

– Asbest –

Von der 'Wunderfaser' zur 'Altlast'

LA-AC Oberseminar, Caroline Röhr



13.07.2017

Einleitung

Die 'Wunderfaser'

Klassifizierung, Zusammensetzung, Strukturen

Eigenschaften

Genese, Vorkommen

Gewinnung

Verarbeitung

Verwendung

Die 'Altlast'

Gesundheitliche Auswirkungen

Messtechnik

Stand der gesetzlichen Bestimmungen

Ersatzstoffe

Zusammenfassung

Literatur, Links

Einleitung

Die 'Wunderfaser'

- Klassifizierung, Zusammensetzung, Strukturen
- Eigenschaften
- Genese, Vorkommen
- Gewinnung
- Verarbeitung
- Verwendung

Die 'Altlast'

- Gesundheitliche Auswirkungen
- Messtechnik
- Stand der gesetzlichen Bestimmungen
- Ersatzstoffe

Zusammenfassung

Literatur, Links

Einleitung, Geschichtliches

- ca. 10000 v. Chr. Asbest als Zusatz der Kammkeramik (Finnland, Sowjetunion)
- ca. 400 v. Chr. Dochte für Öllampen, Asbestfäden und Stoffe, Totenkleider (*ασβεστος*: unverbrennbar)
- Ende 17. Jh. Wiederentdeckung des Spinnens von Asbest
- 19. Jh. Industrialisierung: Schutzkleidung für Eisengießerei, Stopfbuchsenpackungen für Dampfmaschinen, Hitzeisolierung von Turbinen, Filter für chemische Prozesse
- 1871 Beginn des Asbest-Abbaus in Quebec und im Ural
- 1900 Patent für Asbestzement (Eternit), erste Asbestose-Fälle
- 1918 Lenin verkauft Konzession zur Asbestgewinnung an A. Hammer
- 1933 Lungenkrebs als Folge von Asbesteinwirkung erkannt
- seit 1940 Formelemente aus Faserzement
- 1950-1979 Verwendung im Hoch- (Isolier- und Dämmstoffe, Spritzasbest) und Tiefbau (Kanalrohre, Fahrbahndecken), Elektro- und Wasserinstallation, Maschinen- und Fahrzeugbau (Brems- und Kupplungsbeläge); insgesamt ca. 3000 verschiedene Produkte

Einleitung, Geschichtliches (Forts.)

- 1959 Jahresverbrauch: 2.5 Mill. t
- 1960 Mesotheliome als Folge von Asbestexposition erkannt
- ab 1972 Prozesslawine gegen die Asbestindustrie in den USA
- 1979 Verbot von Spritzasbest in der BRD
- 1982 Konkurs der Manville Corp. (USA)
- 1984 Verbot asbesthaltiger Leichtbauplatten
- 1988 Jahresverbrauch: 4.5 Mill. t
- 1989 'Asbestrichtlinien' für Sanierung schwach gebundener Asbeste
- 1990 Verbot aller asbesthaltigen Hochbauprodukte, TRGS 519 regelt Umgang mit Asbest bei Sanierungsarbeiten
- 1993 Verbot der Nutzung in Deutschland, Asbest in der ChemVerbV
- 2005 Verbot der Verwendung in der EU (Sonderregelungen s.u.)
- 6.2007 REACH-Verordnung
- 2011 Jahresproduktion: 2.11 Mill. t

Einleitung

Die 'Wunderfaser'

Klassifizierung, Zusammensetzung, Strukturen

Eigenschaften

Genese, Vorkommen

Gewinnung

Verarbeitung

Verwendung

Die 'Altlast'

Gesundheitliche Auswirkungen

Messtechnik

Stand der gesetzlichen Bestimmungen

Ersatzstoffe

Zusammenfassung

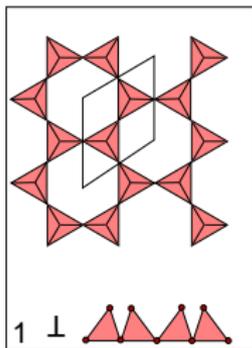
Literatur, Links

Klassifizierung der Asbeste

Serpentinasbeste (Schichtsilicate)	Amphibolasbeste (Bandsilicate)
$A_6[Si_4O_{10}](OH)_8$	$A_{0-3}B_{2-0}C_{5-4}[(Al/Si)_4O_{11}]_2(OH)_2$
Chrysotil (Weißasbest, Faserserpentin)	Krokydolith (Blauasbest)
Amesit	Amosit (Braunasbest)
Greenalit	Anthophyllit (finnischer Asbest)
	Tremolit
Antigorit (Blätterserpentin)	Aktinolith (Amiant, Strahlstein)

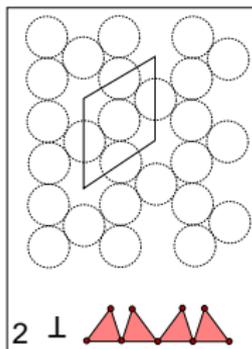
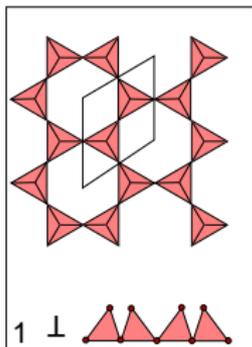
Übersicht Asbestarten

Strukturen von Schichtsilicaten (schematisch)



► Schicht $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$

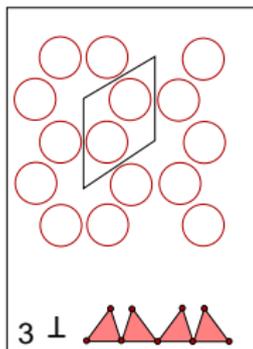
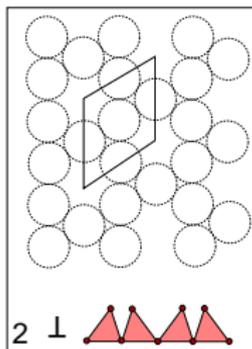
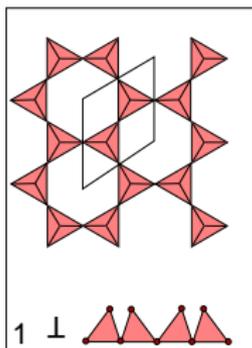
Strukturen von Schichtsilicaten (schematisch)



▶ Schicht $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$

▶ $[\text{SiO}_3\text{O}_2]^{2-}$

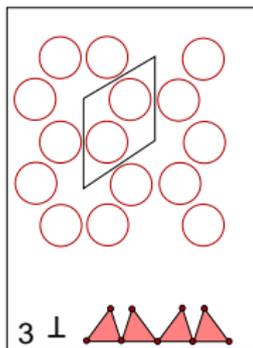
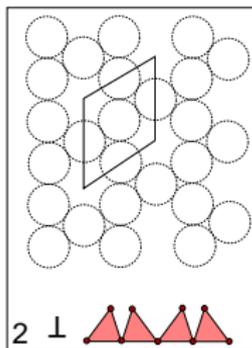
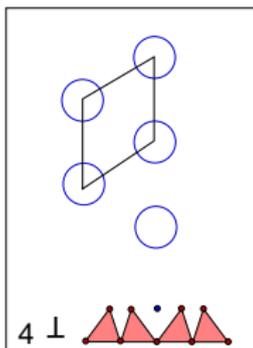
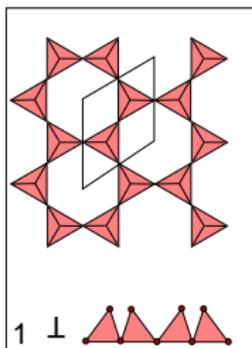
Strukturen von Schichtsilicaten (schematisch)



