

## Testverfahren zur Waschleistung/ Dekontaminierung von Feuerwehrtextilien bei Asbest-Belastung

Ralf Klaus Blecher<sup>(b)</sup>, Dr. Jochen Kuhl<sup>(a)</sup>, Axel Meyer<sup>(a)</sup>, Dr. Stefan Pierdzig<sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup>MeyerundKuhl Spezialwäschen GmbH, 37181 Hardegsen

<sup>(b)</sup>CRB Analyse Service GmbH, 37181 Hardegsen

Keywords: Feuerwehrkrebs, Einsatz-Hygienevorschriften, Reinigung von asbestbehandelten Feuerwehrtextilien, Asbest auf Einsatzbekleidung

### *Einleitung*

Bei Einsätzen der Feuerwehren sind die Einsatzkräfte je nach Einsatzlage verschiedensten Gefahrenstoffen ausgesetzt. Das IARC (internationale Agentur für Krebsforschung, eine Unterorganisation der Weltgesundheitsorganisation (WHO), hat bereits 2007 festgestellt, dass Brandrauch krebserregend ist und typische Karzinogene benannt. Neben PAK's, Formaldehyd und weiteren zählt Asbest zu den in Brandsituationen vorkommenden Stoffen. Die zunehmende Sensibilität bei der Einsatzhygiene insb. bei schwer kontaminierter Einsatzbekleidung wirft die Frage auf, wie und in welchem Maße eine mit Asbest verunreinigte Einsatzbekleidung überhaupt wieder gereinigt werden kann. Ist das Waschverfahren einer Spezialwäscherei prinzipiell in der Lage, Asbestverunreinigungen aus typischen Stoffen der Einsatzbekleidung zu entfernen? Auch im Fokus steht die Frage, ob die typischerweise zur Fertigung einer Einsatzbekleidung verwendeten Stoffarten eine höhere Reinigungsleistung zulassen, als andere Stoffarten wie z.B.: Baumwolle. Gibt es dabei Unterschiede in den verwendeten Stoffarten, die bei der Produktion von Einsatzbekleidung verwendet werden?

Ein Kernproblem bei der Beurteilung der Reinigungsleistung von Waschverfahren ist das Fehlen eines standardisierten Testverfahrens. In Kooperation einer Spezialwäscherei und eines akkreditierten Asbestlabors wurde ein Testverfahren entwickelt und an Hand einer Versuchsreihe angewendet, um eine qualitative Aussage und eine Quantifizierung der Reinigungsleistung zu ermöglichen.

Da das verwendete Waschverfahren eine langjährige Entwicklung der Spezialwäscherei MeyerundKuhl ist, wird dieses nicht veröffentlicht. Zum besseren Verständnis wird aber im Anhang 5 ein Standardwaschverfahren für Einsatzbekleidung beschrieben. Es war nicht Gegenstand dieser Untersuchung, Unterschiede der beiden Verfahren bzgl. der Reinigungswirkung bei Kontaminationen festzustellen. Diese werden aber nicht vermutet.

### *Ziel des Testverfahrens*

Das Testverfahren soll in Zusammenarbeit zwischen einer Spezialwäscherei für Persönliche Schutzausrüstung und einem Speziallabor für Asbest-Analytik einen Nachweis führen, ob durch ein Wasch- und Imprägnierverfahren eine Dekontaminierung von Feuerwehrtextilien in ausreichendem Maß stattfindet. Dabei soll durch das Testverfahren mit unterschiedlichen textilen Stoffen (die für die Herstellung einer persönlichen Schutzausrüstung üblich sind, wie z.B.: Nomex, PBI oder X55) eine Aussage getroffen werden, ob die Stoffart einen Einfluss auf die Reinigungswirkung hat. Auch soll der Nachweis geführt werden, ob diese speziellen textilen Stoffe sich besser zu einer Dekontaminierung in einer Wäscherei eignen als vergleichbare Baumwoll- oder Synthetik-Stoffe.

Der Test soll dabei unter realen Bedingungen durchgeführt werden, es kommen die Verfahrensanweisungen der Einsatzhygiene bei der Brandbekämpfung zur Anwendung. Ebenso werden die Teststoffe gemeinsam mit üblicher Feuerwehrbekleidung zusammen gewaschen, um dieselben mechanischen Belastungen zu erreichen, die in einer Spezialwäscherei durch das Wasch- und Imprägnierverfahren entstehen.

Da die üblichen Einheiten zur Beurteilung von Asbestkontaminationen, wie Massegehalt Asbest in % oder Fasern pro m<sup>3</sup> Luft, für die Verunreinigung von Stoffen mit Asbest wenig aussagefähig sind, wird die Asbestkonzentration in Faserstrukturen pro cm<sup>2</sup> Stoff angegeben.

In Ermangelung offizieller Grenzwerte kann nach diesem Verfahren nur die Wirksamkeit des Waschverfahrens durch den Vergleich der Faserkonzentrationen vor und nach dem Waschvorgang beurteilt werden.

