

Hinweis:

Seit April 1999 sind alle Neuveröffentlichungen des berufsgenossenschaftlichen Vorschriften- und Regelwerkes unter neuen Bezeichnungen und Bestellnummern erhältlich.

Die neuen Bestellnummern können einer so genannten Transferliste des HVBG entnommen werden; siehe

<http://www.hvbg.de/d/pages/praev/vorschr/>

Hinsichtlich älterer, bislang unter VBG-Nummer geführter Unfallverhütungsvorschriften des so genannten Maschinenaltbestandes bzw. bislang unter ZH 1-Nummern geführter Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter, die bis zu ihrer Überarbeitung noch weiter gültig sind, siehe Internetfassungen des HVBG

„<http://www.hvbg.de/bgvr>“.

Berufsgenossenschaftliche
Informationen für Sicherheit
und Gesundheit bei der Arbeit

BGI 790-010

BG-Information

BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungs- beurteilung nach der Gefahrstoffverordnung

Verwendung von Trichlorethylen bei der Prüfung
von Asphalt – Waschtrommelverfahren

vom August 2005

Carl Heymanns Verlag KG
Luxemburger Strasse 449, 50939 Köln
Nachdruck verboten


**Carl
Heymanns
Verlag**

Berufsgenossenschaftliches Institut
für Arbeitsschutz – BGIA


HVBG
Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Anwendungsbereich	3
2 Begriffsbestimmungen	4
3 Arbeitsverfahren/Tätigkeit	4
3.1 Extraktion des Bindemittels	5
3.2 Rückgewinnung des Bindemittels	6
3.3 Bestimmung der Rohdichte von Asphalt	6
4 Gefahrstoffexposition	7
4.1 Gefahrstoffe	7
4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition	7
5 Schutzmaßnahmen	8
5.1 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen	8
5.2 Persönliche Schutzausrüstungen	9
6 Anwendungshinweise	9
7 Überprüfung	10
8 Weiterführende Literatur	10
Anhang: Gefahrstoffbelastung bei der Prüfung von Asphalt in Laboratorien nach dem Waschtrommelverfahren	12

BGI 790-010

Berufsgenossenschaftliche Informationen (BG-Informationen) enthalten Hinweise und Empfehlungen, die die praktische Anwendung von Regelungen zu einem bestimmten Sachgebiet oder Sachverhalt erleichtern sollen.

BG-Informationen richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften und ggf. Regeln geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

Der Unternehmer kann bei Beachtung der in den BG-Informationen enthaltenen Empfehlungen, insbesondere den beispielhaften Lösungsmöglichkeiten, davon ausgehen, dass er damit geeignete Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren getroffen hat. Andere Lösungen sind möglich, wenn Sicherheit und Gesundheitsschutz in gleicher Weise gewährleistet sind. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.

Vorbemerkung

- BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung [1] werden von
- **den gewerblichen Berufsgenossenschaften (BG)**
- **und**
- **dem Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz (BGIA)**

in Abstimmung mit den Ländern und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz (BAuA) herausgegeben. Sie haben das Ziel, den Unternehmen eine Hilfe für den auf Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bezogenen Teil der Gefährdungsbeurteilung zu geben und werden als BG-Informationen in das Sammelwerk des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften unter der Bestellnummer **BGI 790-001 ff.** aufgenommen.

Diese BG/BGIA-Empfehlungen wurden erarbeitet in Zusammenarbeit zwischen

- dem Deutscher Asphaltverband DAV e.V.
- der Arbeitsgemeinschaft der Bitumenindustrie ARBIT e.V.
- der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft
und
- der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft.

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese BG/BGIA – Empfehlungen beziehen sich auf den Einsatz von Trichlorethylen (Trichlorethen, Tri) in Laboratorien bei der Prüfung von Asphalt nach dem Waschtrommelverfahren. Trichlorethylen wird hier als Lösemittel bei der Extraktion des Bitumens aus dem Asphaltmischgut und zur Bestimmung von Bitumeneigenschaften sowie der Rohdichte des Asphalts eingesetzt.

