

Geogener Asbest und Asbestdefinition: VDI-Richtlinienausschuss bezieht Position zur Asbestanalytik

ZUSAMMENFASSUNG Im Zusammenhang mit der Analyse von Asbest in Luft- und Materialproben bestehen nach wie vor definitorische Probleme. Zur Bestimmung der Asbestfaserkonzentration in Luftproben wird grundsätzlich die sogenannte WHO-Faserdefinition in Bezug genommen. Bei der Bestimmung des Asbestgehalts von Materialproben wird zum Teil davon abgewichen, indem zum Beispiel nur das Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von mindestens 3:1 und bestimmte morphologische Charakteristika herangezogen werden. Die Unterschiede sind bei der Analyse von und dem Umgang mit traditionellen Asbestprodukten unkritisch. Im Kontext von sogenanntem geogenem Asbest, also den Asbestvorkommen, die als mögliche Kontamination unbeabsichtigt in bestimmten mineralischen Rohstoffen enthalten sein können (zum Beispiel Talkumpuder, Edelsplitt), treten aufgrund der großen morphologischen Variabilität der Partikel der Asbestminerale jedoch Probleme zutage. Dies spielt auch bei der aktuellen Diskussion um Asbestgehalte in bauchemischen Produkten wie Putzen, Spachtelmassen und Fliesenklebern eine Rolle. In der Veröffentlichung wird hierzu ein Überblick gegeben und ein Vorschlag für eine differenzierte Darstellung der Analyseergebnisse abgeleitet.

Der Begriff geogener Asbest für asbesthaltige Verunreinigungen in Produkten ist als Abgrenzung zu technisch verwendetem Asbest gedacht. Er ist jedoch unglücklich gewählt, da technisch verwendeter Asbest auch geogenen Ursprungs ist: Ein natürlicher, mineralischer Rohstoff, der auch heute noch in einigen Ländern in Lagerstätten abgebaut wird. Die Diskussion um geogenen Asbest führt zu vielen Fragestellungen und Verunsicherungen und es bedarf einer klaren Definition, wie dieser von technisch verwendetem, also bewusst einem Material zugesetztem Asbest zu unterscheiden ist. Diese Definition sollte Eingang in die Richtlinien zur Analytik finden.

Zurzeit gibt es nur begrenzte belastbare medizinische Hinweise auf Unterschiede in der Toxizität zwischen den einzelnen Asbestvarietäten in unterschiedlicher morphologischer Ausbildung, wie sie in der Vergangenheit technisch verwendet wurden oder als Verunreinigung durch mineralische Rohstoffe auch heute noch in Bauprodukte gelangen. Dennoch sind unterschiedliche Rechtsbereiche – Abfall-, Chemikalien-, Bau- und Gefahrgutrecht, um nur einige zu nennen – von dieser Fragestellung betroffen, sodass hier sowohl von Seiten des/der Gesetzgeber(s) als auch hinsichtlich der Analytik und Bewertung der Ergebnisse Handlungsbedarf besteht.

Ein Beispiel: Ergäbe aus der Bewertung eines positiven Asbestbefundes das eindeutige Ergebnis, dass es sich um Asbest aus einem natürlichen Rohstoff handelt, kämen hinsichtlich der Möglichkeiten zur Wiederverwendung des Materials als Sekundärrohstoff die Regelungen der TRGS 517 [1] zum Tragen.

