



## Künstliche Mineralfaserdämmstoffe

1 / 2011

Die häufigsten im Bauwesen verwendeten Faserarten sind künstlich erzeugte Mineralfasern (KMF), die größtenteils als Dämmwolle in Form von Steinwolle und Glaswolle verarbeitet werden. Darüber hinaus werden die Fasern als Zusatz in Baustoffen zur Verbesserung besonderer Eigenschaften wie Festigkeit, Zähigkeit oder Dauerhaftigkeit eingesetzt.

KMF haben einen Anteil von über 50 % am Dämmstoffmarkt und sind durch die vielfältigen Anwendungsbereiche in nahezu allen Gebäudeteilen anzutreffen. Heutzutage haben sich moderne KMF zu ökologisch vorteilhaften Produkten entwickelt, die hinsichtlich umwelt- und gesundheitsrelevanter Aspekte sehr gut abschneiden [A.1]. Es ist jedoch zu beachten, dass die sogenannten Altwollen, die bis 1995 produziert wurden

und zuhauf in unseren Bestandsgebäuden zu finden sind, tatsächlich die Gesundheit gefährden können.

Im vorliegenden BBSR-Berichte KOMPAKT werden allgemeine Grundlagen sowie weiterführende Informationen zum Gesundheitsschutz und zum Lebenszyklus (insbesondere Recycling) bereitgestellt. Daneben bietet der Bericht Fachplanern Hinweise für die Umsetzung von Bauvorhaben. Da im Bauwesen im Bereich der KMF Produkte aus Stein- und Glaswolle dominieren, geht das Heft genauer auf deren Eigenschaften ein. Zudem wird die Schlackenwolle thematisiert. Bei Neuprodukten spielt diese zwar keine Rolle mehr; sie ist jedoch im Bestand, vor allem in Bauwerken aus DDR-Zeiten, noch weit verbreitet.

## 1 Hintergrund

Die Methode der Mineralwolleproduktion wurde bereits 1887 von Richard D. A. Parrott in den Vereinigten Staaten patentiert [A.2]. Für die Glaswolle-Herstellung findet sich ein österreichischer Patenteintrag von 1898 von Elisabeth Telnský, der eine optimierte Rezeptur zur besseren Verarbeitbarkeit von Glaswollefäden vorschlägt [A.3]. Hier stand die Nutzung der Faser für textile Gewebe im Vordergrund.

Da Asbest nach dem 1. Weltkrieg knapp wurde, versuchten deutsche Firmen aus der Roheisenproduktion Substitute zu finden und Mineralwolle in Massen zu produzieren. Hochofenschlacken als Abfallprodukt der Roheisenproduktion wurden mit Hilfe von Heißdampfgebläsen zerfasert [A.4], [A.5]. 1924 ließ sich der junge Glastechniker Friedrich Rosengarth – angeblich auf einem Kirmesbesuch – bei der Beobachtung der Zuckerwatteproduktion zur Glaswolleherstellung (Glaswatte) inspirieren, in dem er die flüssige Glasschmelze über eine rotierende Scheibe zu dünnen Fäden schleuderte [A.6]. Ab Mitte der Dreißiger Jahre behauptete sich die mineralische Dämmwolle als neuer Baustoff neben den damals etablierten Materialien Kork, Holzwolle, Kieselgur und Asbest [A.7].

Insbesondere die ähnlichen technischen Eigenschaften des Asbests (mineralische Fasern, die atembare Faserstäube entwickeln) brachten die KMF ab Mitte der 80er Jahre in den zweifelhaften Ruf der Gesundheitsgefährdung [A.8]. In den letzten zwei Jahrzehnten stellten die Produzenten die Rezepturen und Produktionsarten um und führten eine unabhängige Güteüberwachung ein. Diese Anstrengungen ließen wieder die Vorteile der KMF in den Vordergrund rücken: die Nicht-Brennbarkeit und die Konsistenz der Faserdämmstoffe, die eine leichte Bearbeitung und einen lückenlosen Einbau fördern [A.7].

## 2 Allgemeines

### 2.1 Begriffsdefinition

Eine Faser ist im Verhältnis zu ihrer Länge ein dünnes und flexibles Gebilde, das nur bedingt Druck-, jedoch sehr gut Zugkräfte aufnehmen kann. Im Verbund können Fasern Strukturen bilden, die trotz geringen Massengewichts extrem fest sind.

### 2.2 Klassifizierung

Unter „künstlich erzeugten Mineralfasern“ (KMF) wird eine große Gruppe synthetisch hergestellter Fasern auf anorganischer Basis zusammengefasst (Abb. 1). Die chemische Zusammensetzung von KMF ist stark von den verfügbaren Rohstoffen abhängig. Die Messwerte zeigen eine große Bandbreite [A.34]. Es wurde festgestellt, dass die wichtigsten Bestandteile auf Hauptoxidgruppen verteilt sind, deren Massen vom Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ), Calciumoxid ( $\text{CaO}$ ), Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) bis zum Eisenoxid abnehmen.

Die Definition von Mineralwolle nach EU-Richtlinie 97/69/EG sowie deutschem Recht lautet: „Künstliche Mineralfasern, die aus ungerichteten glasigen (Silikat-) Fasern mit einem Massengehalt von über 18 % an Oxiden von Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und Barium bestehen [A.17].“

Zu den KMF/anorganischen Synthesefasern (Abb. 1) zählen:

#### *Glasartige Fasern*

- mineralische Wollen, z. B. Glas-, Stein- und Schlackenwolle sowie keramische Wolle
- Textilglasfasern

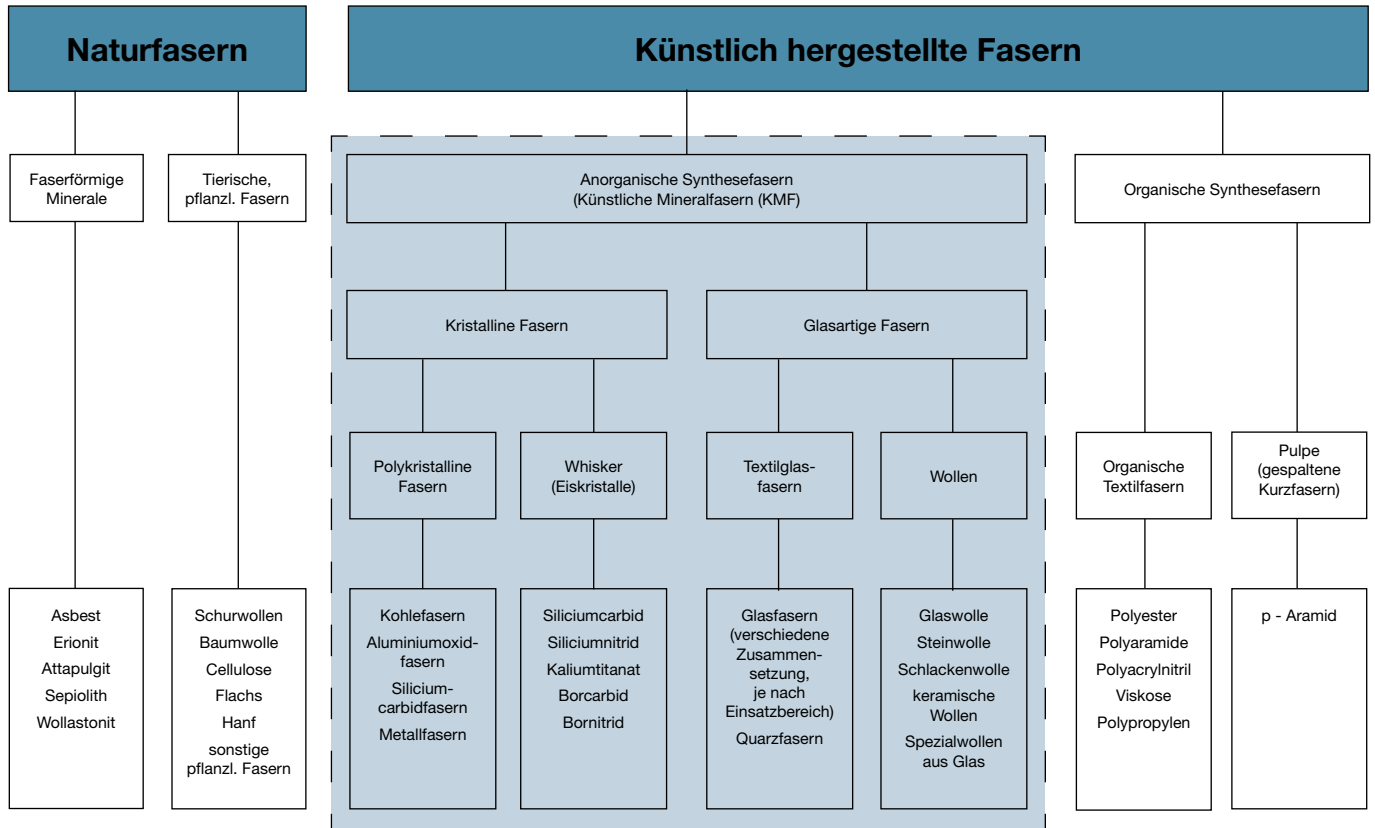
#### *Kristalline Fasern*

- Endlofasern (sog. Whisker für die Herstellung technischer Textilien)
- polykristalline Fasern

Für das Bauwesen sind vor allem die mineralischen Wollen für Dämmprodukte von Bedeutung, speziell die Glas- und Steinwollen. Diese werden im Folgenden vorrangig behandelt.

Im Einzelnen wird zwischen „alter“ und „neuer“ Mineralwolle unterschieden. Diese Begriffe umschreiben die Einstufung der Fasern als krebserzeugend (alte Mineralwolle) und nicht krebserzeugend (neue Mineralwolle).

Abbildung 1  
Gesamtübersicht der Faserarten



Quelle: [A.9]

**Alte Mineralwolle:** Im Sinne der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 521 [B.2] besteht alte Mineralwolle aus biopersistenten künstlichen Mineralfasern nach Anhang IV Nr. 22 der Gefahrstoffverordnung [B.4]. Nach der TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ [B.5] sind die aus „alter“ Mineralwolle freigesetzten Faserstäube als krebserzeugend zu bewerten. Für „alte“ Mineralwolle gilt seit Juni 2000 das Herstellungs- und Verwendungsverbot nach Anhang IV Nr. 22 Gefahrstoffverordnung [B.4]. Bei Mineralwolle, die vor 1995 eingebaut wurde, ist davon auszugehen, dass es sich um „alte“ Mineralwolle im Sinne dieser TRGS [B.2] handelt.

**Neue Mineralwolle:** Die seit 1995 hergestellte neue Mineralwolle bedarf einer Freizeichnung. Die Freizeichnung, welche die Hersteller für ihre Produkte benötigen, wird von der Gütegemeinschaft Mineralwolle e. V über definierte Güte- und Prüfbestimmungen vorgegeben und mit einem RAL-Gütesiegel gekennzeichnet (Abschnitt 9.2).

### 2.3 Stoffströmmengen

Etwa 95 % der KMF-Produktion entfallen auf Mineralwolle und textile Glasfasern, 5 % auf Keramik- und Glasmikrofasern [A.13]. Es wird geschätzt, dass in Deutschland (Ost und West, Stand 1995) in den letzten 40 bis 50 Jahren mindestens 450 Mio. m<sup>3</sup> Mineralwolleerzeugnisse hergestellt und verarbeitet wurden [A.14]. Statistiken des Gesamtverbands Dämmstoffindustrie weisen für Mineralwolleerzeugnisse im Zeitraum von 1995 bis 2005 eine Menge von 178 Mio. m<sup>3</sup> aus [A.22]. Geht man davon aus, dass von 2005 bis 2010 pro Jahr 20 Mio. m<sup>3</sup> hinzukommen, sind bisher zirka 700 Mio. m<sup>3</sup> Mineralwolleerzeugnisse im deutschen Baubestand verbaut.

Insbesondere Dämmwollen spielen bei der Wärmedämmung von Gebäuden eine große Rolle in der Produktion. Unter den Dämmwollarten sind heutzutage lediglich Glas- und Steinwolle von Bedeutung. Schlackenwolle hatte in den 60er bis 80er Jahren in der DDR einen hohen Anteil an der Mineralfaserwolleproduktion [A.26].

