

# Facharbeit

***Im Rahmen der Ausbildung für das zweite Einstiegsamt der  
Laufbahngruppe 2 im feuerwehrtechnischen Dienst***

**Thema: Reinigung von persönlicher Schutzausrüstung nach Einsätzen**

Vergleichen Sie die Festlegungen bzw. Verfahren zur Reinigung der persönlichen Schutzausrüstung von Feuerwehrangehörigen nach Einsätzen mit Asbest bzw. sonstigen lungengängigen Fasern deutschland- und europaweit.

**Name:** Lukas Eckhoff

**Dienststelle:** Landesschule und Technische Einrichtung für Brand- und  
Katastrophenschutz Brandenburg

**Tag der Ausgabe:** 25.09.2020

**Tag der Abgabe:** 23.12.2020

# Erklärung des Verfassers

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

Ich bin damit einverstanden, dass die Arbeit durch andere eingesehen und unter Wahrung urheberrechtlicher Grundsätze zitiert werden darf.

Unna, 23.12.2020

---

Lukas Eckhoff

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>2</b>
2.1 Begriffsbestimmungen . . . . .	2
2.2 Rechtliche Grundlagen . . . . .	3
2.2.1 Arbeitsschutz . . . . .	3
2.2.2 Gefahrstoffrecht . . . . .	5
2.2.3 Sonstiges . . . . .	5
<b>3 Gefahren durch lungengängige Fasern</b>	<b>7</b>
3.1 Faserstaub . . . . .	7
3.2 Lungengängige Fasern . . . . .	8
3.2.1 Asbest . . . . .	9
3.2.2 Sonstige lungengängige Fasern . . . . .	10
3.3 Gesundheitsgefahren . . . . .	11
3.3.1 Gefahr durch Einatmen . . . . .	11
3.3.2 Gefahr durch Hautkontakt . . . . .	11
3.3.3 Auswirkungen . . . . .	12
<b>4 Festlegungen und Verfahren zur Reinigung</b>	<b>13</b>
4.1 Technische Maßnahmen . . . . .	13
4.2 Organisatorische Maßnahmen . . . . .	16
4.3 Personenbezogene Maßnahmen . . . . .	17
4.4 Besonderheiten . . . . .	17
<b>5 Vergleich</b>	<b>18</b>
5.1 Durchführung der Reinigung . . . . .	18
5.2 Transport der kontaminierten PSA . . . . .	19
5.3 Herstellerangaben zur Reinigung der PSA . . . . .	19
5.4 Waschverfahren für PSA . . . . .	20
<b>6 Fazit</b>	<b>21</b>

## *Inhaltsverzeichnis*

<b>Literatur</b>	<b>22</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>25</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>26</b>
<b>Anhangverzeichnis</b>	<b>27</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

ABEK-Filter	Multitypgasfilter für organische / anorganische Gase und Dämpfe, Schwefeldioxid, Ammoniak
ABC	atomare, biologische und chemische Gefahren
AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
BK	Berufskrankheit
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EN	Europäische Norm
FFP2	filtering face piece 2
FwDV	Feuerwehr Dienstvorschrift
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GHS	Global Harmonized System
ISO	Internationale Organisation für Normung
LANUV NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
NRW	Nordrhein-Westfalen
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
PSA-BV	PSA-Benutzungsverordnung
SGB	Sozialgesetzbuch
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
UVV	Unfallverhütungsvorschrift
vfdb	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes
WHO	World Health Organization
ZED	zentrale Expositionsdatenbank

# 1 Einleitung

Das Einsatzspektrum der Feuerwehren ist sehr vielfältig und beinhaltet die Brandbekämpfung, die Technische Hilfeleistung sowie Einsätze mit atomaren, biologischen und chemischen Gefahren (ABC). An den Einsatzstellen unternehmen die Feuerwehren Maßnahmen, die zur Verhinderung einer Gefahrenausbreitung beitragen. Hierbei schützen Sie sich mit persönlicher Schutzausrüstung (PSA), um Verletzungen oder Gesundheitsgefahren zu verhindern.

In den letzten Jahren hat das Thema der Einsatzstellenhygiene und in diesem Zusammenhang die Festlegungen und Verfahren zur Reinigung von PSA an immer größerer Bedeutung in der Feuerwehrwelt gewonnen. Hintergrund ist eine gesundheitsschädliche Wirkung von Brandrückständen. Bei jedem Brandereignis entstehen Schadstoffe, die unter anderem die PSA der Feuerwehrangehörigen durch Asbestfasern oder sonstige lungengängige Fasern kontaminieren können. Nach den Brandereignissen ist es erforderlich die kontaminierte PSA zu reinigen. Hierfür werden seitens der Feuerwehr Festlegungen bzw. Verfahren zur Reinigung von kontaminierter PSA angewandt.

Ziel dieser Facharbeit ist es die Festlegungen bzw. Verfahren zur Reinigung der PSA von Feuerwehrangehörigen nach Einsätzen mit Asbest bzw. sonstigen lungengängigen Fasern deutschland- und europaweit zu vergleichen. Zunächst werden Grundlagen, wie die zu berücksichtigenden Rechtsvorschriften aus dem Arbeitsschutz- und Gefahrstoffrecht, dargestellt. Außerdem werden die Gefahren durch lungengängige Fasern, wie zum Beispiel Asbest, erläutert. Die Festlegungen und Verfahren zur Reinigung von PSA bilden den Schwerpunkt der Facharbeit, indem technische, organisatorische und personenbezogene Maßnahmen beschrieben und verglichen werden. Abschließend erfolgt ein Ausblick was bei der Reinigung von PSA nach Einsätzen, insbesondere mit Asbest oder sonstigen lungengängigen Fasern, zu berücksichtigen ist und wie Feuerwehren mit der Gefährdung umgehen können.

Der Vergleich der Festlegungen und Verfahren ist mit den gewonnenen Erkenntnissen aus Gesprächen mit Experten, Berichten von Einsätzen, Erfahrungen von Feuerwehren deutschland- und europaweit und der vorhandenen Literatur erstellt worden.

## 2 Grundlagen

Die PSA der Feuerwehr dient dem Eigenschutz für unterschiedliche Gefahren im Feuerwehrdienst. Nach Einsätzen und Übungen ist die Wiederherstellung der Einsatzbereitschaft der Feuerwehr erforderlich. Hierzu zählt auch die Reinigung der PSA. Das Ziel der Reinigung ist es, saubere und funktionsfähige PSA für die weitere Verwendung zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen dieser Facharbeit werden insbesondere PSA aus Textilfasern wie die Feuerschutzkleidung nach DIN EN 469 betrachtet. Außerdem werden im Vorfeld die verwendeten Begriffe bestimmt und verschiedene rechtliche Grundlagen betrachtet.

### 2.1 Begriffsbestimmungen

#### **Persönliche Schutzausrüstung (PSA)**

PSA im Sinne der PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV) ist jede Ausrüstung, die dazu bestimmt ist, von den Beschäftigten benutzt oder getragen zu werden, um sich gegen eine Gefährdung für ihre Sicherheit und Gesundheit zu schützen, sowie jede mit demselben Ziel verwendete und mit der persönlichen Schutzausrüstung verbundene Zusatzausrüstung.

#### **Feuerschutzkleidung**

Feuerschutzkleidung ist Teil der PSA und entspricht den Anforderungen an Feuerwehreinsatzkleidung nach DIN EN 469:2007-02, die für den Einsatz bei der Brandbekämpfung, der technischen Hilfeleistung und ABC Einsätzen als Körperschutzform 1 nach Feuerwehr-Dienstvorschrift (FwDV) 500 eingesetzt werden.

#### **Inkorporation und Kontamination**

In der FwDV 500 werden die Begriffe Inkorporation und Kontamination definiert. Eine Inkorporation ist die Aufnahme gefährlicher Stoffe in den Körper über Körperöffnungen oder über verletzte / gesunde Haut. Grundsätzlich ist eine Inkorporation auszuschließen.

Eine Kontamination ist eine Verunreinigung der Oberfläche von Lebewesen, des Bodens, von Gewässern und Gegenständen mit ABC Gefahrstoffen. Grundsätzlich ist eine Kontamination zu vermeiden oder zumindest so gering wie möglich zu halten. Eine Kontaminationsverschleppung ist zu verhindern [1].

### **Reinigung**

Unter dem Oberbegriff Reinigung ist die Wiederherstellung von Sauberkeit durch das Entfernen von Verschmutzungen jeglicher Art zu verstehen [2].

## **2.2 Rechtliche Grundlagen**

Bei der Reinigung von PSA nach Einsätzen gilt es verschiedene Rechtsvorschriften zu beachten. Asbest oder sonstige lungengängige Fasern werden als Gefahrstoffe im Sinne der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) behandelt. Hieraus ergeben sich Anforderungen aus dem Arbeitsschutzrecht, dem Gefahrstoffrecht, dem Regelwerk der Unfallversicherungsträger sowie der Hersteller von PSA.

