

Projektbericht

Tetrachlorethen-Exposition in Chemischreinigungen



Regierungspräsidium
Kassel
Hessische Ländermessstelle
für Gefahrstoffe



Staatliches Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim
Behörde für Arbeits-, Umwelt- und
Verbraucherschutz



Impressum

Herausgeber:

Landesamt für Arbeitsschutz (LAS)
Horstweg 57, 14478 Potsdam

Autorinnen und Autoren des Berichtes:

Beate Böhm
Landesamt für Arbeitsschutz
Horstweg 57, 14478 Potsdam

Gerhard Ott
LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Griesbachstr.1, 76185 Karlsruhe

Dr. Lutz Nitschke
Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Pfarrstr. 3, 80538 München

Thomas Lahrz, Rafael Burghardt
Landeslabor Berlin-Brandenburg
Landesmessstelle für Gefahrstoffrecht und Innenraumhygiene
Invalidenstraße 60, 10557 Berlin

Regina Zimmermann, Günther Hübner
Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit
Turmstraße 21, 10559 Berlin

Ingrid Krutisch, Sabine Lau
Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz, Amt für Arbeitsschutz
Marckmannstraße 129 b, 20539 Hamburg

Petra Brohmann
Regierungspräsidium Kassel, Fachzentrum für Produktsicherheit und Gefahrstoffe
Ludwig-Mond-Str. 33, 34121 Kassel

Elke Siewert, Thomas Geffke
Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim
Goslarsche Str. 3, 31134 Hildesheim

Michael Tschickardt
Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht
Kaiser-Friedrich-Straße 7, 55116 Mainz

Ute Köppen
Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt, Fachbereich 5 "Arbeitsschutz"
Kühnauer Str. 70, 06846 Dessau-Roßlau

Chris-Elmo Ziener
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Fachbereich 4 „Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe“
Nöldnerstraße 40-42, 10317 Berlin

Bildquellennachweis:

Titelbild: LUBW Karlsruhe
Abbildung 4 und 5: LAS Brandenburg
Abbildung 6: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

Stand: Juni 2015

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	5
1. Einleitung.....	6
2. Zielsetzung	7
3. Darstellung der Arbeitsverfahren	8
3.1. Tätigkeiten.....	8
3.2. Auftretende Stoffe in Chemischreinigungen	9
3.3. Stand der Technik in PER verwendenden Chemischreinigungen	10
3.4. Reinigungsvorgang in der Textilreinigungsmaschine	12
3.5. Emissionsquellen für PER.....	13
4. Durchführung der Ermittlungen.....	15
4.1. Probenahme.....	15
4.1.1. Arbeitsplatzmessungen	15
4.1.2. Biomonitoring	15
4.2. Analytik.....	16
4.2.1. Arbeitsplatzmessungen	16
4.2.2. Biomonitoring	17
4.3. Beurteilungskriterien.....	17
4.3.1. Arbeitsplatzmessungen	17
4.3.2. Biomonitoring	18
4.4. Rahmenbedingungen der messtechnischen Ermittlungen am Arbeitsplatz	18
4.4.1. Betriebsgröße	18
4.4.2. PER-Reinigungsmaschinen.....	19
4.4.3. PER-Verbrauch	20
4.4.4. Lüftungstechnische Einrichtungen.....	20
4.4.5. Wartung der PER-Reinigungsmaschinen.....	21
4.4.6. Sachverständigen-Prüfung nach 2. BImSchV	21
5. Ergebnisse.....	22
5.1. Arbeitsplatzmessung	22
5.1.1. Maschinenbedienung	22
5.1.2. Bügeln	26
5.2. Biomonitoring	28
5.3. Arbeitsschutzrelevante Mängel	30

6.	Bewertung	31
7.	Ergänzende Maßnahmen	32
8.	Zusammenfassung	33
9.	Literaturverzeichnis.....	34
	Anhang I	37
	Messergebnisse in Betrieben der Industriereinigung	37
	Anhang II.....	39
	Häufig festgestellte Arbeitsschutzmängel.....	39

Abkürzungsverzeichnis

AGW	Arbeitsplatzgrenzwert nach § 2 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) veröffentlicht in der TRGS 900
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BAT	Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte
BG	Berufsgenossenschaft
BGVR	Berufsgenossenschaftliches Vorschriften- und Regelwerk (bis 1999: VBG – Vorschriften der BG, UVV - Unfallverhütungsvorschriften; seit 2000: BGV – BG-Vorschriften, BGR – BG-Regeln; seit 2014: DGUV-Vorschriften, DGUV-Regeln)
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
GC/MS	Gaschromatografie/Massenspektroskopie
GHS	Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien
KZW	Kurzzeitwert
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration, jährliche Mitteilung der DFG-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK- und BAT-Werte-Liste)
PER	Perchloroethylen, Synonym für Tetrachlorethen, Tetrachlorethylen
SPME	Solid Phase Microextraction (engl.) – Festphasenmikroextraktion – Probenahmemethode
TRGS	Technische Regel für Gefahrstoffe

1. Einleitung

In Chemischreinigungen werden insbesondere Textilien in Reinigungsanlagen unter Verwendung von Lösemitteln gereinigt. In der Bundesrepublik Deutschland arbeiten ca. 3.800 Textilreinigungsbetriebe. Davon stellen 82 % Zentralbetriebe mit Annahmestellen, Ladenreinigungen oder Sofortreinigungen dar, 18 % sind Annahmestellen [1]. Diese Branche ist geprägt von Kleinbetrieben, häufig Familienunternehmen. In der Regel bieten diese Betriebe sowohl Nassreinigung als auch chemische Reinigung an.

Tetrachlorethen (Perchlorethylen, PER) wird seit den 50er Jahren als Reinigungsmittel verwendet. Auf Grund seiner guten Reinigungswirkung hat es weltweit die größte Verwendung als Lösemittel in Textilreinigungen. In Deutschland nutzen 70 % der Reinigungen PER [2].

Die letzte große Messaktion der Textil- und Bekleidungs-Berufsgenossenschaft fand zwischen 1992 und 1997 nach der Neufassung der Zweiten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (2. BImSchV) vom 10. Dezember 1990 [3] statt. Die 2. BImSchV bedeutete eine erhebliche Verschärfung der technischen und organisatorischen Anforderungen an den Betrieb von Chemischreinigungsanlagen mit PER. Das führte dazu, dass in der Regel die in der Bundesrepublik betriebenen Chemischreinigungsmaschinen durch neue ersetzt wurden. Reinigungsmaschinen mit PER sind gemäß 2. BImSchV als geschlossene Anlagen zu betreiben. Sie sind mit einem Messsystem ausgestattet, das die PER-Konzentration während der Trocknung in der Anlage überwacht. Die Einführung dieser neuen Reinigungsmaschinen hatte auch eine deutliche Senkung der Exposition für die Beschäftigten gegenüber PER zur Folge. Während die Messaktion der Textil- und Bekleidungs-BG in den Jahren 1987 bis 1990 in etwa 90 besichtigten Textilreinigungen eine Überschreitung des damaligen PER-Luftgrenzwertes für den Maschinenführer ergab, zeigten die Messungen nach 1992, dass der Luftgrenzwert für PER von 50 ml/m^3 (345 mg/m^3) in Betrieben, die den Bestimmungen der 2. BImSchV und der damaligen UVV „Chemischreinigung“ (VBG 66) [4] entsprechen, dauerhaft sicher eingehalten wird [5].

Mit der Aktualisierung der TRGS 900 [6] im Dezember 2011 wurde ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für PER von 20 ml/m^3 (138 mg/m^3) festgelegt. Dieser Wert stellt eine bedeutende Senkung gegenüber dem bis 2005 gültigen Luftgrenzwert dar. Diese Grenzwertsenkung und der Mangel an Daten zum aktuellen Stand waren für die Ländermessstellen und Behörden der Länder Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt Anlass, sich im Rahmen eines gemeinsamen Projektes nach einem längeren Zeitraum wieder der PER-Exposition in den chemischen Textilreinigungsbetrieben zu widmen.

2. Zielsetzung

Das gemeinsame Projekt zielte zunächst auf die Gewinnung aktueller Messdaten zur PER-Exposition von Beschäftigten in PER-verwendenden Chemischreinigungen sowie den gegenwärtigen Grad der Umsetzung des Standes der Technik. Insbesondere sollte untersucht werden, ob die Einhaltung der technischen und organisatorischen Anforderungen der 2. BImSchV und der DGUV 100-500, 2.14 [4] gewährleistet, dass der neu festgelegte, deutlich abgesenkte Grenzwert von 20 ml/m³ (138 mg/m³) in den Reinigungen eingehalten wird und die Schutzmaßnahmen ausreichend sind. DGUV 100-500, 2.14 beinhaltet die Schutzmaßnahmen für den Betrieb von Chemischreinigungsanlagen und stellt somit eine branchenspezifische Ergänzung der TRGS 500 [7] dar.

Die ermittelten Daten dienen als Basis für diese Expositionsbeschreibung und weiterführend zur Erstellung einer Handlungsanleitung, die als Instrument für die Gefährdungsbeurteilung nach TRGS 400 [8] verwendet werden kann.

Im Rahmen der Projektvorbereitung wurden für die Durchführung des Projektes gemeinsam folgende Vereinbarungen getroffen:

- In das Projekt werden nur Reinigungsbetriebe einbezogen, die PER verwenden.
- Die Messungen finden in Reinigungen mit regulärem Betrieb statt, d. h. mindestens drei Chargen pro Tag sollen gereinigt werden.
- Die Messungen erfolgen während des normalen Textilreinigungsbetriebes. Umfangreiche Reinigungs-, Wartungs- und Reparaturarbeiten werden nicht einbezogen.
- Die Probenahme und Analyse werden entsprechend der DFG-Analysenmethode/Luftanalysen "Lösemittel" durchgeführt. Für die Probenahme kann Aktivkohle oder ein für die Thermodesorption geeignetes Adsorbens verwendet werden. Die Proben werden gaschromatografisch analysiert.
- Die Messungen werden aktiv durch personengetragene Probenahmesysteme beim Maschinenbedienen und beim Bügeln durchgeführt. Zur Ermittlung des Schichtmittelwertes soll die gesamte Probenahmedauer mindestens drei Stunden betragen.
- Zur Berücksichtigung der Spitzenkonzentration erfolgen mindestens einmal beim Ent- und Beladen der Maschine aktive Probenahmen mit personengetragenen Probenahmesystemen über 15 Minuten zur Ermittlung von Kurzzeitwerten.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) führte parallel ein Projekt zur Praxiserprobung eines Biomonitoring-Verfahrens zur Bestimmung von PER in der Ausatemluft von Beschäftigten mit PER-Exposition durch [9]. Es erfolgte eine Kooperation zwischen beiden Projekten, so dass in einigen Chemischreinigungen in Berlin und Brandenburg die PER-Messungen in der Arbeitsplatzluft durch ein Biomonitoring ergänzt wurden.

3. Darstellung der Arbeitsverfahren

3.1. Tätigkeiten

In Chemischen Reinigungen werden mehrheitlich Textilien, aber auch Pelze und Leder, angenommen und in Reinigungsmaschinen mit Lösemitteln gereinigt. Mit der eigentlichen, maschinellen Reinigung sind weitere, überwiegend manuelle Tätigkeiten verbunden.

In einer Textilreinigung laufen folgende Arbeitsgänge ab:

- Warenannahme
 - Warenschau/Sortieren
 - Detachur
 - Reinigung im Lösemittelbad
 - Bügeln
 - Endkontrolle
 - Warenausgabe
- Bei der *Warenannahme* werden die vom Kunden/Auftraggeber zur Reinigung abgegebenen Textilien entgegengenommen. Diese ist in der Regel mit einem Kundengespräch verbunden, um Hinweise auf stärkere Verschmutzungen und Flecken zu erhalten und den Kunden entsprechend zu beraten.
 - Bei der *Warenschau/(Vor)sortierung* wird die verschmutzte Wäsche gekennzeichnet, auf Beschädigungen, Flecken und besonderer Sorgfalt bedürftiger Applikationen, Knöpfe, Schnallen usw. untersucht. Taschen werden kontrolliert und die Wäsche entsprechend der unterschiedlichen Reinigungsanforderungen (Stoff, Verschmutzung, Farbe usw.) in verschiedene Chargen sortiert.
 - *Detachur* ist das professionelle Fleckenentfernen von Hand mit entsprechenden Detachiermitteln (Fleckentfernern, teilweise lösemittelhaltig). Dabei sollen Flecken vollständig ohne Beschädigung der Faser oder der Farbe entfernt werden. Die Detachur erfolgt an Detachierarbeitsplätzen mit Detachiermitteln, Wasser, Dampf und einem Sprüh- oder Detachiergerät. Detachiert werden kann sowohl vor als auch nach der maschinellen Reinigung. Bei der Vordetachur werden ehemals wasserhaltige Flecken behandelt, die sich mit PER nicht entfernen lassen. Bei der Nachdetachur werden hartnäckige, noch nach dem Reinigungsbad in dem Wäschestück verbliebene Flecken entfernt.
 - Die eigentliche *chemische Reinigung* erfolgt in der Trommel der Maschine im Lösemittelbad. Vom Bedienpersonal wird die Trommel der Reinigungsmaschine mit der vorsortierten Ware beladen und das passende Programm gestartet. Die Ware wird nun maschinell gereinigt und ggf. automatisch imprägniert. Nach Pro-

grammende wird die Ware aus der Maschine ausgeladen, sorgfältig auf Flecken bzw. Schäden untersucht und aufgehängt.

