

Asbest

„aus der Sicht des Mineralogen“

Im Jahr 2011 überarbeiteter Vortrag aus dem Jahr 1992, damals als „Asbestseminar“ ausgerichtet vom Materialprüfungsamt der LGA Bayern.

Inhalt:

1. Begriffe
2. Geschichtliche Entwicklung
3. Mineralogie der Asbeste
 - 3.1. Struktur
 - 3.2. Morphologie und Farbe
 - 3.3. Optische Eigenschaften
 - 3.4. Zusammensetzung der Asbestarten
4. Untersuchungsmethoden

1. Begriffe

Asbest ist die Bezeichnung für eine Gruppe natürlich vorkommender kristalliner Silikate mit faserigem Habitus.

Asbestfasern sind nach DIN 60001 Naturfasern aus der Gruppe der mineralischen Fasern.

Als Faser wird nach dem ASTM-Committee D-30 jedes längliche Gebilde bezeichnet, dessen Länge sich zum mittleren Durchmesser mindestens 10:1 verhält, bei einer maximalen Breite von 0,25 mm und einer maximalen Querschnittsfläche von 0,05 mm².

In den Deutschen Richtlinien u.a. VDI 3492 und BGI 505-46 wird das Länge zu Dicke Verhältnis auf 3:1 reduziert.

WHO-Fasern sind Fasern die einen Durchmesser von $\leq 3 \mu\text{m}$ aufweisen und damit im Fall der Asbestfasern als gesundheitsgefährdend gelten.

Asbestminerale sind nach der deutschen Gefahrstoffverordnung GefStoffV vom 26.11.2010 die Minerale :

Aktinolith, Amosit, Anthophyllit, Chrysotil, Krokydolith, Tremolit

2. Geschichte

Asbest und dessen Verwendung ist seit etwa 2500 Jahren bekannt.

Im Altertum wurden Chrysotil und Tremolit zu Leichenverbrennungstüchern, Matten und Dochten für Lampen verarbeitet (Kallimachus 5.Jhr.v.Chr, Plutarch 46 n. Chr., Plinius d. ält. 79 n. Chr.)

Daher auch die Namen:

Asbestos: die unvergängliche unauslöschliche Flamme

Amianthus: unbeflekt, makellos nach Feuerbehandlung

Die antiken Lagerstätten befanden sich auf Zypern, in Griechenland und in den italienischen Alpen z.B. Campolungo im Tessin, aber nicht im Val Tremola!

Um 1710 begann die Gewinnung von Chrysotil im Ural.

Im Jahr 1803 wurde in Südafrika in der Kap-Provinz eine neue Asbestsorte gefunden, die 1831 den Namen Krokydolith = „wolliger Stein“ bekam. Der Abbau begann im Jahre 1893.

Tremolit-Asbest wurde 1860 im Val d' Aosta entdeckt.

Die Asbestsorte Amosit – benannt nach den „Asbestos Mines of South Africa“ fand man 1907 in Transvaal.

Der industrielle Asbestabbau begann in Rhodesien im Jahr 1908.

Wesentlichen Aufschwung bekam die Asbestindustrie durch die Erfindung verschiedener Verfahren zur Produktion von Asbestzement in den Jahren 1899 bis 1913:

Nassverfahren von L. Hatschek, 1899, als „Eternit (1903)“

Halbtrockenverfahren von Österheld, 1901, als „Fulgurit (1901-04)“

Druckrohre nach dem Mazza-Verfahren (1913).

sowie

Hochdruckdichtungen von R. Klinger, „Klingerit“ im Jahr (1900)

Garne aus Krokydolith (1885) und Amosit (1909)

3. Mineralogie der Asbeste

3.1. Struktur

Alle Asbestarten sind wasserhaltige Silikate. Das wesentliche Kriterium das ihr gesundheitlich gefährliches Potential bildet, ist die Ausbildung von dünnen Fasern, die vor allem bei mechanischer Beanspruchung entstehen können.

Sie ist begründet durch die kristalline Struktur, die eine Längsspaltbarkeit erlaubt, die vergleichbar bei den künstlichen Mineralfasern nicht vorhanden ist.