### **2.2.1 Arbeitsschutz**

Im Bereich des Arbeitsschutzes gelten für verschiedene Personengruppen unterschiedliche Gesetze, Verordnungen und Regelwerke. Das gemeinsame Ziel der unterschiedlichen Regelwerke ist es, die bestmögliche Sicherheit und den bestmöglichen Gesundheitsschutz zu gewährleisten. Das Arbeitsschutzrecht ist in Deutschland zweigeteilt und besteht aus dem staatlichen Arbeitsschutzrecht und dem Satzungsrecht der Unfallversicherungsträger. Das staatliche Arbeitsschutzrecht beinhaltet Gesetze, Verordnungen und Richtlinien, die vom Gesetzgeber erlassen werden. Die Unfallversicherungsträger können gemäß §15 SGB VII unter Mitwirkung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e. V. (DGUV) als autonomes Recht, Unfallverhütungsvorschriften (UVV) über Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren oder für eine wirksame Erste Hilfe erlassen [3]. Konkretisiert wird das Regelwerk der Unfallversicherungsträger durch Regeln, Informationen und Grundsätze, die den Unternehmer bei der Umsetzung des Arbeitsschutzes unterstützen. Im Zusammenhang mit der Reinigung von PSA bei Feuerwehreinsätzen ist die DGUV Information 205-035 zu beachten, die die Hygiene und Kontaminationsvermeidung bei der Feuerwehr beschreibt.

### **Gefährdungsbeurteilungen**

Für die verschiedenen Personengruppen im Feuerwehrdienst ergibt sich aus unterschiedlichen Rechtsvorschriften die Notwendigkeit zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung (vgl. §5 ArbSchG, §4 UVV Feuerwehr). Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung



## 2 Grundlagen

lung werden tätigkeitsbezogene Gefahren ermittelt und Maßnahmen des Arbeitsschutzes festgelegt. Die Festlegung der Maßnahmen erfolgt anhand der Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes aus der sich technische, organisatorische und personenbezogene Schutzmaßnahmen ergeben. Die Maßnahmenhierarchie wird auch als „TOP-Prinzip“ oder „STOP-Prinzip“ bezeichnet (siehe Abbildung 1)[4].

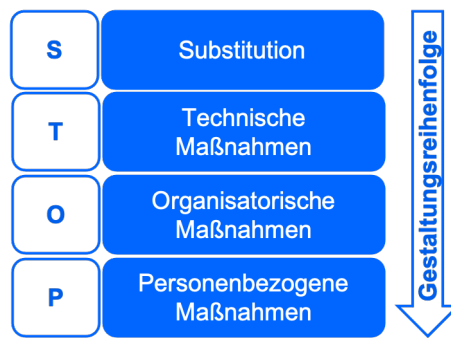


Abbildung 1: STOP-Prinzip

Bei der Reinigung von PSA nach Einsätzen mit Asbestbelastung oder sonstigen lungen­gängigen Fasern ist es bereits zu einer Kontamination der PSA und einer damit verbundenen Gesundheitsgefährdung für Personen gekommen. Somit ergibt sich für die Feuerwehren die Notwendigkeit zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung, mit dem Ziel konkrete Gefährdungen zu ermitteln und erforderliche Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz abzuleiten.

### PSA Benutzungsverordnung

Die PSA Benutzerverordnung (PSA-BV) definiert jede Ausrüstung, die dazu bestimmt ist von den Beschäftigten benutzt oder getragen zu werden, um sich gegen eine Gefährdung für ihre Sicherheit und Gesundheit zu schützen. Zur Mindestschutzausrüstung zählen der Feuerwehrschanzanzug, der Feuerwehrhelm mit Nackenschutz, die Feuerwehrschanzhandschuhe und das Feuerwehrschanzschuhwerk [5]. Darüber hinaus kann die PSA für verschiedenen Einsatzzwecke ergänzt werden. Der Arbeitgeber hat dafür Sorge zu tragen, dass die PSA durch Wartungsmaßnahmen während der gesamten Benutzungsdauer funktionsfähig ist (vgl. §2 PSA-BV). Unter Wartungsmaßnahmen ist in diesem Zusammenhang auch die Reinigung von kontaminierter PSA nach Feuerwehreinsätzen zu verstehen.

### 2.2.2 Gefahrstoffrecht

Die Inhalte der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) gelten unabhängig von der Art des Versicherungsschutzes für alle Personen, die in Kontakt mit Gefahrstoffen kommen können (vgl. §1 (1) Nr. 2 GefStoffV). Der Umgang mit Gefahrstoffen unterliegt verschiedenen rechtlichen Anforderungen. Asbest ist in der GHS-Verordnung (CLP-Verordnung) über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen in Anhang VI Teil 3 Tabelle 3 der GHS-Verordnung in die Kategorie 1A der karzinogenen (krebserzeugenden) Stoffe eingestuft. Die GefStoffV gilt für Tätigkeiten mit Exposition gegenüber allen lungengängigen und einatembaren Stäuben (vgl. GefStoffV Nummer 2), zu denen auch Asbeststaub zählt. Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) stellen den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung dar [6]. Der korrekte Umgang mit Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten (TRGS 519) und Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemischen und Erzeugnissen (TRGS 517), werden in verschiedene TRGS erläutert. Teilinhalte sind im Rahmen von individuell angepassten Maßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung auch bei der Reinigung von PSA zu berücksichtigen. So werden Hinweise zum Schutz der Beschäftigten beim Umgang mit Asbest kontaminierter Gegenstände gegeben.

### 2.2.3 Sonstiges

Die Hersteller von PSA veröffentlichen Waschinweise die bei der Pflegebehandlung der Bekleidung zu beachten sind, um die Lebenserwartung der Bekleidung zu erhöhen. Die Hinweise dienen als Handlungsempfehlung. Hierzu zählen verschiedene Angaben zur Reinigung (Waschen, Trocknen) und zu Gesundheitsgefahren durch kontaminierte Schutzkleidung. Die Reinigung erfolgt in eigener Verantwortung der Feuerwehr. Wird von den empfohlenen Waschverfahren abgewichen, so ist eine Beeinträchtigung oder der Verlust der Schutzwirkung möglich [7].

Reinigungsverfahren für PSA der Feuerwehr unterliegen im Gegensatz zur Reinigung von Rettungsdienstkleidung keinen rechtlichen Anforderungen. Schutzkleidung und Arbeitskleidung, die im Rettungsdienst verwendet wird, kann mit Krankheitserregern kontaminiert sein und muss mit einem desinfizierenden Waschverfahren und zugelassenen Waschmit-

## *2 Grundlagen*

teln nach Vorgaben des Robert-Koch Instituts gereinigt werden.

Weitere Informationen zum Thema Einsatzstellenhygiene und in diesem Zusammenhang auch zur Reinigung von PSA, sind dem vfdb-Merkblatt 10-13 (Empfehlungen für den Feuerwehreinsatz zur Einsatzhygiene bei Bränden) und Sicherheitshinweisen, beispielsweise der AGBF NRW (Hygienemaßnahmen für den Einsatzdienst), zu entnehmen.

### 3 Gefahren durch lungengängige Fasern

Die Feuerwehr ist an Einsatzstellen einer Vielzahl von unterschiedlichen Gefährdungen ausgesetzt. Die unterschiedlichen Gefahren an der Einsatzstelle müssen nach FwDV 100 mithilfe des Führungskreislaufs durch die Führungskräfte richtig erkundet und beurteilt werden, um einerseits die Sicherheit der eigenen Einsatzkräfte zu gewährleisten und andererseits geeignete Maßnahmen zur Gefahrenabwehr von Menschen, Tieren, Umwelt und Sachwerte zu treffen. Bei verschiedenen Einsatzstellen der Feuerwehr können Gefahren durch Asbest oder sonstige lungengängige Fasern bestehen. Ein Brand im Bremer Industriehafen im Mai 2020 [8] oder der Brand einer Tennishalle in Unna im August 2020 [9] zeigen, dass die Feuerwehren bereits mit der Freisetzung von Asbest an Einsatzstellen konfrontiert wurden. Bei Brandeinsätzen kann es durch die thermische oder mechanische Beanspruchung zu einer Freisetzung von lungengängigen Fasern als Faserstaub oder Faserbruchstücken kommen. Auch bei Einsätzen im Bereich der Technischen Hilfe bestehen Gesundheitsgefährdungen durch die Freisetzung von Faserstaub. Hierzu zählt beispielsweise die mechanische Bearbeitung von Faserverbundwerkstoffen. In Wasser gebundene Fasern sind unbedenklich und es besteht keine Gesundheitsgefährdung. Eine Gesundheitsgefährdung besteht bei der Ausbreitung von lungengängigen Fasern wie z.B. Asbest für alle Personengruppen an der Einsatzstelle. Die Ausbreitung der lungengängigen Fasern führt zu einer möglichen Kontamination der persönlichen Schutzausrüstung der Einsatzkräfte, Fahrzeuge und Geräte der Feuerwehr. Dies erfordert einen sachgemäßen Umgang bei der Reinigung, um insbesondere die PSA weiterhin ohne eine Gesundheitsgefährdung verwenden zu können.