1.2 Diese BG/BGIA-Empfehlungen finden **keine** Anwendung auf

- die Extraktion des Bitumens mit dem Siebturmverfahren (siehe BG-Information „BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung; Verwendung von Trichlorethylen bei der Prüfung von Asphalt – Siebturmverfahren“ [BGI 790-011]),
- das Handextraktionsverfahren in offenen Rührgefäßen,
- das Heißextraktionsverfahren in Extraktoren aus Glas oder Metall mit separater Übergabe der Bindemittellösung in die Durchlaufzentrifuge,
- die Verwendung anderer Lösemittel wie Toluol und Xylol.

Um die Lösemittelbelastung am Arbeitsplatz zu minimieren, wird bei der Rohdichtebestimmung entsprechend Arbeitsanleitung zur Prüfung von Asphalt, Teil 10 (ALP A-StB) [2] zunehmend Trichlorethylen durch Wasser ersetzt.

Als Hilfe für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung werden Schutzmaßnahmen für den Einsatz von Trichlorethylen bei der Prüfung von Asphalt in Laboratorien empfohlen. Bei Einhaltung dieser Schutzmaßnahmen wird eine inhalative Belastung der Beschäftigten von 85 mg/m^3 (95-Perzentil) im Schichtmittel unterschritten.

BGI 790-010

2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser BG-Information werden folgende Begriffe bestimmt:

1. **Prüfung von Asphalt** bezeichnet die normgerechte Analyse von Mischgutproben zur Feststellung bestimmter Eigenschaften der Asphaltmischung, des Bindemittels und der Mineralstoffe.
2. Eine **Mischgutprobe** ist eine Probe aus einer noch nicht eingebauten Mischung von Bindemittel und Mineralstoffen.
3. **Extraktion** ist die physikalische Trennung des Bindemittels Bitumen von den mineralischen Bestandteilen einer Mischgutprobe unter Verwendung eines Lösemittels.
4. Unter **Laboratorium** wird eine Einrichtung verstanden, in welcher die Prüfungen von Asphalt unter Verwendung der erforderlichen Ausrüstung und unter Anwendung der Prüfverfahren durchgeführt werden. Solche Laboratorien können sowohl auf die Asphaltprüfung spezialisierte Asphaltlabors, als auch Straßenbaulabors oder Bodenlabors sein, in denen darüber hinaus andere Straßenbaustoffe oder Böden untersucht werden.
5. **Laborabzug** ist ein räumlich abgeteilter Laborbereich, der so abgesaugt ist, dass bei der Anwendung der Verfahren zur Prüfung von Asphalt Gase, Dämpfe oder Stäube in gefährlicher Konzentration oder Menge aus dem Abzugsinneren nicht in den Laborraum gelangen können. Es kommen sowohl Abzüge nach DIN 12924 „Laboreinrichtungen“ als auch abgesaugte Kabinen zum Einsatz.

Auf Grund ihrer Größe werden Extraktionsanlagen in der Regel in abgesaugten, mit Glastüren ausgestatteten Kabinen betrieben, die sich zum Beschicken und Entleeren der Anlagen öffnen lassen.

3 Arbeitsverfahren/Tätigkeit

Trichlorethylen wird bei der Prüfung von Asphalt in Laboratorien zur Mischgutextraktion mit Bestimmung des Bindemittelgehaltes und anschließender Prüfung der Bindemiteleigenschaften sowie zur Bestimmung der Rohdichte von Asphalt verwendet. Hierzu werden die mineralischen Bestandteile des Asphaltmischgutes in automati-

schen Extraktionsanlagen mit geschlossenen Lösemittelkreisläufen zunächst von dem Bindemittel Bitumen physikalisch getrennt. Die Verfahren „Extraktion des Bindemittels“, „Rückgewinnung des Bindemittels“ und „Bestimmung der Rohdichte“ werden im Folgenden beschrieben. [3]

Für die normgerechte Analyse von Mischgutproben sind als Lösemittel Trichlorethylen, Toluol, und Xylol vorgeschrieben [4 - 6]. Wegen der bei Toluol und Xylol gegebenen Feuer- und Explosionsgefährlichkeit wird in der Regel Trichlorethylen eingesetzt.

