

Umweltforschungsplan
des Bundesministers des Innern
– Luftreinhaltung –
Forschungsbericht 104 08 311

1

Asbestersatzstoff-Katalog

Erhebung über
im Handel verfügbare Substitute
für Asbest
und asbesthaltige Produkte

Band 1: Faser- und Füllstoffe

von Dr. Eva Poeschel, Dipl.-Ing. Alfons Köhling
Battelle-Institut e.V., Frankfurt am Main
Im Auftrag des Umweltbundesamtes



Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V.

Redaktion: Umweltbundesamt Fachgebiet II 2.4, Bismarckplatz 1, 1000 Berlin 33
Tel. 030/89 03-1, Telex: 183 756

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V.,
Lindenstraße 78-80, 5205 Sankt Augustin 2 – Oktober 1985

Satz und Druck: A. Sutter Druckerei GmbH, 4300 Essen

ISBN 3-88383-113-1

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer	2.	3.
4. Titel des Berichts Erhebung über im Handel verfügbare Substitute für Asbest und asbesthaltige Produkte: Faser- und Füllstoffe		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Poeschel, Eva; Köhling, Alfons		8. Abschlußdatum
		9. Veröffentlichungsdatum
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Battelle-Institut e.V. Am Römerhof 35 6000 Frankfurt am Main 90		10. UFOPLAN-Nr. 104 08 311
		11. Seitenzahl 64
		12. Literaturangaben -
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 1000 Berlin 33		13. Tabellen und Diagramme 2
		14. Abbildungen -
15. Zusätzliche Angaben Dieser Bericht ist Bestandteil eines mehrbändigen Katalogs für die verschiedensten Einsatzbereiche asbesthaltiger Produkte (vgl. Seite 8)		
16. Kurzfassung Ziel der durchgeführten Erhebung war die Erstellung eines Katalogs, in dem die im Handel verfügbaren Substitute beziehungsweise Alternativen für asbesthaltige Produkte erfaßt werden. Dazu wurden Δ die Einsatzgebiete von Asbest und asbesthaltigen Produkten ermittelt und aufgelistet sowie Δ die technischen Anforderungen an die Produkte in den verschiedenen Einsatzbereichen definiert. Substitute, die den definierten Anforderungen entsprechen, sind im Katalogteil aufgeführt. In diesem Bericht werden Substitute für den Einsatzbereich Faser- und Füllstoffe aufgeführt.		
17. Schlagwörter Substitute für Asbest; anorganische Fasern, organische Fasern, Füllstoffe		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No.	2.	3.
4. Report Title Commercially Available Substitutes for Asbestos and Products Containing Asbestos: „Fiber and Fillers“		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Poeschel, Eva; Köhling, Alfons		8. Report Date
		9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) Battelle-Institut e.V. Am Römerhof 35 6000 Frankfurt am Main 90		10. UFOPLAN-Ref No. 104 08 311
		11. No. of Pages 64
		12. No. of References -
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, D-1000 Berlin 33		13. No. of Tables, Diagrams 2
		14. No. of Figures -
15. Supplementary Notes This report is part of a multi-volume catalogue of the various fields of application of asbestos-containing products (cf. p. 8)		
16. Abstract The objective of the survey was to compile a catalogue of the commercially available substitutes and alternatives for asbestos-containing products. To this end, Δ the fields of application of asbestos and asbestos-containing products were determined and listed, and Δ the technical requirements to be met by the products in the individual fields of application were defined. Substitutes which meet these requirements are listed. The present report deals with substitutes for the field of application Fiber and Fillers.		
17. Keywords Substitutes for Asbestos; inorganic Fiber, organic Fiber, Filler		
18. Price	19.	20.

Vorwort

Die gesundheitsschädlichen Eigenschaften von Asbestfeinstaub und die damit zusammenhängenden Erkrankungen sind seit längerem bekannt und führten im Bereich des Arbeitsschutzes schon frühzeitig zu einer Reihe von Regelungen. Dazu gehören insbesondere die Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe und die Unfallverhütungsvorschrift „Schutz gegen gesundheitsgefährlichen mineralischen Staub“. Die Asbestproblematik ist in den letzten Jahren in einer Reihe wissenschaftlicher Veranstaltungen eingehend untersucht und in verschiedenen Veröffentlichungen, insbesondere dem UBA-Bericht 7/80 „Umweltbelastungen durch Asbest und andere faserige Feinstäube“, dargestellt worden. Hierdurch wurde dieses Problem weiten Teilen der Bevölkerung bewußt. In der Folge setzte eine rasche Entwicklung ein, die zum verstärkten Einsatz staubarmer Bearbeitungsgeräte für Asbestzement und zur Substitution von Asbest in zahlreichen Produkten führte.

In dem vorliegenden zehnbändigen Abschlußbericht eines im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführten Forschungsvorhabens gibt das Battelle-Institut zur Information von Herstellern, Verwendern, Verbrauchern und Behörden für zehn verschiedene Einsatzbereiche einen Überblick über den derzeit erreichten Stand der Substitution in der Bundesrepublik Deutschland. Danach stehen in nahezu allen Einsatzbereichen Ersatzstoffe für asbesthaltige Produkte zur Verfügung, auf die der Verbraucher dieser Produkte zurückgreifen kann. Der Katalog beschreibt die jeweiligen Anforderungen an asbesthaltige Produkte aus technischer Sicht und nennt auf der Basis von Herstellerangaben die im Handel verfügbaren asbestfreien Ersatzprodukte mit ihren spezifischen Eigenschaften sowie deren Bezugsquellen.

Der Katalog war auch Grundlage für Beratungen im Stoffkreis „Asbest“ sowie im Unterausschuß (UA) VII „Verwendungsbeschränkungen/Ersatzstoffe“ des Ausschusses für gefährliche Arbeitsstoffe (AgA) beim Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung. An diesen Beratungen waren u. a. Vertreter aus Industrien, die Asbest, asbesthaltige Produkte oder Ersatzstoffe verarbeiten oder verwenden, beteiligt ebenso wie Vertreter der Gewerkschaften, der für den Arbeits- und Umweltschutz zuständigen Behörden, der Berufsgenossenschaften und der Wissenschaft. Die Anregungen und Beiträge aus den beteiligten Kreisen wurden bei der Erarbeitung berücksichtigt. Dadurch erfuhren die Ergebnisse eine aktuelle und besonders breite fachliche Grundlage.

Der Ersatzstoff-Katalog wurde vom Ausschuß für gefährliche Arbeitsstoffe, der die Bundesregierung berät, auf dessen Sitzung im Dezember 1984 zur Kenntnis genommen; er hat im Juni 1985 beschlossen, der Bundesregierung vorzuschlagen, in einer Technischen Regel für gefährliche Arbeitsstoffe (TRgA) auf den Katalog hinzuweisen. Der Katalog soll allen Beteiligten, insbesondere den Arbeitgebern, als Entscheidungshilfe zur Auswahl von Ersatzstoffen dienen.

Neben den Autoren vom Battelle-Institut e.V. sei an dieser Stelle Herr Eberhard Hoffmann (Obmann des Stoffkreises „Asbest“), Herrn Gerd Albracht (Obmann des Unterausschusses „Verwendungsbeschränkungen/Ersatzstoffe“ des AgA) und Herrn Wolfgang Lohrer (Umweltbundesamt) besonders gedankt, die durch ihren persönlichen Einsatz einen wesentlichen Beitrag zum Zustandekommen des Kataloges in der vorliegenden Form geleistet haben.



Dr. Heinrich von Lersner
Präsident des Umweltbundesamtes

Vorwort des Herausgebers

Die Verwendung ungefährlicher oder zumindest weniger gefährlicher Stoffe ist dasjenige Schutzziel, das bei allen Maßnahmen im Bereich der gefährlichen Stoffe an oberster Stelle der Schutzzielhierarchie steht.

Dieses Prinzip, wo immer möglich ungefährliche Ersatzstoffe zu verwenden, gilt besonders beim Umgang mit krebserzeugenden Stoffen und hier vor allem auch für Asbest, den „Stoff der tausend Möglichkeiten“, der in mehr als 3000 Produkten in den verschiedenen Anwendungsbereichen vorkommen kann.

Der Einsatz geeigneter ungefährlicher Ersatzstoffe setzt die entsprechende Information der Anwender voraus. Daher gewinnen die Kenntnisse über Möglichkeiten und Grenzen von Ersatzstoffen mit der Vielseitigkeit des zu ersetzenden Gefahrstoffes an Bedeutung.

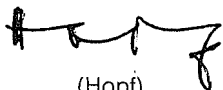
Aus diesem Grunde hat sich der Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften entschlossen, den Bericht des Umweltbundesamtes über im Handel verfügbare Substitute für Asbest und asbesthaltige Produkte, der aus einem Forschungsvorhaben des Battelle-Institutes hervorgegangen ist, in seiner Schriftenreihe zu veröffentlichen, um die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens einer möglichst breiten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen. Der Ersatz von Asbest durch ungefährlichere Stoffe darf nirgendwo daran scheitern, daß die entsprechenden Informationen über geeignete Ersatzstoffe nicht vorhanden sind.

Die Herausgabe des Asbest-Ersatzstoffkataloges entspricht der gesetzlichen Verpflichtung der Berufsgenossenschaften, mit allen geeigneten Mitteln für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten zu sorgen.

Wegen des Umfangs des Forschungsberichtes wurde die Aufteilung in insgesamt zehn Bände entsprechend den verschiedenen Einsatzbereichen beibehalten, so daß sich jeder Interessent die Informationen nur für den oder die Produktbereiche beschaffen kann, die für ihn oder seinen Betrieb von Bedeutung sind.

Wir wünschen diesem Bericht eine weite Verbreitung in der Praxis, um auf diese Weise das in Angriff genommene Ziel, gänzlich auf Asbest verzichten zu können, möglichst schnell zu erreichen.

Sankt Augustin, im September 1985



(Hopf)
Amtierender Vorsitzender



(von Hassell)
Alternierender Vorsitzender

Inhaltsverzeichnis

1 Vorbemerkung	9
2 Kenndaten und Eigenschaften von Faserstoffen	9
3 Asbest	11
4 Anorganische synthetische Fasern	
4.1 Textilglasfasern	14
4.2 SiO ₂ -Fasern	16
4.3 Kohlenstofffasern	18
4.4 Glas-, Gesteins- und Schlackenwollen	20
4.5 Keramikfasern	22
4.6 Gipsfasern	24
5 Anorganische natürliche Fasern	
5.1 Wollastonit	25
5.2 Attapulgit (Palygorskit)	27
5.3 Sepiolith (Meerschaum)	28
6 Organische synthetische Fasern	
6.1 Polyacrylnitril (PAN)	29
6.2 Thermisch stabilisiertes Polyacrylnitril (ox. PAN)	30
6.3 Vinylal (PVA+)	31
6.4 Polypropylen (PP)	33
6.5 Polytetrafluorethylen (PTFE)	34
6.6 Aramidfasern	36
7 Organische natürliche Fasern	39
7.1 Wolle	39
7.2 Baumwolle	40
7.3 Cellulose-Fasern	42
7.4 Flachs- und Hanffasern	44
8 Nichtfaserige Füllstoffe	44
8.1 Glimmer	45
8.2 Talk	46
8.3 Bentonit	47
8.4 Kieselgur (Diatomeenerde)	47
8.5 Calciumsilikathydrat	48
9 Anwendungen der Faser- und Füllstoffe	49
10 Katalog über im Handel verfügbare Substitute	50
11 Verzeichnis der Hersteller und Vertreiber	61

Einsatzbereiche von Asbest und asbesthaltigen Produkten

Einsatzbereich	Produktgruppen					
	-01	-02	-03	-04	-05	-06
10* Asbest Faser-/Füll- stoff	Anorg. synthet. Fasern	Anorg. natürl. Fasern	Organ. synthet. Fasern	Organ. natürl. Fasern	Nichtfaserige Füllstoffe – Blättchen – Teilchen	
20 Arbeitsschutz	Persönliche Hitzeschutz- kleidung	Hitzeschutz- Handschuhe	Flächige Textilgebilde	Materialien für spezielle Arbeitsplätze		
30 Brandschutz	Brandschutz- platten u. -matten	Spritz- massen, Isolierputze	Plastische Massen, Anstriche, Kitte und Spachtelm., Brand- schutzmörtel	Pappen, Schnüre/ Vliese, anorgan. Schaum- stoffe, Brand- schutzkissen	Textilien – Lösch- decken – Vorhänge	Schutz- kleidung für Brand- bekämpfung
40** Wärme- isolation	Platten und Matten	Anorg. Spritz- massen	Materialien z. Verfüllung von Fugen u. Hohlräumen	Formteile und Form- massen	Textile Erzeugnisse	
50 Elektro- isolation	Drähte und Kabel	Isolierstoffe	Formmassen	Haushalts- geräte		
60 Dichtungen	Statisch – Flach- dichtung	Dynamisch – Packung	Zylinderkopf- dichtung	Heißgasdich- tung	Kompen- satoren	
70 Filtration	Flüssig- filtration, Fein- u. steril Filtermedien, Filterhilfsm.	Gasfiltration/ Lüftung, Prozeßluft, Ent- staubung	Atemfilter für Atemschutz- geräte	Diaphrag- men, Separa- toren		
80 Reibbeläge	Scheiben- bremsbeläge	Trommel- bremsbeläge	Bremsklotz- sohlen	Bremsbelä- ge für Indu- strieanwen- dungen	Kupplungs- beläge	
90 Bautechn. Produkte (Asbest- zement)	Ebene Platten	Wellplatten	Rohre für Tiefbau – Druckrohre – Kanalrohre	Rohre für Haus- und Grundst. – Abgas u. Lüftung	Garten- gestaltung	
100 Chem. Prod. und Sonstiges	Anstrich- stoffe und Spachtel- massen	Klebstoffe, Dichtung- massen, Kitte	Sonder- produkte mit Bitumen- oder Teer- Matrix	Formmassen mit Kunstharz- Matrix	Formmassen mit Kunststoff- Matrix	

* Hier sind auch Angaben über Durchmesser und Spaltbarkeit faserförmiger Ersatzstoffe aufgeführt.

