

Arbeitsplatzbelastungen durch Trichlorethen in der Asphaltanalytik

C. S. Allin, B. Schmid

Zusammenfassung In den Jahren 2015 und 2016 wurde die Exposition von Beschäftigten in der Asphaltanalytik gegenüber dem krebserregenden Lösemittel Trichlorethen in 14 hessischen Betrieben durch die Hessische Ländermessstelle für Gefahrstoffe ermittelt. Obwohl in elf von 13 Betrieben, die das dem Stand der Technik entsprechende Waschtrommelverfahren einsetzen, die aktuelle Akzeptanzkonzentration nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 910 eingehalten wurde, haben die meisten Betriebe die Möglichkeiten der technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen aufgrund der unzureichenden betriebseigenen Wirksamkeitsprüfungen nicht ausgeschöpft. Keiner der Betriebe erfüllte alle Anforderungen des nationalen Gefahrstoffrechtes. Insbesondere die Kontrollmessungen nach Umsetzung von technischen Schutzmaßnahmen haben gezeigt, dass der Einsatz einer wirksamen Lüftungstechnik die inhalative Belastung der Beschäftigten deutlich reduziert und die Einhaltung der Akzeptanzkonzentration des aktuellen risikobasierten Beurteilungswertes gewährleistet werden kann.

Workplace exposure to trichloroethylene in asphalt analysis

Abstract In 2015 and 2016, the hazardous substance measurement authority of the state of Hesse measured the exposure of workers involved in asphalt analysis to the carcinogenic solvent trichloroethylene in 14 companies in the state. In eleven of thirteen companies employing the washing drum method, which constitutes the state of the art, the current acceptance concentration stated in the TRGS 910 Technical Rules for Hazardous Substances was observed. However, the majority of companies did not fully exploit the technical and organizational protective measures, owing to inadequate in-plant efficacy tests. In none of the companies were all requirements of the German hazardous substance legislation satisfied. In particular, the monitoring measurements performed following implementation of technical protective measures have shown that the use of effective ventilation equipment substantially reduces the inhalative exposure of the workers and is able to ensure that the acceptance concentration of the current risk-based recommended exposure limit is observed.

1 Einleitung

Krebserkrankungen sind nach den derzeitigen Erkenntnissen der Institutionen der Europäischen Union die häufigste Ursache von arbeitsbedingten Todesfällen in Europa [1]. Auch in Deutschland sind Krebserkrankungen für einen Großteil der Berufserkrankungen mit Todesfolge verantwortlich [2]. Verursacht werden diese tödlich verlaufenden

Berufskrankheiten zum weitüberwiegenden Teil durch krebserzeugende Gefahrstoffe am Arbeitsplatz. Da auch in Hessen viele Beschäftigte Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen ausführen, hat das Hessische Ministerium für Soziales und Integration den fachpolitischen Schwerpunkt „Kampf dem Krebs am Arbeitsplatz“ initiiert. Im Zeitraum von 2015 bis 2019 erheben die hessischen Aufsichtsbehörden für Arbeitsschutz und Produktsicherheit (APH) mithilfe von betriebsbezogenen Überprüfungen grundlegende Erkenntnisse über die an hessischen Arbeitsplätzen bestehenden Expositionen durch krebserzeugende Gefahrstoffe. Diese Erkenntnisse sollen genutzt werden, um die Beschäftigten konsequent vor arbeitsbedingten Krebserkrankungen zu schützen. Die Untersuchungen über die Arbeitsplatzbelastungen durch Trichlorethen in der Asphaltanalytik sind Bestandteil des fachpolitischen Schwerpunktes „Kampf dem Krebs am Arbeitsplatz“.

Aufgrund der Anforderungen, die in Deutschland an die Qualitätsprüfung von Straßenbelägen aus Asphalt gestellt und in den Normen der DIN EN 12697 [3 bis 5] und den Technischen Prüfvorschriften für Asphalt [6] geregelt werden, ist die Extraktion von Asphalt mit dem krebserregenden Lösemittel Trichlorethen nach wie vor ein integraler Bestandteil der Asphaltanalytik. Die messtechnischen Ermittlungen in Asphaltlaboratorien durch die Hessische Ländermessstelle für Gefahrstoffe sollten die aktuelle Expositionssituation von Beschäftigten gegenüber Trichlorethen in hessischen Asphaltlaboratorien mit dem bestehenden Stand der Schutzmaßnahmen abbilden und diese bewerten. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen sollten beurteilt und aus diesen Erkenntnissen weitere erforderliche Maßnahmen zur Expositionsminimierung abgeleitet werden. Im Januar 2010 wurde durch die Bekanntmachung zu Gefahrstoffen (BekGS) 910 – seit Februar 2014 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ [7] – eine stoffspezifische Expositions-Risiko-Beziehung (ERB) mit einer Akzeptanzkonzentration von 35 mg m^{-3} und einer Toleranzkonzentration von 60 mg m^{-3} zur Beurteilung der Schutzmaßnahmen festgelegt. Die Toleranzkonzentration ist um einen Kurzzeitwert mit dem Überschreitungsfaktor 8 ergänzt, dementsprechend dürfen kurzzeitige Expositionsspitzen (maximal viermal pro Tag und maximal 15 min) eine Konzentration von 480 mg m^{-3} nicht überschreiten. Die Technische Richtkonzentration (TRK) in Höhe von 270 mg m^{-3} ist bereits seit dem Inkrafttreten der neuen Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [8] vom 1. Januar 2005 nicht mehr gültig. Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen, die sich auf diesen Wert beziehen, erfüllen nicht die aktuellen Anforderungen der GefStoffV und konkretisierender TRGS.

Beschäftigte in Asphaltlaboratorien sind Trichlorethen hauptsächlich inhalativ ausgesetzt, da bei verschiedenen Tätigkeiten des Extraktionsprozesses und nachfolgenden Arbeiten Lösemitteldämpfe freigesetzt werden. Trichlorethen ist ein leicht flüchtiges, organisches Lösemittel, das

Dipl.-Chem. Carolina S. Allin,
Regierungspräsidium Kassel, Fachzentrum für
Produktsicherheit und Gefahrstoffe, Hessische
Ländermessstelle für Gefahrstoffe, Kassel.
Dipl.-Ing. Barbara Schmid,
Regierungspräsidium Kassel, Fachzentrum für
Produktsicherheit und Gefahrstoffe, Kassel.

nicht nur neurotoxisch und narkotisierend wirkt, sondern auch krebserregend und keimzellmutagen ist. Das durch Halogenkohlenwasserstoffe, unter anderem Trichlorethen, verursachte Nierenkarzinom ist als Berufskrankheit BK 1502 [9] anerkannt.

Gemäß REACH-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006) [10] ist Trichlorethen seit dem 21. April 2016 zulassungspflichtig. Die Zulassung als Extraktionsmittel für Bitumen in der Asphaltanalytik wurde rechtzeitig durch einen Hersteller bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) beantragt. Nachgeschaltete Anwender, die Trichlorethen im Rahmen wissenschaftlicher Forschung und Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen und mit einer Menge von nicht mehr als einer Tonne pro Jahr verwenden, können sich auf eine Ausnahme der Zulassungspflicht nach Artikel 56 (3) der REACH-Verordnung berufen. Die ECHA versteht darunter auch ausdrücklich analytische Untersuchungen zur Überwachung und Qualitätskontrolle, wie es bei der Asphaltanalytik der Fall ist [11; 12]. Die kontrollierten Bedingungen werden durch die Anforderungen der GefStoffV und die Technischen Regeln für Gefahrstoffe, insbesondere durch die TRGS 910 und TRGS 526 „Laboratorien“ [13], vorgegeben. Für alle anderen nachgeschalteten Anwender von nicht fristgerecht beantragten Zulassungen gilt seit dem Stichtag ein Verwendungsverbot für Trichlorethen.