3.1 Extraktion des Bindemittels

Die zur Extraktion nach dem Waschtrommelverfahren vorbereitete Mischgutprobe wird in die Waschtrommel gefüllt. Nach Schließen und Verriegeln der Trommelkammer und Vorwahl der Anzahl der Waschgänge wird die Anlage in Betrieb gesetzt. Durch Besprühen des Mischgutes mit Lösemittel wird das Bindemittel von den Mineralstoffen abgelöst. Die Extraktion des Bindemittels wird durch die Beaufschlagung der Waschtrommel mit Ultraschallwellen unterstützt. Diese Einrichtungen befinden sich in einer abgesaugten Kabine, die während der Extraktion geschlossen ist.

Die Extraktion ist beendet, wenn das Lösemittel praktisch farblos bleibt. Dies kann über ein Schauglas kontrolliert werden. Im Anschluss an die Extraktion werden die Mineralstoffe in der Waschtrommelanlage unter Vakuum getrocknet und können somit am Ende des Prozesses lösemittelfrei entnommen werden. Die groben Anteile werden in der Waschtrommel, der Feinanteil der Mineralstoffe wird in der Schleuderkammer der Extraktionsanlage abgetrennt. Die Dauer des Extraktions- und Trocknungsvorganges basiert auf Erfahrungswerten; sie beträgt ca. 50 Minuten, so dass in der Praxis bis zu 8 Extraktionen pro Schicht durchführbar sind.

Bei Waschtrommelanlagen sind Sieb- und Auswascheinrichtung, Trocknung, Zentrifuge und Rückdestillationsanlage für das Lösemittel zu einem geschlossenen System vereint. Der Baustoffprüfer kommt nur dann mit Lösemitteldämpfen in Berührung, wenn das Bindemittel-Lösemittel-Gemisch entnommen wird.

BGI 790-010

3.2 Rückgewinnung des Bindemittels

Die aus Bitumen und Trichlorethylen bestehende Bindemittellösung (Bindemittel-Lösemittel-Gemisch) wird von Hand über einen Zapfhahn der Extraktionsanlage in ein Aufnahmegefäß abgefüllt. Anschließend wird die Lösung im Rotationsverdampfer behandelt. Der Destillierkolben wird zum vollständigen Entfernen des Lösemittels bei einer Temperatur von 175 °C unter Druckabsenkung bis auf ein festgelegtes Endvakuum gebracht und so lange gehalten, bis praktisch kein Lösemittel mehr überdestilliert. Die so erhaltene Bindemittelmenge dient zur Berechnung des in der untersuchten Mischgutprobe vorhandenen löslichen Bindemittelanteils und zu weitergehenden Untersuchungen am rückgewonnenen Bindemittel.

Die Rückgewinnung des Bindemittels erfolgt bis zu viermal je Schicht. Das rückdestillierte Lösemittel wird in geschlossenen Behältern zwischengelagert und der Entsorgung zugeführt.

3.3 Bestimmung der Rohdichte von Asphalt

In eine zunächst im leeren Zustand gewogene Weithals-Standardflasche mit Schliffaufsatz (Pyknometer) wird die zu analysierende Asphaltprobe eingewogen und anschließend mit Trichlorethylen bis zu einer vorgegebenen Höhe aufgefüllt. Die eingeschlossene Luft wird durch langsames, kräftiges Umrühren mit einem Rührstab, evtl. unterstützt durch Rollen des Pyknometers oder Rütteln auf dem Rütteltisch, ausgetrieben. Nach Aufsetzen des Schliffaufsatzes wird das Pyknometer bis zur Messmarke mit Lösemittel aufgefüllt und dann mindestens 60 Minuten im Wasserbad temperiert. Nach dem Temperieren wird das Pyknometer erneut bis zur Messmarke mit Lösemittel gleicher Temperatur aufgefüllt, anschließend abgetrocknet und gewogen. Parallel wird ein Messkolben zur Ermittlung der Dichte des Lösemittels geprüft.

