



Ist Asbest gleich Asbest? Vorkommen, Einsatzgebiete und Abgrenzung zu anderen mineralischen Fasern

Wohnmedizin / Innenraumhygiene
— 24. WaBoLu Innenraumtage —
Dipl.-Biol. Armin Schuster, 16.05.2017

das Asbestverbot

● Gefahrstoffverordnung (2010), mit CAS-Nrn.

Asbest...sind...folgende Silikate mit Faserstruktur

Aktinolith	77536-66-4	Farbgebung variabel ...dunkelgrün...
Amosit	12172-73-5	... "Braunasbest", braun, grau, grünlich...
Anthophyllit	77536-67-5	...grau, graubraun, weiß, gelblich, grün...
Chrysotil	12001-29-5 bzw. 132207-32-0	..."Weißasbest", weiß, grau, grün, gelblich...
Krokydolith	12001-28-4	..."Blauasbest", blau, blaugrün...
Tremolit	77536-68-6	...weiß, graugrün...

Anhang (Abschnitt 2: Asbest) ChemikalienverbotsV außer Kraft seit 27.01.2017, Verbot ist in die GefStoffV (Anhang II, Nummer 1) übergegangen, weiterhin gilt die Grenze von 0,1% (Masse)

● IARC-Einstufung als Kanzerogene der Gruppe 1, mit CAS-Nrn.

Asbestos (all forms, including actinolite, amosite, anthophyllite, chrysotile, crocidolite, tremolite)

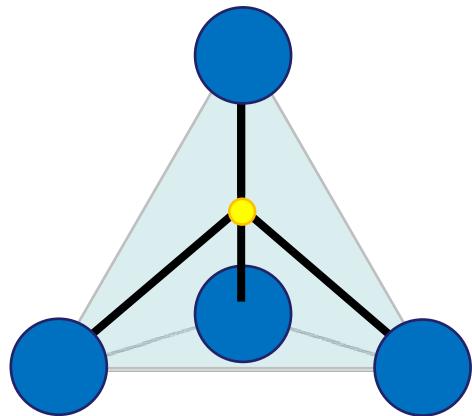
Asbestos	1332-21-4 (unspecified)
Chrysotile	12001-29-5
Crocidolite	12001-28-4
Amosite	12172-73-5
Anthophyllite	77536-66-4*
Actinolite	77536-67-5*
Tremolite	77536-68-6*

*substance with no regular CA index by CAS

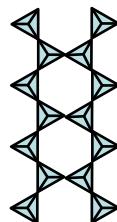
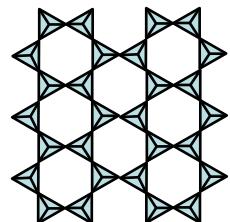
Verwendung definiert Asbest

- **Asbest = diverse natürlich in Faserform vorkommende Minerale**
genutzt, da thermisch und chemisch weitgehend stabil, elektrisch und thermisch isolierend, nicht brennbar, spinnbar ... Namensgebung: ἀσβεστος (altgriechisch für unvergänglich)
- **Asbest ist keine mineralogische oder toxikologische Kategorie, sondern eine technische**
alle Asbeste wurden/werden technisch genutzt (global noch ca. 2 Mio Tonnen p.a.) – alle sind krebserzeugend – es gibt weitere asbestiforme Minerale, die nie als Asbest genutzt wurden
- **WHO-Fasern – Risiko weit unterhalb asbestiformer Dimensionen**
bei Inhalation potenziell gefährliche Fasergeometrie: Länge > 5 µm, Durchmesser < 3 µm und Verhältnis Länge:Durchmesser > 3:1 – 5 von 6 Asbestmineralen kommen auch nicht asbestiform vor
- **TRGS 517 erweitert Definition auf nicht asbestiforme Minerale**
alle Minerale, die Partikel der verbotenen Asbeste in WHO-Dimensionen freisetzen, sind Asbest, auch wenn das Ursprungsmineral nicht asbestiform ist
- **inhalative Krebsrisiken außerhalb der Asbest-Kategorie?**
möglich bei nicht als Asbest genutzten, biopersistenten asbestiformen bzw. allen längsspaltenden Mineralen – auch nicht faserförmige Mineralpartikel können inhalativ kanzerogen sein (z.B. Quarz und Cristobalit) – "alte" KMF. E-Glas, 475 Glas, Keramikfasern (RCF): IARC 2b