### ***Vorgehensweise des Testverfahren / Durchführung des Testverfahrens***

In Ermangelung geeigneter Prüfvorschriften für eine Testumgebung zur Kontamination von Feuerwehrtextilien mit Asbest im Labormaßstab wurde ein eigenes Verfahren zur Beaufschlagung der Stoffproben mit Asbest entwickelt.

Die Analyse der Kontamination vor und nach dem Waschvorgang folgt methodisch der in Deutschland für Asbestuntersuchungen relevanten Richtlinie VDI 3866, Blatt 5, Anhang B:2017-06, bei der auch kleinste Asbestgehalte mit einer Nachweisempfindlichkeit von 0.001 Masseprozent Asbest detektiert werden können.

Es werden von 3 textilen Stoffarten jeweils 3 Stoffstücke sowie eine Vergleichsprobe eines einfachen Baumwollstoffes in der Größe 15 mal 15 cm zugeschnitten und diese zur eindeutigen Identifikation mit einem dauerhaften Label (Dauerpatch) versehen. Das Label enthält eine fortlaufende Nummer und Barcode, der man nicht erkennen kann, um welche Stoffprobe es sich handelt.

Diese Muster werden dem Analyse-Labor zur Verfügung gestellt, welche diese mit zwei unterschiedlichen Asbestfaserarten, den wichtigsten technischen Asbesten Chrysotil und Amosit, kontaminiert und einzeln in luftdicht verschließbare, wasserlösliche Säcke verfüllt. Das Analyse-Labor dokumentiert, welches Stoffmuster mit welcher Asbestart in welcher Menge kontaminiert wurde

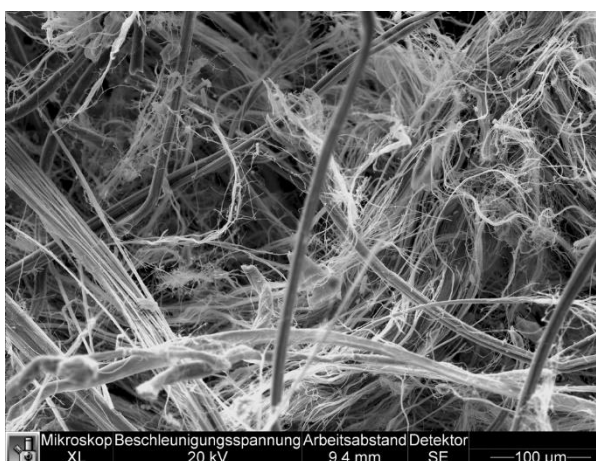
Diese Teststoffe in Säcken werden der Wäscherei zur Verfügung gestellt, welche die Teststoffe in dem für diese Spezialwäscherei üblichen Waschverfahren gemeinsam mit weiterer Textilbekleidung mitwäscht. Nach Abschluss des ersten Waschganges (und vollständigen Auflösung des wasserlöslichen Sackes) wird eine Wasserprobe aus der Waschlauge entnommen und als Testprobe 1 zur Stoffprobe gekennzeichnet. Nach Abschluss des Wasch- und Imprägnierverfahrens wird erneut Testprobe 2 dem letzten Spülbad entnommen und zur Stoffprobe gekennzeichnet. Ebenso wird dann der final gereinigte Teststoff entnommen.

Testprobe 1, Testprobe 2 und gereinigte Teststoff werden dem Analyse-Labor zur Untersuchung zugeführt. Im Labor wird mittels gängiger Prüfverfahren (Rasterelektronenmikroskopie / Röntgenmikroanalyse) die Konzentration von Asbestfasern in Waschlauge und Spülwasser gemessen und die Teststoffe auf Restfaseranteile untersucht.

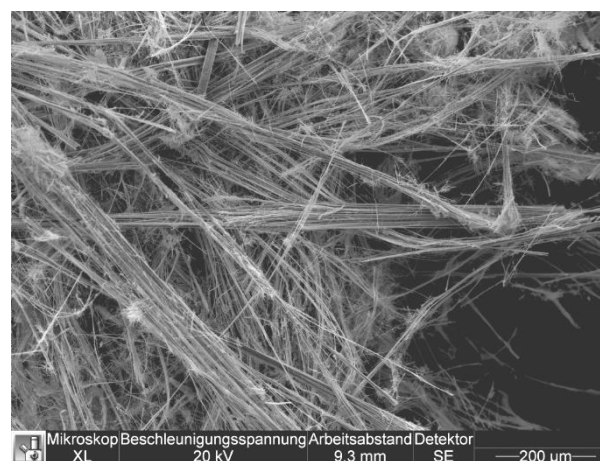
### ***Kontamination der Textilien mit Asbest***

Für die Kontamination der Stoffmuster wurden 2 Asbestarten ausgewählt, die die wichtigsten, technisch genutzten Asbestarten repräsentieren:

1. Ein Gemisch aus Chrysotil (Weißasbest) und Amosit (Braunasbest)
2. Reiner Amosit



Chrysotil (Weißasbest)



Amosit (Braunasbest)

Chrysotil, ein Mineral aus der Serpentinegruppe, ist das am häufigsten technisch verwendete Asbestmineral und zeigt eine wollige Faserstruktur. Amosit tritt alleine oder zusammen mit Chrysotil z.B. in Faserzementen auf und zeigt eine sperrige, nadelförmige Faserstruktur.



