



**Stadt  
Wien**

Umweltschutz

**Magistrat der Stadt Wien  
Stadt Wien - Umweltschutz  
1200 Wien, Dresdner Straße 45**

**Künstliche Mineralfasern  
aus abfall- und  
arbeitnehmerschutzrechtlicher Sicht**

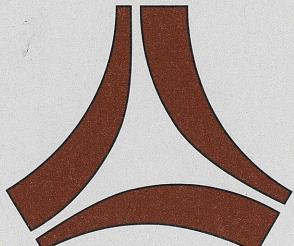
**KMF - Monographie**

**aetas**  
Ziviltechniker GmbH

1150 Wien, Kardinal Rauscher-Platz 4  
Tel.: +43 (0)1 / 269 63 69 - 0  
Fax: +43 (0)1 / 269 63 69 - 15

[office@aetas.at](mailto:office@aetas.at)  
[www.aetas.at](http://www.aetas.at)

**Wien, Dezember 2022**





**Stadt  
Wien**

Umweltschutz

**Magistrat der Stadt Wien  
Stadt Wien - Umweltschutz  
1200 Wien, Dresdner Straße 45**

**Künstliche Mineralfasern  
aus abfall- und  
arbeitnehmerschutzrechtlicher Sicht**

**KMF - Monographie**

**aetas**  
Ziviltechniker GmbH

1150 Wien, Kardinal Rauscher-Platz 4  
Tel.: +43 (0)1 / 269 63 69 - 0  
Fax: +43 (0)1 / 269 63 69 - 15

[office@aetas.at](mailto:office@aetas.at)  
[www.aetas.at](http://www.aetas.at)

**Wien, Dezember 2022**

**Studienautoren:**

Dipl.-Ing. Heinz Kropiunik  
Mag. Barbara Simon

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG IN DIE FACHTHEMATIK - GEGENSTAND DER MONOGRAPHIE ..</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>ALLGEMEINES ZU KÜNSTLICHEN MINERALFASERN .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>UMWELTHYGIENISCHE ASPEKTE .....</b>	<b>11</b>
3.1	Allgemeines.....	11
3.2	Übersicht Gesundheitlicher Auswirkungen .....	16
3.3	Einstufung von KMF in eine Gefahrenkategorie für karzinogene Stoffe ..	17
3.4	Differenzierung „alte“ und „neue“ KMF-Produkte .....	19
3.5	Medizinische Aspekte hinsichtlich der Kanzerogenität von KMF .....	20
3.6	KMF als krebserzeugender Arbeitsstoff.....	24
3.6.1	Grenzwerte Österreich/ MAK- und TRK-Werte .....	24
3.6.2	Grenzwerte Deutschland.....	26
3.6.3	Erfahrungswerte am Arbeitsplatz .....	26
3.6.4	Gesundheitsüberwachung.....	29
<b>4.</b>	<b>ANWENDUNGSFÄLLE VON KMF.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Anwendungsfall Dämmstoff Bauwerke .....</b>	<b>30</b>
4.1.1	Glas- und Steinwollen.....	31
4.1.2	Keramikfasern .....	33
4.1.3	Schlackenwollen .....	33
4.1.4	Textilglasfasern.....	33
4.1.5	Whisker und polykristalline Fasern .....	33
4.1.6	Gesundheitsrelevante Beeinträchtigungen für Bauwerksnutzer .....	33
4.1.7	Gesundheitsrelevante Beeinträchtigungen bei Arbeiten am Bauwerk ..	35
4.1.8	Bau- und Abbruchtätigkeiten .....	37
<b>4.2</b>	<b>Anwendungsfall Substrat für den Gartenbau .....</b>	<b>39</b>
4.2.1	Im Gartenbau angewendete Mineralfaserarten .....	39
4.2.2	Gesundheitsrelevante Beeinträchtigungen.....	41
4.2.3	Rechtliche Situation .....	41
4.2.4	Umgang mit KMF nach der Nutzung .....	41
4.2.5	Abfallwirtschaftliche Aspekte .....	43
4.2.6	Substrat-Alternativprodukte .....	43
<b>5.</b>	<b>KMF-ANALYTIK .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1</b>	<b>KMF-Materialanalysen .....</b>	<b>45</b>
5.1.1	Bestimmung von WHO-Fasern .....	45
5.1.2	Bestimmung des Gefährdungspotentials .....	46
5.1.3	Bestimmung des KI-Werts .....	49
5.1.4	Erfahrungswerte zu KMF-Materialanalysen .....	51
5.1.5	Faserdickenverteilung .....	52