- Beim *Bügeln* wird die Wäsche geglättet, um diese schrank- bzw. anziehfertig zu machen. Das Glätten erfolgt entweder durch Handbügeln mit einem Dampfbügeleisen auf einem Dampf-Bügeltisch oder in größeren Betrieben teilweise insbesondere bei Jacken und Hosen mittels Dampfpupe, Kragen- und Manschettenpresse oder eines Hosentoppers.
- Nach dem Bügeln wird die Ware noch einmal abschließend auf Sauberkeit und Formgebung *kontrolliert* und für die *Warenausgabe* in Folie eingehüllt.

Außerhalb der üblichen Reinigungstätigkeit werden planmäßig oder bei entsprechender Notwendigkeit Wartungs-, Inspektions- und Instandhaltungsarbeiten an den Reinigungsmaschinen von den Betreibern selbst oder von Fachfirmen (Kundendienst) durchgeführt. Art, Umfang und Häufigkeit dieser Arbeiten sind stark von Nutzungsdauer sowie Typ und Alter der Maschine abhängig.

In größeren Betrieben gibt es eine Spezialisierung in die Tätigkeiten des *Maschinenbedienens* und des *Bügelns*. In kleineren werden diese Tätigkeiten von einer Person ausgeführt.

Zum *Maschinenbedienen* gehört das Vorsortieren und das Vordetachieren des Behandlungsgutes, die Bedienung der Reinigungsmaschine (Vorbereitung des Reinigungsbetriebes, Einlegen der Textilien, Programmwahl, Start, Öffnen der Maschine und Herausnehmen der Textilien, Reinigungs- und Wartungsarbeiten) und Sortieren der gereinigten Textilien für die weitere Behandlung. Die Maschinenbediener übernehmen oft auch die Warenannahme und -ausgabe. Diese Tätigkeit wird häufig von den Inhabern selbst durchgeführt. Die Maschinen dürfen nur von Personen bedient werden, die die erforderliche Sachkunde besitzen.

3.2. Auftretende Stoffe in Chemischreinigungen

PER ist leicht flüchtig, gut fettlösend, nicht brennbar und von geringer akuter Toxizität [10]. Diese Eigenschaften sowie seine guten Reinigungseigenschaften haben es zu dem weltweit am meisten verwendeten Reinigungsmittel werden lassen.

Die Aufnahme von PER durch den Menschen erfolgt im Bereich der Chemischreinigungen hauptsächlich inhalativ. Flüssiges PER kann gut über die Haut aufgenommen werden. PER wirkt reizend auf Schleimhäute und Haut. Akut können hohe Expositionen zu Störungen des Zentralnervensystems führen, sehr hohe zu Schädigungen von Leber und Niere. Die chronische Einwirkung hoher Konzentrationen verursacht neben Störungen des Zentralnervensystems Leber- und Nierenfunktionsstörungen. PER ist ein Stoff mit einem begründeten Verdacht auf krebserzeugende Wirkung (gemäß CLP-VO [11] krebserzeugend Kategorie 2, H351). In der TRGS 905

[12] ist PER als krebserzeugend in Kategorie 3 (K3) und weiterhin als reproduktionstoxisch Kategorie 3 (R_E3) eingestuft.

Als Halogenkohlenwasserstoff ist PER als gewässergefährdend, chronisch Kategorie 2, H411 eingestuft [10]. Die umweltgefährlichen Wirkungen, insbesondere auf die Ozonschicht sowie auf Gewässer und Wasserorganismen, und der Verdacht auf eine krebserzeugende Wirkung haben für PER zu strengen Regelungen im Umweltschutz in Form der 2. BImSchV geführt.

Neben PER werden in den Betrieben an den Detachierarbeitsplätzen eine Vielzahl von Detachiermitteln zur Entfernung von Flecken eingesetzt. Mehrheitlich handelt es sich dabei um lösemittelhaltige Gemische, die leicht entzündliche oder entzündliche Lösemittel sowie ionische bzw. nichtionische Tenside enthalten. Für spezielle Anwendungen sind auch säurehaltige Produkte im Handel. Unter der Vielzahl der Inhaltsstoffe der im Handel erhältlichen Detachiermittel befinden sich auch Stoffe, die einen Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) nach TRGS 900 besitzen, beispielsweise Kohlenwasserstoffgemische (Iso-Alkane C₁₁-C₁₅), (2-Methoxymethylethoxy)-propanol, Dipropylenglykolmethylether, 2-(2-Butoxyethoxy)-ethanol, 2-Phenoxyethanol und n-Butylacetat. Die Notwendigkeit zusätzlicher technischer oder persönlicher Schutzmaßnahmen bei der Verwendung von Detachiermitteln ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung auf Basis der Sicherheitsdatenblätter im Einzelfall zu prüfen. Insgesamt ist ihr Beitrag zur Gefahrstoff-Gesamtbelastung der Beschäftigten als gering anzusehen, da Detachiermittel üblicherweise nur in geringen Mengen und nur zeitlich begrenzt eingesetzt werden. Es ist davon auszugehen, dass PER in Chemischreinigungen den größten Anteil an der Gefahrstoffbelastung der Beschäftigten hat.

3.3. Stand der Technik in PER verwendenden Chemischreinigungen

Die PER-verwendenden Chemischreinigungs- und Textilausrüstungsanlagen unterliegen den Vorschriften der 2. BImSchV. Primär dienen die Forderungen dieser Vorschrift der Vermeidung der Freisetzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen in die Umwelt. Die Umsetzung der dazu notwendigen technischen und organisatorischen Maßnahmen bewirkt gleichzeitig eine deutliche Senkung der Exposition gegenüber PER bei den Beschäftigten, so dass diese gleichzeitig für den Arbeitsschutz bedeutend sind.

Die auch hinsichtlich des Arbeitsschutzes bedeutenden Forderungen nach §§ 4 und 12 der 2. BImSchV und, dazu ergänzend, der DGUV 100-500, 2.14 für PER-Anlagen sind:

- Die Massenkonzentration an PER in der Trocknungsluft darf am Austritt 2 g/m³ nicht überschreiten (§ 4 Punkt 1).
- Eine Türverriegelung muss sicherstellen, dass die Tür nach der Trocknung nicht oberhalb von 2 g/m³ freigegeben wird (§ 4 Punkt 2).

- Die Einhaltung dieser Grenzkonzentration wird durch eignungsgeprüfte Messgeräte überwacht (§ 4 Punkt 2).
- Die Textilreinigungsmaschine ist jährlich einer Sachverständigenprüfung nach 2. BImSchV zu unterziehen (§ 12 Abs. 5).
- Abgase, die von Chemischreinigungs- oder Textilausrüstungsanlagen abgesaugt werden, sind einem Abscheider zuzuführen (§ 4 Punkt 2).
- Durch tägliche Sichtprüfung der Maschine u. a mit einem elektronischen Lecksuchgerät [13] ist die Dichtigkeit sicherzustellen.
- In Betriebsräumen dürfen außerhalb der Anlagen keine leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen eingesetzt werden (§ 4 Punkt 5).
- Chemischreinigungsanlagen einschließlich Selbstbedienungsmaschinen dürfen nur in Anwesenheit von sachkundigem Bedienungspersonal betrieben werden (§ 4 Punkt 6).
- Die Befüllung der Anlagen mit Lösemittel und Hilfsstoffen sowie die Entnahme gebrauchter Lösemittel hat so zu erfolgen, dass Emissionen nach dem Stand der Technik gemindert werden, entweder indem die verdrängten lösemittelhaltigen Abgase abgesaugt und einem Abscheider zugeführt werden oder nach dem Gaspindelverfahren ausgetauscht werden.
- Die Rückstände, die PER enthalten, müssen innerhalb des geschlossenen Systems der Destillationsblase entnommen werden.
- PER oder PER enthaltende Rückstände dürfen nur in geschlossenen Behältnissen gelagert, transportiert und gehandhabt werden.
- Betriebsräume sind ausschließlich mit Lüftungstechnischen Einrichtungen mit Absaugung der Raumluft zu lüften (§ 4 Punkt 4).
- Räume für Chemischreinigungsanlagen sind so zu belüften, dass die Arbeitnehmer den Einwirkungen von gesundheitsschädlichen Lösemitteldämpfen nicht ausgesetzt werden. Die abgesaugte Luftmenge in m³/h muss zahlenmäßig mindestens dem 60-fachen der zulässigen Füllmenge an Behandlungsgut in Kilogramm entsprechen. Wenn diese Zahl größer als der 5-fache Luftwechsel ist, reicht der 5-fache Luftwechsel jedoch aus (DGUV 100-500, 2.14 - Punkt 3.1.4).
- Die Funktion und die Wirksamkeit (Lüftungsleistung) der Lüftungsanlage müssen regelmäßig, mindestens jedoch jedes dritte Jahr, überprüft werden (Gefahrstoffverordnung § 7 (7)). Der arbeitssichere Zustand der Lüftungsanlage ist jedoch jährlich durch einen Sachkundigen zu prüfen (DGUV 100-500, 2.14).
- Das Ergebnis der Prüfungen ist aufzuzeichnen und vorzugsweise zusammen mit der Gefährdungsbeurteilung aufzubewahren (Gefahrstoffverordnung § 7 (7)).

Die Forderungen der 2. BImSchV können nur durch Textilreinigungsmaschinen, die ein geschlossenes System darstellen, erfüllt werden. Die nach 1990 gebauten Maschinen stellen ein geschlossenes System dar. Die Maschinen sind mit einer Com-

putersteuerung ausgestattet. Die Textilreinigungsmaschinen unterliegen einer ständigen technischen Weiterentwicklung hinsichtlich Optimierung der Reinigungsprozesse, Energieeinsparung, PER-Rückgewinnung, Erleichterung in der Bedienung und Wartung der Maschinen sowie der Minimierung der PER-Emission.

3.4. Reinigungsvorgang in der Textilreinigungsmaschine

Die Textilien werden in die Trommel gelegt, die Trommeltür verschlossen und das Reinigungsprogramm gestartet. Je nach Verschmutzungsgrad wird die Wäsche im Einbad- oder Zweibadverfahren gereinigt. Das Zweibadverfahren wird bei stark verschmutztem Reinigungsgut angewendet. Nach einer ersten relativ kurzen Vorreinigung wird das PER in der Regel in die Destillierblase gepumpt und anschließend in den ersten Tank zurückgeführt. Die Wäsche wird für die Hauptreinigung mit PER aus dem zweiten Tank geflutet. Nach ca. 15 Minuten Reinigungsbad wird das PER abgepumpt, das gereinigte Behandlungsgut geschleudert und das PER über Nadelfänger und Schleuderfilter in den Arbeitstank zurück gefördert. Anschließend wird das Behandlungsgut in einem Umluftstrom von 50 bis 80 ° C getrocknet. Die warme, mit PER angereicherte Luft wird über eine Kälteanlage geleitet. Beim Abkühlen kondensiert das PER aus, gelangt in den Wasserabscheider und zurück in den Reintank. Die gereinigte Luft wird durch das Wärmepumpenregister wieder erwärmt und erneut durch die Trommel geleitet. Mittels Kondensation ist nur eine Reduktion auf eine Konzentration von 80 g PER/m³ Luft möglich, so dass für eine weitere Reduzierung eine Trocknungsphase notwendig ist. Dabei wird die Trocknungsluft über ein Aktivkohlebett geleitet, das PER adsorbiert. Die gereinigte Luft reichert sich erneut an der Ware an und wird wieder zum Aktivkohlemodul geleitet. Dieser Vorgang läuft solange ab bis die vorgeschriebene Grenzkonzentration von 2 g/m³ erreicht bzw. unterschritten ist. Dann wird die Türverriegelung gelöst, die Maschine kann geöffnet und das Behandlungsgut entnommen werden.

Die Maschinen sind so konstruiert, dass die Wiederaufbereitung des verwendeten PER in einem hohen Grad möglich ist. Das verschmutzte und mit Pigmenten angereicherte PER wird durch Destillation regeneriert. Weiterhin wird das PER aus der Trocknungsluft entfernt, indem es durch Kühlen auskondensiert, über die Trocknungsrückgewinnleitung in den Wasserabscheider und anschließend in den Reintank gelangt. Außerdem erfolgt eine Regeneration der Aktivkohle, in dem diese durch heiße Luft oder Wasserdampf erwärmt und das PER ausgetrieben wird. Das PER gelangt ebenfalls über die Trockenrückgewinnungsleitung und den Wasserabscheider in den Reintank. Zusätzlich zielen neuere technische Entwicklungen darauf, auch aus dem in der Destillierblase verbleibenden PER-haltigen Schlamm durch Einleiten von heißem Wasserdampf oder Trocknungsluft noch PER zurückzugewinnen.