Asbeste sind Silikate

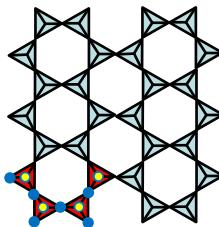
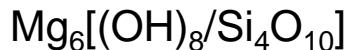


- Baustein aller Silikate sind $[\text{SiO}_4]^{4-}$ Tetraeder
- in den Kristallgittern lagern sich Kationen ein
- Tetraeder können über die Ecken verknüpft sein
je nach Organisationsgrad bilden sich Inselsilikate, Gruppensilikate, Ringsilikate, Kettenstrukturen (Einfachketten und Doppelketten), Schichtsilikate oder Gerüstsilikate)
- Chrysotil ist ein Schichtsilikat
- alle anderen 5 Asbeste sind Doppelkettensilikate
Amphibole – Kristallstruktur bedingt extrem gute Längsspaltung
- keine Asbeste bei Einfachkettensilikaten
Pyroxene – Kristallstruktur bewirkt gute Längsspaltung, keine gefährlichen Minerale bekannt (?), beim Hocherhitzen (1.000°C) von Amphibolen bilden sich typischerweise Pyroxene



Chrysotil=Faserserpentin

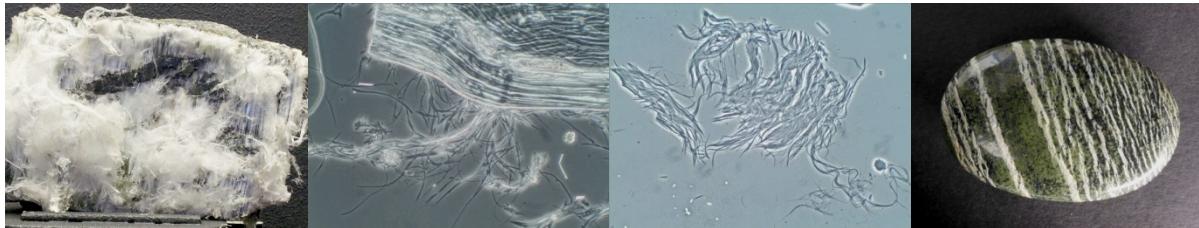
- ist ein Schichtsilikat



- wechselt die Krümmung ab, bildet sich schuppiger Lizardit oder Antigorit (Blätterserpentin)



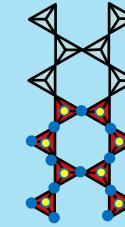
- bleibt die Krümmung gleich, rollt sich die Schichtebene ein
bei der Gesteinsbildung bilden sich ggf. ca. 20 nm dünne Röhren (=Asbest)



- aus Blätterserpentin entsteht bei Bearbeitung kein Chrysotil
- selten Hohlfasern anderer Schichtsilikate – Gesundheitsrisiken?
Palygorskит, Metahalloysit, Pecorait, Greenalit, Amesit, Garnierit...?
keine Verwendung der Faserform, Palygorskит als Asbestersatz u.a.

vielfältige Amphibole !