Dieses Prüfverfahren wird im geschlossenen Laborabzug durchgeführt. Dabei kann der Baustoffprüfer den Lösemitteldämpfen ausgesetzt sein, wenn er bei geöffnetem Schieber des Laborabzuges das Pyknometer mit Lösemittel befüllt, nach Abschluss der Prüfung entleert und gegebenenfalls anhaftende Bindemittelreste mit Lösemittel abspritzt.

Maximal wird an jeder zu untersuchenden Mischgutprobe eine Rohdichtebestimmung durchgeführt. Dieser Arbeitsvorgang dauert jeweils bis zu 120 Minuten.

Die diesen BG/BGIA-Empfehlungen zu Grunde liegenden Messergebnisse beinhalten überwiegend die Bestimmung der Rohdichte mit Trichlorethylen.

4 **Gefahrstoffexposition**

4.1 **Gefahrstoffe**

Trichlorethylen ist seit Ende 2001 als krebserzeugend Kategorie 2 (Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen angesehen werden sollten) und als erbgutverändernd Kategorie M 3 (Stoffe, die wegen möglicher erbgutverändernder Wirkung auf den Menschen zur Besorgnis Anlass geben) eingestuft.

Im Jahre 2004 wurde die Technische Richtkonzentration (TRK) für Trichlorethylen vom Ausschuss für Gefahrstoffe des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit dem Stand der Technik angepasst und auf 165 mg/m^3 bzw. 30 ml/m^3 mit einem Überschreitungsfaktor 4 für Expositionsspitzen abgesenkt, wobei die Dauer der erhöhten Exposition insgesamt eine Stunde nicht überschreiten darf. Diese Technische Richtkonzentration galt bis zum 31. Dezember 2004. Ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) liegt derzeit nicht vor.

4.2 **Bewertung der Gefahrstoffexposition**

Die Ergebnisse der durchgeführten Expositionsmessungen (siehe Anhang) zeigen, dass bezogen auf eine 8-stündige Arbeitsschicht die Arbeitsplatzkonzentration von Trichlorethylen bei Anwendung des Waschtrommelverfahrens 85 mg/m^3 unterschreitet. Die Exposition läge damit unter 50 % des ehemaligen TRK-Wertes für Trichlorethylen.

Expositionsspitzen treten lediglich beim Beschicken und Entleeren der Waschtrommelanlage auf. Die Mineralstoffe werden nahezu trocken entnommen, so dass das Nachtrocknen im Wärmeschrank entbehrlich ist.

BGI 790-010

Expositionsspitzen betragen bis zu 180 mg/m³. Die Dauer erhöhter Exposition blieb unter einer Stunde.

Waschtrommelanlagen stellen den Stand der Technik dar.

5 Schutzmaßnahmen

Auf Grund der im Anhang dargestellten Ergebnisse sind bei der Prüfung von Asphalt in Laboratorien mit Trichlorethylen nach dem Waschtrommelverfahren keine Expositionsmessungen gegenüber Trichlorethylen erforderlich, wenn die nachfolgend beschriebenen Bedingungen und Empfehlungen für die emissionsarme Extraktion und Rückgewinnung des Bindemittels und die Bestimmung der Rohdichte von Asphalt beachtet werden.