Kontaminierte Stoffproben in wasserlöslichen Säcken

2 von 3 Stoffmustern einer jeden Textilart in einer Größe von ca. 15 x 15 cm wurden mit den beiden Asbestsorten kontaminiert.

Hierzu wurden 0.5 g Asbest zusammen mit dem Stoffmuster in einen verschließbaren Kunststoffbeutel mit etwa 3 l Fassungsvermögen gegeben, die Asbestflocken aufgeschüttelt und das Stoffmuster in der Tüte ca. 2 min im Asbeststaub hin und her bewegt.

Zuletzt wurde das Stoffmuster mittig gefaltet und die zugewandten Oberflächen einmal und leicht aneinander gerieben.

Durch die Art der Kontamination sollte ein „worst-case-scenario“ simuliert werden, der

Feuerwehrtextilien im Einsatz ausgesetzt sein können: Herunterrieselnder Asbeststaub aus einem Asbestvorkommen, z.B. Spritzasbest (Branddämmung) und direkter Kontakt mit einem Asbesthaltigen Baustoff.



Kontrollproben ca. 3 x 3 cm Größe

Von jedem der kontaminierten und unbelasteten Stoffmuster wurden mehrere Kontrollproben von ca. 3 x 5 cm Größe entnommen. Um homogene Untersuchungspräparate zu erhalten, wurden die Kontrollproben bei 450°C in einem Muffelofen verascht und die Asche rasterelektronenmikroskopisch in Anlehnung an VDI 3866, Blatt 5:2017-06, Anhang B als Suspensionspräparat analysiert.



4 x 3 Stoffmuster in wasserlöslichen Säcken

4 x 3 Stoffmuster einzeln in luftdicht verschließbaren, wasserlöslichen Säcken verfüllt und der MeyerundKuhl Spezialwäschen GmbH übergeben

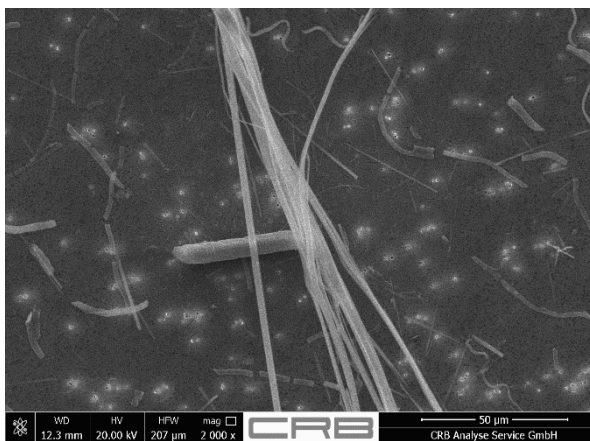


Stoffprobe	Situation vor der Kontaminierung	Bezeichnung	WKZ
PBI Matrix / Asbest Chrysotil+Amosit	Unbehandelt, Neuware	MuKTest15	10048618160159016
PBI Matrix / Asbest Amosit	Unbehandelt, Neuware	MuKTest19	10048618160159020
PBI Matrix / ohne Belastung	Unbehandelt, Neuware	MuKTest20	10048618160159021
Nomex / Asbest Chrysotil+Amosit	Unbehandelt, Neuware	MuKTest2	10048618160159003
Nomex / Asbest Amosit	Unbehandelt, Neuware	MuKTest4	10048618160159005
Nomex / ohne Belastung	Unbehandelt, Neuware	MuKTest5	10048618160159006
X55 / Asbest Chrysotil+Amosit	Unbehandelt, Neuware	MuKTest16	10048618160159017
X55 / Asbest Amosit	Unbehandelt, Neuware	MuKTest17	10048618160159018
X55 / ohne Belastung	Unbehandelt, Neuware	MuKTest18	10048618160159019
Baumwollgewebe / Asbest Chrysotil+Amosit	Tischwäsche, Im Neuzustand gewaschen	MuKTest3	10048618160218004
Baumwollgewebe / Asbest Amosit	Tischwäsche, Im Neuzustand gewaschen	MuKTest7	10048618160218008
Baumwollgewebe / ohne Belastung	Tischwäsche, Im Neuzustand gewaschen	MuKTest1	10048618160218002