#### 3.1 Faserstaub

Fasern entstehen entweder auf natürliche Art oder durch künstliche Herstellung. Natürliche Fasern und künstlich hergestellte Fasern bestehen aus organischen oder anorganischen Stoffen. Zu den anorganischen natürlichen Fasern zählt die Gruppe der Silikate unter die auch Asbest fällt. Zu den künstlichen Mineralfasern gehören zum Beispiel Glaswolle, Steinwolle, Mineralwolle, Kamilit oder Kamelit. Eine Übersicht der Fasern ist in Abbildung 2 dargestellt.

### 3 Gefahren durch lungengängige Fasern

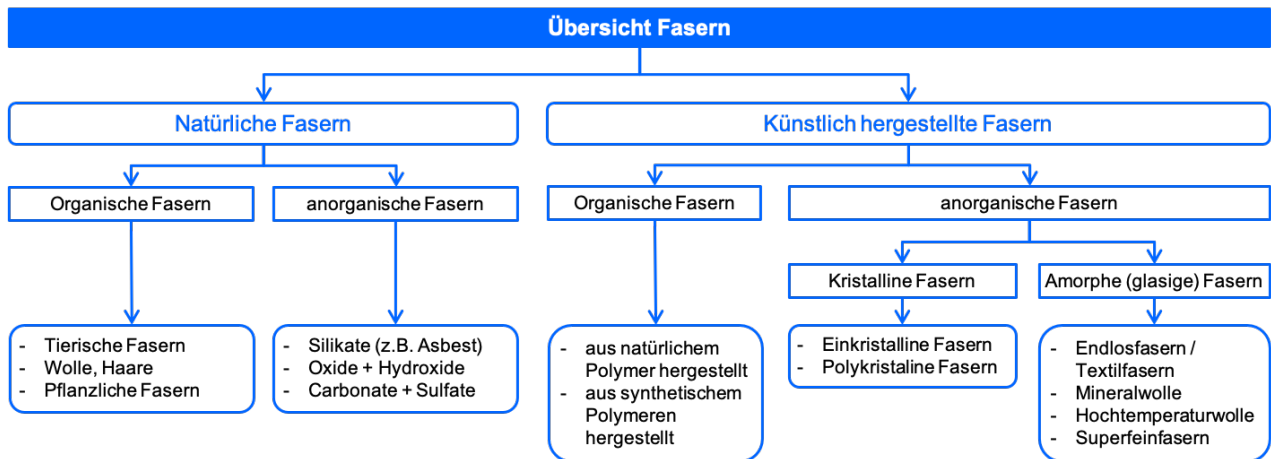


Abbildung 2: Übersicht Fasern in Anlehnung an Dobbertin 1996 (DGUV)

Faserstäube sind feste Stoffe in der Luft, die aus organischen oder anorganischen Stoffen durch mechanische Prozesse oder durch Aufwirbelungen freigesetzt werden. Faserstäube besitzen eine längliche Geometrie [10].

### 3.2 Lungengängige Fasern

Die WHO (World Health Organization / Weltgesundheitsorganisation) hat Kriterien zur Fasergeometrie für krebserzeugende Fasern festgelegt. Hierbei sind die Fasergeometrie und das Bruchverhalten für die Bewertung von Gesundheitsgefahren ausschlaggebend. Die folgenden Kriterien wurden durch die WHO festgelegt:

- Größenverhältnis der Faser: Verhältnis Länge zu Durchmesser 3:1
- Querschnitt der Faser:  $< 3 \mu\text{m}$
- Länge der Faser:  $5 \mu\text{m}$  - ca.  $100 \mu\text{m}$
- biobeständig

Fasern mit einer kritischen Größe (lungengängige Fasern), die in der Lunge ausreichend lange bleiben und biobeständig sind, können krebserzeugend wirken. Fasern, die diese Kriterien erfüllen sind aufgrund ihrer Wirkung auf das Lungengewebe besonders gesundheitsschädigend und entsprechend zu beachten. Da sich die Gesundheitsgefahren für die Fasern unterscheiden, ist für jede Faserart eine einzelne Bewertung erforderlich [11].

#### 3.2.1 Asbest

Das Wort Asbest stammt von dem griechischen Wort „Asbestos“ ab und bedeutet „unauslöslich“. Asbest ist eine Sammelbezeichnung für faserförmige und natürlich vorkommende kristalline Mineralien, die der Gruppe der Silikate zuzuordnen sind. Die Fasern können bei mechanischer Beanspruchung längs in immer dünnere Fasern aufspalten, welche in den krebserregenden Stäuben beim Umgang mit Asbest oder asbesthaltigen Materialien auftreten. Asbest ist beständig gegen Feuer und Hitze [12]. Man unterscheidet zwischen verschiedenen Asbestgruppen, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Übersicht Asbest

Asbestgruppe	Mineralnamen	Trivialname
Serpentinasbeste	Chrysotil	Weißasbest
Alkalihaltige / Amphibolasbeste	Krokydolith	Blauasbest
Alkalifreie oder alkaliarme Amphibolasbeste	Amosit Aktinolith Tremolit Anthophyllit	Braunasbeste

Aufgrund der verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten wurde Asbest bis 1990 in einer Vielzahl von Produkten eingesetzt. Hierzu zählen Zementprodukte (Asbestzement, Wellasbest), Fugenmassen und Putze, sowie Spritzmassen und Brandschutzmaterialien (Pappen, Dichtungen). Die Verteilung der Asbestanwendungen in Deutschland zeigt eine sehr ähnliche Verwendung von 1955-1990 [13]. In Deutschland besteht seit Ende 1993 ein Verbot zum Inverkehrbringen von Asbest oder asbesthaltigen Materialien [14]. In der EU gilt dieses Verbot seit 2005 [15]. Daher ist gerade in Gebäuden die vor 1994 gebaut worden sind, mit asbesthaltigen Baustoffen und Bauteilen zu rechnen. Von unbeschädigten, zementgebundenen Baustoffen oder Bauteilen gehen keine Gefahren aus und sie müssen auch nicht entfernt werden. Es wird bei den Bauprodukten zwischen fest gebundenem Asbest und schwach gebundenem Asbest unterschieden. Eine Freisetzung von Asbestfasern ist bei Brandereignissen unter anderem durch das Einreißen von Wänden oder das Öffnen von Dächern möglich [16]. Die Asbestfasern können direkt auf die Einsatzstelle fallen oder durch die vorhandene Thermik bei Brandereignissen mit dem Brandrauch verteilt werden. Die Asbestfasern verhaken sich bei einer Freisetzung auf rauen Oberflächen. Dies ist bei den unterschiedlichen Textilien der PSA der Fall. Auf glatten Oberflächen, wie zum Beispiel Feuerwehrschrutzhelmen oder Feuerwehrschrutschuhwerk, bleiben die Fasern kaum haften. Aufgrund der Eigenschaften von Asbest, sich bereits bei geringen mechanischen Einwirkungen zu zerkleinern, besteht eine Gesundheitsgefährdung. Asbest-

### 3 Gefahren durch lungengängige Fasern

fasern mit einem Durchmesser von 0,2 µm und einer Länge von 20 µm können über die Atemwege inkorporiert werden (vgl. 3.3).

#### 3.2.2 Sonstige lungengängige Fasern

Neben Asbest gibt es weitere Materialien, aus denen lungengängige Fasern freigesetzt werden können. Hierzu zählen künstliche Mineralfasern oder Faserverbundwerkstoffe.

Als künstliche Mineralfasern werden Glaswolle, Steinwolle, Mineralwolle, Kamilit oder Kamelit bezeichnet. Die Produkte werden als loser Dämmstoff, Platten oder vorgefertigte Formen verbaut und dienen der Isolierung, Wärmedämmung und dem Brand- und Schallschutz in Gebäuden. Bei der Verwendung von Mineralwolldämmstoffe werden Faserstäube freigesetzt, bei denen nach TRGS 521 eine Gesundheitsgefährdung nicht ausgeschlossen werden kann. Es wird zwischen neuer und alter Mineralwolle unterschieden. Aus alter Mineralwolle (Herstellung vor 1996) sind laut TRGS 521 die freigesetzten Faserstäube als krebserzeugend zu bewerten.

Durch die Kombination von Fasern und Füllstoffen, wie zum Beispiel Kunstharze, Methylcellulose oder Metallen, entstehen Faserverbundwerkstoffe, die höherwertige Eigenschaften besitzen, als die beiden beteiligten Komponenten alleine. Dies sind „Glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK)“ und „Kohlefaser (Carbon) verstärkte Kunststoffe (CFK)“. Faserverbundwerkstoffe werden aufgrund ihrer Materialeigenschaften in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, bei Windenergieanlagen, in der Sport- und Freizeitindustrie (z.B. Rennräder) oder im Kunst- und Baugewerbe eingesetzt. Es gibt aktuell keine Studie, die einen Zusammenhang zwischen einer Gesundheitsgefährdung (z.B. Krebs) beim Menschen und der Belastung durch künstliche Mineralfasern belegt [17]. Ein faserbedingtes Krebsrisiko konnte bei Mineralwolle-Dämmstoffen bisher nicht nachgewiesen werden. Die Längsspaltung von Fasern, wie bei Asbest, ist bei künstlichen Fasern nicht zu erwarten. Die Biobeständigkeit der künstlichen Mineralfasern wurde in den letzten Jahren durch die Materialzusammensetzung immer weiter verringert [18]. Unabhängig von der Gefahr Krebs zu verursachen bestehen Gesundheitsgefahren bei der Freisetzung von lungengängigen Fasern, wie zum Beispiel die Reizung der Atemwege (vgl. 3.3).

