

Bewertung von Expositionen gegenüber anorganischen Faserstäuben – Vorgehensweise des Messtechnischen Dienstes der BGHM

M. Poppe, R. Weiß, M. Mattenklott

ZUSAMMENFASSUNG Die Expositionsermittlung von anorganischen Faserstäuben in der Luft stellt hohe Anforderungen an die Probenahme und Analytik. Aufgrund der vielfältigen Faserarten und deren gesundheitsgefährdender Wirkungen beziehungsweise Einstufungen ist die Bewertung zudem oft sehr komplex und wegen fehlender konkreter Einstufungen und Grenzwerte nicht im Detail geregelt. Konkrete Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) liegen ausschließlich für Tätigkeiten mit Asbest [1, 2], Hochtemperaturwollen [3] und alte Mineralwollen [4] vor. Für die Bewertung der inhalativen Exposition der Beschäftigten an Arbeitsplätzen sind daher in vielen Fällen Analogieschlüsse und Konventionen notwendig. Ziel dieser Festlegungen ist es, eine nachvollziehbare, plausible und einheitliche Beurteilung zu gewährleisten, um letztendlich den Gesundheitsschutz der Mitarbeitenden sicherzustellen. Hierfür wurde bei der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) eine strukturierte Vorgehensweise erarbeitet, die eine einheitliche Bewertung von Faserexpositionen sicherstellen soll. Da als wesentliches, die Gefährdung kennzeichnendes Maß die Dimension der Fasern (WHO-Fasern mit Länge > 5 µm, Durchmesser < 3 µm, L-zu-D-Verhältnis > 3) herangezogen wird, erscheint es im Sinne des Arbeitsschutzes notwendig, die Summe der Expositionen einem gleichen Schutzmaßnahmenkonzept zugeordneter Faserarten heranzuziehen. Neben der Bewertung der Konzentration spezifischer Faserarten erscheint aber auch eine Summenbewertung notwendig. Für die praktische Vorgehensweise wird hier ein Vorschlag erläutert.

1 Einleitung

Die Einstufungen der anorganischen Faserarten, die im Wesentlichen in gewerblichen Bereichen eingesetzt werden, wurden vor Kurzem in dem Beitrag „Bewertung von Expositionen anorganischer Fasern in Arbeitsbereichen“ [5] beschrieben. In der Veröffentlichung werden weiterhin Zuordnungen zu den Schutzmaßnahmen und Beurteilungsmaßstäben vorgestellt und näher erläutert. Da nur für wenige Faserarten (Asbest, Aluminiumsilikatfasern, alte Dämmwollen) konkrete Beurteilungsmaßstäbe bestehen, wird bei der Zuordnung zwischen einer rechtlich eindeutigen und einer Zuordnung auf Grundlage von Analogieschlüssen unterschieden. In **Tabelle 1** und **Tabelle 2** ist dieses allgemein anwendbare Bewertungskonzept zusammenfassend dargestellt.

In der Veröffentlichung von *Mattenklott* [5] wird empfohlen, dass für Faserarten mit vergleichbarem Wirkprinzip eine Summenwertbetrachtung durchgeführt werden sollte. In den bestehenden Regelwerken mit Bezug auf Fasern ist diese Vorgehensweise bislang nicht beschrieben. Inwiefern diese Erweiterung des Konzepts formal im Einklang mit der TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ [6] steht, wird im Folgenden diskutiert.

2 Vorgehensweise des Messtechnischen Dienstes der BGHM

Der Messtechnische Dienst der BGHM wendet in Abstimmung mit den anderen Unfallversicherungsträgern und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) bei der Bewertung von Faser-Expositionsmessungen die in den Tabellen 1 und 2 aufgeführten Beurteilungsmaßstäbe an und verweist in den Messberichten auf die betreffenden Schutzmaßnahmenkon-

Tabelle 1. Rechtlich eindeutige Zuordnung von Faserarten zu Schutzmaßnahmen und Beurteilungsmaßstäben.