<b>5.2</b>	<b>Luftmessungen auf KMF-Konzentration.....</b>	<b>54</b>
5.2.1	Arbeitsplatzmessungen.....	55
5.2.2	Raumluftmessungen.....	56
<b>5.3</b>	<b>Differenzierung Stein-, Glaswollen und sonstige KMF.....</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>ABFALLWIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE .....</b>	<b>60</b>
<b>6.1</b>	<b>Zuordnung Abfallart .....</b>	<b>60</b>
<b>6.2</b>	<b>Sammlung und Kennzeichnung von KMF-Abfällen.....</b>	<b>62</b>
<b>6.3</b>	<b>Deponierung, Behandlung und Verwertung .....</b>	<b>63</b>
6.3.1	Deponierung von KMF-Abfällen in Österreich .....	64
6.3.1	Deponierung KMF-Abfälle in Deutschland.....	68
6.3.2	Freiwillige Rücknahmesysteme.....	69
6.3.3	Faserfreie Sekundärrohstoffe .....	69
<b>7.</b>	<b>ARBEITNEHMERINNENSCHUTZ / UMGANG MIT KMF .....</b>	<b>71</b>
<b>7.1</b>	<b>Schutzmassnahmen beim Umgang mit KMF-Produkten mit karzinogenem Potential.....</b>	<b>71</b>
7.1.1	Handlungsanleitung BG Bau .....	72
7.1.2	TRGS 521 .....	74
7.1.3	AUVA Merkblatt.....	75
7.1.4	Kurzanleitung der WKO .....	77
<b>7.2</b>	<b>Schutzmassnahmen beim Umgang mit unbedenklichen KMF-Produkten.....</b>	<b>78</b>
<b>7.3</b>	<b>Lagerung und Transport von künstlichen Mineralfasern .....</b>	<b>79</b>
<b>7.4</b>	<b>Aspekte zum Arbeitnehmerinneschutz .....</b>	<b>80</b>
<b>8.</b>	<b>REGELWERKE ÖSTERREICH, DEUTSCHLAND, EU .....</b>	<b>82</b>
<b>8.1</b>	<b>Rechtliche Regelungen in Österreich (Auswahl).....</b>	<b>82</b>
8.1.1	Umweltrecht .....	82
8.1.2	Arbeitnehmerinnenschutzrecht.....	86
8.1.3	Baurecht.....	88
<b>8.2</b>	<b>Rechtliche Regelungen in Deutschland .....</b>	<b>89</b>
8.2.1	RAL-Gütezeichen .....	89
8.2.2	Gefährdungsbeurteilung und Unterrichtung der Behörde .....	91
8.2.3	Handlungsrichtlinien / TRGS .....	92
<b>8.3</b>	<b>Rechtliche Regelungen in der EU.....</b>	<b>92</b>
8.3.1	CLP-VO .....	92
8.3.2	EUCEB .....	93
<b>9.</b>	<b>UMWELT/GEFÄHRDUNG DRITTER.....</b>	<b>94</b>
<b>10.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>95</b>
<b>11.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>99</b>

## **1. EINLEITUNG IN DIE FACHTHEMATIK - GEGENSTAND DER MONOGRAPHIE**

Seit vielen Jahren oder vielmehr Jahrzehnten wird in der einschlägigen Fachwelt bereits über Fragen der arbeitsplatz- und umwelthygienischen Relevanz von Künstlichen Mineralfasern (KMF) bzw. den daraus hergestellten Produkten diskutiert, dies durchaus kontroversiell.

Die Hersteller solcher Produkte bzw. deren Interessensvertretungen ziehen es mittlerweile vor, den Begriff „Mineralwolle“ anstelle jenem der „Künstlichen Mineralfasern“ bzw. der sehr weitläufig gebräuchlichen Abkürzung „KMF“ zu verwenden. In der Sache vermag diese terminologische Differenzierung jedoch keinen wesentlichen Unterschied zu begründen. Zumindest für die vorliegende Monographie werden daher die Begriffe „Mineralwolle“ und „Künstliche Mineralfasern“ bzw. die auf letzterem Begriff beruhende Abkürzung „KMF“ als Synonyme aufgefasst und sind daher als solche zu verstehen.