Die Jahresproduktion von Mineralwolle ist in den letzten Jahren stetig gestiegen. Ebenso ist die Abfallmenge an Mineralwolle, die über das Abfallüberwachungsverfahren gemeldet wurde, deutlich angewachsen [A.15]. Da die Abfallfraktion überwiegend deponiert wird, ist dieser Stoffstrom für künftige Optimierungen des KMF-Stoffkreislaufs von Interesse (Abschnitt 10).

### 3 Ausgangsstoffe

Alle Mineralwollen bestehen aus Grundstoffen wie Gläser und Gestein sowie Zusatzstoffen, sogenannten Binde- und Schmälmitteln. Die Zusatzstoffe gewährleisten, dass Wasser abgewiesen wird. Zudem wirken sie als Gleitmittel, verbessern die Griffbarkeit, binden die Fasern in den Verband ein und verhindern das vorzeitige Brechen der Fasern. Auch lose Wolle (Stopfwolle) enthält grundsätzlich Schmälmittel, um die Verarbeitung zu vereinfachen [A.21].

Glaswolle enthält deutlich mehr Bindemittel als Steinwolle. Als Bindemittel für alle KMF haben sich in Wasser weitgehend gelöste Gemische aus Kunstharzverbindungen (z. B. Phenolharze und Harnstoff-Formaldehydharze) bewährt. Alternativ oder zusätzlich werden auch modifizierte Maisstärke oder Natriumpolyphosphate eingesetzt. Als Schmälmittel werden Mineralöle, Öl-Wasser-Emulsionen, Silikonöle oder Silikonharze verwendet [A.13].

#### 3.1 Glaswolle-Rohstoffe (Abb. 2)

Als Ausgangsmaterialien für die Herstellung von Glaswolle (Abschnitt 4.1) dienen Altglas und Glasrohstoffe wie Quarzsand, Kalk, Tonerde- und Alkaliverbindungen. Es wird gereinigtes Altglas verwendet, das von registrierten Recyclingbetrieben vertrieben wird. Beim eingesetzten Sand handelt es sich um ein gewaschenes, nicht getrocknetes Schüttgut. Bei der Herstellung von Glaswolle können 50 bis 70 % sauberes Altglas aus der Glas- und Fensterproduktion (Glasverschnitt) zugegeben werden.

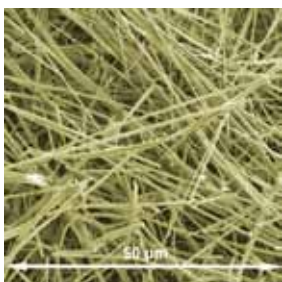


Abbildung 2  
Mikroskopieaufnahme  
von Glaswolle

Quelle: [C.1]

#### 3.2 Steinwolle-Rohstoffe (Abb. 3)

Bei den im Handel befindlichen Steinwolleprodukten kommen je nach Hersteller und Rezeptur unterschiedliche Gesteinsarten zum Einsatz. Genannt werden Kombinationen aus Diabas und Basalt [19], Dolomitstein und dolomitischen Kalksteinen. Auch Altglas wird gereinigt eingesetzt [A.20]. Mineralwollreste werden mit Zementmörtel gebunden, zu Formsteinen gepresst und ebenfalls der Mischung zugegeben. Bei der Verwendung von Sand wird ein gewaschenes, nicht getrocknetes Schüttgut eingesetzt.

Bei dem verwendeten Zement handelt es sich um einen Portlandzement (CEM I) [A.20]. Die zementgebundenen Formsteine bestehen aus den während der Steinwollefertigung anfallenden Produktionsreststoffen (Schlacken, Wollverschnitt, Aschen) sowie Baustellenverschnitt und weiteren Korrekturstoffen (zum Teil Sekundärrohstoffe) zum Einstellen der definierten Schmelzezusammensetzung und -viskosität [A.19]. Für die Bindung zu konfektionierten Fertigerzeugnissen werden Kunstharze, Öle und Hydrophobierungsmittel zugegeben.

#### 3.3 Ressourcenverfügbarkeit und Transportwege der Mineralwollerohstoffe

Die durchschnittliche Transportentfernung der eingesetzten Rohstoffe beträgt zwischen 150 und 220 km, die der Bindemittelgrundstoffe bis etwa 300 km. Die Transporte erfolgen per LKW [A.17].

Die natürlich vorkommenden Erze und Gesteine für die Steinwolleproduktion sind in umfangreichem Maße vorhanden. Die Verfügbarkeit der Scherben (bei Glaswolleproduktion) ist abhängig vom Glasrecycling, das bereits auf europäischer Ebene organisiert wird. In Deutschland wird eine Altglas-Recyclingquote von 87 %, in der Europäischen Union im Mittel 62 % erreicht [A.18]. Die weltweiten Vorräte an Bormineralien werden auf 1 000 Mio. Tonnen mit einer jährlichen Förderung von 2 Mio. Tonnen geschätzt [A.17]. Als Produktionsenergie kommen je nach Hersteller Erdgas [A.20] bzw. Koks [A.19] sowie Strom zum Einsatz.



Abbildung 3  
Mikroskopieaufnahme  
von Steinwolle

Quelle: [C.1]

## 4 Herstellung

### 4.1 Glaswolle

Die Rohstoffe werden in einer Gemengeanlage eingewogen und in einem Mischer für die Beschickung der Schmelzwanne vorbereitet. In dieser Schmelzwanne werden die Rohstoffe zusammen mit den produktionsbedingten Reststoffen mit Erdgas als Energieträger kontinuierlich bei ca. 1300°C geschmolzen und im Düsenbeschleuderverfahren (sog. TEL-Verfahren) zerkleinert. Unmittelbar unter dem Zerkleinerungsaggregat werden die Bindemittel als wässrige Lösung, Emulsion oder Suspension auf die Fasern aufgesprüht. Das Harz gewährleistet die Bindung zwischen den Fasern und somit die Formstabilität der Glaswolle. Silane verbessern die Haftung zwischen Harz und Faser. Öle dienen der Staubbindung und Hydrophobierung. Nach Ablage auf einem Transportband wird das Rohvlies in den Härteofen überführt, in dem das Harz durch Heißluft aushärtet. Es schließen sich die Einrichtungen für die Konfektionierung an.

Alle Produktionsschritte werden mit Luftabsauganlagen betrieben. Die faserhaltige Abluft wird über Nasswäsche und Elektrofilter gereinigt. Die Faserabfälle werden zusammen mit anderen Produktionsabfällen dem Reststoffkreislauf zugeführt.

Letzter Produktionsschritt ist die Verpackung. Durch Kompression (bis Faktor 6:1) wird das Transportvolumen verringert. Abbildung 4 stellt den Verfahrensablauf grafisch dar.

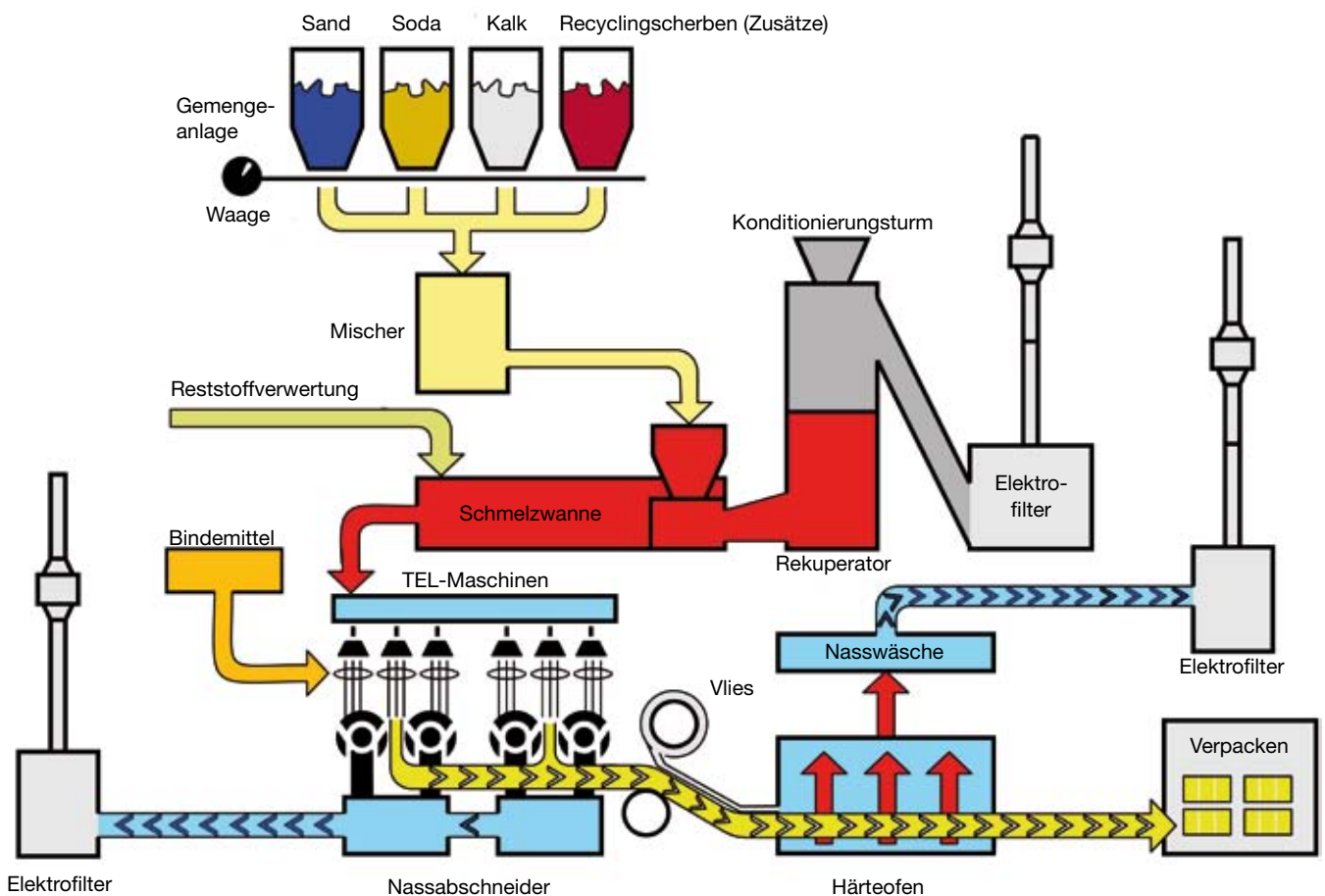
### 4.2 Steinwolle

Für die Steinwolleproduktion werden zwei unterschiedliche Herstellungsverfahren angewendet.

#### Schmelzwanne und Düsenblasverfahren

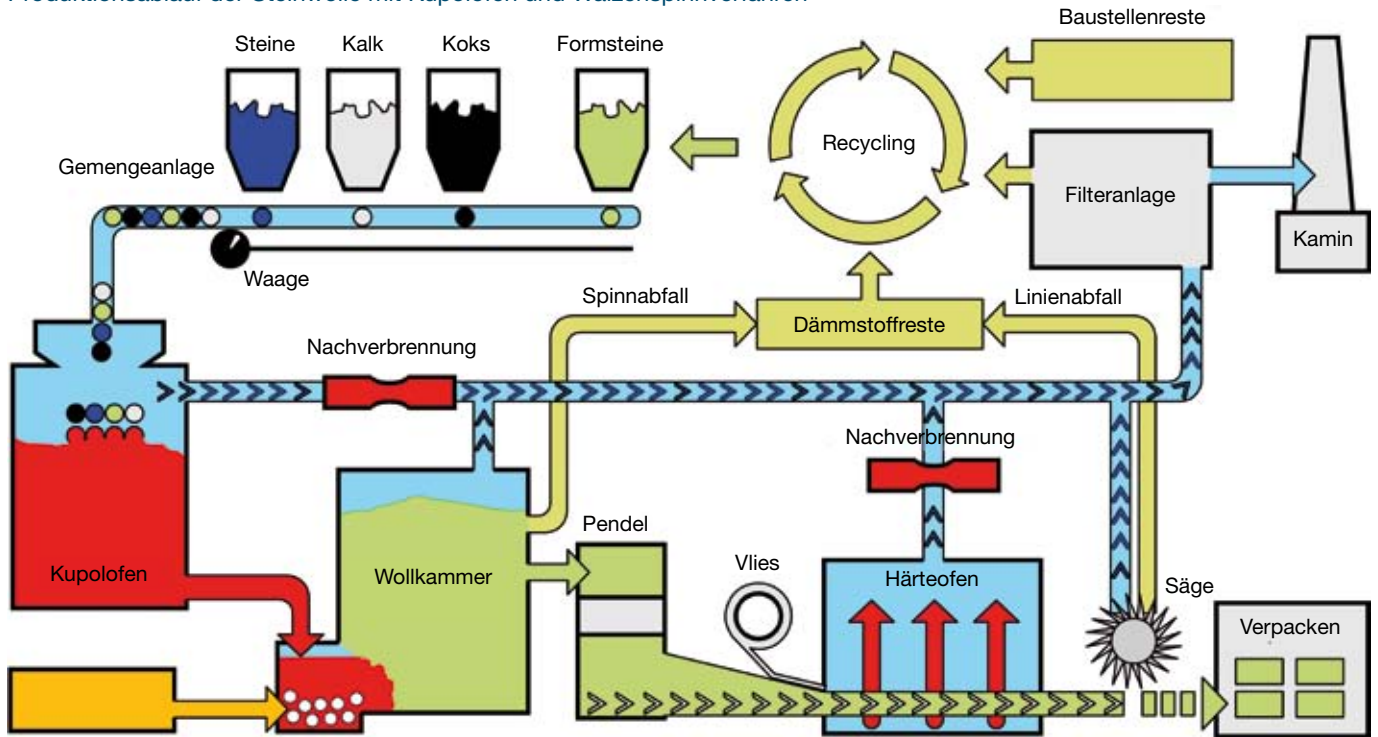
Das Verfahren ist schematisch mit dem in Abbildung 4 vergleichbar. Die pelletierten Rohstoffe werden auch hier mit Erdgas und Strom als Energieträger in einer Schmelzwanne kontinuierlich bei ca. 1500°C geschmolzen. Beim Zerkleinern