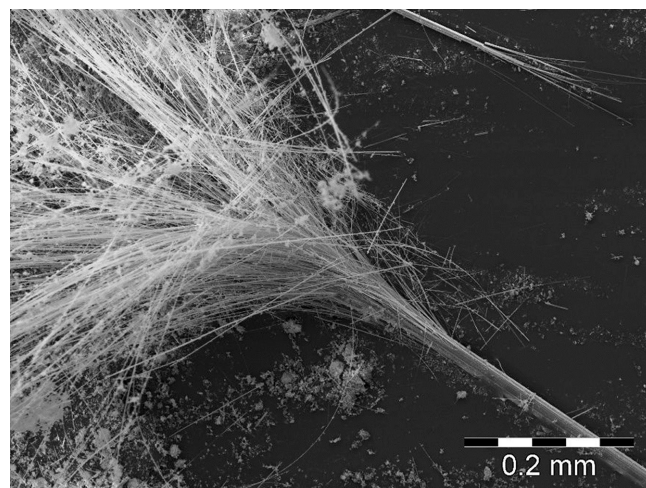


Bild 1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines garbenartig aufspießenden Faserbündels aus Amosit. Foto: Autoren

Asbest aus technischer Verwendung

Inzwischen kennt man etwa 3 000 Baustoffe und bauchemische Produkte, denen Asbest zugesetzt wurde, um deren Materialeigenschaften zu verbessern. In der Regel handelt es sich um die Asbestarten Chrysotil, Amosit und Krokydolith mit eindeutigen morphologischen Merkmalen (**Bild 1**). Es gibt aber auch einige Produkte wie Korrosionsschutzbeschichtungen oder Estriche (Magnesia- oder Steinholzestrich), denen Amphibolasbeste wie Anthophyllit oder Tremolit zugesetzt wurden.

Asbest in natürlichen, mineralischen Rohstoffen – geogener Asbest

Viele auch in Deutschland abgebaute mineralische Rohstoffe enthalten Asbestminerale, entweder primär faserförmig (zum Beispiel Tremolit und Anthophyllit in Marmoren, Talkum) oder aber gesteinsbildend als zunächst nicht faserförmige Partikel, die erst durch Bearbeitung und großtechnische Aufbereitung (Brechen, Sieben) oder die Präparation für die Laboranalyse aufgrund ihrer guten Längsspaltbarkeit zu faserförmigen Partikeln zerfallen (**Bilder 2 und 3**). Für Letzteres wären zum Beispiel Grunerit (Amosit) und Aktinolith-Tremolit in basischen magmatischen Gesteinen zu nennen, die Verwendung als Split oder Schotter finden.

Auch bearbeitete Natursteine aus aller Herren Länder, wie metamorpher Grün- oder Glimmerschiefer, Gneis, Marmor, Amphibolit, Speckstein, die Verwendung in Form von Fassadenverkleidungen, Fußbodenbelägen oder Arbeitsplatten finden, können Asbest enthalten. Eine Übersicht zu den möglichen Einsatzbereichen

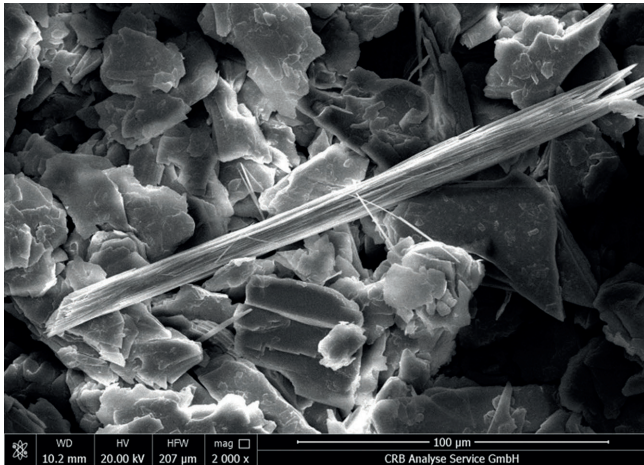


Bild 2 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Tremolith in Talkum. Foto: Autoren



Bild 3 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Anthophyllit in Talkum. Foto: Autoren



Bild 4 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Tremolit in silikatischem Marmor. Foto: Autoren

von natürlich vorkommenden mineralischen Rohstoffen, die Kontaminationen durch Asbest aufweisen können, findet sich in der TRGS 517 [1].