## **3.3 Gesundheitsgefahren**

Eine Gesundheitsgefahr besteht durch freigesetzte lungengängige Fasern durch das Einatmen oder durch den Kontakt mit der Haut. Bei der Beurteilung der Gesundheitsgefahr ist neben der gefährlichen Wirkung der jeweiligen Stoffe auch die Konzentration, die Expositionszeit und die Geometrie der Partikel zu berücksichtigen. Da es sich bei Asbest um einen natürlich vorkommenden Stoff handelt, ist in der Umgebung immer eine natürliche Hintergrundbelastung mit einer geringen Faserkonzentration vorhanden [18].

### **3.3.1 Gefahr durch Einatmen**

Die einatembare Fraktion ist der Massenanteil aller Schwebstoffe, die durch den Mund oder die Nase eingeatmet werden können. Die Nase und der Rachen verhindern bereits das Eindringen von Teilchen, die Größer als 10 µm sind. Der kleinere Anteil der Schwebstoffe dringt über den Kehlkopf hinaus in die Luftröhre. Diese Massenanteile werden als Thorakale Fraktion bezeichnet. Der Massenanteil an eingeatmeten Partikeln, der bis in die nichtcilierten Luftwege vordringt, wird als alveolengängige (lungengängig) Fraktion bezeichnet [19].

Die Gesundheitsgefahren können für alle beteiligten Personen durch die konsequente Einhaltung von FwDV und UVV minimiert werden. Konkrete Konzepte zur Einsatzstellenhygiene verringern die Gesundheitsgefährdung für alle beteiligten Personen weiter.

Da insbesondere bei Brandeinsätzen der Trupp im unmittelbaren Gefahrenbereich die PSA inklusive Umluft unabhängigen Atemschutz trägt, besteht eine Gesundheitsgefährdung erst beim Ablegen des Umluft unabhängigen Atemschutzes. Aus diesem Grund sind im Rahmen der Einsatzstellenhygiene Konzepte zu entwickeln, um eine Kontaminationsverschleppung zu verhindern und eine Inkorporation auszuschließen. Weiterhin besteht eine Gesundheitsgefährdung durch die Ausbreitung von einatembaren Faserstaub in der Umgebung für alle beteiligten Personen.

### **3.3.2 Gefahr durch Hautkontakt**

An Einsatzstellen können Einsatzkräfte mit freigesetzten Stäuben und Fasern in Kontakt kommen. Hautirritationen in Form von allergischen Reaktionen, Hautreizungen oder Juckreizen können auftreten. Hierbei ist ein Schutz der Augen vor potentiell gesundheitsge-



### *3 Gefahren durch lungengängige Fasern*

fährdenden Stäuben und Fasern im unmittelbaren Gefahrenbereich zu empfehlen. Fasern können der Haut Verletzungen zufügen, indem sie in die Haut eindringen und Entzündungen hervorrufen. Die Fasern müssen dann chirurgisch entfernt werden [19].

#### **3.3.3 Auswirkungen**

Verschiedene Studien haben ergeben, dass das Einatmen von Asbestfasern zu einer Vermehrung des Bindegewebes in der Lunge führen kann [18]. Dies wird als Asbestose (BK-4103) bezeichnet und ist als Berufskrankheit (BK) anerkannt. Weiterhin ist auch asbestinduzierter Lungenkrebs (BK-4104) und Mesotheliom (Bauch- und Rippenfellkrebs) (BK-4105) als Berufskrankheit anerkannt. Das Risiko durch eine Asbestfaser zu erkranken kann nicht abgeschätzt werden, da theoretisch eine einzelne lungengängige Faser Krebs auslösen kann [18]. Das Risiko zu erkranken steigt mit der Expositionsbelastung durch lungengängige Fasern. Hierbei sind die Expositionszeit und die Konzentration der eingeatmeten lungengängigen Fasern von Bedeutung. Aufgrund der langen Latenzzeit zwischen Exposition und den Auswirkungen auf die Gesundheit ist eine Dokumentation bei Einsätzen mit Asbest oder sonstigen lungengängigen Fasern erforderlich. Hierfür bietet sich die zentrale Expositionsdatenbank (ZED) der DGUV an.

## 4 Festlegungen und Verfahren zur Reinigung

Feuerwehren haben bei Einsätzen mit lungengängigen Fasern und der daraus resultierenden Gesundheitsgefährdung Festlegungen und Verfahren zur Reinigung der PSA zu treffen. Es muss organisatorisch sichergestellt werden, dass keine Kontaminationsverschleppung entsteht und die PSA sicher dem Reinigungsprozess zugeführt wird. Die Reinigung der PSA dient der Wiederherstellung der Einsatzbereitschaft. Der Umgang mit kontaminierter PSA, unabhängig von Belastungen durch lungengängige Fasern, ist in der Regel in Konzepten zur Einsatzstellenhygiene beschrieben. Bei den Verfahren ist der gesamte Prozess vom Verlassen des Gefahrenbereichs an der Einsatzstelle bis zur Wiederverwendung der PSA zu betrachten. An den Einsatzstellen muss zunächst erkannt werden, dass lungengängige Fasern freigesetzt worden sind. Indizien für das Vorhandensein von Asbest können Platzgeräusche von Dacheindeckungen und Verkleidungen sein oder durch Informationen vom Eigentümer, Personen mit Sachkundenachweis nach TRGS 519 oder gleichwertigen Kenntnissen (Dachdecker, Schornsteinfeger) erfragt werden. Die mögliche Freisetzung von anderen lungengängigen Fasern muss anhand der Materialien (z.B. Faserverbundwerkstoffe) erkannt werden. Für die eigentliche Reinigung ist die Durchführung einer tätigkeitsbezogenen Gefährdungsbeurteilung nach ArbSchG §5 und GefStoffV §6 erforderlich (vgl. 2.2). Aufgrund der vorhandenen Gefahren (vgl. 3.3) werden die Festlegung und Verfahren zur Reinigung der PSA anhand technischer, organisatorischer und personenbezogener Maßnahmen beschrieben.

### 4.1 Technische Maßnahmen

Technische Maßnahmen zur Reinigung von faserbelasteter PSA bestehen durch verschiedene Reinigungsverfahren oder die Verwendung von Hilfsmitteln. Das Ablegen der PSA, die Durchführung der Grobreinigung und die Transportvorbereitung der verschmutzten PSA sind technische Maßnahmen, die an der Einsatzstelle erfolgen können. Die kontaminierte PSA kann an der Einsatzstelle in wasserlösliche Wäschebeutel, wiederverwendbare PSA-Wäschebeutel oder Plastiksäcke verpackt werden. Weitere technische Maßnahmen erfolgen am Standort der Feuerwehr. Die Entfernung von lungengängigen Fasern mit Klebefolie ist nicht möglich. Das Absaugen von Faserstaub ist mit Industriestaubsauger der Staubklasse H durchführbar. Die Industriestaubsauger eignen sich zur Absaugung von

#### 4 Festlegungen und Verfahren zur Reinigung

freigesetzten Fasern an der Quelle oder auf Oberflächen. Bei der Verwendung von Industriestaubsaugern ist insbesondere die TRGS 519 zu beachten. Glatte Oberflächen (Feuerweherschutzhelme, Feuerweherschuttschuhwerk) können mit einem feuchten Lappen oder durch das Abspülen mit Wasser gereinigt werden, da die Fasern kaum an glatten Oberflächen haften bleiben. Die Reinigung von Textilien muss mit Reinigungsverfahren erfolgen, bei denen das Waschen, das Trocknen und das Imprägnieren der PSA durchgeführt wird. Die Reinigung von Textilien kann durch verschiedene Verfahren erfolgen.

Die Wirkmechanismen von Reinigungsabläufen in der gewerblichen Reinigung lassen sich allgemein anhand des Sinnerschen Kreises beschreiben [20]. Hierbei beeinflussen das Ergebnis die vier Grundparameter, die in Abbildung 3 dargestellt sind.