▶ Schicht $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$

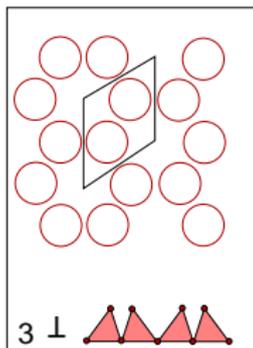
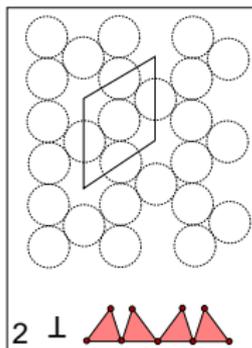
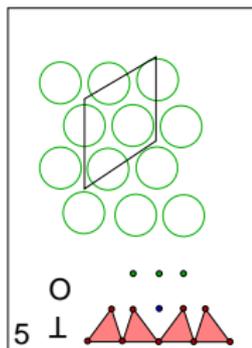
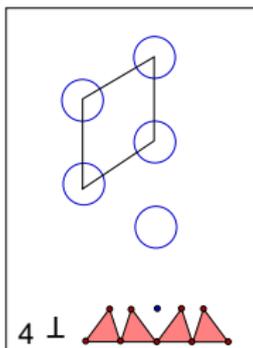
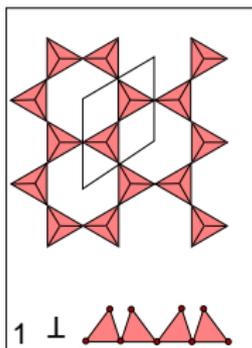
▶ $[\text{SiO}_3\text{O}_2]^{2-}$

Strukturen von Schichtsilicaten (schematisch)



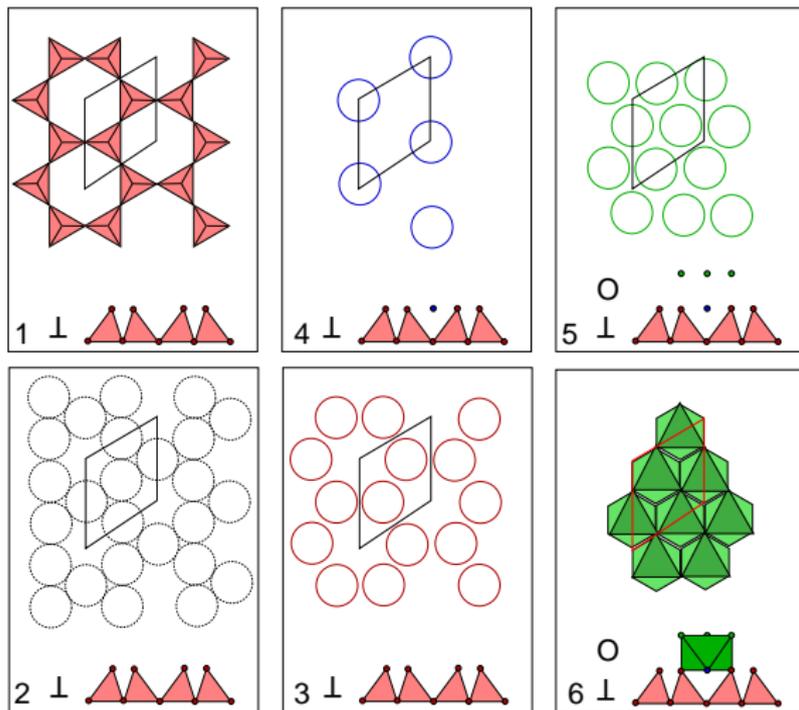
- ▶ Schicht $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
- ▶ $[\text{SiO}_3\text{O}_2]^{2-}$
- ▶ OH^- in Lücken

Strukturen von Schichtsilicaten (schematisch)



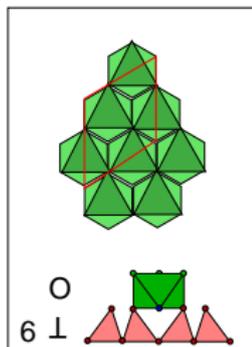
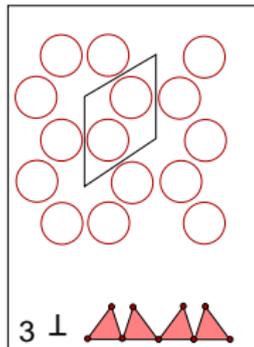
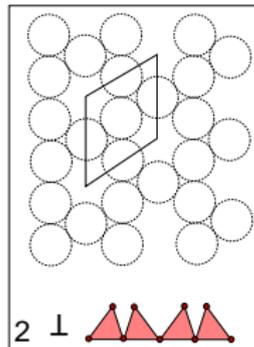
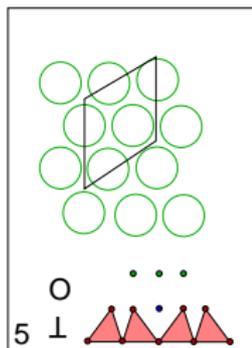
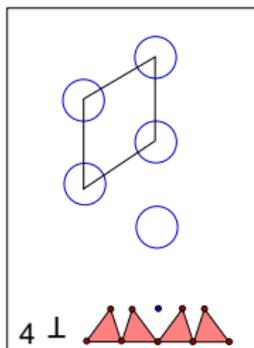
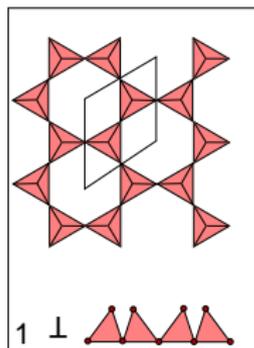
- ▶ Schicht $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
- ▶ $[\text{SiO}_3\text{O}_2]^{2-}$
- ▶ OH^- in Lücken
- ▶ zweite OH^- -Schicht (3 Ionen)

Strukturen von Schichtsilicaten (schematisch)



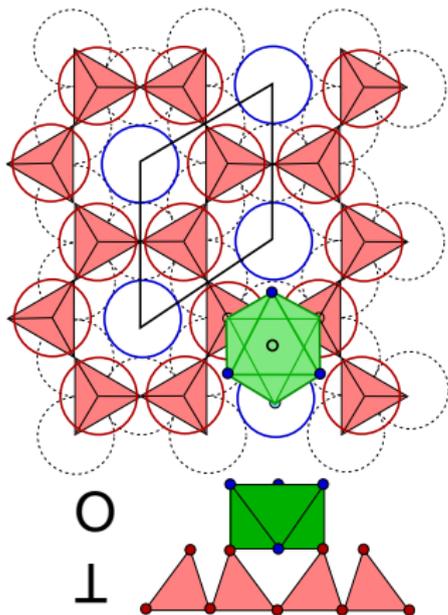
- ▶ Schicht $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
- ▶ $[\text{SiO}_3\text{O}_2]^{2-}$
- ▶ OH^- in Lücken
- ▶ zweite OH^- -Schicht (3 Ionen)
- ▶ 3 Oktaeder pro Formeleinheit

Strukturen von Schichtsilicaten (schematisch)

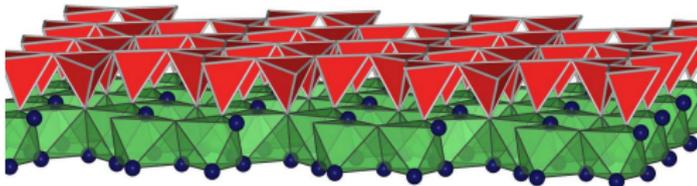


- ▶ Schicht $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
- ▶ $[\text{SiO}_3\text{O}_2]^{2-}$
- ▶ OH^- in Lücken
- ▶ zweite OH^- -Schicht (3 Ionen)
- ▶ 3 Oktaeder pro Formeleinheit
- ▶ mit 3 (2) Kationen A^{n+} besetzt
- ▶ $\text{A}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$
bzw.
 $\text{A}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
- ▶ Gesamtstruktur