** Schallschutz

1 Vorbemerkung

Der hier vorliegende Bericht behandelt die Möglichkeiten der Substitution von Asbest durch Faser- und Füllstoffe. Er ist Bestandteil eines mehrbändigen Übersichtskatalogs, in dem für die verschiedenen Einsatzbereiche von Asbest und asbesthaltigen Produkten die im Handel verfügbaren asbestfreien Produkte erfaßt werden. Als Ordnungsprinzip wird die Tabelle „Einsatzbereiche von Asbest und asbesthaltigen Produkten“ (vgl. S. 8) zugrunde gelegt.

Fasern und Füllstoffe, die als Substitute für Asbest in den verschiedensten Einsatzbereichen Anwendung finden, wurden folgenden Produktgruppen zugeordnet:

△ Anorganische synthetische Fasern	10-01
△ Anorganische natürliche Fasern	10-02
△ Organische synthetische Fasern	10-03
△ Organische natürliche Fasern	10-04
△ Nichtfaserige Füllstoffe	10-05

Im Textteil werden für die einzelnen Faser- und Füllstoffe ausgewählte physikalisch-technische Kenndaten und Eigenschaften aufgeführt. Im Katalogteil sind für die einzelnen Produktgruppen unter der jeweiligen Code-Nummer Lieferfirmen für im Handel verfügbare Faser- und Füllstoffe als Substitute für Asbest zusammengestellt. Der Katalog kann und soll die technische Beratung durch den Fachmann jedoch nicht ersetzen.

Weiter ist im Anhang ein Verzeichnis von Herstellern und Vertreibern beigefügt, die uns im Rahmen dieser Erhebung als Lieferanten für die genannten Produktgruppen bekannt geworden sind.

An dieser Stelle danken wir den Vertretern von Firmen, Verbänden, Gewerkschaften und Berufsgenossenschaften für die wertvolle Unterstützung.

2 Kenndaten und Eigenschaften von Faserstoffen

Kenndaten und Eigenschaften von Faserstoffen sind im Regelfall keine Konstanten; sie sind beispielsweise bei synthetischen Fasern erheblich von den Herstellungs- und Nachbehandlungsbedingungen abhängig. In der nachfolgenden Übersicht können daher oft nur Wertbereiche als charakteristisch für die einzelnen Fasertypen angegeben werden.

Für die einzelnen Fasern werden als Basisinformation aufgeführt

- △ eine kurze Charakterisierung,
- △ die chemische Zusammensetzung,
- △ die Herstellung bzw. Gewinnung.

Unter den physikalischen Daten werden neben der Dichte, Härte, Farbe u. a. insbesondere Angaben über den Faserdurchmesser der Ersatzstoffe aufgeführt, weil anhand dieser Daten eine Beurteilung der Gesundheitsgefahren erfolgen kann, z. B. Anteile im lungengängigen Bereich. Die Angaben über die Faserlänge sind insbesondere für Spinnfasern nicht immer eindeutig, weil hier neben Endlosfasern oft auch Kurzschnittfasern im Handel verfügbar sind.

Die mechanischen Eigenschaften, insbesondere Festigkeitseigenschaften, sind für die Charakterisierung, aber auch im Hinblick auf den Verwendungszweck, von Bedeutung.

Die Zugfestigkeit, auch Höchstzugspannung, ist durch die Bruchbelastung eines Fadens definiert. Es ist der Quotient aus Höchstzugkraft und dem Anfangsquerschnitt der Probe. Sie wird in N/mm² und für Fasern und Garne auch in cN/dtex angegeben. Der Zusammenhang der beiden Bezugsgrößen ergibt sich aus der Beziehung

$$\text{Feinheit (dtex)} = 10^{-6} \cdot \text{Dichte (g/cm}^3\text{)} \cdot \text{Querschnitt (cm}^2\text{)}.$$

Der Elastizitätsmodul – E-Modul – wird aus dem linearen Anstieg am Anfang der Zugkraft-Längenänderungs-Kurve (Kraft-Dehnungs-Diagramm) berechnet. Da die Kurven für Faserstoffe am Anfang oft nicht gradlinig verlaufen, ist ein echter E-Modul nicht zu definieren. Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Steigerung der Tangente im Nullpunkt.

Die Reißdehnung, auch Höchstkraftdehnung, ist das Verhältnis der Längenänderung bei der Höchstzugkraft zu der Anfangslänge der Meßprobe. Sie wird in Prozent angegeben.

Die Knoten- und die Schlingenfestigkeit sind Maßzahlen zur Charakterisierung der Faserquerfestigkeit (Sprödigkeit). Sie wird wie üblich in Prozent der Zug- oder Reißfestigkeit angegeben. Die Prüfung erfolgt unter den gleichen Bedingungen wie die Zugfestigkeitsprüfung.

Die Anwendungstemperatur ist ein praxisnaher Wert, der sich nicht genau festlegen läßt und sehr stark von den Einsatzbedingungen, beispielsweise mechanischer Belastung, abhängig ist. Bei kurzfristiger Beanspruchung können die Anwendungstemperaturen oft erheblich höher liegen.

Bei der Wärmeleitfähigkeit muß unterschieden werden zwischen kompakten Materialien und Vliesen, Filzen oder Schüttungen. Der Unterschied kann hier etwa den Faktor 10 bis 20 betragen. Weiter ist die Wärmeleitfähigkeit von der Temperatur abhängig.

Die elektrischen Eigenschaften sind vom Wassergehalt und der Temperatur, oft auch von Art und Menge von Begleitstoffen, abhängig. Insbesondere bei Fasern mit großem Wasseraufnahmevermögen kann für den spezifischen elektrischen Widerstand oft nur die Größenordnung angegeben werden.

Die Charakterisierung des Brennverhaltens erfolgt durch die Begriffe *nichtbrennbar*, *schwer entflammbar* und *brennbar*. Für schwerentflammbare und brennbare Faserstoffe wird noch der „Limiting-oxygen Index“, kurz LOI-Wert, aufgeführt.* Weiter werden Hinweise gegeben auf das Schmelz- und Tropfverhalten und auf das Auftreten toxischer Gase, insbesondere beim Schwelen.

Angaben über die Beständigkeit gegenüber Säuren, Laugen, Lösemitteln und Wasserdampf werden in einem grob vereinfachten Schema wiedergegeben. Hier ist im Einzelfall die Beständigkeit nach den jeweils vorliegenden Bedingungen zu prüfen.

Zur Frage einer möglichen Gesundheitsgefährdung der im Rahmen dieser Erhebung aufgezeigten faserförmigen Substitute für Asbest kann nur insoweit Stellung genommen werden, als Informationen aus der MAK-Liste in Zusammenhang mit der Faserform vorliegen. Darüber hinaus wurde versucht, Daten und Informationen über

Δ Gehalte an Fasern im lungengängigen Durchmesserbereich d. h. mit Durchmesser < 3 µm
sowie

* Angegeben wird der Prozentgehalt an Sauerstoff, der für das kontinuierliche Brennen gerade noch erforderlich ist.

Δ eine mögliche Längsspaltung (als Folge von mechanischen Einwirkungen) auf Fasern mit primär „unkritischen“ Durchmessern unter Bildung von faserförmigen Bruchstücken im „kritischen“ Durchmesserbereich zu erfassen.

Unter Anwendungen sind die Einsatzbereiche aufgeführt, in denen die Fasern vornehmlich Verwendung finden. Als Ordnungsschema dient die Tabelle auf Seite 6.

Die Kostenrelation asbesthaltiger zu substituthaltigen Produkten hängt von vielen Faktoren ab. Ein Vergleich der Faserpreise ist vielfach kaum mehr als ein Anhaltspunkt. Es werden daher nur im Einzelfall Preise für die Fasern genannt.

Lieferfirmen und Produktnahmen werden in den Datenblättern zu den einzelnen Produktgruppen aufgeführt.

3 Asbest

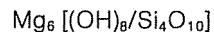
Charakterisierung:

Asbest ist eine Bezeichnung für eine Reihe faserig kristallisierter natürlicher Silikate. Nach ihrer Entstehung und chemischen Zusammensetzung, ihrem strukturellen Aufbau und ihren technischen Eigenschaften werden zwei Hauptgruppen unterschieden, und zwar die Serpentin-Asbeste und die Amphibol-Asbeste.

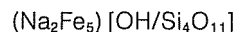
Chemische Zusammensetzung:

Technische Bedeutung haben

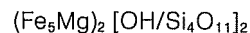
Δ aus der Gruppe der Serpentin-Asbeste der Chrysotil- oder Weißasbest mit der Zusammensetzung



Δ aus der Gruppe der Amphibol-Asbeste der Krokydolith- oder Blauasbest mit der Zusammensetzung



Δ und der Amosit mit der Zusammensetzung



Im nachfolgenden werden technische Daten für die hauptsächlich verwendeten Asbestarten Chrysotil und Krokydolith aufgeführt.

Gewinnung:

Der Abbau der Asbeste erfolgt im Tagebau und im Untertagebetrieb. Die Fasern werden durch stufenweises Vermahlen des Gesteins freigelegt und nach jeder Aufbereitungsstufe durch Sieben und Absaugen von dem Gestein getrennt.

Physikalische Daten

	Chrysotil	Krokydolith
Dichte g/cm ³	2,2 bis 2,6	2,8 bis 3,4
Faserdurchmesser µm (Faserbüschel)	0,75 bis 1,5	1,5 bis 4
Elementarfasern µm Faserquerschnitt	0,03 bis 0,04 kreisförmig (spiralig gerollt)	0,1 bis 0,2 elliptisch oder kreisförmig
Faserlänge µm	1 bis 40	3 bis 70
spez. Oberfläche m ² /g	10 bis 25	3 bis 5
Farbe	weiß, grau, grün, gelblich	lavendelblau, metallblau
Härte (Mohs)	2,5 bis 4	5 bis 6
Elektrische Ladung	positiv	negativ
Verarbeitung	gut spinnbar	z. T. spinnbar

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit N/mm ²	2000–6000	7500–22 500
E-Modul N/mm ²	30 000–160 000	100 000–190 000
Reißfestigkeit %	0,5–2	1,5

Thermische Eigenschaften

	Chrysotil	Krokydolith
Anwendungstemperatur		
Δ ohne Einschränkung °C	400	300
Δ mit geringer Einschränkung °C	650	450
Δ kurzzeitig °C	1000	1000
Schädigungstemperatur °C	550	450
Dehydroxylierung °C	600–850*)	ab 400
Schmelztemperatur °C	1520	1190
Wärmeleitfähigkeit		
Rohdichte		
Δ 300 kg/m ³ W/m · K	0,070	0,070
Δ 600 kg/m ³ W/m · K	0,200	0,200
Spez. Wärme J/g · K	1,1	0,8

Elektrische Eigenschaften

Spezifischer elektrischer Widerstand Ohm cm (50% rel. Feuchte)	10 ⁴ bis 10 ⁶	3 · 10 ⁶ –10 ⁷
DK-Wert	3	k. A.
Dielekt. Verlustfaktor	0,15	k. A.
Brennverhalten	nichtbrennbar	nichtbrennbar

*) Übergang in Forsterit (Mg₂SiO₄)

Chemisches Verhalten

Konzentrierte Säuren	—	+ ¹⁾
Verdünnte Säuren	+	+
Verdünnte Laugen	+	+
Konzentrierte Laugen	+	—
Lösemittel	+	+

Gegenüber Wasserdampf ist Krokydolith empfindlicher als Chrysotil.

+ = beständig — = nicht beständig

Gesundheitsgefährdung

In der am 1. 10. 1980 in Kraft getretenen und im Februar 1982 neugefaßten Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe ist Asbest(-feinstaub) im Anhang II der Arbeitsstoff-Verordnung in die Gruppe II der „stark gefährdenden“ krebserzeugenden Arbeitsstoffe eingestuft.

Nach TRgA 102 beträgt die Technische Richtkonzentration am Arbeitsplatz z. Z. 1 Faser/cm³.

Anwendung

Anwendungen von Asbest und asbesthaltigen Produkten sind in der Tabelle auf Seite 6 aufgeführt.

Kosten

Asbest ist ein preiswerter Rohstoff. Der Preis beträgt je nach Faserlänge 0,80 bis 5,00 DM/kg.

¹⁾ Ausnahme HF und H₃PO₄

4 Anorganische synthetische Fasern

4.1 Textilglasfasern

Charakterisierung

Sammelbegriff für aus geschmolzenem Glas bestimmter Zusammensetzung gewonnene feine Fasern für textile Zwecke mit annähernd gleichmäßigem, meist rundem Querschnitt.

Chemische Zusammensetzung

	A-Glas	C-Glas	E-Glas	Z-Glas
SiO ₂	72,5	65,0	54,5	71,0
Al ₂ O ₃	–	4,0	14,5	1,0
B ₂ O ₃	–	5,0	7,5	–
CaO	9,0	14,0	17,0	–
MgO	3,5	3,0	4,5	–
K ₂ O/Na ₂ O	13,0	8,5	0,8	11,0
ZrO ₂	–	–	–	16,0

A-Glas: Alkali-Kalk-Glas für spezielle Anwendungen

C-Glas: Alkali-Kalk-Glas mit erhöhtem Borzusatz und besonderer chemischer Widerstandsfähigkeit

E-Glas: Aluminium-Bor-Silikat-Glas mit geringem Alkaligehalt für Kunststoffverstärkung und elektrische Anwendungen

Z-Glas: Eine Spezialentwicklung für die Herstellung von Faserzementprodukten. Ein Material mit verbesserter Zementbeständigkeit.

Herstellung

Textilglasfilamente (Fasern praktisch unbegrenzter Länge) im Düsenziehverfahren; Glasstapelfasern (Fasern begrenzter Länge = Spinnfasern) im Düsenblas- oder Stabziehverfahren.