2 Tätigkeiten, Arbeitsverfahren und die dabei auftretenden Expositionssituationen

Die Analyse von Asphaltproben dient der Qualitätssicherung des einbaufertigen Mischgutes. Des Weiteren wird der Zustand des Straßenoberbaus anhand entnommener Bohrkerns ermittelt und das Fräsgut aus rückgebautem Straßenoberbau untersucht, das in neuem Mischgut recycelt werden soll. Dazu wird der Asphalt im Extraktionsprozess in seine Bestandteile – Mineralstoffe, Füller (sehr feinkörniger Mineralstoff) und Bindemittel – aufgetrennt. Dies geschieht in vollautomatisierten Extraktionsanlagen, in denen in einem geschlossenen Kreislauf das Bindemittel Bitumen durch das Lösemittel Trichlorethen von den Mineralstoffen gewaschen wird. Am Ende des Prozesses können die drei oben genannten Komponenten getrennt entnommen werden. Mineralstoffe und Füller werden bereits in der Extraktionsanlage getrocknet. Das Bindemittel wird als Lösemittelgemisch entnommen und muss zunächst durch Destillation wiedergewonnen werden, um weiter analysiert werden zu können. Als Stand der Technik für die Extraktion gilt nach TRGS 460 „Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik“ [14] das Waschtrommelverfahren (Praxisbeispiel 2), für das auch ein Zulassungsantrag gestellt wurde. An dieser Stelle werden nur jene Tätigkeiten und Verfahren mit potenzieller Trichlorethenexposition beschrieben, die beprobt wurden und häufig, in der Regel mindestens wöchentlich, in der Asphaltanalytik ausgeführt werden. Im Rahmen der Ermittlungen wurde ein Betrieb vorgefunden, der noch das überholte Siebturmverfahren anwendete. Dieser wird hier nur im Zusammenhang mit den Zulassungsbedingungen (siehe Abschn. 6.6.2) betrachtet. Alle Betriebe, die in die Auswertung eingegangen sind, verwendeten nach dem Stand der Technik das Waschtrommelverfahren.

2.1 Asphaltextraktion in der Extraktionsanlage

Der gesamte Extraktionsprozess findet in einer geschlossenen Extraktionsanlage statt. Dabei wird die sich in einer Waschtrommel befindende Asphaltprobe in mehreren Waschgängen mit dem Lösemittel Trichlorethen gespült, wodurch das Bindemittel gelöst und der Füller herausgetragen wird. In der Waschtrommel bleiben die Mineralstoffe zurück. In einer Zentrifuge wird der Füller aus dem bindemittelhaltigen Lösemittel abgetrennt und in einer Schleuderhülse zurückgehalten. Zuletzt wird im Rückgewinnungsteil der Extraktionsanlage das Bindemittel-Lösemittel-Gemisch destilliert, sodass ein Großteil des Lösemittels in den Lösemitteltank zurückgeführt wird. Mineralstoffe und Füller werden im Vakuum getrocknet. Die Anzahl der Wasch- und Trockengänge wird durch die Prüfvorschriften (DIN EN 12697-1 und TP Asphalt-StB) als sogenannte Rezeptur vorgegeben. Auch wenn es sich bei den vorgefundenen Extraktionsanlagen um geschlossene Systeme handelt, können diffuse Emissionen nicht vollständig verhindert werden.

2.2 Entnahme und weitere Behandlung der Extraktionsprodukte

2.2.1 Mineralstoffe und Füller

Am Ende des Extraktionsprozesses werden die ausgewaschenen Mineralstoffe mit der Waschtrommel und der abgetrennte Füller mit der Schleuderhülse aus der Extraktionsanlage entnommen. Durch die Trocknung in der Extraktionsanlage sind Mineralstoffe und Füller nahezu lösemittelfrei. Beim Öffnen der Zugangsklappen können Lösemitteldämpfe freigesetzt werden.

Zur Entfernung von Lösemittelresten werden Mineralstoffe und Füller daher vor ihrer Siebung und Wägung bis zur Gewichtskonstanz nachgetrocknet. Dies geschieht entweder passiv, in einem Trockenschrank oder vor einem Ventilator. Findet die Nachtrocknung nicht unter einer Absaugung statt, stellt das in den Arbeitsbereich abdampfende Lösemittel eine weitere, vermeidbare Emissionsquelle dar.

2.2.2 Bindemittel-Lösemittel-Gemisch

Das Bindemittel-Lösemittel-Gemisch kann verdünnt noch während des Extraktionsprozesses oder aufkonzentriert am Ende des Prozesses entnommen werden; Letzteres ist das gängige Verfahren, da hier das Bitumen schneller wiedergewonnen wird. Die Entnahme erfolgt über Ablassventile in ein Gefäß, in der Regel in einen Glasrundkolben. Das Gemisch kann im geschlossenen Kreislauf abgelassen werden, wobei entstehende Dämpfe direkt über das Zugangsventil zum Lösemitteltank zurückgeführt werden. Der Kolben wird allerdings anschließend offen abgenommen und zur Wiedergewinnung gebracht. Wird das Gemisch jedoch offen abgelassen, kommt es zu einer größeren Freisetzung von Lösemitteldämpfen.

Die Wiedergewinnung des extrahierten Bindemittels erfolgt durch vakuumunterstützte Destillation an Rotationsverdampfern. Am Ende des Destillationsprozesses werden das Lösemittel und lösemittelfreies Bitumen getrennt entnommen. Sowohl beim Bestücken des Rotationsverdampfers mit dem Bindemittel-Lösemittel-Gemisch als auch bei der Entnahme des abdestillierten Lösemittels können Lösemitteldämpfe entweichen. Wie die Extraktionsanlagen kön-

nen auch die Rotationsverdampfer während des Betriebes Quelle diffuser Emissionen sein.

2.3 Befüllen der Extraktionsanlage mit frischem Lösemittel

Die Extraktionsanlagen verfügen über einen Lösemittel-tank mit einem Volumen von etwa 25 l. Dieser kann über ein Zugangsventil im geschlossenen Kreislauf befüllt werden, wenn das Vorratsfass über eine entsprechende Kuppelung direkt an den Tank angeschlossen wird. Es ist jedoch auch möglich, das frische Lösemittel in die Zugangsklappe der Füller-Zentrifuge zu gießen. Offenes Befüllen stellt aufgrund der starken Oberflächenvergrößerung des einfließenden Lösemittels eine Emissionsquelle dar. Da das Lösemittel hierfür aus dem Vorratsfass auch offen entnommen und in einem Gefäß transportiert werden muss, kann es bei dieser Tätigkeit gleich zu drei Zeitpunkten (Entnahme, Transport, Befüllen der Extraktionsanlage) zu Expositionen kommen.

2.4 Manuelle Reinigung von bindemittelbehafteten Arbeitsmitteln

Die zur Entnahme des Bindemittel-Lösemittel-Gemisches verwendeten Glasrundkolben und andere Kleinteile werden in vielen Asphaltlaboratorien mit Trichlorethen von Bitumenanhaftungen gereinigt. Hierfür stehen sogenannte Bitumenwaschanlagen, in denen Trichlorethen in einem geschlossenen Kreislauf zur Reinigung eingesetzt wird, oder Einsätze für die Waschkammern, mit denen die Extraktionsanlage selbst als Spülmaschine benutzt werden kann, zur Verfügung. Das geschlossene System der Bitumenwaschanlage kann Quelle für diffuse Emissionen sein, beim Öffnen können Lösemitteldämpfe entweichen. In den meisten Asphaltlaboratorien erfolgt die Reinigung jedoch noch manuell. Die offene, manuelle Reinigung stellt in jedem Fall eine größere Emissionsquelle dar.