Die Ursache für die unterschiedliche Behandlung von technisch genutztem Asbest und Asbest als Kontamination in mineralischen Rohstoffen geht auf die Regelungen der Gefahrstoffverordnung von 1993 zurück. Dort wurde für natürlich vorkommende mineralische Rohstoffe eine Ausnahmeregelung geschaffen, die Asbestkontaminationen bis zu einem Gehalt von 0,1 Masse-% zuließ. Diese Regelung ist auch mit dem auf europäischer Ebene 2005 verhängten Asbestverbot vereinbart, das in der bereits seit 1983 bestehenden EU-Richtlinie zum Schutz von Beschäftigten gegen Gefährdung durch Asbest am Arbeitsplatz (Richtlinie 83/477/EWG; aktuelle Version [2]) aufgenommen wurde. Demnach betrifft das Verbot nur Erzeugnisse, denen Asbest absichtlich zugesetzt wurde.

Ein besonders überraschendes Beispiel: In einem Asbestlabor sollten handelsübliche Fusselrollen zur Asbestprobenahme auf Schutzkleidung und -ausrüstung genutzt werden. Die Klebepapiere wurden verascht, die Asche als Suspensionspräparat untersucht. In Vorversuchen zeigten sich unplausible, positive Asbestbefunde. Schließlich stellte sich über Blindversuche heraus, dass schon das Papier Spuren von Asbest (Tremolit) enthielt, die über den Füllstoff Calciumcarbonat in das Papier gelangten.

Beim Thema Asbest sind sich Gesetzestexte und Richtlinien weitestgehend einig. Die Definition von Asbest lautet in dieser oder ähnlicher Form: Asbeste sind folgende Silikate mit Faserstruktur: Chrysotil (Mineral der Serpentinegruppe) sowie die Amphibolasbeste Aktinolith, Amosit, Anthophyllit, Krokydolith und Tremolit (**Bild 4**).

Schon der Begriff Faserstruktur ist jedoch nicht eindeutig definiert. Da die verschiedenen Asbestminerale sowohl in einer Lagerstätte als abbauwürdiges Produkt auftreten können (technischer Asbest), als auch als Kontamination in mineralischen Rohstoffen vorkommen (geogener Asbest), ist eine Abgrenzung geogenen Asbests anhand der Mineralart allein nicht zielführend. In jedem Fall sind dazu auch morphologische Kriterien notwendig.

Bei der Definition des Begriffes (Asbest-)Faser zeigen sich jedoch je nach Anwendungsbereich deutliche Unterschiede:

- Bei den hierzulande verwendeten Richtlinien zur Analyse von Luft- (VDI 3492 [3], VDI 3861, BGI/GUV-I 505-46 [4], ISO 14966) und Staubproben (VDI 3877) besteht Einigkeit. Es gilt die WHO-Faserdefinition: „Eine Faser ist ein lang gestrecktes Partikel mit einer Länge $L > 5 \mu\text{m}$, einer Dicke $D < 3 \mu\text{m}$ und einem Länge-Dicke-Verhältnis $L:D > 3:1$ “.
- In der DIN ISO 16000-27 wird ohne weitere Definition der Begriff „asbestiform“ verwendet.
- Im Bereich mineralische Rohstoffe (TRGS 517 [1], IFA-Arbeitsmappe 7487 [5]) gilt ebenfalls die WHO-Faserdefinition, je nach Aufgabenstellung mit oder ohne Durchmesserbegrenzung von $3 \mu\text{m}$. Da an Einzelpartikeln keine eindeutige Unterscheidung der Herkunft des Asbestminerals möglich ist, findet sich der Hinweis: „Es ist dabei unerheblich, ob eine Asbestfaser aus einem faserförmigen oder nicht faserförmigen Vorkommen eines Asbestminerals freigesetzt wurde.“
- Die für die Analyse technischer Produkte relevante VDI-Richtlinie 3866 Blatt 5:2017-06 [6] benennt keine eindeutige Definition des Begriffes Faser. Lediglich in Kapitel 3 (Grundlagen) findet sich folgender Hinweis: „Wesentliche Merkmale der morphologischen Beurteilung im REM sind die deutliche Sichtbarkeit einer Längsspaltbarkeit sowie das damit verbundene Aufspalten des Objekts an den Faserenden oder das Vorlie-



