

Leitfaden Recyclingpotential von Mineralwolle

Frank U. Vogdt, Diana Fischer, Falk Schaudienst, Michael Schober

Inhalt

1	Mineralwolle	4
1.1	Ausgangsstoffe und Herstellung	4
1.2	Anwendungsbereiche und Lieferformen.....	5
2	Umwelt und Gesundheit	7
2.1	Umweltwirkungen	8
2.2	Dauerhaftigkeit.....	9
2.3	Gesundheitsschutz	10
3	Rechtsrahmen.....	12
3.1	Gefahrstoffrecht	12
3.2	Abfallrecht	13
4	Rückbau von Mineralwollen	15
4.1	Bausubstanzerkundung	15
4.2	Rückbau	18
5	Sammlung, Verpackung und Transport	19
5.1	Sammlung und Verpackung.....	19
5.2	Transport	19
6	Verwertung und Entsorgung.....	20
6.1	Recycling im Mineralwolle-Kreislauf	20
6.2	Alternative Verwertungsverfahren	21
6.3	Entsorgung.....	21
7	Zusammenfassung	23
8	Literaturverzeichnis	24

Leitfaden

Recyclingpotential von Mineralwolle

erstellt im Rahmen des Forschungsprojektes

LifeCycle KMF
Optimierung der Stoffströme im Lebenszyklus von Bauprodukten
aus künstlichen Mineralfaserdämmstoffen
Aktenzeichen SWD-10.08.18.7-14.24

Seit den 1970er Jahren werden stetig höhere Ziele zur Energieeinsparung und zum Klimaschutz definiert. Damit gehen auch kontinuierliche Steigerungen der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz von Gebäuden einher.

Der Einsatz von Dämmstoffen ist seit jeher ein wesentliches Instrument, um diese Anforderungen zu erfüllen. Mit einem Marktanteil von ca. 54 % [Deilmann, 2016] kommt hier den Mineralwolle-Dämmstoffen eine besondere Bedeutung zu. Dank ihrer hervorragenden Eigenschaften im Hinblick auf den Wärme-, Brand- und Schallschutz sind sie in nahezu sämtlichen Baukonstruktionen der Gebäudehülle und des Innenausbaus sowie zur Dämmung von Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung zu finden.

Bis 2011 wurden in Deutschland bereits 700 Mio. Kubikmeter Mineralwolle verbaut [BBSR 2011]. Seitdem sind nach Schätzung des Fachverbandes Mineralwolle e. V. (FMI) jährlich etwa 1 Mio. Tonnen hinzugekommen. Gleichzeitig werden im Rahmen von Rückbau- und Sanierungsprojekten Mineralwolle-Abfälle aus dem Gebäudebestand entnommen. 2016 wurde der überwiegende Teil davon, etwa 160 Tsd. Tonnen, deponiert [DESTATIS, 2018].

Der Vergleich dieser Zahlen zeigt, dass in den kommenden Jahrzehnten eine deutliche Steigerung der Rückbaumengen zu erwarten ist. Um der Forderung nach einem nachhaltigen, ressourceneffizienten Bauen gerecht zu werden, ist es essenziell, dass diese Abfälle effizient genutzt werden.

Der vorliegende Leitfaden beinhaltet neben einer Beschreibung der wesentlichen Grundlagen der Mineralwolle-Herstellung Angaben zum Umgang mit Mineralwolle-Abfällen. Er gibt einen Überblick über die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen, die im Lebenszyklus von Mineralwolle-Dämmstoffen zu beachten sind und fasst alle umwelt- und gesundheitsrelevanten Aspekte zusammen.

1 Mineralwolle

Mineralwollen bestehen aus ungerichteten, glasigen (Silikat-) Fasern mit einem Massengehalt von über 18 Prozent an Oxiden von Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium und Barium [TRGS 521, 2008]. Sie werden auf Basis ihrer Ausgangsstoffe unterschieden in Glas-, Stein- und Schlackenwolle und weisen damit eine jeweils charakteristische chemische Zusammensetzung auf (vgl. Tabelle 1).

Für heutige Neubau-Projekte sind nur Glas- und Steinwollen von Bedeutung. Im Gebäudebestand der 1960er bis 1980er Jahre, und hier vorwiegend im Bereich der ehemaligen DDR, ist jedoch auch noch Schlackenwolle vorzufinden.

Tabelle 1: Hauptbestandteile von Stein-, Glas- und Schlackenwolle [VDI 3492, 2013]

Bestandteil	Anteil in Masse-% an			
	Steinwolle bis ca. 1996	Steinwolle ab ca. 1996	Glaswolle	Schlackenwolle
SiO ₂	40 - 53	33 - 43	48 - 70	34 - 52
Al ₂ O ₃	6 - 18	18 - 24	0 - 9	5 - 16
CaO	10 - 40	23 - 33	5 - 28	20 - 43
MgO	0,5 - 16		0 - 5	4 - 14
Fe ₂ O ₃	0,5 - 12		0 - 5	0 - 15
FeO	3 - 8	3 - 9		
Na ₂ O	0,1 - 4,5	1 - 10	4 - 18	0 - 1
K ₂ O	0,3 - 5		0 - 3,6	0,3 - 2
TiO ₂	0,5 - 3,5	0,5 - 3,0	0 - 0,5	0,30 - 1
MnO	0,06 - 0,5		0 - 0,1	< 0,5
B ₂ O ₃	< 1		0 - 12	< 1
P ₂ O ₅	< 1			0 - 0,5
BaO			0 - 3	
F			0 - 1,5	
S				0 - 2
SO ₃			0 - 0,5	
Li ₂ O			0 - 0,5	

Mineralwolle-Dämmstoffe ermöglichen mit Wärmeleitfähigkeiten im Bereich von etwa 0,032 W/(mK) bis 0,045 W/(mK) einen hohen Wärmeschutz. Darüber hinaus sind sie diffusionsoffen und nicht-brennbar sowie gegen Schimmel, Fäulnis und Ungeziefer resistent.

1.1 Ausgangsstoffe und Herstellung

Glaswolle wird aus Sand, Soda, Borat, Pentahydrat, Feldspat sowie gereinigtem Altglas hergestellt. Die Ausgangsstoffe für Steinwolle sind die natürlichen Gesteine Basalt, Diabas, Dolomit und Kalkstein. Zusätzlich können in der Steinwolle-Produktion Sand und Sekundärrohstoffe aus anderen Industriebereichen sowie Steinwolle-Abfälle aus Rückbauprojekten eingesetzt werden. Die Steuerung der gewünschten chemischen Zusammensetzung erfolgt durch die genaue Festlegung der Anteile der verwendeten Ausgangsstoffe.

Die Rohstoffe werden zunächst in Öfen oder Schmelzwannen unter Einsatz von Koks, Erdgas, Strom oder anderen Energieträgern bei Temperaturen von etwa 1.300 °C bis 1.600 °C geschmolzen. Die entstehende Schmelze wird über Düsenscheider-, Düsenblas- oder Walzenspinnverfahren zerfasert und mit bis zu 10 Masse-% Bindemittel besprüht. Diese zur Bindung und Formstabilität eingesetzten Bindemittel bestehen zumeist aus phenol- bzw. formaldehydhaltigen Harzen, modifizierter Maisstärke und/oder Natriumpolyphosphaten. Ergänzend werden bis zu 1 Masse-% Zusatzmittel, die unter

anderem der Hydrophobierung dienen, eingesetzt. Verwendet werden üblicherweise Kombinationen aus Öl-Wasser-Emulsionen, Mineralöl oder Silanen.

Nachdem das Rohvlies in der gewünschten Dicke auf Bändern abgelegt und gegebenenfalls mit einer Kaschierung versehen wurde, wird es einem Härteofen zugeführt, in dem das Bindemittel aushärtet. Die fertige Mineralwolle wird anschließend konfektioniert und verpackt.

Die genauen Herstellungsprozesse unterscheiden sich je nach Produktart und Hersteller. Abbildung 1 stellt die Herstellung von Steinwolle am Beispiel des Einsatzes eines Kupolofens schematisch dar. Ausgangsstoffe sind hier die oben genannten natürlichen Gesteine sowie zementgebundene Formsteine, die unter anderem zur Wiederverwendung von Sekundärrohstoffen dienen und mit entsprechend ausgelegter Zusammensetzung vorab produziert werden.