2.5 Entsorgung von altem Lösemittel und Bindemittel-Lösemittel-Gemisch aus der Extraktionsanlage

Bindemittel-Lösemittel-Gemisch, aus dem kein Bitumen wiedergewonnen wird, sowie nicht mehr verwendbares Trichlorethen kann über entsprechende Ablassventile aus der Extraktionsanlage entnommen werden. Dies kann wie beim Befüllen in geschlossenem Kreislauf direkt in ein Abfallfass oder offen in ein Transportgefäß erfolgen. Bei offenem Ablassen muss die zu entsorgende Flüssigkeit zusätzlich offen in das Abfallfass überführt werden, weshalb es auch hier zu drei Zeitpunkten (Ablassen, Transport, Umfüllen in Abfallfass) zu einer Exposition kommen kann.

3 Eingesetztes 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“ [15]. Als Messverfahren wurde eine Methode eingesetzt, die auf dem durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) bekanntgegebenen Verfahren „Lösemittelgemische, Methode Nr. 5“ [16] beruht. Die Probenahme erfolgte mit einem Volumenstrom von 10 ml min^{-1} auf dem Sorptionsmaterial Tenax TA in Thermodesorptionsröhrchen angereichert. Bei einer absoluten Bestim-

mungsgrenze von $0,39 \mu\text{g Probe}^{-1}$ wird bei einem Probenahmevolumen von $0,5 \text{ l}$ eine relative Bestimmungsgrenze von $1,3 \text{ mg m}^{-3}$ erreicht.

4 Probenahme

Asphaltlaboratorien werden von Asphaltmischwerken zur Qualitätssicherung der eigenen Produkte betrieben. Daneben gibt es Zentrallaboratorien, die für mehrere Asphaltmischwerke die Untersuchungen durchführen. Des Weiteren werden in unabhängigen Baustoffprüfstellen Asphaltanalysen und weitere Untersuchungen im Straßen-, Boden- und Erdbereich für diverse Auftraggeber durchgeführt. In manchen Laboratorien sind die betreffenden Beschäftigten nicht nur für die Asphaltanalytik zuständig, sondern arbeiten auch in anderen Bereichen des Asphaltmischwerks beziehungsweise der Baustoffprüfstelle. In zentralisierten Laboratorien mit einem hohen Durchsatz an Asphaltproben sind zum Teil auf die Asphaltanalytik spezialisierte Beschäftigte tätig. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den einzelnen Betrieben zu gewährleisten, erfolgte die Probenahmen an Tagen, an denen die beprobten Beschäftigten die gesamte Schichtdauer in der Asphaltanalytik beschäftigt waren, weshalb die hier betrachteten Expositionssituationen den ungünstigsten anzunehmenden Fall darstellen.

Um weiterhin die Vergleichbarkeit der Expositionssituationen in den verschiedenen Betrieben zu gewährleisten und weil aufgrund der Überlappung der einzelnen Arbeitsschritte und deren Kürze keine für die Einzeltätigkeiten separate Probenahme möglich war, wurden alle mit der Asphaltanalytik verbundenen Tätigkeiten als Ganzes beprobt. Dementsprechend erfolgten die Probenahmen über einen zusammenhängenden Zeitraum, in dem der jeweilige Proband asphaltanalytische Tätigkeiten ausführte. Dies umfasst auch Zeiträume, in denen keine unmittelbaren Tätigkeiten mit Trichlorethen stattfanden, sowie Zeiträume, in denen sich der Proband kurzfristig außerhalb des Asphaltlaboratoriums aufhielt.

Die Probenahmen erfolgten personengetragen sowie stationär und dauerten messverfahrensbedingt je Probe etwa 30 min. Trugen die Probanden Atemschutz, erfolgte die personengetragene Probenahme außerhalb der Maske. Die ermittelten Messwerte werden als Schichtmittelwerte für die personengetragenen Probenahmen und zeitlich gewichtete Mittelwerte für die stationären Probenahmen angegeben (Messergebnisse). Die personengetragenen Probenahmen dienen zur Ermittlung des Schichtmittelwertes. Die Grundbelastung der Arbeitsbereiche wurde durch stationäre Probenahmen und in zwei Betrieben durch personengetragene Probenahmen an Beschäftigten, die keine unmittelbaren Tätigkeiten mit Trichlorethen ausführten, beurteilt. Um eine Aussage über die Einhaltung der Kurzzeitwertanforderung zu treffen, erfolgten personengetragene Probenahmen von 15 min während erwartungsgemäß emissionsstarker Tätigkeiten oder es wurden personengetragene Probenahmen von der Dauer weniger Minuten während möglicher Expositionsspitzen auf einem Probenahmeträger zu Messungen von 15 min akkumuliert. Die empirische Beurteilung der Wirksamkeit der Lüftungstechnik erfolgte mit einem Nebelgenerator zur Sichtbarmachung von Luftbewegungen.

Tabelle 1. Statistische Auswertung der bei der Erstmessung ermittelten Konzentrationen von Trichlorethen als Schichtmittelwerte durch personengetragene Messungen und als zeitlich gewichtete Mittelwerte durch stationäre Messungen. Gesonderte Darstellung der Messergebnisse aus personengetragenen Kurzzeitmessungen, aus personengetragenen Messungen von Beschäftigten, die keine unmittelbaren Tätigkeiten mit Trichlorethen ausführten, sich aber in belasteten Arbeitsbereichen aufhielten, als Schichtmittelwerte und aus stationären Messungen in weiteren Arbeitsbereichen der Asphaltanalytik als zeitlich gewichtete Mittelwerte.

Statistischer Parameter Waschtrommelverfahren	Schichtmittelwerte/personengetragene Messungen an Beschäftigten mit direkten Tätigkeiten mit Trichlorethen	Zeitlich gewichtete Mittelwerte/ stationäre Messungen in Arbeits- bereichen mit Extraktionsanlage
Anzahl Schichtmittelwerte/zeitlich gewichtete Mittelwerte	17	13
Minimalwert in mg m ⁻³	2,1	0,3
Maximalwert in mg m ⁻³	50	138
Mittelwert in mg m ⁻³	16	42
Median/50. Perzentil in mg m ⁻³	13	41
95. Perzentil in mg m ⁻³	46	118
Weitere Messergebnisse	Anzahl	Konzentrationsbereich in mg m⁻³
Kurzzeitmessungen	25	8,5 bis 159
Personengetragene Messungen an Beschäftigten ohne direkte Tätigkeiten mit Trichlorethen	2	0,3; 2,7
Stationäre Messungen in Arbeitsbereichen ohne Extraktionsanlage	6	3,0 bis 17

5 Ergebnisse

Es erfolgten 19 Arbeitsplatzmessungen in 13 verschiedenen Betrieben, in denen das Waschtrommelverfahren eingesetzt wurde, wobei in fünf Betrieben Kontrollmessungen nach Umsetzung von weiteren technischen oder organisatorischen Schutzmaßnahmen aufgrund von Beurteilungswertüberschreitungen erfolgten. Insgesamt wurden 252 Proben von 19 Beschäftigten in 19 verschiedenen Arbeitsbereichen genommen¹⁾. Davon führten 17 Beschäftigte Tätigkeiten mit Trichlorethen aus, die weiteren beiden Beschäftigten hielten sich in denselben Arbeitsbereichen aufgrund anderer Tätigkeiten auf und führten selbst keine Tätigkeiten mit dem Lösemittel aus. Es wurden 13 Arbeitsbereiche beprobt, in denen sich die Extraktionsanlage befand, in sechs Arbeitsbereichen wurden weitere Tätigkeiten und Verfahren mit Trichlorethen ausgeführt. Bei 25 der 252 Proben handelt es sich um personengetragene Kurzzeitprobenahmen während zu erwartender Expositionsspitzen²⁾, die teilweise³⁾ in die Schichtmittelwerte eingeflossen sind. Die Mittelwerte der Kontrollmessungen in den Betrie-

¹⁾ Bei Kontrollmessungen wurden dieselben Arbeitsbereiche wiederholt beprobt, zum Teil führten andere Beschäftigte die gleiche Tätigkeit wie bei der Erstmessung aus.