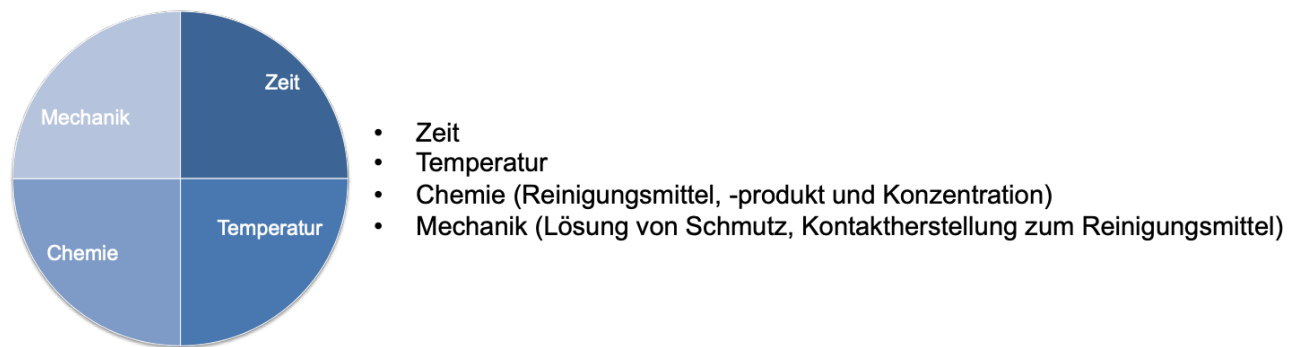


Abbildung 3: Sinnersche Kreis

Unter Berücksichtigung dieser Parameter ist das Reinigungsverfahren individuell an die zu reinigende PSA und die Kontamination anzupassen. Bei allen angewandten Reinigungsverfahren für PSA ist es erforderlich, dass nach der Reinigung die Schutzwirkung weiterhin gegeben ist. Hierzu zählt insbesondere der Schutz vor Hitze und Flammen für Feuerschutzkleidung nach DIN EN 469. Es sind industrielle Waschmaschinen zu verwenden, um die Reinigungsverfahren individuell einzustellen und um eine Kontaminationsverschleppung in private Haushaltswaschmaschinen zu verhindern. Für die Reinigung von PSA werden die Nasswäsche, die Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) Reinigung und die chemische Reinigung angewandt, die nachfolgend beschrieben werden.

Die Nasswäsche ist ein Textilreinigungsverfahren bei dem wasserlösliche Stoffe und Gerüche entfernt werden. Die Textilien werden materialgerecht und fasertief gewaschen. Die verwendeten Waschmittel werden nach der Reinigung ausgespült. Anschließend folgen eine Imprägnierung und eine temperaturgesteuerte Trocknung. Aus den Vorteilen der chemischen Reinigung und der Nasswäsche haben Waschmittelhersteller das Nassreinigungs-

#### *4 Festlegungen und Verfahren zur Reinigung*

verfahren entwickelt. Das offizielle Pflegesymbol für die Nassreinigung ist das W im Kreis. Bei der chemischen Reinigung wird anstatt Wasser ein nichtwässriges Lösungsmittel (z.B. Perchlorethylen) verwendet. Dadurch quellen die Textilien nicht auf und die Fasern behalten ihre ursprüngliche Form [21]. Die chemische Reinigung ist bei Verunreinigungen mit ölhaltigen oder sonstigen polaren Stoffen sinnvoll. Anschließend ist die Durchführung einer Nasswäsche zu empfehlen, um die chemischen Mittel auszuspülen. Es können jedoch Schädigungen der Reflexstreifen und der Klebeschichten auftreten [20]. Die chemische Reinigung ist für lungengängige Fasern nicht geeignet.

Beim CO<sub>2</sub> Reinigungsverfahren wird das CO<sub>2</sub> in die Waschmaschine gepumpt. Das Gas wird komprimiert und somit verflüssigt. Das verflüssigte CO<sub>2</sub> befindet sich im kritischen Bereich und durchdringt das Gewebe der Textilien aufgrund der veränderten Oberflächenspannung. Dadurch sollen aufgrund der fettlöslichen und antibakteriellen Eigenschaften Verschmutzungen aufgenommen werden. Nach dem Absaugen und Entspannen des CO<sub>2</sub> geht dieses wieder in den gasförmigen Zustand über und sorgt für ein Ausfallen der Schmutzpartikel. Das Verfahren verursacht sehr hohe Kosten [22]. Lungengängige Fasern können mit einer guten Verflüssigung des CO<sub>2</sub> heraus gespült werden. Im Rahmen der Literaturrecherche konnte festgestellt werden, dass die CO<sub>2</sub> Wäsche von der Berliner Feuerwehr und der Aviation Academy am Flughafen Ljubljana (Slowenien) genutzt wird. Die Berliner Feuerwehr analysiert die Reinigungsergebnisse gemeinsam mit dem Labor Centexbel in Belgien [23]. Es sind aber weitere wissenschaftliche Untersuchungen zur Wirksamkeit des CO<sub>2</sub> Reinigungsverfahren erforderlich.

Die Hersteller der PSA veröffentlichen Waschinweise und Informationen zum Umgang mit der PSA. Die unterschiedlichen Herstellerempfehlungen zur Reinigung variieren in ihrem Umfang je nach Hersteller. Die PSA soll regelmäßig unter Berücksichtigung der Wasch- und Pflegesymbole gereinigt werden. Weiterhin werden Angaben zur Verwendung von Reinigungsmitteln (Waschmittel, Weichspüler, Aufheller, etc.), zum Trocknen und zur Imprägnierung gemacht. Die Anwendung der chemischen Reinigung mit Perchlorethylen ist teilweise möglich. Ansonsten wird die Nasswäsche empfohlen.

Die Spezialwäscherei Meyer&Kuhl hat gemeinsam mit einem akkreditierten Labor ein Testverfahren für PSA mit Asbestbelastung entwickelt und das eigene Waschverfahren überprüft. Bei dem Testverfahren wurde sichergestellt, dass die Asbestbelastung der unterschiedlichen Textilproben vergleichbar ist. Das angewandte Waschverfahren der Spezialwäscherei Meyer&Kuhl konnte 100% Chrysotil Fasern und 99% Amosit Fasern ent-

fernen. Der detaillierte Ablauf des entwickelten Waschverfahrens wird nicht veröffentlicht [24]. In der Schweiz wurden ebenfalls Untersuchungen von PSA nach Asbestkontamination durch eine anerkannte Asbestsanierungsfirma durchgeführt. Die PSA wurde zunächst mit Luftdruck in einer stationären Sanierungszone ausgeblasen. Anschließend folgte eine Nasswäsche in einer Industriewaschmaschine. Nach der Reinigung waren keine Asbestfasern mehr nachweisbar [25]. Bei Vorliegen einer möglichen Kontamination mit Asbest, kann mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops eine Probe der PSA untersucht werden. Die Detektion von anderen lungengängigen Fasern und Stoffen ist ebenfalls möglich. Eine 100% analytische Absicherung jede Faser zu entdecken ist nicht gegeben.

## **4.2 Organisatorische Maßnahmen**

Bei der Freisetzung von lungengängigen Fasern sind die Inhalte der FwDV 500 zu beachten. Hierzu zählt die Festlegung des Gefahrenbereichs, die Aufenthaltsbegrenzung von Personen im Gefahrenbereich und das Durchführen von Dekontaminationsmaßnahmen. Bei bekannter Freisetzung von lungengängigen Fasern kann bereits ein Schwarz-Weiß Bereich an der Einsatzstelle festgelegt und gekennzeichnet werden. Eine Schulung aller Feuerwehrangehörigen ist erforderlich, um die Notwendigkeit der Hygienemaßnahmen zu erläutern und eine Sensibilisierung für die möglichen Gesundheitsgefahren zu erreichen. Viele Feuerwehren erstellen Konzepte zur Einsatzstellenhygiene in denen auch der Umgang mit kontaminierter PSA beschrieben wird [26]. In den Konzepten zur Einsatzstellenhygiene ist die Kontamination mit lungengängigen Fasern wie Asbest zu berücksichtigen. Wird während eines Feuerwehreinsatzes die Freisetzung von lungengängigen Fasern festgestellt, hat der Einsatzleiter entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Je nach Bundesland bestehen durch andere Behörden (z.B. LANUV NRW) Unterstützungsmöglichkeiten an Einsatzstellen mit Umweltgefährdung durch Fachexpertise oder Messtechnik. An der Einsatzstelle ist die Umweltbelastung durch lungengängige Fasern zu untersuchen und bei Vorliegen sind in Absprache mit dem Ordnungsamt und dem Umweltamt Maßnahmen einzuleiten.

Vor der Reinigung müssen alle Taschen der PSA geleert werden, Rückenschilder und sonstige Teile (Karabiner etc.) entfernt werden. Danach kann die PSA in geeignete Transportmittel verpackt und der Reinigung zugeführt werden. Die Dokumentation und Expositionserfassung ist nach §14 GefStoffV erforderlich und organisatorisch sicherzustellen.

## *4 Festlegungen und Verfahren zur Reinigung*

Als Hilfestellung bietet sich das Ablaufschema nach TRGS 410 an, wo der Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen dargestellt ist. Eine erste Dokumentation kann durch die Atemschutzüberwachung erfolgen. Die Dokumentation ist 40 Jahre zu archivieren. Als sehr gute Alternative steht die zentrale Expositionsdatenbank (ZED) der DGUV zur Verfügung, in der Personen registriert werden können, die krebserzeugenden Stoffe ausgesetzt waren. Die Langlebigkeit der PSA wird durch jeden Waschvorgang verringert. Es ist erforderlich zu dokumentieren mit welchen Stoffen die PSA kontaminiert worden ist und wie häufig die PSA gereinigt worden ist. Die Dokumentation ist erforderlich, um nachvollziehen zu können, wann die PSA ausgemustert werden muss und wann bestimmte Reinigungsvorgänge, wie die Imprägnierung nach Herstellerempfehlungen, erforderlich sind.