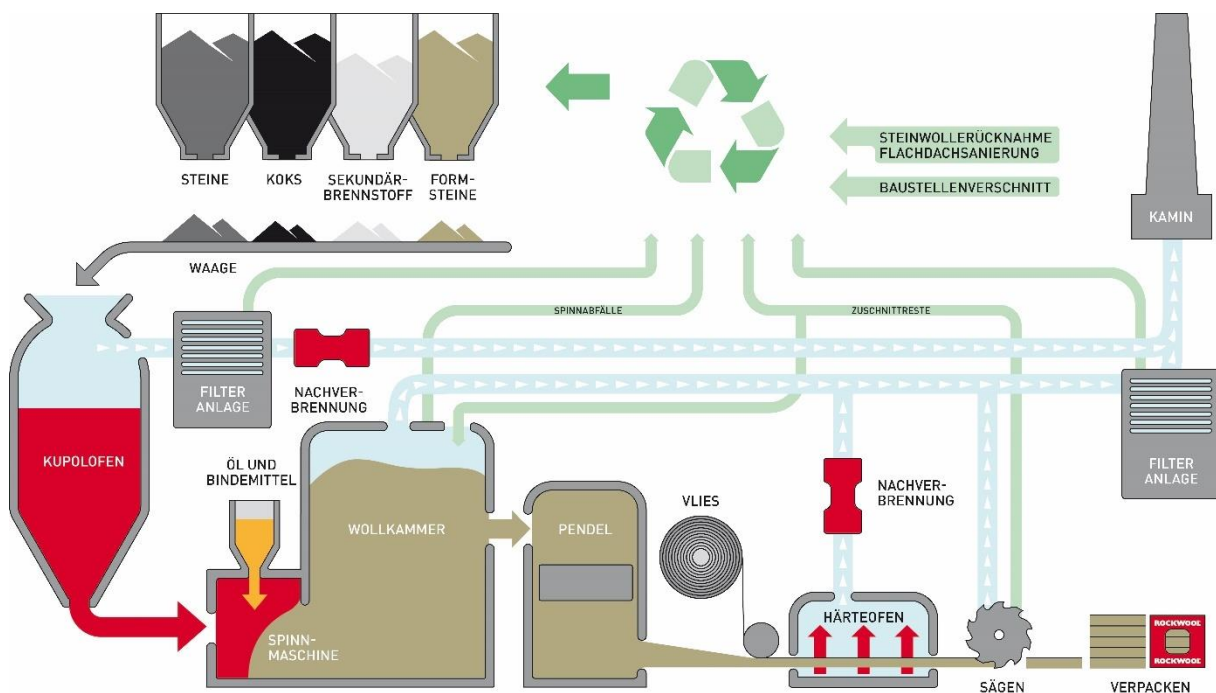


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Herstellungsprozesses von Steinwolle mit einem Kupolofen

Bei der Produktion von Mineralwolle können hohe Umweltstandards angesetzt werden. Die Abgase werden zur Minderung der Emissionen thermisch nachverbrannt und die in ihnen enthaltene Energie über Wärmetauscher zurückgeführt. Wasch- und Filteranlagen reinigen die Abluft, wobei die ausgefilterten Stäube zusammen mit anderen Produktionsabfällen wieder in den Herstellprozess zurückgeführt werden. Das Prozesswasser, das bei einigen Herstellern zu einem Großteil aus gesammeltem Regenwasser stammt, wird zumeist in geschlossenen Systemen wiederverwendet. Zahlreiche Hersteller verfügen darüber hinaus über ein nach [DIN EN ISO 14001] zertifiziertes Umweltmanagementsystem.

1.2 Anwendungsbereiche und Lieferformen

Die Verwendung von Mineralwolle erfolgt im Bauwesen als Dämmstoff sowohl für den Wärme-, Schall- und Brandschutz im Hochbau als auch für die technische Isolierung der Gebäude- und Versorgungstechnik. Nach einer Schätzung des Fachverbandes Mineralwolleindustrie e.V. (FMI) entfallen ca. 80 % der im Bauwesen eingesetzten Mineralwolle-Dämmstoffe auf den Hochbau und ca. 20 % auf die Gebäude- und Versorgungstechnik. Sie dienen dabei überwiegend zur Dämmung von Wänden, Dächern und Decken sowie von Rohrleitungen, Klimakanälen und Schornsteinen. Eine

umfassende Darstellung der kennzeichnenden Anwendungsbereiche für den Wärmeschutz von Gebäuden enthält [DIN 4108-10].

Die hauptsächlichen Lieferformen für diese Anwendungsbereiche sind:

- lose Mineralwolle (Stopfwolle) und Granulat
- Platten
- aufrollbare Bahnen, Filze und Matten
- Rohrschalen und andere Formteile

Eine weitere Vielzahl von Produktformen folgt aus der industriellen Weiterverarbeitung. Die Bandbreite erstreckt sich von Akustik-Elementen bis zu komplexen Verbund-Konstruktionen. Seit der Jahrtausendwende haben sich zudem mit Mineralwolle gefüllte Mauerziegel, sogenannte „Füllziegel“, auf dem Markt etabliert.



Abbildung 2: Beispielhafte Lieferformen von Mineralwollen [Quelle: Fachverband Mineralwolleindustrie e.V. – FMI]

2 Umwelt und Gesundheit

Mineralwolle weist bei hoher Dauerhaftigkeit eine geringe Wärmeleitfähigkeit auf, ist nicht-brennbar und resistent gegen Schimmel, Fäulnis und Ungeziefer. Für ihre Herstellung sind daher keine Flammschutzmittel, Biozide oder andere als besonders besorgniserregend eingestufte Zusätze erforderlich. Seit 1996 in Deutschland produzierte Mineralwolle gilt als gesundheitlich unbedenklich, der entsprechende Nachweis wird in Deutschland durch ein RAL-Gütezeichen bestätigt (vgl. Info-Box 1).

Info-Box 1: Qualitäts- und Gütezeichen für Mineralwolle

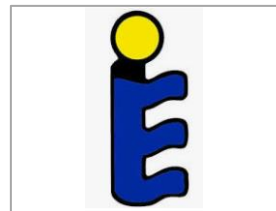
CE-Zeichen

Für das Inverkehrbringen in der EU gilt die Bauprodukte-Verordnung (BauPV). Diese besagt, dass die Produkte eine Leistungserklärung unter Berücksichtigung der entsprechenden Produktnormen benötigen und mit der dazugehörigen CE-Kennzeichnung zu kennzeichnen sind. Mit letzterer bestätigt der Hersteller, dass sein Produkt die Anforderungen der geltenden Produktnorm einhält.



Keymark

Die KEYMARK ist ein europäisches Normenkonformitätszeichen und dokumentiert die Übereinstimmung von Produkten mit den Anforderungen europäischer Normen. Es wurde gemeinsam vom europäischen Komitee für Normung (CEN) und dem europäischen Komitee für elektrische Normung (CENELEC) geschaffen. Es handelt sich bei der KEYMARK um eine freiwillige Produktzertifizierung. Die vom Hersteller deklarierten Produkteigenschaften werden regelmäßig durch externe Institutionen geprüft und überwacht.



RAL-Gütezeichen für Erzeugnisse aus Mineralwolle

Das RAL Gütezeichen „Erzeugnisse aus Mineralwolle“ (RAL-GZ 388) ist die Bestätigung für die regelmäßig neutral überwachte hohe Qualität und Sicherheit von Produkten aus Mineralwolle. Es wird von der Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V. (GGM) vergeben und kennzeichnet Mineralwolle-Produkte, die nach den Kriterien der Güte- und Prüfbestimmungen, geprüft und überwacht werden. Bei Mineralwolle bedeutet das insbesondere die Einhaltung der Freizeichnungskriterien zur geforderten und ausreichenden Biolöslichkeit, also die nachgewiesene gesundheitliche Unbedenklichkeit der Dämmstoffe. Da das RAL-Gütezeichen national verliehen wird, kann es nur in nationalen Ausschreibungen gefordert werden.



EUCEB

EUCEB steht für European Certification Board für Mineralwolle-Produkte, einen gemeinnützigen Verein, dessen allgemeines Ziel es ist, freiwillig zu bestätigen, dass hergestellte Mineralwolle die Freizeichnungskriterien erfüllen. Die EUCEB-Zertifizierung steht für bewährte und zuverlässige Produkte aus Mineralwolle nach einem genau definierten Überwachungs- und Kontrollsystem. Es ist eine Bestätigung für eine hohe Qualität der Produkte, die gemäß den Anforderungen der EUCEB-Verfassung hergestellt werden.



Im Rahmen einer umfassenden Lebenszyklusbetrachtung muss mit Blick auf mögliche gesundheitliche Auswirkungen jedoch klar zwischen dieser unbedenklichen „neuen“ Mineralwolle und der bis 1995 produzierten und potenziell kanzerogenen „alten“ Mineralwolle unterschieden werden. Maßgebend

sind dabei in erster Linie die notwendigen Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes in der letzten Lebenszyklusphase vom Rückbau bis zum angestrebten Recycling (oder zur Entsorgung).

2.1 Umweltwirkungen

Mineralwolle kann als Dämmstoff mit geringer Wärmeleitfähigkeit in erheblichem Maße zur Reduzierung des Heiz- bzw. Kühlenergiebedarfs von Gebäuden beitragen. Vor dem Hintergrund der kontinuierlich gestiegenen Anforderungen an die Energieeffizienz und mit dem diesbezüglich definierten Ziel eines langfristig weitgehend klimaneutralen Gebäudebestands kann die Verwendung von Mineralwolle insofern einen signifikanten Beitrag zum Umweltschutz leisten.