²⁾ Expositionsspitzen wurden erwartet: Unmittelbar beim Öffnen der Extraktionsanlage und Entnahme von Füller und Mineralstoffen aus ihren Sammelvorrichtungen, bei offenem Ablassen des Bindemittel-Lösemittel-Gemisches und weiteren Tätigkeiten damit (zum Beispiel offene Entsorgung in Fass), bei offener Befüllung des Lösemittelanks inklusive offenem Abzapfen des Lösemittels aus dem Vorratsfass in offenes Transportgefäß, beim Einstellen und Entnehmen von Mineralstoffen und Füller in den und aus dem Trockenschrank, bei offener Handhabung kleinerer Mengen Lösemittel, zum Beispiel bei der manuellen Reinigung, Entnahme des abdestillierten Lösemittels vom Rotationsverdampfer und weiteren Tätigkeiten (zum Beispiel offenes Einfüllen in Lösemitteltank).

³⁾ Es wurden nur jene Kurzzeitwerte aus jenen Probenahmen in die Berechnung des Schichtmittelwertes einbezogen, die einen Teil der Schicht neben anderen Probenahmen abbilden. Nicht einbezogen wurden Kurzzeitwerte, die zeitgleich zu einer weiteren personengetragenen Probenahme oder als Sammlung verschiedener potenzieller Expositionsspitzen erfolgten.

⁴⁾ Die Daten der Kontrollmessungen wurden vom Kollektiv getrennt, da die Schutzmaßnahmen allein aufgrund des Befundes der Erstmessung ergriffen wurden und die damit erzielte Minderung der Exposition der Beschäftigten gegenüber Trichlorethen eine Reaktion auf die hier beschriebenen messtechnischen Ermittlungen ist. Sie können damit nicht Teil der Darstellung des bei den Erstmessungen vorgefundenen Standes der Schutzmaßnahmen und deren Wirksamkeit sein.

ben, die Schutzmaßnahmen umgesetzt hatten, werden getrennt dargestellt⁴⁾.

In **Tabelle 1** findet sich die statistische Auswertung der bei der Erstmessung ermittelten Konzentrationen von Trichlorethen als Schichtmittelwerte bei personengetragenen Probenahmen von Beschäftigten, die Tätigkeiten mit Trichlorethen ausführten, und als zeitlich gewichtete Mittelwerte bei stationären Probenahmen in Arbeitsbereichen, in denen die Extraktionsanlage untergebracht war. Die Messergebnisse der personengetragenen Kurzzeitprobenahmen, der personengetragenen Probenahmen von Beschäftigten, die keine Tätigkeiten mit Trichlorethen ausführten, und der stationären Probenahmen in weiteren Arbeitsbereichen der Asphaltanalytik sind einzeln dargestellt.

Tabelle 2 zeigt die Einhaltung oder Überschreitung der risikobasierten Beurteilungswerte im Schichtmittelwert der personengetragenen Messung beziehungsweise im zeitlich gewichteten Mittelwert der stationären Messungen bei der Erstmessung für die Betriebe an.

Tabelle 3 vergleicht die bei der Erstmessung ermittelten Konzentrationen von Trichlorethen bezüglich der Unterbringungsart der Extraktionsanlage und der damit verbundenen Lüftungstechnik. In den Betrieben wurden drei Varianten vorgefunden. Im Idealfall befanden sich die Extraktionsanlagen in einem Laborabzug oder Absaugschrank, der während des Betriebes der Anlage geschlossen gehalten wurde. Unter einem Absaugschrank wird hier eine von den Betrieben in der Regel selbstgebaute Einhausung der Anlagen verstanden, die meist aus einem Küchenschrank mit integrierter Rohrventilation bestand. Dabei wurde nicht überprüft, ob die Laborabzüge beziehungsweise Absaugschränke die Anforderungen der DIN 14175 [17] erfüllen. Alternativ wurden die Extraktionsanlagen in einem separaten, abgesaugten Raum (Extraktionsraum) betrieben, in dem jedoch teilweise auch andere Arbeitsschritte, häufig die Wiedergewinnung und der Betrieb eines Trockenschanks, erfolgten. Des Weiteren wurden Extraktionsanlagen unmittelbar im Asphaltlaboratorium vor einer Rohrventilation oder unter einer Absaughaube im Asphaltlaboratorium betrieben.

Tabelle 4 zeigt die Veränderungen in der Trichlorethenbelastung durch technische und organisatorische Schutz-

Tabelle 2. Statistische Auswertung der Einhaltung der risikobasierten Beurteilungswerte bei den personengetragenen beziehungsweise stationären Erstmessungen.

Relation zum risikobasierten Beurteilungswert	Schichtmittelwerte/personengetragene Messungen an Beschäftigten mit direkten Tätigkeiten mit Trichlorethen	Zeitlich gewichtete Mittelwerte/stationäre Messungen in Arbeitsbereichen mit Extraktionsanlage
Akzeptanzkonzentration eingehalten	elf von 13 Betrieben	sechs von 13 Betrieben
Akzeptanzkonzentration überschritten und Toleranzkonzentration eingehalten	zwei von 13 Betrieben	drei von 13 Betrieben
Toleranzkonzentration überschritten	kein Betrieb	vier von 13 Betrieben

Tabelle 3. Vergleich der bei der Erstmessung ermittelten Konzentrationen von Trichlorethen bezüglich der Unterbringung der Extraktionsanlage.

Art der Probenahme	Schichtmittelwerte/personengetragene Messungen an Beschäftigten mit direkten Tätigkeiten mit Trichlorethen			Zeitlich gewichtete Mittelwerte/stationäre Messungen in Arbeitsbereichen mit Extraktionsanlage		
	Extraktionsraum	im Labor mit Objektabsaugung	Laborabzug oder Absaug-schrank	Extraktionsraum	im Labor mit Objektabsaugung	Laborabzug oder Absaug-schrank
Unterbringung der Extraktionsanlage						
Statistischer Parameter Waschtrommelverfahren						
Anzahl der Messwerte	5	6	6	4	5	4
Minimalwert in mg m^{-3}	13	2,1	2,1	44	3,3	0,3
Maximalwert in mg m^{-3}	26	45	50	138	105	41
Mittelwert in mg m^{-3}	18	17	13	73	39	15

maßnahmen in den Betrieben, in denen nach Umsetzung von technischen oder organisatorischen Schutzmaßnahmen Kontrollmessungen durchgeführt wurden.

6 Diskussion

Die inhalative Exposition der Beschäftigten in der Asphaltanalytik durch das Lösemittel Trichlorethen wird durch das komplexe Zusammenspiel diverser Faktoren beeinflusst. Während die Belastung der Atemluft der Beschäftigten durch Messwerte quantifiziert werden kann, sind die anderen Faktoren im Rahmen von Arbeitsplatzmessungen nur empirisch oder indirekt zu beurteilen.

6.1 Diskussion der Messergebnisse der Erstmessungen

Die Ermittlungen zeigen, dass die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Exposition der Beschäftigten und die Belastung in den Arbeitsbereichen die räumliche Unterbringungsart der Extraktionsanlagen und die Wirksamkeit der dabei eingesetzten Lüftungstechnik sind. Die Exposition der Beschäftigten wird weiterhin stark von deren Aufenthaltszeit in den belasteten Arbeitsbereichen beeinflusst.

Wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist, wurde in elf der 13 Betriebe die derzeitige Akzeptanzkonzentration im Schichtmittelwert bei Beschäftigten, die direkte Tätigkeiten mit Trichlorethen ausführten, bei der Erstmessung eingehalten. In zwei Betrieben wurde die Akzeptanzkonzentration überschritten, die Toleranzkonzentration jedoch eingehalten. Bei den Beschäftigten, die selbst keine Tätigkeiten mit Trichlorethen ausführten, sich aber in den exponierten Arbeitsbereichen aufhielten, wurde die Akzeptanzkonzentration in allen Fällen eingehalten. Es gab keine Überschreitung des Kurzzeitwertes.