Bild 5 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Aktinolith aus einem Gabbro. Foto: Autoren

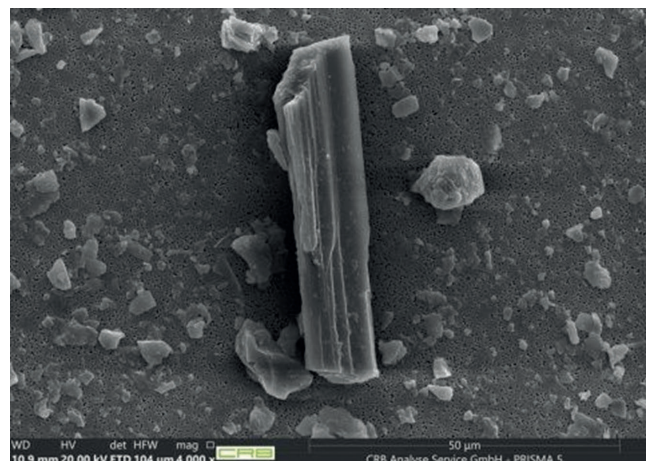


Bild 6 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Grunerit (Amosit) in einem Gabbro. Foto: Autoren

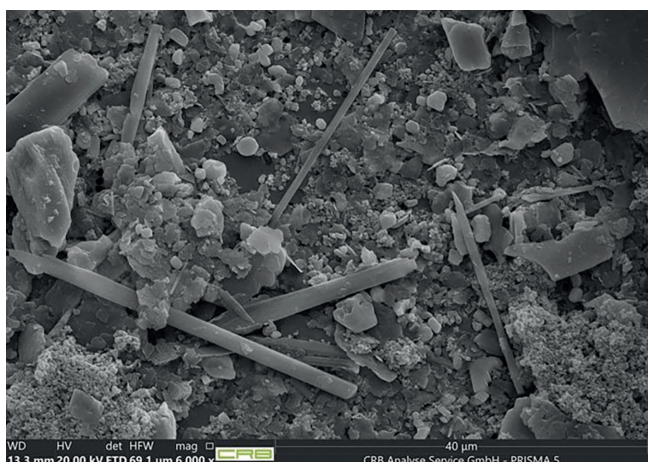


Bild 7 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Tremolit im Fensterkitt. Foto: Autoren



Bild 8 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Anthophyllit in Talkum. Foto: Autoren

gen dünner Fasern ($D < 1 \mu\text{m}$) mit einem großen Länge-Durchmesser (L/D)-Verhältnis.“

Leider geben auch europäische und nationale Regelwerke wie TRGS 519, Gefahrstoffverordnung, Chemikalienverbotsverordnung und Richtlinie 83/477/EWG, VERORDNUNG (EG) Nr. 1907/2006 (Reach) keine klare Faserdefinition, sondern sprechen immer nur von „(...) folgende Minerale mit Faserstruktur (...)“.

Die den VDI-Richtlinien eigentlich übergeordneten ISO-Normen wie ISO 22262-1 und 22262-2 sprechen ebenfalls von asbestiform und verweisen auf ISO 1379:2019 [7], wo allerdings auch keine Definition gegeben wird, sondern auf ISO 10312:2019 verwiesen wird. Dort findet man dann endlich eine Definition für eine Faser: „aspect ratio equal to or greater than 5 : 1 and a minimum length of 0,5 μm “.

Blick ins Ausland

Außerhalb Deutschlands wird regelmäßig der Begriff asbestiform verwendet (USA: EPA 600 [8], Großbritannien: HSG 248 [9]), womit Fasern mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis (aspect-ratio) von 20 : 1 bis 100 : 1 beschrieben werden.