Um in diesem Zusammenhang der Forderung nach einer hohen Ressourceneffizienz (und auch Wirtschaftlichkeit) Rechnung zu tragen, sind die Hersteller bestrebt, den „ökologischen Fußabdruck“ in der Produktion von Mineralwolle stetig weiter zu verringern. So werden derzeit z.B. die folgenden Maßnahmen umgesetzt:

- Einsatz von Sekundärrohstoffen wie z.B. Altglas und Schlacken aus der Stahlindustrie.
- Nahezu vollständige Rückführung von internen Herstellungsabfällen.
- Teilweise Rückführung von Baustellenabfällen aus dem Zuschnitt oder aus dem Rückbau (vgl. Kapitel 6).

Zahlreiche Hersteller haben Umwelt-Produktdeklarationen (Environmental Product Declarations - EPDs) veröffentlicht, in denen die potenziellen gesundheitlichen und ökologischen Auswirkungen ihrer Produkte transparent dargestellt werden. Aus diesen können unter anderem die im Rahmen einer umfassenden Ökobilanz berechneten Umweltkennzahlen entnommen werden. Darüber hinaus sind viele Produkte aus Mineralwolle im Hinblick auf ihre Umweltwirkungen mit einem entsprechenden Gütezeichen versehen (vgl. Info-Box 2).

Info-Box 2: Umweltzeichen für Mineralwolle-Dämmstoffe

Blauer Engel (DE-UZ)

Das Umweltzeichen DE-UZ 132 „Blauer Engel für emissionsarme Wärmedämmstoffe und Unterdecken“ kennzeichnet Produkte, die über die gesetzlichen Bestimmungen hinaus schadstoffarm hergestellt und in der Wohnumwelt aus gesundheitlicher Sicht unbedenklich sind. Für die Vergabekriterien werden Wärmedämmung, Schallschutz und Begrenzung der Emissionen aus den Produkten berücksichtigt. Für Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) gibt es das gesonderte Zeichen DE-UZ 140.



EU Ecolabel

Das europäische Umweltzeichen EU Ecolabel zeichnet Produkte und Dienstleistungen aus, die geringere Umweltauswirkungen haben als vergleichbare Produkte. Sie werden auf die Einhaltung strenger ökologischer Kriterien und ihre Gebrauchstauglichkeit hin geprüft. In Deutschland liegt die Verantwortung beim Umweltbundesamt und bei der RAL gGmbH. Die RAL gGmbH vergibt das Umweltzeichen als neutrale und unabhängige Institution und ist dafür neben dem Umweltbundesamt als Competent Body bei der Europäischen Kommission benannt.



Öko Test Label

Das ÖKO Test Label gibt Auskunft über die Ergebnisse von Produkttests, die vom ÖKO-Test Verlag beauftragt wurden. Geprüft werden diverse Produkte und Dienstleistungen. Ökotest wählt die jeweiligen Produkte aus, kauft sie anonym im Handel und lässt sie durch unabhängige Prüfinstitute auf ihre Funktionalität und gesundheitliche Risiken testen. Bei Dämmstoffen wird beispielsweise der Schadstoffgehalt bewertet. Die Ergebnisse werden in der Publikation ÖKO-Test veröffentlicht. Hersteller der entsprechenden Produkte dürfen das Label in Verbindung mit den aktuellen Testergebnissen nutzen.



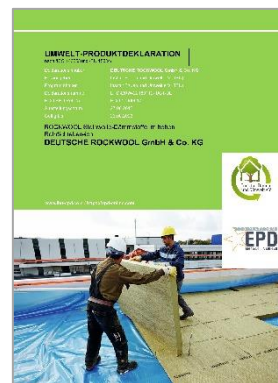
DIN Qualitätszeichen

Das Qualitätszeichen DIN-Geprüft bestätigt Produkten, Dienstleistungen und der Qualifizierung von Fachpersonal, die geprüfte und überwachte Übereinstimmung mit den in DIN-, DIN EN- oder DIN EN ISO- Normen und in Zertifizierungsprogrammen festgelegten Anforderungen. Beim Qualitätszeichen DINplus gibt es zusätzliche, über die Normen hinausgehende Qualitätsmerkmale. Beide Zeichen werden vom DINCertco auf Basis von Prüf- bzw. Auditberichten vergeben. DINCertco GmbH ist die Zertifizierungsstelle des TÜV Rheinland und des Deutschen Institutes für Normung.



Umwelt-Produktdeklaration (Environmental Product Declaration – EPD)

Im Gegensatz zu den vorgenannten Zeichen sind Umwelt-Produktdeklarationen keine Label, die bei der Erfüllung von festgelegten Anforderungen verliehen werden. Vielmehr handelt es sich bei EPDs um Dokumente, in denen umwelt- und gesundheitsrelevante Informationen transparent dargestellt werden. EPDs enthalten neben technischen Angaben Informationen zum Energie- und Ressourceneinsatz in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen der Produkte. Die nach den Vorgaben anerkannter Normen, zum Beispiel der [DIN EN 15804], angegebenen Informationen werden durch einen unabhängigen Sachverständigen verifiziert und auf den Webseiten der Programhalter, beispielsweise dem Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) veröffentlicht.



Mit dem Forschungsvorhaben „LifeCycle KMF“ der TU Berlin wurde – über den aktuellen Stand der Ressourceneffizienz weit hinausgehend – ein ökologisch sinnvolles und ökonomisch vertretbares technisches Szenario zur umfassenden Rückführung von Mineralwolle (zunächst Steinwolle) aus dem Rückbau in die Produktion entwickelt. Bei Umsetzung dieses Szenarios kann der Lebenszyklus mit der Einbindung der zukünftig in deutlich größerem Umfang zu erwartenden Rückbaumengen als geschlossener (Stoff-) Kreislauf interpretiert werden.

2.2 Dauerhaftigkeit

Ein wesentlicher Vorteil von Mineralwollen ist ihre Langlebigkeit. Bei ordnungsgemäßem Einbau, insbesondere dem baulich sichergestellten Schutz vor direkter Bewitterung¹⁾ und stehendem Wasser, weisen Mineralwollen eine sehr lange Nutzungsdauer auf. Sie wird in der Regel lediglich durch die Nutzungsdauer des Gebäudes bzw. der gedämmten Bauteile limitiert.

¹⁾ Anmerkung: Am Fachgebiet Bauphysik und Baukonstruktionen der TU Berlin wurden ergänzend Untersuchungen zum Nachweis einer ausreichenden Beständigkeit von Steinwolle-Dämmplatten im Bauzustand unter zeitlich begrenzter Bewitterung durchgeführt.

Tabelle 2: Nutzungsdauern von Mineralwolle-Dämmstoffen gemäß [BBSR, 2017]

Bauteil / Anwendungsbereich	Nutzungsdauer
Code 335.611: Dämmschicht als Kerndämmung	≥ 50 Jahre
Code 335.641: Wärmedämmverbundsystem	40 Jahre
Code 345.316: Spezial-Bekleidungen: Wärmeschutz (Innendämmung)	≥ 50 Jahre
Code 352.121: Trittschalldämmung	≥ 50 Jahre
Code 352.122: Fußbodendämmung, einschl. Dämmung der obersten Geschossdecke	≥ 50 Jahre
Code 353.421: Dämmung der Kellerdecke	≥ 50 Jahre
Code 363.531: (Dachbeläge) Dämmschicht als Auf- und Zwischensparrendämmung	≥ 50 Jahre
Code 364.211: (Dachbekleidungen) Zwischen-, Auf- und Untersparrendämmung	≥ 50 Jahre

2.3 Gesundheitsschutz

Zentrales Kriterium für die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen von Mineralwolle ist die Wirkung der bei mechanischer Beanspruchung freigesetzten Stäube. Der Einfluss dieser Stäube auf die menschliche Gesundheit ist zwar bislang nicht abschließend geklärt, allerdings gibt es Hinweise auf eine kanzerogene Wirkung der bis 1996 produzierten Mineralwollen. Kennzeichnend für diese potenzielle Kanzerogenität sind die Lungengängigkeit der Mineralwollefaser und ihre Beständigkeit im Lungengewebe (Biopersistenz).

2.3.1 „Neue“ Mineralwolle

Die Biopersistenz wird durch die chemische Zusammensetzung der jeweiligen Mineralwolle bestimmt. Deshalb wird seit Mitte der 1990er Jahre jedes in Deutschland hergestellte Produkt aus Mineralwolle nach im Gefahrstoffrecht (vgl. Kapitel 3.1) festgelegten Kriterien getestet und bewertet. Erst wenn die gesundheitliche Unbedenklichkeit nachgewiesen ist, wird das Produkt zugelassen. Der Nachweis der Unbedenklichkeit dieser „neuen“ Mineralwolle wird in Deutschland mit dem von der Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V. (GGM) vergebenen RAL-Gütezeichen bestätigt (vgl. Info-Box 1).

Mineralwollen bestehen zum weit überwiegenden Teil aus mineralischen Rohstoffen, die keine Emissionen freisetzen. Die bei der Herstellung eingesetzten Bindemittel können jedoch Formaldehyd oder andere flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds – VOCs) enthalten (vgl. Kapitel 1.1). Aufgrund des begrenzten Bindemittel-Anteils und der werkseitigen Aushärtung sowie der üblicherweise durch Mauerwerk, Dampfsperren oder Abdeckungen vom Innenraum abgetrennten Einbausituation tragen Mineralwollen nicht oder nur in sehr geringem Maße zu Emissionen in die Innenraumluft bei. Um dies zu belegen, lassen viele Hersteller ihre Produkte durch ein freiwilliges Gütezeichen (wie z.B. den „Blauen Engel“) kennzeichnen (vgl. Info-Box 2).