5.1 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen

- Aufstellung, Anschluss und Bedienung der Extraktionsanlage nach den Angaben des Anlagenherstellers in der Betriebsanleitung.
- Betrieb der Extraktionsanlage im Laborabzug bzw. in einer geschlossenen Kabine bei eingeschalteter Absaugung.
- Regelmäßige Überprüfung und Wartung der Extraktionsanlage.
- Mindestens jährliche Prüfung des Laborabzugs bzw. der geschlossenen Kabine auf Wirksamkeit der Absaugung [7, 8].
- Aufbewahrung von Lösemittel im Laborraum in geschlossenen Behältern im Laborabzug nur in der für den Handgebrauch unbedingten erforderlichen Menge.
- Ab- oder Umfüllen von Lösemittel oder Bindemittel-Lösemittel-Gemisch nur im Laborabzug bei eingeschalteter Absaugung.
- Ab- oder Umfüllen von Lösemittel aus Lagerbehältern in kleinere Vorratsbehälter oder in die Extraktionsanlage mit Fasspumpe in geschlossenem Kreislauf.
- Bestimmung der Rohdichte von Asphalt unter Verwendung von Wasser. Sofern noch Trichlorethylen verwendet werden muss, ist die Untersuchung im Laborabzug bei eingeschalteter Absaugung durchzuführen, dessen Frontschieber soweit möglich geschlossen zu halten ist.

- Keine Reinigung von Arbeitsflächen mit Trichlorethylen. Die Reinigung von Geräten und Arbeitsmitteln mit Trichlorethylen ist auf das notwendige Mindestmaß zu beschränken. Statt dessen sollten hierzu andere Verfahren, z.B. Ultraschall, oder Reinigungsmittel, z.B. Pflanzenölester, verwendet werden.

5.2 **Persönliche Schutzausrüstungen**

- Verwendung lösemittelbeständiger Schutzhandschuhe aus Fluorkautschuk (FKM) bei allen Arbeitsvorgängen, bei denen Trichlorethylen oder Trichlorethyldämpfe freigesetzt werden können [9].

6 **Anwendungshinweise**

Der Anwender dieser BG/BGIA-Empfehlungen muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt unter anderem die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser BG/BGIA-Empfehlungen. Die Überprüfung erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 7 der Gefahrstoffverordnung.

BG/BGIA-Empfehlungen geben dem Arbeitgeber praxisgerechte Hinweise, wie er sicherstellen kann, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) eingehalten sind bzw. der Stand der Technik erreicht ist, wenn keine AGW vorhanden sind. Bei Anwendung dieser BG/BGIA-Empfehlungen bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere die Informationsermittlung (§ 7), die Verpflichtung zur Beachtung der Rangordnung der Schutzmaßnahmen (§ 9), die Verpflichtung zur Erstellung von Betriebsanweisungen und zur regelmäßigen Unterweisung der Beschäftigten (§ 14) sowie das Angebot arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen (§ 16) bestehen.

BGI 790-010

7 Überprüfung

Diese BG/BGIA-Empfehlungen wurden erstmals im Mai 2005 verabschiedet. Sie werden mindestens alle drei Jahre auf Aktualität überprüft. Soweit Änderungen notwendig werden, so werden diese veröffentlicht.

8 Weiterführende Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV). BGBl. Jahrgang 2004 Teil I Nr. 74, S. 3758 vom 29. Dezember 2004
- [2] ALP A-StB Arbeitsanleitungen zur Prüfung von Asphalt, Teil 10: Bestimmung der Rohdichte von Asphalt mit Wasser, Ausgabe 2003. FGSV-Nr. 787/10
- [3] Kolmsee, K.: Ermittlung und Beurteilung der Gefährdung beim Umgang mit Trichlorethen und 1,1,1-Trichlorethan in Asphaltlaboratorien bei der Extraktion des Bindemittels aus bituminösen Mischgutproben. Steine und Erden, 3/1990, S. 7 - 16
- [4] DIN 1996 Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete; Teil 5: Bestimmung des Wassergehaltes; Ausgabe April 1983
- [5] DIN 1996 Prüfung von Asphalt. Teil 6: Bestimmung des Bindemittelgehaltes und Rückgewinnung des Bindemittels; Ausgabe Oktober 1988
- [6] DIN 1996 Prüfung von Asphalt. Teil 7: Bestimmung von Rohdichte, Raumdichte, Hohlraumgehalt und Verdichtungsgrad; Ausgabe Dezember 1992
- [7] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV). BGBl. I S. 3777 vom 27. September 2002 (in der jeweils gültigen Fassung)

