]. Die HLMS setzte als Messverfahren eine Methode ein, die auf dem durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) bekanntgegebenen Verfahren „Lösemittelgemische, Methode Nr. 5“ [9] beruht. Die Probenahme erfolgte mit einem Volumenstrom von 10 ml min^{-1} auf Tenax TA als Sorptionsmaterial in Thermodesorptionsröhrchen. Die Probenahmedauer betrug etwa 30 min. Bei einer absoluten Bestimmungsgrenze von $0,39 \text{ µg}$ pro Probe wird bei einem Probenahmenvolumen von $0,3 \text{ l}$ eine relative Bestimmungsgrenze von $1,3 \text{ mg m}^{-3}$ erreicht. Die BG BAU und BG RCI setzten das unter der Kennziffer 6600 beschriebene Messverfahren für chlorierte Aliphaten des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallver-

Tabelle. Statistische Auswertung der ermittelten Trichlorethenkonzentrationen aus den Schichtmittelwerten der personengetragenen Probenahmen und den zeitlich gewichteten Mittelwerten der stationären Probenahmen.

Statistischer Parameter	Schichtmittelwerte und zeitlich gewichtete Mittelwerte
Anzahl	21
Minimalwert in mg m^{-3}	0,10
Maximalwert in mg m^{-3}	1,5
Mittelwert in mg m^{-3}	0,62
Median/50. Perzentil in mg m^{-3}	0,60
95. Perzentil in mg m^{-3}	1,3

sicherung (IFA) ein [10]. Die Probenahme erfolgte mit einem Volumenstrom von 20 l h^{-1} auf Aktivkohle als Sorptionsmaterial in Glasröhrchen. Die Probenahmedauer betrug etwa 2 h. Bei einer absoluten Bestimmungsgrenze von $0,04 \mu\text{g}$ pro Probe wird bei einem Probenahmenvolumen von 40 l eine relative Bestimmungsgrenze von $0,1 \text{ mg m}^{-3}$ erreicht.

4 Probenahme

Bei der Auswahl der beprobten Betriebe wurden nur solche in Betracht gezogen, die sowohl die Extraktionsanlage und weitere Anlagen (Rotationsverdampfer, Trockenschrank, Bitumenspülmaschine) innerhalb eines Laborabzuges beziehungsweise einer vergleichbaren technischen Einrichtung betrieben (im Folgenden kurz Abzug genannt) als auch alle Arbeitsschritte mit Umgang mit Trichlorethen innerhalb dieser Einrichtungen durchführten. Die Wirksamkeitskontrolle dieser Einrichtungen erfolgte mittels Anemometer oder empirisch mittels Nebelgenerator. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den einzelnen Betrieben zu gewährleisten, fanden die Probenahmen in Zeiträumen statt, in denen das Asphaltlabor durchgehend in Betrieb war und die beprobten Beschäftigten repräsentative, für die Asphaltanalytik typische Tätigkeiten durchführten. Aufgrund der Probenahmedauer wurden alle mit der Asphaltanalytik verbundenen Tätigkeiten als Ganzes betrachtet. Darin enthalten sind auch kurze Zeiträume ohne direkten Umgang mit Trichlorethen zwischen den eigentlichen asphaltanalytischen Arbeiten und solche, in denen sich die Beschäftigten in anderen Arbeitsbereichen aufhielten. Die Probenahmen erfolgten personenbezogen (personengetragen und stationär) und dauerten messverfahrensbedingt je Probe etwa 30 min beziehungsweise 2 h. Trugen die Beschäftigten Atemschutz, erfolgte die personengetragene Probenahme außerhalb der Maske. Die personengetragenen und stationären Messwerte wurden zusammen als personenbezogene Messwerte betrachtet und das zeitlich gewichtete Mittel wurde gebildet. Da die stationären Messungen nicht die kurzen Zeiten ohne Trichlorethenexposition berücksichtigen können, sind diese zudem als ungünstigster anzunehmender Fall (worst case) zu werten.