Zudem müssen nach diesen Richtlinien zwei oder mehr morphologische Kriterien erfüllt werden, wie parallele Kanten, Fasern, die in Bündeln auftreten, Faserbündel mit aufspießenden Enden, Fasern in Form dünner Nadeln, verfilzte Massen einzelner Fasern und/oder gekrümmte Fasern.

Auch die Schweizer Kollegen verfolgen mit Ihrem Positionspapier Forum Asbest Schweiz (FACH) von Juni 2023 mit dem Titel „Kriterien zur Beurteilung der Asbestiformität von Amphibolpartikeln in Materialproben“ [10] einen ähnlichen Ansatz.

Beispiele für die Morphologie von Asbest in unterschiedlichen mineralischen Rohstoffen

Asbest in mineralischen Rohstoffen kann unterschiedliche morphologische Merkmale zeigen. Häufig treten gerade Aktinolith und Amosit (Grunerit) gesteinsbildend in Form nicht faserförmiger Kristallite auf, wobei in der Regel die gute Längsspaltbarkeit der Minerale sichtbar ist (**Bild 5** und **6**). Diese zerfallen ggf. erst bei einer Bearbeitung in faserförmige Einzelpartikel.

Tremolit und Anthophyllit zeigen sich gelegentlich in einem primär faserförmigen Habitus mit Länge-Durchmesser-Verhältnissen $> 10 : 1$ (**Bild 7** und **8**).

Konsequenzen für die Analytik technischer Produkte gemäß VDI-Richtlinie 3866 Blatt 5:2017-06

Die bisher nicht eindeutige Definition für eine Asbestfaser in der VDI-Richtlinie 3866 („großes Länge-zu-Durchmesser (L/D)-Verhältnis“) geht auf die früher typische Anwendung der Richtlinie zurück, als weitgehend klassische Asbestprodukte analysiert wurden. Mit dem Aufkommen der Fragestellung um den in Putzen, Klebern und Spachtelmassen auftretenden Asbest ist jedoch eine Differenzierung notwendig geworden, die nur durch eine Konkretisierung der Definition des Begriffs der Asbestfaser möglich wird. Diese Konkretisierung sollte es erlauben, Anhaltspunkte zu geben, die helfen, technisch verwendeten von geogenem Asbest zu unterscheiden, der durch Eintrag über Verunreinigungen aus natürlichen mineralischen Roh- und Zuschlagstoffen auftritt.

Als Komplikation ergibt sich jedoch, dass die morphologische Ausprägung der Asbestminerale von dünnen, langen Fasern bis hin zu dicken stumpfen Splintern fließend sein kann. Eine eindeutige Abgrenzung der beiden Gruppen ist somit nicht möglich. Um eine Entscheidungsfindung (technischer- oder geogener Asbest) erreichen zu können, kann auf den bestehenden Erfahrungen ein Schema erstellt werden, dass anhand bestimmter morphologischer Kriterien eine differenzierte Darstellung der Analysenergebnisse erlaubt. Hierfür wären Konventionen festzulegen. Nur dadurch könnte vermieden werden, dass es zu Unterschieden in der Interpretation der Befunde und somit zu unterschiedlichen Untersuchungsergebnissen zwischen einzelnen Laboren kommt.

Zudem gilt bisher nach VDI 3866, Blatt 5: „Beim ersten Nachweis von asbesthaltigen Strukturen (zum Beispiel Fasern, Faserbündel) kann die Untersuchung abgebrochen werden (Befund „asbesthaltig: ja“)“ [6]. Dies bedeutet, dass beim Fund nur einer Faser die Untersuchung abzubrechen und das Material als asbesthaltig anzusehen ist.

Um zu einer konsistenten Auswertung der Analyse von Luft- und Materialproben zu gelangen, soll daher im Folgenden ein neuer Ansatz vorgestellt werden, der es erlaubt, abhängig von Art und Auftreten von Asbest und Asbestmineralen differenzierte Ergebnisse zu erhalten.