Abbildung 4  
Produktionsablauf der Glaswolle



Quelle: [C.3]

Abbildung 5  
Produktionsablauf der Steinwolle mit Kupolofen und Walzenspinnverfahren



Öl- und Bindemittel

Quelle: [C.4]

wird das Düsenblasverfahren angewendet. Unmittelbar unter dem Zerfaserungsaggregat werden die Bindemittelbestandteile als wässrige Lösung, Emulsion oder Suspension auf die Fasern aufgesprüht. Nach Ablage auf einem Transportband wird das Rohvlies in Tunnelöfen überführt, in denen das Harz durch Heißluft aushärtet. Es schließen sich die Einrichtungen für die Konfektionierung und Verpackung an. Produktabhängig kann während des Herstellungsprozesses das Rohvlies mit verschiedenen Kaschierungen oder Beschichtungen versehen werden [A.20].

**Kupolofen und Walzenspinnverfahren**

Die Rohstoffe (Steine, Kalk, Koks und Formsteine) werden mit einer Gemengeanlage eingewogen und dem Kupolofen (kleiner Hochofen) zugeführt. Bei ca. 1400 bis 1500 °C werden die Bestandteile geschmolzen und im Walzenspinnverfahren zerfasert. Gleich danach werden Schmelzmittel und Bindemittel in wässriger Lösung aufgesprüht. Das Bindemittel dient der Gewährleistung von Bindung und Formstabilität, das Schmelzmittel der Staubminderung und Hydrophobierung. Der in der wässrigen Lösung ebenfalls enthaltene Haftvermittler unterstützt die Anhaftung des Bindemittels an den Fasern. Die Rohwolle wird in der Wollkammer gesammelt, mit Hilfe

eines Pendels in Fliesform gebracht und auf Transportbändern abgelegt. Das Rohvlies wird dem Härteofen zugeführt, in dem 200 bis 300 °C heiße Luft durch die Wollmasse gesaugt wird, wobei sich die Bindemittel zu Duroplasten vernetzen. Schließlich wird das Produkt konfektioniert und verpackt. Die während des Produktionsbetriebes entstehenden Abluftmengen werden mechanisch gefiltert und überwiegend thermisch nachverbrannt. Über Wärmetauscher wird der hierbei freigesetzte Wärmeinhalt zur Vorwärmung des Ofenwindes verwendet. Die abgeschiedenen Faserstäube werden zusammen mit anderen Produktions- und Baustellenresten erneut genutzt. Das Prozesswasser wird intern gereinigt und zu einem erheblichen Teil wieder in den Prozess zurückgeführt [A.19].

**4.3 Schlackenwolle**

Da Schlackenwolle heutzutage nur noch eine untergeordnete Rolle spielt, wird auf die Darstellung des Herstellverfahrens an dieser Stelle verzichtet.

## 5 Anwendungsbereiche

Die Anwendungsbereiche von Mineralwolleprodukten sind vielfältig und umfassen Wärme-, Kälte-, Brand- und Schallschutz. Mit etwa 54 % Anteil am deutschen Dämmmarkt sind Mineralwolleprodukte die größte Produktgruppe (Abb. 6). Mineralwolleprodukte werden als Platten, Matten, Filze, lose Schüttungen oder Schichtungen an Dächern, Decken, Wänden, Rohr- oder Lüftungsleitungen eingesetzt.

Glaswolle ist meist gelb (als Stopfwohle weißlich bis grünlich), Steinwolle grünlich grau [A.13]. Neue Produkte, deren Bindemittel auf nachwachsenden Rohstoffen basieren, werden mit bräunlicher Färbung angeboten [A.1].

Es gibt u. a. folgende Einsatzbereiche von Mineralwolle [A.17], [A.19]:

### Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz im Hochbau (Abb. 7):

- Dämmstoff für Dächer (Steil- und Flachdächer, 2-schalige Blechdächer)
- Außenwände (Wärmedämmverbundsysteme, 2-schaliges Mauerwerk; vorgehängte hinterlüftete Fassaden, Haus-

trennwände, Holzrahmenbau; Dämmung von innen durch Vorsatzschalen, Industriebau-Kassettenwände)

- Innenwände (leichte Trennwände und Vorsatzschalen)
- Böden (Schall- und Wärmedämmung bei schwimmenden Estrichen; oberste Geschossdecken, Holzbalkendecken)
- Decken (Tiefgaragen und Kellerdecken, Industriedecken; schallabsorbierende Decken)

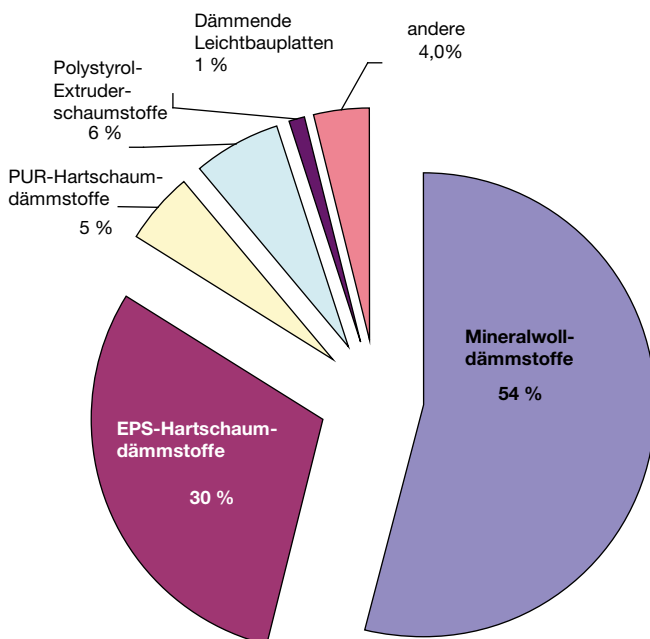
**Haustechnik:** Dämmung von Heizungs- und Warmwasserrohren, Kabel- und Rohrdurchführungen, Klimakanäle, Lüftungsleitungen

**Betriebstechnik:** Dämmung von Rohrleitungen, Fernwärmeleitungen, Kesseln, Tanks und Apparaturen

**Industrielle Weiterverarbeitung:** Klimakanäle, Brandschutztüren, Fertighauselemente und Schornsteinsysteme, Solar-systeme, Automotiv Anwendungen

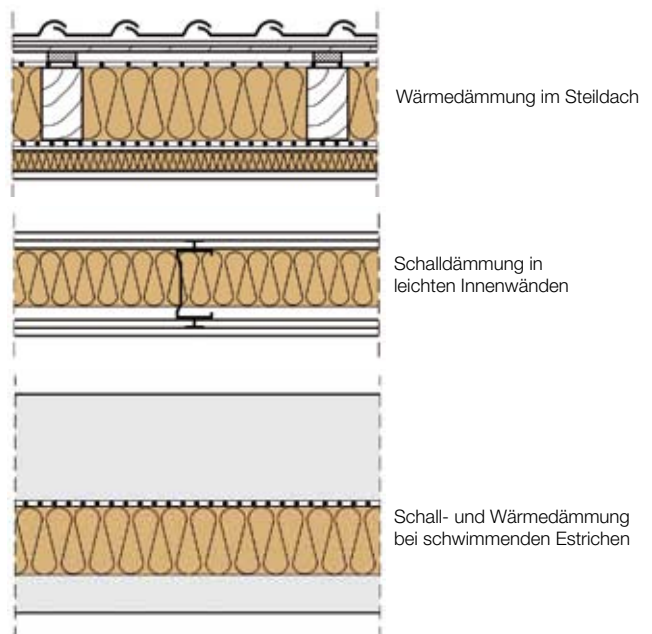
**Brandschutzelemente:** Kabelabschottungen und Elemente für Stahlkonstruktionen.

Abbildung 6  
Marktanteile der wichtigsten Dämmstoffe in Deutschland



Quelle: [A.22]

Abbildung 7  
Beispiele für den Einsatz von Mineralwoll-dämmung



Quelle: [C.2]

## 6 Technische Daten, Eigenschaften

### 6.1 Kennwerte und Eigenschaften

Sämtliche Mineralfaserdämmstoffe sind diffusionsoffen, nicht brennbar und gegen Schimmel, Fäulnis und Ungeziefer resistent. Stein- und Glaswolle zeichnen sich besonders durch eine niedrige Wärmeleitfähigkeit und geringe Wärmespeicherkapazität aus. Die Wärmeleitfähigkeit der Erzeugnisse beträgt zwischen 0,032 W/mK und 0,045 W/mK.

Einige wichtige Kennwerte von Stein-, Glas- und Schlackenwolle sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1  
Kennwerte von Stein-, Glas- und Schlackenwolle-Erzeugnissen

Kennwerte	Einheit	Steinwolle	Glaswolle	Schlackenwolle
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	W/mK	0,034–0,041	0,032–0,039	0,035–0,040
Spez. Wärmespeicherkapazität $c$	J/kg K	840	840	840
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu$	–	1–2	1–2	2–5
Baustoffklasse	–	A1, A2	A2	A1
Brennbarkeit	–	nicht brennbar	nicht brennbar	nicht brennbar
Rohdichte $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	20–200	13–100	45–170

Quelle: [A.17], [A.19], [A.20], [A.26], [A.38], [A.39],

### 6.2 Verhalten bei außergewöhnlichen Belastungen

Die Wärmedämmfähigkeit der Mineralwollen kann durch Feuchtigkeit stark herabgesetzt werden. Bei andauernder Durchfeuchtung, z. B. durch direkte Wassereinwirkung infolge defekter Deckschichten oder durch Tauwasserbildung, führt dies zur Hydrolyse<sup>1</sup> der Harze und der Glasstrukturen bis zum Versagen eines Faserbauelements. Hohe thermische Belastungen und thermische Wechselbelastungen können zum Zerfall der Mineralfasern beitragen. Durch thermische Belastungen und Hydrolyse werden die Kunstharze geschädigt. Die Kunstharzbinder, Öle und Hydrophobierungsmittel wirken bei Feuchteinfluss der Hydrolyse der Glasstruktur der Mineralwollen entgegen, können diese auf Dauer jedoch nicht verhindern, wenn ständige Wasserbeaufschlagung vorhanden ist. Der Prozess des „Zusammenfallens“ oder „Faulens“ von durchfeuchteten Mineralwollgedämmstoffen ist im Bereich der Bauschadensbegutachtung hinreichend bekannt.

Das heißt, Mineralwolleerzeugnisse können unter ungünstigen bautechnischen Bedingungen altern und ihre Funktion einbüßen. Daher ist ein dauerhaftes Trockenhalten von Mineralwolle zu gewährleisten. Dies gilt prinzipiell für alle Mineralwolleprodukte.