Name	Amphiboltyp	Reihe	Formel	Asbestminerale
Anthophyllit \leftrightarrow Ferroanthophyllit	Mg-Fe-Mn	Mg \leftrightarrow Fe	$\square(Mg,Fe^{2+})_7[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	Faserform des Anthophyllits (nur Mg, kein Fe)
Gedrit-Ferrog gedrit	Mg-Fe-Mn	Mg \leftrightarrow Fe	$\square(Mg,Fe^{2+})_5Al_2[(OH)_2/Al_2Si_6O_{22}]$	
Cummingtonit \leftrightarrow Grunerit	Mg-Fe-Mn	Mg \leftrightarrow Fe	$\square(Mg,Fe^{2+})_7[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	Faserform des Grunerits=Amosit (nur Fe, kein Mg)
Holmquistit \leftrightarrow Ferroholmquistit	Li	Mg \leftrightarrow Fe	$\square Li_2(Mg,Fe^{2+})_3Al_2[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	
Klinoholmquistit \leftrightarrow Klinoferroholmquistit	Li	Mg \leftrightarrow Fe	$\square Li_2(Mg,Fe^{2+})_3Al_2[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	
Tremolit \leftrightarrow Aktinolith \leftrightarrow Ferroaktinolith	Ca	Mg \leftrightarrow Fe	$\square Ca_2(Mg,Fe^{2+})_5[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	Faserformen von Tremolit und Aktinolith=Amiant o. Byssolith
Magnesiohornblende \leftrightarrow Ferrohornblende	Ca	Mg \leftrightarrow Fe und Al, Fe^{3+}	$\square Ca_2(Mg,Fe^{2+})_4(Al,Fe^{3+})[(OH)_2/AlSi_7O_{22}]$	
Tschermakit \leftrightarrow Ferro/Ferritschermakit	Ca	Mg \leftrightarrow Fe und Al \leftrightarrow Fe^{3+}	$\square Ca_2(Mg,Fe^{2+})_3(Al,Fe^{3+})_2[(OH)_2/Al_2Si_6O_{22}]$	
Edenit \leftrightarrow Ferroedenit	Ca	Mg \leftrightarrow Fe	$\square NaCa_2(Mg,Fe^{2+})_5[(OH)_2/AlSi_7O_{22}]$	
Pargasit \leftrightarrow Ferropargasit	Ca	Mg \leftrightarrow Fe	$\square NaCa_2(Mg,Fe^{2+})_4Al[(OH)_2/Al_2Si_6O_{22}]$	
Magnesiohastingsit \leftrightarrow Hastingsit	Ca	Mg \leftrightarrow Fe	$\square NaCa_2(Mg,Fe^{2+})_4Fe^{3+}[(OH)_2/Al_2Si_6O_{22}]$	
Kaersutit \leftrightarrow Ferrokaersutit	Ca	Mg \leftrightarrow Fe	$\square NaCa_2(Mg,Fe^{2+})_4Ti[(OH)_2/Al_2Si_6O_{23}]$	
Richterit \leftrightarrow Ferrorichterit	Na-Ca	Mg \leftrightarrow Fe	$\square NaCaNa(Mg,Fe^{2+})_5[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	
Magnesiokatophorit \leftrightarrow Katophorit	Na-Ca	Mg \leftrightarrow Fe und Al, Fe^{3+}	$\square NaCaNa(Mg,Fe^{2+})_4(Al,Fe^{3+})[(OH)_2/AlSi_7O_{22}]$	
Magnesiotaramit \leftrightarrow Taramit	Na-Ca	Mg \leftrightarrow Fe	$\square NaCaNa(Mg,Fe^{2+})_3AlFe^{3+}[(OH)_2/Al_2Si_6O_{22}]$	
Winchit \leftrightarrow Ferrowinchit	Na-Ca	Mg \leftrightarrow Fe	$\square CaNa(Mg,Fe^{2+})_4(Al,Fe^{3+})[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	
Barroisit \leftrightarrow Ferrobarroisit	Na-Ca	Mg \leftrightarrow Fe	$\square CaNa(Mg,Fe^{2+})_3AlFe^{3+}[(OH)_2/AlSi_7O_{22}]$	
Glaukophan \leftrightarrow Ferroglaukophan	Na	Mg \leftrightarrow Fe	$\square Na_2(Mg,Fe^{2+})_3Al_2[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	
Magnesioriebeckit \leftrightarrow Riebeckit	Na	Mg \leftrightarrow Fe	$\square Na_2(Mg,Fe^{2+})_3Fe^{3+}[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	Faserform des Riebeckits=Krokydolith (nur Fe, kein Mg)
Eckermanit \leftrightarrow Ferroeckermanit	Na	Mg \leftrightarrow Fe	$\square NaNa_2(Mg,Fe^{2+})_4Al[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	
Magnesioarfvedsonit \leftrightarrow Arfvedsonit	Na	Mg \leftrightarrow Fe	$\square NaNa_2(Mg,Fe^{2+})_4Fe^{3+}[(OH)_2/Si_8O_{22}]$	



wichtige Amphibol-Endglieder, allgemeine Formel = $A_{0-1}B_2C_5[(OH,F)_2/T_8O_{22}]$, Strunz listet 121 Amphibole!