Physikalische Daten

Dichte	2,45 bis 2,49 g/cm ³	
Faserdurchmesser		
Δ nach Stabziehverfahren	7 bis 11 μm	} einheitlich im Durchmesser eines Produktes
Δ nach Düsenziehverfahren	3 bis 18 μm	
Δ nach Düsenblasverfahren	4 bis 30 μm	
		Durchmesserspektrum innerhalb eines Produktes

Der Durchmesser der Fasern kann durch die Wahl der Produktionsbedingungen vorgegeben werden, üblich sind Feinheiten im Bereich von 5 bis 25 μm.

Faserlänge	Endlos oder Stapelfaser
Wasseraufnahme	0,1%
Farbe	farblos

Mechanische Eigenschaften

	A-Glas	C-Glas	E-Glas
Zugfestigkeit N/mm ²	1500–2500	3400	1200–3500
E-Modul N/mm ²	70 000	70 000	77 000
Reißdehnung %	2,4–4,0	3,5	2,6–4,0

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur (bei 400°C noch etwa 30% der Restfestigkeit)	300–500°C
Erweichungstemperatur	600– 800°C
Schmelztemperatur	1300–1600°C
Wärmeleitfähigkeit	1 W/m · K
Spez. Wärme	0,7–0,8 J/g · K
Schrumpfverhalten (400°C)	keine Schrumpfung

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand	10 ¹³ –10 ¹⁵ Ohm · cm
DK-Wert	A-Glas 6,1 C-Glas 6,8 E-Glas 4,0
Dielektr. Verlustfaktor	C-Glas 0,013 E-Glas 0,060

Brennverhalten

Die reinen Glasfaserprodukte sind nichtbrennbar. Art und Menge der Schichten, die bei der Herstellung und Verarbeitung zugesetzt werden, können das Brandverhalten beeinflussen.

Chemische Beständigkeit

Konzentrierte Säuren	nicht beständig
Verdünnte Säuren	beständig
Verdünnte Laugen	bedingt beständig
Konzentrierte Laugen	unbeständig
Lösemittel	beständig
Wasserdampf	nicht beständig (hydrolytische Spaltung)

Gesundheitsgefährdung

Der Faserdurchmesser liegt außerhalb des als kritisch anzusehenden Faserdurchmesserbereichs. Eine Längsspaltung ist nicht zu erwarten. Fasern mit Durchmessern größer als 9 µm können zu Hautirritationen führen.

Anwendung

Glasfasern finden in Form textiler Materialien und als faserförmiger Füllstoff Anwendung für die Einsatzbereiche

- △ Arbeitsschutz
- △ Wärmeisolation
- △ Elektroisolation
- △ Dichtungen
- △ Reibbeläge
- △ Chemische Produkte und Sonstiges

Kosten

Die Kosten entsprechen etwa denen von Asbesttextilien. Produkte mit Fasern geringen Durchmessers sind teurer.

4.2 SiO₂-Fasern

Charakterisierung

Fasern auf SiO₂-Basis, die ohne organische Tragfaser zu Garnen und textilen Erzeugnissen verarbeitet werden können.

Chemische Zusammensetzung

SiO₂-Gehalt 98 bis 99,8% SiO₂

Herstellung

- a) Durch Auslaugung und anschließende thermische Behandlung von Fasern aus Aluminiumborsilikatglas.
- b) Durch Spinnen von Natriumsilikatgarn, Umsetzen zur Kieselsäurefaser und anschließende Umsetzung zur SiO₂-Faser durch thermische Behandlung.

Physikalische Daten

Dichte	2,0 g/cm ³
Faserdurchmesser	10–12 μm
Faserlänge	endlos, bzw. in verschiedenen Schnittlängen
Wasseraufnahme	1%
Farbe	weiß

Mechanische Eigenschaften

(hier lagen nur Daten der nach b) hergestellten Fasern vor)

Zugfestigkeit	1000 N/mm ²
E-Modul	72 000 N/mm ²
Reißfestigkeit	1,6%

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	1000° C (kurzfristig auch höher)
Schmelztemperatur	1700° C
Wärmeleitfähigkeit	k. A.
Δ für Gewebe (500° C)	0,12 W/m · K
Spez. Wärme (250° C)	0,8 J/g · K
Schrumpfung	<2% bei 1000° C
Thermoschockbeständigkeit	gut

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand	10^{18} Ohm · cm
--------------------------	--------------------

Brennverhalten

nichtbrennbar

Chemische Beständigkeit

Konzentrierte Säuren	beständig unbeständig in HF und H ₃ PO ₄
Verdünnte Säuren	beständig
Verdünnte Laugen	bedingt beständig
Konzentrierte Laugen	unbeständig
Lösemittel	beständig
Wasserdampf	unbeständig

Gesundheitsgefährdung

Das Produkt enthält keine Fasern im lungengängigen Bereich. Eine Längsspaltung ist nicht zu erwarten, da die Form isotrop und amorph ist.

Anwendungen

SiO₂-Fasern finden vornehmlich in Form textiler Erzeugnisse wie Gewebe, Bänder, Schläuche und Schnüre Anwendung für die Einsatzbereiche

- Δ Arbeitsschutz
- Δ Brandschutz
- Δ Wärmeisolation
- Δ Elektroisolation
- Δ Dichtungen

Kosten

Im Vergleich zu Asbestprodukten sind die Erzeugnisse um ein Mehrfaches teurer.

4.3 Kohlenstoffasern

Charakterisierung

Kohlenstoff in Form flexibler Fasermaterialien. Es können unterschieden werden

Δ isotrope Kohlenstoffaser	P-Typ
Δ anisotrope Kohlenstoffaser	HF-Typ
Δ anisotrope Graphitfaser	HM-Typ

Chemische Zusammensetzung

P-Typ	95 % Kohlenstoff
HF-Typ	99 % Kohlenstoff
HM-Typ	99,5% Kohlenstoff

Herstellung

Durch Carbonisieren von faserförmigen polymeren Stoffen in Form von Spinnfasern, Filamentgarnen, Kabeln, Geweben und Filzen.

Aus isotropen Pechfasern erhält man isotrope Kohlenstoffasern mäßiger Festigkeit und Steifigkeit. Anisotrope Kohlenstoffasern werden heute weitgehend aus hochverstreckten, hochorientierten Polyacrylnitrilfasern oder Rayonfasern im allgemeinen in einem dreistufigen Verfahren hergestellt:

- Δ Stabilisierung ggf. unter Streckung bei 180 bis 300° C
- Δ Carbonisierung unter Abspaltung flüchtiger Produkte bis ca. 1600° C (N₂-Atmosphäre). In dieser Stufe erhält man hochfeste (HF-)Kohlenstoffasern.
- Δ Graphitisierung bis 3000° C (N₂-Atmosphäre). In dieser Stufe erhält man sog. Hochmodul- (HM-)Fasern, manchmal auch als Graphitfaser bezeichnet.

Physikalische Daten

Dichte	P-Typ	1,5–1,7 g/cm ³
	HF-Typ	1,7–1,8 g/cm ³
	HM-Typ	2,0 g/cm ³
Faserdurchmesser	P-Typ	7–12 μm
	HF- und HM-Typ	7–8 μm
Faserlänge		endlos
Wasseraufnahme	P-Typ	12 %
	HF- und HM-Typ	0,1%
Farbe		schwarz

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit	P-Typ	800–1000 N/mm ²
	HF-Typ	3500–4000 N/mm ²
	HM-Typ	2000–2300 N/mm ²
E-Modul	P-Typ	40 000 N/mm ²
	HF-Typ	200 000 N/mm ²
	HM-Typ	400 000 N/mm ²
Reißfestigkeit	P-Typ	2,3%
	HF-Typ	1,6%
	HM-Typ	0,5%

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur		
Δ in Luft		300°C
Δ in O ₂ -freier Atmosphäre		2500°C
Δ in Wasserdampf		650°C
Schmelztemperatur		3600°C
Wärmeleitfähigkeit	P-Typ*)	15 W/m · K
	HF-Typ*)	15–20 W/m · K
	HM-Typ*)	60–100 W/m · K
Spezifische Wärme	HF-Typ	710 J/g · K
	HM-Typ	750 J/g · K

Elektrische Eigenschaften

Spez. el. Widerstand	P-Typ*)	1,0 Ohm · cm
	HF-Typ*)	0,18 Ohm · cm
	HM-Typ*)	0,8 Ohm · cm

Brennverhalten brennbar

Chemisches Verhalten

Die Fasern sind korrosionsbeständig gegen Säuren, Laugen und Lösemittel mit Ausnahme oxidierend wirkender Medien (HNO₃, heiße H₂SO₄).

Gesundheitsgefährdung

Die Produkte enthalten keine Fasern im lungengängigen Bereich. Die Ausgangsfasern haben einen Durchmesser von > 10 µm. Über eine Längsspaltung der HF- und HM-Fasern ist nichts bekannt; die P-Fasern sind isotrop.

Anwendung

Kohlenstofffasern finden Anwendung als

- Δ Verstärkungsfasern für verschiedene Matrixwerkstoffe wie Duroplaste und Thermoplaste sowie
- Δ textile Erzeugnisse wie Bänder, Schläuche und Gewebe für die Einsatzbereiche
- Δ Dichtungen
- Δ Chemische Produkte und Sonstiges

Kosten

Der Preis für Kohlenstofffaser beträgt gegenwärtig je nach Art 90 bis 350 DM/kg (Basisjahr 1983) für die HF-Faser und 30 bis 40 DM/kg für Fasern vom P-Typ.

*) in Faserrichtung

4.4 Glas-, Gesteins- und Schlackenwollen (Nichttextile Glasfasern)

Charakterisierung

Glaswolle (GL): Rohstoffe sind in der Glasindustrie übliche natürliche Mineralien mit Zusätzen von Chemikalien und Flußmitteln

Gesteinswolle (ST): Rohstoffe sind natürliche Sediment- und Eruptivgesteine wie Basalt und Diabas

Schlackenwolle (SL): Rohstoffe sind Hochofenschlacken, ferner metallurgische und nicht-metallurgische Schlacken, denen Kalkstein, Dolomit, Quarz und Diabas zugesetzt werden, um eine für die Faserbildung optimale Zusammensetzung zu erhalten.

Die Fasern sind röntgenamorph und praktisch isotrop.

Chemische Zusammensetzung in Prozent

	Glaswolle	Gesteinswolle	Schlackenwolle
SiO ₂	50–60	45–55	35 –45
Al ₂ O ₃	3–10	5–15	10 –20
CaO	5–30	10–30	40 –40
MgO	3– 8	3–16	1 – 5
K ₂ O/Na ₂ O	1–15	1– 3	0,5– 1,5

Schlackenwolle kann Eisenoxide (bis 15%) und Calciumsulfid (bis 1%) enthalten.

Herstellung

Durch einen Schmelzprozeß nach dem

- Δ Kaskadenschleuderverfahren
- Δ Zerblasverfahren
- Δ Düsenblasverfahren

Physikalische Daten

Dichte	~ 2,5 g/cm ³
Faserdurchmesser (ist vom Herstellungsverfahren abhängig)	
unterer Grenzbereich im Durchmesser- spektrum	0,1–0,5 µm
oberer Grenzbereich im Durchmesser- spektrum	10–20 µm
Faserlänge im Zentimeterbereich	
Die Fasern können je nach Herstellungsverfahren Schmelzperlen verschiedener Größe und Menge enthalten.	
Wasseraufnahme	0,1%

Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften sind in weiten Grenzen vom Herstellungsprozeß und der Faserdicke abhängig. Hier werden für alle drei Faserarten mittlere Werte angegeben.

Zugfestigkeit	700–850 N/mm ²
E-Modul	70 000 N/mm ²
Reißdehnung	1,2–1,8%

Thermische Eigenschaften

	Glaswolle	Gesteinswolle	Schlackenwolle
Anwendungstemperatur °C	500	700	750
Spezifische Wärme J/g · K	0,89	0,85	0,84

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit der kompakten Materialien ist relativ hoch und beträgt etwa 0,8 W/m · K. In faserförmigen Isolierstoffen hängt sie in erster Linie von der Struktur und der Rohdichte dieser Produkte ab, die durch die Morphologie der Faser wie Länge, Dicke, Schlichte und Verfilzung gegeben ist. Typische Werte der Wärmeleitfähigkeit bei 273 K sind für

Glaswolle (Rohdichte 90 kg/m ³)	0,041 W/m · K
Steinwolle (Rohdichte 114 kg/m ³)	0,035 W/m · K
Schlackenwolle (Rohdichte 100 kg/m ³)	0,042 W/m · K

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand	10 ⁸ –10 ¹¹ Ohm · cm
--------------------------	--

Brennverhalten

Die reinen Fasern sind nichtbrennbar. Art und Mengen der Schlichten, die bei der Verarbeitung und Herstellung zugesetzt werden, können das Brandverhalten der Produkte beeinflussen.

Chemische Beständigkeit

Konzentrierte Säuren	nicht beständig
verdünnte Säuren	beständig mit Ausnahme von HF und H ₃ PO ₄
verdünnte Laugen	bedingt beständig
konzentrierte Laugen	nicht beständig
Lösemittel	beständig
Wasserdampf	nicht beständig (hydrolytische Spaltung)

Gesundheitsgefährdung

Die Produkte enthalten Anteile von Fasern im lungengängigen Bereich. Eine Längsspaltung ist nicht zu erwarten.

Die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe hat in ihrer Liste „Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen 1980“ erstmals die künstlichen Mineralfasern (Durchmesser < 1 µm) unter Abschnitt III B aufgeführt und damit auf ein vermutetes kanzerogenes Potential hingewiesen.

Anwendung

Mineralfaserstoffe finden Anwendung

- Δ in loser Form als Stopfisololation
- Δ als Matten, Filze und Platten
- Δ als faserförmiger Füllstoff

für die Einsatzbereiche

- Δ Brandschutz
- Δ Wärme- und Schallisolation im Bauwesen und im technischen Bereich
- Δ Filtration
- Δ Reibbeläge
- Δ Chemische Produkte und Sonstiges

Kosten

Die Preise entsprechen etwa denen von kurzfaserigem Asbest, zum Teil sind sie sogar niedriger.