Faserart	Einstufung für die Expositionsbewertung	Schutzmaßnahmen beschrieben in	Beurteilungsmaßstäbe (Quelle)
Asbest	K1A	TRGS 519 / 517	AK: 10 000 F/m ³ TK: 100 000 F/m ³ (ERB-Konzept nach TRGS 910)
Aluminiumsilikatfasern	K1B	TRGS 558	AK: 10 000 F/m ³ TK: 100 000 F/m ³ (ERB-Konzept nach TRGS 910)
Alte Mineralwollen	K1B	TRGS 521	50 000 / 250 000 F/m ³ („Risikobeurteilungswerte“ nach TRGS 521)
Neue Mineralwollen	Nicht eingestuft	TRGS 500	AGW: 1,25 mg/m ³ A AGW: 10 mg/m ³ E (Allgemeiner Staubgrenzwert nach TRGS 900)
AES-Wollen	Nicht eingestuft		
Calciumsulfatfasern	Nicht eingestuft		

Tabelle 2. Zuordnung von Faserarten zu Schutzmaßnahmen und Beurteilungsmaßstäben auf Grundlage von Analogieschlüssen.

Faserart	Einstufung für die Expositionsbewertung	Anwendung Schutzmaßnahmen analog nach	Beurteilungsmaßstäbe (Quelle)
Whisker	K1B	TRGS 558	AK: 10 000 F/m ³ TK: 100 000 F/m ³ (ERB-Konzept nach TRGS 910)
Polykristalline Wollen (Al-Oxidfasern)	K2		
Mikroglasfasern	K1B	TRGS 521	50 000 / 250 000 F/m ³ („Risikobeurteilungswerte“ nach TRGS 521)
Textilglasfasern	K1B		
Carbonfasern	K2		
andere Fasern mit K1B/K2-Einstufung	K1B/K2		

zepte. Eine Ausnahme bilden die polykristallinen Wollen (Aluminiumoxidfasern): Diese gehören zur Gruppe der Hochtemperaturwollen und bestehen aus Fasern mit einem Aluminiumoxidgehalt von über 70 %. Sie werden in der Regel bei Einsatztemperaturen > 1 300 C und bei kritischen chemischen und physikalischen Anwendungsbedingungen auch bei niedrigeren Temperaturen verwendet. Gefahrstoffrechtlich sind sie als krebserzeugend Kategorie 2 (K2) eingestuft. Aufgrund der Einstufung wird nicht – wie in Tabelle 2 angegeben – die TRGS 558 „Tätigkeiten mit Hochtemperaturwolle“ [3] herangezogen, sondern das in der TRGS 521 „Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle“ [4] beschriebene Schutzstufenkonzept.

Zudem findet eine Erweiterung des Bewertungsansatzes statt, indem eine Summenwertbetrachtung für diejenigen Faserarten erfolgt, die nicht nach dem Konzept der Expositions-Risiko-Beziehung (ERB) beurteilt werden. Gefahrstoffrechtlich nicht eingestufte Fasern (z. B. Calciumsulfatfasern, Fasern von neuen Mineralwollen und Erdalkalisilikatwollen = AES-Wollen) sowie sämtliche nicht-alveolengängige Fasern finden bei der Addition der Einzelergebnisse keine Berücksichtigung, sondern werden anhand des Allgemeinen Staubgrenzwertes (Alveolengängige (A) und Einatembare (E) Fraktion) aus der TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ [7] beurteilt. Zusätzlich zur Faserprobenahme sind daher im Arbeitsbereich immer zeitgleich die A- und E-Fraktion messtechnisch zu überprüfen. Die zugehörigen grundlegenden Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber Staub sind in der TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“ [8] fixiert.

2.1 Einzelwertbetrachtung

In der TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ [9] sind sowohl für Asbestfasern als auch für Aluminiumsilikatfasern rechtlich verbindliche ERB mit einer Akzeptanzkonzentration von 10 000 F/m³ und einer Toleranzkonzentration von 100 000 F/m³ veröffentlicht. Für beide Faserarten ist eine Einzelwertbetrachtung und Bewertung verbindlich.