A=Na⁺, K⁺, \square (Leerstelle)

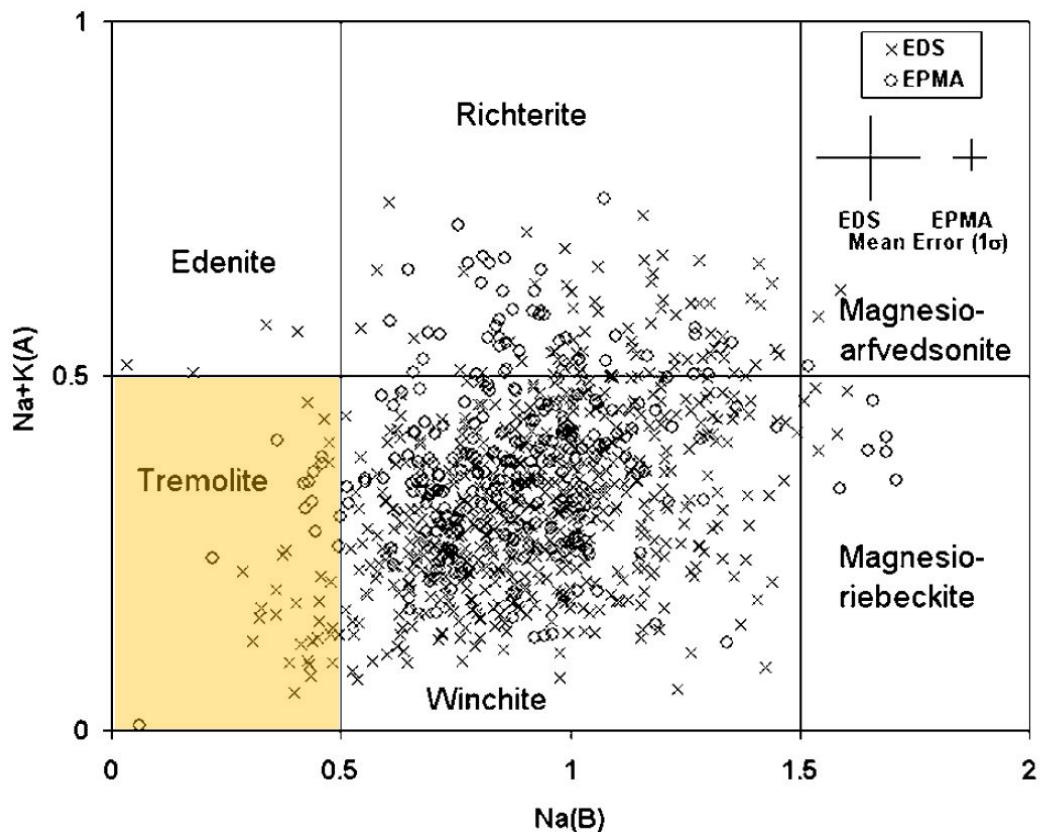
B=Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺

C=Mg²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Al³⁺, Fe³⁺, Ti⁴⁺

T=Si⁴⁺, Al³⁺



Beispiel für Amphibol-Varianz



- USA, Rainy Creek Complex nahe Libby (Montana): Vermiculit-Abbau
- Krebserkrankungen und Exposition von Beschäftigten und Anwohnern
- Untersuchung von 30 Gesteinsproben auf Amphibole
- Übergänge zwischen den Mineralen sind fließend, nur Tremolit-Fasern mit WHO-Dimensionen wären in diesem Beispiel eingestuft bzw. reguliert
- alle Morphologietypen kommen vor (massiv prismatisch, nadelförmig, asbestiform)
- teilweise wechselt Mineraltyp im Faserquerschnitt

aus Meeker GP, Bern AM, Brownfield IK, Lowers HA, Sutley SJ, Hoefen TM, Vance JS: *The Composition and Morphology of Amphiboles from the Rainy Creek Complex, Near Libby, Montana*. American Mineralogist 2003;88:1955–69

EDS=Energy disperse X-ray analysis, EPMA=Electron probe microanalysis

wo kommt Asbest nicht vor?

- **in Sedimentgesteinen (Ablagerungsgesteine)**

Asbestfasern und alle Amphibole sind in geologischen Zeiträumen nicht verwitterungsbeständig und fehlen in Sandsteinen, Kalksteinen, Arkosen, Tonsteine...