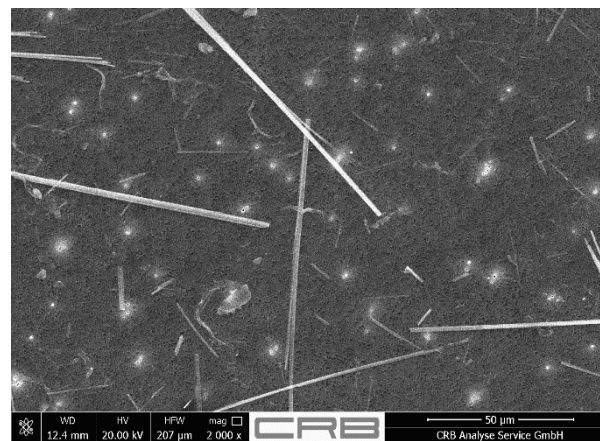
## Ergebnisse

### Analyse der Stoffmuster vor dem Waschverfahren

Beide Asbestarten konnten in den Stoffmustern nachgewiesen werden. Trotz der vermeintlich geringen Menge von 0,5 g Asbest für die Kontamination, die sichtbar nicht vollständig am Stoff hängen blieb, ergeben sich **signifikant hohe Faserzahlen von 230000 bis knapp 500000 Faserstrukturen pro cm<sup>2</sup> Stoff** (vergl. Ergebnistabelle in Anhang 4).



Chrysotil und Amosit auf Kontrollprobe von Testpräparat PBI Matrix – MuK Test 15

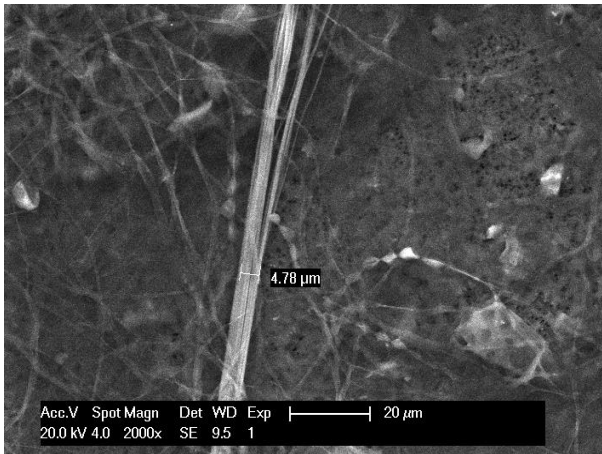


Amosit auf Kontrollprobe von Testpräparat Baumwolle – MuK Test 3

### Untersuchung von Waschlauge / Spülwasser und der gereinigten Stoffproben

#### Waschlauge / Spülwasser

Von 8 der 12 Stoffmuster erhielten das Labor die Waschlauge und das Spülwasser zurück. Hiervon wurden 20 ml (Waschlauge) bzw. 50 ml (Spülwasser) durch einen goldbedampften Kernporenfilter mit 0,8 µm Porenweite filtriert und die Filterpräparate am Rasterelektronenmikroskop auf Asbestfasern hin untersucht.



Asbestfasern aus Amosit in Probe PBI Matrix, MuK Test 15, Waschlauge, neben textilen Fasern und mineralischen Partikeln

Die Präparate waren durch zahlreiche textile Fasern aus dem Waschvorgang sehr hoch mit organischen Fasern belastet.

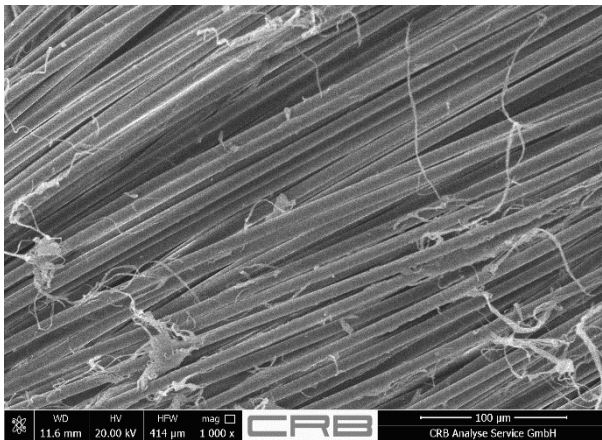
Diese hohe Belastung konnte auch nicht durch mehrmaliges Kaltveraschen der Filter signifikant reduziert werden, so dass eine Quantifizierung der Befunde (mit einer Aussage Fasern pro Volumeneinheit Flüssigkeit) nicht vorgenommen werden konnte.

Allerdings konnten mit Ausnahme der unbelasteten Probe PBI Matrix, MuK Test 20 und den Spülwässern der Proben X55, MuK Test 16 und Baumwolle, MuK Test 3 in allen anderen Testproben Asbestfasern nachgewiesen werden.