Die Textilreinigungsmaschinen können elektrisch oder mit Dampf beheizt werden. Abbildung 1 zeigt beispielhaft den Aufbau einer PER-Textilreinigungsmaschine.

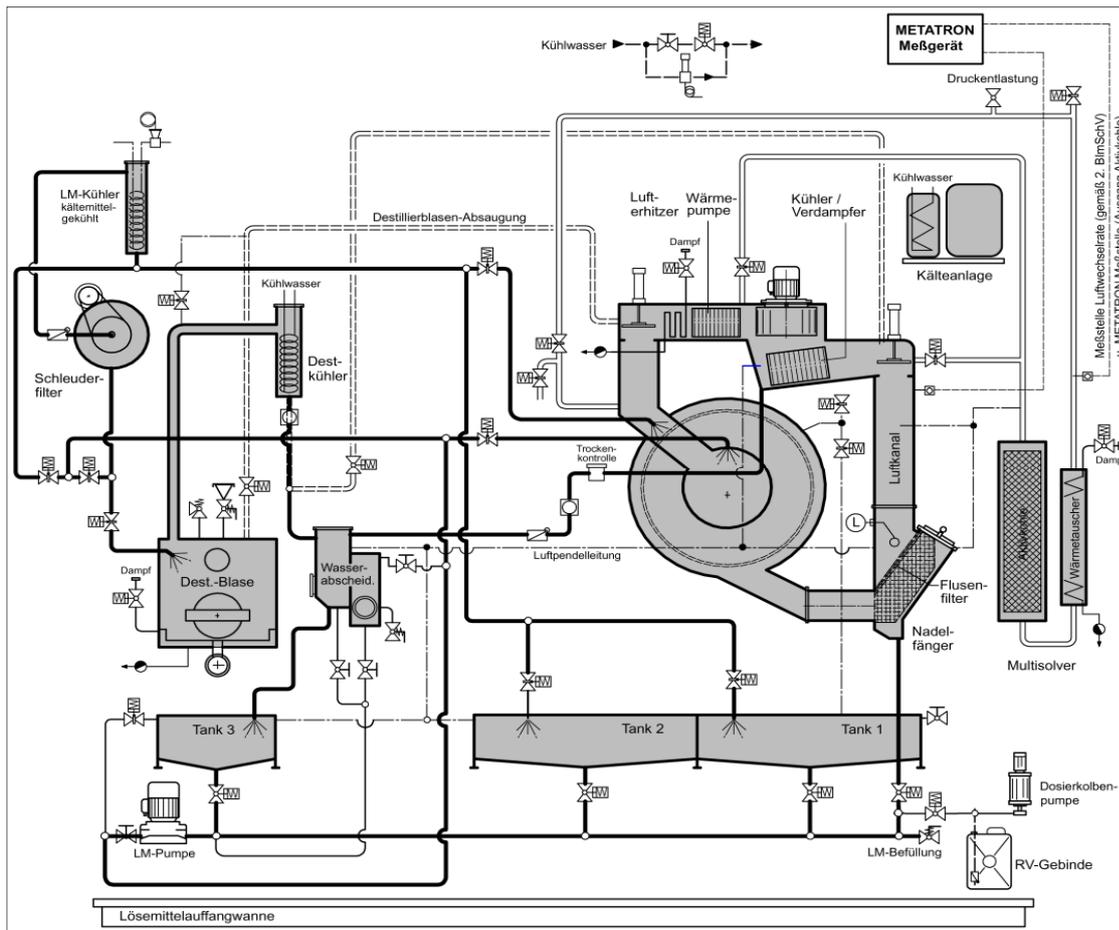


Abb.1: Fließdiagramm Maschine Multimatic [15]

3.5. Emissionsquellen für PER

In das Prinzip des geschlossenen Systems der Textilreinigungsmaschine sind auch die Anlieferung des PER in doppelwandigen, gaspendelfähigen Sicherheitsgebinden, das Überführen des PER aus diesen in die Textilreinigungsmaschine mittels passender Anschlusssysteme sowie das Abpumpen des PER-Schlammes aus der Destillierblase in gaspendelfähige Altware-Behälter ebenfalls mit passenden Systemen eingeschlossen [16].



Abb. 2: VB 200 für Perchlorethylen [16]



Abb.3: FB 30 für Perchloroethylen [16]

Eine Freisetzung von PER in die Raumluft erfolgt nach dem Öffnen der Trommel und dem Herausnehmen der gereinigten Textilien, sowie beim Sortieren, Aufhängen und Bügeln. Beim Reinigen von Nadelfänger und Flusensieb wird das geschlossene System der Maschine für einen kurzen Zeitraum geöffnet, so dass bei diesen Tätigkeiten der Maschinenbediener einer höheren PER-Konzentration ausgesetzt ist.



Abb. 4 und 5: Ausbau und Reinigung des Flusensiebes

Erhöhte Emissionen können durch Leckagen an der Maschine sowie bei Reinigungs-, Wartungs- und Reparaturarbeiten auftreten.

4. Durchführung der Ermittlungen

4.1. Probenahme

4.1.1. Arbeitsplatzmessungen

Im Zeitraum April 2012 bis November 2013 wurden in 97 Chemischreinigungen Messungen durchgeführt. Die Probenahmen erfolgten aktiv mit personengetragenen Systemen beim Maschinenbedienen und Bügeln. Abhängig von der Analysemethode dienten Aktivkohle, Tenax TA oder Chromosorb 106 als Adsorptionsmittel. Die Dauer der einzelnen, hintereinander durchgeführten Probenahmen richtete sich nach der Dauer des Reinigungszyklus. Um die erwarteten Spitzenkonzentrationen beim Entladen einer Maschine erfassen zu können, wurde entweder mit dem Öffnen der Maschinentür eine neue Probenahme über einen Zeitraum von 15 Minuten gestartet oder es erfolgte eine parallele Probenahme mit einer zweiten Pumpe während dieses Zeitraums. Da bei den Büglerinnen keine Expositionsspitzen zu erwarten waren, erfolgten nur angepasst an den Chargenwechsel mehrere Probenahmen über eine Zeitdauer von 60 bis 120 Minuten.

Zum Teil wurden PER-Konzentrationen durch die Verwendung tragbarer direktanzeigender Messgeräte an ausgewählten Orten, insbesondere im Bereich der Reinigungsanlagen und Bügeltische, aber auch personenbezogen, ermittelt. Der Einsatz dieser Messgeräte ermöglicht das Erkennen und Aufklären von Expositionsspitzen. Leckagen können relativ leicht festgestellt werden.

4.1.2. Biomonitoring

In acht Chemischreinigungen wurde bei insgesamt 30 Beschäftigten (Maschinenbedienen: 14 Beschäftigte; Nebentätigkeiten: 16 Beschäftigte) die innere PER-Belastung mittels Biomonitoring in der Ausatemluft erfasst. Die Probenahme hierfür erfolgte am Folgetag der Arbeitsplatzmessung im Freien, endexpiratorisch, mittels Gassammelrohren Typ BAuA, jeweils vor der nachfolgenden Schicht (ca. 16 Stunden nach Exposition).

4.2. Analytik

4.2.1. Arbeitsplatzmessungen

Die Analytik wurde entsprechend folgender Methoden durchgeführt:

Tabelle 1: Analysenmethoden

Adsorptionsmittel	Methode
Aktivkohle	Elution mit Schwefelkohlenstoff DFG-Methode „Lösemittelgemische“ Nr. 1 [17]
Tenax TA	Thermodesorption DFG-Methode „Lösemittelgemische“ Nr. 5 [18]
Chromosorb 106	Thermodesorption DFG-Methode „Lösemittelgemische“ Nr. 6 [19] Ersetzt zukünftig DFG-Methode „Lösemittelgemische“ Nr. 5.

Als direktanzeigende Messgeräte wurden verwendet:

- Infrarotspektrometer (IR-Spektrometer)
- Photoionisationsdetektor (PID)



Abb. 6: Messung der PER-Konzentration in der Luft im Arbeitsbereich des Reinigungsanlagenbedieners mit dem tragbaren Infrarotspektrometer

4.2.2. Biomonitoring

Die PER-Gehalte der Ausatemluftproben wurden mittels Festphasenmikroextraktion SPME/GC-MS (BAuA-Hausmethode; Bestimmungsgrenze 0,09 ng/l) sowie zur Kontrolle mittels Flüssigextraktion/GC-MS bestimmt [20].

4.3. Beurteilungskriterien

4.3.1. Arbeitsplatzmessungen

In den Chemischreinigungen erfolgten die Messungen tätigkeitsbezogen beim Maschinenbedienen und Bügeln. Daraus resultiert dementsprechend eine tätigkeitsbezogene Auswertung der Messergebnisse. Wenn beide Tätigkeiten von einer Person ausgeführt wurden, erfolgte eine Zuordnung zur Maschinenbedienung.

Die Bewertung der Messergebnisse erfolgt anhand des in der TRGS 900 festgelegten Arbeitsplatzgrenzwertes. Es ist davon auszugehen, dass die Tätigkeiten über die gesamte Schicht andauern können. Aus diesem Grunde werden sie nachfolgend als Schichtmittelwerte betrachtet.

Tabelle 2: Arbeitsplatzgrenzwert

Stoff	AGW [mg/m ³]	Spitzenbegrenzung	
		Überschreitungs- faktor	Spitzenkonzentration [mg/m ³]
Tetrachlorethen (PER)	138	2 (II)	276

Der Überschreitungsfaktor legt fest, welches Vielfache der Konzentration, die dem AGW-Wert entspricht, in keinem 15-Minuten-Zeitraum überschritten werden darf.

Entsprechend der TRGS 402 erfolgt die Beurteilung der Messergebnisse anhand des Stoffindex I.

$$I = \frac{C}{AGW}$$

I Stoffindex

C Messergebnis Tetrachlorethen

AGW Arbeitsplatzgrenzwert für Tetrachlorethen nach TRGS 900

Die Berechnung der jeweiligen Stoffindices wird anhand der zeitgewichteten arithmetischen Mittelwerte aus den personenbezogenen Einzelmesswerten eines Beschäftigten durchgeführt.

Die Randbedingungen in den einzelnen Betrieben wurden mit Hilfe eines einheitlichen Erfassungsbogens ermittelt.

Insgesamt wurden durch die Ländermessstellen Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt Messungen in 97 Chemischreinigungen durchgeführt.

Davon reinigten vier Betriebe Lederhandschuhe und Teppiche. Diese stellen Industriereinigungen dar und unterscheiden sich hinsichtlich der Randbedingungen deutlich von den Textilreinigungen. Sie wurden deshalb nicht in die Bewertung einbezogen. Weiterhin wurden die Messwerte aus einer Textilreinigung, bei der im Rahmen der Messung eine Leckage an der Maschine festgestellt wurde, nicht mit berücksichtigt. Die Messergebnisse für diese Betriebe sind im Anhang I dargestellt. Somit liegen für die Bewertung Messdaten aus 92 Chemischreinigungen (Textilreinigungen) vor.

4.3.2. Biomonitoring

Zur Bewertung der Messergebnisse des Biomonitorings wurde der Biological Exposure Index (BEI) der American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH/USA) für Tetrachlorethen in der endexpiratorischen Luft von 3 ml/m^3 [21], umgerechnet 20 µg/l , herangezogen. Bei PER-Belastungen unterhalb des BEI sind im Allgemeinen keine gesundheitsschädlichen Effekte zu befürchten.

4.4. Rahmenbedingungen der messtechnischen Ermittlungen am Arbeitsplatz

4.4.1. Betriebsgröße

Bei den untersuchten Betrieben handelt es sich, wie für diese Branche üblich, um Kleinbetriebe. Die meisten Betriebe beschäftigen bis zu fünf Arbeitnehmer. In dieser Branche ist es üblich, dass die Inhaber mit im Betrieb tätig sind.