4.5 Keramikfasern

Charakterisierung

Sammelbegriff für Fasern auf der Basis von Aluminiumsilikaten mit unterschiedlichem Aluminiumoxidgehalt.

Chemische Zusammensetzung

Al ₂ O ₃	45–95%
SiO ₂	5–55%

auch mit Zusätzen von Chromoxid

Herstellung

Aus Kaolin oder synthetischen Mischungen der Oxide Al₂O₃ und SiO₂ durch Schmelzen bei etwa 2000°C im wesentlichen nach dem Schleuder- bzw. Zentrifugierverfahren sowie dem Düsenblasverfahren. Schmelzperlen, in Tropfen- und Kugelform, werden mechanisch von den Fasern abgetrennt, so daß ihr Anteil nur bei etwa 5% liegt. Durch Zusatz von 3 bis 4% Chromoxid können die Fasern gegenüber thermischer Belastung beständiger gemacht werden.

Physikalische Daten

Dichte		2,6–2,7 g/cm ³
Faserdurchmesser	Mittelwert	3 µm
	Bereich	0,5–7 µm
Faserlänge		abhängig vom spez. Produkt
Wasseraufnahme		80–100 mm
Farbe		0,1%
		rein weiß

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit	400–1500 N/mm ²
E-Modul	70 000 N/mm ²
Reißfestigkeit	2%

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur
(ist in starkem Maße vom Al₂O₃-Gehalt abhängig)

Al ₂ O ₃ -Gehalt	kontinuierlich	intermittierend
40–50%	1100°C	1260°C
55–60%	1250°C	1400°C
55–60% + 3% Cr ₂ O ₃	1400°C	1450°C
95% (Aluminiumoxidfasern)	1500°C	1600°C
Schmelztemperatur		
45–50% Al ₂ O ₃	1780°C	
55–60% Al ₂ O ₃	1800°C	
55–60% Al ₂ O ₃ + 3% Cr ₂ O ₃	1920°C	
95% Al ₂ O ₃	2000°C	

Wärmeleitfähigkeit

Δ kompaktes Material	
Δ faserförmiger Isolierstoff (Rohdichte 96 kg/m ³)	0,06 W/m · K (200°C) 0,25 W/m · K (650°C)
Spezifische Wärme (20–1000°C)	0,9–1,2 J/g · K
Schrumpfung (Luft)	erst oberhalb 900°C

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand	10 ¹³ Ohm · cm
--------------------------	---------------------------

Brennverhalten

nichtbrennbar

wird durch Art und Menge der Schichten bestimmt, die bei Herstellung und Verarbeitung zugesetzt werden.

Chemisches Verhalten

Konzentrierte Säuren	nicht geeignet für Phosphorsäure, Flußsäure und heiße Schwefelsäure
verdünnte Säuren	beständig
verdünnte Laugen	beständig
konzentrierte Laugen	nicht beständig
In reduzierender Atmosphäre (oberhalb 900°C) können die Fasern angegriffen werden.	

Gesundheitsgefährdung

Die Produkte enthalten Anteile von Fasern im lungengängigen Bereich. Eine Längsspaltung ist nicht zu erwarten.

Anwendung

Keramikfaserstoffe finden in den verschiedensten Ausführungsformen Anwendung, z. B. als

- Δ Watte und Matten
- Δ Papier und Platten
- Δ Feuchtfilz und Formteile

und mit organischen Tragfasern in Form textiler Produkte wie

- Δ Gewebe und Bänder

für die Einsatzbereiche

- Δ Arbeitsschutz
- Δ Brandschutz
- Δ Wärmeisolation
- Δ Elektroisolation
- Δ Dichtungen und
- Δ Reibbeläge

Preis

Das Kostenniveau beträgt das Mehrfache der vergleichbaren Asbestprodukte.

4.6 Gipsfasern

Charakterisierung

Gipsfasern sind ein anorganischer Verstärkungs- und Füllstoff auf der Basis von calcinierten Calciumsulfatanhydrit-Faserkristallen.

Chemische Zusammensetzung

CaSO₄ (99,5%)

Physikalische und technische Daten

Dichte	2,96 g/cm ³
Schüttdichte	0,1–0,2 g/cm ³
Faserdurchmesser	0,1–3 µm; mittel 2 µm
Faserlänge	50–200 µm
Aussehen	nadelförmige Kristalle
Farbe	farblos bis weiß
Ölabsorption	31,9 cm ³ /100 g
Löslichkeit in Wasser	2 g/l (20° C)
pH-Wert einer wäßrigen Suspension	10,4
Zugfestigkeit	2 N/mm ²
E-Modul	280 000 N/mm ²
Temperaturbeständigkeit	etwa 1000° C, darüber beginnende SO ₃ -Abspaltung

Brennverhalten

nichtbrennbar

Gesundheitsgefährdung

Fasern liegen in inhalierbaren Abmessungen vor. In Tierexperimenten konnte keine gesundheitsgefährdende Wirkung festgestellt werden.

Anwendungen

Gipsfasern finden vornehmlich als Faserfüllstoff Anwendung für die Einsatzbereiche

- Δ Wärmeisolation (Wärmedämmplatten)
- Δ Chemische Produkte und Sonstiges
(Formmassen mit Kunstharz- und Kunststoff-Matrix)

5 Anorganische natürliche Fasern

5.1 Wollastonit

Charakterisierung

Wollastonit ist ein Calciummetasilikat. Wegen der Kettenstruktur seines Gitters bildet er Nadeln und Fasern mit seidigem Glanz. In der Natur kommt er in verschiedenen Modifikationen vor.

Chemische Zusammensetzung

Typische Analyse eines natürlichen Wollastonits
min. 96,5% CaO + SiO₂
max. 0,5% Fe₂O₃
max. 1,5% Al₂O₃
max. 2,0% Glühverlust

Gewinnung

Es gibt nur wenige abbauwürdige Lagerstätten. Die bedeutendsten Lagerstätten liegen in den USA, in Finnland und in Indien.

Die Aufbereitung durchläuft die Verfahrensstufen
Naßmahlung
Klassierung
Flotation
Filtration und
Trocknung

Physikalische Daten

Dichte	2,9 g/cm ³
Faserdurchmesser	10–500 µm, Spaltbarkeit bis 0,1 µm Durchmesser
Faserlänge	in weiten Grenzen von der Aufbereitung und Klassierung abhängig
Spez. Oberfläche	0,3 m ² /g
Farbe	weiß
Härte (Mohs)	4,5
Löslichkeit in Wasser	0,095 g/100 ml
pH-Wert einer wäßrigen Suspension	9,9

Mechanische Eigenschaften

Angaben über Zugfestigkeit, E-Modul und Reißfestigkeit liegen nicht vor.

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	800° C
Phasenumwandlung $\beta \rightarrow \gamma$	1190° C
Schmelzpunkt	1394 bis 1410° C
Wärmeleitfähigkeit	keine Angaben
Spez. Wärme (1000° C)	1,09 J/g · K

Brennverhalten nichtbrennbar

Chemisches Verhalten

Säuren zersetzen Wollastonit. Alkalien greifen ihn nicht an.

Gesundheitsgefährdung

Kann bei mechanischer Beanspruchung aufgespalten werden in Faserbruchstücke mit Durchmesser bis zu 0,1 µm.

Wollastonit (-1T) und (-2M) sind im Verdacht, als lungengängiger Feinstaub kanzerogen zu sein. Die Berichte über entsprechende Versuche in den USA sind noch nicht veröffentlicht. (Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie. 4. Aufl. Bd. 21, S. 409, Verlag Chemie, Weinheim – New York)

Anwendung

Wollastonit ist ein preiswerter Füllstoff und findet Anwendung für die Einsatzbereiche

- △ Brandschutz (Brandschutzplatten)
- △ Wärmeisolation (Wärmedämmplatten)
- △ Elektroisolation (Füllstoff für Formmassen)
- △ Reibbeläge
- △ Bautechnische Produkte
- △ Chemische Produkte und Sonstiges (Anstrichstoffe, Klebstoffe, Formmassen)

Kosten

Faserförmiger Wollastonit ist im Preis mit kurzfasrigem Asbest vergleichbar.

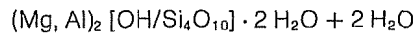
5.2 Attapulgit (Palygorskit)

Charakterisierung

Attapulgit ist ein Tonmineral mit teilweise zeolithisch gebundenem Wasser. Es zeigt eine nadelförmige Kristallstruktur und ist kaum quellbar. Es ist identisch mit dem Palygorskit.

Chemische Zusammensetzung

Attapulgit ist ein Magnesium-Aluminium-Hydrosilikat



Typische Analyse eines natürlichen Minerals

54 % SiO_2

8,5% Al_2O_3

9 % MgO

20 % H_2O

Rest Fe, Ca, Na, K u. a.

Gewinnung

Bei der Aufbereitung werden die nichttonartigen Anteile abgetrennt. Kommerzielle Produkte enthalten 80 bis 90% Attapulgit.

Physikalisch-technische Kenndaten

Dichte	2,3–2,5 g/cm ³
Durchmesser der Nadeln	0,06 µm (Durchschnittswert)
Länge der Nadeln	0,8 µm (Durchschnittswert)
Spez. Oberfläche (von Ausgangsprodukt und Vorbehandlung abhängig)	20–125 m ² /g
Thermische Stabilität	250° C (Wasserabspaltung)

Oberhalb 700° C wird die Kristallstruktur zerstört.

Brennverhalten nichtbrennbar

Chemisches Verhalten

Attapulgit wird durch Säuren relativ langsam angegriffen.

Gesundheitsgefährdung

Attapulgit enthält Anteile von Fasern im lungengängigen Bereich. Eine Längsspaltung ist zu erwarten.

Anwendungen

Attapulgit ist ein preiswerter Füllstoff und findet Anwendung für den Einsatzbereich

- △ Chemische Produkte und Sonstiges, beispielsweise als Thixotropiermittel in Anstrichstoffen, Bautenschutzmitteln, Dichtungsmassen, Klebstoffen u. a.

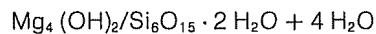
5.3 Sepiolith (Meerschaum)

Charakterisierung

Sepiolith ist wie Attapulgit ein Tonmineral. Es tritt in der Natur in amorpher oder faseriger Form auf.

Chemische Zusammensetzung

Sepiolith ist ein Magnesiumhydrosilikat der Zusammensetzung



Typische Analyse eines natürlichen Minerals: 53–58% SiO₂, 18–28% MgO, 20% H₂O, geringe Anteile Eisen, Calcium und Aluminium.

Physikalisch-technische Eigenschaften

Dichte	etwa 2 g/cm ³ , vom H ₂ O-Gehalt abhängig, schwimmt aber wegen der hohen Porosität auf dem Wasser
Härte (Mohs)	2–2,5
Farbe	weiß, grauweiß
Thermische Stabilität	350°C, oberhalb davon Änderung des Kristallgitters, bei 700°C Zerfall des Sepioliths, bei 1100°C Ausscheidung von Cristobalit

Brennverhalten nichtbrennbar

Chemisches Verhalten wird durch wäßrige HCl zerstört

Gesundheitsgefährdung

Sepiolith I besteht aus Fasern im lungengängigen Bereich, eine Längsspaltung ist zu erwarten.

Anwendung

Sepiolith wird als Füllstoff verwendet, vorzugsweise für den Einsatzbereich

- △ Chemische Produkte und Sonstiges, beispielsweise als Thixotropiermittel

6 Organische synthetische Fasern

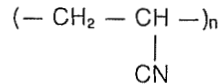
6.1 Polyacrylnitril (PAN, Technische Faser)

Charakterisierung

Hochfeste Fasern aus 100% Acrylnitril für technische Zwecke.

Chemische Zusammensetzung

Paraffinpolymere mit (in der Regel) einer Nitrilgruppe an jedem zweiten C-Atom



Herstellung

Polyacrylnitrilfasern werden aus Polyacrylnitril und den Comonomeren in verschiedenen Verfahrensstufen hergestellt. Durch Einsatz eines speziellen Hochpolymers und Modifikation der Spinn- und Nachbehandlungstechnologie können die technischen Eigenschaften gezielt verändert werden.

Die hier aufgeführten Daten beziehen sich auf Fasern für technische Anwendungen.

Physikalische Daten

Dichte	1,18 g/m ³
Faserdurchmesser	18 µm
Faserlänge	endlos und geschnitten
Farbe	gelblich
Wasseraufnahme	1–1,5%

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit	830–940 N/mm ² ; 7–8 cN/dtex
E-Modul	16 500–19 000 N/mm ² ; 140–160 cN/dtex
Reißdehnung	9–11%

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	120° C
Schädigungstemperatur	140° C
Zersetzungstemperatur (PAN zersetzt sich, bevor es schmilzt)	größer 250° C

Brennverhalten

	brennbar, es entstehen HCN-haltige Rauchgase
Entzündungstemperatur	keine Angaben
LOI-Wert	keine Angaben

Chemische Beständigkeit

PAN-Fasern sind beständig gegen verdünnte Säuren und Laugen sowie Lösemittel (Ausnahme: DMF). Weiter sind sie gegen hydrolytische Einflüsse beständig.

Gesundheitsgefährdung

Die Produkte enthalten keine Fasern im lungengängigen Bereich. Eine Längsspaltung ist bei mechanischer Beanspruchung möglich.

Anwendung

PAN-Fasern finden Anwendung als Verstärkungsfasern für die Einsatzbereiche

- △ Filtration
- △ Reibbeläge
- △ Bautechnische Produkte (Fasermament)
- △ Chemische Produkte und Sonstiges

Kosten

PAN-Fasern sind teurer als Asbest.

6.2 Thermisch stabilisiertes Polyacrylnitril (ox. PAN)

Charakterisierung

Ox. PAN ist eine nichtschmelzende, temperaturbeständige Faser aus thermisch stabilisiertem Polyacrylnitril.