2.3.2 Differenzierung zwischen „alter“ und „neuer“ Mineralwolle

Im Gebäudebestand können je nach (Ein-) Bauzeitraum „alte“ oder „neue“ Mineralwolle vorgefunden werden (vgl. Info-Box 4). Eine eindeutige Identifizierung ist vor dem Hintergrund der potenziellen Kanzerogenität von „alter“ Mineralwolle aus mehreren Gründen von Bedeutung:

1. Beim Umgang mit „alter“ Mineralwolle sind besondere Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen einzuhalten, die in den Kapiteln 3 bis 6 beschrieben werden.
2. Für die Entsorgung von „alter“ Mineralwolle gelten besondere rechtliche Vorgaben, da diese als gefährliche Abfälle gelten.
3. Für „alte“ Mineralwolle müssen Recycling- oder andere Verwertungsverfahren gewählt werden, bei denen die potenziell kanzerogenen Fasern zerstört oder sicher gebunden werden.

Anzumerken ist, dass die deutschen Hersteller ihre Produktion bereits 1995 / 1996 auf gesundheitlich unbedenkliche Mineralwollen umgestellt haben. Da die Verwendung von „alter“ Mineralwolle jedoch

erst ab 01. Juni 2000 endgültig verboten wurde, können durch das Aufbrauchen von Lagerbeständen oder den Import bis dahin noch „alte“ Mineralwollen verbaut worden sein.

Das Alter von Mineralwollen kann nicht anhand ihrer optischen Merkmale bestimmt werden. Im Rahmen von Sanierungs- und Rückbauprojekten muss daher auf Basis der Bauakte oder von anderen Angaben und Dokumenten ermittelt werden, ob es sich um „alte“ oder „neue“ Mineralwolle handelt. Hinweise geben das Herstell- bzw. Einbaudatum sowie – wenn entsprechende Dokumente oder Etiketten vorliegen – Kennzeichnungen mit Gütezeichen, die die Einhaltung der Freizeichnungskriterien und damit die gesundheitliche Unbedenklichkeit bestätigen (vgl. Info-Box 1).

Wenn das Alter der Mineralwolle bzw. deren gesundheitliche Unbedenklichkeit nicht anhand der genannten Quellen nachgewiesen werden kann, gibt es die Möglichkeit, die Produkte auf Basis einer chemischen Analyse zu klassifizieren (vgl. Kapitel 4.1).

Alternativ wurde von der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) in Kooperation das Verfahren der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) adaptiert, so dass im Labor aktuell Glaswolle und Steinwolle korrekt identifiziert werden können. Bei Weiterentwicklung für den mobilen (Baustellen-) Einsatz und dabei insbesondere auch zur Identifizierung von „alter“ und „neuer“ Mineralwolle wäre ein Verfahren gegeben, mit dem eine sichere Untersuchung bereits vor Ort schnell und vergleichsweise einfach möglich wäre.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es keine Verpflichtung gibt, das Alter von im Bestand vorgefundener Mineralwolle zu bestimmen. Je nach Abfallaufkommen kann es aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoller sein, die höheren Anforderungen für den Umgang mit „alter“ Mineralwolle einzuhalten und auf eine zumindest derzeit noch kosten- und zeitaufwendige Analyse zu verzichten.

2.3.3 Umgang mit „alter“ Mineralwolle im Gebäudebestand

Für den Umgang mit „alter“ Mineralwolle gelten in Abhängigkeit vom baulichen Ansatz folgende Regeln:

- Solange keine Baumaßnahmen an betroffenen Gebäudeteilen geplant sind, muss fachgerecht verbaute „alte“ Mineralwolle nicht entfernt werden.
- Im Rahmen einer Sanierung, zum Beispiel Aufdopplung, lediglich freigelegte „alte“ Mineralwolle kann bei entsprechender Trennung zu Neuprodukten bzw. dem Innenraum im Gebäude verbleiben.
- Einmal entnommene „alte“ Wolle darf nicht erneut eingesetzt werden und ist den gesetzlichen Vorschriften entsprechend zu entsorgen (vgl. Kapitel 3.2).

2.3.4 Freisetzung von Stäuben

Unabhängig von ihrem Alter sind bei der Verarbeitung von Mineralwolle auch bei nachgewiesener kanzerogener Unbedenklichkeit die Grundsätze des Gesundheits- und Arbeitsschutzes anhand der Angaben der produktspezifischen Informationsblätter zu berücksichtigen. Die erforderlichen Maßnahmen beziehen sich auf den Schutz vor reversiblen Augen-, Atemwegs- und Hautreizungen und entsprechen den allgemeinen Anforderungen im Umgang mit Stäuben gemäß [TRGS 500, 2008].

3 Rechtsrahmen

Im Folgenden wird der für die Herstellung und Rückführung von Mineralwolle in den Stoffkreislauf relevante Rechtsrahmen vorgestellt.

Die rechtlichen Regelungen am Lebensende von Mineralwolle richten sich unter anderem nach dem Alter der Dämmstoffe. Für nicht freigezeichnete „alte“ Mineralwolle gelten strengere Regelungen als für Baustellenabfälle aus „neuer“ Mineralwolle.

3.1 Gefahrstoffrecht

3.1.1 Chemikalien-Verbotsverordnung (ChemVerbotsV)

Die [ChemVerbotsV, 2017] regelt Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens bestimmter gefährlicher Stoffe und Gemische sowie bestimmter Erzeugnisse, die diese freisetzen können oder enthalten. In Anlage 1 zu § 3 der [ChemVerbotsV, 2017] enthält Freizeichnungskriterien für künstliche Mineralfasern (vgl. Kapitel 2.1).

3.1.2 CLP-Verordnung (Classification, Labelling and Packaging)

Die [CLP-Verordnung, 2011] gilt in allen Mitgliedstaaten der EU. Sie enthält eine Einstufung für Stoffe in bestimmte Klassen, mit der Kennzeichnungs- und Verpackungsanforderungen verbunden sind. Mineralwolle, die die Kriterien in „Anmerkung Q“ des Anhangs VI erfüllt („neue“ Mineralwolle), ist nach der CLP-Verordnung als nicht krebserzeugend einzustufen. Mineralwolle, die keines der genannten Kriterien erfüllt („alte“ Mineralwolle) gilt als „vermutlich krebserzeugend“ (vgl. Kapitel 2.1).

3.1.3 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)

Die [GefStoffV, 2017] ist eine deutsche Verordnung, die vor allem dem Arbeitsschutz dient. Im Vergleich zur europaweit gültigen CLP-Verordnung enthält sie für einzelne Stoffe strengere Einstufungen, die unter bestimmten Voraussetzungen eine Herstellung und Verwendung von Stoffen in Deutschland beschränken.

3.1.4 REACH-Verordnung (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)

Die europäische Chemikalienverordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe [REACH-Verordnung, 2014] dient der Sicherstellung eines hohen Schutzniveaus für die menschliche Gesundheit und die Umwelt.

Mineralwolle-Fasern werden nach [REACH-Verordnung, 2014] als Einzelsubstanz registriert. Zudem regelt REACH, welche Stoffe nicht im Dämmstoff vorhanden sein dürfen. Obwohl für Mineralwollen keine Sicherheitsdatenblätter notwendig sind, werden von den Herstellern auf freiwilliger Basis aktuelle Produktinformationen und Verarbeitungshinweise zur Verfügung gestellt, die unter anderem die Abwesenheit von besonders besorgniserregenden Stoffen belegen.

3.1.5 Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) regeln arbeitsschutzrechtliche Aspekte bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und konkretisieren damit die Vorgaben aus der oben aufgeführten Gefahrstoffverordnung.

[TRGS 500, 2008] beinhaltet allgemeine arbeitsschutzrechtliche Maßnahmen und ist bei allen Tätigkeiten mit Mineralwolle einzuhalten.

[TRGS 521, 2008] behandelt Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit „alter“ Mineralwolle. In ihr werden auf Basis der Höhe der Faserkonzentration einzuhaltende Maßnahmen zum Arbeitsschutz festgelegt.

3.2 Abfallrecht

3.2.1 Abfallverzeichnisverordnung (AVV)

Die [AVV, 2017] enthält europaweit vereinheitlichte Abfallschlüssel (vgl. Info-Box 3).

Info-Box 3: Abfallschlüssel für Mineralwolle-Dämmstoffe

Abfälle aus Mineralwolle-Dämmstoffen werden folgenden Abfallschlüsseln gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) zugeordnet:

Produktionsabfälle

- 10 11 03 Glasfaserabfall
- Für Steinwolleabfälle gibt es keinen äquivalenten Abfallschlüssel. Je nach Vereinbarung mit den Statistischen Landesämtern werden sie daher entweder unter 10 11 03 oder als Baustellenabfall (17 06 04) deklariert.

Baustellenabfälle

- 17 06 03*: nicht freigezeichnete („alte“) Wolle aus Rückbau- und Sanierungsprojekten
- 17 06 04: Verschnitt- und Rückbauabfälle aus freigezeichneter („neuer“) Mineralwolle.