5 Ergebnisse

Arbeitsplatzmessungen erfolgten in acht verschiedenen Betrieben, in denen alle Tätigkeiten und Verfahren der Asphaltanalytik, die Umgang mit Trichlorethen beinhalten, durchgehend in geschlossenen Anlagen beziehungsweise

innerhalb von wirksamen Laborabzügen oder einer vergleichbaren technischen Einrichtung durchgeführt wurden. Dabei wurden insgesamt 21 personenbezogene Proben genommen. In der **Tabelle** findet sich die statistische Auswertung der ermittelten Trichlorethenkonzentrationen. Da es sich auch bei den stationären Probenahmen um personenbezogene Messungen handelt, erfolgte die statistische Auswertung über alle vorhandenen Messwerte. Sie zeigt unter gemeinsamer Betrachtung

der Schichtmittelwerte der personengetragenen Probenahmen und der zeitlich gewichteten Mittelwerte der stationären Probenahmen, dass die Belastung der Beschäftigten in den Asphaltlaboratorien im 95. Perzentil bei $1,3 \text{ mg m}^{-3}$ liegt.

6 Diskussion

6.1 Vergleich der Datenkollektive

Das Datenkollektiv, das in der Ausgabe 7/8 (2017) dieser Zeitschrift besprochen wurde, zeigt den damaligen Istzustand der beprobten Asphaltlaboratorien. Betrachtet man nur die Messwerte aus den Betrieben, in denen zumindest die Extraktionsanlage in einem Abzug oder einer vergleichbaren technischen Einrichtung betrieben wurde, liegt die Trichlorethenkonzentration im 95. Perzentil bei 41 mg m^{-3} für die Schichtmittelwerte der personengetragenen Probenahmen und bei 37 mg m^{-3} für die zeitlich gewichteten Mittelwerte der ortsfesten Probenahmen²⁾.

Das hier gezeigte Datenkollektiv aus speziell ausgesuchten Betrieben zeigt mit einem 95. Perzentil von nur $1,3 \text{ mg m}^{-3}$ eine Trichlorethenbelastung, die etwa um den Faktor 30 unterhalb des oben genannten Kollektivs liegt. Erreicht wird diese durch eine konsequente Einhausung nicht nur der Extraktionsanlage selbst, sondern auch aller anderen Arbeitsschritte, bei denen eine Exposition gegenüber dem krebserzeugenden Gefahrstoff auftreten kann, und einer zusätzlichen Wirksamkeitskontrolle der absaugenden technischen Einrichtung.

6.2 Beispiele für die Arbeitsbereichsgestaltung

Die folgenden Bilder zeigen Beispiele aus beprobten Asphaltlaboratorien zur Darstellung der erfolgreichen Arbeitsbereichsgestaltung in der Praxis.

Bild 1 zeigt einen wirksam abgesaugten Laborabzug mit einer Extraktionsanlage nach dem Waschtrommelverfahren. In dem Raum befanden sich insgesamt vier derartige Extraktionsanlagen in jeweils eigenem Abzug. Davor ist eine personenbezogene, stationäre Probenahme zu sehen. Die Belastung gegenüber Trichlorethen lag in diesem Arbeitsbereich zum Zeitpunkt der Ermittlung im zeitlich gewichteten Mittelwert der personenbezogenen Messungen bei $0,17 \text{ mg m}^{-3}$.

²⁾ Im damaligen Artikel wurde das 95. Perzentil für diese Teilkollektive nicht angegeben, sondern nur der Konzentrationsbereich und der Mittelwert. Die 17 Schichtmittelwerte lagen in einem Bereich von $2,1$ bis 50 mg m^{-3} mit einem Mittelwert von 13 mg m^{-3} und die 13 zeitlich gewichteten Mittelwerte in einem Bereich von $0,3$ bis 41 mg m^{-3} mit einem Mittelwert von 15 mg m^{-3} .



Bild 1. Wirksam abgesaugter Laborabzug mit einer Extraktionsanlage nach dem Waschtrommelverfahren.



Bild 2. Extraktionsanlage nach dem Waschtrommelverfahren.