- **in unveränderten Ergussgesteinen (Magmatiten)**

Asbestfasern fehlen in Ergussgesteinen (oberflächennahe Vulkanite und tiefe Plutonite wie Granit, Syenit, Basalt, Gabbro), nicht-asbestiforme Amphibole sind nicht selten

- **Achtung: TRGS 517 stellt Amphibolkristalle Asbest gleich**

Spaltbarkeit und Sprödigkeit: ggf. leichte Freisetzung von WHO-"Fasern", z.B. Riebeckit in Alkaligranit, andere Amphibole in Gesteinen, die reich an Ca, Mg, Fe sind (i.d.R. dunkel gefärbte Gesteine), sowohl Ergussgesteine als auch metamorphe Gesteine

- **in hocherhitzten Materialien**

Chrysotil verliert H₂O ab 550°C und zersetzt sich völlig ab 800°C, Amphibole verlieren H₂O ab ca. 400–600°C und zersetzen sich völlig ab ca. 900–1.000°C

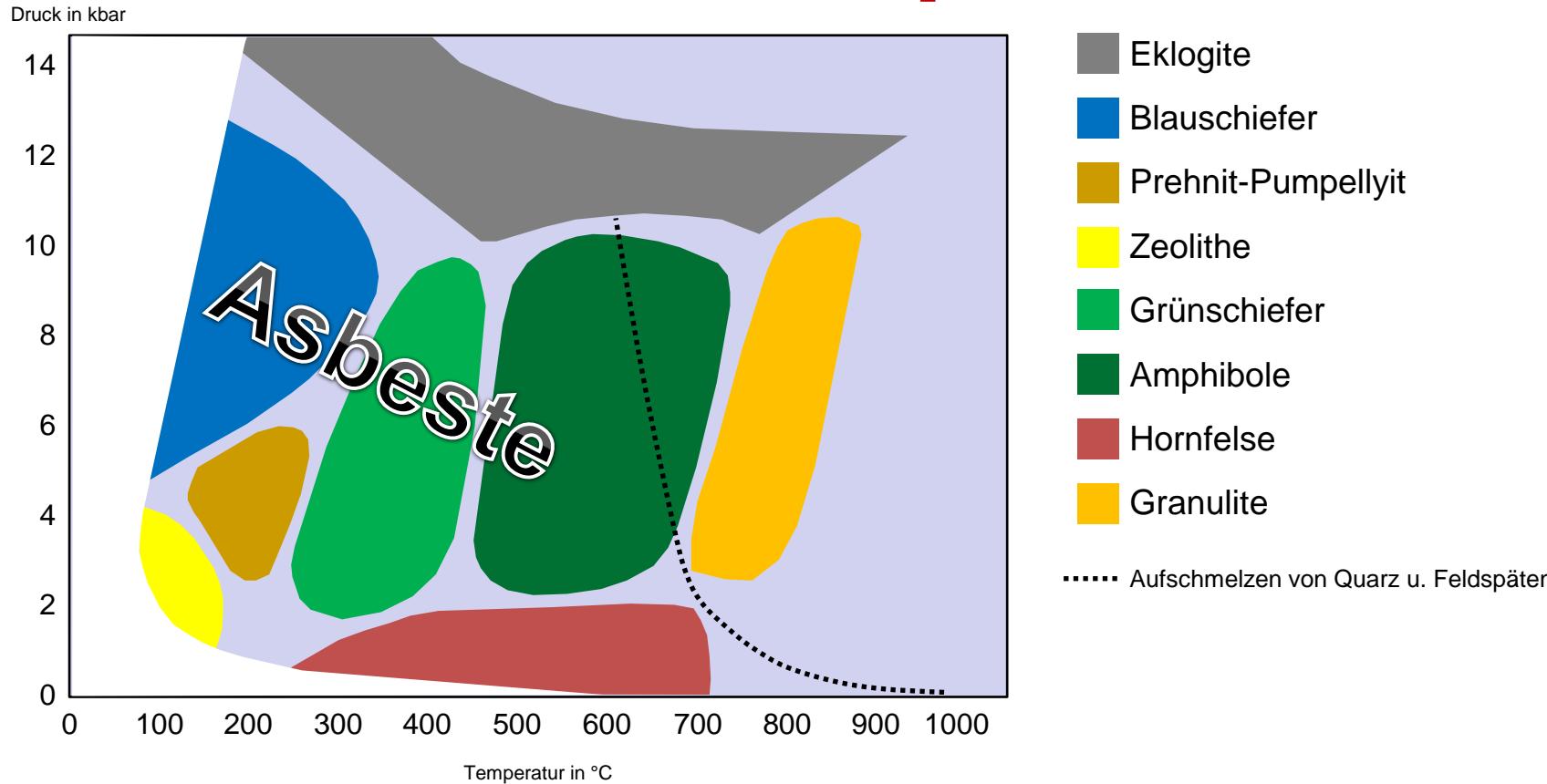
- **Handelsnamen von Gesteinen oft unwissenschaftlich**

bekannte Bezeichnungen wie Basalt, Granit oder Marmor werden häufig für Gesteine verwendet, die nicht der petrographischen Definition entsprechen

wo kommt Asbest vor?