### *Gereinigte Stoffmuster*

In einem ersten Untersuchungsschritt wurden die gereinigten Stoffmuster ohne weitere Präparation oberflächlich bei mehreren Vergrößerungen am Rasterelektronenmikroskop auf anhaftende Asbestfasern kontrolliert:

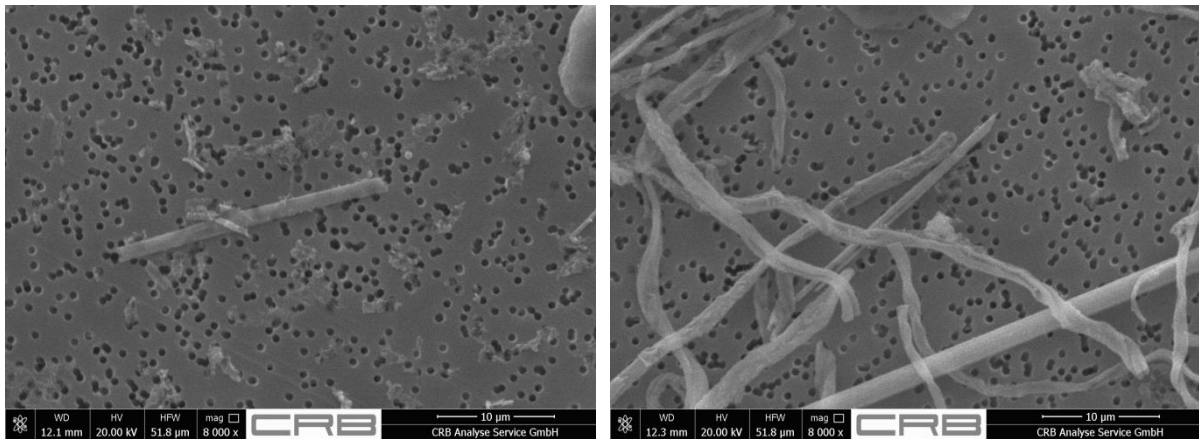
**Ergebnis: Auf keinem der Stoffmuster konnte Asbest detektiert werden**



Oberflächenansicht Stoffprobe X55, MuK Test 16 nach dem Waschen

In einem 2. Präparationsschritt wurden Teilproben der gewaschenen Stoffmuster von ca. 10 x 10 cm Größe bei 450°C in einem Muffelofen verascht und die Asche rasterelektronenmikroskopisch als Suspensionspräparat in Anlehnung an VDI 3866, Blatt 5, Anhang B:2017-06 analysiert.

Auch hier wurden analog zur Untersuchung der Stoffmuster vor dem Waschvorgang Faserkonzentrationen pro cm<sup>2</sup> Stoff bestimmt (vergl. Ergebnistabelle in Anhang 4).



Amosit-Asbestfaser in Asche von Stoffprobe PBI Matrix, MuK Test 15 nach dem Waschen

Amosit-Asbestfaser (Bildmitte und rechte, untere Bildhälfte) in Asche von Stoffprobe Baumwolle, MuK Test 3 nach dem Waschen

**Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse:**

Stoffart	Asbestart	Asbestfasern auf ungewaschenem Stoff in Fasern pro cm <sup>2</sup>	Asbestfasern auf gewaschenem Stoff in Fasern pro cm <sup>2</sup>	Waschleistung: Reduktion Faserbelastung in %	
				Chrysotil	Amosit
PBI Matrix MuKTest 15	Chrysotil + Amosit	393046	1720	100,0	99,6
PBI Matrix MuKTest 19	Amosit	433078	2211	-	99,5
PBI Matrix MuKTest 20	kein Asbest	0	-		
Nomex MuKTest 2	Chrysotil + Amosit	491307	273	100,0	99,9
Nomex MuKTest 4	Amosit	382128	382	-	99,9
Nomex MuKTest 5	kein Asbest	0	-		
X55 MuKTest 16	Chrysotil + Amosit	303276	600	100,0	99,8
X55 MuKTest 17	Amosit	231703	710	-	99,7
X55 MuKTest 18	kein Asbest	0	-		
Baumwolle MuKTest 3	Chrysotil + Amosit	435505	2648	100,0	99,4
Baumwolle MuKTest 4	Amosit	346948	-		
Baumwolle MuKTest 7	kein Asbest	0	-		

**Ergebnistabelle:** Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung der Faserkonzentrationen auf ungewaschenen und gewaschenen Stoffmustern und die Beurteilung der Waschleistung für die einzelnen Asbest- und Stoffarten (vollständige Tabelle s. Anhang 4).