Bei den stationären Messungen in Arbeitsbereichen, in denen die Extraktionsanlage untergebracht war, wurde die Akzeptanzkonzentration in nur sechs Betrieben eingehalten. In drei Betrieben kam es zur Überschreitung der Akzeptanzkonzentration unter Einhaltung der Toleranz-

konzentration und in vier Betrieben sogar zur Überschreitung der Toleranzkonzentration. In Arbeitsbereichen, in denen Tätigkeiten mit Trichlorethen durchgeführt wurden, jedoch die Extraktionsanlage nicht untergebracht war, wurde die Akzeptanzkonzentration in allen Fällen unterschritten.

6.1.1 Räumliche Gestaltung und die an den Extraktionsanlagen eingesetzte Lüftungstechnik

Auch wenn einige Ausnahmen beobachtet wurden, die im Weiteren noch besprochen werden, kann die Belastung in den Arbeitsbereichen, in denen die Extraktionsanlage untergebracht war, auf die Unterbringungsart und die zur Absaugung eingesetzte Lüftungstechnik zurückgeführt werden (Tabelle 3).

Die höchste festgestellte Belastung mit im Mittel 73 mg m^{-3} Trichlorethen weisen die Extraktionsräume auf. In den engen und nicht wirksam abgesaugten Räumen reicherten sich die Trichlorethendämpfe zu Konzentrationen von 44 bis 138 mg m^{-3} an und überschritten damit in allen Fällen die Akzeptanzkonzentration, in zwei von vier Fällen auch die Toleranzkonzentration. In Arbeitsbereichen, in denen die Extraktionsanlage direkt im Asphaltlaboratorium untergebracht war, wurden im Mittel 59 mg m^{-3} Trichlorethen erreicht, wobei die Konzentrationen in einem Bereich von $3,3$ bis 105 mg m^{-3} lagen. In zwei von fünf Arbeitsbereichen wurde dabei die Toleranzkonzentration überschritten, in den anderen drei die Akzeptanzkonzentration dagegen eingehalten. Als Objektabsaugung befand sich in diesen Arbeitsbereichen hinter oder neben der Extraktionsanlage eine Rohrventilation, in einem Fall wurde eine Absaughaube verwendet. Die Objektabsaugungen in den Arbeitsbereichen mit Überschreitung der Toleranzkonzentration wurden ebenfalls als nicht wirksam eingestuft.

Mit 32 bis 84 m^3 hatten die Laboratorien gegenüber den zehn bis 25 m^3 großen Extraktionsräumen ein wesentlich größeres Raumvolumen, in dem sich die Trichlorethendämpfe verteilen und damit verdünnen konnten. Die in den

Tabelle 4. Vergleich der bei der Erst- und Kontrollmessung ermittelten Konzentrationen von Trichlorethen bezüglich der Schichtmittelwerte für Beschäftigte, die direkte Tätigkeiten mit Trichlorethen ausführten, sowie der Belastung der Arbeitsbereiche, in denen die Extraktionsanlage untergebracht war.

Art der Probenahme	Schichtmittelwerte in mg m^{-3} , personengetragene Messungen an Beschäftigten mit direkten Tätigkeiten mit Trichlorethen		Zeitlich gewichtete Mittelwerte in mg m^{-3} , stationäre Messungen in Arbeitsbereichen mit Extraktionsanlage		Unterbringung der Extraktionsanlage
	Erstmessung	Kontrollmessung	Erstmessung	Kontrollmessung	
Betrieb 1	13	3,2	50	–	Extraktionsraum
Betrieb 2	50	3,8	41	3,0	Laborabzug oder Absaugschrank
Betrieb 3	14; 15	17	62	8,5	Extraktionsraum
Betrieb 4	26	3,4	138	18	Extraktionsraum
Betrieb 5	20	9,6	44	79	Extraktionsraum

Asphaltlaboratorien festgestellte mittlere Konzentration von 59 mg m^{-3} ist um etwa die Hälfte geringer als jene in den Extraktionsräumen (73 mg m^{-3}), was auf den Verdünnungseffekt aufgrund der Raumvolumina zurückzuführen ist. Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Raumvolumen und der Trichlorethenbelastung des Arbeitsbereiches ist aus den vorliegenden Daten nicht abzuleiten. Ebenso ist kein alleinistehender Faktor zu benennen, der die Schwankungsbreite der oben genannten Konzentrationen begründet.

Die geringste Konzentration wurde im Mittel mit 15 mg m^{-3} Trichlorethen in Arbeitsbereichen festgestellt, in denen die Extraktionsanlagen in Laborabzügen oder Absaugschranken untergebracht waren, da hier die Dämpfe erfasst werden, bevor sie sich im Arbeitsbereich ausbreiten können. In nur einem der vier Betriebe wurde die Akzeptanzkonzentration überschritten.

6.1.2 Wirksamkeit der an den Extraktionsanlagen eingesetzten Lüftungstechnik

Aus der Art der Lüftungstechnik lässt sich nicht allein auf die Expositionssituation in dem betreffenden Betrieb schließen. Einen ebenso wichtigen Einfluss hat die Wirksamkeit der Lüftungstechnik. Dies zeigt sich an den oben bereits erwähnten Ausnahmen. So wurde zum Beispiel aufgrund einer unzureichenden Abluftleistung eines Absaugschrankes in einem Betrieb sowohl bei der Belastung des Beschäftigten als auch der des Arbeitsbereiches eine Überschreitung der Akzeptanzkonzentration festgestellt.

6.1.3 Beprobung von Beschäftigten ohne direkte Tätigkeiten mit Trichlorethen

Bei Beschäftigten, die selbst keine Tätigkeiten mit Trichlorethen ausführen, sich aber in exponierten Arbeitsbereichen aufhalten, wurden Schichtmittelwerte von $0,5$ und $2,7 \text{ mg m}^{-3}$ ermittelt (Tabelle 1).

6.2 Weitere Tätigkeiten, Verfahren und Schutzmaßnahmen

Weiteren Einfluss auf die Belastung haben die im Folgenden genannten Tätigkeiten und Verfahren in Abhängigkeit von der Lüftungstechnik, unter der sie eingesetzt wurden. Aufgrund des starken Einflusses der Extraktionsanlagen, wie oben beschrieben, können die anderen Einflüsse nicht direkt anhand der Messergebnisse dargestellt werden. Die Bewertung des Einflusses erfolgte empirisch und durch Sichtbarmachung von Luftströmungen mittels Nebelgenerator.

Die Reinigung von bindemittelbehafteten Arbeitsmitteln mit Trichlorethen erfolgte in allen Betrieben bis auf eine Ausnahme offen. Insbesondere, wenn diese Reinigung nicht in einem Laborabzug oder wirksamen Absaugschrank erfolgt, sondern in einem Extraktionsraum oder nur unter einer Absaughaube, wie es in einigen Betrieben der Fall war, stellt sie eine zusätzliche, aber vermeidbare Emissionsquelle dar. Nur ein Betrieb verfügte über eine geschlossene Bitumenwaschanlage.

Die Nachrocknung der Mineralstoffe bis zur Gewichtskonstanz erfolgte entweder in nicht abgesaugten Trockenschränken, in den Waschtrommeln innerhalb des Laborabzugs beziehungsweise des Absaugschrankes oder unmittelbar im Arbeitsbereich. Die Trockenschränke befanden sich entweder in einem Extraktionsraum oder unmittelbar im Arbeitsbereich, jedoch in keinem der Betriebe unter einer eigenen Absaugung. Durch das Verdampfen der Lösemittelreste stellt die Nachrocknung außerhalb einer Absaugung ebenfalls eine vermeidbare Emissionsquelle dar.