- **Asbeste sind Minerale metamorpher Gesteine (kristalline Schiefer)**
Einwirkung von Druck, Temperatur, Bewegung, z.T. Lösungen verändert Mineralbestand von Ausgangsgesteinen ohne Aufschmelzprozess
- **Typische metamorphe Gesteine mit Asbest**
basische Ausgangsgesteine (viel Ca, Mg, Fe) liefern Amphibolite oder Serpentinite (aus Magmatiten, Ophicalcrite entstehen aus Sedimenten – Asbest i.d.R. als Kluftfüllung)
- **Asbeste kommen oft zusammen vor**
Chrysotil+Amphibol-Asbeste, Lagerstätten oft mit gesetzlich nicht regulierten Amphibolen
- **Asbestanteile in Produkten aus metamorphen Lagerstätten**
z.B. metamorphes Schichtsilikat Talk (Babypuder, Arzneimittel...) oder Speckstein*, enthält vorwiegend Talk, Magnesit und Serpentin (Öfen, Bastelstein...), Asbest in Vermiculit* (*nach Glühen Amphibolasbest umgewandelt in Pyroxene)
- **Asbeste können sich wieder in andere Minerale umwandeln**
z.T. unter Beibehaltung ihrer Faserform=Pseudomorphosen, oft nicht vollständig (Tigerauge und Falkenauge sind ±Pseudomorphosen von Quarz nach Krokydolith, Pseudomorphosen von Talk nach Anthophyllit...)