Hinweis: Bei mit * gekennzeichneten Abfallschlüsseln handelt es sich um gefährliche Abfälle.

3.2.2 Anzeige- und Erlaubnisverordnung (AbfAEV)

Die [AbfAEV, 2017] beinhaltet unter anderem Anforderungen an Sammler, Beförderer, Händler und Makler von Abfällen, Informationen zum Anzeigeverfahren sowie Vorschriften zur Mitführung und Aufbewahrung von Nachweisen und anderen Dokumenten.

3.2.3 Deponieverordnung (DepV)

Die [DepV, 2017] beinhaltet allgemeine Anforderungen an den Bau und Betrieb von Deponien sowie Zuordnungskriterien, anhand derer ermittelt werden kann, welcher Deponieklasse bestimmte Abfälle zugeordnet werden.

3.2.4 Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)

Die [GewAbfV, 2017] regelt in § 8 den Umgang mit Bau- und Abbruchabfällen. Beispielsweise müssen Abfälle aus Glas, Kunststoff, Metall und Beton sowie andere in der Verordnung definierte Abfallfraktionen getrennt erfasst und befördert sowie verwertet werden.

3.2.5 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)

Ziel des am 01.06.2012 in Kraft getretenen Kreislaufwirtschaftsgesetzes ist es, die „Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen“ (§1 KrWG).

Für den Umgang mit Mineralwolle-Abfällen sind insbesondere nachstehende Paragraphen des [KrWG, 2017] relevant:

- § 6 (1) KrWG beinhaltet eine fünfstufige Abfallhierarchie, nach der eine möglichst hochwertige Verwertung von Abfällen anzustreben ist.
- § 9 KrWG bestimmt, dass Abfälle im Allgemeinen und gefährliche Abfälle im Besonderen getrennt zu halten und zu behandeln sind (Vermischungsverbot).

- § 14 (3) KrWG gibt vor, dass nicht gefährliche Bau- und Abbruchabfälle ab dem 1. Januar 2020 zu mindestens 70 Gewichtsprozent einer Verwertung zugeführt werden müssen.
- § 26 KrWG regelt die freiwillige Rücknahme von Abfällen durch die Hersteller und Vertreiber. Wenn gefährliche Abfälle, zum Beispiel „alte“ Mineralwolle, zurückgenommen werden sollen, muss der Hersteller dies den zuständigen Behörden vorab mitteilen. Im Gegenzug können dann auf Antrag bestimmte Erlaubnis- und Nachweispflichten entfallen. Dies gilt auch für alle in den Rückführungsprozess eingebundenen Erzeuger, Besitzer und Beförderer der gefährlichen Abfälle.
- § 27 KrWG regelt, dass Hersteller, die Abfälle freiwillig auf Basis des § 26 KrWG zurücknehmen, die Pflichten des Besitzers der Abfälle übernehmen.
- § 45 KrWG verpflichtet die öffentliche Hand, bei Aufträgen zu prüfen, ob und in welchem Umfang umweltfreundliche, schadstoffarme und wiederverwendungs- bzw. recyclingfähige Erzeugnisse oder auch Recyclingbaustoffe eingesetzt werden können. Entsprechende verbindliche Kriterien zur Bewertung befinden sich in der Entwicklung.
- § 50 KrWG bestimmt, dass Erzeuger, Besitzer, Sammler, Beförderer und Entsorger von gefährlichen Abfällen den zuständigen Behörden deren ordnungsgemäße Entsorgung nachweisen müssen.

3.2.6 Nachweisverordnung (NachwV)

Die [NachwV, 2017] detailliert unter anderem die in § 50 KrWG festgelegten Bestimmungen zur Führung von Nachweisen über die ordnungsgemäße Entsorgung gefährlicher Abfälle. In ihr sind unter anderem die erforderlichen Dokumente und deren Mitführungspflichten sowie Meldungen an die Behörden geregelt.

4 Rückbau von Mineralwollen

Bei der Rückbauplanung ist zunächst die Bausubstanz zu erkunden und anschließend ein daran angepasstes Rückbaukonzept zu entwickeln.

4.1 Bausubstanzerkundung

Im Rahmen der Bausubstanzerkundung werden wesentliche Angaben über die im Bauwerk befindlichen Baustoffe zusammengestellt. Zu diesen gehören die Materialart, Lage und Menge sowie die Einbausituation. Im Folgenden wird aufgeführt, welche Informationen bei der Erfassung der eingebauten Mineralwollen relevant sind.

4.1.1 Art der eingebauten Mineralwolle

Während es für die Deponierung irrelevant ist, um welche Art der Mineralwolle es sich handelt, ist diese Information für potenzielle Recycling- und Verwertungsverfahren von hoher Bedeutung:

- Für Steinwolle gibt es bereits derzeit vereinzelt Rücknahmesysteme (vgl. Info-Box 6). Darüber hinaus wurde im Forschungsvorhaben „LifeCycle KMF“ der TU Berlin die grundsätzliche Machbarkeit eines Steinwollerecyclings nachgewiesen. In beiden Fällen muss jedoch aufgrund der anderen chemischen Zusammensetzung (vgl. Kapitel 1) auf eine Zuführung von Glaswolle verzichtet werden.
- Für Glaswolle ist aktuell keine Rücknahme von Seiten der Hersteller bekannt, sodass für diese nur die in Kapitel 6.2 aufgeführten alternativen Verwertungsverfahren in Frage kommen.
- Schlackenwolle weist eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie Steinwolle auf und kann gegebenenfalls zusammen mit dieser entsorgt werden. Dies ist jedoch vor dem Rückbau mit dem zurücknehmenden Hersteller abzustimmen.

Um für Glas- und Steinwolle eine hochwertige Verwertung sicherzustellen, sind im Rahmen der Bausubstanzerkundung detaillierte Angaben über die zu erwartenden Abfallströme zu ermitteln. Unter Berücksichtigung der für „alte“ Mineralwolle geltenden besonderen rechtlichen Vorschriften sollten insgesamt fünf Materialströme differenziert werden (vgl. Abbildung 3).

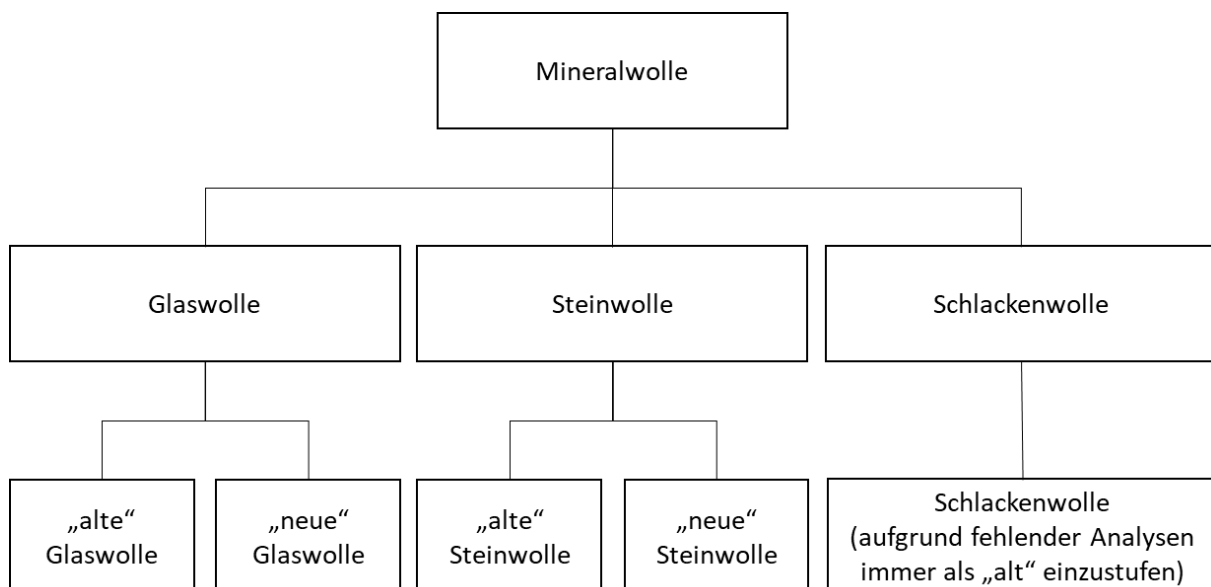


Abbildung 3: Ein auf das Recycling optimiertes Rückbaukonzept erzeugt bis zu fünf Materialströme

Differenzierung zwischen „alter“ und „neuer“ Wolle

Derzeit gibt es noch kein baustellengeeignetes Verfahren zur Unterscheidung von „alter“ und „neuer“ Mineralwolle. Gebäude-Besitzer, die Bauakte, vorhandene Rechnungen von Bauunternehmen oder auch langjährige Anwohner können gegebenenfalls Aufschluss darüber geben, wann die

zurückzubauende Mineralwolle eingesetzt wurde. Bei der Durchsicht der Gebäudedokumentation sollte neben Hinweisen zum Einbauzeitpunkt beispielsweise auch auf die in Info-Box 1 dargestellten Zeichen „RAL-Gütezeichen für Erzeugnisse aus Mineralwolle“ und „EUCEB“ geachtet werden. Beide Gütezeichen belegen, dass es sich um „neue“ Mineralwolle handelt, die die Freizeichnungskriterien des Gefahrstoffrechts (vgl. Kapitel 3.1) erfüllen.