### **4.3 Personenbezogene Maßnahmen**

Die personenbezogenen Maßnahmen beziehen sich auf die Verwendung von PSA an der Einsatzstelle und bei der Reinigung. Bei Freisetzung von lungengängigen Fasern an der Einsatzstelle muss der Eigenschutz durch das vollständige Tragen der PSA und die Nutzung von FFP2-Masken oder ABEK-Filtern erfolgen. Die Schutzkleidung ist auch bei wärmeren Temperaturen zu tragen. Bei der Durchführung der Reinigung sind Personen mit einer FFP2-Maske, einem Staubschutzanzug, Handschuhe und Überschuhe zu schützen. Jeder Feuerwehrangehörige trägt durch die Einhaltung der allgemeinen Hygieneregeln an der Einsatzstelle, der UVV, der FwDV und ggf. von internen Dienstabweisungen dazu persönlich bei, die Gesundheitsgefährdung zu minimieren. Durch regelmäßige Schulungen zu den Gesundheitsgefahren und dem richtigen Umgang mit der PSA wird die Sicherheit gefördert.

### **4.4 Besonderheiten**

Es kann vorkommen, dass erst nach einem Brand die Freisetzung von Asbest oder sonstigen lungengängigen Fasern festgestellt wird, wie bei einem Brandereignis im September 2017 in Löhne [27]. Hier müssen die entsprechenden Maßnahmen (vgl. 4.2) ebenfalls durchgeführt werden. Hierbei ist insbesondere die mögliche Kontaminationsverschleppung zu berücksichtigen.

# 5 Vergleich

Der Vergleich der unterschiedlichen Festlegungen und Verfahren zur Reinigung der PSA bei Asbest oder sonstigen lungengängigen Fasern bezieht sich auf ausgewählte Feuerwehren aus Deutschland, der Schweiz und Schweden (vgl. Anhang 6). Zu kontaminierter PSA mit lungengängigen Fasern liegen europaweit nur sehr wenige Informationen vor. Die Vorgehensweise ist aber deutschland- und europaweit sehr ähnlich. Der Vergleich orientiert sich am Ablauf an der Einsatzstelle und soll so den Praxisbezug gewährleisten. Bei der Umsetzung der technischen, organisatorischen und personenbezogenen Maßnahmen (vgl. 4) im Rahmen des gesamten Reinigungsprozesses bestehen an verschiedenen Stellen unterschiedliche Vorgehensweisen. Um eine Vergleichbarkeit herzustellen wurden die folgenden Teilaspekte betrachtet:

1. Durchführung der Reinigung
2. Transport der kontaminierten PSA
3. Herstellerangaben zur Reinigung der PSA
4. Reinigungsverfahren für PSA

## 5.1 Durchführung der Reinigung

Die Reinigung der PSA kann durch Feuerwehren eigenständig oder durch externe Wäschereien durchgeführt werden [26]. Beide Varianten bieten unterschiedliche Vor- und Nachteile (vgl. Anhang 1). Die eigenständige Reinigung der PSA bietet den Vorteil der kurzen Transportwege. Als nachteilig ist der erhöhte Schulungsaufwand der Mitarbeiter, die Anschaffung der Technik (Industriewaschmaschine, Trockner / Trockenschrank, Verbrauchsmaterialien, etc.), die nicht gegebene Garantie und der Arbeitsaufwand (Durchführung, Dokumentation, etc.) zu bewerten. Die vorhandene Technik, das geschulte Personal sowie die Durchführung von ergänzenden Dienstleistungen, wie die Dokumentation oder Reparatur der PSA, sind Vorteile von Wäschereien. Nachteilig sind die langen Transportwege. Außerdem ist eine Vorarbeit erforderlich, da die Dienstleistung entsprechend der Regelungen im Vergaberecht ausgeschrieben werden muss. Dadurch ist eine größere Anzahl an Ersatz PSA vorzuhalten. Alternativ kann die Reinigung der PSA nur anlassbezogen (z.B. Art der Kontamination) entweder durch die Feuerwehr oder durch einen externen Dienstleister durchgeführt werden. Bei einer hohen augenscheinlichen Kontaminationsbe-

lastung ist die fachgerechte Entsorgung der PSA eine Alternative. Grundsätzlich ist bei der Entscheidung der Durchführung die Wirtschaftlichkeit zu betrachten. Hierbei sind die Kosten für das Reinigungsverfahren, der Zustand der PSA und die Verwendungshäufigkeit zu beurteilen.

### 5.2 Transport der kontaminierten PSA

Für den Transport der kontaminierte PSA stehen wasserlösliche Wäschebeutel, wiederverwendbare PSA-Wäschebeutel oder Plastiksäcke zur Verfügung. Wasserlösliche Beutel sind einfach zu lagern und kostengünstig. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass sich die wasserlöslichen Beutel durch äußere Einflüsse wie Regen oder nasse PSA auflösen und so eine Kontaminationsverschleppung entstehen kann. Außerdem sind die Beutel nur einmalig zu verwenden. Spezielle PSA Wäschebeutel haben die Vorteile wiederverwendbar zu sein, sich bei Wasser nicht versehentlich aufzulösen und bieten eine einfache Dekontamination beim Waschvorgang. Die Wäschebeutel können mit der kontaminierten PSA gewaschen werden ohne geöffnet werden zu müssen. Die wasserlöslichen Wäschebeutel können sich jedoch vor dem Waschvorgang durch äußere Einflüsse wie Regen oder nasse PSA auflösen [16]. Plastiksäcke können sich durch äußere Einflüsse nicht auflösen, sind sehr stabil und können nach der Verwendung entsorgt werden. Die Plastiksäcke müssen allerdings vor dem Waschvorgang geöffnet werden und es können Fasern oder sonstige Stoffe entweichen. Beim Verpacken der PSA in die Wäschebeutel ist zu beachten, dass bereits alle Fremdteile entfernt worden sind. Eine Verwendung von Plastiksäcken, Kisten oder ähnlichen Behälter ist nicht zu empfehlen. Ein Vergleich der Vor- und Nachteile von Transportmöglichkeiten für kontaminierte PSA befindet sich im Anhang (siehe Anhang 2).

### 5.3 Herstellerangaben zur Reinigung der PSA

Ein exemplarischer Vergleich der Herstellerempfehlungen von drei Brandschutzjacken hat unterschiedliche Angaben zur Reinigung ergeben (vgl. Anhang 3). Es gibt unterschiedliche Angaben nach wie vielen Reinigungsgängen eine erneute Imprägnierung notwendig ist. Außerdem werden unterschiedliche Angaben zur Temperatur im Trockner gemacht. Alle Hersteller geben an, dass bei den Waschverfahren Verschlusselemente wie Reißverschlüsse, Klettbänder geschlossen oder abgedeckt werden müssen. Taschen sind zu



entleeren und Rückenschilder, sowie ablösbare Metallteile zu entfernen. Die Angaben der Hersteller beziehen sich nur auf allgemeine Angaben zur Reinigung und beinhalten keine Aspekte die bei einer Kontamination mit lungengängigen Fasern zu berücksichtigen sind. Es ist erforderlich die verschiedenen Herstellerempfehlungen bei der Reinigung zu beachten, um mögliche Garantien geltend zu machen. Eine Vermischung von Einsatzkleidung verschiedener Herstellern in einem Waschvorgang ist zu vermeiden.

### 5.4 Waschverfahren für PSA

Für den eigentlichen Waschvorgang stehen den Feuerwehren diverse Waschverfahren zur Verfügung. Die Literaturrecherche und der Austausch mit verschiedenen Experten haben ergeben, dass Asbest oder sonstige lungengängige Fasern mit dem CO<sub>2</sub> Waschverfahren oder einem wasserbasiertem Waschverfahren entfernt werden können. Die Veröffentlichungen der Spezialwäscherei Meyer&Kuhl in Zusammenarbeit mit einem akkreditierten Prüflabor bestätigen dies. Ein detaillierter Vergleich der Waschverfahren ist nicht möglich, da der genaue Ablauf das Geschäftsgeheimnis der Wäschereien darstellt und nicht veröffentlicht wird. Die Anwendung der verschiedenen Reinigungsverfahren ergeben aber Vor- und Nachteile (vgl. Anhang 4). Bei der Nasswäsche ist viel Wasser zu verwenden und der Vorgang ist möglichst schonend durchzuführen. Somit soll erreicht werden, dass die einzelnen Fasern aus den Textilien ausgespült werden. Die Nasswäsche kann durch Feuerwehren eigenständig durchgeführt werden. Bei einem einzelnen Waschgang kann die vollständige Entfernung der Fasern nicht sichergestellt werden. Die Überprüfung von Stichproben der Reinigungsleistung ist in Laboren möglich. Es kann allerdings nur eine qualitative Aussage zur Faserbelastung getroffen werden. Ob ein zweiter Waschvorgang weitere Fasern ausspült und so den Reinigungserfolg erhöht kann nicht beurteilt werden. Aus den Veröffentlichungen der Spezialwäscherei Meyer&Kuhl geht hervor, dass mit dem angewandten Waschverfahren Chrysotil Fasern im Gegensatz zu Amosit Fasern zu 100% entfernt werden konnten. Andere Wäschereien haben ebenfalls mit der Nasswäsche Asbestfasern entfernen können. Die PSA wurde anschließend durch anerkannte Labore überprüft und es konnten keine Fasern mehr nachgewiesen werden. Mit dem CO<sub>2</sub> Reinigungsverfahren ist auch ein Reinigungserfolg zu erreichen, aber das Verfahren ist noch nicht weit verbreitet und sehr teuer in der Anwendung.