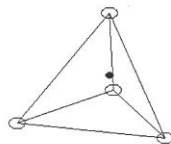
Strukturell gibt es zwei Typen:

- das Schichtsilikat Serpentin (für den Chrysotilasbest)
- die Bandsilikate (für die Amphibolasbeste)

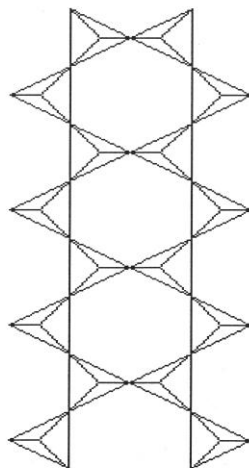
Der Grundbaustein der Silikate ist das SiO_4 -Tetraeder

Bei den Amphibolasbesten ist durch die eindimensional unendliche Verknüpfung von Tetraeder-Doppelketten die Ausbildung der Fasern vorgezeichnet. In der Kristallstruktur ist parallel zur Kettenrichtung eine bevorzugte Spaltrichtung vorhanden, entlang welcher die Fasern spleißen. Vor allem durch mechanische Beanspruchung entstehen so Elementarfasern, die bei den Amphibolasbesten zwischen 0,1 und 0,2 μm Durchmesser haben.

Das SiO_4 - Tetraeder



Die Bandstruktur der Amphibole



Beim Serpentin sind die SiO_4 -Tetraeder zweidimensional verknüpft. Dabei wiederholen sich Tetraederschichten und Oktaederschichten (Brucit-Schicht aus $\text{Mg}(\text{OH},\text{O})_6$ -Oktaedern) regelmäßig.

Die Gitterabstände in den Tetraeder- und Oktaederschichten unterscheiden sich geringfügig. Die dadurch auftretenden Spannungen führen zu einer Deformation der Struktur. Es bilden sich die zwei Serpentin-Varietäten Chrysotil und Antigorit.

Während sich beim Antigorit eine wellblechartige Form entwickelt, rollen sich die Schichtpakete beim Chrysotil ein, so dass extrem feine Röhren entstehen.

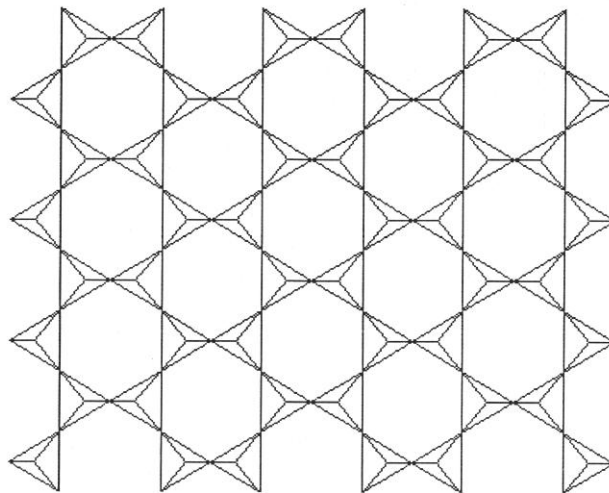
Der Krümmungsradius ist durch die Struktur vorgegeben, so dass die kleinste Primärfibrille des Chrysotils ca. $0,03 \mu\text{m}$ Durchmesser hat. Im Vergleich dazu ist ein normales menschliches Haar ca. 3000 mal dicker.

Mineralogische Anmerkung zum Chrysotil:

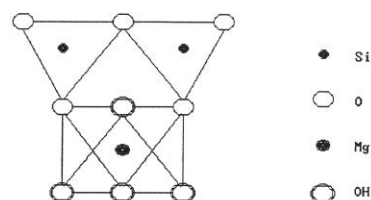
Die Atomanordnung im Chrysotil ist streng genommen nicht dreidimensional periodisch und entspricht damit nicht einer Kristallstruktur.

(z.B. VDI 3492: Asbeste sind kristalline Silikate.)

Die Tetraederschicht des Serpentins



Strukturschema des Serpentins



3.2. Morphologie und Farbe

Die makroskopischen Farben der Asbeste schwanken mit der Zusammensetzung. Die drei häufigsten Arten haben dabei auch zur technischen Namensgebung beigetragen.