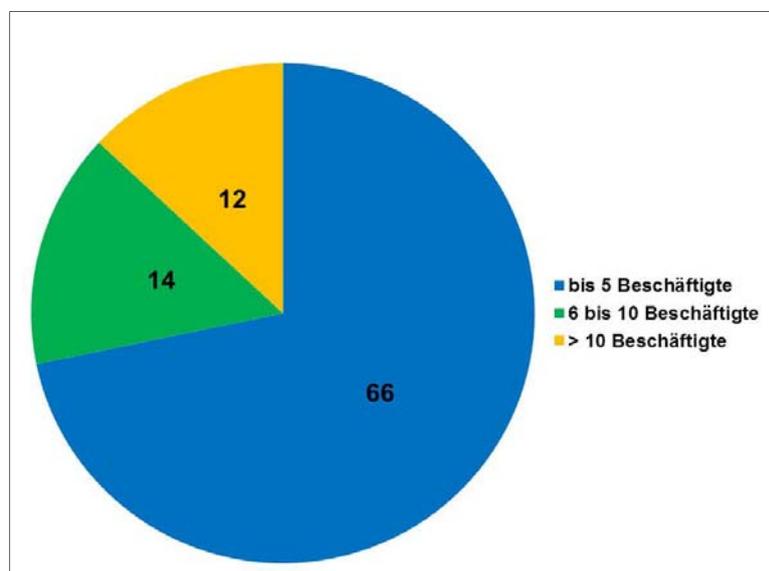


Abb. 7:
Anzahl der Beschäftigten der beteiligten Betriebe

Typisch für diese Betriebe ist, dass alle Tätigkeiten auf engem Raum stattfinden. Die räumliche Enge wird noch verstärkt, da die meisten Betriebe neben der chemischen Textilreinigungsmaschine auch mit Waschmaschinen und Trocknern für die Nassreinigung ausgestattet sind.

Den größten Anteil haben Betriebe mit Raumvolumina von 200 bis 300 m³.

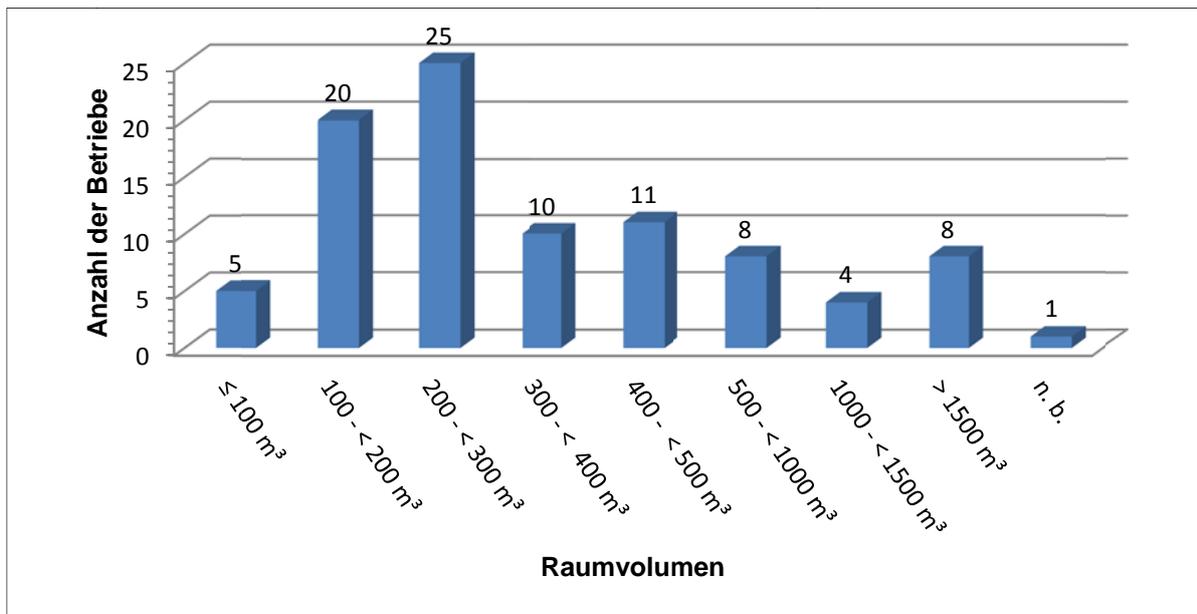


Abb. 8: Räumliche Größe der beteiligten Betriebe

4.4.2. PER-Reinigungsmaschinen

Der überwiegende Anteil, d. h. 76 der 92 einbezogenen Textilreinigungsbetriebe, war nur mit einer PER-Reinigungsmaschine ausgerüstet, 15 Betriebe mit zwei Maschinen und ein Betrieb mit drei Maschinen.

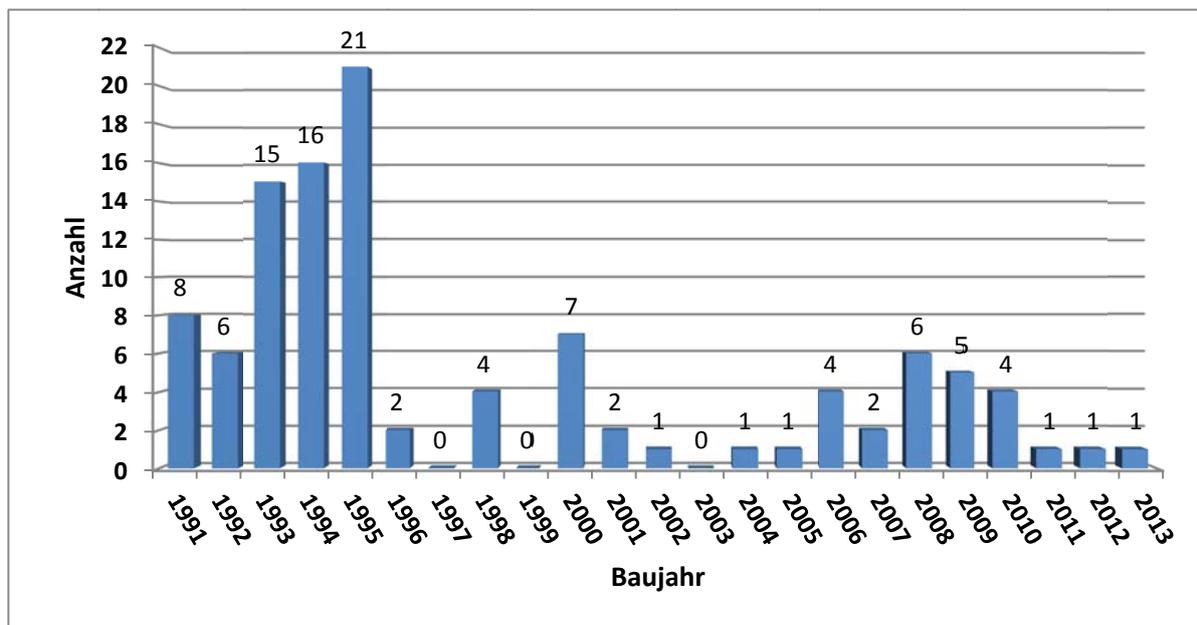


Abb. 9: Verteilung der Baujahre der PER-Maschinen

Alle Maschinen wurden nach 1990 hergestellt. Auf Grund der Umstellungsfrist der 2. BImSchV bis 1995 stammen die meisten Maschinen aus den Jahren 1993 bis 1995.

Das Spektrum der in den Textilreinigungen vorhandenen PER-Maschinentypen ist relativ breit, wobei die Maschinen von Böwe, Multimatic und Seco Shop Star am häufigsten angetroffen wurden.

4.4.3. PER-Verbrauch

Beim Jahresverbrauch an PER gab es bei den Reinigungen sehr große Unterschiede. Laut Angabe der Inhaber lag dieser zwischen 9 und 2400 Litern (Median 200 Liter).

4.4.4. Lüftungstechnische Einrichtungen

Entsprechend den Forderungen in der 2. BImSchV waren mit einer Ausnahme alle Chemischreinigungen mit einer Lüftungstechnischen Einrichtung ausgerüstet. Die Reinigung ohne Absaugung befand sich in einer sehr großen Werkhalle, so dass der Betrieb auch ohne diese zugelassen war.

Die Absaugung erfolgte durch Erfassungselemente

- nur unterhalb der Decke.
- unterhalb der Decke und in der Nähe von Quellen, z. B. Bügeltisch, Maschine.
- unterhalb der Decke und in Bodennähe.

- unterhalb der Decke, als Quellenabsaugung und in Bodennähe.
- nur als Quellenabsaugung.

Die Absaugleistung war sehr häufig nicht bekannt, nur in 31 Betrieben konnten Angaben gemacht werden. In der Regel stammen diese Daten aus den Kontrollmessungen bei der Inbetriebnahme. Die aktuelle bzw. tatsächliche Leistung weicht mit großer Wahrscheinlichkeit davon ab, d. h. diese dürfte erwartungsgemäß geringer sein, da die Absaugungen nur in wenigen Betrieben hinsichtlich ihrer Leistung bisher überprüft wurden bzw. regelmäßig überprüft werden. Die elektrische Überprüfung nach Betriebssicherheitsverordnung [22] findet im Allgemeinen regelmäßig statt.

Eine technische Luftzuführung war nur in 19 Betrieben vorhanden.

Da in den meisten Betrieben eine technische Luftzuführung fehlt, muss die für eine wirksame Absaugung notwendige Zuluft über Fenster und Türen zugeführt werden. Die vorhandenen Absauganlagen sind in der Regel nicht dazu geeignet, die Feuchte- und Wärmelasten ausreichend zu reduzieren und damit ein akzeptables Raumklima zu schaffen, so dass bis auf wenige Ausnahmen in den Reinigungen bei geöffneten Fenstern und/oder Türen gearbeitet wird.

4.4.5. Wartung der PER-Reinigungsmaschinen

Die Wartung der PER-Reinigungsmaschinen wird in den Betrieben unterschiedlich gehandhabt. Von den untersuchten Betrieben beauftragen 32 eine Wartungsfirma und 6 den Hersteller mit der Wartung, 15 führen die Wartung selbst durch. Die übrigen Betriebe haben keine Angaben gemacht. Der Rhythmus der Wartung ist unterschiedlich und reicht von monatlich, 2- bis 3-mal im Jahr, halbjährlich, jährlich bis alle 2 Jahre. In der Regel werden kurz vor der Sachverständigen-Prüfung, d. h. einmal im Jahr, die Maschinen grundlegend gereinigt und gewartet. Einige kleinere Wartungsarbeiten sind für einen störungsfreien Betrieb regelmäßig in kürzeren Abständen, d. h. wöchentlich oder zweiwöchentlich, durchzuführen und werden in der Regel vom Maschinenbediener durchgeführt. Die Reinigung der Destillierblase erfolgt in der Regel außerhalb der Arbeitszeiten der Arbeitnehmer durch den Inhaber des Betriebes.

4.4.6. Sachverständigen-Prüfung nach 2. BImSchV

Die in der 2. BImSchV geforderte Sachverständigen-Prüfung konnten alle Betriebe nachweisen.

5. Ergebnisse

5.1. Arbeitsplatzmessung

5.1.1. Maschinenbedienung

In Tabelle 3 sind die ermittelten PER-Konzentrationen und Stoffindices für die Tätigkeit des Maschinenbedienens zusammengefasst. Die Häufigkeitsverteilung der Messwerte ist in Abbildung 10 dargestellt.

In den überprüften Betrieben wurde während des normalen Reinigungsbetriebes beim Maschinenbedienen der Grenzwert für PER bis auf eine Ausnahme eingehalten. Der Anteil der Messwerte $I < 0,5$ überwiegt deutlich.

Es wurde durch Messungen direkt hinter der Maschine festgestellt, dass es Lecks an der Maschine geben kann, die die Maschinenbediener nur per Augenschein nicht erkennen können. Die Abbildung 11, die einen mit einem direktanzeigenden Messgerät aufgenommenen Konzentrationsverlauf darstellt, zeigt die für Lecks typischen Expositionsspitzen. In Verbindung mit einer nicht optimierten oder ungeeigneten Absaugung können Lecks zu hohen Schichtmittelwerten führen.