Bild 2 zeigt eine Extraktionsanlage nach dem Waschtrommelverfahren, die sich in einer in ihrer Wirksamkeit mit einem Laborabzug vergleichbaren, wirksamkeitsgeprüften technischen Einrichtung befindet. In dem Raum befanden sich insgesamt drei derartige Extraktionsanlagen in jeweils eigenem Absaugschrank. Davor ist eine personenbezogene, stationäre Probenahme zu sehen. Die Belastung gegenüber Trichlorethen lag in diesem Arbeitsbereich zum Zeitpunkt der Ermittlung im zeitlich gewichteten Mittelwert der personenbezogenen Messungen bei $0,70 \text{ mg m}^{-3}$.

Bild 3 zeigt eine abgesaugte, wirksamkeitsgeprüfte Einhausung, in der sich zwei Extraktionsanlagen nach dem Waschtrommelverfahren, eine geschlossene Bitumenspülmaschine, ein Trockenschrank sowie zwei Rotationsverdampfer befanden. Entlang der Sichtachse ist vorne im Bild eine Extraktionsanlage und dahinter die Bitumenspülmaschine zu sehen. Alle Tätigkeiten mit Trichlorethen wurden innerhalb dieser abgesaugten Einhausung durchgeführt. Die Belastung gegenüber Trichlorethen lag in diesem Arbeitsbereich zum Zeitpunkt der Ermittlung im zeitlich gewichteten Mittelwert der personenbezogenen Messungen bei $1,1 \text{ mg m}^{-3}$.

6.3 Beurteilungsmaßstab

Die in der TRGS 910 angekündigte Absenkung des Akzeptanzrisikos um den Faktor 10 von $4 : 10\ 000$ auf $4 : 100\ 000$ hätte eine Absenkung der Akzeptanzkonzentration für Trichlorethen auf $3,3 \text{ mg m}^{-3}$ zur Folge [7]. Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass durch eine konsequente Einhausung und wirksame Absaugung aller Arbeitsschritte und Anlagen die Asphaltlaboratorien in der Lage sind, diesen Wert im Schichtmittel einzuhalten.

Unabhängig davon wurde im November 2018 durch den Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) beschlossen, die Toleranzkonzentration aufgrund der Nephrotoxizität³⁾ von Tri-

chlorethen [11 bis 13] auf den Wert der Akzeptanzkonzentration abzusenken, sodass der Bereich mittleren Risikos nach TRGS 910 wegfällt. Die Veröffentlichung des neuen Beurteilungsmaßstabes wird in der TRGS 910 erfolgen.



Bild 3. Abgesaugte, wirksamkeitsgeprüfte Einhausung mit zwei Extraktionsanlagen nach dem Waschtrommelverfahren, einer geschlossenen Bitumenspülmaschine, einem Trockenschrank sowie zwei Rotationsverdampfern. Die Ermittlung erfolgte hier personengetragen.

³⁾ Nephrotoxine sind Gifte, die speziell die Nierenzellen schädigen.

6.4 Schutzmaßnahmen

Aufgrund der gesetzlichen Anforderungen und der hier sowie im vergangenen Jahr berichteten Praxiserfahrungen kann bei durchgehender Einhaltung folgender Schutzmaßnahmen davon ausgegangen werden, dass eine möglicherweise auf $3,5 \text{ mg m}^{-3}$ abgesenkte Akzeptanzkonzentration eingehalten wird:

- Betrieb des Asphaltlaboratoriums gemäß den Anforderungen der TRGS 526 „Laboratorien“.
- Durchführung sämtlicher Tätigkeiten und Verfahren mit Trichlorethen in Abzügen, die den Anforderungen der DIN EN 14175 gerecht werden, oder in vergleichbaren, wirksamkeitsgeprüften technischen Einrichtungen. Neben der Extraktionsanlage und dem Rotationsverdampfer gehören dazu auch die Bitumenspülmaschine, der Trockenschrank sowie die Abfallbehälter. Es wird empfohlen, auch die Behälter mit frischem Trichlorethen innerhalb des Abzugs zu lagern.
- Nebentätigkeiten mit Umgang mit Trichlorethen können zu zusätzlicher Exposition und damit zur Erhöhung der Grundbelastung führen und sind daher zu unterlassen.
- Werden mehrere Anlagen in einem Abzug betrieben, ist dieser mit ausreichenden Schiebern auszustatten, sodass nur ein Teil der Front für den Zugang zum jeweiligen Gerät geöffnet werden muss.
- Aufstellung, Anschluss und Bedienung der Extraktions- und weiteren Anlagen nach den Angaben des Herstellers in der Betriebsanleitung.
- Jährliche Überprüfung und Wartung der Extraktionsanlage durch fachkundige Personen.
- Mindestens jährliche Prüfung des Abzugs auf Funktion und Wirksamkeit [14; 15].
- Für das Befüllen der Extraktionsanlage mit frischem Lösemittel oder das Ablassen von verbrauchtem Trichlorethen und Bindemittel-Lösemittel-Gemisch, das nicht für die Rückgewinnung benötigt wird, sind die Vorrats- und Abfallbehälter über eine Kupplung direkt an die Extraktionsanlage anzuschließen, sodass das Befüllen und Ablassen im geschlossenen Kreislauf erfolgen kann.
- Beim Ablassen des Bindemittel-Lösemittel-Gemisches ist das Auffanggefäß (üblicherweise ein Rundkolben aus Glas) über eine dichte Kupplung unmittelbar mit dem Ablassventil der Extraktionsanlage zu verbinden. Die Dampfphase des Lösemittels wird über eine Leitung entweder in den Tank der Extraktionsanlage geführt oder in den Abfallbehälter, in dem nicht benötigtes Bindemittel-Lösemittel-Gemisch gesammelt wird (Gaspendelverfahren).
- Das bei der Rückgewinnung des Bindemittels abdestillierte Trichlorethen wird der Extraktionsanlage über den Zugang zur Zentrifuge wieder zugeführt.
- Die Reinigung bitumenverunreinigter Arbeitsmittel darf manuell nicht mit Trichlorethen erfolgen. Bei Verwendung von Trichlorethen ist eine geschlossene Bitumenspülmaschine zu verwenden, die in einem Abzug betrieben wird. Für die manuelle Reinigung, die dennoch im Abzug zu erfolgen hat, stehen geeignete Reinigungsmittel, zum Beispiel auf der Basis von Pflanzenölestern, zur Verfügung.
- Auch wenn die Mineralstoffe (Gestein und Füller) in der Extraktionsanlage nach Abschluss der Extraktion in mehreren Gängen getrocknet werden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass sie noch Reste des Lösemittels enthalten. Zur Vermeidung einer Exposition gegenüber Trichlorethen, müssen die der Extraktionsanlage entnommenen Mineral-

stoffe innerhalb des Abzugs verbleiben, bis sie abgekühlt sind. Es kann auch eine Nach Trocknung in einem beheizten Trockenschrank, der innerhalb desselben Abzugs wie die Extraktionsanlage zu betreiben ist, erfolgen.

- Auch innerhalb des Abzugs dürfen die Arbeitsoberflächen nicht mit Trichlorethen gereinigt werden. Für solche Zwecke stehen geeignete Reinigungsmittel, zum Beispiel auf der Basis von Pflanzenölestern, zur Verfügung.

7 Fazit

Die vorliegenden Messdaten zeigen, dass bei Umsetzung der hier beschriebenen technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen der Schichtmittelwert für Trichlorethen in Asphaltlaboratorien im 95. Perzentil bei $1,5 \text{ mg m}^{-3}$ liegt. Allein das Vorhandensein technischer Schutzeinrichtungen und die Anwendung weiterer Maßnahmen garantieren jedoch keine Einhaltung des genannten Wertes. Zusätzlich ist in jedem Fall die regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen unerlässlich. Die hier vorgelegten Daten sowie die beschriebenen Schutzmaßnahmen sind Grundlage für die Neuauflage der DGUV Information 213-710 „Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU): Verwendung von Trichlorethylen bei der Prüfung von Asphalt – Waschtrommelverfahren“, die voraussichtlich Ende 2018 veröffentlicht wird.