### 6.3 Normung und Regelung der Eigenschaften von Mineralwolleerzeugnissen

Die technischen Eigenschaften und Einsatzgebiete der neuen Mineralwolleerzeugnisse sind in den nachfolgend genannten EN- und DIN-Normen zu finden:

#### Steinwolle und Glaswolle

- DIN 4102-17, 1990-12, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Schmelzpunkt von Mineralfaserdämmstoffen; Begriffe, Anforderungen, Prüfung [B6].
- DIN EN 13162, 2009-02, Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW – Spezifikation; Deutsche Fassung EN 13162:2008 [B7].
- DIN EN 14303, 2010-04 Wärmedämmstoffe für die technische Gebäudeausrüstung und für betriebstechnische Anlagen in der Industrie – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) – Spezifikation; Deutsche Fassung EN 14303:2009 [B8].
- DIN 52271, 1981-06, Prüfung von Mineralfaserdämmstoffen; Verhalten bei höheren Temperaturen [B9].
- DIN 52274, 1986-07, Prüfung von Mineralfaserdämmstoffen; Abriebfestigkeit; Ermittlung senkrecht zur Dämmschichtebene [B10].
- VDI 3469 Blatt 6, 2008-01 Emissionsminderung – Herstellung und Verarbeitung von faserhaltigen Materialien – Mineralwolle-Dämmstoffe (Technische Regel) [B11].

#### Schlackenwolle

Für Schlackenwolle-Erzeugnisse, die in Deutschland nur noch begrenzt im Anlagenbau, im Behälterbau und als Stopfwolle eingesetzt werden, gibt es keine adäquaten Normen. Da die Materialeigenschaften vergleichbar zu Glas- und Steinwolleprodukten sind, können in der Regel die Normen der anderen Mineralwollprodukte herangezogen werden.

(1) Spaltung einer chemischen Verbindung durch Reaktion mit Wasser



## 7 Umweltwirkung

Für einige Mineralwolleprodukte wurden Umweltprodukt-Deklarationen (EPD) erstellt [A.17], [A.19], [A.20]. Die EPDs liefern Angaben zum Energie- und Ressourceneinsatz und dazu, in welchem Ausmaß ein Produkt zu Treibhauseffekt, Versauerung, Überdüngung, Zerstörung der Ozonschicht und Smogbildung beiträgt. Außerdem werden Angaben zu technischen Eigenschaften gemacht, die für die Einschätzung der Performance des Bauproduktes im Gebäude benötigt werden, wie Lebensdauer, Wärme- und Schallsolierung oder Einfluss auf die Qualität der Innenraumluft [A.35]. Die bereits vorhandenen EPDs können beim Institut für Bauen und Umwelt e.V. unter bau-umwelt.de eingesehen werden.

Die Angaben in Tabelle 2 beziehen sich auf die Herstellung von 1 kg des Produktes und wurden entsprechenden Umweltproduktdeklarationen entnommen. In den EPDs werden

die Schritte der Herstellung, einschließlich der Rohstoffgewinnung bis zum fertig verpackten Produkt ab Werkstor (Cradle-to-gate) betrachtet.

Tendenziell bestimmt das Herstellverfahren den Bedarf an Primärenergie. Die Produkte, die im Schmelzwannenverfahren hergestellt werden, weisen einen höheren Primärenergiebedarf auf als die Steinwolle aus dem Kupolofen. Bei den anderen Vergleichsgrößen aus Tabelle 2 wie GWP, ODP, AP, EP und POCP sind keine signifikanten Unterschiede in den Herstellverfahren auszumachen.

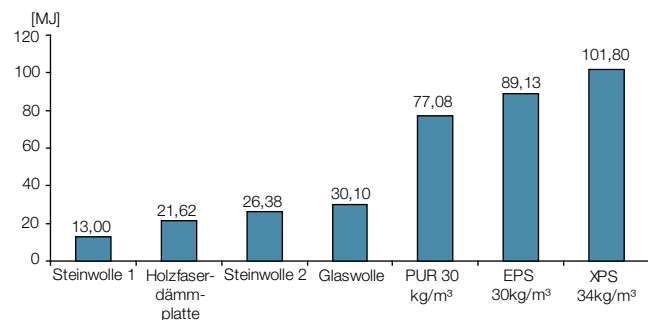
Allen KMF-Produkten ist der im Vergleich zum Gesamtenergieaufwand hohe Anteil von Primärenergie für die Herstellung gemein. Etwa 70 % der Primärenergie wird für die Herstellung der Produkte benötigt. Circa 20 % der Primärenergie werden für die Bindemittelherstellung und circa 10 % der Primärenergie für die Rohstoffgewinnung benötigt [A.17], [A.19], [A.20].

Tabelle 2  
Vergleich einiger Werte aus den Ökobilanzen der EPD

Gegenüberstellung der Werte aus den Ökobilanzen				
Auswertegröße	Einheit pro kg	[A.17] Glaswolle (Schmelzwanne)	[A.20] Steinwolle (Schmelzwanne)	[A.19] Steinwolle (Kupolofen)
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	28,76	25,25	12,9
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	1,34	1,13	0,10
Treibhauspotenzial (GWP 100 Jahre)	[kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	1,77	1,61	1,16
Ozonabbaupotenzial (ODP)	[kg R11-Äqv.]	8,90*10 <sup>-8</sup>	13,00*10 <sup>-8</sup>	8,50*10 <sup>-8</sup>
Versauerungspotenzial (AP)	[kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	67*10 <sup>-4</sup>	44*10 <sup>-4</sup>	75*10 <sup>-4</sup>
Eutrophierungspotenzial (EP)	[kg Phosphat-Äqv.]	11,00*10 <sup>-4</sup>	5,04*10 <sup>-4</sup>	8,30*10 <sup>-4</sup>
Sommersmogpotenzial (POCP)	[kg Ethen-Äqv.]	3,4*10 <sup>-4</sup>	3,6*10 <sup>-4</sup>	5,2*10 <sup>-4</sup>

Quelle: [A.17], [A.19], [A.20]

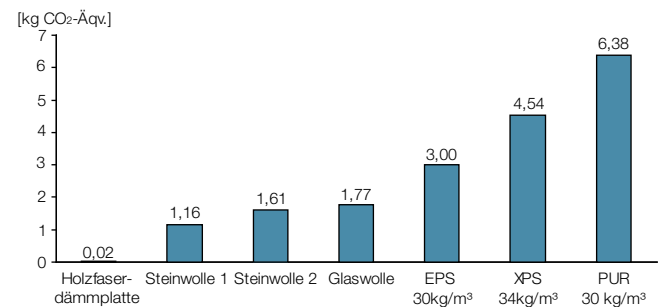
Abbildung 8  
Gesamtprimärenergiebedarf für die Herstellung von 1 kg



PUR = Polyurethan  
EPS = Expandiertes Polystyrol  
XPS = Extrudiertes Polystyrol

Quelle: Werte aus [A.10], [A.11], [A.12], [A.16], [A.17], [A.19], [A.20]

Abbildung 9  
Vergleich des Treibhauspotenzials für die Herstellung von 1 kg Dämmstoff



PUR = Polyurethan  
EPS = Expandiertes Polystyrol  
XPS = Extrudiertes Polystyrol

Quelle: Werte aus [A.10], [A.11], [A.12], [A.16], [A.17], [A.19], [A.20]

Im Vergleich mit anderen Dämmstoffen wie z. B. Polystyrol- oder Polyurethanhartschäumen zeigen Mineralwolleprodukte günstigere Umweltwirkungen.

Der Gesamtprimärenergiebedarf bei der Herstellung unterschiedlicher Dämmprodukte ist im Abbildung 9 dargestellt. Der Primärenergiebedarf fällt für die Mineralwolleprodukte deutlich geringer aus als für die PUR-, EPS- und XPS-Produkte. Bei der Angabe der Primärenergie werden die Werte auf 1 kg des jeweiligen Dämmstoffs bezogen. Da Mineralwollprodukte in unterschiedlichen Rohdichten von 25 bis 200 kg/m<sup>3</sup> angeboten werden, wurden für den dargestellten Vergleich Dämmstoffprodukte für den Einsatzbereich Fassadendämmung mit marginalen Rohdichteunterschieden herangezogen. Die Dämmstoffe besitzen zudem in etwa die gleichen Wärmedämmeigenschaften.

Die Mineralwolleprodukte zeigen bezüglich des Treibhauspotenzials bzw. CO<sub>2</sub>-Äquivalents vergleichsweise geringe Werte. Die Holzfaserdämmplatten weisen das geringste CO<sub>2</sub>-Äquivalent auf, da in diesem Wert das während der Wachstumsphase von Holz gebundene CO<sub>2</sub> positiv berücksichtigt wird. Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent wird zur Darstellung des bei der Herstellung emittierten Anteils an Treibhausgasen verwendet.

## 8 Gesundheitliche Aspekte

Generell setzen alle Faserprodukte bei mechanischer Belastung Fasern frei. Bereits 1972 wurden Nachweise veröffentlicht, dass künstliche Mineralfasern in Analogie zu Asbestfasern für den Menschen gesundheitsschädigend sein können [A.36].

Eine potenzielle Beeinträchtigung der Gesundheit geht von den Fasern erst dann aus, wenn sie in die Lunge gelangen (Länge < 250 µm, Dicke < 3 µm, [13]). Sind Fasern dorthin gelangt, ist die Verweildauer für das Ausmaß möglicher Gesundheitsgefahren von Bedeutung. 1994 wurde vom Ausschuss für Gefahrstoffe ein neues Bewertungsschema für künstliche Mineralfasern vorgeschlagen. Danach sind nicht mehr nur die geometrischen Verhältnisse von Faserlänge zu Faserdurchmesser, sondern die Beständigkeit der Fasern im menschlichen Körper entscheidend. Je schneller sich Fasern in der Lunge auflösen, desto geringer ist die Gefahr von gesundheitlichen Schäden.

### 8.1 Kritische Fasern

Für eine abschließende Definition von gesundheitsgefährdenden, insbesondere kanzerogenen Fasern, gibt es derzeit

keine ausreichenden Untersuchungen. Allerdings gibt es Hinweise auf die krebserzeugende Wirkung von Fasern mit kritischen Abmessungen. So werden Fasern nach TRGS bzw. WHO (World Health Organisation) als kritisch definiert, wenn die Abmessungen länger als 5 µm, dünner als 3 µm und das Verhältnis von Länge zu Durchmesser größer 3 ist. Herstellungsbedingt enthalten Mineralwollen einen Anteil an Fasern mit diesen kritischen Abmessungen. In den weiteren Verarbeitungsprozessen können durch mechanische Beanspruchungen wie Transportieren, Schneiden etc. Faserstäube entstehen, die in die Lunge gelangen können.

Im Vergleich zu Asbest entwickeln KMF bei mechanischer Beanspruchung jedoch in der Regel weniger gesundheitsschädigenden Feinstaub, der lungengängige Fasern enthalten kann (Tab. 3). Zudem sind die meisten KMF im Körper auch weniger biobeständig als Asbestfasern [A.13].

Tabelle 3  
Eigenschaften von Asbest und KMF im Vergleich

	Asbest	KMF
Faserbrüche	Längsspaltung der Minerale erzeugt lungengängige Fasern (0,1–3 µm)	i.d.R. keine Längsspaltung der Fasern, Brüche erfolgen quer zur Längsachse
Verweildauer in der Lunge	100 Jahre	„alte“ Wolle 150–200 Tage „neue“ Wolle weniger als 20 Tage
Faserabmessungen	Chrysotil (längsspaltbare Hohlfasern): 2–4 µm Massivfaser-Asbeste 0,1–0,2 µm	3–8 µm (Median ca. 4–5 µm) herstellungsbedingt z. T. variierender Anteil

Quelle: [A.13]

Erst bei einer bestimmten Verweildauer im Körpergewebe können die Fasern eine Tumorbildung auslösen. Diese Verweildauer ist nicht genau bekannt, jedoch wird als Sicherheitsgrenze von einer zulässigen Halbwertszeit von höchstens 40 Tagen ausgegangen. Das heißt, um eine Krebsgefahr auszuschließen, müssen sich nach 40 Tagen die Hälfte der Fasern aufgelöst haben.