Für bestimmte künstlich hergestellte Whisker (Aluminiumoxid, Siliciumcarbid, Kaliumtitanaten) besteht nach TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“ [10] eine Einstufung als krebserzeugend in die Kategorie 1B. Whisker können grundsätzlich eine sehr unterschiedliche Zusammensetzung aufweisen (Metalle,

Oxide, Boride, Carbide, Nitride usw.). Aufgrund ihrer hohen Zugfestigkeit dienen sie häufig als Verstärkungsfasern für Verbundwerkstoffe von faserverstärkten Leichtmetallen und Keramiken. Neben diesem gezielten technischen Einsatz können Whisker allerdings auch unbeabsichtigt bei thermischen Vorgängen, wie beispielsweise bei Sinterprozessen, „heranwachsen“ (Bild 1). Bei der Ausfahrt der gesinterten Teile aus dem Ofen, dem Absetzen des Ofenwagens, der weiteren Handhabung oder bei Reinigungsarbeiten kann es zu Faseremissionen im Arbeitsbereich kommen.

Whisker sind einkristalline Fasern und aufgrund dessen im Vergleich zu amorphen Fasern grundsätzlich als biobeständiger in der Lunge zu betrachten. Darüber hinaus erfüllen sie vielfach die Kriterien der World Health Organization (WHO). Aus Präventionsgründen werden daher auch alle anderen Typen von Whiskern als krebserzeugender Gefahrstoff der Kategorie 1B angesehen, sofern nicht eine Löslichkeit bestätigt ist. Auf Grundlage dieser Analogieschlüsse wird empfohlen, für die Bewertung eine gefährstoffrechtliche Betrachtung analog zu den Aluminiumsilikatfasern durchzuführen und auf das dreistufige Schutzmaßnahmenkonzept gemäß TRGS 558 [3] zu verweisen. Da für Aluminiumsilikatfasern nach dem ERB-Konzept eine Akzeptanz- und Toleranzkonzentration besteht, kann von diesen sowie von Whiskern keine Summenwertbetrachtung erfolgen.

2.2 Summenwertbetrachtung

Das vom Messtechnischen Dienst der BGHM angewandte Konzept der Summenwertbetrachtung wurde im Vorfeld mit dem Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) abgestimmt und basiert darauf, Faserarten mit vergleichbarem Gefährdungspotenzial zusammenzufassen und mit einem Beurteilungsmaßstab zu vergleichen. Grundsätzlich fordern die Regelungen der TRGS 402 eine zusammenfassende Betrachtung der Bewertung der im Arbeitsbereich auftretenden Gefahrstoffe [6]. Wenn mehrere Stoffe mit einem Arbeitsplatzgrenzwert gleichzeitig zur Exposition im Arbeitsbereich beitragen, erfolgt zusätzlich eine Bewertung des Stoffgemisches (Berechnung eines Bewertungsindex BI durch Addition der Stoffindizes der Einzelstoffe). Für Stoffe ohne Grenzwert und krebserzeugende Stoffe mit Akzeptanz- und Toleranzkonzentration gilt diese Regel allerdings nicht. Berücksichtigt man jedoch, dass die hier betrachteten anorganischen Fasern auf der Basis einheitlicher Abmessungen (WHO-Fasern) ermittelt werden (einheitliches

Wirkprinzip) und gemäß dem oben beschriebenen Bewertungskonzept spezifischen Schutzmaßnahmenkonzepten zugeordnet werden (TRGS 521 und TRGS 558), erscheint eine Summenbewertung notwendig.

Konkret bedeutet dies, dass die Einzelergebnisse für anorganische Faserarten, die den WHO-Kriterien entsprechen sowie als krebserzeugend in die Kategorie 1B (z. B. alte Mineralwollen, Mikroglasfasern) oder 2 (z. B. Carbonfasern) eingestuft sind und für die keine Einzelwertbetrachtung stattfindet, addiert werden. Messwerte unterhalb der analytischen Empfindlichkeit (Messwerte mit <-Zeichen) gehen nicht in diese Betrachtung ein.