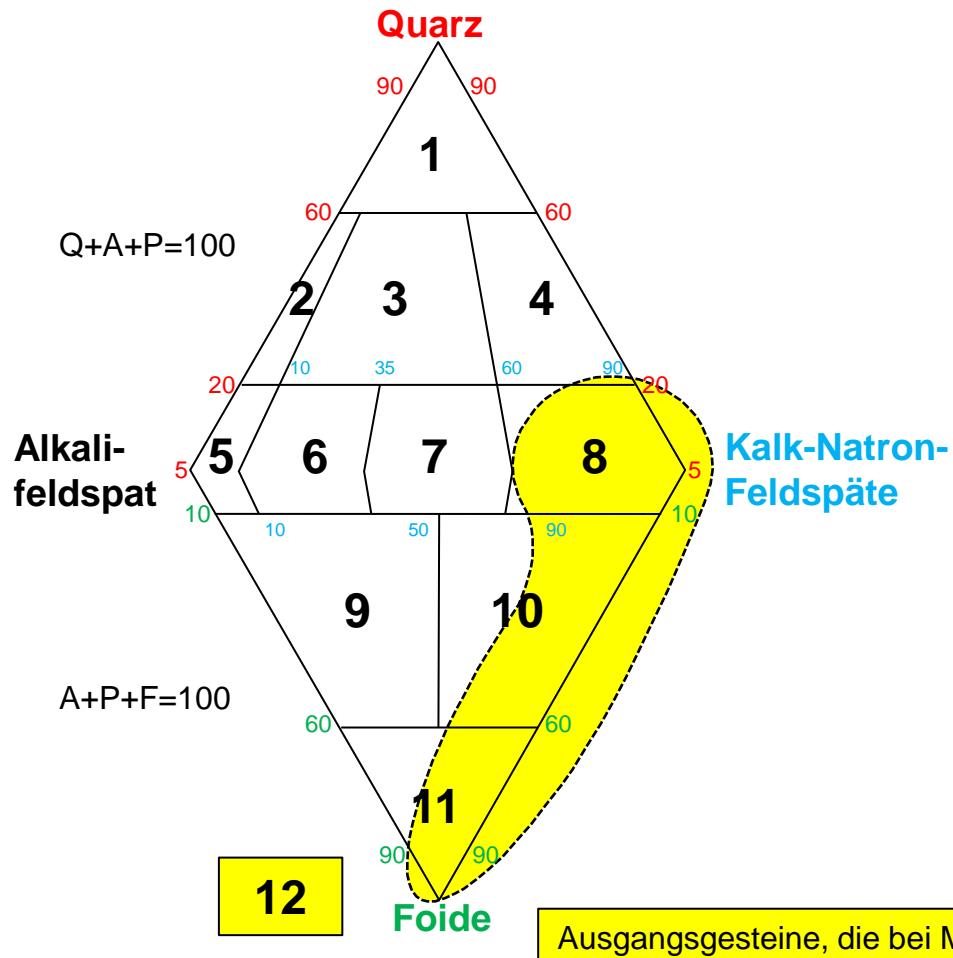
Metamorphose



Ausgangsgesteine können Magmatite oder Sedimente sein, z.T. Materialzufuhr über Lösungen (hydrothermal), als häufigste Ausgangsgesteine für Asbeste gelten Magmatite mit hohen Gehalten an Ca, Mg, Fe...

Chemie Magmatite

Streckeisen-Diagramm: Anteil der hellen Minerale Quarz, Alkali- und Kalknatronfeldspat (Plagioklas) und Feldspatvertreter (Foide)



Nr.	Plutonit	Vulkanit
1	Quarzgesteine	
2	Alkaligranit	Alkalirhyolith
3	Granit	Rhyolith
4	Granodiorit u. Tonalit	Dacit u. Plagicacit
5	Alkali-Syenit	Alkali-Trachyt
6	Syenit	Trachyt
7	Monzonit	Latit
8	Monzodiorit, Gabbro	Andesit, Basalt
9	Foyait	Phonolith
10	Essexit, Theralith	Tephrit, Basanit
11	Foidolith	Foidit
12	Ultramafit* wenn helle Minerale <10%	Pikrit

*Dunit, Harzburgit, Lherzolith, Wehrlit, Pyroxenit, Websterit, Peridotit

Anwendung TRGS 517

- **Zielrichtung Steinbrüche, Bau- u. Recycling**

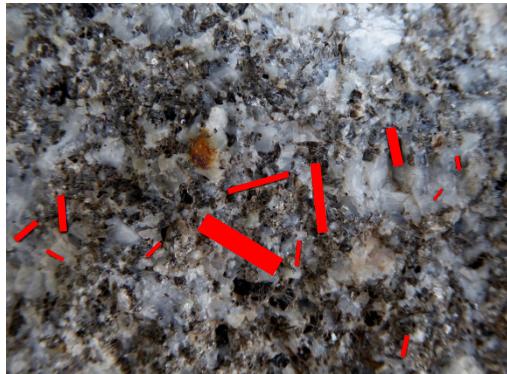
enthalten Gesteine nichtasbestiformen Anthophyllit, Grunerit, Tremolit, Aktinolith, Riebeckit, so werden dabei Partikel erzeugt, die als "Asbest" klassifiziert werden

- **Gesteine mit nicht asbestiformen Mineralen**

z.B. Aktinolith in Gabbro oder Riebeckit in Alkali-Granit (Ergussgesteine), Amphibole in Granit, Amphibolit besteht überwiegend aus Amphibolen

- **Schmucksteine mit Chrysotil und Amphibolasbesten**

Schmuckserpentin enthält z.T. deutlich Chrysotil, Falkenauge und Tigerauge enthalten ±Krokydolith, Nephrit besteht aus verfilztem Aktinolith/Tremolit, Prasem enthält Aktinolith, Krokydolith-Blauquarz...



linkes Bild
Amphibol-Granit mit Aktinolith (—)

rechtes Bild
Anhänger aus Serpentin (links oben)
Trommelstein Tigerauge (rechts oben)
Trommelstein Nephrit (links unten)
Trommelstein Falkenauge (rechts unten)

andere Fasermminerale

- **Gips und Anhydrit**

$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ und CaSO_4 , nicht biopersistent



- **Wollastonit**

$\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$, ein Pyroxenoid, Asbest-Ersatz, nicht biopersistent



- **Sepiolith (Meerschaum)**

$\text{Mg}_8[(\text{OH})_2|\text{Si}_6\text{O}_{15}]_2 \cdot (4+8) \text{H}_2\text{O}$, ein Schichtsilikat, auch als Fasern. Asbest-Ersatz