Strukturen von Schichtsilicaten



- ▶ Tetraederschicht: $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
- ▶ $1 \times \text{OH}^-$ in den Lücken zwischen den Tetraederspitzen
- ▶ dichte Kugelschicht A
- ▶ $3 \times \text{OH}^-$ (Schicht B)
- ▶ 3 Mg (2 Al) in Oktaederlücken
- ▶ Summe: $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ (Serpentin)
- ▶ bzw. $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ (Kaolinit)



Übersicht Schichtsilicate

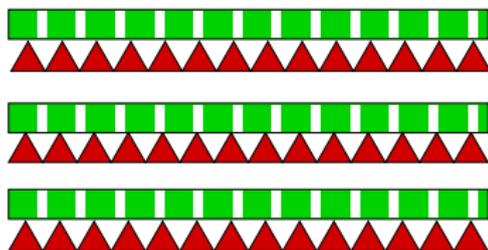
tri- oktaedrisch di-				
	Serpentin Kaolinit	Talk Pyrophyllit	Phlogopit Muskovit	Chlorit Sudoit
	Tonminerale		Glimmer	
	kationenreich	kationenarm		
	2-Schicht-S.	3-Schicht-S.	4-Schicht-S.	

Übersicht Schichtsilicate

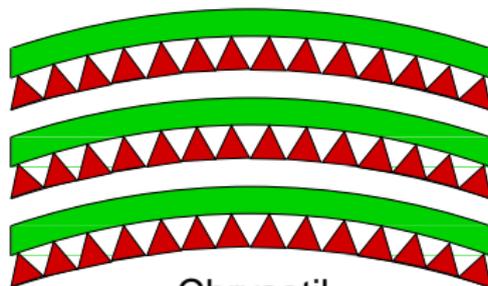
	nicht hydratisiert		hydratisiert	
T	dioktaedrisch	trioktaedrisch	dioktaedrisch	trioktaedrisch
Si	Kaolinit $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$	Serpentin $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$	Hydrohalloysit $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot (\text{H}_2\text{O})_2$	-
Si	Pyrophyllit $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	Talk $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	Montmorillonit $\text{Mg}_{0.33}\text{Al}_{1.67}[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \cdot (\text{Ca}, \text{Na})_x(\text{H}_2\text{O})_n$	Saponit $(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \cdot (\text{Ca}, \text{Na})_x(\text{H}_2\text{O})_n$
Si/Al	Glimmer		Vermiculit-Reihe	
	Muskovit $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	Biotit $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	Muskovit (Illit) $(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \cdot (\text{Mg}, \text{Ca}, \text{K})_x(\text{H}_2\text{O})_n$	$(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \cdot (\text{Mg}, \text{Ca})_x(\text{H}_2\text{O})_n$
Si	-	-	-	-
Si/Al	Sudoit $\text{Al}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \cdot \text{Al}_{2.33}(\text{OH})_6$	Chlorit $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_3[(\text{Al}/\text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \cdot (\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_6$	-	-

Schichtsilicate → Serpentin-Asbeste (schematisch)

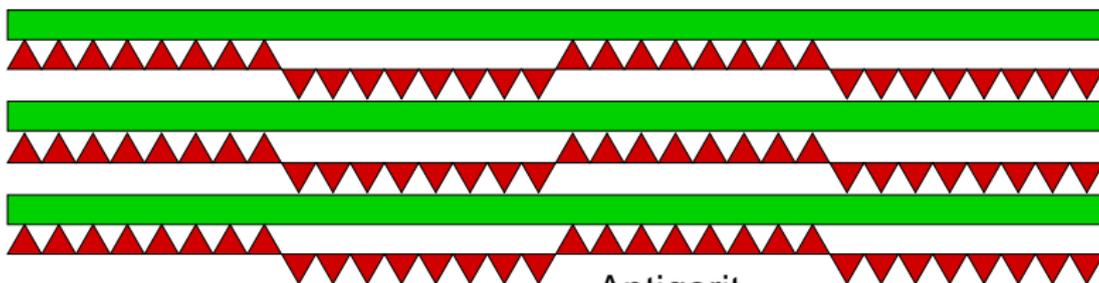
Kaolinit



Chrysotil



Antigorit



verschiedene Serpentin-Asbeste

- ▶ trioktaedrische, aufgerollte Schichtsilicate
- ▶ allgemeine Formel: $A_3[T_2O_5](OH)_4 = A_6[T_4O_{10}](OH)_8$
- ▶ einzelne Minerale

A	T	mineralogischer Name	typischer Röllchen-durchmesser [nm]*
Mg ₆	Si ₄	Chrysotil	15.6
Al ₄	Si ₄	Metahalloysit	65.0
Ni ₆	Si ₄	Pecorait	15.4
Fe ₆ ^{2+/3+}	(Al/Si) ₄	Greenalit	
(Ni/Mg) ₆ ²⁺	Si ₄	Garnierit	15.5
(Mg/Fe) ₄ Al ₂	Al ₂ Si ₂	Amesit	

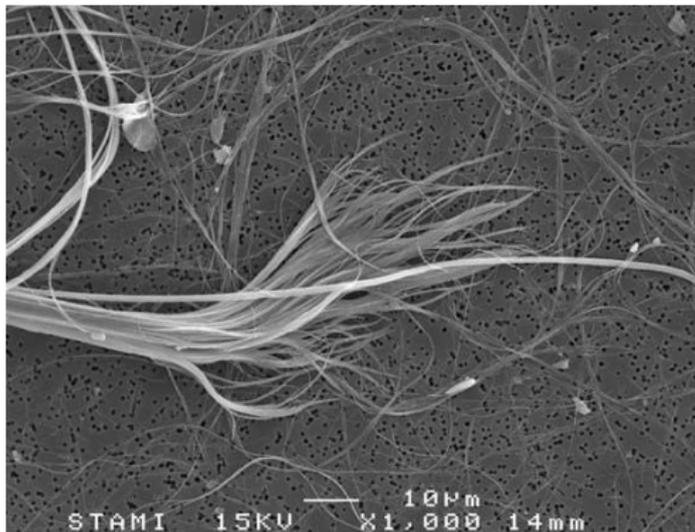
* 10 nm = 100 Å = 0.01 μm = 0.00001 mm

Chrysotil: Fotos

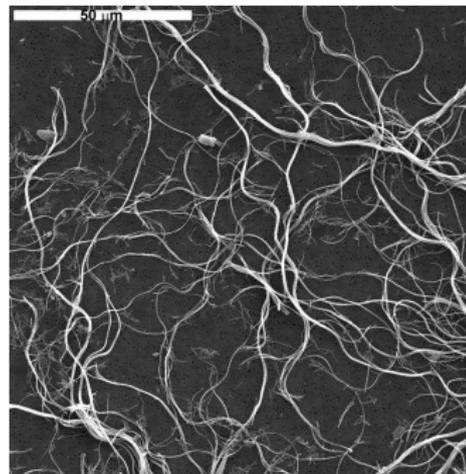


Hörsaalsammlung

Chrysotil-Asbest im REM

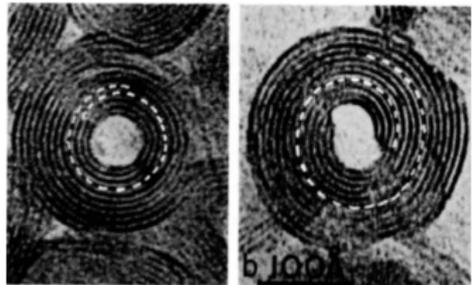
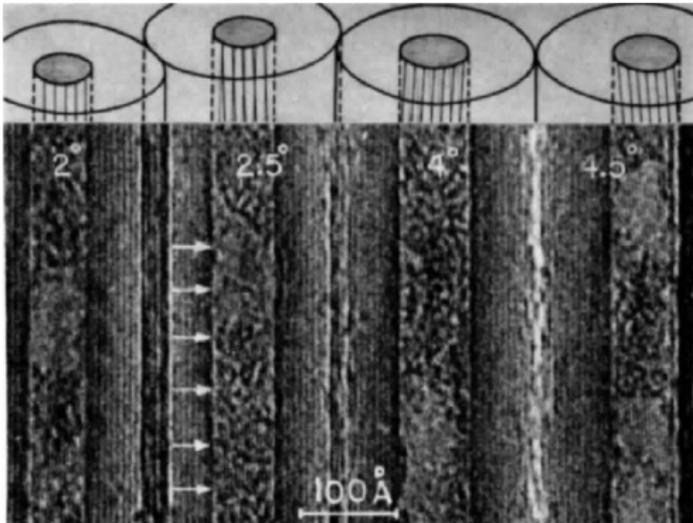