Diese kontroversiellen Diskussionen in der Fachwelt und zunehmend auch in der breiten Öffentlichkeit bringen die KMF-Thematik schon seit ebenso viel Jahrzehnten in wahrnehmbare Bewegung. In maßgeblicher Weise hat dies ab der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre mit der grundlegenden Differenzierung zwischen sogenannten biopersistenten und biolöslichen KMF und deren jeweils zugeordnetem karzinogenem Potential einen ersten Höhepunkt unter Berücksichtigung der hierfür festgelegten Parameter erreicht. Zumindest in Deutschland hat dies in weiterer Folge sogar zum Herstellungs- und Verwendungsverbot der als potentiell karzinogen eingestuften KMF geführt.

Diese Zäsur hatte auch die – nicht nur landläufige – Unterscheidung in sogenannte „alte und neue Mineralwollen bzw. KMF“ begründet und wirkt nicht nur in Deutschland bis heute nach, viel zu oft mit unklaren zeitlichen Abgrenzungen. Dass solche zeitlichen Abgrenzungen zur kategorischen Differenzierung zwischen potentiell karzinogen und nicht karzinogen gar nicht maßgeblich sein müssen, ist häufig sogar Fachleuten, die tiefer in der Materie verankert sind, nicht bewusst.

Obzwar das Anfang 2009 erfolgte Inkrafttreten der im Jahre 2008 veröffentlichten CLP-Verordnung durchaus dazu angelegt gewesen sein mag, hier weitere Klarheit zu schaffen, muss rückblickend festgestellt werden, dass diese Intention auch in der Fachwelt nicht so ganz ihre Wirkung gezeigt hat.

Aufgrund der Fülle an Unklarheiten wurde im Jahre 2012 seitens des Magistrats der Stadt Wien, Magistratsabteilung 22 -Umweltschutz mit der Projektstudie „Künstliche Mineralfasern“, ausgearbeitet von der aetas Ziviltechniker GmbH, erstmals ein Schritt in die Richtung einer Aufarbeitung solcher Unklarheiten unternommen.

In dieser Projektstudie vom April 2012 wurden nach der Aufarbeitung allgemeiner Themenpunkte wie Einstufung und Systematik, gesundheitlicher Relevanz und Fasereigenschaften von Künstlichen Mineralfasern, in weiterer Folge vor allem die jeweiligen Anwendungsfälle und Auswirkungen in der Praxis unter Berücksichtigung abfallwirtschaftlicher sowie arbeitnehmer- und umweltschutzspezifischer Aspekte dargestellt sowie die damalige relevante Rechtslage in Österreich bzw. in der EU zusammengefasst.

Mit dem Inkrafttreten der Recycling-Baustoffverordnung (BGBl. II 181/2015) per 01.01.2016 wurde sodann eine weitgehend neue Wahrnehmungssituation für KMF sowohl in der Fachwelt als auch in der breiten Öffentlichkeit eingeleitet, welche binnen kürzester Zeit ein sprunghaftes Ansteigen der Entsorgungskosten von KMF-Abfällen in der Größenordnung einer Zehnerpotenz nach sich gezogen hat.

Nicht zuletzt deshalb wurden in weiterer Folge mannigfache Initiativen von einschlägigen Organisationen und Interessensverbänden auf der Ebene von Fachveranstaltungen, Fachpublikationen und Fachgutachten gesetzt, aber es wurden durchaus auch einschlägige technische und gesetzliche Regularien – teils mit längeren Übergangsfristen – geschaffen, deren Auswirkungen sich erst in mittlerer Zukunft zeigen werden. Bei grenzüberschreitender Betrachtung lässt sich erkennen, dass Österreich in diesen Punkten gewisse Benchmarks gesetzt hat. Zwischenzeitlich lassen sich entsprechende Initiativen und Neuregulierungsbemühungen hinsichtlich der KMF-Thematik aber auch auf internationaler Ebene – insbesondere in Deutschland – erkennen.

Um dieser seit 2012 in signifikanter Weise erfolgten Neu- und Weiterentwicklung der KMF-Thematik Rechnung zu tragen, wurde die aetas Ziviltechniker GmbH vom Magistrat der Stadt Wien – Umweltschutz mit einer Überarbeitung und Aktualisierung der Projektstudie 2012 beauftragt, die nunmehr mit der Bezeichnung „**Monographie – Künstliche Mineralfasern**“ und dem Stand 2022 vorliegt.