Grundlage dafür könnte die Handlungsanleitung der Schweizer SUVA von April 2019 „Analyse von Materialproben mit schwieriger Matrix und geringen Asbestgehalten: Vorgehensweisen und Empfehlungen der Suva“ (aktualisiert 2024, [11]) sein. In diesem Papier wird im Wesentlichen auf der Grundlage morphologischer Kriterien eine Differenzierung der Ergebnisse der Analyse vorgestellt. So ist zum Beispiel ein Material nach definierten Bedingungen für die Auswertung erst dann als asbesthaltig anzusehen ist, wenn drei oder mehr voneinander unabhängige Faserstrukturen nachgewiesen werden konnten.

Merkmale für Asbestfasern aus technischer Anwendung (zumeist absichtlich zugesetzter Asbest)

Ein positiver Asbestbefund für technisch verwendeten Asbest liegt dann vor, wenn mindestens drei Faserstrukturen mit mindestens zwei der folgenden morphologischen Merkmale nachgewiesen wurden:

- Einzelfasern mit parallelen Längskanten oder dünne Faserbündel mit einem Durchmesser $< 1 \mu\text{m}$ und einem $L/D > 10$ oder

- aufspießende Fasern/Faserbündel beliebiger Dicke mit einer Länge $> 5 \mu\text{m}$ oder
- wirrfaserige, verfilzte Faseraggregate mit einer Länge $> 5 \mu\text{m}$. Produkte mit Asbestgehalten von 1 Masse-% und mehr enthalten typischerweise dünne Fasern und Faserbündel mit einem $L:D > 50:1$ und auch aufspießende Faserbündel und zum Teil wirrfaserige Partikelaggregate.

Merkmale für Partikel von Asbestmineralen aus geogener Herkunft (zumeist als natürlicher Bestandteil von mineralischen Rohstoffen)

Ein positiver Asbestbefund für geogenen Asbest liegt dann vor, wenn Faserstrukturen mit folgenden morphologischen Merkmalen nachgewiesen wurden:

- Einzelfasern mit parallelen Längskanten mit einem $L:D < 10:1$,
- keine dünnen Fasern mit $D < 1 \mu\text{m}$,
- keine aufspießenden Faserbündel,
- Faserbruchstücke mit nicht parallelen Längskanten.

Diese beiden extremen Positionen der Zuordnung können die Grundlage für eine Darstellung der Auswertung einer Probe im Hinblick auf Asbest sein. Dabei wird vorgeschlagen, insgesamt drei Kategorien von Fasern (Fasertyp A, B und C) auszuweisen:

- Fasertyp A: Asbestfasern (zum Beispiel Chrysotil, Amosit, Krokydolith); gesundheitsgefährdend und für die Bewertung maßgeblich
- Fasertyp B: Anorganische, nicht asbesthaltige Fasern (zum Beispiel künstliche Mineralfasern)
- Fasertyp C (geogener Asbest): Produkte mit Asbest-Verunreinigungen durch die Asbestarten Tremolit-Aktinolith oder auch Anthophyllit

Während der Fasertyp A die international häufig als „asbestiform“ benannten Asbestfasern aus technischen Produkten bezeichnet, wird die Summe aller gefundenen Fasern der Fasertypen A, B und C in einer Probe den bisher nach TRGS 517 zu ermittelnden Asbestgehalt darstellen (alle Fasern mit WHO-Abmessungen und dem Chemismus der Asbestminerale). Ein Analysenbericht würde somit Informationen über den in Bezug auf mineralische Rohstoffe nach TRGS 517 auszuweisenden Asbestgehalt geben, aber auch zur Frage, ob und mit welchem Masseanteil als technisch zu bewertender Asbest vorhanden ist.