www.stami.no/asbestos

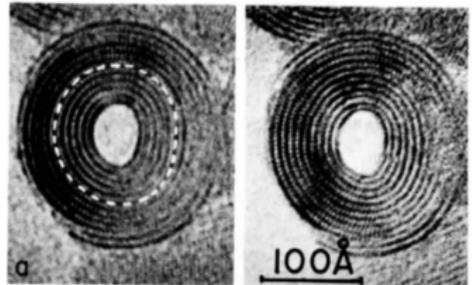


United States Geological Survey (usgsprobe.cr.usgs.gov)

Chrysotil-Asbest im TEM



Röllchen



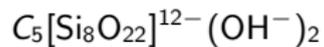
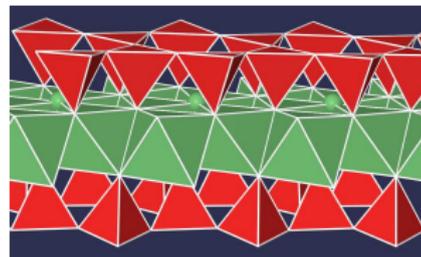
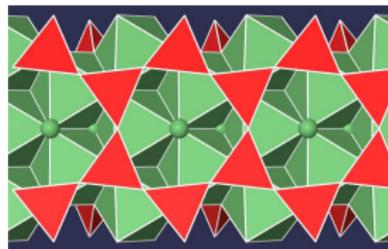
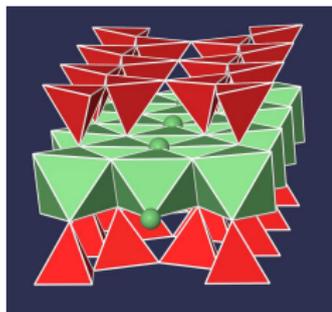
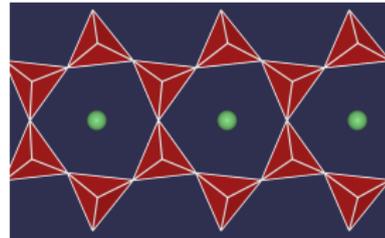
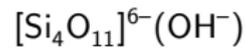
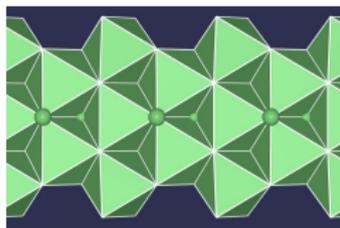
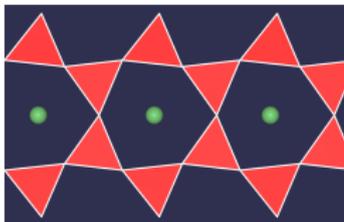
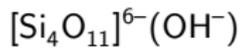
Röhrchen

Klassifizierung der Asbeste (Wdh.)

Serpentinasbeste (Schichtsilicate)	Amphibolasbeste (Bandsilicate)
$A_6[Si_4O_{10}](OH)_8$	$A_{0-3}B_{2-0}C_{5-4}[(Al/Si)_4O_{11}]_2(OH)_2$
Chrysotil (Weißasbest, Faserserpentin)	Krokydolith (Blauasbest)
Amesit	Amosit (Braunasbest)
Greenalit	Anthophyllit (finnischer Asbest)
	Tremolit
Antigorit (Blätterserpentin)	Aktinolith (Amiant, Strahlstein)

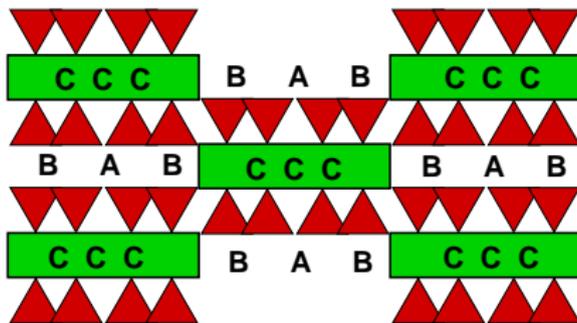
Übersicht Asbestarten

Bandsilicate (Amphibolasbeste)



Amphibolasbeste: Struktur/Kationenpositionen

- ▶ allgemeine Formel: $A_x B_y C_5 [T_8 O_{22} (OH)_2]$ (**Gesamtstruktur**)
- ▶ Kationenpositionen (schematisch)



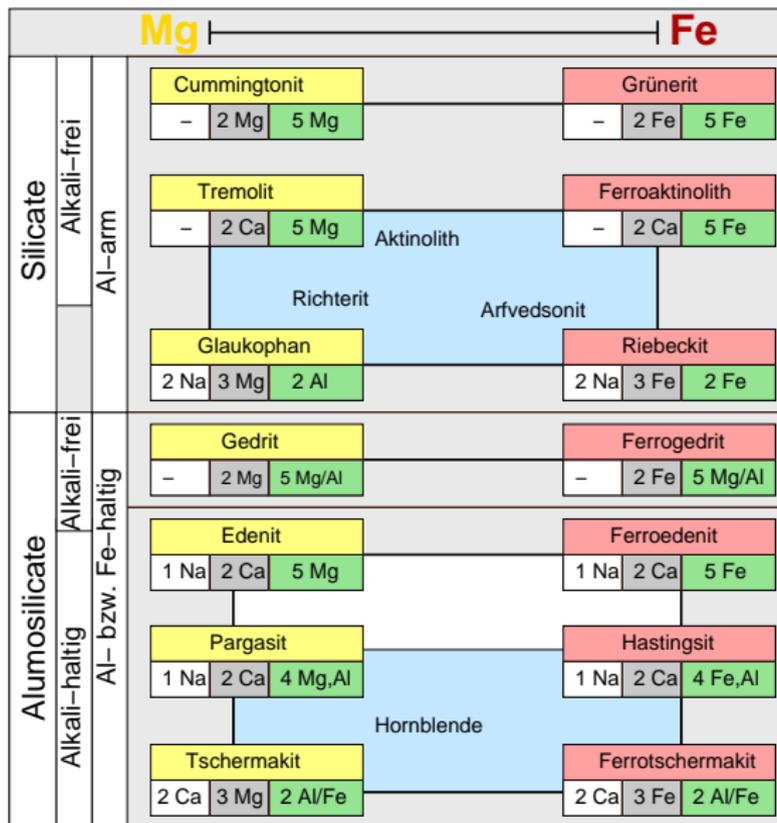
Position	A	B	C	T
Besetzung	0-3	2-0	5-4	8
CN	8 / 12	6 / 8	6	4
Kationen	groß Alkali/Erdalkali-M. Na^+, K^+, Ca^{2+}	groß-mittelgroß $Mg^{2+}, Ca^{2+}, Fe^{2+/3+}$	mittelgroß-klein $Mg^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}$	sehr klein $Al_{0-2}Si_{8-6}$