Chemische Zusammensetzung

Polyacrylnitril verliert bei der thermischen Stabilisierung etwa 4% Kohlenstoff, etwa 2% Wasserstoff und ca. 5% Stickstoff und nimmt etwa 11% Sauerstoff auf.

Herstellung

Die thermische Stabilisierung wird durch eine Temperaturbehandlung in oxidierender Atmosphäre bis max. 300°C erreicht. Es können Spinnfasern, Filamentgarne, Gewebe und Filze eingesetzt werden.

Physikalische Daten

Dichte	1,4 g/cm ³
Faserdurchmesser	10–12 µm
Faserlänge	endlos
Farbe	schwarz
Wasseraufnahme	8%

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit	210–280 N/mm ² ; 1,5–2 cN/dtex
E-Modul	7000–19 500 N/mm ² ; 50–70 cN/dtex
Reißdehnung	15–21%

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur 240° C
kurzfristig 1000° C

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand 10⁶ Ohm · cm

Brennverhalten

nichtbrennbar

Brandklasse S-a (DIN 66 083)

LOI-Wert

60% O₂

Die Fasern schmelzen nicht und tropfen nicht.

Im Kontakt mit offenen Flammen wird Blausäure abgespalten.

Chemische Beständigkeit

Konzentrierte Säuren

unbeständig

verdünnte Säuren

beständig

verdünnte Laugen

beständig

konzentrierte Laugen

unbeständig

Lösemittel

beständig (Ausnahme DMF)

Wasserdampf

Gesundheitsgefährdung

Der Faserdurchmesser liegt mit 10 bis 12 µm weit außerhalb des als kritisch anzusehenden Faserdurchmesserbereichs. Eine Längsspaltung ist nicht zu erwarten.

Anwendung

Ox. PAN-Fasern finden Anwendung für die Einsatzbereiche

△ Arbeitsschutz

△ Wärmeisolation

△ Filtration

△ Reibbeläge

△ Chemische Produkte und Sonstiges

Kosten

Der Preis für die ox. PAN-Faser beträgt gegenwärtig etwa 40 DM/kg.

6.3 Vinylal (PVA+)

Charakterisierung

Fasern aus Hochpolymeren, die zu mindestens 85% aus Vinylalkohol bestehen (Vinal, PVA) und durch Acetalisierung wasserunlöslich gemacht sind.

Chemische Zusammensetzung $(-CH_2-CH-)_n$
|
OH

Die OH-Gruppen sind teilweise acetalisiert.

Herstellung

PVA +- Fasern werden durch Verspinnen von PVAL-Lösungen erzeugt und anschließend mit Aldehyden vernetzt und unlöslich gemacht.

Physikalische Daten

Dichte	1,26–1,30 g/cm ³
Faserdurchmesser	10–20 µm
Faserlänge	endlos (Stapelfaser)
Farbe	
Wasseraufnahme	3–5%

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit	N/mm ² ; 5,5–7,5 cN/dtex
E-Modul	8000–20 000 N/mm ² ; 60–160 cN/dtex
Reißdehnung	9–22%
Schlingenfestigkeit	35–40 rel. v.H.
Knotenfestigkeit	55–65 rel. v.H.

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	115°C
Erweichungstemperatur	200–220°C
Zersetzungstemperatur	240–260°C

Brennverhalten

brennbar, erweicht und spritzt beim Brennen

Chemische Beständigkeit

Konzentrierte Säuren	unbeständig
verdünnte Säuren	beständig
verdünnte Laugen	beständig
konzentrierte Laugen	beständig
Lösemittel	beständig (Ausnahme DMF)
Wasserdampf	

Gesundheitsgefährdung

Die Produkte enthalten keine Fasern im lungengängigen Bereich. Über eine mögliche Längsspaltung liegen keine Angaben vor.

Anwendung

PVA +- Faser finden Anwendung für den Einsatzbereich

Δ Bautechnische Produkte (Faserzementprodukte).

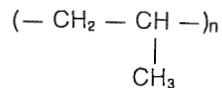
6.4 Polypropylen (PP)

Charakterisierung

Organische Synthefasern mit günstigen mechanischen Eigenschaften wie große Härte, große Steifheit u. a.

Chemische Zusammensetzung

Paraffinpolymere mit Methylseitenketten an jedem zweiten C-Atom



Herstellung

PP-Fasern werden durch Schmelzspinnen oder aus Folien durch Spleißen oder Fibrillieren hergestellt.

Die Eigenschaften der PP-Fasern sind in weiten Grenzen von der Struktur, der Dichte und dem Molekulargewicht abhängig.

Physikalische Daten

Dichte	0,905 g/cm ³
Faserdurchmesser	20–100 µm
Faserlänge	endlos
Farbe	durchsichtig bis opak
Wasseraufnahme	0%

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit	300– 600 N/mm ²
E-Modul	5000–8000 N/mm ²
Reißdehnung	15–50%
Schlingenfestigkeit	60–70 rel. v.H.
Knotenfestigkeit	70–90 rel. v.H.

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	110°C
Schmelztemperatur	160–165°C
Wärmeleitfähigkeit	0,22 W/m · K
Spez. Wärme	1,7 J/g · K

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand	10 ¹⁶ Ohm · cm
Dielektrizitätskonstante	2,5
Dielektr. Verlustfaktor	0,0005

Brennverhalten	brennbar, brennt wachsähnlich
Entzündungstemperatur	350° C
LOI-Wert	keine Angabe

Chemische Beständigkeit

PP ist gegen die meisten Säuren, Laugen und Lösemittel beständig. Ausnahme: Chlorierte KW.

Gesundheitsgefährdung

Die Produkte enthalten keine Anteile von Fasern im lungengängigen Bereich. Über eine Längsspaltung bei mechanischer Beanspruchung liegen keine Angaben vor.

Anwendung

PP-Fasern finden Anwendung in den Einsatzbereichen

- △ Dichtungen
- △ Bautechnische Produkte (Faserzementprodukte)

Kosten

PP-Fasern sind um ein Mehrfaches teurer als Asbestfasern.

6.5 Polytetrafluorethylen (PTFE)

Charakterisierung

Organische Synthesefaser mit universeller chemischer Beständigkeit.

Chemische Zusammensetzung



Herstellung

Die Herstellung der PTFE-Fasern erfolgt nach einem Suspensionsspinnverfahren. Anschließend werden die Fäden verstreckt und bei 360 bis 390° C gesintert.

Physikalische Daten

Dichte	2,1–2,3 g/cm ³
Faserdurchmesser	10 µm
Faserlänge	endlos (Filamentgarn)
Farbe	braun, kann gebleicht werden
Wasseraufnahme	0%

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit	160–380 N/mm ² 0,8–1,8 cN/dtex
E-Modul	700–4000 N/mm ² 35–200 cN/dtex
Reißdehnung	13–32%
Schlingenfestigkeit	60–90 rel. v.H.
Knotenfestigkeit	75–95 rel. v.H.

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	280° C
Schmelz- (Erweichungs-)temperatur	327° C
Zersetzungstemperatur	400° C
Wärmeleitfähigkeit	0,23 W/m · K
Spez. Wärme	1,0 J/g · K

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand	10 ¹⁸ Ohm · cm
Dielektrizitätskonstante	2,1
Dielekt. Verlustfaktor	0,0002

Brennverhalten

PTFE ist schlecht brennbar (bedingt durch die hohe Bindungsenergie der C-F-Bindungen). Bei der Verbrennung entstehen fluor- und fluorwasserstoffhaltige Rauchgase. MAK-Wert für HF = 3 ppm.

Die Fasern schmelzen nicht und tropfen nicht.

Chemische Beständigkeit

PTFE zeigt eine universelle chemische Beständigkeit. Es wird nur von Fluor und geschmolzenen Alkalien angegriffen.

Gesundheitsgefährdung

Die Produkte enthalten keine Fasern im lungengängigen Bereich. Über eine Längsspaltung bei mechanischer Beanspruchung liegen keine Angaben vor.

Anwendung

PTFE-Fasern finden Anwendung für die Einsatzbereiche

- Δ Elektroisolation, z. B. in Form von Webbändern
- Δ Dichtungen (Flachdichtungen, Packungen)
- Δ Filtration, hier insbesondere bei der Filtration aggressiver Gase und Flüssigkeiten

Kosten

Der Preis für die PTFE-Fasern beträgt gegenwärtig etwa 40 bis 90 DM/kg.

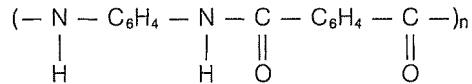
6.6 Aramidfasern

Charakterisierung

Aramide sind hochfeste, hochtemperaturbeständige organische Synthefasern. Definitionsgemäß werden darunter alle synthetischen, linearen Makromoleküle aus aromatischen Gruppen verstanden, die durch Amidbrücken miteinander verknüpft sind.

Chemische Zusammensetzung

Im wesentlichen werden zwei Typen unterschieden.



Poly-para-phenylenterephthalamid (Kevlar-Typ) und
Poly-meta-phenylenterephthalamid (Nomex-Typ),

die sich durch die sterische Anordnung der Amidverknüpfungen unterscheiden. Während beim Nomex-Typ die Carbonamidgruppen jeweils in m-Stellung der Phenyleneinheiten stehen, weist der Kevlar-Typ vollständige p-Phenyleneorientierung auf.

Herstellung

Die technisch bevorzugte Methode zur Herstellung von Aramiden ist die Polykondensation von aromatischen Säuredichloriden mit aromatischen Diaminen in Lösung bei niedrigen Temperaturen. Die Fäden werden analog dem üblichen Trocken- oder Naßspinnverfahren hergestellt. Hochmoduleigenschaften werden durch Verstrecken in inerter Atmosphäre bei Temperaturen zwischen 250 und 550°C erreicht.

Wichtige Fasertypen sind

- Δ Nomex III
- Δ Kevlar 29 (Standard)
- Δ Kevlar 49 (Hochmodul)
- Δ Enka Aramid – Standard
- Δ Enka Aramid – Hochmodul

Bei den nachfolgend aufgeführten Daten werden Nomex- und Kevlar-Typ unterschieden und, wenn notwendig, beim Kevlar-Typ die Typen Standard und Hochmodul.

Physikalische Eigenschaften

Dichte	
Δ Nomex	1,38 g/cm ³
Δ Kevlar	1,44–1,45 g/cm ³
Faserdurchmesser	12–12,2 mm
Faserlänge	endlos (Filamentgarn)
Farbe	
Δ Nomex	weißlich mit Gelbstich
Δ Kevlar	goldgelb

Wasseraufnahme	
Δ Nomex	4,5–5,0
Δ Kevlar 29	4,0–6,0
Δ Kevlar 49	1,5
Schrumpfung	
Δ Nomex Dampf 150° C	1,5%
Δ Kevlar Luft 250° C	1%

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit	
Δ Nomex	600– 750 N/mm ² ; 4,4– 5,3 cN/dtex
Δ Kevlar 29	2000–2900 N/mm ² ; 14 –20 cN/dtex
Δ Kevlar 49	2000–2900 N/mm ² ; 14 –20 cN/dtex
E-Modul	
Δ Nomex	10 000–17 000 N/mm ² ; 75–145 cN/dtex
Δ Kevlar 29	58 000 N/mm ² ; 400 cN/dtex
Δ Kevlar 49	120 000 N/mm ² ; 900–1000 cN/dtex
Reißdehnung	
Δ Nomex	15–30%
Δ Kevlar 29	3,3–4%
Δ Kevlar 49	2,3–2,5%
Schlingenfestigkeit	
Δ Nomex	95 rel. v.H.
Δ Kevlar 29	45 rel. v.H.
Δ Kevlar 49	50–75 rel. v.H.
Knotenfestigkeit	
Δ Nomex	80–85 rel. v.H.
Δ Kevlar 29	~ 50 rel. v.H.
Δ Kevlar 49	30–50 rel. v.H.

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	
Δ Nomex in Luft	300° C
in Dampf	150° C
Δ Kevlar	200–400° C
kurzfristig	1000° C
Zersetzungstemperatur (Carbonisierung)	
Δ Nomex	370° C
Δ Kevlar	500° C
Wärmeleitfähigkeit	0,13 W/m · K
Spez. Wärme	1,2 J/g · K

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand	10^{14} Ohm · cm
Dielektrizitätskonstante	2,0–3,5
Dielekt. Verlustfaktor	0,013

Brennverhalten

schwerentflammbar

Bei Flammeneinwirkung zersetzen sich die Fasern bei Temperaturen oberhalb 400°C an der Oberfläche unter Verkokung. Darunter bleibt die Faserstruktur längere Zeit intakt; die verkohlte Schicht wirkt noch isolierend und schützend. Kein Weiterbrennen und kein Nachglühen. Es entstehen HCN-haltige Rauchgase.

LOI-Wert	Δ Nomex	29% O ₂
	Δ Kevlar	31% O ₂

Die Fasern schmelzen nicht und tropfen nicht.

Chemische Beständigkeit

Konzentrierte Säuren	unbeständig
verdünnte Säuren	beständig
verdünnte Laugen	beständig
konzentrierte Laugen	unbeständig
Lösemittel	beständig
Wasserdampf	geringe Hydrolysebeständigkeit bei Nomex

Gesundheitsgefährdung

Der Faserdurchmesser liegt mit 12 µm weit außerhalb des als kritisch anzusehenden Faserdurchmesserbereichs. Die Faser ist bei mechanischer Beanspruchung spaltbar. Sie wird in Form von Pulp (Kurzfasern, gespalten) angeboten mit Durchmessern bis zu 0,1 µm.

Anwendung

Aramidfasern finden Anwendung in Form textiler Erzeugnisse und als Verstärkungsfasern für die Einsatzbereiche

- Δ Arbeitsschutz
- Δ Brandschutz
- Δ Wärmeisolation
- Δ Elektroisolation
- Δ Dichtungen
- Δ Reibbeläge
- Δ Chemische Produkte und Sonstiges

Kosten

Die Fasern kosten das Mehrfache vergleichbarer Asbestprodukte.