Grundsätzlich ist dabei aber zu bedenken, dass auch eine solche Gliederung der Ergebnisse nicht immer eine eindeutige Differenzierung erlaubt. Das (vergleichsweise seltene) Auftreten von Chrysotil als Kontamination in mineralischen Rohstoffen wird im Einzelfall nicht immer einer technischen oder geogenen Herkunft zuzuordnen sein. Auch bei Anthophyllit und Tremolit/Aktinolith ist diese Unterscheidung nicht immer möglich. Insgesamt würde diese Gliederung der Asbestbefunde in drei Fasertypen jedoch einen deutlichen Fortschritt bei der Bewertung und Einordnung von Ergebnissen der Asbestanalytik liefern.

Denkbar ist auch, bei der Darstellung der Analyseergebnisse von Luftproben die gefundenen Faserpartikel einer Zuordnung in unterschiedliche morphologische Klassen zu unterziehen. Zunächst sollten jedoch anhand der Darstellung der Ergebnisse von Materialproben, wie oben vorgeschlagen, Erfahrungen gesammelt werden. Die erweiterte Darstellung der Analysenergebnisse stellt auch für den Regelwerkgeber eine Herausforderung dar. Ob dies

zu Konsequenzen im technischen Regelwerk im Hinblick auf die Forderungen an Analyseergebnisse führen wird, bleibt abzuwarten.

L I T E R A T U R

- [1] Technische Regel für Gefahrstoffe: Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemischen und Erzeugnissen (TRGS 517), GMBI 2013 S. 382-396 vom 09.04.2013 [Nr. 18], zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2015 S. 137-138 [Nr. 7], vom 02.03.2015.
- [2] Richtlinie (EU) 2023/2668 des europäischen Parlaments und des Rates vom 22. November 2023 zur Änderung der Richtlinie 2009/148/EG über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Asbest am Arbeitsplatz.
- [3] VDI 3492 "Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messen von Immissionen – Messen anorganischer faserförmiger Partikel – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren", 2013, Beuth-Verlag.
- [4] DGUV (Hrsg.) (2014): Verfahren zur getrennten Bestimmung der Konzentrationen von lungengängigen anorganischen Fasern. Von den Unfallversicherungsträgern anerkannte Analysenverfahren zur Festlegung der Konzentrationen krebserzeugender Arbeitsstoffe in der Luft in Arbeitsbereichen. Verfahren 03 (Fasern – 03 – REM/EDXA). DGUV Information 213-546 (früher: BGI/GUV I 505-46), Ausgabe Februar 2014.
- [5] Riediger, G.: Verfahren zur analytischen Bestimmung geringer Massegehalte von Asbestfasern in Pulvern, Pudern und Stäuben mit REM/EDX. – IFA-Arbeitsmappe, Kennzahl 7487, 2003, S. 8, Erich Schmidt Verlag.
- [6] VDI-Richtlinie 3866 Blatt 5 (2004): Bestimmung von Asbest in technischen Produkten.; Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren. – Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Ausgabe Juni 2017, 38 S., Beuth Verlag, Berlin.
- [7] ISO 10312:2019 Ambient air — Determination of asbestos fibres — Direct transfer transmission electron microscopy method
- [8] EPA 600/R-93/116: Method for the determination of asbestos in bulk building materials. Environmental Protection Agency (EPA), 1993.
- [9] HSG 248: Asbestos: The analysts' guide (2nd edition). Norwich, TSO 2021
- [10] Forum Asbest Schweiz (2023): Kriterien zur Beurteilung der Asbestiformität von Amphibolpartikeln in Materialproben. forum-asbest.ch/files/fachexperten/Positionspapier%20FACH%20Amphibol-Analytik_2023_de.pdf
- [11] SUVA: Analyse von Materialproben mit schwieriger Matrix und geringen Asbestgehalten: Vorgehensweise und Empfehlungen der Suva. – Luzern, 2024. forum-asbest.ch/files/fachexperten/Asbestanalyse%20in%20schwierigen%20Proben%20-%20Empfehlungen%20Suva_2024%5B8%5D.pdf

**Mitglieder des Normenausschusses
134-04-04-14 UA – Messen anorganischer
faserförmiger Partikel**