Amphibolasbeste: Tabellarische Übersicht

Kationen				Ortho-Amphibole	Klino-Amphibole
A	B	C	T	$b = 1800 \text{ pm}, c = 530 \text{ pm}$	
				$a = 1850 \text{ pm}, \beta = 90^\circ$	$a = 950 \text{ pm}, \beta = 104^\circ$
I. Alkali-freie-, Al-arme Amphibole					
-	Mg ₂	Mg ₅	Si ₈	Anthophyllit	Cummingtonit
-	(Fe ²⁺ /Mg) ₇		Si ₈	Amosit	
-	Fe ₂ ²⁺	Fe ₅ ²⁺	Si ₈		Grünerit
-	Ca ₂	Mg ₅	Si ₈		Tremolit (Aktinolith)
-	Ca ₂	Fe ₅ ²⁺	Si ₈		Ferroaktinolith
II. Alkali-freie, Al-reiche Amphibole					
-	Mg ₂	Mg ₄₋₃ Al ₁₋₂	Si ₇₋₆ Al ₁₋₂	Gedrit	
-	Fe ₂	Fe ₄₋₃ Al ₁₋₂	Si ₇₋₆ Al ₁₋₂	Ferrogedrit	
III. Alkali-, Al- bzw. Fe ³⁺ -haltige Amphibole					
Na	Ca ₂	Mg ₅	Si ₇ Al		Edenit
Na	Ca ₂	Fe ₅ ²⁺	Si ₇ Al		Ferroedenit
Ca ₂	Mg ₃	(Al/Fe ³⁺) ₂	Si ₆ Al ₂		Tschermakit
Ca ₂	Fe ₃ ²⁺	(Al/Fe ³⁺) ₂	Si ₆ Al ₂		Ferrotschermakit
Na	Ca ₂	Mg ₄ (Al/Fe)	Si ₆ Al ₂	Paragazit	
Na ₂	Fe ₃ ²⁺	Fe ₂ ³⁺	Si ₈		Riebeckit (Krokydololith, Blau-A.)

Amphibolasbeste: Graphische Übersicht

Name		
A	B	C



Fotos von Amphibolasbesten



Aktinolith



Tremolit

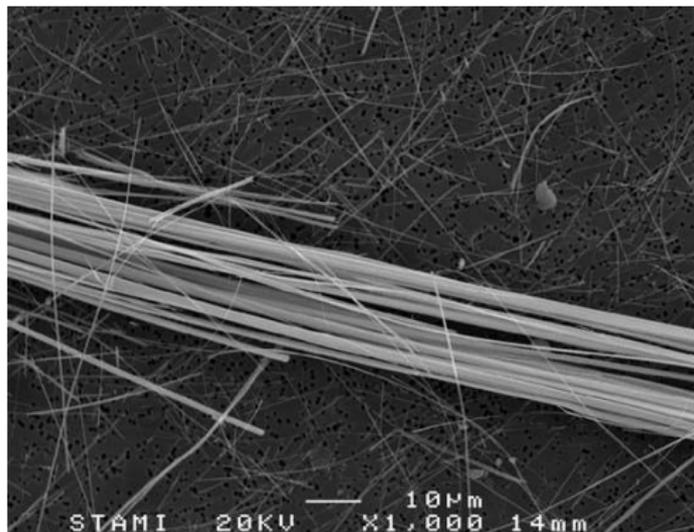


Byssolith (faserige Hornblende)



Hornblende

REM-Aufnahme von Krokydolith



Eigenschaften von Asbesten

		<u>Serpentin-A.</u>	<u>Amphibol-A.</u>
		gebünd. Einzelfasern	Einzelfaser
• faserförmige Abmessungen ($l/\varnothing \gg 3$)	\varnothing in nm	ca. 15-40	100-300
• defektfreie Oberflächenstruktur		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• bis in feine Faser teilbar		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Flexibilität, Verspinnbarkeit, Geschmeidigkeit		<input type="checkbox"/>	-
• geringes spezifisches Gewicht	$\frac{g}{cm^3}$	2.3-2.5	3.1-3.4
• hohe Zugfestigkeit	$\frac{N}{mm^2}$	2000 - 20000	
• hohes Elastizitätsmodul	$\frac{N}{mm^2}$	30 000 - 160 000	
• therm. Stabilität ($M_p > 1500K$)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• ger. elektrische Leitfähigkeit	$\frac{10^{-6}}{\Omega cm}$	0.6 - 1.8	
• geringe Wärmeleitfähigkeit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• gute chemische Stabilität		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• sehr gute Laugenbeständigkeit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• gute Säurebeständigkeit		-	<input type="checkbox"/>
• spez. Oberfläche	$\frac{m^2}{g}$	10-50	3-10
• Zeta-Potential		\oplus	\ominus

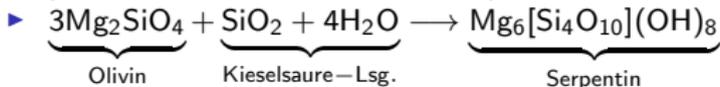
Genese, Vorkommen

- ▶ metamorphe Bildung

- ▶ **Serpentin:**

- ▶ Serpentinisierung von Dunit-Mineralien (Olivine)

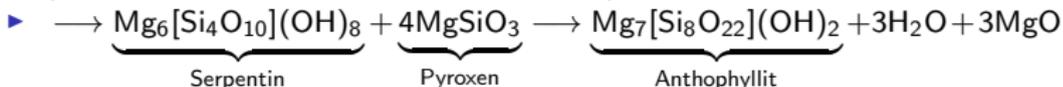
- ▶ (Aufnahme von SiO_2 und Wasser)



- ▶ **Amphibole:**

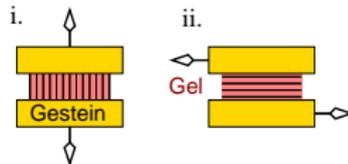
- ▶ Amphibolisierung von Serpentin

- ▶ (Aufnahme von SiO_2 , Abgabe von Wasser)



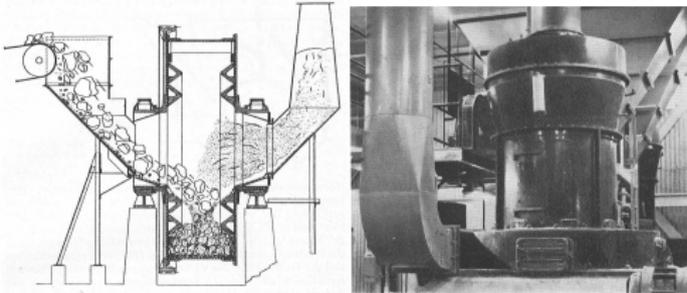
- ▶ Asbestbildung (Entstehung der Faserform) durch Tektonik:

1. Gel zieht Fäden (\perp zum Gestein, 'cross fiber')
2. Scherung durch Schiebungen (\parallel zum Gestein)



Gewinnung

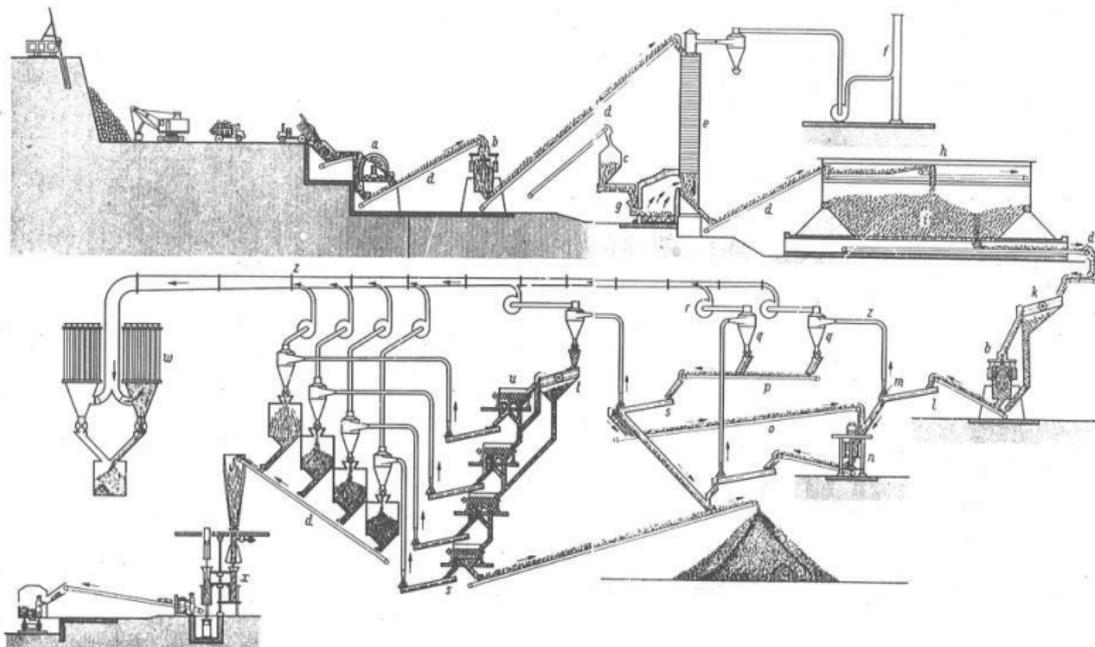
- ▶ Abbau meist im Tagebau
- ▶ Erze mit 4-10 % Asbestanteil
- ▶ Crude-Asbest handverlesen
- ▶ Maschinelle Aufarbeitung und Einengung des Faserlängenbereichs
 1. Trockenverfahren
 - ▶ Zerkleinerung und Lockerung des Erzes (Backen- und Walzenbrecher)
 - ▶ Trocknung
 - ▶ Zerquetschen, Zerfasern, Aufbrechen des Gesteins (div. Mühlen)
 - ▶ Sieben und Windsichten



2. Naßverfahren

- ▶ Abtrennung der Faser vom Gestein durch Hydrozyklone
- ▶ Auftrennung über Siebtrommeln

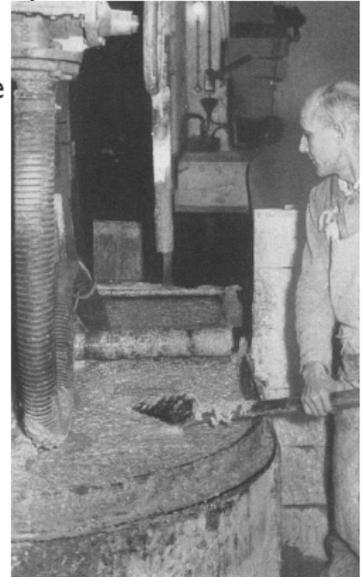
Gewinnung im Trockenverfahren (1965)



Verarbeitung

... zu Verbundwerkstoffen

- ▶ Asbestzement: ca. 10-20 % Chrysotil in Portlandzement (Eternit, Fulgurit)
 - ▶ Formteile durch Druckpressen und Dampfhärtung;
 - ▶ flüssige Masse als Spritzasbest
- ▶ Reibbeläge: 20-60 % Asbest mit Füllstoffen, Metallspänen und Phenolharzen/Kautschuk
- ▶ Formmassen auf Basis Phenol- oder Melaminharze
- ▶ verstärktes PVC (Fliesen, Bodenbeläge, 'it'-Platten)
- ▶ Asbestpappe und -papier (> 60 % Chrysotil-Asbest)

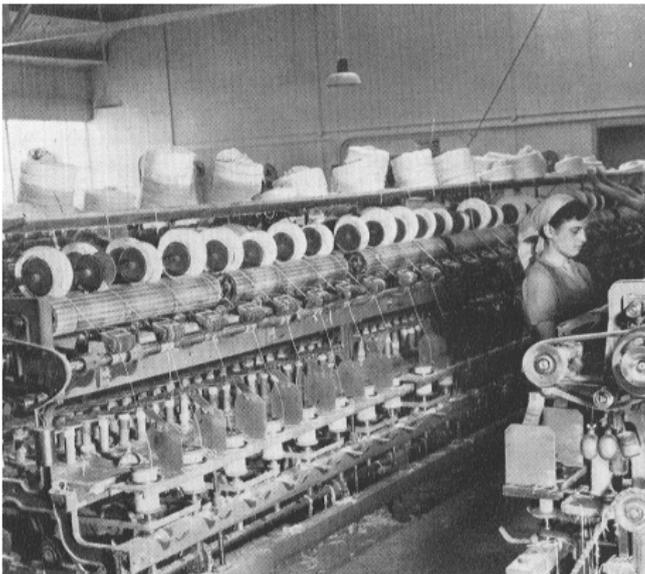


Arbeiter am 'Holländer'

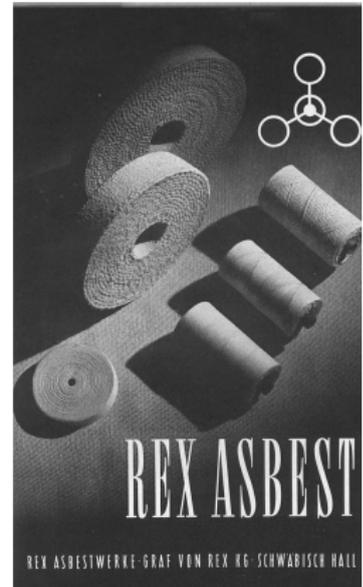
Verarbeitung II

... zu Garnen, Textilien und Filtern

- ▶ Spinnmischungen aus Chrysotil mit Tragfasern (Baumwolle, org. Fasern)



Garnherstellung (Ringspinmaschine)



Verwendung asbesthaltiger Produkte

Arbeitsschutz	Persönliche Hitzeschutzkleidung, Hitzeschutzhandschuhe, flächige Textilgebilde, Materialien für spezielle Arbeitsplätze
Brandschutz	Brandschutzplatten u. -matten, Spritzmassen, Isolierputz, Plastische Massen, Anstriche, Kitte u. Spachtelmassen, Brandschutzmörtel, Pappen, Schnüre/Vliese, Schaumstoffe, Brandschutzkissen, Textile Erzeugnisse
Wärmeisolation	Platten und Matten, Anorg. Spritzmassen, Materialien zur Verfüllung von Fugen und Hohlräumen, Formteile und Formmassen, Textile Erzeugnisse
Elektroisolation	Drähte und Kabel, Isolierstoffe, Formmassen, Haushaltsgeräte, duroplastische Formmassen zur Herstellung v. Kommutatoren
Dichtungen	statische (Flachdichtungen), dynamische (Packungsdichtungen) und Zylinderkopfdichtungen für Fahrzeuge und gewerbl. Anwendungen, Heißgasdichtung, Kompensatoren
Filtration	Flüssigfiltration, Fein- und Sterilfiltermedien, Filterhilfsmittel, Gasfiltration/Lüftung, Prozeßluft, Entstaubung, Atemfilter für Atemschutzgeräte, Diaphragmen (<u>für Elektrolyseprozesse</u>)
Reibbeläge	Scheiben- und Trommelbremsbeläge, Bremsklotzsohlen für schienengebundene Fahrzeuge, Kupplungsbeläge, Reibbeläge für gewerbl. Anwendungen
Bautechn. Produkte (A.-Zement)	ebene Platten, Wellplatten, Rohre für Tiefbau (Druck- und Kanalrohre), Rohre für Haus und Grundstück, Gartengestaltung
Chem. Produkte/ Sonstiges	Anstrichstoffe und Spachtelmassen, Klebstoffe, Dichtungsmassen, Kitte; Sonderprodukte mit Bitumen oder Teer-Matrix, Formmassen mit Kunstharz-Matrix, Formmassen mit Kunststoffmatrix, poröse Massen für Acetylenflaschen