Lediglich zwei der 14 Betriebe sorgten für eine durchgehend geschlossene Handhabung des Lösemittels. Während nahezu alle Betriebe die Extraktionsanlage im geschlossenen Kreislauf befüllten, wurde in zwölf Betrieben das Bindemittel-Lösemittel-Gemisch zur Wiedergewinnung des Bindemittels offen abgelassen. In der Hälfte der Betriebe wurden auch größere Mengen des Lösemittels zur Entsorgung offen abgelassen.

6.3 Kontrollmessungen nach Umsetzung von technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen

In fünf Betrieben wurden aufgrund der ermittelten Konzentrationen und der Feststellung von Defiziten bei den Schutzmaßnahmen die unten beschriebenen technischen oder organisatorischen Maßnahmen ergriffen. Die Ergebnisse sind für die einzelnen Betriebe aufgeschlüsselt in Tabelle 4 dargestellt. Durch die Maßnahmen konnte bei fast allen betroffenen Beschäftigten eine Minderung der Exposition erreicht werden. Dies gelang ebenfalls für vier der fünf Arbeitsbereiche, obwohl die Unterbringungsart der Extraktionsanlage unverändert blieb und die Extraktionsräume weiterhin betrieben wurden.

In Betrieb 1 wurde der Extraktionsraum stark verkleinert und der Rotationsverdampfer außerhalb des Extraktionsraumes in einen Absaugschrank verlagert, sodass sich die Aufenthaltszeit des Beschäftigten in dem Extraktionsraum deutlich verringerte. Dadurch konnte eine Reduktion der Belastung des Beschäftigten um 75 % erreicht werden. Die

Wirksamkeit der Lüftungstechnik wurde verbessert. Während bei der Erstmessung die Extraktionsanlage noch offen mit frischem Lösemittel befüllt wurde, hatte der Betrieb zur Kontrollmessung bereits auf das geschlossene Verfahren umgestellt. Da die Kontrollmessung nicht mehr im Extraktionsraum erfolgte, entfällt die Angabe der stationären Messung für diesen Bereich.

In Betrieb 2 wurde die Absaugleistung der Absaugsschränke wesentlich erhöht und darauf geachtet, dass diese während des Betriebes der Extraktionsanlage und des Rotationsverdampfers nunmehr dauerhaft geschlossen gehalten werden. Dadurch wurde eine Reduktion der Belastung um 92 % im Schichtmittelwert bei der personengetragenen Messung beziehungsweise um 93 % im zeitlich gewichteten Mittelwert bei der stationären Messung erreicht.

In Betrieb 3 konnte die Belastung durch Trichlorethen im Extraktionsraum um 86 % reduziert werden, indem die Wirksamkeit der Lüftungstechnik erhöht wurde. Eine gleichzeitige Verringerung der Belastung des Beschäftigten konnte bei der Kontrollmessung anhand der Messergebnisse jedoch nicht nachgewiesen werden. Die Messergebnisse geben Hinweis auf eine unzureichende Absaugleistung des Laborabzuges, der im Asphaltlaboratorium für den Rotationsverdampfer betrieben wurde.

In Betrieb 4 wurde die Wirksamkeit der Lüftungstechnik im Extraktionsraum durch eine neue Ventilationsanlage und eine Zuluftquelle erhöht. Mit dem Einbau eines neuen Ventilators wurde auch ein optisches Warnsystem installiert, das die Beschäftigten über einen Ausfall der Lüftungstechnik informiert. Ein automatischer Türschließer sorgt für eine konsequente Trennung des Extraktionsraumes vom angrenzenden Arbeitsbereich der Asphaltanalytik. Dadurch konnte auch in diesem die Belastung erheblich reduziert werden. Die Belastung des Arbeitsbereiches (stationäre Messung) und die des Beschäftigten (personengetragene Messung) sanken jeweils um 87 %.

In Betrieb 5 wurde bei der Kontrollmessung eine Verdopplung der Belastung durch Trichlorethen im Extraktionsraum festgestellt, während sich die Belastung des Beschäftigten halbierte. Die Belastung des an den Extraktionsraum unmittelbar angrenzenden Arbeitsbereiches, in dem keine direkten Tätigkeiten mit Trichlorethen ausgeführt wurden, sank um knapp die Hälfte, von 3,9 auf 2,2 mg m⁻³. Die geringere Belastung des Beschäftigten ist vor allem auf eine geringere Aufenthaltszeit im Extraktionsraum während der Kontrollmessung zurückzuführen.

Im Extraktionsraum wurde zusätzlich zur Extraktionsanlage auch der Rotationsverdampfer auf einer offenen Arbeitsoberfläche betrieben, auf der auch die offene Reinigung von bindemittelbehafteten Arbeitsmitteln stattfand. Die Absaugung des Raumes erfolgte über zwei Rohrventilationen, deren Erfassungen sich auf Höhe der Arbeitsoberfläche an deren Rückwand sowie im Bodenbereich neben der Extraktionsanlage befanden. Als technische Schutzmaßnahme wurde die Arbeitsoberfläche eingehaust und durch einen Frontschieber zugänglich gemacht, um die Belastung des Extraktionsraumes zu senken. Der Frontschieber wurde während der Kontrollmessung geschlossen gehalten, wenn keine Tätigkeiten auf der Arbeitsoberfläche erfolgten. Als Zuluftquelle dienten lediglich kleine Belüftungsschlitze oberhalb der Extraktionsanlage. Während der Erstmessung konnte außerdem über den vor dem Extraktionsraum liegenden Raum Luft einströmen, da die Verbindungs-

stür zwischen den beiden Räumen durchgehend einen Spalt offen stand. Die Verbindungstür wurde zum Zeitpunkt der Kontrollmessung geschlossen gehalten, um eine Belastung des ansonsten nicht exponierten Arbeitsbereiches durch Trichlorethen zu vermeiden, wodurch jedoch der Absaugung des Extraktionsraumes eine Zuluftquelle abgeschnitten wurde. Die Verdopplung der Belastung durch Trichlorethen im Extraktionsraum ist auf die erheblich veränderte räumliche Gestaltung und Lüftungssituation zurückzuführen. Es ist anzunehmen, dass die den Rohrventilationen zur Verfügung stehende Zuluft durch die Belüftungsschlitze nicht ausreichte, um den Extraktionsraum noch wirksam abzusaugen. Durch die Einhausung der Arbeitsoberfläche trug die sich nunmehr innerhalb der Einhausung befindliche Rohrventilation nicht mehr zur Entlüftung des eigentlichen Arbeitsbereiches bei.

6.4 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

In nahezu allen Betrieben standen den Beschäftigten geeignete Chemikalienschutzhandschuhe zur Verfügung, jedoch nicht auch die notwendige Schutzbrille. Beides wurde nur von vier Betrieben bereitgestellt. Der überwiegende Teil der Betriebe, der die Extraktionsanlagen unmittelbar im Asphaltlaboratorium oder in einem Extraktionsraum untergebracht hatte, stellte seinen Beschäftigten zudem geeigneten Atemschutz für Tätigkeiten mit zu erwartenden Expositionsspitzen zur Verfügung.

6.5 Überprüfung der Absenkung der risikobasierten Beurteilungswerte

Derzeit wird geprüft, ob das Akzeptanzrisiko im Jahr 2018 um den Faktor 10 von 4 : 10 000 auf 4 : 100 000 abgesenkt wird, was eine Absenkung der Akzeptanzkonzentration für Trichlorethen auf 3,3 mg m⁻³ zur Folge hätte. Nach dem derzeitigen Stand in den beprobten Asphaltlaboratorien (unter Berücksichtigung der Kontrollmessungen) würden nur zwei der 14 Betriebe diesen Wert im Schichtmittel einhalten können.