Bei der Summenwertbildung werden auch Bruchstücke mit WHO-Fasercharakteristik (splitterförmige Fasern) berücksichtigt, die beispielsweise bei der Be- und Verarbeitung von Carbonfasern bzw. carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) oder Textilglasfasern bzw. glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) freigesetzt werden können. Weiterhin werden auch die „sonstigen anorganischen Fasern“ in die Berechnung mit einbezogen. Darunter sind sämtliche alveolengängige Fasern zu verstehen, die analytisch nicht einer Produktfaser oder einer anderen bekannten Faserart zugeordnet werden können. Bei diesen Fasern wird mindestens eine Einstufung nach K2 der krebserzeugenden Stoffe angenommen (Verdachtseinstufung). Diese ergibt sich aus Absatz 7 des Abschnitts 2.3 der TRGS 905 [10], in dem für nicht anderweitig eingestufte WHO-Fasern pauschal diese Einstufung vorgegeben ist.

Zusammenfassend ergibt sich für die Summenbewertung folgende Gruppe von Fasern, die nach dem Schutzstufenkonzept der TRGS 521 bewertet werden: Aluminiumoxidfasern (polykristalline Wollen), alte Mineralwollen, Mikroglasfasern, Textilglasfasern, Carbonfasern und sonstige anorganische Fasern.

Als „Risikobeurteilungswerte“ zur Beurteilung der vorhandenen Schutzmaßnahmen werden die in der TRGS 521 [4] genannten Werte von 50 000 und 250 000 F/m³, herangezogen. Basierend auf diesen Beurteilungsmaßstäben erfolgt die Zuordnung zu einer Expositions-kategorie, die mit dem Stand der Technik entsprechenden Schutzmaßnahmen verbunden ist.

Die Konzentration von 50 000 F/m³ stellt den Zielwert dar, der möglichst unterschritten werden sollte. Bei Einhaltung dieses Wertes findet die Zuordnung in die Expositions-kategorie 1 (Tätigkeiten mit geringer Exposition) statt. Zu den dort empfohlenen allgemeinen Minimierungsmaßnahmen gehören unter anderem die Hinweise auf eine staubarme Bearbeitung und Reinigung (nicht mit Druckluft abblasen oder nicht trocken kehren) und darauf, für eine gute Lüftung am Arbeitsplatz zu sorgen. Liegt der Messwert zwischen 50 000 und 250 000 F/m³ sind zusätzlich die Maßnahmen der Expositions-kategorie 2 zu beachten. Hierzu gehören das Absaugen an der Entstehungsstelle und das Bereitstellen geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (z. B. FFP2-Maske oder Halb-/Viertel-Maske mit P2-Filter). Die umfangreichsten Schutzmaßnahmen sind bei der Expositions-kategorie 3 umzusetzen, darunter fallen Tätigkeiten mit einer hohen Faserstaubexposition (> 250 000 F/m³). In dieser Kategorie gelten etwa die Vorgaben, dass der bereitgestellte Atemschutz getragen werden muss sowie Arbeitsbereiche abzugrenzen und zu kennzeichnen sind. Die Schutzmaßnahmen der Expositions-kategorien 1 und 2 sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf die arbeitsmedizinische Vorsorge ist darauf hinzuweisen, dass bei der vorgestellten Summenbildung für Fasern, die dem Schutzmaßnahmenkonzept der TRGS 521 zuge-