Allein dass sich die Fertigstellung dieser Überarbeitung und Aktualisierung unerwarteterweise über einen längeren Zeitraum gezogen hat, zeigt, wie außergewöhnlich „volatil“ diese Thematik derzeit ist, wo nahezu monatlich neue Entwicklungen und Ereignisse auf einschlägiger Ebene wahrzunehmen sind. Weniger sohin als noch die Projektstudie 2012 erhebt daher die Monographie 2022 den Anspruch einer universellen Abhandlung der KMF-Thematik in Österreich und in der EU. Nach Maßgabe, der für solche Projekte stets notwendigen Fokussierung auf das jeweils Wesentliche wurde mit der vorliegenden Monographie 2022 versucht, die aktuell verfügbaren Informationen und Sachstände zur KMF-Thematik aufzuarbeiten.

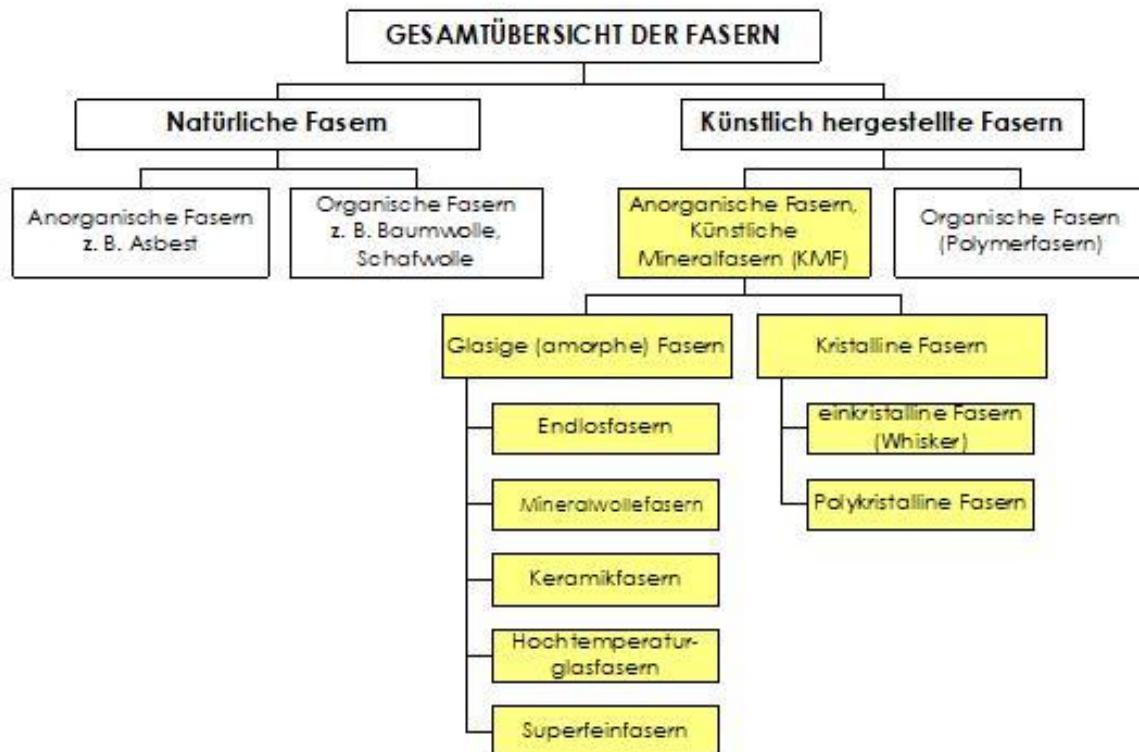
Absehbare Änderungen hinsichtlich des Umganges mit KMF-Abfällen aufgrund der jüngsten abfallrechtlichen Regelungen, insbesondere gemäß



§10c DeponieV (Deponierungsverbot für KMF ab 2027) aber auch aufgrund der zunehmenden Betonung kreislaufwirtschaftlicher und nachhaltigkeitsorientierter Prioritäten im Besonderen in der Bauwirtschaft werden schon recht bald eine Neubewertung der Situation erforderlich machen. Diesbezüglich wird auch die in Deutschland vorgesehene Überarbeitung der TRGS 521 zu berücksichtigen sein.