## 6 Fazit

Verschiedene Veröffentlichungen zur Einsatzstellenhygiene bilden die Grundlage für die Reinigung der persönlichen Schutzausrüstung. Hierzu zählen u.a. das vfdb-Merkblatt 10-13 Einsatzhygiene und die DGUV Information 205-035 zur „Hygiene und Kontaminationsvermeidung bei der Feuerwehr“. Darauf aufbauend ist ein Prozess zur Reinigung von PSA bei Asbest oder sonstigen lungengängigen Fasern durch die Feuerwehren festzulegen, bei dem der Transport, die Durchführung und die Reinigung zu bewerten ist (vgl. Anhang 5). Die Einhaltung vorhandener Regelungen zur Verwendung der PSA, Umsetzung von Konzepten zur Einsatzstellenhygiene und den Grundsätzen der Einsatztaktik führen bereits zu einer Reduzierung der möglichen Gesundheitsgefährdung. Die Recherchen haben deutschland- und europaweit eine sehr ähnliche Vorgehensweise der Feuerwehren ergeben. Die Anwendung einer optimierten Nasswäsche für PSA ermöglicht das Entfernen von Asbest und anderen lungengängigen Fasern. Die Reinigungsverfahren müssen unter Berücksichtigung der Kontamination, der PSA und der verwendeten Technik anhand des Sinnerschen Kreises angepasst werden. Das CO<sub>2</sub> Waschverfahren ist ebenfalls geeignet, aber unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und der Umweltaspekten nur bedingt zu empfehlen. Ein gewisses Restrisiko, dass einzelne Fasern nicht ausgewaschen werden bleibt bestehen. Feuerwehren können die PSA mit professionellen Reinigungsmaschinen und einem eingestellten Ablauf eigenständig waschen oder Wäschereien mit der Durchführung beauftragen. Eine Normierung von Reinigungsverfahren für PSA der Feuerwehr, ähnlich wie für die Reinigung von Infektionswäsche im Rettungsdienst, wäre wünschenswert. Dadurch könnte eine Vergleichbarkeit der Waschverfahren und eine höhere Sicherheit bei der Reinigung erreicht werden. Das Bewusstsein für Gesundheitsgefahren durch kontaminierte PSA ist in den letzten Jahren gestiegen. Daher wird mehr Aufwand betrieben die Reinigung und Pflege der PSA durchzuführen, was langfristig zu höheren Kosten führen wird. Wissenschaftliche Forschungen zu Reinigungsverfahren für PSA sind erforderlich, um mögliche Gesundheitsgefahren auszuschließen. Veröffentlichungen zum richtigen Umgang mit Asbest oder sonstigen lungengängigen Fasern an der Einsatzstelle werden voraussichtlich 2021 durch verschiedene Unfallkassen und Fachverbände folgen.

## Literatur

- [1] *FwDV 500 Einheiten im ABC-Einsatz*. 2012.
- [2] Klasse Wäsche. Fach-glosar. <https://www.klassewaesche.com/fach-glossar/>. Abgerufen am: 10.12.2020.
- [3] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Autonomes recht der unfallversicherungsträger. [https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/UVT-Recht/Autonomes-Recht-der-UVT\\_node.html](https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/UVT-Recht/Autonomes-Recht-der-UVT_node.html). Abgerufen am: 10.12.2020.
- [4] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Gibt es kriterien für die auswahl von maßnahmen? [https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefaehrdungsbeurteilung/Grundlagenwissen/Sieben-Schritte-zur-Gefaehrdungsbeurteilung/Schritt\\_4/Kriterien-fuer-Auswahl-von-Massnahmen.html](https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefaehrdungsbeurteilung/Grundlagenwissen/Sieben-Schritte-zur-Gefaehrdungsbeurteilung/Schritt_4/Kriterien-fuer-Auswahl-von-Massnahmen.html). Abgerufen am: 11.12.2020.
- [5] *FwDV 1 Grundtätigkeiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz*. 2006.
- [6] *TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte*. Ausschuss für Gefahrstoffe, 2006, zuletzt geändert am 23.10.2020.
- [7] *Anleitung und Informationen des Herstellers*. S-GARD® Schutzkleidung. online abgerufen am: 10.12.2020.
- [8] NDR. Großbrand in bremen: Asbest im umkreis entdeckt. [https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg\\_ostfriesland/Grossbrand-in-Bremen-Asbest-im-Umkreis-entdeckt,aktuelloldenburg4690.html](https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg_ostfriesland/Grossbrand-in-Bremen-Asbest-im-Umkreis-entdeckt,aktuelloldenburg4690.html), 05.05.2020. Abgerufen am: 11.12.2020.
- [9] Michael Neumann und Anna Gemünd. Tennishalle im kurpark komplett zerstört. *Hellweger Anzeiger*, 07.08.2020.
- [10] DGUV. Was ist staub? <https://www.dguv.de/staub-info/was-ist-staub/index.jsp>. Abgerufen am: 10.12.2020.
- [11] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). *Künstliche Mineralfasern*. Neufassung: Februar 2004 Überarbeitungen: April 2018.
- [12] *Asbest*. GESTIS Stoffdatenbank, abgerufen am 11.12.2020.

- [13] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. *Nationales Asbest Profil Deutschland*. 2. überarbeitete Auflage 2020.
- [14] DGUV. Asbest. <https://www.dguv.de/de/praevention/themen-a-z/asbest/index.jsp>. Abgerufen am: 10.12.2020.
- [15] Umwelt Bundesamt. Asbest. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/chemische-stoffe/asbest#undefined>. Abgerufen am: 11.12.2020.
- [16] Axel Meyer Jochen Kuhl. *Professionelle Behandlung asbestkontaminierter PSA*. Deutscher Feuerwehrzeitung: BRANDschutz, Juni 2020.
- [17] Dominique Max. *Eigenschaften und Abbrandverhalten von Faserverbundwerkstoffen, speziell Kohlefaserverbundwerkstoffen (CFK), sowie erforderliche Maßnahmen*. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), März 2015.
- [18] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). *Asbest*. Neufassung: Februar 2004 Überarbeitungen: April 2018.
- [19] Herrmann Spanner. *Einsätze mit Faserverbundwerkstoffen*. Kohlhammer Verlag, 1. auflage edition, 2018.
- [20] Ulrich Körner. *Kontamination von Feuerwehr-PSA: Welche Reinigungsverfahren sind geeignet?* Deutscher Feuerwehrzeitung: BRANDschutz, April 2020.
- [21] Wäscherei Müller. Wäscherei müller. <https://www.waschsalon-wolfi.de>. Abgerufen am: 10.12.2020.
- [22] Jochen Torns. *CO2 Wäsche für PSA: Ist dies die Zukunft*. Deutscher Feuerwehrzeitung: BRANDschutz, Januar 2020.
- [23] Fabian Müller. *Analyse und evaluation von reinigungsverfahren für feuerwehreinsatzkleidung nach kontamination mit brandzersetzungsprodukten unter laborbedingungen*. Master's thesis, Bergische Universität Wuppertal, 17. September 2019.
- [24] Axel Meyer Dr. Stefan Pierdzig Ralf Klaus Blecher, Dr. Jochen Kuhl. *Testverfahren zur Waschleistung/ Dekontaminierung von Feuerwehrtextilien bei Asbest-Belastung*. MeyerundKuhl Spezialwäschen GmbH, CRB Analyse Service GmbH, 15.02.2019.
- [25] Denise Kull-Portmann. *Untersuchung Einsatzkleidung nach Asbestkontamination*. Ecosens AG, 21.11.2018.

## *Literatur*

- [26] *DGUV Information 205-035: Hygiene und Kontaminationsvermeidung bei der Feuerwehr*. DGUV, Mai 2020.
- [27] Christian Ehlert. *Brand einer Gewebehalle in Löhne*. Deutscher Feuerwehrzeitung: BRANDschutz, Februar 2019.