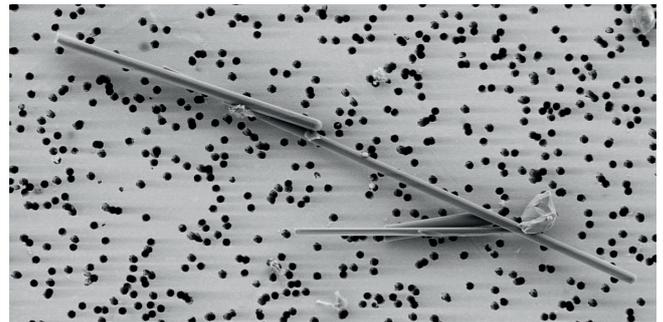


Bild 1. REM-Aufnahme von nadelförmigen Whiskern, die während eines Sintervorgangs entstanden sind. Foto: IFA

ordnet werden, Faserarten unterschiedlicher Einstufung zusammengefasst werden. So ist aus arbeitsmedizinischer Sicht zu unterscheiden zwischen Fasern, die als krebserzeugend (K2) bewertet werden (Aluminiumoxid-, Carbon- und sonstige anorganische Fasern), und solchen, die als krebserzeugend (K1B) bewertet werden (alte Mineralwollen, Textilglasfasern und Mikroglasfasern).

Die prinzipielle Vorgehensweise des Messtechnischen Dienstes der BGHM bei der Bewertung sowie die anzuwendenden Beurteilungsmaßstäbe sind in dem Ablaufschema (**Bild 2**) veranschaulicht.

3 Beispiel aus der Praxis

Im Rahmen von repräsentativen Arbeitsplatzmessungen wurde bei Tätigkeiten mit Glasfaser-matten die inhalative Exposition der Beschäftigten ermittelt. Nähere Informationen zu dem verwendeten Faser-Messsystem können der IFA-Arbeitsmappe [11] entnommen werden. Die Auswertung der beaufschlagten goldbedampften Polycarbonatfilter der Faserprobenahme erfolgte im REM-EDX-Labor des IFA auf Grundlage der DGUV Information 213-546 „Verfahren zur getrennten Bestimmung der Konzentrationen von lungengängigen anorganischen Fasern in Arbeitsbereichen – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren“ [12]. Um Aussagen über die Höhe der Konzentration sowie der Einstufung von Produktfasern machen zu können, müssen zusätzlich zu den Filterproben auch Proben der infrage kommenden Werkstoffe entnommen und als Referenzproben dem Labor zur Verfügung gestellt werden (Produktfaserbestimmung nach [12]). In einer Anlage zum Messbericht wird die Zuordnung „Referenzmaterial/Produktfasern“ und die gefahrstoffrechtliche Einstufung der gefundenen Produktfasern aufgeführt. Die Übersichtstabelle (**Bild 3**) zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Messergebnisse im Messbericht, in der alle identifizierten Faserarten ausgewiesen sind.

Ausschnitt A:

Calciumsulfatfasern (= Gipsfasern) werden informativ im Bericht ausgewiesen, sind gefahrstoffrechtlich allerdings „freigeschrieben“. Die Calciumsulfatfasern finden bei der Faserbewertung daher grundsätzlich keine Berücksichtigung und die Beurteilung erfolgt über den Allgemeinen Staubgrenzwert (A- und E-Fraktion). In dem vorliegenden Beispiel wird der Allgemeine Staubgrenzwert mit den beiden Arbeitsplatzgrenzwerten aus der TRGS 900 [9] deutlich eingehalten.