Asbestart	Farbe	Techn.Bez.	Morphologie
Chrysotil	Grün bis grauweiß	Weißasbest	Faserig gewunden
Krokydolith	Blau bis grün	Blauasbest	Faserig bis stengelig, auch verfilzt
Amosit	Gelbbraun bis grau	Braunasbest	Faserig, stengelig, nadelig

3.3. Optische Eigenschaften (Polarisationsmikroskopie, Phasenkontrast)

Im Durchlicht ist die makroskopische Farbe auch erkennbar. Es sind meist mit deutlichem Pleochroismus:

Chrysotil:	farblos, gelb bis grün
Amosit:	farblos bis nelkenbraun
Grunerit:	farblos, meist braun
Aktinolith:	blassgelbgrün bis blaugrün
Krokydolith:	blaugrün bis braun
Anthophyllit:	farblos bis nelkenbraun
Tremolit:	blassgelbgrün bis blaugrün

Lichtbrechung, Doppelbrechung, opt.Charakter, Achsenwinkel, Auslöschungsschiefe

	n_x	n_y	n_z
Chrysotil	1,532 – 1,549	1,54	1,545 – 1,561
Krokydolith	1,685 – 1,695	1,687 – 1,697	1,689 – 1,699
Amosit	1,64	1,66	1,67
Grunerit	1,685	1,709	1,728
Aktinolith	1,599 – 1,688	1,613 – 1,697	1,624 – 1,705
Anthophyllit	1,596 – 1,64	1,605 – 1,66	1,615 – 1,67
Tremolit	1,599 – 1,688	1,613 – 1,697	1,624 – 1,705

	$n_z - n_x$	Opt. Char.	Achsenwinkel	Auslöschungsschiefe
Chrysotil	0,011	+	30 – 35	nz c
Krokydolith	0,004	-	80 – 90	n_z/c 90
Amosit	0,02	+	60	nz c
Grunerit	0,043	-	84 – 90	n_z/c 10 - 15
Aktinolith	0,021	-	65 - 88	n_z/c 15 - 20
Anthophyllit	0,013 – 0,02	-/+	90	nz c
Tremolit	0,027 – 0,017	-	65 - 88	n_z/c 10 - 20

3.4. Zusammensetzung der Asbestarten

Die Zusammensetzung der natürlich gebildeten Asbestminerale ist von vielen geologischen und zeitlichen Veränderungen abhängig.

In vielen Veröffentlichungen sind Analysen und durchschnittliche Zusammensetzungen zu finden. Ich möchte deshalb hier keine Zahlen aufführen.

Es bleibt für den Analytiker die Aufgabe aus Literaturhinweisen, Analyse von Standards (z.B. UICC) u.ä. sich die Erfahrung anzueignen um Asbest sicher zu identifizieren.

Das führt natürlich zur Frage der Untersuchungsmethoden:

4. Untersuchungsmethoden

Vor ca. 10 Jahren wurde von einer Stiftung ein Preis ausgelobt, um Asbest einfach, schnell und sicher nachzuweisen. Ein Ergebnis habe ich nie gesehen.

So ergibt sich die Frage, welche Untersuchungsmethode ist angebracht. Verwendet werden und sind meist in Richtlinien geregelt:

1. Durchlichtmikroskopie
2. Infrarotspektroskopie
3. Röntgendiffraktometrie
4. Rasterelektronenmikroskopie mit Röntgenmikroanalyse
5. Transmissionselektronenmikroskopie mit Röntgenbeugung

Da in manchen Fällen Asbestgehalte in der Größenordnung von ca. 1 % auftreten, sind die Infrarotspektroskopie und die Röntgendiffraktometrie in Bezug auf die Nachweisgrenze ohne spezielle Vorbereitung überfordert.

Die Durchlichtmikroskopie stößt an ihre Grenzen, wenn undurchsichtige Bindemittel (z.B. PVC) eine Analyse behindern, und auch die komplizierten optischen Daten der Asbeste können nur von erfahrenen Analysten beherrscht werden.

Als Standard bleibt die Rasterelektronenmikroskopie mit Röntgenmikroanalyse, die den Vorteil bietet den morphologischen Befund d.h. die Fasereigenschaft mit der Analyse der Zusammensetzung zu kombinieren. Nachweisgrenzenprobleme gibt es nicht, vielmehr muss z.B. entschieden werden, ob es sich um ein asbesthaltiges Produkt handelt oder nur eine Kontamination vorliegt.

Die Transmissionselektronenmikroskope mit Röntgenbeugung wäre der Traum des Mineralogen ist aber vom Aufwand und den Kosten keine wirtschaftlich sinnvolle Methode.