7 Organisch natürliche Fasern

Die hier mit aufgeführten Faserstoffe, Wolle und Baumwolle sind nicht generell als Asbestersatz anzusehen; können jedoch im Bereich Arbeits- und Brandschutz bei geringen Anforderungen asbesthaltige Produkte ersetzen.

7.1 Wolle

Charakterisierung

Unter Wolle versteht man im allgemeinen – und auch hier – die Schafwolle, d. h. die 2 bis 25 cm langen Haare des Hausschafes mit seinen verschiedenen Rassen.

Chemische Zusammensetzung

Wolle gehört zu den Eiweißfasern und besteht hauptsächlich aus Keratinen mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 60 000. Typische Elementaranalyse der Wolle:

ca. 50% C
22–24% O
16–17% N
7% H
3–4% S

Gewinnung

Schurwolle ist einer der ältesten textilen Rohstoffe. Die Rohwolle wird gereinigt und zu Spinnfasern verarbeitet. Mit Hilfe spezieller Textilverarbeitungsverfahren können die Eigenschaften von Wollerzeugnissen gezielt geändert und verbessert werden. Beispiele sind

Flammschutzausrüstung und
wasserabstoßende Ausrüstung.

Physikalische Daten

Dichte	1,31 g/cm ³
Faserdurchmesser	10–70 µm
Δ hauptsächlich	16–40 µm
Faserlänge	2–25 cm
Wasseraufnahme	13–17%
Farbe	weiß bis gelblich

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit trocken	140–210 N/mm ² ; 1–2 cN/dtex
naß	110–160 N/mm ² ; 0,8–1,5 cN/dtex
E-Modul	2000–4000 N/mm ² 15–30 cN/dtex
Reißdehnung trocken	28–48%
naß	30–70%
Schlingenfestigkeit	75–85 rel. v.H.
Knotenfestigkeit	0–85 rel. v.H.

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	120° C
Zersetzungstemperatur	140–150° C
Wärmeleitfähigkeit	0,38 W/m · K
Spez. Wärme	1,3–1,6 J/g · K

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand	10 ⁶ –10 ⁹ Ohm · cm
--------------------------	---

Brennverhalten

Brandklasse S-b (DIN 66 083)

Bei Berührung mit Flammen wird ohne Schmelzen eine feste Verkohlungszone gebildet. Bei der Verbrennung werden HCN-haltige Rauchgase gebildet.

Entzündungstemperatur	590° C
Δ mit FlammSchutzausrüstung	625° C
LOI-Wert	25,5% O ₂
Δ mit FlammSchutzausrüstung	30 % O ₂
Verbrennungswärme	20,5 kJ/g

Chemisches Verhalten

Die chemische Beständigkeit der Wolle ist äußerst gering. Sie ist nur in verdünnten Säuren beständig.

Gesundheitsgefährdung

Die Produkte enthalten keine Fasern im lungengängigen Bereich. Eine Längsspaltung der Fasern ist nicht zu erwarten.

Anwendungen

Wolle findet vornehmlich in Form textiler Erzeugnisse mit einer FlammSchutzausrüstung Anwendung für die Einsatzbereiche

- Δ Arbeitsschutz, hier speziell Hitzeschutzkleidung, und
- Δ Brandschutz, hier Schutzkleidung für die Brandbekämpfung und Löschdecken

Kosten

Im Vergleich zu Asbesterzeugnissen sind die Produkte etwas teurer.

7.2 Baumwolle

Charakterisierung

Aus den Samenhaaren des Baumwollstrauches (Pflanzengattung *Gosypium*) gewonnene Textilfaser.

Chemische Zusammensetzung

Die Baumwollfaser besteht zu 95% aus Cellulose; Durchschnittsmolekulargewicht 320 000. Der Rest sind vorwiegend Proteine, Wachse, Pektine und Asche.

Gewinnung

Die Fasern werden maschinell von den Samenkörnern abgetrennt und zur Spinnfaser verarbeitet. Mit Hilfe spezieller Textilverarbeitungsverfahren können die Eigenschaften von Baumwollzerzeugnissen gezielt verändert und verbessert werden.

Physikalische Daten

Dichte	1,50–1,54 g/cm ³
Durchmesser der Einzelfaser	12–20 µm
Δ an der Ansatzstelle am Samen	20–40 µm
Dicke der Zellwand	2– 5 µm
Faserlänge	bis 5 cm
Wasseraufnahme	7–11%
Farbe	weiß, seidig

Mechanische Eigenschaften

Δ in weiten Grenzen vom Rohmaterial abhängig

Zugfestigkeit trocken	350–700 N/mm ² ; 2,5–5,0 cN/dtex
naß	350–770 N/mm ²
E-Modul	4500–9000 N/mm ² ; 30–60 cN/dtex
Reißdehnung trocken	6–15%
naß	6–17%
Schlingenfestigkeit	65–75 rel. v.H.
Knotenfestigkeit	60–100 rel. v.H.

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	vergilbt ab 120° C
Zersetzungstemperatur	400° C
Wärmeleitfähigkeit	0,45 W/m · K
Spez. Wärme	1,3 J/g · K

Elektrische Eigenschaften

Spez. elektr. Widerstand	10 ⁶ –10 ⁹ Ohm · cm
--------------------------	---

Brennverhalten

Entzündungstemperatur	225° C
Δ mit Flammfestausrüstung	425° C
LOI-Wert	18,4% O ₂
Verbrennungswärme	16,3 kJ/g

Chemisches Verhalten

Baumwolle ist in verdünnten Säuren und Laugen sowie in üblichen Lösemitteln beständig.

Gesundheitsgefährdung

Die Produkte enthalten keine Fasern im lungengängigen Durchmesserbereich.

Anwendungen

Baumwolle findet vornehmlich in Form textiler Erzeugnisse mit FlammSchutzausrüstung Anwendung für den Einsatzbereich

Δ Arbeitsschutz

und als Verstärkungsfaser für die Einsatzbereiche

Δ Elektroisolation

Δ Chemische Produkte und Sonstiges.

Kosten

Im Vergleich zu Asbest sind Erzeugnisse aus Baumwolle preiswerter.

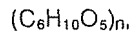
7.3 Cellulose-Fasern

Charakterisierung

Cellulose ist der Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwände und damit die in der Natur verbreitetste Kohlenstoffverbindung.

Chemische Zusammensetzung

Cellulose ist ein Polysaccharid der formalen Bruttozusammensetzung



wobei n größer als 50 ist.

Gewinnung

Cellulosefasern werden durch chemischen Aufschluß in einer Reihe von Verfahrensschritten z. B. aus Buchen- oder Fichtenhölzern gewonnen.

Herkunft, Vorbehandlung und Verarbeitung des Rohstoffs führen zu einer Vielzahl von Produkten mit unterschiedlichen Eigenschaften. Die nachfolgend aufgeführten Daten beziehen sich weitgehend auf reine Cellulosefasern.

Physikalische Daten

Dichte	1,5–1,6 g/cm ³
Schüttdichte	50–300 g/cm ³
Faserdurchmesser	20–100 µm
Faserlänge	
Δ langfaserige Qualitäten	3–4 mm
Spez. Oberfläche	110–150 m ² /g
Wasseraufnahme	6%
Farbe	weiß
pH-Wert einer wäßrigen Suspension	5,5–7,5

Gesundheitsgefährdungen ergeben sich beim Umgang mit *Rohbaumwolle*. Bei der Verarbeitung ist die Möglichkeit von Erkrankungen der Atemwege und der Lunge gegeben (Byssinose). Für Baumwollstaub wurde deshalb ein MAK-Wert von 1,5 mg/m³ festgelegt.

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit	}	niedrig, sind für die Einzelfaser nicht bekannt
E-Modul		
Reißfestigkeit		

Thermische Eigenschaften

Anwendungstemperatur	160° C
Δ kurzfristig	200° C
Zersetzungstemperatur	180° C
Spez. Wärme	1,0–1,21 J/g · K
Wärmeleitfähigkeit	
Δ locker gepackt	0,07 W/m · K
Δ gepreßt	0,26 W/m · K

Elektrische Eigenschaften

sind stark feuchtigkeitsabhängig

Brennverhalten

Entzündungstemperatur	oberhalb 290° C
LOI-Wert	k. A.
Verbrennungswärme	17,5 J/g
Aschegehalt	max. 0,3%

Chemisches Verhalten

Cellulose ist chemisch inert, unlöslich in Wasser und üblichen Lösemitteln, resistent gegen verdünnte Säuren und Laugen. Von konzentrierten Mineralsäuren wird Cellulose unter Hydrolyse angegriffen.

Gesundheitsgefährdung

Cellulosefasern sind toxikologisch unbedenklich. Eine Längsspaltung ist nicht zu erwarten.

Anwendungen

Cellulosefasern finden Anwendung für die Einsatzbereiche

- Δ Dichtungen
- Δ Filtration
- Δ Reibbeläge
- Δ Bautechnische Produkte
- Δ Chemische Produkte und Sonstiges, hier für Spachtelmassen, Dichtungsmassen, Fliesenkleber, Produkte mit Teermatrix, Formmassen mit Kunstharz- und Kunststoff-Matrix

Kosten

Im Vergleich zu Asbest sind reine Cellulosefasern, bedingt durch das Herstellungsverfahren, teurer.

Neben Cellulosefasern werden auch preiswerte Cellulosepulver angewendet (vgl. Füllstoffe).

7.4 Flachs- und Hanffasern

Flachs- und Hanffasern werden aus den Pflanzen durch biologischen Abbau, chemische Behandlung und/oder mechanische Bearbeitung gewonnen.

Besondere Eigenschaft der Fasern ist die hohe Festigkeit, im Durchschnitt 30 bis 55 cN/dtex.

Für die Substitution von Asbest werden die Fasern nach einem speziellen Verfahren „ver-kieselt“. Damit sollen

- △ Nichtentflammbarkeit
- △ Witterungsbeständigkeit und
- △ Resistenz gegen Fäulnis und Korrosion

erreicht werden.

Physikalisch-technische Daten dieser behandelten Fasern sind nicht bekannt.

Sie finden Anwendung für den Einsatzbereich

- △ Bautechnische Produkte
(Verstärkung von Faserzementprodukten)

8 Nichtfaserige Füllstoffe

Aus der großen Gruppe der nichtfaserigen Füllstoffe werden hier nur die blättchenförmigen Produkte aufgeführt. Damit werden im wesentlichen alle Anwendungen erfaßt, in denen Asbest als Verstärkung eingesetzt wurde oder zumindest als Funktionsfüllstoff die Eigenschaften der Produkte positiv beeinflusste. Anwendungen, in denen beispielsweise Asbestpulver nur zur Verbilligung der Produkte eingesetzt wurde und in denen ein Ersatz durch beliebige andere Füllstoffe erfolgen kann, sind hier nicht aufgenommen.

Mit dieser Einschränkung werden daher teilchenförmige Füllstoffe wie Quarzmehl, Silica, Schwespat, Schiefermehl, Kalksteinmehl, Kreide, Ton, Kaolin, Perlite, Vermiculite, Ruß, Graphit, Holzmehl, Cellulosepulver u. a. nicht als Asbestersatzstoffe angesehen. Diese Unterscheidung ist nicht ohne Willkür, da auch teilchenförmige Füllstoffe als Verstärkungsmittel wirksam sein können. Als Ausnahme werden hier nur Kieselgure und Calciumsilikathydrat aufgeführt, die in asbestfreien Filterschichten für die Flüssigfiltration Bedeutung haben.

Für die Charakterisierung der nichtfaserigen Füllstoffe wurden hier noch Angaben über die spez. Oberfläche und die Ölzahl aufgenommen. Beide Werte dienen zur Beurteilung der Oberflächeneigenschaften der Produkte.

Die Ölzahl (nach DIN 53 199) gibt die Menge Öl an, die gebraucht wird, um 100 g Füllstoff unter festgelegten Bedingungen zu einer zusammenhaftenden, kittartigen Masse zu verarbeiten.

Die Teilchengröße hängt hier von der Mahlfinheit der Produkte ab. Eine Beurteilung kann hier nur anhand einer Korngrößenverteilungskurve für ein bestimmtes Produkt erfolgen.

8.1 Glimmer

Charakterisierung

Glimmer ist ein alkalihaltiges Aluminiumhydroxysilikat mit Schichtengitter, im allgemeinen in Form glatter Schuppen.

Von technischem Interesse sind Muskovit und Biotit (Phlogopit).

Chemische Zusammensetzung

Muskovit	$KAl_2 [(OH, F)_2/AlSi_3O_{10}]$
Biotit	$KMg_3 [(OH, F)_2/AlSi_3O_{10}]$

Gewinnung

Die als Füllstoff gängigen Qualitäten (Mica-Qualität) werden aus Verschnittabfällen (der Plattenherstellung) oder durch Flotation oder andere Trennverfahren aus glimmerhaltigen Mineralgemengen gewonnen. Glimmermehle werden durch Naß- oder Trockenmahlung hergestellt. Technische Lieferbedingungen sind in der DIN 55 929 festgelegt.

Kenndaten und Eigenschaften

Dichte	2,75–3,2 g/cm ³
Teilchenform	Blättchenstruktur
Farbe Muskovit	hell
Biotit	dunkel
Spez. Oberfläche	7–8 m ² /g
Öladsorption	45–65 g Öl/100 g
Löslichkeit in Wasser	0,2%
pH-Wert (wäßrige Suspension)	8 –8,5
Härte (Mohs)	2,5–3,2
Anwendungstemperatur	500° C
Zersetzungstemperatur (Abbau von Hydroxylgruppen)	600–800° C
Wärmeleitfähigkeit	2,5 W/m · K
Δ Schüttung	0,3–0,8 W/m · K
Spez. Wärme	0,86 J/g · K
Spez. elektr. Widerstand	10 ⁴ –10 ⁹ Ohm · cm

Beständig gegen Säuren, Alkalien, oxidierende Medien und Lösemittel

Brennverhalten nichtbrennbar

Anwendung

Glimmer findet als blättchenförmiger Füllstoff Anwendung in den Einsatzbereichen

- Δ Elektroisolation für Formmassen und Gießharze
- Δ Chemische Produkte und Sonstiges, z. B. für Anstrichstoffe, Unterbodenschutz, Duroplaste

Kosten

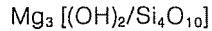
Glimmer ist im Vergleich zu Asbest(-mehl) ein preiswerter Füllstoff.