Die Biolöslichkeit der Fasern wird durch deren chemische Zusammensetzung bestimmt. Deshalb werden bei neuen Mineralwollen die Anteile leichter biolöslicher Bestandteile (z. B. Natrium-, Kalium-, Calcium-, Magnesium- und Bariumoxide) erhöht und die schwerlöslichen Anteile (Silizium- und Aluminiumoxid) verringert. Die genauen Mischungsverhältnisse unterscheiden sich je nach Produkt. Deshalb wird für die Freizeichnung vom Verdacht, Krebs zu erregen, jedes KMF-Produkt in seiner spezifischen Zusammensetzung nach den RAL-Gütekriterien bewertet.

## 8.2 Gesundheitliche Bewertung von KMF

Da von KMF eine Gesundheitsgefährdung ausgehen kann, ist die Unbedenklichkeit durch geeignete Testverfahren nachzuweisen.

### Kanzerogenität der Fasern

In der Gefahrstoffliste [B.3] wird Mineralwolle in die Kategorien 2 und 3 eingeteilt.

**Kategorie 2 (K2):** Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der Annahme, dass die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff Krebs erregen kann. Diese Annahme beruht im Allgemeinen auf Folgendem:

- geeigneten Langzeit-Tierversuchen,
- sonstigen relevanten Informationen.

**Kategorie 3 (K3):** Stoffe, die wegen möglicher krebserregender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben, über die jedoch ungenügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um einen Stoff in Kategorie 2 einzustufen.

Um die gesundheitliche Unbedenklichkeit für ein KMF-Produkt nachzuweisen, muss nach deutschem Recht eine Prüfung nach Gefahrstoffverordnung [B.4] bzw. Chemikalien-Verbotsverordnung [B.14] und nach europäischem Recht nach EG-Verordnung Nr. 1272/2008 [B.15] bestanden werden.

Nach der Gefahrstoffverordnung stehen drei Verfahren zur Auswahl:

- Ein geeigneter **Intraperitonealtest** hat keine Anzeichen von übermäßiger Karzinogenität erbracht.
- Die Halbwertszeit nach **intratrachealer Instillation** von 2 mg einer Fasersuspension für Fasern mit einer Länge größer 5 µm, einem Durchmesser kleiner 3 µm und einem Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von größer 3 zu 1 (WHO-Fasern) beträgt höchstens 40 Tage.
- Der **Kanzerogenitätsindex KI**, der sich aus der Differenz zwischen der Summe der Massengehalte (in %) der Oxide von Natrium, Kalium, Bor, Calcium, Magnesium, Barium und dem doppelten Massengehalt (in %) von Aluminiumoxid ergibt, ist bei künstlichen Mineralfasern mindestens 40.

Liegt der Wert über 40, gelten die Fasern als nicht krebserzeugend. Liegt der Wert zwischen 30 und 40, wird das Produkt in die Kategorie 3 eingeordnet. Werte unter 30 werden Kategorie 2 zugewiesen. Der KI wird nur für glasige WHO-Fasern verwendet.

KI > 40	– nicht krebserzeugend
KI 30 bis 40	– K3 – möglich krebserzeugend
KI < 30	– K2 – krebserzeugend

Nach der EG-Verordnung Nr. 1272/2008 stehen vier Verfahren zur Auswahl:

- Ein geeigneter **Intraperitonealtest** hat keine Anzeichen von übermäßiger Karzinogenität erbracht.
- Mit einem kurzfristigen **Inhalationsbiopersistenztest** wurde nachgewiesen, dass die gewichtete Halbwertszeit der Fasern mit einer Länge von über 20 µm weniger als 10 Tage beträgt.
- Mit einem **kurzfristigen Intratrachealbiopersistenztest** wurde nachgewiesen, dass die gewichtete Halbwertszeit der Fasern mit einer Länge von über 20 µm weniger als 40 Tage beträgt.
- Abwesenheit von relevanter Pathogenität oder von neoplastischen Veränderungen bei einem geeigneten **Langzeitinhalationstest**.

Die Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V. wurde 1998 gegründet und stellt seit 1999 das RAL-Gütezeichen aus. Vor der RAL-Überwachung waren sämtliche Mineralwolleprodukte mit Einzelnachweis freizuzuzeichnen. Dies wurde von einzelnen Herstellern bereits ab 1994 und durchgängig von allen ab 1995 durchgeführt. Für Glaswolleprodukte wurde das KI-Verfahren angewendet (vermarktet als KI-40-Produkte). Für Steinwolle musste wegen der anderen chemischen Zusammensetzung von Anfang an auf Tierversuche ausgewichen werden. Mit Einführung der Chemikalien-Verbotsverordnung Mitte 2000 wurde die Freizeichnungsanforderung geändert. Alle Fasertypen müssen seitdem kumulativ sowohl die europäischen als auch die deutschen Freizeichnungskriterien erfüllen. Die Kumulierung lässt auch gleiche Verfahren zu, sodass in der Praxis der Intraperitonealtest bevorzugt wird, da dieser als einziger in beiden Verordnungen gefordert wird. Der geänderte RAL-Nachweis musste rückwirkend für alle bereits freigezeichneten Fasertypen erbracht werden. Eine alleinige Freizeichnung über den KI-Index, wie es vor der Änderung üblich war, ist nicht mehr möglich.



Abbildung 10  
RAL-Gütezeichen,  
RAL-GZ 388

Quelle: [C.5]

Die Freizeichnung wird als Zertifizierung von der Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V. durchgeführt und durch Verleihen des RAL-Gütezeichens (RAL-GZ 388) (Abb. 10) kenntlich gemacht [A.24].

Tabelle 4  
Entwicklung der Umstellung von „alter“ auf „neuer“  
Mineralwolle

1993	Erstmalige Festlegung einer Technischen Richtkonzentration als Grenzwert für lungengängige Fasern (Fasern „kritischer Abmessung“) = WHO-Fasern
Mai 1994	Neues Bewertungsschema vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) zur Einstufung von lungengängigen Fasern über die Berechnung des Kanzerogenitätsindex KI, veröffentlicht in der TRGS 905
1995	Hersteller von KMF-Dämmstoffen entwickeln daraufhin neue Fasern, die als „KI-40 Mineralwolle“ oder Mineralwolle „mit guter Biolöslichkeit“ auf den Markt kommen.
Oktober 1996	TRGS 521 „Faserstäube“ Konkretisierung der Umgangsbestimmungen mit künstlichen Mineralfasern, Einstufung und Bewertung über KI oder durch Nachweis gemäß TRGS 905.
November 1997	EG-Richtlinie zur Einstufung künstlicher Mineralfasern gegen das Votum Deutschlands mit Freizeichnungskriterien, die eine Verschlechterung des bereits bestehenden Schutzniveaus in Deutschland befürchten lassen.
Juli 1998	Die Bundesregierung lehnt die EU-Einstufung ab und ergänzt die GefStoffV durch die Dritte Änderungsverordnung mit Anhang V Nr.7.
Oktober 1998	Anlage 4 zur TRGS 521 zum Umgang mit eingebauten Mineralwolle-Produkten der Einstufung K2 oder K3
April 1999	Aufnahme des Gütezeichens „Erzeugnisse aus Mineralwolle“ (Faserstäube frei von Krebsverdacht nach GefStoffV Anhang V Nr.7) in die RAL-Gütezeichenliste unter der Reg.Nr. RAL-GZ 388.
1. Juni 2000	KMF-Verbotsverordnung für Erzeugnisse aus Mineralwolle, die keines der Einstufungskriterien gemäß GefStoffV Anhang V Nr.7 erfüllen.

Quelle: [A.25]

### Reizwirkung der Fasern

In Deutschland werden „neue“ Mineralwolleprodukte als nicht reizend nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 905 eingestuft. In den Sicherheitsdatenblättern zu den Mineralwolleprodukten finden sich Hinweise auf die reizende Wirkung bei Kontakt mit Haut, Schleimhaut oder Augen, ohne dass dabei die Einstufung als Gefahrstoff wirksam wird. Diese Verfahrensweise wird damit begründet, dass die strengen Vorschriften bezüglich der Biolöslichkeit den Malus der Reizwirkung ausgleichen. Diese Sichtweise wurde jetzt auch auf europäischer Ebene übernommen. Mit der Verordnung (EG) Nr. 790/2009 [B.16] wurde die Einstufung der „neuen“ Mineralwolleprodukte als reizend aufgehoben. Davon unberührt bleiben allerdings die „alten“ Mineralwollen.

### 8.3 Umgang mit Mineralfaserprodukten

Bei Sanierung, Rückbau und Abbruch sollte zunächst überprüft werden, welche Art von Mineralfasern verbaut wurde. Da sich gegenwärtig Baumaßnahmen mehrheitlich auf Gebäude der 50er bis 80er Jahre fokussieren, fällt im Baualltag überwiegend „alte“ Mineralwolle an. Bei Mineralwolle, deren Herstellungsdatum vor 1995 liegt, handelt es sich in der Regel um „alte“ Wolle.

Im Zeitraum von 1995 bis Juni 2000 wurde die Umstellung auf „neue“ Wollen vollzogen, so dass hier je nach Situation entschieden werden muss. Da auf den Produkten in der Regel keine Kennzeichnung vorgenommen wurde, ist über die Baubeschreibung auf das Alter der Mineralwolle zu schließen. Falls durch die Baubeschreibung der Hersteller und das Alter bestimmt werden kann, sind über den Hersteller eventuell verfügbare Freizeichnungsuntersuchungen nachzufragen. Ist keine eindeutige Zuordnung einer Freizeichnung möglich, muss von „alter“ Mineralwolle ausgegangen oder eine Nachuntersuchung der Fasern veranlasst werden. Hierzu bietet die Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V. Hilfe an [A.37]. Für Mineralwolleherstellungen ab Juni 2000 greifen die Anforderungen durch das RAL-Gütezeichen.

Beim Einsatz im Neubau wird empfohlen, die Einhaltung der Freizeichnungskriterien zu überprüfen. Diese Angaben finden sich im jeweiligen Sicherheitsdatenblatt [B.1] im Punkt 11. „Toxikologische Angaben“ [A.25]. Der Nachweis der Hersteller ist nicht in der bauaufsichtlichen Zulassung aufgeführt.

Mineralwollendämmstoffe, die das RAL-Gütezeichen tragen, erfüllen alle Freizeichnungskriterien. Da das RAL-Gütezeichen jedoch national verliehen wird, kann es auch nur in nationalen

Ausschreibungen gefordert werden [A.25]. Bei Produkten, die Mineralwolle enthalten und nicht in Deutschland gefertigt wurden, ist deshalb besonders auf die Einhaltung der Freizeichnungskriterien zu achten. Weiterhin ist zu beachten, dass Mineralwolle während der Nutzung durch Schädigungsprozesse in feinere, stärker lungengängige Faserpartikel zerfallen kann. Dies kann das Gefahrpotenzial erhöhen [A.27].

Bei der Arbeit mit alten Mineralwollen muss die Emission von Faserstäuben soweit verringert werden, wie dies technisch möglich ist. Die TRGS 521 definiert Expositionskategorien 1 bis 3. Es sind Tätigkeiten beschrieben, die den nachfolgend angegebenen Expositionsklassen zugeordnet werden:

- Expositionskategorie 1  
Konzentrationen < 50 000 Fasern/m<sup>3</sup> Luft
- Expositionskategorie 2  
Konzentrationen 50 000 bis 250 000 Fasern/m<sup>3</sup> Luft
- Expositionskategorie 3  
Konzentrationen > 250 000 Fasern/m<sup>3</sup> Luft

Ausgebaute „alte“ Mineralwolle muss sofort in reißfeste und staubdichte Säcke oder verschließbare Container verpackt werden. Diese Behältnisse sollten gekennzeichnet sein, oder die zur Verwertung beauftragte Firma muss über den Inhalt informiert werden. Die Kennzeichnung enthält Angaben über die Art des Abfalls und den Hinweis „Inhalt kann krebs-erzeugende Faserstäube freisetzen“. Im weiteren empfiehlt die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft geeignete Arbeitsschutzmaßnahmen [A.24].

**Eingebaute KMF**

Alte Mineralwolle, die im Bestand verbaut ist, muss nicht entfernt werden, wenn keine Baumaßnahmen am entsprechenden Bauteil geplant sind. Wird jedoch die Mineralwolle während einer Baumaßnahme entnommen, darf sie nicht wieder eingesetzt werden, es sei denn, die Kriterien der Gesundheitsunbedenklichkeit können nachgewiesen werden. Dies gilt auch für Produkte, die bautechnisch wieder verwendbar wären.