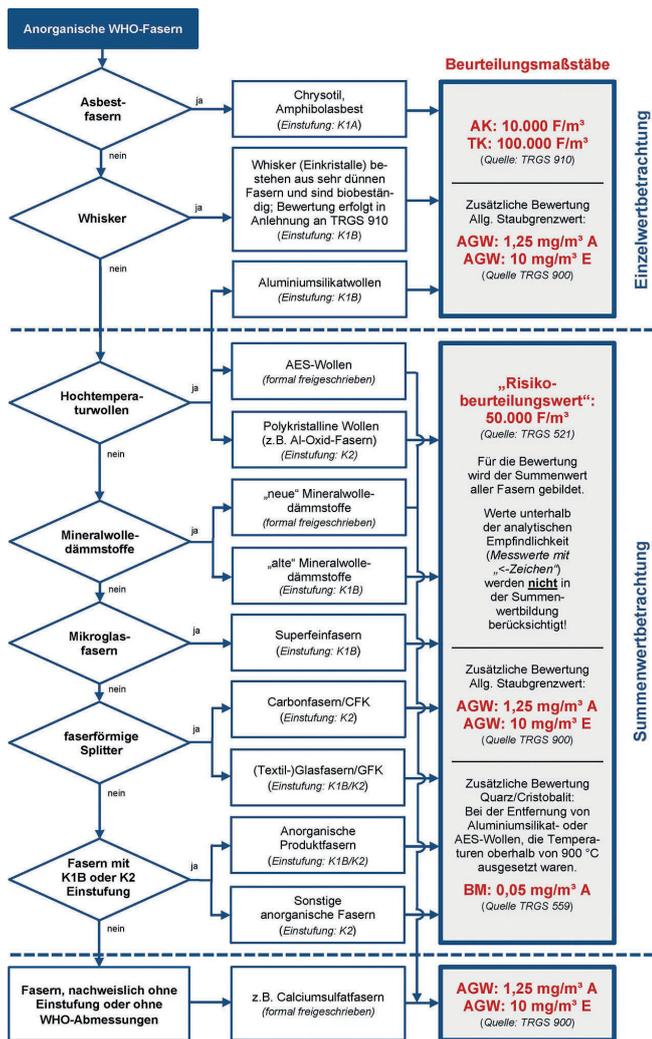


Bild 2. Prinzipielles Ablaufschema der BGHM für die Bewertung von anorganischen Fasern. Grafik: BGHM

Ausschnitt B:

Auf dem beaufschlagten Probenfilter wurden Fasern der verwendeten Glasfasermatte identifiziert (Produktfasern). Bei den Produktfasern handelt es sich um eine bekannte Faserart, für die im IFA Labor eine Codierung vorliegt. Im Bericht wird diese daher als Textilglasfaser (Messwert: 48 900 F/m³) angegeben (Einstufung in die Kategorie 1B der krebserzeugenden Stoffe). Für die „Fasern, anorganische sonstige“ wurde eine Faserkonzentration von 10 600 F/m³ ermittelt. Diese ebenfalls auf der Probe 3 gefundenen WHO-Fasern konnten dem Referenzmaterial nicht zugeordnet werden und sind mindestens in die Kategorie 2 der krebserzeugenden Stoffe eingestuft. Die beiden Faserarten werden für die Bewertung nicht einzeln betrachtet, sondern es wird die Summe gebildet. Der Summenwert liegt mit 59 500 F/m³ zwischen 50 000 und 250 000 F/m³, der Zielwert wird überschritten. Die Tätigkeiten sind somit der Expositions-kategorie 2 zuzuordnen und im Messbericht wird auf die zugehörigen Schutzmaßnahmen verwiesen.

4 Fazit

Die aktuelle Rechtslage ermöglicht es nicht, für alle anorganischen Faserarten eine eindeutige Bewertung der inhalativen Faserexposition am Arbeitsplatz vorzunehmen. Weitere Rechtsvorschriften sind in absehbarer Zeit nicht zu erwarten. Die Anwendung des beschriebenen Bewertungskonzepts liefert eindeutige und nachvollziehbare Festlegungen für den Arbeitsschutz, um die vorhandenen Schutzmaßnahmen zu beurteilen und damit den Gesundheitsschutz der Beschäftigten sicherzustellen.

Der Bewertungsansatz der BGHM einschließlich der Summenwertbetrachtung wird von den anderen Unfallversicherungsträgern akzeptiert. Das mittelfristige Ziel ist es, innerhalb des Messsystems Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU) eine einheitliche Vorgehensweise bei der Beurteilung der Messergebnisse zu etablieren und zu vereinheitlichen. Dieser Artikel möchte einen Beitrag hierzu liefern. Eine Verankerung des Konzepts in ein staatliches Regelwerk wäre wünschenswert, um letztendlich eine konsistente und formal verbindliche Bewertung von Faserexpositionen sicherzustellen.