BGI 790-010

- [8] Handlungsanleitung zur Abzugsprüfung nach Abschnitt 11.5 der BG-Regel „Laboratorien“ (BGR 120) des Fachausschusses Chemie
- [9] BG-Regel „Einsatz von Schutzhandschuhen (BGR 195). Ausgabe 1995. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin



BGI 790-010

Anhang

Gefahrstoffbelastung bei der Prüfung von Asphalt in Laboratorien nach dem Waschtrommelverfahren

1 Gefahrstoffexposition

Diese BG/BGIA-Empfehlungen beruhen auf Auswertungen von Arbeitsplatzmessungen bei der Prüfung von Asphalt in Laboratorien unter Anwendung des in Abschnitt 3 beschriebenen Waschtrommelverfahrens.

Es wurden insgesamt 54 Messungen (28 personengetragen, 26 ortsfest) in 21 Laboratorien mit dem im Berufsgenossenschaftlichen Messsystem Gefahrstoffe (BGMG) autorisierten Probenahmesystem durchgeführt, welches aus PAS-Pumpe und Aktivkohle-Probenträger besteht. Die personengetragene Probenahme erfolgte im Atembereich des Laboranten, die ortsfeste Probenahme in der Regel in Mitte des Laborraumes.

Während der mindestens zweistündigen Messungen wurden durchschnittlich zwei Extraktionen durchgeführt. Die Bestimmung der Rohdichte mit Trichlorethylen und die Bindemittelrückgewinnung wurden während einiger Messungen zeitgleich zu den Extraktionen vorgenommen.

Die Tabelle enthält die statistisch ausgewerteten Arbeitsplatzkonzentrationen. Sie geben die schichtbezogene Exposition an, wenn die im Abschnitt 3 beschriebenen Arbeitsvorgänge während der gesamten Schicht ausgeführt werden.

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert mg/m ³	Maximalwert mg/m ³	50 %-Wert mg/m ³	95 %-Wert mg/m ³
Gesamt	54	< 5,00	121	5,3	85
Person	28	< 5,00	111	5,5	83
ortsfest	26	< 5,00	121	5,0	75

*) einschließlich Bestimmung der Rohdichte und der Bindemittelrückgewinnung bei einem Teil der Probenahmen

Tabelle 1: Extraktion in Waschtrommelanlagen*)

Expositionsspitzen treten lediglich beim Beschicken und Entleeren der Waschtrommelanlage auf. Die Mineralstoffe werden nahezu trocken entnommen, so dass das Nachtrocknen im Wärmeschrank entbehrlich ist.

Bei weiteren 23 Messungen der Expositionsspitzen über ein Messintervall von 15 Minuten beim Beschicken und Entleeren der Extraktionsanlage lag der Konzentrationsbereich zwischen $< 40 \text{ mg/m}^3$ und 179 mg/m^3 . Der 95 %-Wert der Expositionsspitzen betrug 119 mg/m^3 . Die Dauer erhöhter Exposition blieb unter einer Stunde.

Bei den 14 personengetragenen Messungen lag der Konzentrationsbereich der Expositionsspitzen zwischen $< 40 \text{ mg/m}^3$ und 179 mg/m^3 , bei den 9 stationären Messungen zwischen $< 40 \text{ mg/m}^3$ und 73 mg/m^3 .

2 **Bewertung der Gefahrstoffexposition**

Die Ergebnisse der durchgeführten Expositionsmessungen (Tabelle 1) zeigen, dass bezogen auf eine 8-stündige Arbeitsschicht die Arbeitsplatzkonzentration von Trichlorethylen bei Anwendung des Waschtrommelverfahrens 85 mg/m^3 unterschreitet.

Waschtrommelanlagen stellen den Stand der Technik dar.