8.2 Talk

Charakterisierung

Talk, oft auch Talkum, ist ein natürliches blättchenförmiges Magnesiumsilikathydrat.

Chemische Zusammensetzung



Gewinnung

Talk wird im offenen Grubenbetrieb sowie im Untertagebau gewonnen und durch Mahlen und Windsichtung aufbereitet. Begleitminerale mindern die Talk-Qualität. Technische Lieferbedingungen sind in der DIN 55 924 festgelegt.

Kenndaten und Eigenschaften

Kenndaten und Eigenschaften sind in weitem Umfang von Art und Menge der Begleitminerale abhängig. Nachfolgende Angaben beziehen sich auf die Type A mit mindestens 95% Talk.

Dichte	2,7–2,8 g/cm ³
Teilchenform	Blättchenstruktur
Δ Verhältnis der Flächen Schichtebene/Schmalseite	~ 1 : 200
Farbe	weiß/grau
Spez. Oberfläche (Feinstmehl 0–30 μm)	6,5–9,0 m ² /g
Ölzahl	30–60 ml/100 g
Löslichkeit in Wasser	0,01–0,2%
pH-Wert (wäßrige Suspension)	8,5–9,5
Härte (Mohs)	1,0
Anwendungstemperatur	400°C
Zersetzungstemperatur (Abspaltung des chemisch gebundenen Wassers)	550–700°C
Glühverlust	5%
Wärmeleitfähigkeit	2,1 W/m · K
Δ Schüttung	
Spez. Wärme	0,86 J/g · K
Spez. elektr. Widerstand	etw 10 ⁵ Ohm · cm

Beständig gegen Säuren, Laugen und Lösemittel

Brennverhalten nichtbrennbar

Gesundheitsgefährdung

Enthält der Talk nachweisbare Mengen an Asbesten oder faserförmigen Silikatmineralien, ist ein MAK-Wert von 4 mg/m³ festgelegt.

Talkhaltige Mineralgemenge werden oft als „Asbestinen“ bezeichnet.
In den USA wurde der Name „Asbestine“ für ein Gemenge aus Talk und Tremolit verwendet (in Europa „Schneeflocken-Asbestine“).

Anwendung

Talk findet als blättchenförmiger Füllstoff Anwendung in den Einsatzbereichen

- △ Elektroisolation für Formmassen und Gießharze
- △ Chemische Produkte und Sonstiges, z. B. für Anstrichstoffe, Dichtungsmassen, Unterbodenschutz, Thermoplaste (PP, Fußbodenbeläge), Duroplaste u. a.

Kosten

Talk ist im Vergleich zu Asbest ein preiswerter Füllstoff.

8.3 Bentonit

Bentonit gehört zur Gruppe der glimmerartigen Schichtsilikate. Es ist ein an Montmorillonit reiches Verwitterungsprodukt aus vulkanischen Gesteinen mit Blättchen- oder Rollenstruktur.

Wegen des hohen Montmorillonitgehaltes besitzt Bentonit wertvolle Eigenschaften wie Quellfähigkeit, Ionenaustauschvermögen, hohe Adsorptionsfähigkeit und thixotropes Verhalten.

Neben einer breiten Anwendung in der chemischen Industrie als Katalysator und Adsorptionsmittel sowie bei der Erdölgewinnung als Bohrspülmittel findet er als Füllstoff Anwendung für die Einsatzbereiche

- △ Filtration und
- △ Chemische Produkte und Sonstiges, z. B. für die Thixotropierung von Anstrichstoffen und Klebstoffen.

8.4 Kieselgur (Diatomeenerde)

Charakterisierung

Unter Kieselgur versteht man echte Diatomeen-Ablagerungen, die auch als Diatomeenerde bezeichnet werden. Sie ist aus den abgelagerten Sedimenten von Kieselpanzern einzelliger Kieselalgen entstanden, die sich in Form, Oberflächenbeschaffenheit und Größe unterscheiden. So gibt es z. B. röhren-, schiffchen-, walzen- und scheibenförmige Arten in Abmessungen von 5 µm bis 400 µm.

Chemische Zusammensetzung in Prozent

SiO ₂	80	-95
Al ₂ O ₃	2	- 5
Fe ₂ O ₃	1	-10
CaO	0,2-	2

Gewinnung

Kieselgure werden vorwiegend im Tagebau gewonnen. Die Art der Aufbereitung hängt von der Beschaffenheit der Rohgure ab und dem vorgesehenen Verwendungszweck des Fertigproduktes. Folgende Arbeitsgänge sind notwendig: Trocknen, Glühen, Mahlen und Sichten.

Kenndaten und Eigenschaften

Dichte	
Schüttdichte	80–250 g/l
Naßdichte	180–430 g/l
Grobanteil	> 45 µm 0,5– 6%
Feinanteil	< 2 µm 1 –30%
Farbe	weiß-weißgrau-braun
Spez. Oberfläche	3–30 m ² /g
pH-Wert (Suspension)	6–9
Wasseraufnahmevermögen	150–400%

Chemische Beständigkeit

Wegen des hohen Kieselsäureanteils ist Kieselgur chemisch weitgehend beständig und wird nur von Flußsäure und Alkalien angegriffen.

Gesundheitsgefährdung

Kieselgure enthalten infolge der thermischen Behandlung freie kristalline Kieselsäure. Bei der Handhabung trockener Gure können Schutzmaßnahmen (Staubmasken, Staubabsaugung) notwendig sein.

Anwendung

Kieselgure finden Anwendung in den Einsatzbereichen

- △ Filtration, als Bestandteil asbestfreier Filterschichten und als Filterhilfsmittel
- △ Chemische Produkte und Sonstiges als Füllstoff und Thixotropierungsmittel für Anstrichstoffe, Klebstoffe, Dichtungsmassen

8.5 Calciumsilikathydrat

Charakterisierung

Hydrothermal hergestelltes Calciumsilikathydrat der Zusammensetzung $\text{Ca}_6 [(\text{OH})_2 \text{Si}_6\text{O}_{17}]$.

Aus den nadelförmigen Kristallen können nach einem besonderen Verfahren kugelförmige Partikeln und hoher Oberfläche erhalten werden.

Kenndaten und Eigenschaften

Dichte	2,7 g/cm ³
Schüttdichte	60–100 g/l
Teilchengröße	10–100 µm
Farbe	weiß
Spez. Oberfläche	30–100 m ² /g
Elektrische Ladung	negativ

Anwendung

Calciumsilikathydrat findet Anwendung für die Einsatzbereiche

- △ Filtration (neg. Ladung wie Krokydolith)
- △ Chemische Produkte und Sonstiges als Thixotropierungsmittel für Anstrichstoffe, Klebstoffe, Dichtungsmassen, Unterbodenschutz u. a.

9 Anwendungen der Faser- und Füllstoffe für die verschiedenen Einsatzbereiche

Die in diesem Bericht aufgeführten Faser- und Füllstoffe finden als Substitute für Asbest und asbesthaltige Produkte eine breite Anwendung. Die Auswahl eines geeigneten Substitutes hängt dabei von den Anforderungen und dem vorgesehenen Anwendungszweck des Produktes ab.

Nachfolgend wurden für die einzelnen Faser- und Füllstoffe die wichtigsten bekannt gewordenen Anwendungen für die einzelnen Einsatzbereiche tabellarisch aufgeführt. Mit zunehmendem Stand der Technik werden sich diese Anwendungen weiter ausdehnen.

Weitere Informationen über Anforderungen und vorteilhafte Eigenschaften der Substitute für den vorgesehenen Anwendungszweck sind in den Berichten zu den einzelnen Einsatzbereichen aufgeführt.

Tabelle 10-1:

Anwendungen von Faser- und Füllstoffen für die einzelnen Einsatzbereiche

	20 Arbeits- schutz	30 Brand- schutz	40 Wärme- isolation	50 Elektro- isolation	60 Dich- tungen	70 Filtration	80 Reib- beläge	90 Bautechn. Produkte	100 Chem. Produkte
4.1 Textilglasfasern	+		+	+	+		+		+
4.2 SiO ₂ -Fasern	+	+	+	+	+				
4.3 Kohlenstofffasern					+				+
4.4 Nichttext. Glasfasern	+		+			+	+		+
4.5 Keramikfasern	+	+	+	+	+		+		
4.6 Gipsfasern			+						+
5.1 Wollastonit	+		+	+			+	+	+
5.2 Attapulgit									+
5.3 Sepiolith									+
6.1 Polyacrylnitril						+	+	+	+
6.2 ox. PAN	+		+			+	+		+
6.3 Vinylal								+	
6.4 Polypropylen					+			+	
6.5 Polytetrafluorethylen				+	+	+			
6.6 Aramide	+	+	+	+	+		+		+
7.1 Wolle	+	+							
7.2 Baumwolle	+			+					+
7.3 Cellulose-Fasern					+	+	+	+	+
7.4 Flachs und Hanf								+	
8.1 Glimmer					+				+
8.2 Talk					+				+
8.3 Bentonit							+		+
8.4 Kieselgur							+		+

10 Katalog
über im Handel verfügbare Substitute
für Asbest und asbesthaltige Produkte
für den Einsatzbereich „Faser- und Füllstoffe“

Code-Nr. 10 - 01
10 - 02
10 - 03
10 - 04
10 - 05

In den Datenblättern wird auf die ausführliche Beschreibung der Faser- und Füllstoffe im Textteil verwiesen.

Lieferfirmen und auch Produktnamen können im Rahmen dieser Erhebung nur als Beispiel aufgeführt werden.