Tabelle 3: Messergebnisse beim Maschinenbedienen

Anzahl der Schichtmittelwerte: 93		
	PER-Konzentration [mg/m³]	Stoffindex I
Minimum	1,0	0,01
Mittelwert	23	0,17
Median	13	0,09
95-Perzentil	98	0,71
Maximum	173	1,3
Anteil (Anzahl) Messwerte < 0,5 AGW	91,4 % (85)	
Anteil (Anzahl) Messwerte 0,5 AGW - AGW	7,5 % (7)	
Anteil (Anzahl) der Messwerte > AGW	1,1 % (1)	

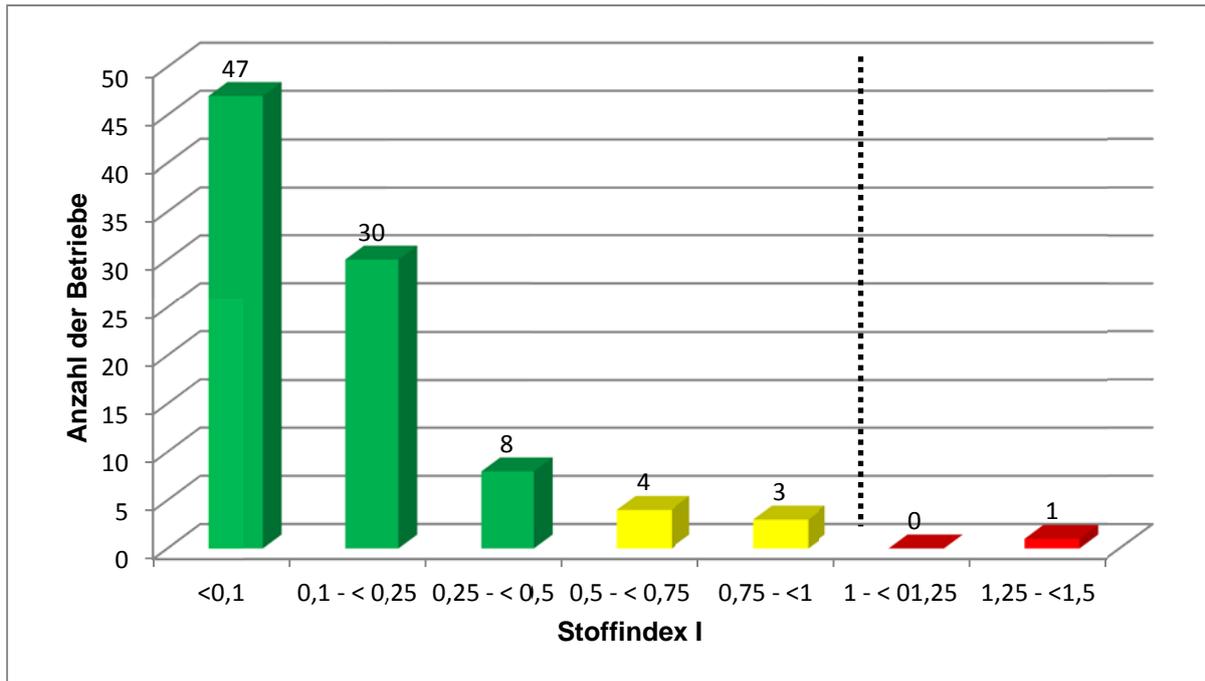


Abb. 10: Häufigkeitsverteilung der Stoffindices beim Maschinenbedienen

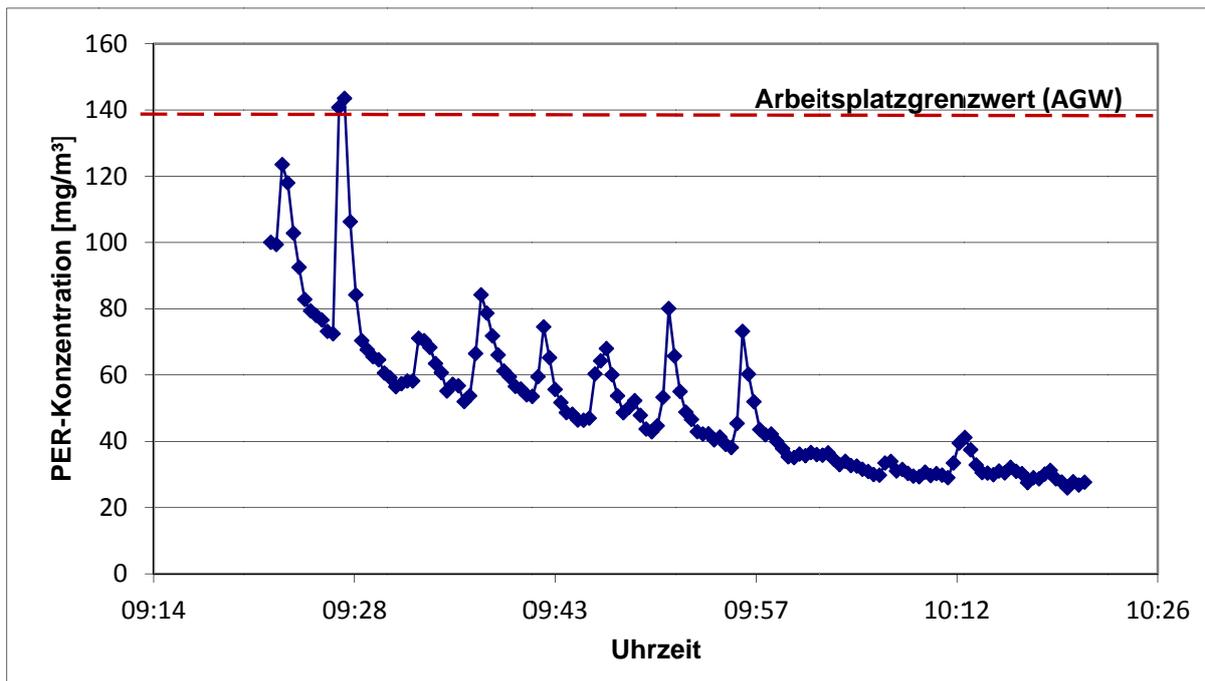


Abb. 11: Nachweis von Expositionsspitzen durch Lecks bei der PER-Konzentrationsmessung mit direktanzeigendem Messgerät während des Reinigungsgangs

Die nachfolgende Abbildung 12 zeigt einen mit einem direktanzeigenden Messgerät aufgenommenen Konzentrationsverlauf, der für viele Reinigungsbetriebe, insbesondere kleine Ladengeschäfte, typisch ist. Üblicherweise sind Fenster und Türen nach

Betriebsschluss und über Nacht geschlossen, häufig wird auch die Lüftung abgestellt. Aus der Reinigungsanlage oder aus Lagerbehältern (z. B. durch verschlissene Dichtungen) austretendes PER kann sich während dieser Zeit in der Raumluft anreichern. Mit Betriebsbeginn, d. h. mit der Inbetriebnahme der technischen Lüftung und dem Öffnen von Fenstern und Türen sinkt dann die PER-Konzentration in kurzer Zeit deutlich.

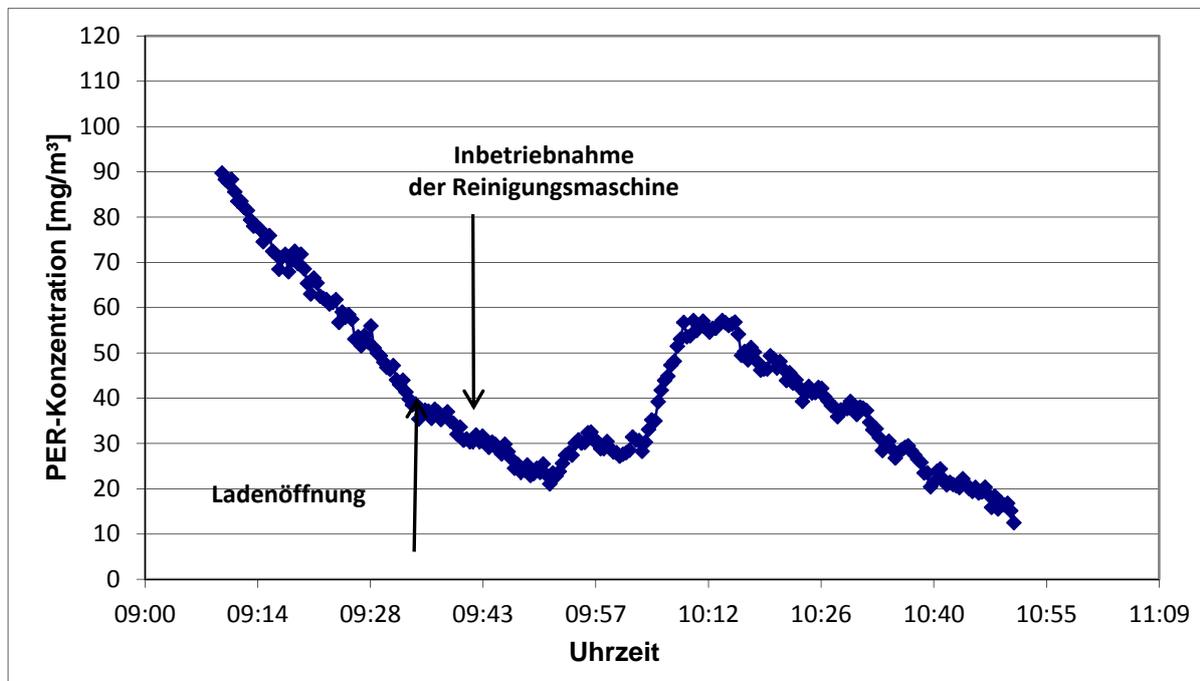


Abb. 12: PER-Konzentration in einem Ladengeschäft

Erwartungsgemäß treten beim Öffnen der Trommel zum Entladen und Beladen der Maschine sowie dem nachfolgend durchgeführten Reinigen von Nadelfänger und Flusensieb Konzentrationsspitzen auf. Diese sind in dem PID-Diagramm in Abbildung 13 deutlich zu erkennen. Weiterhin treten beim Sortieren der frisch gereinigten Textilien noch erhöhte Konzentrationen auf. Die Dauer dieser Konzentrationsspitzen beträgt nur wenige Minuten und wird mit der 15-Minuten-Kurzzeitwertprobenahme erfasst.

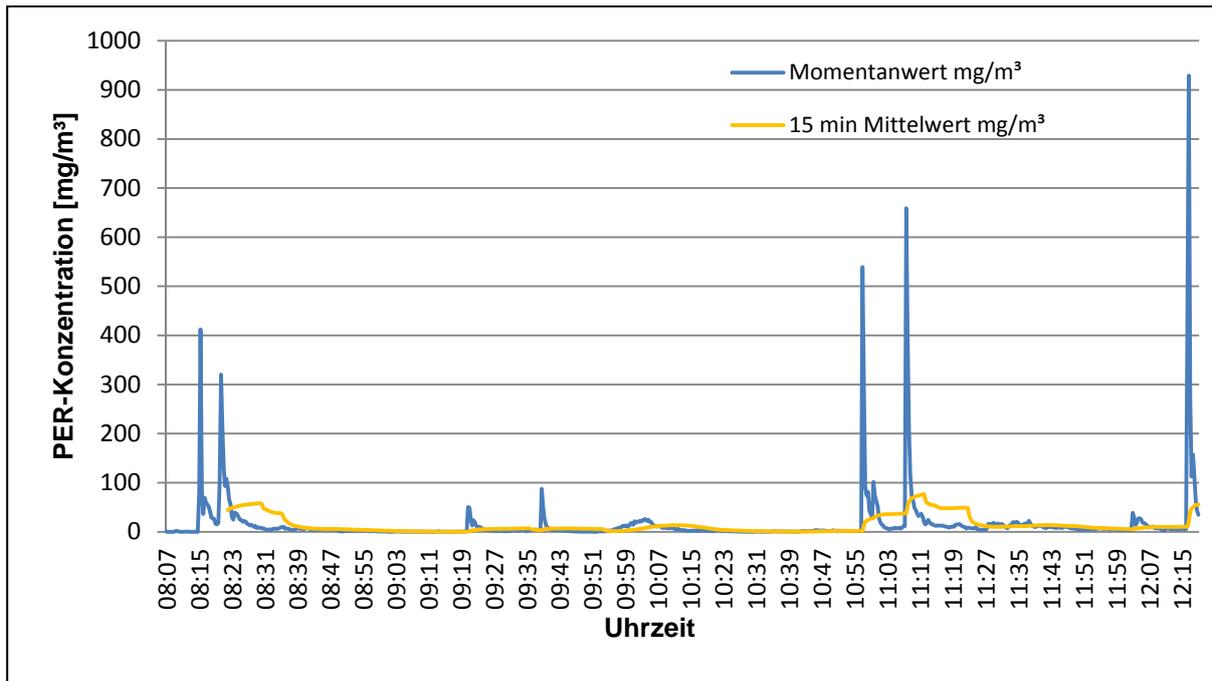


Abb. 13: PID-Diagramm – personenbezogene Messung beim Maschinenbedienen

In der Tabelle 4 sind die als 15-Minuten-Kurzzeitwerte ermittelten PER-Konzentrationen während der Ent- und Beladung der Maschinen dargestellt.

Tabelle 4: Messergebnisse - Kurzzeitwerte beim Maschinenbedienen

Anzahl der Kurzzeitwerte: 245	
	PER-Konzentration [mg/m ³]
Minimum	1
Mittelwert	35
Median	20
95-Perzentil	112
Maximum	444
Anteil (Anzahl) Messwerte < KZW	99,6 % (244)
Anteil (Anzahl) Messwerte > KZW	0,4 % (1)

5.1.2. Bügeln

In Tabelle 5 und Abbildung 14 sind die Ergebnisse für diese Tätigkeit dargestellt.