## 2. ALLGEMEINES ZU KÜNSTLICHEN MINERALFASERN

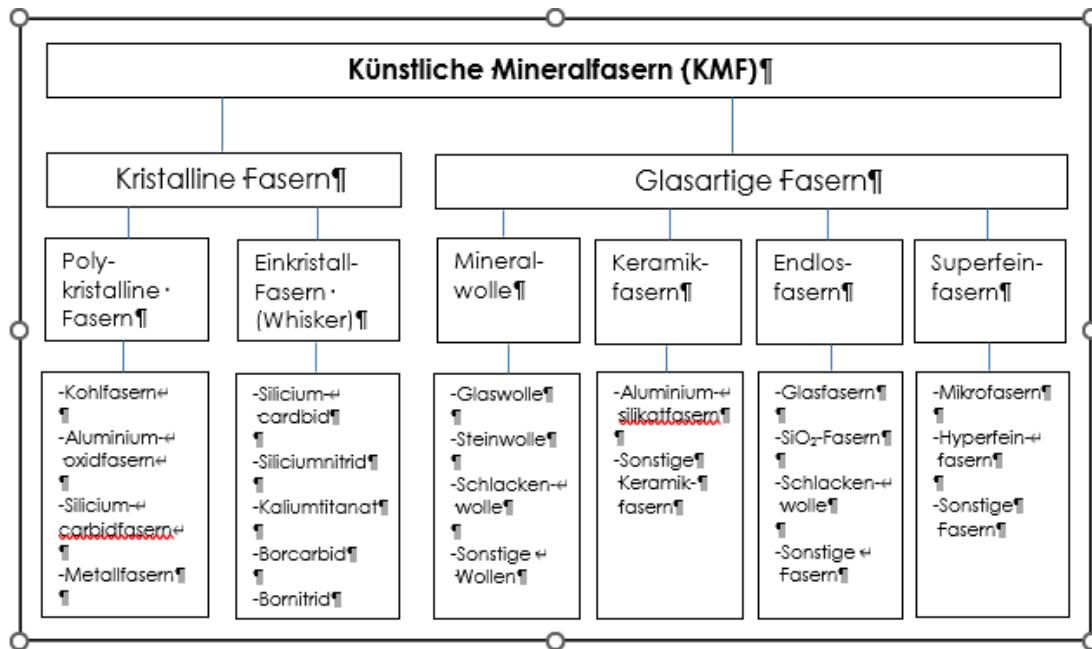
Künstliche Mineralfasern sind eine Gruppe synthetisch hergestellter anorganischer Fasern. Dazu gehören Wollen wie Glas, - Stein, Schlackenwollen, keramische Wollen und Spezialwollen aus Glas, Textilglasfasern, Whisker sowie polykristalline Fasern. Künstliche Mineralfasern werden aus der mineralischen Schmelze über unterschiedliche Düsen- oder Schleuderverfahren gewonnen<sup>1</sup>. Bild 1 gibt eine Übersicht der Faserarten wieder.



**Bild 1:** Gesamtübersicht Fasern <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bayrisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2018): Künstliche Mineralfasern

<sup>2</sup> Kropiunik Heinz: Vortrag „Faserförmige Stäube in der Innenraumluft“, Internationaler Kongress „Gesunde Raumluft“, Wien, 12. und 13. Februar 2004



**Bild 2:** Übersicht Künstliche Mineralfasern<sup>3</sup>

Der Hauptanteil der KMF-Produktion sind Mineralwollen und textile Glasfasern (ca. 95%), Keramik- und Glasmikrofasern machen mit rund 5% einen geringen Anteil aus. Schlackenwollen spielen heute nur noch eine untergeordnete Rolle.

Unter den Mineralwollen haben insbesondere Glas- und Steinwollen durch ihr breites Anwendungsspektrum und ihre Bedeutung im Bauwesen hohen Bekanntheitsgrad.

Für deren Herstellung werden unterschiedliche Rohstoffe herangezogen (siehe **Tabelle 1**).

Rohstoffe	Glaswolle	Steinwolle
	Altglas (60-70%)	Feldspat
	Sand	Dolomit
	Kalkstein	Basalt
	Sodaasche	Kalkstein
	Produktionsreste aus Glaswolle	Produktionsreste aus Steinwolle

**Tabelle 1:** Übersicht verwendete Rohstoffe zur Herstellung von Glas- und Steinwollen<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Zwiener, Gerd, Lange, Frank-Michael (2012): Handbuch Gebäude-Schadstoffe und gesunde Innenraumluft. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

<sup>4</sup> <https://www.fmi-mineralwolle.de/mineralwolle>

Sowohl bei der Herstellung von Glas- als auch von Steinwollen kommt Recyclingmaterial zum Einsatz. Altglas wird in Form von Flachglas (Fensterscheiben, Autofenstern) oder auch Flaschenglas verwendet und macht dabei einen Anteil von bis zu 80 Prozent der eingesetzten Rohstoffe aus<sup>3</sup>.