- **Palygorskит (Attapulgit)**

$(\text{Mg},\text{Al})_4[\text{OH}](\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}]_2 \cdot (4+4) \text{H}_2\text{O}$, ein Schichtsilikat, auch als Fasern. Asbest-Ersatz oder für z.B. Katzenstreu. Lange Fasern ($>5\mu\text{m}$) mögliches Humankanzerogen (IARC 2B), kurze Fasern sind IARC-Gruppe 3 (nicht klassifizierbar)

- **Fluoro-Edenit**

$\text{NaCa}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}\text{F}_2$, kanzerogener Amphibol, in Biancavilla (Sizilien) geogene Exposition löst Mesotheliome aus, IARC-Einstufung Humankanzerogen Gruppe 1

- **Erionit**

$\text{Na}_{10}[\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}] \cdot 24,6 \text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_{10}[\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}] \cdot 32 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}_5[\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}] \cdot 31 \text{H}_2\text{O}$, ein Zeolith, geogen ausgelöste Mesotheliome (Extremfall Tuzkoy): IARC Gruppe 1

Zusammenfassung

- **sechs natürlich vorkommende Faserminerale sind technisch als Asbest genutzt worden**
- **alle wurden reguliert, weil sie als krebserzeugend erkannt wurden**
- **Minerale der 5 Amphibolasbeste überwiegend nicht asbestiform, sie splittern ggf. Partikel ab, die Asbest gleichzusetzen sind**
- **auch ohne Asbestverwendung gibt es eine Asbestexposition**
- **weitere 115 Amphibole sind gesundheitlich nicht bewertet, aber potenziell gefährlich – Fluoro-Edenit ist kanzerogen – die Übergänge zwischen Amphibolen sind fließend**
- **lange Attapulgitfasern evtl. kanzerogen, weitere faserförmige Schichtsilikate sind gesundheitlich nicht bewertet**
- **Erionit ist ein stark krebserzeugendes Fasermineral**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Literatur

DGUV BK-Report 1/2013: Faserjahre http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bk_rep0113.pdf

Gunter ME, Belluso E, Mottana A: Amphiboles: Environmental and Health Concerns. Reviews in Mineralogy & Geochemistry 2007;67:453–516

Höper WE: *Asbest in der Moderne. Industrielle Produktion, Verarbeitung, Verbot, Substitution und Entsorgung.* Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt, Band 32. Waxmann 2008 (Hrsg. Günter Bayerl)

IARC: Asbestos (Chrysotile, Amosite, Crocidolite, Tremolite, Actinolite and Anthophyllite). Monographie der internationalen Krebsagentur 2012: 100C (14, Supplement 7)

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-11.pdf>

IARC: List of classifications, volume 1–114 http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php

Meeker GP, Bern AM, Brownfield IK, Lowers HA, Sutley SJ, Hoefen TM, Vance JS: *The Composition and Morphology of Amphiboles from the Rainy Creek Complex, Near Libby, Montana.* American Mineralogist 2003;88:1955–69

Okrusch M, Matthes S: *Mineralogie. Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde.* Springer Spektrum, 9. Aufl. 2014, Springer Verlag Berlin Heidelberg

Literatur

Roller M: Bedeutung von In-vitro-Methoden zur Beurteilung der chronischen Toxizität und Karzinogenität von Nanomaterialien, Feinstäuben und Fasern (baua 2011)

<http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F2043.pdf?blob=publicationFile&v=7>

Röhr C: – Asbest – Von der Wunderfaser zur Altlast. Seminarfolien 2013. Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Universität Freiburg

http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/Vorlesung/Seminare/asbest_agp_2013.pdf

TRGS 517: Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemischen und Erzeugnissen. Ausschuss für Gefahrstoffe, 02-2013

www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-517.pdf?blob=publicationFile&v=6

TRGS 519: Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten. Ausschuss für Gefahrstoffe, 01-2014 <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-519.pdf?blob=publicationFile&v=5>

TRGS 519, Bekanntmachung 910: Begründung zur Exposition-Risiko-Beziehung für Asbest. Ausschuss für Gefahrstoffe, 05-2008

www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/910/910-asbest.pdf?blob=publicationFile&v=3

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV), Stand 2010. Anhang II Nummer 2 "Partikelförmige Gefahrstoffe", 2.2 Begriffsbestimmungen. Abs. 3

https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gefstoffv_2010/gesamt.pdf