Des Weiteren wird aktuell aufgrund der Nephrotoxizität⁵⁾ von Trichlorethen diskutiert, ob die Toleranzkonzentration auf die Akzeptanzkonzentration abgesenkt wird. Dies würde für das risikobasierte Maßnahmenkonzept nach TRGS 910 einen Wegfall des sogenannten Gelbbereiches (mittleres Risiko) bedeuten.

6.6 Schutzmaßnahmen hinsichtlich der Anforderungen der GefStoffV und der Zulassung nach der REACH-Verordnung

6.6.1 Anforderungen der GefStoffV und der TRGS

Nach § 7 (4) GefStoffV hat der Arbeitgeber Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen auszuschließen oder auf ein Minimum zu reduzieren. Prioritär sind dabei emissionsfreie oder -arme Verfahren nach dem Stand der Technik nach TRGS 460, hier das Waschtrommelverfahren, einzusetzen. § 7 (7) GefStoffV verlangt weiterhin eine regelmäßige Prüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen. Besondere Schutzmaßnahmen nach § 10 (1) GefStoffV sind bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen der Kategorien 1A und 1B zu ergreifen und werden durch das risikobasierte Maßnahmenkonzept der TRGS 910 konkretisiert. § 10 (3) GefStoffV verweist auf die nach § 20 (4)

⁵⁾ Nephrotoxine sind Gifte, die speziell die Nierenzellen schädigen.

Tabelle 5. Vergleich der zu erwartenden Zulassungsbedingungen mit den Anforderungen des nationalen Rechts; Berücksichtigung der Betriebe mit Waschtrommel- und Siebturmverfahren; PSA = Persönliche Schutzausrüstung.

Zu erwartende Zulassungsbedingungen	Anforderung des nationalen Rechts	Umsetzungsgrad in den beprobten Betrieben
Einhaltung des nationalen Beurteilungswertes	Risikobezogenes Maßnahmenkonzept nach TRGS 910 auf Grundlage der ermittelten Belastung mit der Zielsetzung, Expositionen unterhalb der Akzeptanzkonzentration zu erreichen	Bei der Erstmessung wurde die derzeit gültige Akzeptanzkonzentration in elf von 13 Betrieben, die das Waschtrommelverfahren verwendeten, eingehalten. In zwei Betrieben wurde lediglich die Toleranzkonzentration unterschritten.
Anwendung des Waschtrommelverfahrens	Einsatz von Verfahren nach dem Stand der Technik nach TRGS 460; Expositionsminimierung durch Einsatz von emissionsarmen oder emissionsfreien Verfahren	In einem Betrieb wurde zum Zeitpunkt der Messungen noch das Siebturmverfahren verwendet. Die weiteren 13 Betriebe verwendeten das Waschtrommelverfahren.
Reinigung der bitumenverschmutzten Glasware in geschlossener Bitumenwaschanlage	Expositionsminimierung durch Einsatz von emissionsarmen oder emissionsfreien Verfahren	Nur ein Betrieb verfügte über eine Bitumenwaschanlage.
Befüllen und Entleeren der Extraktionsanlage in geschlossenem Kreislauf		Zum Zeitpunkt der Erstmessung wurde in sechs Betrieben zwar verbrauchtes Trichlorethen im geschlossenen Kreislauf in das Abfallfass abgelassen, jedoch erfolgte das Ablassen des Bindemittel-Lösemittel-Gemisches zur Wiedergewinnung in zwölf Betrieben offen.
Keine Reinigung des Arbeitsplatzes mit Trichlorethen		In keinem der beprobten Betriebe wurde Trichlorethen für die Reinigung von Arbeitsoberflächen verwendet.
Betrieb der Extraktionsanlage unter einer Absaugung, nicht notwendigerweise ein Laborabzug	Ausführung von Tätigkeiten, bei denen Dämpfe eines Gefahrstoffes in gefährlicher Konzentration oder Mengen auftreten können, in einem geschlossenen Abzug	In nur fünf Betrieben war die Extraktionsanlage in einem Laborabzug beziehungsweise Absaugschrank untergebracht. Dazu gehörte die Siebturmanlage. Die Messergebnisse haben gezeigt, dass die Unterbringung der Extraktionsanlage in einem wirksamen Laborabzug notwendig ist, um von der Einhaltung der aktuellen risikobezogenen Beurteilungswerte ausgehen zu können.
Betrieb des Rotationsverdampfers in einem Laborabzug		In zwölf Betrieben wurde der Rotationsverdampfer in einem Laborabzug beziehungsweise Absaugschrank betrieben.
Ausführung weiterer Tätigkeiten (zum Beispiel Stabilitätstest des Lösemittels) in einem Laborabzug		In den Betrieben, die über einen Extraktionsraum verfügten, wurden solche Tätigkeiten in diesem ausgeführt.
Lagerung des Trichlorethen-Vorrates und -Abfalls in SafeTainer™ (gasdichtes Fass, das mit der Extraktionsanlage zu einem geschlossenen System gekoppelt wird)		Da Trichlorethen ausschließlich im SafeTainer™ erhältlich ist, verfügten alle Betriebe darüber.
Jährliche Prüfung der Lüftungstechnik und der Extraktionsanlage durch unabhängige Fachkräfte	Regelmäßige Prüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen	In elf Betrieben bestand ein Wartungsvertrag mit dem Hersteller der Extraktionsanlage zur jährlichen Wartung. Zum Zeitpunkt der ersten Messung wurde in nur einem Betrieb die Lüftungstechnik jährlich auf ihre Wirksamkeit hin geprüft. Dabei handelte es sich um einen Laborabzug.
Monatliche Dichtigkeitsprüfung der Extraktionsanlage		Keiner der Betriebe führte eine regelmäßige Dichtigkeitskontrolle seiner Extraktionsanlage durch.
Verwendung geeigneter PSA	Anwendung von PSA, sofern eine Gefährdung nicht durch technische und organisatorische Schutzmaßnahmen verhütet werden kann.	In nur vier Betrieben standen den Beschäftigten geeignete Chemikalienschutzhandschuhe in Kombination mit einer Schutzbrille zur Verfügung.

GefStoffV bekanntgegebenen Beurteilungsmaßstäbe. Es besteht eine Ermittlungspflicht mit messtechnischen oder nicht messtechnischen Methoden zum Nachweis, dass

diese eingehalten werden. Für Trichlorethen wurden die in Abschnitt 1 beschriebenen risikobezogenen Beurteilungsmaßstäbe in der TRGS 910 festgelegt. Des Weiteren müssen

die in den Laboratorien ergriffenen Schutzmaßnahmen den Anforderungen der TRGS 526 genügen. Diese legt unter anderem fest, dass Tätigkeiten, bei denen Dämpfe in gefährlicher Konzentration oder Menge auftreten können, nur in geschlossenen Abzügen nach DIN 14175 ausgeführt werden dürfen. Ebenfalls ist die Mindestluftwechselrate für Laborräume festgelegt.

Aus den Anforderungen der GefStoffV ergibt sich, dass das Lösemittel Trichlorethen ausschließlich in den zur Verfügung stehenden geschlossenen Systemen verwendet werden darf und dass die Anlagen (Extraktionsanlage, Befüllungs- und Entsorgungssysteme, Rotationsverdampfer, Bitumenwaschanlage) in Laborabzügen unterzubringen und zu betreiben sind.

Im Rahmen der hier vorgestellten Ermittlungen wurde nicht durch Strömungsmessungen überprüft, ob die vorhandenen Lüftungstechniken und Laborabzüge beziehungsweise Absaugschränke den Anforderungen der DIN 14175 genügen. Tatsächlich wurden die Extraktionsanlagen nur in vier der 13 Betriebe in Laborabzügen oder vergleichbaren Absaugschränken betrieben, nur einer der Betriebe verfügte über eine Bitumenwaschanlage. Im überwiegenden Teil der Betriebe wurden die Extraktionsanlagen zwar im geschlossenen Kreislauf mit frischem Lösemittel befüllt, jedoch erfolgte die Entnahme von Bindemittel-Lösemittel-Gemisch und verbrauchtem Lösemittel meist offen.