Muss bei der Umbaumaßnahme die alte Mineralwolle nicht ausgebaut werden, kann als Sanierungsvariante auch die räumliche Trennung angewendet werden. Das heißt, die alte Wolle wird so in den Umbau integriert, dass keine Fasern in angrenzende Bauteile exponiert werden können. Der Schadstoff wird dadurch nicht beseitigt. Diese Variante ist dann

von Interesse, wenn die Dämmwirkung noch intakt ist und eine Demontage unverhältnismäßig wäre. Wird die Variante gewählt, ist es wichtig, dass in den Bestandsplänen der Schadstoff verzeichnet wird, so dass er bei späteren Umbaumaßnahmen berücksichtigt werden kann [A.23].

Ist die alte Mineralwolle nicht mehr vorschriftsmäßig im Bauwerk eingebaut, kann dies zu Faserexpositionen im Innenraum führen.

Im Vergleich zu anderen Schadstoffen (Asbest, PCB) existieren für alte Mineralwolle lediglich arbeitsschutzrechtliche Beurteilungen; für die Gebäudenutzer gibt es kein adäquates Regelwerk. In [A.28] wird jedoch hierfür eine Handlungsempfehlung gegeben (Tab. 5).

Vorschriftsmäßig eingebaut sind Dämmstoffe, wenn sie mit einer Dampfsperre aus Folie abgedeckt sind und hinter einer dichten Bekleidung (Gipskartonplatten, Holzpaneel etc.) liegen [A.13]. Auch bei einer Wärmedämmung an der Außenwand oder wenn die Dämmstoffe von einem zweischaligen Mauerwerk umschlossen sind, wurden keine erhöhten Konzentrationen von Mineralfasern im Innenraum festgestellt. Es besteht kein Handlungsbedarf (Tab. 5).

Mäßig hoch können die Konzentrationen im Raum sein, wenn abgehängte Decken, die in der Regel zur Schalldämmung mit Mineralfasermatten belegt wurden, nicht mit einem funktionsfähigen Rieselschutz (Vlies) versehen sind und mit dem Innenraum im Luftaustausch stehen. Es ist zu überprüfen, ob Minderungsmaßnahmen erforderlich sind (Tab. 5).

Bei bautechnischen Mängeln oder Konstruktionen, die nicht dem technischen Stand entsprechen, kann es zu deutlich erhöhten Faserkonzentrationen bis zu einigen Tausend Fasern je m<sup>3</sup> Luft kommen. Die Mängel sind zu beseitigen (Tab. 5).

**Tabelle 5**  
Handlungsempfehlungen in Abhängigkeit von der KMF-Raumluftkonzentration

Konzentration der Fasern [F/m <sup>3</sup> ]	Bewertung	Empfehlung
< 500	nicht erhöht bis geringfügig erhöht	kein Handlungsbedarf
500–1 000	mäßig erhöht	Prüfung weiterer Maßnahmen oder Durchführung von Minderungsmaßnahmen
> 1 000	deutlich erhöht	Prüfung und ggf. Beseitigung von Mängeln, ggf. Durchführung von Sanierungsmaßnahmen

Quelle: [A.28]

**Sanierungsmaßnahmen im Innenraum**

Besteht der Verdacht auf bautechnische Mängel, bei denen Fasern in den Innenraum gelangen, sind zur Planungsvorbereitung der Sanierungsmaßnahme Messungen der Faserkonzentration in der Raumluft anzuraten. Die Luftmessungen sind analog der von Asbest-Sanierungen bekannten Verfahren durchzuführen [A.8]. Die Analyse der Luftbeschaffenheit erfolgt nach VDI-Richtlinie 3492 [B.12].

Werden o. g. Konzentrationen überschritten, sind Minderungsmaßnahmen sinnvoll. Vor jeder Maßnahme ist der Verbreitungsmechanismus der Fasern zu untersuchen, z. B. offene Fugen bei Trockenbausystemen, fehlende oder defekte Dampfsperrefolien.

Um zusätzliche Faserexpositionen zu vermeiden, sind Sanierungsarbeiten behutsam durchzuführen. Der Eingriff in die Bestandsdämmwolle ist zu minimieren. Wird mit größeren Faserexpositionen gerechnet, ist der Baubereich vorher einzuhausen. Die vorschriftsmäßige Abdichtung bzw. Kapselung der Dämmwollen ist mit üblichen Foliendichtungssystemen zur Erstellung von luftdichten Gebäudehüllen oder Trockenbausystemen etc. möglich. Ziel ist es, den Raum gegenüber der Baukonstruktion staubdicht abzugrenzen. Der Erfolg einer Sanierungsmaßnahme ist mit einer abschließenden Luftmessung nachweisbar.

**Neubaumaßnahmen**

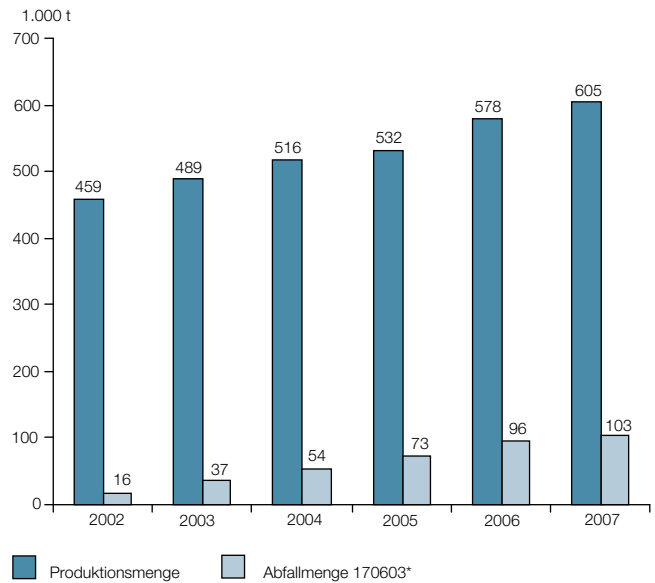
Im Innenbereich sind Baukonstruktionen mit Mineralwollebestandteilen staubdicht auszuführen. Dies gilt insbesondere bei Trennwänden mit Mineralwolle-Dämmung. Hier sind sämtliche Durchdringungen und Fugen, wie sie z. B. bei Installationsarbeiten auftreten, als staub- bzw. winddichte Ausführungen auszuschildern, um Faserfreisetzungen in die Raumluft zu vermeiden.

**9 Recyclingkonzepte**

**9.1 Mineralwolle – Abfallmengen aus Sanierung und Rückbau**

Das Statistische Bundesamt erfasst [A.15] in Deutschland jährlich etwa 100 000 t Mineralfaserdämmstoffe unter der europäischen Sonderabfall-Schlüsselnummer EAK-Nr. 170603\* über das Abfall-Überwachungsverfahren. Dies entspricht jedoch nur dem Teil des Mineralwolleabfallaufkommens, der als gefährlicher Abfall eingestuft wird. Nicht gefährliche Mineralwollen werden unter der Schlüsselnummer EAK-Nr. 170604

**Abbildung 11**  
**Jahresproduktion und Abfallaufkommen von Mineralwollen in Deutschland**



Quelle: [A.15]

(Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter EAK-Nr. und EAK-Nr. 170603 fällt) zusammen mit allen anderen Dämmstoffabfällen deponiert. Zukünftig werden diese Abfallmengen nicht-gefährlicher Mineralwollen deutlich steigen. Da diese Abfallschlüsselnummer EAK-Nr. 170604 jedoch keine stofflich getrennte Erfassung der Dämmmaterialien zulässt, ist nicht bekannt, wie hoch der Anteil an Mineralwollen ist.

In [A.34] wird für sämtliche Mineralwollen eine Abfallmenge von 200 000 t bis 300 000 t prognostiziert (dies lässt bei mittleren Rohdichten von 30 bis 70 kg/m<sup>3</sup> Volumenströme von 2,9 bis 10 Mio. m<sup>3</sup> erwarten). Diese Menge ist bezogen auf das bisher eingebaute Volumen von ca. 700 Mio. m<sup>3</sup> Mineralfaserdämmstoffen gering. Im Verhältnis zur jährlichen Stoffstrombilanz von Mineralwollen würde der Abfallstrom jedoch bereits bis zu 50 % der Neuproduktion (ca. 600 000 t) betragen.

**9.2 Beseitigung von Mineralwollen**

Der herkömmliche Entsorgungsweg von „alter“ Mineralwolle besteht in der Deponierung unter der europäischen Sonderabfall-Schlüsselnummer EAK-Nr. 170603\* als gefährlicher Abfall. Nachweislich als nicht gefährlich eingestufte KMF können unter EAK-Nr. 170604 deponiert werden.

Für Abfälle besteht grundsätzlich eine Nachweispflicht. Die Nachweisverordnung [B.13] enthält Vorschriften für die Ent-

sorgung größerer oder gewerblicher Mengen von gefährlichen Abfällen. Darüber hinaus gilt in einigen Bundesländern für gefährliche Abfälle eine Andienpflicht, d. h. der Abfall muss einem im Landesabfallgesetz festgelegten Träger überlassen werden, der den Verbleib vorgibt. Dies hat zur Folge, dass dieser Abfall nicht über Bundesländergrenzen hinaus transportiert werden darf. Für nicht gefährliche Abfälle entfällt die Andienpflicht.

Für Kleinmengen existieren Sammelstellen auf kommunaler Ebene (Wertstoffhof). Für nähere Auskünfte (Ort, Öffnungszeiten, Annahmebedingungen) ist die entsorgungspflichtige Körperschaft zuständig. Die Führung eines Entsorgungsnachweises ist für private Haushalte und bei Kleinmengen unter 2000 kg/a nicht notwendig. Jedoch dürfen auch Kleinmengen nicht als Bauschutt entsorgt werden [A.13].

Die Beseitigung von Mineralfaserabfällen erfolgt auf Hausmülldeponien (Deponieklasse DK I oder II). Beim Transport und bei der Einlagerung auf Deponien ist die Staubbildung gering zu halten. Dazu muss das Material staubdicht verpackt werden. Die Verpackungen dürfen beim Transport und bei der Ablagerung nicht beschädigt werden. Ein Abkippen ist zu vermeiden. Nach dem Einbau sind die Mineralfaserabfälle mit geeignetem Material abzudecken. Die Einbaustellen sind im Betriebstagebuch und in einem Kataster festzuhalten.

Der Vorteil der Deponierung war in der Vergangenheit vor allem der niedrige Preis, der vor wenigen Jahren noch zwischen 40 und 50 €/t lag. Zwischenzeitlich sind die Deponiekosten regional stark angestiegen, und die Preisspanne bewegt sich zurzeit in Deutschland zwischen ca. 50 bis 250 €/t für Mineralfaserabfälle mit gefährlichen Verunreinigungen. Bei einigen Deponien fallen bereits heute für „alte“ Mineralwollen doppelt so hohe Preise an wie für „neue“ Mineralwollen. Der Kostenaufwand und die Verknappung des Deponievolumens könnten in der nächsten Zukunft die Entwicklung stofflicher Verwertungsverfahren fördern. Für die Bereiche Sammellogistik, Aufbereitungstechnologie und Verwertungsanlagen eröffnen sich daraus neue Entwicklungsbereiche und Betätigungsfelder. Hemmnisse können sich z. B. aus der Landesabfallgesetzgebung ergeben. Dazu zählen etwa das Transportverbot von „alten“ Mineralwollen als gefährlicher Abfall über Landesgrenzen hinaus. Die Hemmnisse müssen ggf. den Erfordernissen der Kreislaufwirtschaft angepasst werden, um Recyclingverfahren, wie sie im folgenden Abschnitt beschrieben werden, besser umsetzen zu können.

### 9.3 Recycling von Mineralwolleabfällen aus der Bauproduktion (Baustellenmischabfälle)

Die Deutsche Rockwool bietet seit 1993 die Rücknahme von sortenreinen sowie kaschierten Mineralwolle-Baustellenabfällen des Fabrikats Rockwool für das stoffliche Recycling im Werk gegen Annahmehonorare an. Die Höhe der Rücknahmehonorare unterscheidet sich nicht wesentlich von regional üblichen Deponiegebühren. Bereits 1994 wurde dieses Recyclingkonzept auf die Rücknahme von gebrauchten Dämmstoffen erweitert. Das Angebot gilt insbesondere für Großkunden und ist an den Kauf von neuen Produkten gekoppelt [A.30].