Weltproduktion an Asbesten

Angaben in tausend Tonnen/Jahr

- ▶ 1959: 2 500
- ▶ 1988: 4 500
- ▶ 2011: 2 110 davon
 - ▶ Russland: 1 000
 - ▶ China: 440
 - ▶ Brasilien: 302
 - ▶ Kasachstan: 223
 - ▶ Kanada: 50
- ▶ Verwendung mit Sondergenehmigung (für Chloralkalielektrolyse)
 - ▶ 2009: in Deutschland: 0.038 (d.h. 38 t) (aus Kanada, Dow Chemical, Stade)
 - ▶ 2015: in USA 0.360 (d.h. 360 t) davon 90 % für Chloralkalielektrolyse
- ▶ heute
 - ▶ laufender Abbau in Russland (s. Links unten)

Einleitung

Die 'Wunderfaser'

Klassifizierung, Zusammensetzung, Strukturen

Eigenschaften

Genese, Vorkommen

Gewinnung

Verarbeitung

Verwendung

Die 'Altlast'

Gesundheitliche Auswirkungen

Messtechnik

Stand der gesetzlichen Bestimmungen

Ersatzstoffe

Zusammenfassung

Literatur, Links



GHS-Kennzeichnung



Hinweisschild nach TRGS 519
und REACH



Zutrittsverbot, mit Warnhinweis

Folgeerkrankungen von Asbeststaubeinwirkung

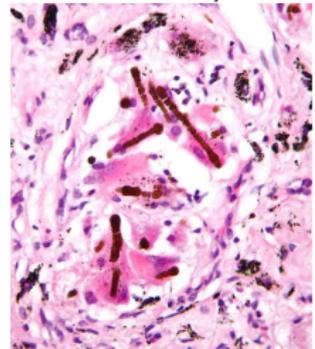
I. Fibrogene Erkrankungen

▶ Asbestose

- ▶ spez. Form der Pneumokoniose (Lungenverhärtung); Symptome: Reizhusten, Auswurf, Atemnot
- ▶ gutartige Erkrankung (nicht kanzerös)
- ▶ oft tödlicher Verlauf
- ▶ erstmals 1900 nachgewiesen, seit 1936 als Berufskrankheit anerkannt
- ▶ nur bei hohen Asbestkonzentrationen (beruflich exponierte Personen)
- ▶ Latenzzeit 'nur' ca. 20 Jahre

▶ Verschwartungen/Verwachsungen der Pleura (Brust- und Zwerchfell)

- ▶ seit April 1988 als Berufskrankheit anerkannt
- ▶ nur bei hohen Asbestkonzentrationen (beruflich exponierte Personen)



Folgeerkrankungen von Asbeststaubeinwirkung

II. Karzinogene Erkrankungen

- ▶ Lungenkrebs
 - ▶ 1933 als solcher erkannt; seit 1942 als Berufskrankheit anerkannt, wenn zusätzlich Asbestose vorliegt
 - ▶ Latenzzeit: 8-55 Jahre (Ø 30 Jahre (Dreißigjahresregel))
- ▶ Mesotheliome
 - ▶ bösartig wuchernde Krebs-Geschwulste im Rippen- und Bauchfell
 - ▶ 1960 in Südafrika entdeckt; seit 1977 als Berufskrankheit anerkannt
 - ▶ Latenzzeit zwischen 20-60 Jahren (Ø 43 Jahren)
 - ▶ nach Ausbruch schneller tödlicher Verlauf
 - ▶ keine langen Expositionszeiten nötig

Folgeerkrankungen von Asbeststaubeinwirkung

II. Karzinogene Erkrankungen

- ▶ Lungenkrebs
 - ▶ 1933 als solcher erkannt; seit 1942 als Berufskrankheit anerkannt, wenn zusätzlich Asbestose vorliegt
 - ▶ Latenzzeit: 8-55 Jahre (Ø 30 Jahre (Dreißigjahresregel))
- ▶ Mesotheliome
 - ▶ bösartig wuchernde Krebs-Geschwulste im Rippen- und Bauchfell
 - ▶ 1960 in Südafrika entdeckt; seit 1977 als Berufskrankheit anerkannt
 - ▶ Latenzzeit zwischen 20-60 Jahren (Ø 43 Jahren)
 - ▶ nach Ausbruch schneller tödlicher Verlauf
 - ▶ keine langen Expositionszeiten nötig

Stand

- ▶ 1994 - 2008: 19 726 Tote in Deutschland (lt. Unfallversicherer*)
- ▶ Schätzungen: bis 2030 insgesamt 500 000 Tote Weltweit

*: Anerkennung in ca. 20 % der Verfahren, Beweislast beim Versicherten (25 'Faserjahre')

Gesetze/Verordnungen/Richtlinien

Gebiet	Gesetze	Verordnungen	Richtlinien/Verwaltungsvorschriften
Arbeits- schutz	Chemikaliengesetz ChemG (3.90)	GefStoffV (2013) Asbestverordnung	TRGS 100 Auslöseschwelle für gefährliche Stoffe
			TRgA 400 Außerbetriebliche Meßstellen
			TRGS 402 Meßtechnische Überwachung von MAK- und TRK-Werten
			TRGS 517 Asbest
			TRGS 519 Asbest – Abbruch- Sanierungs- und Instandsetzungsarbeiten
			TRGS 560 Luftrückführung beim Umgang mit krebserregenden Arbeitsstoffen
			TRgA 601 Ersatzstoffe für Asbest
			UVV Gesundheitsgefährlicher Mineralischer Staub
			ZH 1/12046 REM-Verfahren zur Bestimmung lungengängiger Fasern
			ZH 1/487 Einrichtungen zum Abscheiden gesundheitsgefährlicher Stäube
Baurecht	Landesverordnungen		Richtlinien zur Bewertung und Sanierung schwach gebundener Asbestprodukte in Gebäuden (Asbestrichtlinie)
Immissionschutz	BlmschG (5.90)	4.,5.,6. und 12. BlmschV.	TA Luft Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
Abfallrecht	AbfG (6.86)	AbfBestV RestBestV	TA Abfall
			LAGA Merkblatt 'Entsorgung asbesthaltiger Abfälle'

Bewertung der Dringlichkeit der Sanierung von Asbestprodukten*

I. Art der Asbestverwendung		
1	Spritzasbest	20
2	Asbesthaltiger Putz	10
3	Leichte asbesthaltige Platten	5-15
4	Sonstige asbesthaltige Produkte	5-20
II. Asbestart		
5	Blauasbest	2
6	Sonstiger Asbest (weiß, grau)	0
III. Struktur der Oberfläche des Asbestproduktes		
7	Aufgelockerte Faserstruktur	10
8	Feste Faserstruktur ohne oder mit nicht ausreichend dichter Oberflächenbeschichtung	4
9	Beschichtete, dichte Oberfläche	0
IV. Oberflächenzustand des Asbestproduktes		
10	Starke Beschädigungen	6
11	Leichte Beschädigungen	3
12	Keine Beschädigungen	0
V. Beeinträchtigung des Asbestproduktes von außen		
13	Produkt ist durch direkte Zugänglichkeit (Fußboden bis Greifhöhe) Beschädigungen ausgesetzt	10
14	Am Produkt werden gelegentlich Arbeiten durchgeführt	10
15	Produkt ist mechanischen Einwirkungen ausgesetzt	10
16	Produkt ist Erschütterungen ausgesetzt	10
17	Produkt ist starken klimatischen Wechselbeanspruchungen ausgesetzt	10
18	Produkt liegt im Bereich stärkerer Luftbewegungen	10
19	Im Raum mit dem asbesthaltigen Produkt sind starke Luftbewegung vorhanden	7
20	Am Produkt kann bei unsachgemäßem Betrieb Abrieb auftreten	3
21	Das Produkt ist von außen nicht beeinträchtigt	0