6.6.2 Anforderungen des Zulassungsantrages

Die zu erwartenden Zulassungsbedingungen sind in der ersten Spalte von **Tabelle 5** wiedergegeben. Ihre Einhaltung entbindet nicht von den in Abschnitt 6.6.1 genannten Anforderungen der GefStoffV und der konkretisierenden TRGS. Die beprobten Betriebe verwendeten alle weniger als eine Tonne Trichlorethen, weshalb sie nicht zwangsläufig unter die Zulassungsbedingungen fallen. Jedoch wurde zum Zeitpunkt der Messung von keinem der Betriebe von der Möglichkeit der in Abschnitt 1 beschriebenen Ausnahme nach Artikel 56 (3) der REACH-Verordnung Gebrauch gemacht.

Tabelle 5 vergleicht die zu erwartenden Zulassungsbedingungen mit den Anforderungen der GefStoffV und gibt an, welcher Umsetzungsgrad in den beprobten Betrieben vorgefunden wurde. Unabhängig von der Einhaltung der aktuellen Akzeptanzkonzentration besteht hinsichtlich des Umsetzungsgrades des geltenden Gefahrstoffrechts und der zu erwartenden Zulassungsbedingungen in den beprobten Asphaltlaboratorien noch Nachbesserungsbedarf.

7 Fazit

Für den wirksamen Schutz der Beschäftigten vor dem krebserregenden Gefahrstoff Trichlorethen in der Asphaltanalytik ist eine Laborausstattung nach dem Stand der Technik, die die Anforderungen der TRGS 526 erfüllt, der durchgehende Einsatz von geschlossenen Systemen für die Verwendung des krebserzeugenden Lösemittels Trichlorethen und eine wirksame Lüftungstechnik, insbesondere der Betrieb der Extraktionsanlagen in einem wirksamen Laborabzug nach DIN 14175, erforderlich. Das Waschtrommelverfahren zur Extraktion von Bitumen aus Asphaltmischgut ist entsprechend TRGS 460 der aktuelle Stand der Technik. Diese Technische Regel nennt keine zusätzlichen

spezifischen Schutzmaßnahmen. Die aus der GefStoffV und der TRGS 526 abzuleitenden Schutzmaßnahmen sind zur Einhaltung der Akzeptanzkonzentration erforderlich.

Die in den Betrieben durchgeführten Ermittlungen zeigen, dass die weit verbreiteten Extraktionsräume ungeeignet zum Schutz der Beschäftigten vor dem Gefahrstoff Trichlorethen sind. Auch Objektabsaugungen von unmittelbar im Asphaltlaboratorium betriebenen Extraktionsanlagen bieten keinen ausreichenden Schutz, wenn die Wirksamkeit der Absaugung nicht den in den Arbeitsbereichen ausgeführten Tätigkeiten und Verfahren angepasst ist. Die Aufenthaltszeiten der betroffenen Beschäftigten in den exponierten Arbeitsbereichen sollte auf das absolut notwendige Minimum beschränkt werden.

Allein das Vorhandensein technischer Schutzeinrichtungen und weiterer Maßnahmen garantiert keine Einhaltung des Beurteilungswertes, insbesondere nicht der Akzeptanzkonzentration. Eine Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen ist unerlässlich. Dies wird durch den in Tabelle 4 dargestellten Vergleich der Vorher-nachher-Situation in Betrieben, die Schutzmaßnahmen ergriffen haben, unterstrichen. Durch die messtechnische Wirksamkeitsprüfung der vorhandenen Schutzmaßnahmen und der Nachbesserung entsprechend der ausgeführten Tätigkeiten und Verfahren konnte in der Mehrheit der Betriebe die Einhaltung der Akzeptanzkonzentration sowohl in der personengetragenen als auch stationären Messung erreicht werden.

Die Anforderungen der GefStoffV und der TRGS 526 sowie der Zulassungsbedingungen wurden zum Zeitpunkt der Ermittlungen in keinem Betrieb vollständig umgesetzt. Den Betrieben werden daher umfangreiche Verbesserungen ihrer Schutzmaßnahmen zur Verringerung der Exposition gegenüber Trichlorethen in den Asphaltlaboratorien abverlangt, insbesondere im Hinblick auf eine mögliche Absenkung der Akzeptanzkonzentration.

Literatur

- [1] Fahrplan zu Karzinogenen – Aktionsprogramm zur Bekämpfung arbeitsbedingter Krebserkrankungen. Hrsg.: Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), Bilbao, Spanien. <https://osha.europa.eu/de/themes/dangerous-substances/roadmap-to-carcinogens>
- [2] Beruflich verursachte Krebserkrankungen – Dokumentation des Berufskrankheiten-Geschehens in Deutschland (Zeitraum 1978 bis 2010). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). Berlin 2012. Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2014 – Unfallverhütungsbericht Arbeit. Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2016).
- [3] DIN EN 12697-1: Asphalt – Prüfverfahren für Heiasphalt – Teil 1: Löslicher Bindemittelgehalt. Berlin: Beuth 2012.
- [4] DIN EN 12697-2: Asphalt – Prüfverfahren für Heiasphalt – Teil 2: Korngrößenverteilung. Berlin: Beuth 2015.
- [5] DIN EN 12697-3: Asphalt – Prüfverfahren für Heiasphalt – Teil 3: Rückgewinnung des Bindemittels: Rotationsverdampfer. Berlin: Beuth 2013.
- [6] Technische Prüfvorschriften für Asphalt (TP Asphalt-StB) – Teil 1: Bindemittelgehalt. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV). Köln 2012.

- [7] Technische Regel für Gefahrstoffe: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 910). GMBL. (2014) Nr. 12, S. 258-270; zul. geänd. und erg. GMBL. (2016) Nr. 31, S. 606-609; ber. GMBL. (2016) Nr. 40, S. 791.
- [8] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010. BGBl. I, S. 1643-1644; zul. geänd. durch Art. 148 des Gesetzes vom 29. März 2017. BGBl. I, S. 626.
- [9] 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.
- [10] Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. ABl. EU (2006) Nr. L 396, S. 1-851, zul. geänd. ABl. EU (2017) Nr. L 35, S. 6-9.
- [11] Does the exemption for the use of Annex XIV substances in scientific research and development under Article 56(3) REACH also apply to analytical activities such as monitoring and quality control? (Q&A 585, Version 1.1, 17/02/2016). Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA). Helsinki, Finnland. <https://echa.europa.eu/de/support/qas-support/browse/-/qa/70Qx/view/scope/REACH/Authorisation?>
- [12] Does the exemption for the use of Annex XIV substances in scientific research and development under Article 56(3) of REACH also apply to sampling activities for further quality control analysis? (Q&A 1153, Version 1.0, 18/02/2016). Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA). Helsinki, Finnland. <https://echa.europa.eu/de/support/qas-support/browse/-/qa/70Qx/view/scope/REACH/Authorisation?>
- [13] Technische Regel für Gefahrstoffe: Laboratorien (TRGS 526). GMBL. (2008) Nr. 15, S. 295-314.
- [14] Technische Regel für Gefahrstoffe: Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik (TRGS 460). GMBL. (2013) Nr. 59, S. 1175-1191; ber. GMBL. (2014) Nr. 3/4, S. 72.
- [15] 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.
- [16] DFG-Methode Lösemittelgemische, Methode Nr. 5. In: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Bd. 1: Luftanalysen. Hrsg.: Deutsche Forschungsgemeinschaft. Weinheim: Verlag Chemie 1998.
- [17] DIN EN 14175-2: Abzüge – Teil 2: Anforderungen an Sicherheit und Leistungsvermögen. Berlin: Beuth 2003.