Ein verbessertes Rücknahmesystem praktiziert die FLUMROC AG in Flums (Schweiz). Analog zur Deutschen Rockwool bietet FLUMROC Foliensäcke gegen Kaufpreis für die sichere Verpackung und zum Transport von Steinwolleabfällen zum Mineralwollehersteller an. Neu ist, dass die mit Abfall gefüllten Säcke beim Kauf von Neuware vom Händler zurückgenommen werden und im Zuge der Belieferung zum Hersteller zurücktransportiert werden. Im Verkaufspreis von Neuware ist ein Anteil zur Deckung der Kosten des Händlers berücksichtigt, während die Rückfracht zu Lasten des Herstellers geht.

Die Anwendung dieses Systems ist in Deutschland sehr wahrscheinlich nach heutiger Rechtslage nicht umsetzbar, insbesondere dann nicht, wenn es sich bei der zu recycelnden Mineralwolle um einen gefährlichen Abfallstoff nach EAK Nr. 170603 handelt. Weder die direkte Rückgabe von Abfällen durch den Besitzer an einen Händler noch der Transport durch eine x-beliebige Spedition sind zugelassen. Die Abfälle müssen in Deutschland generell autorisierten Betrieben oder autorisierten kommunalen Körperschaften mit entsprechenden abfallrechtlichen Zertifizierungen überlassen werden. In Bezug auf die Recycelbarkeit sind besondere Bedingungen an die Störstoffgehalte der zu verwertenden Mineralwollen geknüpft.

#### Verhütung im Schacht- und Rinnenofen

Störende Verunreinigungen bei einer Verhütung im Schacht- oder Rinnenofen können sein:

1. Kaschierungen aus Papier, Pappe, Aluminium, Rohrschalen aus Plastik oder Metalle aus Befestigungssystemen
2. Kleber, Armierungsgewebe aus Plastik oder Glasfasern, Filze, Kunststoffputze, Bitumenklebstoffe, Wasserglas-kleber etc.

Diese Fremdstoffe sollten weitgehend aus dem Rezyklat herausgehalten werden. Vor der Herstellung verhüttungsfähiger „Briketts“ ist daher die Vorschaltung einer Aufbereitungsstufe zur Fremdstoffselektierung erforderlich.

### **Einschmelzen von Mineralwolle in einem Wannofen**

Beim Wiedereinschmelzen von Mineralwolle in einem Wannofen stören neben den organischen groben Bestandteilen wie Papier, Pappe, Plastik (Dübel) und organische Armiierungsgewebe aus WDVS und anhaftende Bitumenkleber an Flachdachdämmstoffen auch die arteigenen Bindemittel (Harnstoff-Formaldehyd-Phenolharze) der Mineralwollen. Diese Stoffe müssen in einem dem Schmelzprozess vorgeschalteten Verfahrensschritt, der Pyrolyse bis zum Ausbrand des Kohlenstoffs, zerstört werden. Kohlenstoffhaltiges Schmelzgut vermindert durch Reduktionsprozesse am Feuerfestmaterial die Standzeit der feuerfesten Wannenzustellungen signifikant [A.31].

### **Alternatives Verfahren zur stofflichen Verwertung von Mineralwolleabfällen**

Ein alternatives Verfahren ist die Aufbereitung von Stein-, Glas- und Schlackenwolleabfällen zur stofflichen Verwertung in der Ziegelindustrie. In einem Mahlprozess wird die Mineralwolle unter Zusatz von Ton, Gelatine und Wasser zu einer Pulpe vermahlen, die zu Granalien (Markenname WOOLIT) [A.32] geformt wird. Diese Granalien werden als Produkt „Porosierungsmittel“ bei der Herstellung von Ziegeln verwendet. Im Verlauf des Ziegelbrennprozesses schmelzen die Gesteinsgläser der Mineralwolle, wobei ihre geometrische Struktur (Faserstruktur) zerstört wird. Neue chemische Bindungen mit den Metakaolin-, Spinell- und Korundphasen, der sich bildenden Keramikstruktur, entstehen. Die Verwertungskapazität der Anlage für Mineralwolleabfälle beträgt ca. 17 000 t pro Jahr [A.33].

### **Zukunftsszenario: Verwertung mit Hilfe der Mikrowellentechnologie**

Der Ansatz dieser im Forschungsstadium befindlichen Technologie geht von beträchtlichen Abfallmengen von KMF aus, die, anstatt deponiert, mit Hilfe der Mikrowellentechnologie zu Schlacke verarbeitet werden.

Insbesondere für die Behandlung der kanzerogen eingestuftten Wollen, bei denen vor der stofflichen Verwertung eine

Zerstörung der Faserstruktur erfolgen muss, ist diese Technologie vorteilhaft.

Erste Laboruntersuchungen zeigen eine nahezu vollständige Verschlackung der Fasern bereits nach wenigen Minuten Einwirkzeit der Mikrowellen [A.34].

Das Verfahren wurde im Labormaßstab bereits erfolgreich erprobt und wird zurzeit auf die Tauglichkeit für eine großtechnische Umsetzung untersucht. Ob das Verfahren in Zukunft eingesetzt wird, hängt in erster Linie davon ab, eine Vermarktung für Mineralschlacke zu finden. Denkbar wäre die Wiederverwendung als Rohstoff für die Mineralwolleproduktion. Durch die Verschlackung kann die als gefährlicher Abfall eingestufte „alte“ Wolle in einen Sekundärrohstoff umgewandelt werden. Damit könnte das Transportverbot von gefährlichem Abfall über Bundesländergrenzen hinaus umgangen werden. Der Sekundärrohstoff kann national oder auch international eingesetzt werden.

### **9.4 Recycling von Mineralwolleabfällen aus der laufenden Mineralwolleproduktion**

Bei vielen Herstellern werden für die neuen Mineralwollen, also mindestens seit 1995, nahezu alle Reststoffe aus der Produktion sowie fehlerhafte Dämmstoffe nach vorheriger Zerkleinerung unter Zusatz splittförmiger Rohstoffe mit Zement als Bindemittel zusammengemischt und in Formkörper gepresst. Dieses grobstückige Aufgabegut wird in Schacht- und Rinnenöfen wieder aufgeschmolzen [A.14]. In den Werken der dänischen Rockwool-Gruppe werden die Recycling-Formsteine mit Ton gebunden. Bei Verwendung dieser Reststoff-Formkörper werden die Zuschläge Kalkstein und Dolomit eingespart. Der Anteil dieser Formsteine in der Rohstoffaufgabe liegt bei etwa 30 %.

Von ROHLEDER und FLECKENSTEIN [A.29] wurde in Kooperation mit der Deutschen Basaltwolle GmbH in Bovenden ein innerbetriebliches Recyclingverfahren für faserförmige Mineralwolleabfälle bis zur Betriebsreife entwickelt, um Verschnittmineralwolle aus der Besäumung und Konfektionierung von Mineralwolleerzeugnissen wieder einzuschmelzen und somit die Deponierung zu vermeiden.

Die interne Kreislaufführung von Reststoffen nimmt einen Anteil bis zu 25 % des Rohstoffbedarfs ein. Die Ersparnisse, die durch den Wegfall der Entsorgungskosten und die geringere Rohstoffbeschaffung erzielt werden, wiegen den Aufwand der Kreislaufführung im Werk mehr als auf. Aus diesen Gründen ist das betriebsinterne Recycling von Mineralwolleresten bereits seit Jahren gängige Praxis bei allen Herstellern.



## 10 Fazit und Zusammenfassung

Als größte Produktgruppe dominieren die Mineralwolleerzeugnisse den deutschen Dämmstoffmarkt. Seit 1960 wurden ca. 700 Mio. m<sup>3</sup> hergestellt und als Wärme- und Schalldämmstoffe eingebaut. Die gegenwärtige Produktion und der Einbau von Mineralwolleerzeugnissen beträgt ca. 15 bis 20 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr. Auch zukünftig werden Mineralwolleprodukte einen erheblichen Anteil am Dämmstoffmarkt haben. Die Produktion kann weitgehend mit nationalen Rohstoffquellen, die zahlreich vorhanden sind, abgedeckt werden. Auch in der Ökobilanz schneiden die Mineralwollen gut ab.

Das jährliche Abfallaufkommen von Mineralwolleprodukten, das bei Neubau, Sanierung und Abbruch anfällt, wird mit ca. 100.000 t angegeben. Der überwiegende Teil dieser Menge besteht aus krebserzeugender Altwolle, die seit Juni 2000 nicht mehr in Umlauf gebracht werden darf. Diese „alten“ Mineralwollen bestimmen bis heute die Skepsis gegenüber „neuen“ Mineralwolleprodukten bezüglich ihrer Gesundheitswirkung, obwohl die Hersteller seit 1995 die Fasergestalt und –zusammensetzung so produzieren, dass das Gefährdungspotenzial minimal ist. Diese Qualität wird durch die Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V. garantiert und mit einem RAL-Gütesiegel gekennzeichnet.

Gleichwohl prägen im Sanierungs- und Rückbaubereich die „alten“ Wollen das Bild der Mineralwolleedämmstoffe. Die Neigung zur extremen Staubbildung, die auf Augen, Haut und Schleimhaut reizend wirkenden Fasern, die damit verbundenen Schutzkleidungen, die Verpackungs- und Getrennthaltungspflicht und nicht zuletzt die hohen Deponiegebühren führen am Nutzungsende des Baustoffs zu einem negativen Erscheinungsbild.

Ein Großteil der ausgebauten Mineralwolle wird gegenwärtig durch Deponierung entsorgt. Obwohl eine höhere stoffliche Verwertungsquote prinzipiell möglich wäre, ist der Übergang vom Abfallstoff zum Produkt bisher nur in Einzelfällen gelungen (WOOLIT-Herstellung, Rockwool-Rücknahmesystem). Ein geringer Anteil ausgebauter „alter“ und „neuer“ Mineralwolle wird nach dem WOOLIT-Verfahren aufbereitet und durch die Ziegelindustrie stofflich verwertet. „Neue“ Mineralwollen, die bei der Produktion von Mineralwolle anfallen, werden überwiegend durch innerbetriebliches Recycling beim Mineralwollehersteller stofflich verwertet. Die internen Reststoffkreisläufe sind im Prinzip auch für die stoffliche Verwertung von Steinwolleedämmstoffen aus dem Rückbau von Gebäuden geeignet. Die Hersteller sind nicht zur Rücknahme ihrer Mineralwolleerzeugnisse verpflichtet. Eine Verwertung von ausgebauter Mineralwolle durch die Mineralwollehersteller ist

## Weitere Auskünfte

Wichtige Stellen, die weitere Auskünfte zu künstlichen Mineralfasern geben:

- **Umgang mit KMF:** Örtlich zuständige Gewerbeaufsichtsämter an den Bezirksregierungen
- **Sanierung:** Adressen bei örtlich zuständigem Gewerbeaufsichtsamt, Industrie- und Handelskammer IHK, Stadt, Landkreis
- **Verwertung:** Landesämter für Umwelt
- **Entsorgung:** Abfallberatung der entsorgungspflichtigen Körperschaft (Stadt, Landkreis)
- **Gutachter:** IHK-Sachverständigenverzeichnis

teilweise möglich, erfolgt aber wegen der Zusatzkosten des stofflichen Recyclings beim Hersteller nur in Zusammenarbeit mit Großkunden für Neuware.

Das Schweizer Modell zur Rückgabemöglichkeit von Abfallmineralwolle beim Dämmstoffhändler im Zusammenhang mit dem Neukauf von Mineralwolleedämmstoffen erscheint wirtschaftlich und logistisch effektiv. Dieses Modell könnte unter Einbeziehung aller abfallgesetzlichen Regelungen auch für Deutschland die Wiederverwertung von Mineralwolle voranbringen. Dazu ist jedoch eine exakte Definition des Übergangs vom Abfall zum Wertstoff zu finden.

Parallel sind leistungsfähige Aufbereitungs- und Verwertungsverfahren sowie Sammel- und Logistiksysteme aufzubauen und nicht zuletzt Baukonstruktionen zu wählen, die einen sortenreinen Rückbau der Materialien ermöglichen.