Info-Box 4: Faustformeln zur Differenzierung von „alter“ und „neuer“ Mineralwolle

Vor 1995 eingebaute Stein- bzw. Glaswolle

Vor 1995 eingebaute Stein- und Glaswolle sind als „alte“ Mineralwollen zu bewerten.

Zwischen 1995 und Juni 2000 eingebaute Stein- bzw. Glaswolle

Zwischen 1996 und Juni 2000 eingebaute Wolle kann sowohl „alt“ als auch „neu“ sein. Eine genaue Bewertung erfordert eine chemische Analyse.

Ab Juni 2000 eingebaute Stein- bzw. Glaswolle

Nach dem 01. 06. 2000 eingebaute Mineralwolle ist „neu“.

Schlackenwolle

Abschließende Studien mit einer konkreten Analyse der gesundheitlichen Wirkung von Schlackenwolle sind nicht bekannt. Sie wird daher immer als „alte“ Mineralwolle eingestuft.

Füllziegel

Mit Mineralwolle gefüllte Mauersteine wurden erst nach der Jahrtausendwende im Bauwesen eingesetzt. Sie enthalten daher immer „neue“ Wolle.

Fehlen gesicherte Angaben zum Alter des Materials, ist die einzige Möglichkeit zur Differenzierung die Durchführung einer chemischen Vollanalyse und ein Vergleich der Ergebnisse mit den bei der Gütegemeinschaft Mineralwolle e. V. (GGM) hinterlegten freigezeichneten chemischen Zusammensetzungen. Dieses Verfahren ist jedoch nur bei den für den deutschen Markt hergestellten Mineralwollen anwendbar, da der GGM nur für diese Produkte Daten vorliegen.

Für die Untersuchung ist eine Materialprobe (ca. 100 Gramm) an ein von der GGM akkreditiertes Analyseinstitut zu senden, das die Probe mit einem standardisierten Verfahren untersucht und die Ergebnisse an die GGM gesendet. Der Anfragende erhält anschließend eine schriftliche Bewertung von der Gütegemeinschaft.

Die Analyse wird von dem gewählten Institut kostenpflichtig (ca. 800 bis 1.000 €) durchgeführt und dem Auftraggeber in Rechnung gestellt. Der Abgleich der Elementanalyse mit den freigezeichneten Mineralwollen durch die GGM ist kostenlos.

Darüber hinaus wird derzeit untersucht, ob eine Differenzierung zwischen „alter“ und „neuer“ Mineralwolle zukünftig auch mit Hilfe der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) möglich sein wird.

Hinweis zur Aussagefähigkeit des Kanzerogenitätsindex (KI)

Als Anfang der 1990er Jahre die potenziell gesundheitsbeeinträchtigende Wirkung der bis dahin hergestellten Mineralwolle bekannt wurde, wurde der sogenannte Kanzerogenitätsindex (KI) zur Bewertung von Mineralwollen eingeführt. Der KI basierte auf einer die chemische Zusammensetzung der Mineralwollen berücksichtigenden Rechenformel. Mittlerweile hat sich jedoch herausgestellt, dass der KI nicht geeignet ist, um die Dämmstoffe hinsichtlich ihrer Biolöslichkeit zu bewerten. Die Interpretation des KI führt oftmals zu einer fehlerhaft negativen Einstufung der Abfälle. Diese werden also fälschlicherweise als „alte“ Wolle klassifiziert. Daher wird der KI nicht mehr als Kriterium zur Bewertung von Mineralwollen anerkannt.

Differenzierung zwischen Stein-, Glas- und Schlackenwolle

Mineralwollen können nur bedingt anhand ihrer optischen Merkmale unterschieden werden. Die Faustformel, dass Glaswolle gelb und Steinwolle gelbgrün bis graugrün sind, trifft nur auf die Produkte einzelner Hersteller zu. Auch eine Unterscheidung anhand der Rohdichte der Materialien ist nicht möglich, da die Mineralwollen für spezifische Anwendungsbereiche ähnliche Rohdichten aufweisen können.

Sofern nicht bereits eine nasschemische Analyse zur Bestimmung des Alters der Mineralwolle durchgeführt wird, kann die Materialart mit vereinfachten Analyseverfahren, zum Beispiel einer Röntgen-Fluoreszenzanalyse (RFA), bestimmt werden. Diese ist kostengünstiger als eine nasschemische Vollanalyse.

Im Forschungsvorhaben „LifeCycle KMF“ wurde darüber hinaus die grundsätzliche Möglichkeit einer Differenzierung von Glas- und Steinwolle mit Hilfe der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) nachgewiesen, die bei technologischer Weiterentwicklung zu einem einfachen, baustellengeeigneten Verfahren führen kann.

4.1.2 Lage und Menge

Die Menge und Lage der Mineralwolle im Gebäude ist wichtig, um den Bauprozess zu planen, die Bereitstellung geeigneter Lagerflächen sicherzustellen und die Rückführung zum Herstellwerk zu organisieren.

4.1.3 Einbausituation

Die Einbausituation wird mit der Zugänglichkeit und der Befestigungsart beschrieben.

Zugänglichkeit

Eine uneingeschränkte Zugänglichkeit kann für Mineralwolle-Produkte weitgehend ausgeschlossen werden. Ausnahmen sind ggf. Dachbodendämmungen. In der Regel ist die Zugänglichkeit durch andere Bauteile oder Baustoffschichten in unterschiedlichem Maße beeinträchtigt. Für die Rückbauplanung ist es wichtig, die verdeckenden Bauteile zu erfassen, damit deren Rückbau im Ablaufkonzept des selektiven Rückbaus berücksichtigt werden kann.

Befestigungsart

Mineralwolle-Dämmstoffe können unterschiedlich befestigt sein:

- Einklemmen/Auflegen
- Befestigung durch Dämmstoffhalter, Dübel oder Klemmscheiben
- punktuelle, teil- oder vollflächige Verklebungen
- Integrierte Dämmung in Mauerziegeln

4.1.4 Potenzielle Verunreinigungen

Die Erfassung der potenziellen Verunreinigungen ist wichtig, um die notwendigen Aufbereitungs- und möglichen Verwertungsverfahren zu definieren. Mineralwollen können beispielsweise verunreinigt sein durch:

- Kaschierungen/Beschichtungen der Dämmstoffe
- Dampfsperren/Folien
- Kleber/Bitumen
- mineralische Anhaftungen, z.B. Putz, Estrich, Mörtel oder Mauerwerk
- metallische Bauteile, z.B. Reste von Schrauben
- Kunststoffe, z.B. Reste von Dübeln

4.2 Rückbau

Basierend auf den bei der Bausubstanzerkundung erfassten Informationen kann der sortenreine Rückbau geplant und durchgeführt werden. Die Rückbauverfahren sind so zu wählen, dass die Mineralwolle möglichst staubfrei und sortenrein entnommen werden kann. Je nach Einbausituation können die möglichen Verfahren von der manuellen Entnahme der Mineralwolle über das Abschälen der einzelnen Schichten von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) bis zum Abbruch von Füllziegel-Wänden reichen.

In Abhängigkeit vom erreichbaren Trennschnitt (Sortenreinheit) können beispielhaft folgende Baukonstruktionen differenziert werden:

- Mineralwolle lässt sich beim Rückbau von Steildachkonstruktionen und Gipskartonständerwänden sehr einfach nach Entfernen der Eindeckung bzw. der Beplankungen ohne Verunreinigungen oder anhaftende Störstoffe sortenrein entnehmen.
- Bei Flachdachkonstruktionen können geringfügige Anhaftungen von Bitumenresten an der Mineralwolle zurückbleiben. Diese Anhaftungen wie die von mineralischen Klebemörtel- oder Putzresten bei rein verklebten WDVS mit Mineralwollelamellen erweisen sich bei der Rückführung in den Herstellungsprozess von Steinwolle im Kupolofen als unproblematisch.
- Bei verklebten und verdübelten WDVS mit Mineralwolleplatten ist mit weiteren Verunreinigungen mit Dübelresten zu rechnen. Bei WDVS, bei denen durch das Gewebe des Unterputzes hindurch gedübelt wird, erweist sich das Abschälen (auch „Strippen“ genannt) des Putzsystems als problematisch. Bei Füllziegeln ist kein sortenreiner Rückbau möglich. Diese müssen zunächst vollständig, also als Mischung von Dämmstoff, Putz und Mauerwerk, zurückgebaut und anschließend einer Aufbereitung zugeführt werden. Gleiches gilt für Dämmungen von Aggregaten der technischen Gebäudeausrüstung und ähnlichen Bauteilen.

Info-Box 5: Arbeits- und Umweltschutz beim Umgang mit Mineralwolle

Beim Umgang mit Mineralwolle sollte eine Staubbefreiung so weit wie möglich vermieden werden. Daher sind die Dämmstoffe, soweit möglich, zerstörungsfrei zu entnehmen.