- Selbst vermeintliche geringe Stoffmengen Asbest reichen aus, um eine erhebliche Kontamination von Textilien zu verursachen.
- In **keinem der Stoffmuster konnte nach dem Waschvorgang Chrysotilasbest** nachgewiesen werden. Offenbar kann das wichtigste und am häufigsten verwendete, technische Asbestmineral durch einen geeigneten Waschvorgang vollständig entfernt werden.
- In allen untersuchten, kontaminierten Stoffproben konnten **nach dem Waschen einzelne, isolierte Fasern oder kleine Faserbündel aus Amositasbest** nachgewiesen werden.
- Die Faserbelastung durch Amosit kann durch geeignete Waschverfahren, abhängig von der Textilart, um einen Betrag von 99,4 % (Baumwolle) bis 99,9 % (Nomex) reduziert werden.
- Der Nachweis von Amosit auch nach dem Waschen lässt sich dadurch erklären, dass sich die nadelförmigen, sperrigen Amosit-Fasern tief in das Stoffgewebe hineinbohren und so verzahnen, dass sie durch den Waschvorgang nicht quantitativ extrahiert werden können.
- Allerdings ist allem Ermessen nach nicht zu erwarten, dass diese Fasern bei weiterem Gebrauch der Textilien aus dem Stoff freigesetzt werden und zu einer Gefährdung von Mensch und Umwelt führen.

### ***Schlussfolgerung für den Einsatzfall/Reinigungsprozess***

Die Konzentrationen von Verunreinigungen in den Stoffproben vor dem Waschverfahren waren signifikant hoch. Sollte durch einen Brandfall mit Asbest eine ähnliche Kontaminationslage vorliegen, ist eindeutig von einer Gesundheitsgefährdung auszugehen. Derart belasteten Textilien sollten nur von geschulten Personen mit den speziellen Abläufen der Einsatzhygiene einer weiteren Behandlung zugeführt werden. Hierzu sind die einschlägigen Hinweise zu beachten, bspw. wie durch die HFUK Nord beschrieben<sup>1\*</sup>

Das in der Spezialwäscherei entwickelte Verfahren für die Reinigung von Einsatzbekleidung ist geeignet, die für die Feuerwehrausstattung wesentlichen verwendeten Stoffarten nennenswert von Asbest zu reinigen. Dabei konnte bei Chrysotil eine 100%ige Reinigung nachgewiesen werden. Bei Amosit wurde eine Restkontamination festgestellt. Allerdings ist allem Ermessen nach nicht zu erwarten, dass sich diese Fasern bei weiterem Gebrauch der Textilien aus dem Stoff lösen und zu einer Gefährdung von Menschen und Umwelt führen.

Prinzipiell lassen sich die speziell für Einsatzbekleidung verwendeten Stoffarten (PBI, X55 und NOMEX) deutlich besser reinigen, als herkömmlicher Baumwollstoff. Es kann durchaus vermutet werden, dass dieser Effekt auch für andere faserbezogenen Kontaminationen zutrifft. Dies unterstreicht die Notwendigkeit professioneller Einsatzbekleidung bei jeglichen Einsätzen, in denen Personen der Kontamination von faserbezogenen Stoffen ausgesetzt sind. Dies unterstreicht aber auch, dass neben der reinen Einsatzbekleidung in das Dekontaminationskonzept auch Schutzhelm, Atemschutz, Handschuhe und Stiefel einbezogen werden müssen.

Eine weitere Vermutung dürfte sein, dass kontaminierte Baumwolle nur schwierig zu reinigen ist und daher nicht einer weiteren Verwendung zugeführt werden sollte. Diese Aussage zu fundieren, wäre aber eher Gegenstand weiterer Versuchsreihen.





Das gemeinsam entwickelte Testverfahren scheint geeignet, die Auswirkungen einer Spezialreinigung in Zusammenhang mit faserbezogenen Kontaminationen nachzuweisen.

---

<sup>1</sup> <https://www.hfuknord.de/hfuk/aktuelles/meldungen/2016/Einsatzstellenhygiene.php> (Abfrage: 12.02.2019)