## Quellennachweise

### A) Literatur

- [A.1]  
Mai, Anna: Unter Dach und Fach, Test Dachdämmstoffe, in Öko-Test 10/2009, S. 140–148
- [A.2]  
Parrott, Richard D. A.: Greenwood Iron Works, New York, Patent-Offenlegungsschrift, Nr. US 372486, Composition for Mineral Wool, United States Patent Office, 1887
- [A.3]  
Telnský, Elisabeth: Österreichische Patentschrift, Nr. AT 6508, Verfahren zur Herstellung von verwendbarer Glaswolle, Kaiserlich Königliches Patentamt, Patentbeginn: 3. Juni 1898, Ausgabedatum 25. Jänner 1902
- [A.4]  
ISOLA Mineralwolle-Werke: Informationen zur Unternehmensgeschichte, www.isola-mineralwolle.de/untern.htm, 10.08.2010
- [A.5]  
ISOLA-Gesellschaft m.b.H.: Patentschrift, Nr. DE 473821, Vorrichtung zur Herstellung von Schlackenwolle o. dgl., Deutsches Reich, Reichspatentamt, Patentbeginn: 30. April 1926, Ausgabedatum 21. März 1929.
- [A.6]  
Möller, Horst: Saint-Gobain in Deutschland – Von 1853 bis zur Gegenwart. Geschichte eines europäischen Unternehmens, C. H. Beck, 2001.
- [A.7]  
Bak, Per: Die Geschichte des Rockwool Konzerns, Deutsche Ausgabe, Hrsg. ROCKWOOL INTERNATIONAL A/S, Hedehusene Bogtrykkeri, Mai 2004.
- [A.8]  
BBSR (Hrsg.), Herr, Roland (Bearb.): Gefahrstoff Asbest in BBSR-Berichte KOMPAKT 2/2010.
- [A.9]  
Dobbertin, Sigbert: Gesundheitliche Bewertung künstlicher Mineralfasern, in Fachzeitschrift: EntsorgungsPraxis, Jg. 14, Nr. 5, S. 54–57, 1996.
- [A.10]  
Institut Bauen und Umwelt e.V.: Umwelt-Produktdeklaration, Kronotherm Holzfaserdämmstoffe: hardboard 100, Kronoply GmbH, Deklarationsnr. EPD-KRO-2009211-D, 2009.
- [A.11]  
Institut Bauen und Umwelt e.V.: Umwelt-Produktdeklaration, Polyurethan-Dämmplatten, IVPÜ e.V., Deklarationsnr. EPD-IVPU-2010112-D, 2009.
- [A.12]  
Institut Bauen und Umwelt e.V.: Umwelt-Produktdeklaration, XPS – extrudierter Polystyrolschaum, FPX – Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaumstoff, Deklarationsnr. EPD-FPX-2010111-D, 2009.
- [A.13]  
Bayerisches Landesamt für Umwelt: UmweltWissen, Künstliche Mineralfasern, 2008.
- [A.14]  
Klose, Gert-Rüdiger: Recycling von Steinwolle-Dämmstoffen. Deutsche Bauzeitung 289 (1995) 10, S. 197–204, 1995
- [A.15]  
Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung 2002–2007, Herkunft der Abfallmengen, die dem Überwachungsverfahren unterliegen.
- [A.16]  
Institut Bauen und Umwelt e.V.: Umwelt-Produktdeklaration, Dämmstoffe aus expandiertem Polystyrol (EPS) für die Anwendung an Wänden und Dächern, Industrieverband Hartschaum e.V., IVH, Deklarationsnr. EPD-IVH-2009311-D, 2009
- [A.17]  
Institut Bauen und Umwelt e.V.: Umwelt-Produktdeklaration, Unkaschierte Glaswolle-Platten und -Filze, Saint-Gobain ISOVER G+H AG, Deklarationsnr. EPD-GHI-2008211-D, 2008.
- [A.18]  
www.recyclingportal.eu/artikel/22117.shtml, 10.08.2010
- [A.19]  
Institut Bauen und Umwelt e.V.: Umwelt-Produktdeklaration, Unkaschierte bzw. unbeschichtete kunstharzgebundene Steinwolle-Dämmstoffe, Deutsche Rockwool Mineralwoll GmbH & Co. OHG, Deklarationsnr. EPD-DRW-2008112-D, 2008
- [A.20]  
Institut Bauen und Umwelt e.V.: Umwelt-Produktdeklaration, Unkaschierte Steinwolle-Platten und -Filze, Saint-Gobain ISOVER G+H AG, Deklarationsnr. EPD-GHI-2008111-D, 2008
- [A.21]  
Woebcken, Wilbrand; Adam, Wilhelm; Braun, Dietrich: Kunststoff-Handbuch – Duroplaste, Band 10, 2. Ausgabe, Hanser Verlag, 1988
- [A.22]  
Gesamtverband Dämmstoffindustrie GDI: GDI-Baummarktstatistik 1995–2005
- [A.23]  
Gesamtverband Schadstoffsanierung (Hrsg.), Berg, Alexander et al.: Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2010
- [A.24]  
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft BG Bau: Umgang mit Mineralwolle – Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle), Handlungsanleitung, Stand 09/2008
- [A.25]  
WECOBIS – Ökologisches Baustoffinformationssystem: wecobis.iai.fzk.de/cms/content/site/wecobis/lang/de/Mineralwolle-Daemmstoffe, 23. August 2010.
- [A.26]  
VEB Zementkombinat ZEKOM: Mineralwolle und Mineralwolle-Erzeugnisse, Isoliermaterial in der Industrie und im Bauwesen aus der Deutschen Demokratischen Republik, Heft, Nr. Ag 36-003-78 IV-28-2 960.
- [A.27]  
Bundesländer Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen: Merkblatt zum Rückbau von Plattenbauten mit Kamilit in den Betonaußenwandplatten. Hrsg. Arbeitsgruppen der Arbeitsministerien der genannten Bundesländer, 1. Auflage vom April 2005
- [A.28]  
Zwiener, Gerd: Handbuch Gebäude-Schadstoffe für Architekten, Sachverständige und Behörden, Verlag: Rudolf Müller, Köln, 1997
- [A.29]  
J. Rohleder und R. Fleckenstein: Entwicklung einer Einschmelzanlage für Steinwolle zur Minimierung der Deponierung. Abschlussbericht, BMU-Forschungsvorhaben Nr. UBA-FB AP 3097, 1996; auszugsweise veröffentlicht in: BMU 6/98 S. 286 .
- [A.30]  
Deutsche Rockwool Mineralwoll GmbH: Rockwool erweitert Recycling-Konzept, Presseinformation vom 09.03. 1994, Gladbeck.
- [A.31]  
Grünzweig und Hartmann AG: Patent-Offenlegungsschrift OS DE 4325726 vom 02.02.1995 „Verfahren und Einrichtung zur Herstellung von Mineralwolle unter Verwendung von Mineralwolleabfällen“, Ludwigshafen.

- [A.32]  
Fritsch, Edwin: Urkunde Nr. 303 16 540 über die Eintragung der Marke WOOLIT beim Deutschen Patent- und Markenamt vom 25.08.2003.
- [A.33]  
Fritsch, Edwin: Das Woolit-Verfahren. <http://woolrec.de>, 10.08.2010
- [A.34]  
Müller, Anette; Leydolph, Barbara; Stanelle, Katja: Stoffliche Verwertung von Mineralwolleabfällen – Technologien für die Strukturumwandlung, in: Keramische Zeitschrift 06/2009 S. 367–375.
- [A.35]  
Institut Bauen und Umwelt e.V.: <http://bau-umwelt.de/hp354/Deklarationen.htm>, 18.10.2010.
- [A.36]  
Pott, F. / Freidrichs, K. H.: Tumoren der Ratte nach i.p.-Injektion faserförmiger Stäube, in Naturwissenschaften 59, S. 318, 1972
- [A.37]  
Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V.: <http://www.ral-mineralwolle.de/bewertung-eingebauter-mineralwolle.html>, 22.11.2010
- [A.38]  
Bilanzorgan, VEB Zementwerke Karsdorf, Mineralwolle-Dämmstoffe, Kamilit.
- [A.39]  
Haubenreißer, H.: Im Ringen um das Weltniveau – Neuer Faserdämmstoff für Schallschutz, Wärme- und Kälteisolierung, Teil 1, Bauzeitung 1963, Heft 4, S. 181–182.

## B) Gesetze, Normen, Regelwerke

- [B.1]  
Bekanntmachung 220 – Sicherheitsdatenblatt  
Bekanntmachung zu Gefahrstoffen, 25. September 2007.
- [B.2]  
TRGS 521, Technische Regeln für Gefahrstoffe, Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle, Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Stand: Februar 2008.
- [B.3]  
Gefahrstoffliste 2009 (BGIA-Report 1/2009), Institut für Arbeitsschutz der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg.).
- [B.4]  
Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV), Stand: Mai 2008.
- [B.5]  
TRGS 905, Technische Regeln für Gefahrstoffe, Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe, Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Stand: Mai 2008.
- [B.6]  
DIN 4102-17, 1990-12, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Schmelzpunkt von Mineralfaserdämmstoffen; Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Beuth Verlag, Berlin.
- [B.7]  
DIN EN 13162, 2009-02, Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) – Spezifikation; Deutsche Fassung EN 13162:2008, Beuth Verlag, Berlin.
- [B.8]  
DIN EN 14303, 2010-04 Wärmedämmstoffe für die technische Gebäudeausrüstung und für betriebstechnische Anlagen in der Industrie – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) – Spezifikation; Deutsche Fassung EN 14303:2009, Beuth Verlag, Berlin.

- [B.9]  
DIN 52271, 1981-06, Prüfung von Mineralfaserdämmstoffen; Verhalten bei höheren Temperaturen, Beuth Verlag, Berlin.
- [B.10]  
DIN 52274, 1986-07, Prüfung von Mineralfaserdämmstoffen; Abreißfestigkeit; Ermittlung senkrecht zur Dämmschichtebene, Beuth Verlag, Berlin.
- [B.11]  
VDI-Richtlinie 3469, Blatt 6, 2008-01 Emissionsminderung – Herstellung und Verarbeitung von faserhaltigen Materialien – Mineralwolle-Dämmstoffe, Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL.
- [B.12]  
VDI-Richtlinie 3492, 2004-10, Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messen von Immissionen – Messen anorganischer faserförmiger Partikeln – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL.
- [B.13]  
Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung – NachwV), vom 20. Oktober 2006.
- [B.14]  
Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung – ChemVerbotsV), Stand: neugefasst 13.6.2003, zuletzt geändert 21.7.2008.
- [B.15]  
Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlament und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006.
- [B.16]  
Verordnung (EG) Nr. 790/2009 der Kommission vom 10. August 2009 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen zwecks Anpassung an den technischen und wissenschaftlichen Fortschritt

## C) Bildquellen

- [C.1]  
Gräfe, Owen: Mitteilung aus dem Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt, Dessau, August 2009, Übermittlung von Bildern und den Rechten für die Bildnutzung: [owen.graefe@lav.ms.sachsen-anhalt.de](mailto:owen.graefe@lav.ms.sachsen-anhalt.de)
- [C.2]  
BBSR
- [C.3]  
In Anlehnung an [A.17]
- [C.4]  
In Anlehnung an [A.19]
- [C.5]  
Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V.

## Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)  
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)  
Deichmanns Aue 31–37  
53179 Bonn

## Bearbeitung / Ansprechpartner

Claus Asam

## Redaktion

Christian Schlag

## Satz und Gestaltung

Marion Kickartz

## Druck

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

## Bestellungen

Silvia Haupt  
silvia.haupt@bbr.bund.de  
Stichwort: BBSR-Berichte KOMPAKT 1/2011

Die BBSR-Berichte KOMPAKT erscheinen in unregelmäßiger Folge. Interessenten erhalten sie kostenlos.

ISSN 1867-0547 (Printversion)  
ISBN 978-3-87994-606-8



Nachhaltiges Bauen. Strategien – Methodik – Praxis  
BBSR-Berichte KOMPAKT 14/2010,  
Hrsg.: BBSR

Download: [www.bbsr.bund.de](http://www.bbsr.bund.de)  
→ BBSR-Berichte KOMPAKT



Die europäische Bauwirtschaft  
BBSR-Berichte KOMPAKT 8/2010,  
Hrsg.: BBSR

Download: [www.bbsr.bund.de](http://www.bbsr.bund.de)  
→ BBSR-Berichte KOMPAKT



Gefahrstoff Asbest  
BBSR-Berichte KOMPAKT 2/2010  
Hrsg.: BBSR

Download: [www.bbsr.bund.de](http://www.bbsr.bund.de)  
→ BBSR-Berichte KOMPAKT