Beim Produktionsprozess erfolgt zunächst die Schmelze der Rohstoffe, anschließend wird die Schmelze zerfasert. Das geschieht hauptsächlich mittels Düsenblas-, Düsenzieh- oder Schleuderverfahren. Zusätzlich werden Bindemittel in Form von Kunstharzen und Ölen beigegeben. Die Zugabe von Kunstharzen bewirkt eine gewisse Formstabilität, die dabei verwendeten Kunstharze werden auf Basis von Formaldehyd oder Harnstoff-Formaldehyd hergestellt. Die Beigabe von Mineralölen wirkt einem vorzeitigen Brechen entgegen und verringert dadurch die Staubbildung. Oft werden auch noch wasserabweisende Stoffe zugesetzt (z.B. Silikone).

Schlackenwollen wurden aus Hochofenschlacke, einem Nebenprodukt der Roheisengewinnung, erzeugt. Dabei wird durch Zerstäuben der Hochofenschlacke mittels Pressluft oder durch Zerblasen bzw. Abschleudern von umgeschmolzener Schlacke Schlacken- oder Hüttenwolle hergestellt<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Böckler F., Dill B., Eisenbrand G., Faupel F., Fugmann B., Gamse T., Matissek R., Pohnert G., Röhling A., Schmidt S., Sprenger G., RÖMPP [Online], Stuttgart, Georg Thieme Verlag, [Dezember 2022]