Die Grundschutzmaßnahmen, z.B. das Tragen entsprechender Schutzkleidung, wie sie in der TRGS 500 und in § 8 der Gefahrstoffverordnung festgeschrieben sind, gelten für bei allen Arbeiten mit Mineralwolle als Mindeststandard. Durch sie soll die Reizung der Haut, der Augen und der Schleimhäute verhindert werden.

Beim Umgang mit „alter“ Wolle sind zusätzlich die Vorgaben aus [TRGS 521, 2008] einzuhalten. In dieser werden je nach Ort und Art der Tätigkeit drei Expositionsklassen unterschieden. So reichen beispielsweise bei Arbeiten im Freien in der Regel geringere Arbeitsschutzmaßnahmen aus als in schlecht belüfteten Innenräumen. Je nach Expositionsklasse müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden. Zu diesen Maßnahmen gehören beispielsweise die Wahl eines geeigneten Arbeitsverfahrens, die regelmäßige Reinigung mittels Industriestaubsauger, die ordnungsgemäße Verpackung und Kennzeichnung der Abfälle sowie das Tragen einer persönlichen Schutzausrüstung.

5 Sammlung, Verpackung und Transport

Die nachstehenden Ausführungen gelten für alle Baustellenabfälle aus Mineralwolle, sowohl Verschnitt als auch für zurückgebaute Dämmstoffe.

5.1 Sammlung und Verpackung

Wie oben beschrieben, ist stets auf eine Getrennthaltung der unterschiedlichen Mineralwolle-Arten zu achten. Die einzelnen Fraktionen sind in geeigneten Behältnissen, beispielsweise reißfesten Säcken, BigBags oder Containern möglichst staubdicht zu verpacken. Verpackungen, die „alte“ Mineralwolle enthalten, sind mit einem entsprechenden Warnhinweis, zum Beispiel „Mineralwolle nach TRGS 521“, zu kennzeichnen. Entsprechend bedruckte Säcke und BigBags werden vom Handel oder den Herstellern angeboten.

Zur Verdichtung von Mineralwolle-Abfällen stehen am Markt verschiedene - auch mobile - Anlagen zur Verfügung. Der Vorteil dieser Anlagen ist, dass eine hohe Kompaktierung erreicht wird und durch die höhere Dichte die Transportaufwendungen reduziert und die Handhabung beim Verwerter bzw. auf der Deponie erleichtert werden.

5.2 Transport

Der Transport von Mineralwolle-Abfällen erfolgt in der Regel über Lastkraftwagen. Kleinmengen können auch mit Transportern zu Sammelstationen oder Deponien gefahren werden. Insbesondere bei größeren Entfernungen sollte jedoch aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht auf die Wahl großer Transportmittel mit hoher Auslastung und auf die Vermeidung von Leerfahrten geachtet werden. Gegebenenfalls sind die Abfälle verschiedener Baustellen ortsnahe zu sammeln und anschließend gemeinsam zu transportieren.

Die rechtlichen Anforderungen richten sich nach dem Alter des Materials:

- Für den Transport von Abfällen aus „neuer“ Mineralwolle sind keine gesonderten Genehmigungen und Nachweise erforderlich.
- Für den Transport und die Entsorgung „alter“ Mineralwolle müssen sowohl die Spedition als auch der Fahrer eine entsprechende Genehmigung zur Beförderung gefährlicher Abfälle haben und sich mit den geltenden Melde-, Nachweis- und Dokumentationspflichten auskennen. Beispielsweise sind gefährliche Abfälle gemäß [NachwV, 2017] in der Regel im elektronischen Nachweisverfahren zu entsorgen. Allerdings entfallen diese Nachweispflichten bei der freiwilligen Rücknahme durch den Hersteller und es ist lediglich ein Übernahmeschein auszufüllen und mitzuführen.

Zur Vermeidung von Staubfreisetzungen ist bei allen Mineralwollen darauf zu achten, dass die Verpackungen beim Beladen, Transportieren und Abladen nicht beschädigt werden.



Abbildung 4: Verpackung von Mineralwolle-Abfällen [Quelle: Desa Group - www.desabag.de]

6 Verwertung und Entsorgung

Baustellenabfälle aus Mineralwolle-Dämmstoffen werden zurzeit nahezu vollständig deponiert [DESTATIS, 2018]. Lediglich ein kleiner Teil wird im Rahmen von freiwilligen Rücknahmen (vgl. Info-Box 6) recycelt. Durch eine Erhöhung dieser Verwertungsrate könnte die Ressourceneffizienz im Bauwesen signifikant gesteigert werden.

6.1 Recycling im Mineralwolle-Kreislauf

Mineralwolleabfälle aus der laufenden Produktion sowie Verschnitt von Konfektionären werden in der Regel direkt vom Hersteller recycelt. Für Baustellenabfälle hingegen gibt es kaum Rückführungssysteme. Sortenreine bzw. entsprechend aufbereitete Mineralwolle könnte jedoch nach dem Vorbild des ROCKCYCLE®-Systems (vgl. Info-Box 6) in den Herstellungsprozess zurückgeführt werden.

Info-Box 6: Beispiele für freiwillige Rücknahmesysteme

Fallbeispiel ROCKCYCLE®

Die DEUTSCHE ROCKWOOL nimmt beim Kauf von Neuprodukten im Rahmen der freiwilligen Rücknahme nach § 26 KrWG Baustellenabfälle (Verschnitt und Altdämmstoffe aus Flachdachsanierungen) aus von ihr hergestellter Steinwolle zurück [ROCKWOOL, 2019]. Die Abfälle werden im Werk gemahlen und zu neuen Produkten, die die Freizeichnungskriterien erfüllen, recycelt.



Fallbeispiel FLUMROC AG

Die schweizerische FLUMROC AG bietet ebenfalls ein Rücknahmesystem für von ihr produzierte Steinwolle an. Die Baustellenabfälle müssen auf Paletten, in von Flumroc verkauften Foliensäcken oder auf Lastwagen angeliefert werden. Bei Großmengen ab 25 Säcken Flumroc-Recyclingsäcken kann auch eine Abholung beim Flumroc Fachhändler oder auf der Baustelle vereinbart werden [Flumroc, 2019].



In Anbetracht der eingesetzten Volumina ist offensichtlich, dass für eine umfassende Rückführung von Mineralwolle aus dem Rückbau in die Produktion zukünftig Verfahrenstechniken in anderer Größenordnung erforderlich werden. Ein entsprechendes technisches Szenario wurde exemplarisch für Steinwolle mit dem Forschungsvorhaben „LifeCycle KMF“ entwickelt.

6.1.1 Aufbereitung der Sekundärrohstoffe

Die für die Herstellung von Mineralwolle verwendeten Schmelzverfahren sind unterschiedlich empfindlich gegenüber Verunreinigungen:

- Das bei der Steinwolle-Herstellung typische Herstellungsverfahren – im Kupolofen – verhält sich in weiten Grenzen robust gegenüber nicht optimal sortenreinen Recyclingrohstoffen. So werden z.B. organische Bestandteile wie Bindemittel, Pappe usw. als zusätzliche Energieträger vollständig verbrannt. Auch geringe mineralische Anhaftungen stellen hier kein Hindernis dar. Die angelieferten und gemahlenen Steinwolle-Abfälle können über zementgebundene Formsteine (vgl. Kapitel 1.1) in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden.
- Beim Einschmelzen von Mineralwolle in einem Wannenofen hingegen stören neben den genannten Bestandteilen auch die arteigenen Bindemittel der Mineralwollen. Diese müssen in einem dem Schmelzprozess vorgeschalteten Verfahrensschritt zerstört werden. [Grünzweig, 1995].

Bei starken Verunreinigungen oder dem Recycling von mit Mineralwolle gefüllten Mauerziegeln werden unabhängig vom Schmelzverfahren in der Regel weitere Verfahrensschritte wie Brechen, Sortieren, Sieben und Windsichten notwendig.

Die zum tradierten Herstellungsverfahren für Steinwolle gehörenden Formsteine werden derzeit unter anderem dazu genutzt, um werksinternen Verschnitt oder z.B. auch Rückläufe aus dem ROCKCYCLE®-System wieder in den Herstellungsprozess einzuschleusen. Mit den im Forschungsvorhaben weiter entwickelten „Recyclatformsteinen“ mit deutlich gesteigertem Fasergehalt wäre es möglich, einen Großteil der im Rückbau anfallenden (zurzeit meist noch „alten“) Steinwolle wieder für die Produktion nutzbar zu machen und daraus „neue“ Steinwolle herzustellen.

6.1.2 Sicherung der Produktqualität

Voraussetzung für die Verwertung von „alter“ Mineralwolle ist die vollständige Beseitigung einer potenziell kanzerogenen Wirkung von freigesetzten Stäuben. Die hierfür zwingend notwendige Auflösung der Faserstruktur und Fasermineralogie kann bei angestrebter Rückführung in die Produktion durch das komplette Wiedereinschmelzen im Herstellungsprozess sichergestellt werden.