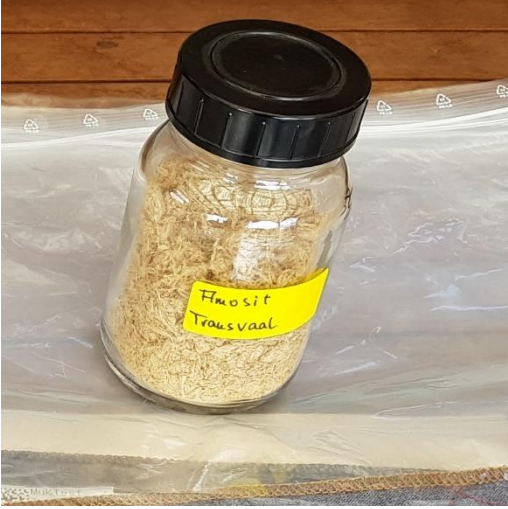
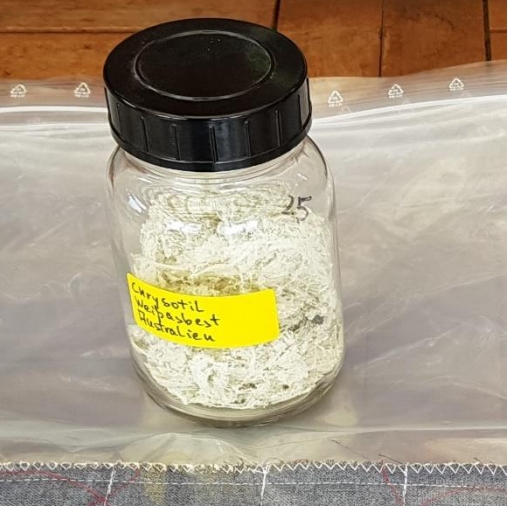
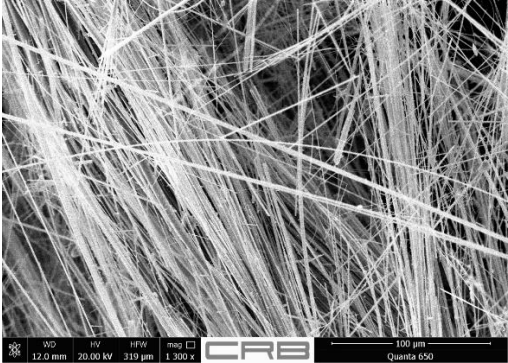
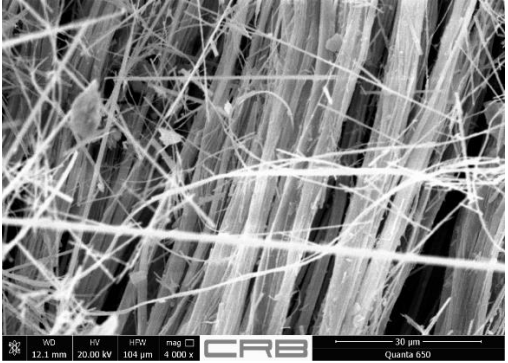


**Anhang 1: Vorbereitete Teststoffe**

Stoffproben	NOMEX	PBI Matrix	X55
			
	<p><a href="http://www.dupont.de/produkte-und-dienstleistungen/persoene-schutz-ausruestung/hitzeschutzkleidung-zubehoer/marken/nomex.html">http://www.dupont.de/produkte-und-dienstleistungen/persoene-schutz-ausruestung/hitzeschutzkleidung-zubehoer/marken/nomex.html</a></p>	<p><a href="https://pbiproducts.com/fabrics/product/pbi-matrix/">https://pbiproducts.com/fabrics/product/pbi-matrix/</a></p>	<p><a href="https://pbiproducts.com/international/product/x55/?lang=de">https://pbiproducts.com/international/product/x55/?lang=de</a></p>



## Anhang 2: Verwendeter Asbest

Amosit	Chrysotil
	
	

### Anhang 3: Beaufschlagung Stoffproben

Zuordnung Asbest/Stoffe	Verschließen in wasserlösliche Säcke	Stanzproben zur Konzentrationsanalyse
		

## Anhang 4: Quantifizierung der Asbestkontamination und Ergebnisse

### Faserkonzentrationen auf den ungewaschenen Stoffen

Stoff ungewaschen nach Beaufschlagung mit Asbest	Asbestart	Faserstrukturen, BF=Bildfeld							
		BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	Sum	mm <sup>-2</sup> Filterfläche	Fasern cm <sup>-2</sup> Stoff
PBI Matrix MuKTest 15	Chrysotil + Amosit	57	64	54	74	75	324	2253	<b>393046</b>
PBI Matrix MuKTest 19	Amosit	79	52	69	82	75	357	2483	<b>433078</b>
PBI Matrix MuKTest 20	kein Asbest	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Nomex MuKTest 2	Chrysotil + Amosit	86	67	75	82	95	405	2816	<b>491307</b>
Nomex MuKTest 4	Amosit	65	71	72	48	59	315	2191	<b>382128</b>
Nomex MuKTest 5	kein Asbest	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
X55 MuKTest 16	Chrysotil + Amosit	50	48	39	61	52	250	1739	<b>303276</b>
X55 MuKTest 17	Amosit	38	27	41	35	50	191	1328	<b>231703</b>
X55 MuKTest 18	kein Asbest	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Baumwolle MuKTest 1	Chrysotil + Amosit	67	71	72	58	91	359	2497	<b>435505</b>
Baumwolle MuKTest 4	Amosit	62	50	48	67	59	286	1989	<b>346948</b>
Baumwolle MuKTest 7	kein Asbest	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>

Veraschte Stofffläche [cm <sup>2</sup> ]	45
Suspendiert in ml Wasser	500
filtrierte Teilsuspension [ml]	20
effektive Filterfläche [mm <sup>2</sup> ]	314
Vergrößerung am Auswertebildschirm	2000x
Bildfeldgröße [mm <sup>2</sup> ]	0,02876
ausgewertete Bildfelder	5
ausgewertete Bildfläche [mm <sup>2</sup> ]	0,14380