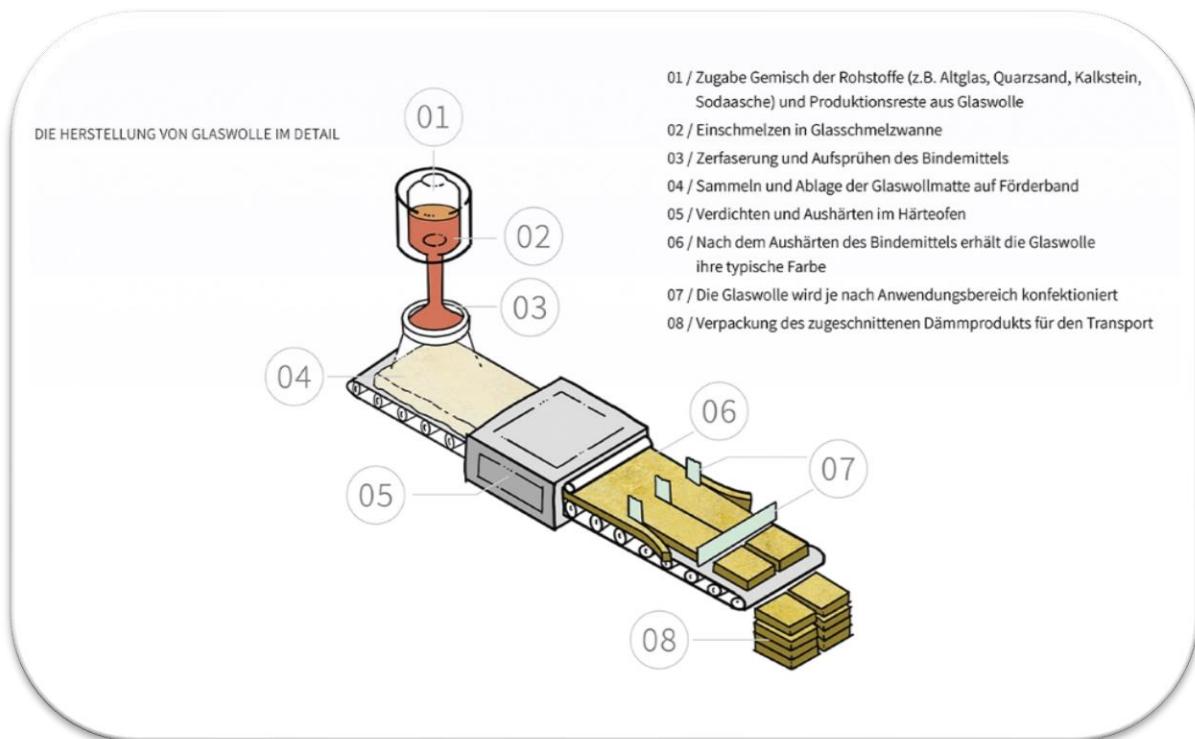


Bild 3: Herstellung Glaswolle<sup>6</sup>

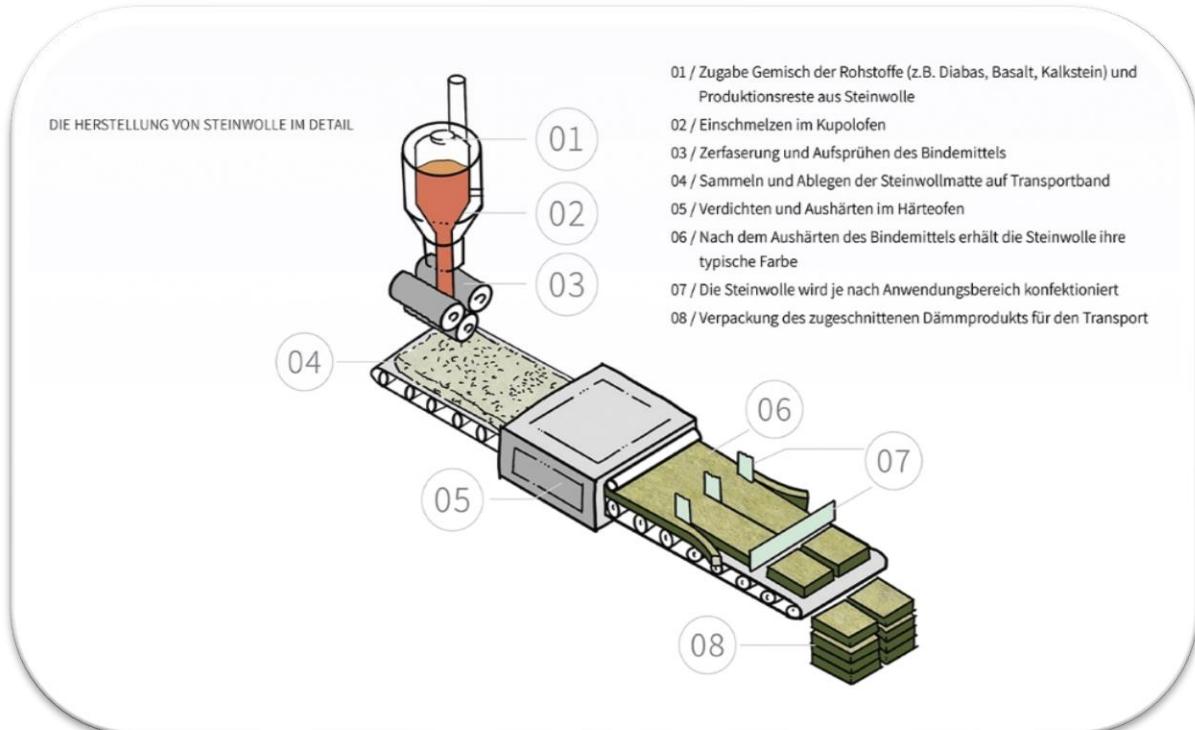


Bild 4: Herstellung Steinwolle<sup>7</sup>

<sup>6</sup> <https://www.fmi-mineralwolle.de/mineralwolle/glaswolle>

<sup>7</sup> <https://www.fmi-mineralwolle.de/mineralwolle/steinwolle>

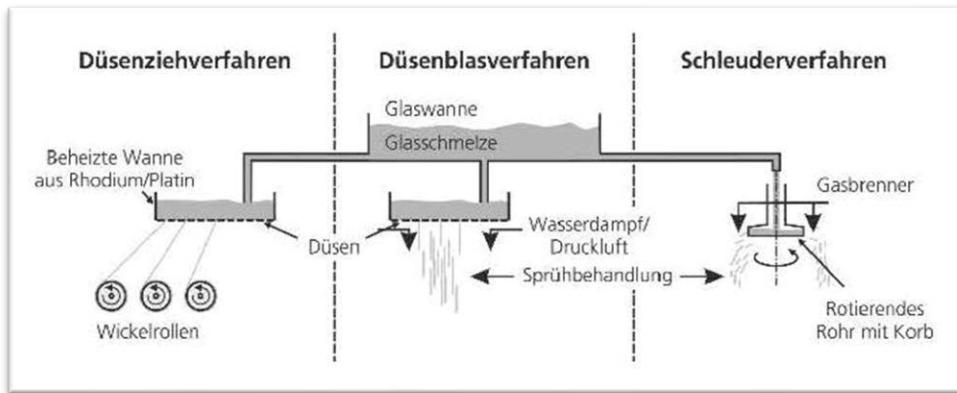


Bild 5: Düsenzieh-, Düsenblas-, - und Schleuderverfahren<sup>8</sup>

### 3. UMWELTHYGIENISCHE ASPEKTE

#### 3.1 ALLGEMEINES

Es gibt Hinweise, dass eine mögliche karzinogene Wirkung von Faserstoffen insbesondere von der Fasergeometrie und vom Chemismus der Fasern bestimmt wird, wobei letzterer für deren Biobeständigkeit verantwortlich sein dürfte.