## **Abbildungsverzeichnis**

1	STOP-Prinzip . . . . .	4
2	Übersicht Fasern in Anlehnung an Dobbertin 1996 (DGUV) . . . . .	8
3	Sinnersche Kreis . . . . .	14

## **Tabellenverzeichnis**

1	Übersicht Asbest . . . . .	9
---	----------------------------	---

## **Anhangverzeichnis**

- 1 Vergleich der Durchführung
- 2 Vergleich Transportmöglichkeiten kontaminierter PSA
- 3 Vergleich von Herstellerempfehlungen
- 4 Vergleich der Reinigungsverfahren für PSA
- 5 Ablaufdiagramm zum Umgang mit kontaminierter PSA durch lungengängige Fasern
- 6 Übersicht Gesprächspartner im Rahmen der Literaturrecherche



### Anhang 1: Vergleich der Durchführung

	<b>Feuerwehr</b>	<b>Wäscherei</b>
Vorteile	kurze Wege von Kontamination bis Reinigung	Technik zur Reinigung vorhanden
		Mitarbeiter sind ausgebildet
		Durchführung ergänzender Dienstleistungen (Dokumentation, Reparatur)
		Garantie bei falscher Reinigung
Nachteile	Ausbildung von eigenem Personal erforderlich	Transportwege sind länger
	höherer Arbeitsaufwand bei Feuerwehr	Kosten für Reinigung
	keine Garantie bei falscher Reinigung	Vorhaltung von mehr Reservekleidung erforderlich
	Anschaffung von Technik zur Reinigung (Industriewaschmaschine, Trockner / Trockenschrank)	

## Anhang 2: Vergleich Transportmöglichkeiten kontaminierter PSA

	<b>Wasserlösliche Beutel</b>	<b>PSA Wäschebeutel</b>	<b>Plastiksäcke</b>	<b>Kisten o.ä.</b>
Vorteile	günstig	wiederverwendbar	können nach Gebrauch entsorgt werden	Witterungsbeständig
	einfache Handhabung	keine Reaktion mit Feuchtigkeit	günstig	einfache Handhabung
	geringer Platzbedarf	einfache Lagerung	Witterungsbeständig	
			einfache Handhabung	
Nachteile	mehrmalige Nutzung nicht möglich	hoher Preis	mehrmalige Nutzung nicht möglich	sehr hoher Reinigungsaufwand
	Zersetzung des Beutels möglich		Plastiksäcke müssen vor der Reinigung geöffnet werden	Gefahr der Kontaminationsverschleppung
	Rückstände des Beutels im Waschvorgang			

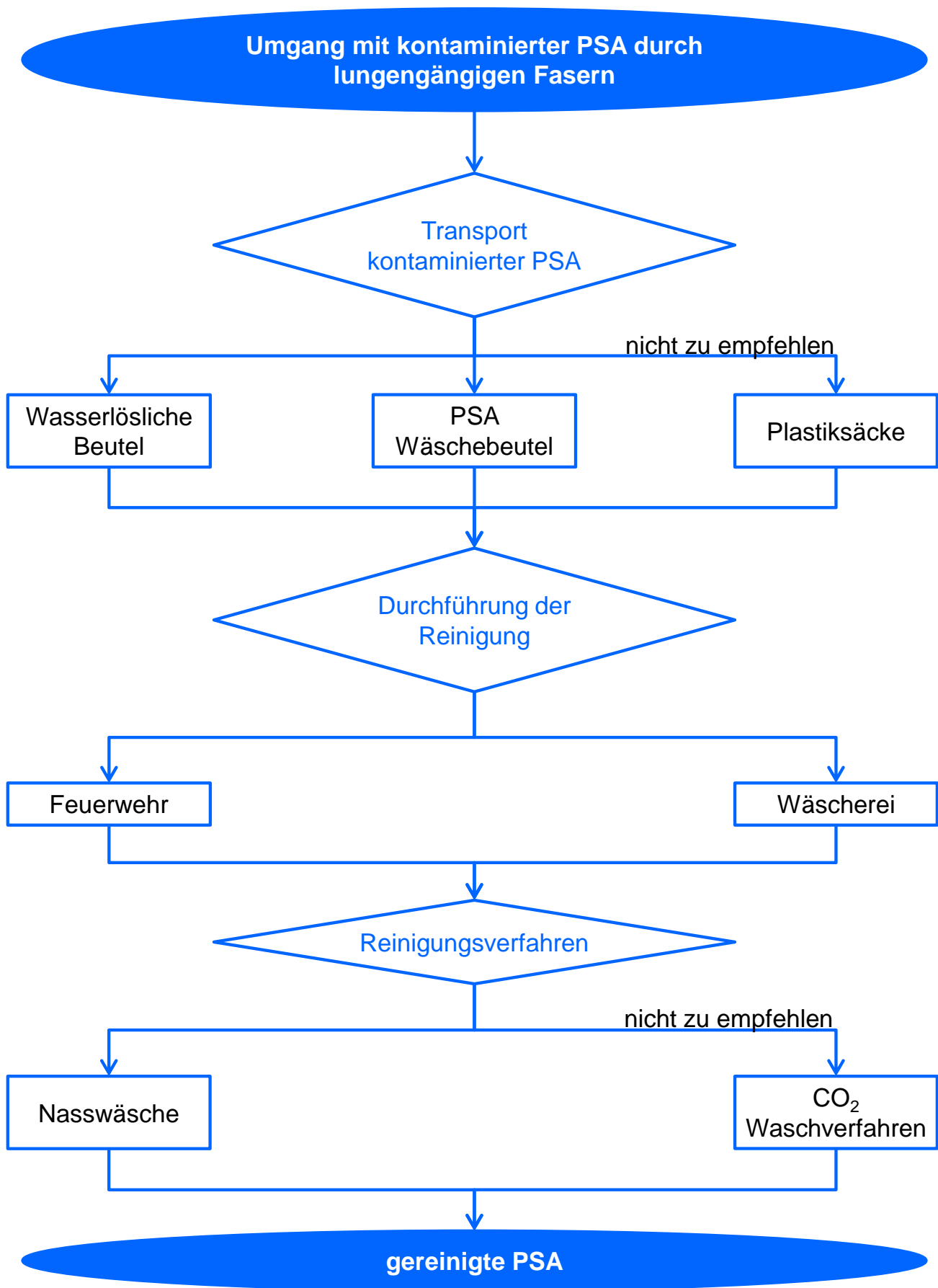
### Anhang 3: Vergleich von Herstellerempfehlungen

	<b>Viking BS Jacke LSTE</b>	<b>S-Gard Überjacke Hero</b>	<b>Texport Airlock Jacke</b>
Waschen	bei 60 Grad in Waschmaschine	bei 60 Grad in Waschmaschine	bei 60 Grad in Waschmaschine
Bügeln	mit dem Handbügelseisen bei mittlerer Einstellung möglich	mit dem Handbügelseisen bei mittlerer Einstellung möglich	mit dem Handbügelseisen bei mittlerer Einstellung möglich
Trocknen	bei voller Heizleistung möglich	bei reduzierter Heizleistung möglich	bei reduzierter Heizleistung möglich
Bleichmittel	nicht verwenden	nicht verwenden	nicht verwenden
Chemische Reinigung	Reinigung mit Perchlorethylen möglich	Reinigung mit Perchlorethylen möglich	Reinigung mit Perchlorethylen möglich
Imprägnierung	nach jeder 5. Wäsche	nach jeder 3. Wäsche	nach jeder 5. Wäsche

#### Anhang 4: Vergleich der Reinigungsverfahren für PSA

	<b>Nasswäsche</b>	<b>CO<sub>2</sub> Waschverfahren</b>
Vorteile	Reinigungserfolg gegeben	Reinigungserfolg möglich
	Reinigungserfolg nachgewiesen	
	eigenständige Durchführung möglich	
Nachteile	Waschverfahren muss professionell eingestellt werden	teuer
		Umweltaspekte negativ
		spezielle Technik erforderlich

## Anlage 5: Ablaufdiagramm zum Umgang mit kontaminierter PSA durch lungengängige Fasern



## Anhang 6: Übersicht Gesprächspartner im Rahmen der Literaturrecherche

Name	Dienststelle / Unternehmen	Funktion
Bätge, Marcus	FeuerKrebs gUG	Geschäftsführer
Cronauge, Dietmar	UK NRW	Sachgebiet Feuerwehr
Henningson, Jenny	Storstockholms brandförsvar	Arbetsledare Dyk- och materieldepån
Herda, Tobias	Berliner Feuerwehr	Sachgebietsleiter Dienst- und Schutzkleidung
Klein, Matthias	Feuerwehr Wiesbaden	Brandoberinspektoranwärter
Körner, Ulrich	Feuerwehr Hamburg	Abteilung Technik und Logisitk
Lux Dr., Adrian	LANUV NRW	Sondereinsatz
Ortmann, Dirk	Feuerwehr Düsseldorf	Abteilung Technik
Pelzl, Tim	DGUV, UK Baden- Württemberg	Leiter des Fachbereichs Feuerwehren, Hilfeleistungen, Brandschutz
Plümper, Georg	Wäscherei Plümper	Inhaber
Reuter, Lars	Textilgutachten Reuter	Vereidigter Sachverständiger der Handwerkskammer Hamburg für die Textilpflege, Heim- und Haustextilien, PSA
Sandvoß, Uwe	Feuerwehr Magdeburg	Sachbearbeiter Kleiderkammer
Spörri, Christian	Gebäudeversicherung Kanton Zürich	Stellvertretender Leiter Feuerwehr
Weischenberg, Olaf	Feuerwehr Unna	Leiter des Bereichs Feuerschutz- und Rettungswesen, stellvertretender Wehrleiter
Wienecke, Thomas	Kreis Soest	Kreisbrandmeister