Tabelle 5: Messergebnisse beim Bügeln

Anzahl der Schichtmittelwerte: 92		
	PER-Konzentration [mg/m ³]	Stoffindex I
Minimum	0,8	0,01
Mittelwert	14	0,10
Median	7,3	0,05
95-Perzentil	79	0,57
Maximum	106	0,77
Anteil (Anzahl) Messwerte < 0,5 AGW	93,5 % (86)	
Anteil (Anzahl) Messwerte 0,5 AGW - ≤ AGW	6,5 % (6)	
Anteil (Anzahl) der Messwerte > AGW	-	

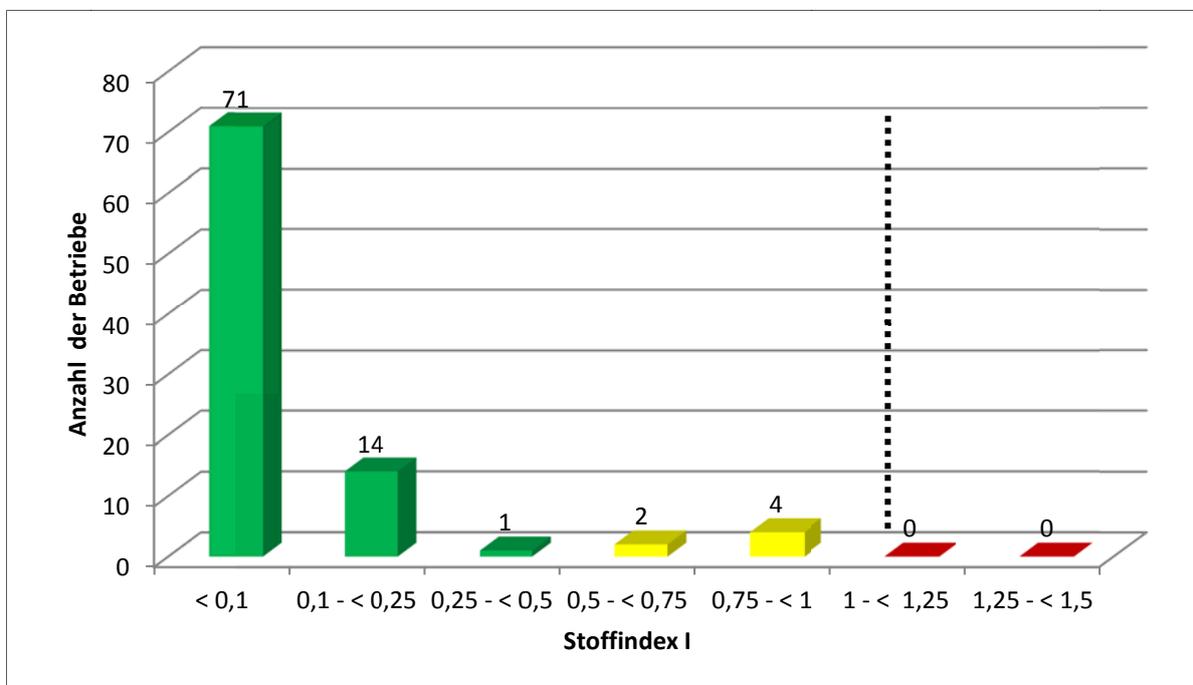


Abb. 14: Häufigkeitsverteilung der Messwerte beim Bügeln

In keinem Betrieb wurde beim Bügeln der Grenzwert für PER überschritten. Bei der überwiegenden Zahl der Betriebe ist der Stoffindex I < 0,25.

Wie in den nachfolgenden Abbildungen 15 und 16 zu sehen ist, sind die PER-Belastungen beim Bügeln deutlich niedriger als beim Maschinenbedienen.

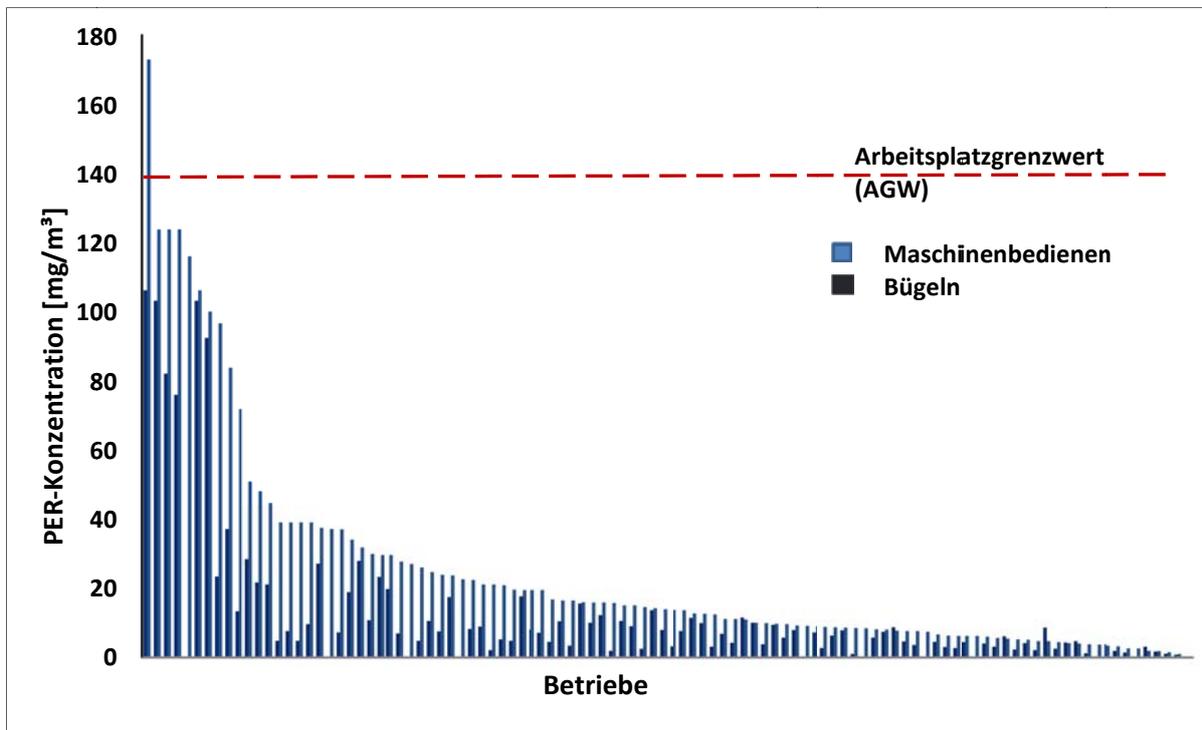


Abb. 15: Messwerte beim Maschinenbedienen und Bügeln

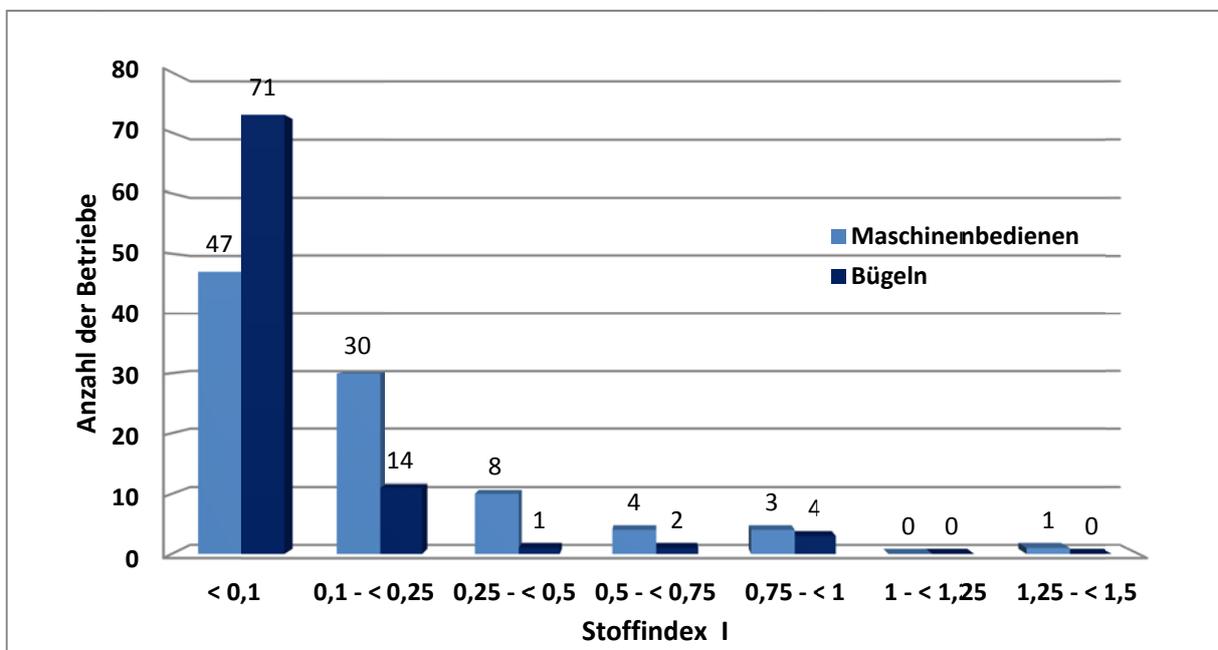


Abb. 16: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilung der Messwerte beim Maschinenbedienen und Bügeln

5.2. Biomonitoring

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse des Biomonitorings zeigen die Tabellen 6 und 7. Die innere PER-Belastung der untersuchten Beschäftigten, gemessen als PER-Konzentration in der Ausatemluft, lag im Median bei 0,72 µg/l und umfasste einen Bereich von 0,05 bis 18 µg/l (Messdaten: Mittelwerte aus Doppelbestimmungen - SPME/GC-MS). Damit lagen alle gemessenen inneren PER-Belastungen unterhalb des Beurteilungswertes (BEI/ACGIH/USA) von 20 µg/l.

Tabelle 6: Messergebnisse des Biomonitorings: Maschinenbedienung

Anzahl der Messwerte: 14 Beschäftigte Maschinenbedienung	
	PER-Konzentration [µg/l]
Minimum	0,15
Mittelwert	3,5
Median	1,3
Maximum	18
Anteil (Anzahl) Messwerte < 0,5 BEI	86 % (12)
Anteil (Anzahl) Messwerte 0,5 BEI - ≤ BEI	14 % (2)
Anteil (Anzahl) der Messwerte > BEI	-

Tabelle 7: Messergebnisse des Biomonitorings: Bügeln/Nebentätigkeiten

Anzahl der Messwerte: 16 Beschäftigte Bügeln/Nebentätigkeiten	
	PER-Konzentration [µg/l]
Minimum	0,05
Mittelwert	1,5
Median	0,49
Maximum	8,1
Anteil (Anzahl) Messwerte < 0,5 BEI	100 % (16)
Anteil (Anzahl) Messwerte 0,5 BEI - ≤ BEI	-
Anteil (Anzahl) der Messwerte > BEI	-

Abbildung 17 zeigt die Messergebnisse des Biomonitorings sortiert nach der Betriebszugehörigkeit und der Tätigkeit der untersuchten Beschäftigten. Jede Säule repräsentiert eine untersuchte Person mit ihrer jeweiligen inneren PER-Belastung. Innerhalb eines Betriebes wiesen Maschinenbediener höhere Belastungen auf als Beschäftigte ohne diese Tätigkeiten (Nebentätigkeiten, z. B. Bügeln). Auffällig sind die Reinigungen Nr. 2 und 5, zwei Zentralreinigungen, deren Beschäftigten zum Teil deutlich höhere innere Belastungen als die Beschäftigten der anderen Reinigungen, der Ladenreinigungen, zeigten. Diese höheren Belastungen lassen sich durch die größere Anzahl an Reinigungschargen pro Arbeitsschicht in den Zentralreinigungen erklären, die der Parallelbetrieb von jeweils zwei Textilreinigungsmaschinen dort ermöglichte. Die in das Biomonitoring einbezogenen Ladenbetriebe nutzten dagegen jeweils nur eine Textilreinigungsmaschine und diese zum Teil auch nicht ganztagig.