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Anorganisch synthetische Fasern	01
Produkt:	Textilglasfasern	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Textilglasfasern entsprechend der Beschreibung unter 4.1 in Form von</p> <ul style="list-style-type: none"> Δ Glasfilamenten (Fasern praktisch unbegrenzter Länge – Glasseide) Δ Glasstapelfasern (Fasern begrenzter Länge – Spinnfaser) Δ Textilglas-Kurzfasern (Länge kürzer als 1 mm) <p>Beispiele für Lieferfirmen:</p> <p>Gevetex Textilglas, Aachen Glaswerk Schuller, Wertheim Owens-Corning Fiberglas, Wiesbaden Silenka Deutschland, Düren TBA-Industrieprodukte, Düsseldorf Vitrolan Textilglas, Marktschorgast</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Anorganisch synthetische Fasern	01
Produkt:	Siliciumdioxid-Fasern	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Siliciumdioxidfasern entsprechend der Beschreibung unter 4.2 werden im wesentlichen in Form textiler Erzeugnisse wie Gewebe, Bänder, Schläuche, Schnüre angeboten.</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen und Produkte:</p> <p>Enka AG, Obernburg: Silica Fibres Gummi-Berger, Mannheim: Siltemp Gummi-Roller, Eschborn: Siltemp Hellhake, Dortmund: Siltemp h.k.o., Oberhausen: Refrasil KAGER, Frankfurt: Zetex Klevers, Mönchengladbach: Silikatgewebe A. O. Meyer, Hamburg: Silisol Rex, Schwäbisch Hall: SIL-Gewebe A. W. Schultze, Hamburg: SIL-Gewebe</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Anorganisch synthetische Fasern	01
Produkt:	Kohlenstoff-Fasern	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Kohlenstofffasern entsprechend der Beschreibung unter 4.3 in Form von</p> <ul style="list-style-type: none"> Δ P-Typ (Pechfaser) Δ HF-Typ (Kohlenstofffaser) Δ HM-Typ (Graphitfaser) <p>Beispiele für Lieferfirmen:</p> <p>Carbone, Frankfurt Conradty, Nürnberg Enka, Wuppertal: Carbolon Sigri, Meitingen: Sigrafil</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreter zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Anorganisch synthetische Fasern	01
Produkt:	Glas-, Stein- und Schlackenwolle	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Glas-, Stein- und Schlackenwolle (Isolierfasern) entsprechend der Beschreibung unter 4.4 als Rohfaser und in zerkleinerter oder gemahlener Form (als Füllstoff).</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen und Produkte:</p> <p>Basaltsteinwolle, Bovenden: basavlies Deutsche Rockwool, Gladbeck Grünzweig + Hartmann, Ludwigshafen: Isover Isola-Mineralwolle, Sprockhövel Rheinhold & Mahla, Düsseldorf: Basalan Thyssen Schalcker Verein, Gelsenkirchen Tapp KG, Mühlheim</p> <p>Speziell als Füllstoff:</p> <p>G. M. Langer, Ritterhude (Inorphil) D. Rave, Hamburg Schwarzwälder Textilwerke, Schenkenzell</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreter zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Anorganisch synthetische Fasern	01
Produkt:	Keramikfasern	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Keramikfasern auf der Basis Aluminiumsilikat mit unterschiedlichem Al_2O_3-Gehalt entsprechend der Beschreibung unter 4.5 als Rohfaser und in zerkleinerter oder gemahlener Form.</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen und Produkte:</p> <p>Carborundum, Düsseldorf: Fiberfrax Deutsche Johns Manville, Wiesbaden: Cerafiber Didier, Wiesbaden: Pyrostop 3M Deutschland, Neuss: Nextel Gossler, Reinbek: Cerafiber Morgan, Ratingen: Triton Kaowool Promat, Düsseldorf: Alsilflex Rex, Schwäbisch Hall: K 45 Savoi-Feuerfest, Düsseldorf: Kerlane</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Anorganisch synthetische Fasern	01
Produkt:	Gipsfasern	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Gipsfasern entsprechend der Beschreibung unter 4.6.</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen:</p> <p>Süddeutsche Kalkstickstoffwerke, Trostberg OMYA, Köln: Franklin-Fiber</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Anorganisch natürliche Fasern	02
Produkt:	Wollastonit / Attapulgit / Sepiolith	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Wollastonit, Attapulgit und Sepiolith entsprechend der Beschreibung unter 5.1, 5.2 und 5.3.</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen:</p> <p>Chemie-Mineralien, Bremen G. M. Langer, Ritterhude G. H. Luh, Walluf Osthoff-Petrasch, Hamburg Otavi Minen, Frankfurt Possehl, Hamburg Quarzwerke, Frechen Scheruhn, Hof</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreter zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch synthetische Fasern	03
Produkt:	Polyacrylnitril (PAN)	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Polyacrylnitrilfasern für technische Anwendungen entsprechend der Beschreibung unter 6.1.</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen und Produkte:</p> <p>Bayer AG, Dormagen: Dralon X 100 Hoechst AG, Frankfurt: DOLANIT Rhodin AG, Freiburg: CRYLOR Schwarzwälder Textilwerke, Schenkenzell (PAN-Kurzfasern)</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreter zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch synthetische Fasern	03
Produkt:	Thermisch stabilisiertes PAN (ox. PAN)	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Thermisch stabilisiertes Polyacrylnitril (ox. PAN) entsprechend der Beschreibung unter 6.2.</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen und Produkte:</p> <p>Biesterfeld, Hamburg: CELIOX KAGER, Frankfurt: Textile 2000 Sigri, Meitingen: Sigrafil 0 Universal Carbon Fibres Limited, England: PANOTEX</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch synthetische Fasern	03
Produkt:	Vinylal (PVA+)	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Vinylalfasern, bekannter unter dem Namen Polyvinylalkoholfasern, entsprechend der Beschreibung unter 6.3 werden vorwiegend in Japan hergestellt.</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen und Produkte:</p> <p>Kuraray Co., Japan: Kuralon</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch synthetische Fasern	03
Produkt:	Polypropylen-Fasern	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	Polypropylen entsprechend der Beschreibung unter 6.4 in Form von Δ Filamentgarnen Δ Spleißfasern und Bändchen Beispiele für Lieferfirmen und Produkte: Chemische Werke Hüls, Marl; Vestolen Dynamit Nobel, Troisdorf; Trofil P Hoechst AG, Frankfurt; Hostalen	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch synthetische Fasern	03
Produkt:	Polytetrafluorethylen-Fasern (PTFE)	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	Polytetrafluorethylenfasern entsprechend der Beschreibung unter 6.5. Beispiele für Lieferfirmen und Produkte: DuPont, Düsseldorf; Teflon Hoechst AG, Frankfurt; Hostafilon	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch synthetische Fasern	03
Produkt:	Aramide	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Aramide entsprechend der Beschreibung unter 6.6. Beispiele für Lieferfirmen und Produkte: DuPont, Düsseldorf: Δ NOMEX III Δ Kevlar 29 Δ Kevlar 49 ENKA, Wuppertal: Enka-Aramid</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch natürliche Fasern	04
Produkt:	Wolle	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Wolle entsprechend der Beschreibung unter 7.1 wird vorwiegend in Form textiler Erzeugnisse mit einer FlammSchutzrüstung verwendet. Weitere Informationen und ein Lieferantenverzeichnis sind erhältlich bei Internationales Woll-Sekretariat Geschäftsstelle für Deutschland Hohenzollernstraße 11 D-4000 Düsseldorf</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch natürliche Fasern	04
Produkt:	Baumwolle	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Baumwollfasern entsprechend der Beschreibung unter 7.2</p> <p>Δ in Form von textilen Erzeugnissen mit einer Flammschutzausrüstung.</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen und Produkte:</p> <p>Albright & Wilson, Frankfurt: Proban</p> <p>Ciba Geigy, Basel: Pyrovatex</p> <p>Schürmer, Schüttorf: Schürmer-Secan</p> <p>Δ als Baumwollfaser-Füllstoff</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen:</p> <p>Osthoff-Petrasch, Hamburg</p> <p>Schwarzwälder Textilwerke, Schenkenzell</p>	
Anmerkungen:	Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreter zu erfragen.	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch natürliche Fasern	04
Produkt:	Cellulose-Fasern	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Cellulosefasern entsprechend der Beschreibung unter 7.3.</p> <p>Beispiele für Lieferfirmen und Produkte:</p> <p>CFF – Cellulose-Füllstoff-Fabrik, Mönchengladbach:</p> <p>Δ TECHNOCEL</p> <p>Δ DIACEL</p> <p>Lehmann & Voss, Hamburg:</p> <p>Δ Fibra Cel</p> <p>Rettenmaier, Ellwangen-Holzmühle:</p> <p>Δ ARBOCEL</p> <p>Δ LIGNOCEL</p> <p>Schwegmann, Bonn-Beuel:</p> <p>Δ DIS-CEL</p>	
Anmerkungen:	<p>Pulverförmige Celluloseprodukte werden als Füllstoffe verwendet.</p> <p>Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreter zu erfragen.</p>	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Organisch natürliche Fasern	04
Produkt:	Flachs- und Hanffasern	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Mineralisierte Flachs- oder Hanffasern entsprechend der Beschreibung unter 7.4. Beispiel für Lieferfirma: Heitkamp (Koberit-Gesellschaft), Herne Δ Koberit</p>	
Anmerkungen:	<p>Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.</p>	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Nichtfaserige Füllstoffe	05
Produkt:	Glimmer, Talk, Bentonit, Kieselgur	
Hersteller/Vertr.:	siehe unten	
Charakterisierung:	<p>Füllstoffe mit Blättchenstruktur wie Glimmer, Talk und Bentonit entsprechend der Beschreibung unter 8.1, 8.2 und 8.3. Beispiele für Lieferfirmen: Bayrol Chem. Fabrik, Martinsried Gebr. Dorfner, Hirschau Erbslöh, Geisenheim G. Grolmann, Düsseldorf Kronos Titan GmbH, Leverkusen G. M. Langer, Ritterhude Lehmann & Voss, Hamburg G. H. Luh, Walluf Meyer Brehloh, Unterlüß Naintsch Mineralwerke, Graz Norwegian Talc, Bad Soden-Salmünster Scheruhn Talkum-Bergbau, Hof Süd Chemie, München B. Schwegmann, Bonn-Beuel Quarzwerke GmbH, Frechen</p>	
Anmerkungen:	<p>Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.</p>	

Einsatzbereich:	Faser- und Füllstoffe	10
Produktgruppe:	Nichtfaserige Füllstoffe	05
Produkt:	Füllstoffe mit Teilchenstruktur	
Hersteller/Vertr.:		
Charakterisierung:	<p>Füllstoffe mit Teilchenstruktur wie Quarzmehl, Silica, Schwerspat, Schiefermehl, Kalksteinmehl, Kreide, Ton, Kaolin, Perlite, Vermiculite, Ruß, Graphit, Holzmehl, Cellulosepulver u. a. werden im Rahmen dieser Erhebung nicht als Substitute für Asbest angesehen.</p> <p>Teilchen in Form von Kugeln, Würfeln, Quadern und auch Plättchen mit kleinem Länge-Dicke-Verhältnis wirken im allgemeinen als Füllstoffe und können Asbest als Verstärkungsfasern nicht ersetzen.</p>	
Anmerkungen:	<p>Weitere Informationen zu diesem und anderen asbestfreien Produkten bitten wir beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.</p>	

11 Verzeichnis der Hersteller und Vertreiber von Faser- und Füllstoffen für die Substitution von Asbest

Im nachfolgenden sind die Firmen aufgeführt, die in den Datenblättern für die einzelnen Faser- und Füllstoffe beispielhaft genannt wurden.

Eine vollständige Erhebung aller Hersteller und Lieferanten war nicht vorgesehen.

ALBRIGHT & WILSON	Beethovenstr. 3 B	6000 Frankfurt/Main 1
Bayer AG, Sparte Fasern Bayrol Chemische Fabrik GmbH W. Biesterfeld & Co.	Postfach 1140 Lochhamer Straße 29 Ferdinandstr. 41	4047 Dormagen 8033 Martinsried 2000 Hamburg 1
Carborundum Werke GmbH Ciba Geigy AG C. F. F. Cellulose-Füllstoff-Fabrik Chemie-Mineralien KG Chemische Werke Hüls AG Verkauf Kunststoffe C. Conrady Nürnberg GmbH	Postfach 16 01 20 Postfach Flenerweg 2 Postfach 10 65 23 Postfach 1320 Postfach 480	4000 Düsseldorf 13 CH-4002 Basel 4050 Mönchengladbach 1 2800 Bremen 1 4370 Marl 1 8500 Nürnberg
Deutsche Basaltsteinwolle GmbH Deutsche Carbone AG Deutsche Johns Manville GmbH Deutsche Rockwool GmbH DIDIER-Werke AG Gebr. Dorfner OHG 3M Deutschland GmbH DuPont de Nemours Dynamit Nobel AG, GB Kunststoffe	Rodetal 40 Talstraße 112 Abraham-Lincoln-Str. 28 Bottroper Str. 241 Didierstr. 27-31 Postfach 1120 Carl-Schurz-Straße 1 Hans-Böckler-Str. 33 Postfach	3406 Bovenden 1 6000 Frankfurt/Main 56 6200 Wiesbaden 4390 Gladbeck 6200 Wiesbaden 12 8452 Hirschau 4040 Neuss 1 4000 Düsseldorf 30 5210 Troisdorf
Enka AG Erbslöh & Co., Geisenheimer Kaolinwerke	Kasinostraße Erbslöhstraße 1	5600 Wuppertal 6222 Geisenheim
Gevetex Textilglas GmbH Glaswerke Schuller GmbH Oskar Gossler KG G. Grolmann Gummi-Berger GmbH Gummi-Roller Grünzweig + Hartmann und Glasfaser AG	Postfach 426 Faserweg 1 Borsigstr. 4-6 Tonhallenstr. 14/15 Hans-Thoma-Str. 49-51 Rudolf-Diesel-Str. 17 Bürgermeister-Grünzweig-Str. 1	5100 Aachen 6980 Wertheim 2057 Reinbek 4000 Düsseldorf 6800 Mannheim 1 6236 Eschborn 2 6700 Ludwigshafen
A. Hellhake h.k.o. Handelsgesellschaft mbH Hoechst AG, Verkauf Spinnfasern	Niedersachsenweg 37 Alleestr. 4 Postfach	4600 Dortmund 1 4200 Oberhausen 6230 Frankfurt/Main 80 (Hoechst)

Internationales Woll-Sekretariat Geschäftsstelle für Deutschland Isola – Mineralwolle-Werke Wilhelm Zimmermann KG	Postfach Poststr. 34	4000 Düsseldorf 4322 Sprockhövel 2
KAGER GmbH Klevers GmbH & Co. KG KRONOS-TITAN GmbH	Postfach 61 03 24 Oppelner Straße 11 Postfach 10 07 20	6000 Frankfurt/Main 61 4050 Mönchengladbach 3 5090 Leverkusen 1
Georg M. Langer & Co. Lehmann & Voss & Co. LR – Savoie-Feuerfest Georg H. Luh GmbH	Postfach 1155 Alsterufer 19 Berliner Allee 38 Schöne Aussicht 39	2863 Ritterhude/Bremen 2000 Hamburg 36 4000 Düsseldorf 1 6229 Walluf 1
Arnold Otto Meyer Industriebetriebe Heinrich Meyer-Werke Brehloh GmbH Vereinigte Deutsche Kieselgurwerke Morgan GmbH	Ballindamm 1–3 Räberweg 10 Holterkamp 7	2000 Hamburg 1 3104 Unterlüß 4030 Ratingen
Naintsch Mineralwerke GmbH Norwegian Talc Deutschland GmbH	Mariahilferplatz 5 Hanfgartenstr. 7	A-8011 Graz 6483 Bad Soden- Salmünster
OMYA Heinrich Osthoff-Petrasch KG OTAVI MINEN AG Owens-Corning Fiberglas Deutschland GmbH	Brohler Str. 11 Am Karpfenteich 48 Hynspergstr. 24 Brunnenstr. 3	5000 Köln 51 2000 Hamburg 63 6000 Frankfurt/Main 6200 Wiesbaden
Possehl Chemie und Kunststoffe GmbH Promat Gesellschaft für moderne Werkstoffe mbH	Colonaden 72 Grunerstr. 33	2000 Hamburg 36 4000 Düsseldorf 14
Quarzwerte GmbH	Kaskadenweg 40	5020 Frechen
J. Rettenmaier & Söhne	Postfach	7081 Holzmühle über Ellwangen
Rex Industrieprodukte Graf von Rex GmbH & Co. KG Rheinhold & Mahla Dämmstoffe GmbH Rhodia AG	Schillerstr. 40 Briedestr. 9 Postfach 13 20	7170 Schwäbisch Hall 4000 Düsseldorf 143 7800 Freiburg
Scheruhn Talkum Bergbau A. W. Schultze Schürmer GmbH Schwarzwälder Textilwerke Bernd Schwegmann GmbH SIGRI Elektrographit GmbH Silenka Deutschland GmbH Süd Chemie AG Süddeutsche Kalkstickstoff-Werke	Dr.-Enders-Str. 30 Altes Feld 4 Postfach 13 60 Postfach 4 Buchenweg 1 Werner-von-Siemens-Str. 18 Phillipstr. 27 Lenbachplatz 6 Postfach 1150	8670 Hof 2000 Hamburg-Barsbüttel 4443 Schüttorf 7623 Schenkenzell 5300 Bonn 3 8901 Meitingen 5160 Düren 8000 München 2 8223 Trostberg
Tapp KG TBA Industrieprodukte Thyssen Schalker Verein GmbH Werk Gelsenkirchen	Hohe Straße 3–5 Postfach 33 04 54 Hohenzollernstr. 2–4	4330 Mülheim-Styrum 4000 Düsseldorf 30 4650 Gelsenkirchen
Vitruhan Textilglas GmbH	Bernecker Str. 8	8581 Marktschorgast