* nach 'Asbest-Richtlinie' von 2001 (Staatliches Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg)

Bewertung der Dringlichkeit der Sanierung von Asbestprodukten

Fortsetzung der Tabelle

I. Art der Asbestverwendung		
1	Spritzasbest	20
2	Asbesthaltiger Putz	10
3	Leichte asbesthaltige Platten	5-15
4	Sonstige asbesthaltige Produkte	5-20
VI. Raumnutzung		
22	Regelmäßig von Kindern, Jugendlichen und Sportlern benutzter Raum	25
23	Dauernd oder häufig von sonstigen Personen benutzter Raum	20
24	Zeitweise benutzter Raum	15
25	Nur selten benutzter Raum	8
VII. Lage des Produktes		
26	Unmittelbar im Raum	25
27	Im Lüftungssystem (Auskleidung oder Ummantelung undichter Kanäle) für den Raum	25
28	Hinter einer abgehängten undichten Decke oder Bekleidung	25
29	Hinter einer abgehängten dichten Decke oder Bekleidung hinter staubdichter Unterfangung oder Beschichtung, außerhalb dichter Lüftungskanäle	0
30	Summe der Bewertungspunkte	*
Sanierung		
31	unverzüglich erforderlich (Dringlichkeitsstufe I)	> 79
32	mittelfristig erforderlich (Dringlichkeitsstufe II)	70-79
33	langfristig erforderlich (Dringlichkeitsstufe III)	< 70

* nach 'Asbest-Richtlinie' von 2001 (Staatliches Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg)

Faser-Messungen nach TRGS 402

- ▶ Probennahme (Durchsaugen von insgesamt 4 m^2 Luft über 8 Stunden durch $0.8 \mu\text{m}$ goldbeschichtete Kernporenfilter mit 25 mm Durchmesser)
- ▶ Kaltveraschung der organischen Partikel im O_2 -Plasma
- ▶ Zahl der Fasern: Zählung unter dem REM ($1 \text{ mm}^2 = \text{ca. } 10 \text{ l Luft d.h. } 1 \text{ Faser} \equiv 100 \text{ F/m}^3$, Nachweisgrenze: 100 F/m^3)
- ▶ Fasergeometrie (Lungengängigkeit, sog. WHO-Fasern):
 - ▶ Länge: $5 - 100 \mu\text{m}$
 - ▶ Durchmesser: $< 3 \mu\text{m}$
 - ▶ Länge:Durchmesser $> 3:1$
- ▶ Klassifizierung der Asbestart: durch Bestimmung der Zusammensetzung per EDX (für Fasern mit $d > 0.2 \mu\text{m}$)
- ▶ Meßwerte:
 - ▶ Entscheidungswert für erfolgreiche Sanierung: 500 F/ m^3
 - ▶ Jahresmittelwerte:
 - ▶ Ballungsgebiet mit hoher Verkehrsdichte: $53-94 \text{ F/m}^3$
 - ▶ Umgebung von Asbestzement: $55-139 \text{ F/m}^3$
 - ▶ Umgebung industrielle Emittenten: $87-333 \text{ F/m}^3$
 - ▶ Reinluftgebiete: -

Ersatzstoffe

Einsatzbereiche Substitute	Arbeits- schutz	Brand- schutz	Wärme- isolation	Elektro- isolation	Dich- tungen	Filtra- tion	Reib- beläge	Baut. Prod.	Chem. Prod.
Textilglasfasern*	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
SiO ₂ -Fasern*	<input type="checkbox"/>								
Keramikfasern*	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>						
Gipsfasern			<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
C-Fasern					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
Wollastonit	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Attapulgit, Sepiolith									<input type="checkbox"/>
PAN (Polyacrylnitril)						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ox. PAN	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Polypropylen					<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
Teflon				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Aramide	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				
Wolle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Baumwolle	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
Cellulose-Fasern					<input type="checkbox"/>				
Flachs/Hanf								<input type="checkbox"/>	
Glimmer/Talk					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
Bentonit/Kieselgur							<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

* sog. KMF-Fasern, künstliche Mineralfasern

Ersatzstoff Künstliche Mineralfasern (KMF)

- ▶ KMFs brechen im Unterschied zu Asbesten i.A. senkrecht zur Faser
- ▶ Unterscheidung in 'alte' (vor 2000) und 'neue' Glas-, Stein- und Keramikfasern
 - ▶ neu: bessere Biolöslichkeit
- ▶ wie Asbeste häufig Lungengängigkeit nach WHO:
 $l > 5 \mu\text{m}, d < 3 \mu\text{m}, \frac{l}{d} \geq 3$
- ▶ Kanzerogenitätsindex (KI) für KMF-Fasern mit WHO-Lungengängigkeit
$$m(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}/\text{CaO}/\text{BaO}/\text{B}_2\text{O}_3) - 2 m(\text{Al}_2\text{O}_3)$$
- ▶ Einstufung nach KI-Index
 - ▶ Kategorie 2: $\text{KI} \leq 30$: 'Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen angesehen werden sollten'
 - ▶ Kategorie 3: $30 < \text{KI} < 40$: 'möglicherweise krebserzeugend'
 - ▶ keine Einstufung als krebserzeugend: $\text{KI} \geq 40$
- ▶ für Kategorie 2 und 3 \mapsto TRGS 521

Einleitung

Die 'Wunderfaser'

- Klassifizierung, Zusammensetzung, Strukturen
- Eigenschaften
- Genese, Vorkommen
- Gewinnung
- Verarbeitung
- Verwendung

Die 'Altlast'

- Gesundheitliche Auswirkungen
- Messtechnik
- Stand der gesetzlichen Bestimmungen
- Ersatzstoffe

Zusammenfassung

Literatur, Links

Zusammenfassung

- ▶ Asbeste = faserförmige, natürliche Silicate
 1. Schichtsilicate: Weißasbest, Chrysotil
 2. Bandsilicate (Amphibole): Blauasbest
- ▶ herausragende Materialeigenschaften
 - ▶ mechanisch
 - ▶ chemisch
 - ▶ thermisch
- ▶ Abbau, Trennung, Aufarbeitung, Verarbeitung zu Pappen, Zementen, Geweben
- ▶ bis 1980 sehr häufige Verwendung, ca. 3000 Produkte
- ▶ seit 2005 in allen EU-Ländern verboten
- ▶ Weltjahresproduktion im Jahr 2011: 2.1 Mill. t
- ▶ Gesundheitsgefahren bei Faserexposition
 - ▶ Asbestose und Krebs der Lunge und des Brust/Zwerchfells
- ▶ Verbot und rechtliche Bestimmungen
- ▶ wirtschaftlicher Schaden (Sanierungen, Renten/Entschädigungen etc.)
- ▶ Entsorgungsproblematik
- ▶ Ersatzstoffe ?

Literatur, Links, Bildquellen

- ▶ C.R.: Vorlesung: [Strukturchemie der Silicate](#)
- ▶ F. Liebau: Structural Chemistry of Silicates, Springer (1985).
- ▶ C.R.: ChiuZ 2/98, 64-72 (1998).
- ▶ Hans Berger: Asbest-Fibel, AWG-Reihe von Genter, Stuttgart (1961)
- ▶ Carl Frank: Asbest: Festschrift zum 50-jährigen Bestehen der Fa. Becker und Haag (1952).
- ▶ viele sehr gute Informationen/Links: Kanzlei Leistikow, Berlin, z.B.
 - ▶ [Vice-Report Asbestabbau in Osteuropa](#)
 - ▶ [Planet e Reportage zu gesundheitlichen und juristische Fragen](#)
- ▶ Richtlinien und Gesetze (für die Praxis: TRGS)



- ▶ PDF zum Vortrag: [HIER](#) bzw. ⇒

...

DANKE