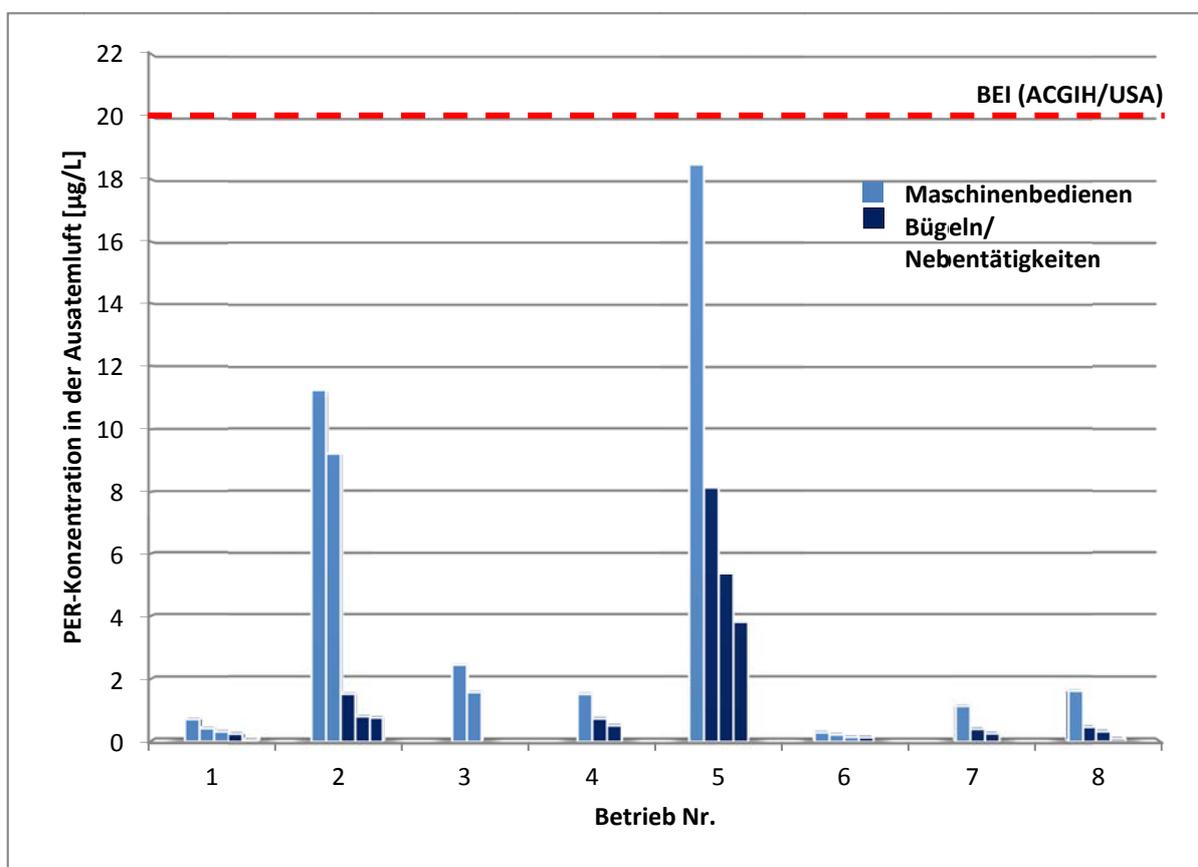


Abb. 17: Messergebnisse des Biomonitorings, sortiert nach der Betriebszugehörigkeit und der Tätigkeit der untersuchten Beschäftigten (Messdaten: Mittelwerte aus Doppelbestimmungen - SPME/GC-MS)

5.3. Arbeitsschutzrelevante Mängel

In einigen Bundesländern waren die geplanten Arbeitsplatzmessungen im Rahmen des Projektes Anlass für eine Überprüfung des Arbeitsschutzes in den Reinigungsbetrieben durch die zuständigen Aufsichtsbehörden.

Wie Tabelle 8 zeigt, wurden in der Mehrzahl der Betriebe arbeitsschutzrelevante Mängel festgestellt.

Außerdem wurde in einem Reinigungsbetrieb beobachtet, dass die PER-Reinigungsmaschine trotz defektem Messgerät betrieben werden konnte. Das ist möglich, da die Maschinen über ein Notprogramm verfügen, welches bei defekten Messfühlern aufgerufen werden kann. Dieses Programm läuft über eine Zeitsteuerung.

Die arbeitsschutzrelevanten Mängel sind in Anhang II detailliert dargestellt.

Tabelle 8: Arbeitsschutzrelevante Mängel in den Reinigungsbetrieben

Arbeitsschutzrelevante Mängel	Anzahl der Betriebe mit Mängeln / Gesamtzahl der untersuchten Betriebe
Gefährdungsbeurteilung nicht erstellt und dokumentiert	25 / 35
Fachkraft für Arbeitssicherheit nicht bestellt bzw. keine Teilnahme am Unternehmermodell	22 / 35
kein Betriebsarzt benannt	29 / 35
Ersthelfer nicht bestellt	24 / 35
Angebot der arbeitsmedizinischen Vorsorge bei Tätigkeiten mit PER nicht erfolgt	28 / 32
wiederkehrende Prüfung der Raumlüftungsanlage nicht durchgeführt	27 / 31
Betriebsanweisung zum Umgang mit PER nicht erstellt	9 / 32
Pausenbereich mit Gefahrstoffexposition (keine räumliche Trennung vom Arbeitsraum)	14 / 35

6. Bewertung

Die Ergebnisse zeigen, dass im regulären Reinigungsbetrieb bei entsprechender Bedienung und Wartung mit dem gegenwärtigen Stand der Technik der PER-Textilreinigungsmaschinen eine Einhaltung des AGW von 138 mg/m^3 (20 ml/m^3) erreicht werden kann. Außer in einem Betrieb wurden beim Maschinenbedienen PER-Konzentrationen ermittelt, die unterhalb des AGW lagen. Beim Bügeln wurden in allen Betrieben PER-Konzentrationen unterhalb des AGW gemessen. Entsprechend der TRGS 402 [23] kann unter den angetroffenen Bedingungen für die Tätigkeiten des Maschinenbedienens und des Bügelns der Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ erhoben werden.

Die Messergebnisse des Biomonitorings stützen die Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen. Die vorgefundenen inneren PER-Belastungsniveaus der untersuchten Beschäftigten führen nach aktuell wissenschaftlichem Kenntnisstand im Allgemeinen nicht zu gesundheitsschädigenden Effekten.

In den meisten Betrieben war die Lüftungsleistung der vorhandenen Anlage nicht bekannt, der Nachweis einer ausreichenden Lüftungsleistung fehlte, z. T. war die Wartung über einen längeren Zeitraum nicht erfolgt.

Die vorhandenen Lüftungsanlagen sind in der Regel nicht geeignet, die hohe Wärme- und Feuchtelast ausreichend zu verringern, so dass eine Frischluftzufuhr über Fenster und Türen erfolgt.

Unabhängig davon gibt es Defizite bei den Grundpflichten im Arbeitsschutz, die jeder Inhaber vor Aufnahme der Tätigkeit zu erfüllen hat. Im Anhang werden die betreffenden Grundpflichten erläutert.

7. Ergänzende Maßnahmen

Zusätzlich können folgende Maßnahmen zur Minimierung der PER-Belastung beitragen:

- Bei Betriebsbeginn sofort die Lüftung einschalten, um über Nacht angereichertes PER aus der Raumluft zu entfernen.
- Durch den täglichen Einsatz eines geeigneten elektronischen Lecksuchgerätes, insbesondere im hinteren Bereich der Maschine, ist die Dichtigkeit sicherzustellen [13].
- Die Absaugung ist auch im hinteren Maschinenbereich zu gewährleisten.
- Ein Absaugelement im Bereich der Trommelöffnung zur Verminderung der Spitzenkonzentrationen installieren.
- Bei Zweikanalmessgeräten, die eine Messung der PER-Konzentration in der Raumluft ermöglichen, eine Alarmschwelle unterhalb des aktuellen AGW einstellen, um kurzfristig einen Hinweis auf Leckagen während des Betriebes zu erhalten. Die Probenahmestelle soll so gewählt werden, dass die Messergebnisse repräsentativ für die Raumluftkonzentration sind. Sollen diese Messgeräte für die Dauerüberwachung der AGW eingesetzt werden, müssen die Anforderungen der TRGS 402, Anlage 4 erfüllt werden.
- Nach Durchlaufen des Reinigungsprogrammes die Maschine umgehend entleeren, da bei längerer Verweildauer der gereinigten Textilien die PER-Konzentration in der Trommelluft wieder ansteigt. Evtl. das Trockenprogramm noch einmal starten, wenn kurzfristiges Entleeren der Trommel nicht möglich war.
- Die PER-Zufuhr nur noch über Gaspendelsystem, nicht mehr über Kanister durchführen.
- Die für die Freigabe der Trommeltür vorgeschriebene Höchstkonzentration von 2 g/m^3 absenken.
- Bei der Konzeption der Lüftungstechnik sollten die Wärme- und Feuchtlasten mit berücksichtigt werden, um ein angenehmes Raumklima zu erreichen.

8. Zusammenfassung

Ziel des Projektes war die

- Gewinnung aktueller Messdaten zur PER-Exposition in Chemischreinigungen
- Ermittlung des gegenwärtigen Grades der Umsetzung des Standes der Technik
- Beantwortung der Frage, ob der aktuelle AGW von 138 mg/m³ durch die Erfüllung der technischen und organisatorischen Anforderungen der 2. BImSchV und der DGUV 100-500, 2.14 eingehalten werden kann.

Messdaten personengertragener Messungen zur PER-Konzentration beim Maschinenbedienen und Bügeln aus 92 Chemischreinigungen konnten in die Auswertung einbezogen werden.

Die Messergebnisse der Arbeitsplatzmessungen ergaben insgesamt niedrige PER-Konzentrationen. Beim Maschinenbedienen wurde mit Ausnahme eines Betriebes der AGW für PER eingehalten. Beim Bügeln lagen die gemessenen PER-Konzentrationen stets unterhalb des AGW.

Die Ergebnisse des in einigen Betrieben parallel durchgeführten Biomonitoring stützen die der Arbeitsplatzmessungen.

Die in den Chemischreinigungen angetroffenen PER-Textilreinigungsmaschinen erfüllen die technischen Anforderungen der 2. BImSchV. Hinsichtlich der Umsetzung weiterer technischer und organisatorischer Regelungen der 2. BImSchV und der DGUV 100-500, 2.14 gibt es in der Mehrzahl der Betriebe noch Handlungsbedarf, insbesondere betreffs der Kenntnis und der regelmäßigen Überprüfung des Absaugvolumens der vorhandenen Lüftungstechnik.

Die vorhandenen Absauganlagen sind nicht dazu geeignet, die freigesetzte hohe Wärme- und Feuchtelast zu erfassen.

Defizite bestehen weiterhin bei der Umsetzung der Grundpflichten des Arbeitsschutzes.

Insgesamt kann im Ergebnis des Projektes festgestellt werden, dass bei Erfüllung der technischen und organisatorischen Anforderungen der 2. BImSchV und der DGUV 100-500, 2.14 der seit 2011 festgelegte AGW für PER von 138 mg/m³ (20 ml/m³) beim Maschinenbedienen und Bügeln eingehalten und somit der Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ erteilt werden kann.

9. Literaturverzeichnis

- [1] „Textilreinigung“ [online]
Verfügbar unter: <http://www.gewerbegas-online.de>; Branchen
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [2] „Übersicht über Reinigungsverfahren und Lösemittel in Textilreinigungen“
[online]
Verfügbar unter: <http://www.dtv-bonn.de>; Verbraucherinfos A-Z, Reinigungs-
verfahren [Zugriff am: 24.06.2015]
- [3] Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten orga-
nischen Verbindungen vom 10. Dezember 1990, zul. geänd. durch Artikel 1 V
vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 1021, 3754)
- [4] BG-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln“ (DGUV 100-500). April 2008, Kapitel
2.14 „Chemischreinigungen“
Verfügbar unter: <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgr500.pdf>
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [5] Stoffdossier „Tetrachlorethen (Per)“. (BIA-Report 3/2003)
Verfügbar unter: [http://www.dguv.de/ifa/Publikationen/Reports-Download/BIA-
Reports-2002-bis-2004/BIA-Report-3-2003/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/Publikationen/Reports-Download/BIA-
Reports-2002-bis-2004/BIA-Report-3-2003/index.jsp)
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [6] TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte. Ausgabe Januar 2006, zul. geänd. GMBI
2015, S. 139
- [7] TRGS 500: Schutzmaßnahmen. Ausgabe Januar 2008, ergänzt Mai 2008
(GMBI 2008, S. 224, 528)
- [8] TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Ausgabe
Dezember 2010, zul. geänd. GMBI 2012, S. 715
- [9] Praxiserprobung eines Ausatemluft-Analysenverfahrens für ein Biomonitoring
innerer Gefahrstoffbelastungen am Beispiel Tetrachlorethen-Exponierter.
(BAuA ; F 2306)
- [10] GESTIS – Gefahrstoffdatenbank
Verfügbar unter: [www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-
Stoffdatenbank](http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-
Stoffdatenbank)
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [11] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates
vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung
von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien
67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr.
1907/2006. (Abl. EU, L 353/1)

- [12] TRGS 905: Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe. Ausgabe März 2014. (GMBI 2014 S. 510)
- [13] „Tägliche Sichtprüfung von Textilreinigungsmaschinen mit PER“ (Prüfliste 45)
[online]
Verfügbar unter:
http://etf.bgetem.de/htdocs/r30/vc_shop/bilder/firma53/pl_045_a07-2013.pdf
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [14] „Jährliche Prüfung von Textilreinigungsmaschinen mit PER“ (Prüfliste 46)
[online]
Verfügbar unter:
http://etf.bgetem.de/htdocs/r30/vc_shop/bilder/firma53/pl_046_a07-2013.pdf
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [15] „Maschine Phoenix BW“ [DVD]. Firma Multimatic iLSA Deutschland GmbH & Co. KG
- [16] Geiss-Sicherheitsgebände, Richard Geiss GmbH
Verfügbar unter: http://www.geiss-gmbh.de/fileadmin/_pdf_geiss/Sicherheitsgebände_Deutschland.pdf
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [17] Lösemittelgemische: Methodennummer 1. Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Bd.1:Luftanalysen. Weinheim: Verlag Chemie. Losebl.Ausg.,11. Lfg., 1998
Verfügbar unter:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.am0lmix001d0011a/pdf>
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [18] Lösemittelgemische: Methodennummer 5. Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Bd.1:Luftanalysen. Weinheim: Verlag Chemie. Losebl.Ausg.,11. Lfg., 1998
Verfügbar unter:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.am0lmix005e0006e/pdf>
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [19] Lösemittelgemische: Methodennummer 6. Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Bd.1:Luftanalysen. Weinheim: Verlag Chemie. Losebl.Ausg.,18. Lfg., 2014
Verfügbar unter:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.am0lmix000d0018/pdf>
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [20] Ziener, C.-E., Braunsdorf, P.-P. : Trace Analysis in End-Exhaled Air Using Direct Solvent Extraction in Gas Sampling Tubes: Tetrachloroethene in Workers as an Example. International Journal of Analytical Chemistry [online] 2014, ID 904512

- [21] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. Cincinnati, Ohio, 2013
- [22] Verordnung zur Neuregelung der Anforderung an den Arbeitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln und Gefahrstoffen vom 03.02.2015 (BGBl. I S. 49)
- [23] TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition. Ausgabe Januar 2010, zul. geänd. GMBI 2014, S. 254

Anhang I

Messergebnisse in Betrieben der Industriereinigung

Im Rahmen des Projektes wurden auch Messungen in vier Betrieben durchgeführt, die Teppiche bzw. Lederhandschuhe in PER-Reinigungsmaschinen reinigten. Diese Betriebe werden den Industriereinigungen zugeordnet und unterscheiden sich in den Randbedingungen von den Textilreinigungen. In den Tabellen 9, 10 und 11 sind die Ergebnisse für diese Betriebe zusammengefasst.