Wie beim Einsatz von z.B. natürlichen Gesteinen in der Produktion von Steinwolle wird auch bei der Beimengung von („alter“ oder „neuer“) Mineralwolle als Sekundärrohstoff durch die gezielte Auswahl und genaue Festlegung der Anteile der Ausgangsstoffe gewährleistet, dass die erforderliche Rezeptur für „neue“ Mineralwolle sicher erreicht wird. Durch das Aufschmelzen der rückgeführten Mineralwolle gemeinsam mit den weiteren Ausgangsstoffen bei Temperaturen von ca. 1.300 °C bis 1.600 °C entsteht eine mineralische Zusammensetzung, die so eingestellt wird, dass die Freizeichnungskriterien als Nachweis der gesundheitlichen Unbedenklichkeit sicher erfüllt werden. Produkte aus dieser „Recyclingwolle“ unterscheiden sich qualitativ nicht von Produkten aus natürlichen Rohstoffen.

6.2 Alternative Verwertungsverfahren

Mit Blick auf „alte“ Mineralwollen wurden in den vergangenen Jahren weitere Methoden zur Zerstörung der Faserstruktur erprobt:

- Bei der Verschlackung durch Mikrowellenbehandlung entsteht aus „alter“ Wolle ein faserfreier Sekundärrohstoff. Dieses Verfahren wurde bisher allerdings nur im Labormaßstab erprobt.
- Ein weiteres Verfahren ist das Einschmelzen von Mineralwolle-Abfällen in Schmelzwannen oder Öfen. Der dabei entstehende Sekundärrohstoff könnte zum Beispiel als Zusatzstoff im Bauwesen oder als Sekundärrohstoff in der Mineralwolle-Industrie eingesetzt werden.

Durch die Behandlung kann in beiden Fällen die als gefährlicher Abfall eingestufte „alte“ Wolle in einen ungefährlichen Sekundärrohstoff umgewandelt werden. Aufgrund des hohen Energiebedarfs für beide Aufbereitungsverfahren ist jedoch eine direkte Rückführung in den Herstellungsprozess vorzuziehen, da dann nur ein einmaliges Aufschmelzen erforderlich ist.

Für „neue“ Wolle ergeben sich weitere Anwendungsbereiche außerhalb des originären Stoffkreislaufs, beispielsweise der Einsatz als Rohstoff zur Porosierung des Ziegelscherbens in der Ziegel-Industrie.

6.3 Entsorgung

Der derzeit übliche Entsorgungsweg von Mineralwolle besteht in der Deponierung. Vor wenigen Jahren betrug die Entsorgungsgebühr noch 40 bis 50 € je Tonne [BBSR, 2011], weshalb der Aufbau umfassender Rückführungssysteme unwirtschaftlich war. Zwischenzeitlich sind die Gebühren jedoch regional stark angestiegen. Die Preisspanne beträgt aktuell zwischen 60 bis 675 € je Tonne. Die Verknappung des Deponievolumens wird in der nächsten Zukunft zu einer weiteren Steigerung der Gebühren führen, wodurch sich für den Recycling-Sektor neue Anreize zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in den Bereichen Aufbereitungsverfahren und Logistik ergeben.

Zu beachten ist, dass einzelne Städte, Kreise oder Länder spezielle Andienungspflichten für gefährliche Abfälle erlassen haben. In diesen Fällen darf zurückgebaute Mineralwolle nur auf bestimmten Deponien oder in einer bestimmten Region entsorgt werden. Je nachdem, wo die Werke der recycelnden Hersteller liegen, muss in diesen Fällen vorab ein Antrag auf Befreiung von der Andienpflicht gestellt werden.

7 Zusammenfassung

Der Einsatz von Dämmstoffen ist ein wesentliches Instrument zur Erreichung der Klima- und Umweltschutzziele. Die den Dämmstoffmarkt mit etwa 54 % dominierenden Mineralwollen weisen hervorragende Wärme-, Schall- und Brandschutzeigenschaften aus. Sie sind in nahezu allen Baukonstruktionen der Gebäudehülle und des Innenausbaus sowie in Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung einsetzbar.

Seit Mitte der 1990er Jahre in Deutschland hergestellte Mineralwolle weist eine hohe ökologische Qualität auf und ist aus gesundheitlicher Sicht unbedenklich. Bis 1996 wurden jedoch Mineralwollen verbaut, die heute als potenziell gesundheitsgefährdend gelten. Zur Unterscheidung wird im allgemeinen Sprachgebrauch daher zwischen „alter“ Mineralwolle und „neuer“ Mineralwolle unterschieden. Beim Umgang mit „alter“ Mineralwolle sind besondere Vorgaben zur Sicherstellung des Umwelt- und Gesundheitsschutzes einzuhalten.

Die in Deutschland verbauten Mineralwollen werden, im Gegensatz zu den nahezu vollständig recycelten Produktionsabfällen, nach ihrer Nutzung bislang vorwiegend deponiert. Um der Forderung nach nachhaltigem, ressourceneffizientem Bauen gerecht zu werden, sollten diese Abfälle zukünftig effizienter genutzt werden. Hierfür müssen die organisatorischen und logistischen Prozesse optimiert und der sortenreine Rückbau gefördert werden.

Erste Verfahren und Systeme zur Rückführung von Baustellenabfällen aus Mineralwolle in den Stoffkreislauf beweisen, dass eine hochwertige Verwertung dieser bislang ungenutzten Ressourcen möglich ist. Für „neue“ Mineralwolle bietet sich dabei eine direkte Wiederverwendung, beispielsweise als Zusatz in der Ziegel-Industrie oder im Bergbau-Versatz an. „Alte“ Mineralwollen hingegen müssen aufgrund ihrer potenziell gesundheitsgefährdenden Wirkung zunächst durch Verschlackung oder Einschmelzen vollständig zerstört werden. Aus diesen Abfällen hergestellte Dämmstoffe sind hinsichtlich ihrer technischen Qualität sowie ihrer Umwelt- und Gesundheitsfreundlichkeit nicht von Produkten aus primären Rohstoffen zu unterscheiden.

8 Literaturverzeichnis

[AbfAEV, 2017]

Verordnung über das Anzeige- und Erlaubnisverfahren für Sammler, Beförderer, Händler und Makler von Abfällen (Anzeige- und Erlaubnisverordnung) in der Fassung vom 05. Juli 2017.

[AVV, 2017]

Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung) in der Fassung vom 17. Juli 2017.

[BBSR, 2011]

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: BBSR-Berichte KOMPAKT – Künstliche Mineralfaserdämmstoffe; Januar 2011.

[BBSR, 2017]

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB, 24.02.2017.

[BG BAU 341, 2015]

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft – BG BAU: Umgang mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle) - Handlungsanleitung; April 2015.

[ChemVerbotsV, 2017]

Verordnung zur Neuregelung nationaler Vorschriften über das Inverkehrbringen und die Abgabe von Chemikalien (Chemikalien-Verbotsverordnung) in der Fassung vom 20. Januar 2017.

[CLP-Verordnung, 2011]

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen in der Fassung vom 20. Januar 2011.

[Deilmann, 2016]

C. Deilmann, J. Reichenbach, N. Krauß u.a.: Materialströme im Hochbau: Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft; BBSR [Hrsg.]: Zukunft Bauen: Forschung für die Praxis 6, Bonn 2016.

[DepV, 2017]

Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung) in der Fassung vom 27. September 2017.

[DESTATIS, 2018]

Statistisches Bundesamt: Fachserie 19 Reihe 1 – Umwelt – Abfallentsorgung 2016; 27.06.2018.

[DIN 4108-10]

DIN 4108-10:2015-12: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe - Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe.

[DIN EN 15804]

DIN EN 15804:2014-07: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung EN 15804:2012+A1:2013.

[DIN EN ISO 14001]

DIN EN ISO 14001:2015-11: Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung; Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14001:2015.

[FLUMROC, 2019]

FLUMROC AG: Merkblatt Rücknahme von Flumroc-Steinwolle und- Einwegpaletten; 2019.

[GefStoffV, 2017]

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) in der Fassung vom 29 März 2017.

[GewAbfV, 2017]

Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung) in der Fassung vom 18. April 2017.

[Grünzweig, 1995]

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 1995.

[IAB, 2018]

Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gemeinnützige GmbH: Entwicklung eines Recyclingverfahrens für gefüllte Ziegel („Füllziegelrecycling“); 22.08.2018.

[KrWG, 2017]

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz) in der Fassung vom 20. Juli 2017.

[NachwV, 2017]

Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung) in der Fassung vom 18. Juli 2017.

[REACH-Verordnung, 2014]

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) in der Fassung vom 10.04.2014.

[ROCKWOOL, 2019]

DEUTSCHE ROCKWOOL GmbH & Co. KG: Preisliste Flachdach, Metalldach und Kassettenwand; Ausgabe 01/2019.

[TRGS 500, 2008]

Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS): Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 500 – Schutzmaßnahmen; 2008.

[TRGS 521, 2008]

Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS): Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 521 - Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle; Februar 2008.

[VDI 3492, 2013]

Verein Deutscher Ingenieure - VDI-Richtlinie 3492: Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messen von Immissionen - Messen anorganischer faserförmiger Partikel - Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren; Juni 2013.