Probennummer	Bezeichnung	Probenahme-datum -dauer -zeit	Expositions-dauer -zeit	p/s	Grenzwert/ Beurteilungsmaßstab Art	Messwert
1	Alveolengängige Fraktion A	25.03.2020 2 h 10:00-12:00	Schichtlänge	p	1,25 mg/m ³ AGW	< 0,25 mg/m ³ (n = 1)
3	Calciumsulfatfasern (WHO-Fasern)	25.03.2020 2 h 10:00-12:00	Schichtlänge	p		< 2.900 Fasern/m ³ (n = 1)
2	Einatembare Fraktion	25.03.2020 2 h 10:00-12:00	Schichtlänge	p	10 mg/m ³ AGW	< 0,25 mg/m ³ (n = 1)
3	Fasern, anorganische, sonstige (WHO-Fasern) B	25.03.2020 2 h 10:00-12:00	Schichtlänge	p		10.600 Fasern/m ³ (n = 1)
3	Textilglasfasern (WHO-Fasern)	25.03.2020 2 h 10:00-12:00	Schichtlänge	p		48.900 Fasern/m ³ (n = 1)

Bild 3. Beispiel für eine Übersichtstabelle im BGHM-Messbericht (Auszug). Dargestellt sind Gefahrstoffexpositionen, die in einem Arbeitsbereich ermittelt wurden, in dem Tätigkeiten mit Glasfaser-matten durchgeführt wurden. Grafik: BGHM

L i t e r a t u r

- [1] Technische Regel für Gefahrstoffe: Asbest: Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten (TRGS 519). GMBI. (2014) Nr.8/9, S. 164-201; zul. geänd. GMBI. (2022) Nr. 12, S. 269-272.
- [2] Technische Regel für Gefahrstoffe: Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemischen und Erzeugnisse (TRGS 517). GMBI. (2013) Nr.18, S. 382-396; zul. geänd. GMBI. (2022) Nr. 7, S. 137-138.
- [3] Technische Regel für Gefahrstoffe: Tätigkeiten mit Hochtemperaturwolle (TRGS 558). GMBI. (2010) Nr.43, S. 902-911.
- [4] Technische Regel für Gefahrstoffe: Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle (TRGS 521). Februar 2008.
- [5] Mattenklott, M.: Bewertung von Expositionen anorganischer Fasern in Arbeitsbereichen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 82 (2022) Nr. 5-6, S. 123.
- [6] Technische Regel für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). GMBI. (2023) Nr. 42, S. 898-920.
- [7] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). BArBl. (2006) Nr. 1, S. 41-55; zul. geänd. GMBI. (2023) Nr. 35, S. 755-756.
- [8] Technische Regel für Gefahrstoffe: Schutzmaßnahmen (TRGS 500). GMBI. (2019) Nr. 66, S. 1330-1366; zul. geänd. GMBI. (2020) Nr. 4, S. 88.
- [9] Technische Regel für Gefahrstoffe: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 910). GMBI. (2014) Nr. 12, S. 258-270; zul. ber. GMBI. (2023) Nr. 32, S. 679.
- [10] Technische Regel für Gefahrstoffe: Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe (TRGS 905). GMBI. (2016) Nr.19, S. 387-390; zul. geänd. GMBI. (2021) Nr. 41, S. 899.
- [11] Mattenklott, M.: Fasern allgemein, lungengängig (Kennzahl 7485). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Lfg. 42/2009. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Erich Schmidt, Berlin 2009 – Losebl.-Ausg.
https://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/IFA-AM_7485
- [12] DGUV Information 213-546: Verfahren zur getrennten Bestimmung der Konzentrationen von lungengängigen anorganischen Fasern in Arbeitsbereichen – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2014.
-

M a r n i x P o p p e ,

R o m a n W e i ß

Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Köln.

D r . r e r . n a t . M a r k u s M a t t e n k l o t t

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.