Tabelle 9: Messergebnisse Luftbelastung Industriereinigung – Maschinenbedienen

Anzahl der Schichtmittelwerte: 5		
	PER-Konzentration [mg/m ³]	Stoffindex I
Lederhandschuhreinigung I	239	1,7
Lederhandschuhreinigung II	50	0,36
Lederhandschuhreinigung III	58	0,42
Teppichreinigung	69	0,50

Anmerkung:

- Messwert < 0,5 AGW
- Messwert 0,5 AGW - ≤ AGW
- Messwert > AGW

Tabelle 10: Messergebnisse Luftbelastung Industriereinigung – Kurzzeitwerte Maschinenbedienen

Anzahl der KZW-Einzelmesswerte: 12	
	PER-Konzentration [mg/m ³]
Minimum	14
Mittelwert	203
Median	160
95-Perzentil	457
Maximum	538

Anmerkung:

- Spitzenkonzentration eingehalten
- Spitzenkonzentration überschritten

Tabelle 11: Messergebnisse Luftbelastung Industriereinigung – Nebentätigkeiten

Anzahl der Schichtmittelwerte: 2		
	PER-Konzentration [mg/m ³]	Stoffindex I
Lederhandschuhreinigung I	112	0,82
Lederhandschuhreinigung III	9	0,06

Anmerkung:

- Messwert < 0,5 AGW
- Messwert 0,5 AGW - ≤ AGW
- Messwert > AGW

Aus den vier Betrieben der Industriereinigung ergibt sich in der Tendenz eine höhere PER-Belastung als in den Chemischreinigungen. Bei einem Betrieb war der AGW überschritten.

Anhang II

Häufig festgestellte Arbeitsschutzmängel

Bei der Mehrzahl der aufgesuchten Betriebe handelt es sich um Kleinunternehmen mit weniger als 10 Mitarbeitern, die oft als Familienunternehmen geführt werden. Bei den Revisionen zeigten sich verschiedene Arbeitsschutzmängel. Typische Verstöße wurden wie folgt festgestellt:

- *In der Mehrzahl der Betriebe war keine Gefährdungsbeurteilung vorhanden.*

Die Verpflichtung zur Erarbeitung und Dokumentation einer Gefährdungsbeurteilung ergibt sich aus den §§ 5 und 6 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) [A1]. Bis zum 19.10.2013 war die Dokumentation in Firmen unter 10 Angestellten nur dann notwendig, wenn die Angestellten physikalischen, chemischen und biologischen Einwirkungen ausgesetzt waren. Dies trifft in Chemischreinigungen die Bediener der Textilreinigungsmaschinen beim Umgang mit PER, aber auch die Bügler, bei deren Tätigkeit ein erhöhtes Verbrennungsrisiko besteht. Die Erstellung der Gefährdungsbeurteilung hat durch den Arbeitgeber zu erfolgen, wobei dieser bei Bedarf Unterstützung durch die Fachkraft für Arbeitssicherheit, den Betriebsarzt und andere mit der Arbeitssicherheit betrauten Personen in Anspruch nehmen sollte.

- *Die Fachkraft für Arbeitssicherheit und der Betriebsarzt waren nicht bestellt bzw. es erfolgte keine Teilnahme am Unternehmermodell.*

Gemäß § 1 des Arbeitssicherheitsgesetzes (ASiG) [A2] hat der Arbeitgeber Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit zu bestellen. Diese sollen ihn beim Arbeitsschutz und bei der Unfallverhütung unterstützen, um die Gesundheit und damit Arbeitskraft und Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter dauerhaft zu erhalten bzw. zu fördern. Die konkrete Ausgestaltung der sicherheitstechnischen und betriebsärztlichen Betreuung hat entsprechend den Regelungen der DGUV Vorschrift 2 [A3] zu erfolgen. Demnach kann der Arbeitgeber in Betrieben mit weniger als 50 Beschäftigten eine alternative Betreuung in Form des Unternehmermodells wählen. Hierbei muss der Unternehmer persönlich einen von der zuständigen Berufsgenossenschaft angebotenen Fernlehrgang absolvieren und regelmäßig alle fünf Jahre an Fortbildungen teilnehmen. Der Unternehmer soll dadurch in die Lage versetzt werden, die Gefährdungsbeurteilung selbst durchzuführen und seinen Bedarf für die betriebsärztliche und sicherheitstechnische Beratung selbst zu erkennen. Dementsprechend ist eine bedarfsgerechte Beratung in Fragen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes in Anspruch zu nehmen.

- *Das Angebot der arbeitsmedizinischen Vorsorge für die Arbeitnehmer bei Tätigkeiten mit PER war nicht erfolgt.*

Der Arbeitgeber hat auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung für eine angemessene arbeitsmedizinische Vorsorge zu sorgen.

Sofern bei einer Tätigkeit mit PER eine Exposition gegenüber PER nicht ausgeschlossen werden kann, hat der Arbeitgeber gemäß Teil 1 Abs. 2 des Anhangs der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) [A4] vor Aufnahme der Tätigkeit sowie anschließend in regelmäßigen Abständen, den Beschäftigten die Teilnahme an der arbeitsmedizinischen Vorsorge anzubieten. Wird der Arbeitsplatzgrenzwert nach Gefahrstoffverordnung für PER nicht eingehalten oder kann eine Gesundheitsgefährdung durch Hautkontakt nicht ausgeschlossen werden, so hat der Arbeitgeber, gemäß Anhang Teil 1 Abs. 1 der ArbMedVV, eine Pflichtvorsorge bei den Beschäftigten zu veranlassen.

- *Ersthelfer war nicht bestellt.*

Entsprechend § 10 des Arbeitsschutzgesetzes hat der Arbeitgeber die notwendigen Maßnahmen zur Gewährleistung der Ersten Hilfe zu treffen. Dazu gehört neben der Bereitstellung der notwendigen materiellen Ausstattung die Benennung ausgebildeter und regelmäßig fortgebildeter Ersthelfer in ausreichender Anzahl. Unter zwei bis 20 gleichzeitig anwesenden Arbeitnehmern muss dabei mindestens ein Ersthelfer vorhanden sein.

- *Die wiederkehrende Prüfung der Raumlüftungsanlage wurde nicht durchgeführt.*

Alle Betriebe hatten eine raumlüftungstechnische Anlage mit Absaugungen. In den meisten Firmen waren die Kenndaten der Lüftungstechnischen Anlagen nicht bekannt. Oftmals waren die Absaugungen durch Flusen stark zugesetzt. Es gab Anlagen der „Marke Eigenbau“ (geschlitzte Abwasserrohre), Anlagen, die defekt waren oder auch Anlagen, die meist ausgeschaltet waren. In den Messwerten spiegelte sich diese Situation nicht wider, da die Räumlichkeiten entweder über ein großes Raumvolumen verfügten oder Türen und/oder Fenster stetig offen standen. Dies scheint notwendig zu sein, um die freiwerdende Wärme und Feuchtigkeit abzuführen. Die vorhandenen Anlagen waren nicht geeignet, für ein angenehmes Raumklima zu sorgen.

Die Pflicht zur regelmäßigen Wartung und Überprüfung der Lüftungstechnischen Anlage zur Gewährleistung der ausreichenden Leistungsfähigkeit ergibt sich aus dem § 3 Abs. 3 in Verbindung mit dem § 10 Abs. 2 der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [A5]. Dementsprechend sind in der Gefährdungsbeurteilung Prüffristen festzulegen, die sich aus dem Stand der Technik ergeben. Entsprechend des Kapitels 2.14 „Betreiben von Chemischreinigungen“ der DGUV 100-500 [A6] sind Chemischreinigungsanlagen, Lüftungstechnische Anlagen einschließlich der Einrichtun-

gen zur Absaugung regelmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich, auf ihren arbeitssicheren Zustand durch einen Sachkundigen prüfen zu lassen.

- *Betriebsanweisungen zum Umgang mit PER waren nicht erstellt.*

Für die Benutzung der Textilreinigungsmaschine sowie den Umgang mit Gefahrstoffen sind entsprechend des § 9 der Betriebssicherheitsverordnung und des § 14 der Gefahrstoffverordnung [A7] Betriebsanweisungen in für den Beschäftigten verständlicher Form und Sprache zu erstellen. Anhand dieser Betriebsanweisungen sind die Beschäftigten mündlich sowie tätigkeitsbezogen zu unterweisen.

- *Der Pausenbereich war räumlich nicht vom Arbeitsbereich abgetrennt, so dass eine Gefahrstoffexposition gegeben war.*

Die Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV) [A8], konkretisiert durch die Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A4.2 [A9], regelt, dass Pausenbereiche abgetrennte Bereiche innerhalb von Räumen der Arbeitsstätte sind, die der Erholung oder dem Aufenthalt der Beschäftigten während der Pause oder bei Arbeitsunterbrechung dienen. In der Praxis waren Pausenbereiche im Arbeitsraum eingerichtet. Diese Nutzung ist unzulässig, da wegen der nicht vorhandenen Trennung zum Arbeitsbereich eine Belastung der Luft des Pausenbereichs mit Gefahrstoffen (hier: PER) besteht. Pausenbereiche sind jedoch so anzulegen, dass insbesondere in diesen Bereichen kein Lärm, keine Gefahrstoffe, Staub und Schmutz sowie keine Gerüche auftreten und diese auch frei von Publikumsverkehr sind (§ 8 Abs. 3 der Gefahrstoffverordnung, Nummer 4.2 des Anhangs in Verbindung mit § 6 Abs. 3 der Arbeitsstättenverordnung).

Literatur- Anhang II

[A1] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG) vom 07.08.1996, zul. geänd. durch Art. 8 G v. 19.10.2013 (BGBl. I S. 3836)

[A2] Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit (Arbeitssicherheitsgesetz - ASiG) vom 12.12.1973, zul. geänd. durch Art. 3 Abs. 5 G v. 20.4.2013 (BGBl. I S. 868)

[A3] DGUV-Vorschrift 2: „Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit“
Verfügbar unter: <http://publikationen.dguv.de>
[Zugriff am: 24.06.2015]

[A4] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) vom 18.12.2008, zul. geänd. durch Art. 1 V v. 23.10.2013 (BGBl. I S. 3882)

- [A5] Verordnung zur Neuregelung der Anforderung an den Arbeitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln und Gefahrstoffen vom 03.02.2015 (BGBl. I S. 49)
- [A6] BG-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln“ (DGUV 100-500). April 2008, Kapitel 2.14 „Chemischreinigungen“
Verfügbar unter: <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgr500.pdf>
[Zugriff am: 24.06.2015]
- [A7] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26.11.2010 (BGBl. I S 1643), geänd. durch Artikel 2 V vom 03.02.2015 (BGBl. I S 49)
- [A8] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV) vom 12.08.2004, zul. geänd. durch Art. 4 V vom 19.07.2010 (BGBl. I S. 960)
- [A9] Technische Regeln für Arbeitsstätten - ASR A4.2: Pausen- und Bereitschaftsräume. Ausgabe August 2012 (GMBI 2012, S. 660, geänd. GMBI 2014, S. 287)
Verfügbar unter: <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/ASR-A4-2.html>
[Zugriff am: 24.06.2015]