### Faserkonzentrationen nach dem 2. Waschvorgang

Stoff nach 2. Waschvorgang	Asbestart	Faserstrukturen		
		auf unters. Filterfläche	pro mm <sup>-2</sup> Filterfläche	Fasern cm <sup>-2</sup> Stoff
PBI Matrix MuKTest 15	Chrysotil + Amosit	63	44	<b>1720</b>
PBI Matrix MuKTest 19	Amosit	81	56	<b>2211</b>
PBI Matrix MuKTest 20	kein Asbest	-	-	-
Nomex MuKTest 2	Chrysotil + Amosit	10	7	<b>273</b>
Nomex MuKTest 4	Amosit	14	10	<b>382</b>
Nomex MuKTest 5	kein Asbest	-	-	-
X55 MuKTest 16	Chrysotil + Amosit	22	15	<b>600</b>
X55 MuKTest 17	Amosit	26	18	<b>710</b>
X55 MuKTest 18	kein Asbest	-	-	-
Baumwolle MuKTest 3	Chrysotil + Amosit	97	67	<b>2648</b>
Baumwolle MuKTest 4	Amosit	-	-	-
Baumwolle MuKTest 7	kein Asbest	-	-	-

Veraschte Stofffläche [cm <sup>2</sup> ]	100
Suspendiert in ml Wasser	250
filtrierte Teilsuspension [ml]	20
effektive Filterfläche [mm <sup>2</sup> ]	314
Vergrößerung am Auswertebildschirm	2000x
Bildfeldgröße [mm <sup>2</sup> ]	0,02876
ausgewertete Bildfelder	50
ausgewertete Bildfläche [mm <sup>2</sup> ]	1,43800

**Faserverkommen Zusammenfassung der Ergebnisse**

Stoffart	Asbestart	Asbestfasern auf ungewaschenem Stoff in Fasern pro cm <sup>2</sup>	Waschvorgang (qualitativer Asbestnachweis)		Asbestfasern auf gewaschenem Stoff in Fasern pro cm <sup>2</sup>	Waschleistung: Reduktion Faserbelastung in %	
			Waschlauge	Spülwasser		Chrysotil	Amosit
PBI Matrix MuKTest 15	Chrysotil + Amosit	393046	positiv	positiv	1720	<b>100,0</b>	<b>99,6</b>
PBI Matrix MuKTest 19	Amosit	433078	positiv	positiv	2211	-	<b>99,5</b>
PBI Matrix MuKTest 20	kein Asbest	0	negativ	negativ	-		
Nomex MuKTest 2	Chrysotil + Amosit	491307	positiv	positiv	273	<b>100,0</b>	<b>99,9</b>
Nomex MuKTest 4	Amosit	382128	positiv	positiv	382	-	<b>99,9</b>
Nomex MuKTest 5	kein Asbest	0			-		
X55 MuKTest 16	Chrysotil + Amosit	303276	positiv	positiv	600	<b>100,0</b>	<b>99,8</b>
X55 MuKTest 17	Amosit	231703	positiv	negativ	710	-	<b>99,7</b>
X55 MuKTest 18	kein Asbest	0			-		
Baumwolle MuKTest 3	Chrysotil + Amosit	435505			2648	<b>100,0</b>	<b>99,4</b>
Baumwolle MuKTest 4	Amosit	346948	positiv	negativ	-		
Baumwolle MuKTest 7	kein Asbest	0			-		

---

## Anhang 5: Standard-Waschverfahren für Einsatzbekleidung

Die verwendeten Waschmaschinen sind von der Firma Seipt &Kapp sowie von der Firma Jensen und Girbau. Diese Maschinen besitzen spezielle für dieses Waschverfahren geschriebene Waschprogramme. Die angegebenen Waschmittelmengen sind immer auf Textilie und das Warengewicht abgestimmt. Die Waschlifsmittel stammen von der Firma Burnus Hychem und Seitz.

Waschverfahren in der Waschmaschine:

**-1.Schritt:**

1 Waschbad Weiches Wasser 3 min. kalt Vorwaschen Waschmittel 20-30g pro Kg Warengewicht Viva Sensitive sowie 1-6g Viva Blue Waschflotte 1:6, Anschließend 15 min. bei 40°C in derselben Flotte Waschen.

-> *Hier Entnahme der Wasserprobe aus dem Waschbad*

**-2 Schritt:**

Ablass der Waschflotte

**-3 Schritt:**

2. Waschbad Weiches Wasser 10 min. Waschen mit 10g / Kg Warengewicht Viva Sensitive Temperatur 50°C Flottenverhältnis 1:6

**-4 Schritt:**

Ablass der Flotte

**-5 Schritt:**

1 Spülen 2 min. mit kaltem Wasser

**-6 Schritt:**

Anschleudern /Ablass

**-7 Schritt:**

2 Spülen 2 min. mit kaltem Wasser Flotte 1:5

-> *Hier Entnahme der Wasserprobe aus dem letzten Spülgang*

**-8 Schritt:**

3 Spülen 10min. mit 1-2g 50% Zitronensäure, sowie 5-20 ml / Seitz Viva Protect. 40°C Waschflotte 1:4.

**-9 Schritt:**

3 min. Endschleudern.