Literatur

- [1] Technische Regel für Gefahrstoffe: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 910). GMBL. (2014) Nr. 12, S. 258-270; zul. geänd. GMBL. (2018) Nr. 28, S. 545.
- [2] Allin, C. S.; Schmid, B.: Arbeitsplatzbelastungen durch Trichlorethen in der Asphaltanalytik. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 77 (2017) Nr. 7/8, S. 321-330.
- [3] Technische Regel für Gefahrstoffe: Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik (TRGS 460). GMBL. (2013) Nr. 59, S. 1175-1191; zul. ber. GMBL. (2014) Nr. 3/4, S. 72.
- [4] Technische Regel für Gefahrstoffe: Laboratorien (TRGS 526). GMBL. (2008) Nr. 15, S. 295-314.
- [5] DIN EN 14175-2: Abzüge – Teil 2: Anforderungen an Sicherheit und Leistungsvermögen (8/2003). Berlin: Beuth 2003.
- [6] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010. BGBl. I (2010), S. 1643-1644; zul. geänd. durch Art. 148 des Gesetzes vom 29. März 2017. BGBl. I (2017), S. 626.
- [7] Informationen des AGS zur Absenkung der Akzeptanzkonzentration gemäß TRGS 910 im Jahr 2018, Stand Juli 2018. www.baua.de/DE/Aufgaben/Geschaeftsfuehrung-von-Ausschuessen/AGS/pdf/AGS-TRGS-910.pdf, zuletzt aufgerufen am 11.10.2018.
- [8] Technische Regel für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). GMBL. (2010) Nr. 12, S. 231-253; zul. geänd. GMBL. (2016) Nr. 43, S. 843-846.
- [9] DFG-Methode Lösemittelgemische, Methode Nr. 5. In: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Band 1: Luftanalysen. Hrsg.: Deutsche Forschungsgemeinschaft. Weinheim: Verlag Chemie 1998.

- [10] Analytisches Bestimmungsverfahren Labor Leuna der BG Rohstoffe und chemische Industrie in Anlehnung an die Kennzahl IFA-Arbeitsmappe 6600.
- [11] *Brüning, T.; Pesch, B.; Wiesenhutter, B.; Rabstein, S.; Lammert, M.; Baumüller, A.; Bolt, H. M.*: Renal cell cancer risk and occupational exposure to trichloroethylene: results of a consecutive case-control study in Arnsherg, Germany. *Am. J. Ind. Med.* (2003) Nr. 43, S. 274-285.
- [12] *Vamvakas, S.; Brüning, T.; Thomasson, B.; Lammert, M.; Baumüller, A.; Bolt, H. M.; Dekant, W.; Birner, G.; Henschler, D.; Ulm, K.*: Renal cell cancer correlated with occupational exposure to trichloroethene. *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* (1998) Nr. 124, S. 374-382.
- [13] Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zur BK Nr. 1302: Erkrankungen durch Halogenkohlenwasserstoffe. *Bek. des BMA* vom 29. März 1985. *BArbBl.* (1985) Nr. 6, S. 55-58.
- [14] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 03. Februar 2015. *BGBl. I* (2015), S. 49-95; zul. geänd. durch Art. 5 Abs. 7 der Verordnung vom 18. Oktober 2017. *BGBl. I* (2017), S. 3584-3595.
- [15] Handlungsanleitung zur Abzugsprüfung nach Abschnitt 11.5 der BG-Regel „Laboratorien“ (BGR 120). Hrsg.: Fachausschuss Chemie, Heidelberg.
- [16] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). *BArbBl.* (2006) Nr. 1, S. 41-55; zul. geänd. und erg. *GMBL.* (2018) Nr. 28, S. 542-545.
- [17] Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Trichloroethylene. *SCOEL/SUM-Dokument 142* der Europäischen Kommission vom April 2009.