Fasern mit einer Länge von  $>5\mu\text{m}$ , einem Durchmesser von  $<3\mu\text{m}$  und einem Verhältnis von Länge zu Durchmesser von  $>3$  wird aufgrund einer Festlegung der WHO (World Health Organisation) aus gesundheitlicher Sicht besonders kritisches Potential zugeschrieben.

Solche Fasern werden daher – unabhängig von deren Art oder Herkunft – auch als „WHO-Fasern“ bezeichnet, die beschriebenen Größenverhältnisse häufig als „kritische Fasergeometrie“ angegeben (siehe **Tabelle 2**).

Als kritisch aus gesundheitlicher Sicht gilt diese Fasergeometrie deshalb, weil sie solche Fasern umfasst, die einerseits klein genug sind, um bis in den Bereich der Alveolen bzw. Lungenbläschen der Lunge zu gelangen (man spricht von sogenannter „Lungengängigkeit“), die aber andererseits zu groß sind, um durch die körpereigenen Abwehrmechanismen (Makrophagen) wieder absorbiert und aus der Lunge „abtransportiert“ werden zu können.

<sup>8</sup> [https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d4454-2/\\*/\\*/Glasfaserherstellung.html?op=Wiki.getwiki](https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d4454-2/*/*/Glasfaserherstellung.html?op=Wiki.getwiki)

Kritische Fasergeometrie	
Faserabmessungen	Durchmesser <3µm Länge>5µm Verhältnis Länge zu Durchmesser >3

**Tabelle 2:** Kritische Faserabmessungen („WHO-Fasern“)

Werden solche Fasern zudem aufgrund ihres Chemismus und somit ihrer Biobeständigkeit im Körper entweder so gut wie gar nicht (wie z.B. im Falle von Asbestfasern) oder erst nach längerer Zeit aufgelöst, so können sie sich dementsprechend lange nachteilig auf das umgebende Zellgewebe auswirken und im ungünstigsten Fall karzinogene Auswirkungen verursachen.

Entscheidend für die karzinogene Wirkung ist somit auch, wie lange die Fasern in der Lunge verweilen bzw. wie hoch deren Biobeständigkeit ist. Die für die karzinogene Wirkung erforderliche Mindest-Biobeständigkeit ist nicht bekannt bzw. lässt sich nicht festlegen.

Für die Beschreibung bzw. Quantifizierung der Biobeständigkeit wird die Halbwertszeit herangezogen, also jene Zeit, in der sich die Fasern im biologischen Milieu zur Hälfte aufgelöst haben. **Tabelle 3** gibt einen Überblick über verschiedene Faserarten und deren Biobeständigkeit.

Faserart	Biobeständigkeit
<b>Asbestfasern</b>	mehrere Jahrzehnte
<b>Keramikfasern</b>	mehrere Jahre
<b>Mineralwolle (vor allem alte Produkte*)</b>	mehrere Monate

**Tabelle 3:** Faserarten und ihre Biobeständigkeit<sup>9</sup>

Das karzinogene Potential von künstlichen Mineralfasern erhöht sich demnach aufgrund folgender Parameter:

- bei zunehmender Länge der Fasern (bis ca. 100 µm)
- bei abnehmendem Durchmesser der Fasern
- bei höherer Biobeständigkeit<sup>9</sup>

<sup>9</sup>Zwiener, Gerd, Lange, Frank-Michael (2012): Handbuch Gebäude-Schadstoffe und gesunde Innenraumluft. Berlin. Erich Schmidt Verlag

Vergleicht man die fasergeometrischen Eigenschaften von Asbestfasern und mit jenen von Künstlichen Mineralfasern, so ist festzustellen, dass Asbestfasern geringere Durchmesser aufweisen, während Künstliche Mineralfasern signifikant dicker sind, was auch vom Herstellungsverfahren abhängt.

Beim Umgang mit Künstlichen Mineralfaserprodukten ist daher die Feinstaubentwicklung und somit der Anteil an lungengängigen Faserfraktionen bzw. WHO-Fasern geringer als bei Asbest.

Die glasige, amorphe Struktur von Künstlichen Mineralfasern bewirkt, dass diese ausschließlich quer zur Längsachse brechen können, wodurch bei der Bearbeitung immer kleinere und weniger kritische Strukturen entstehen können.

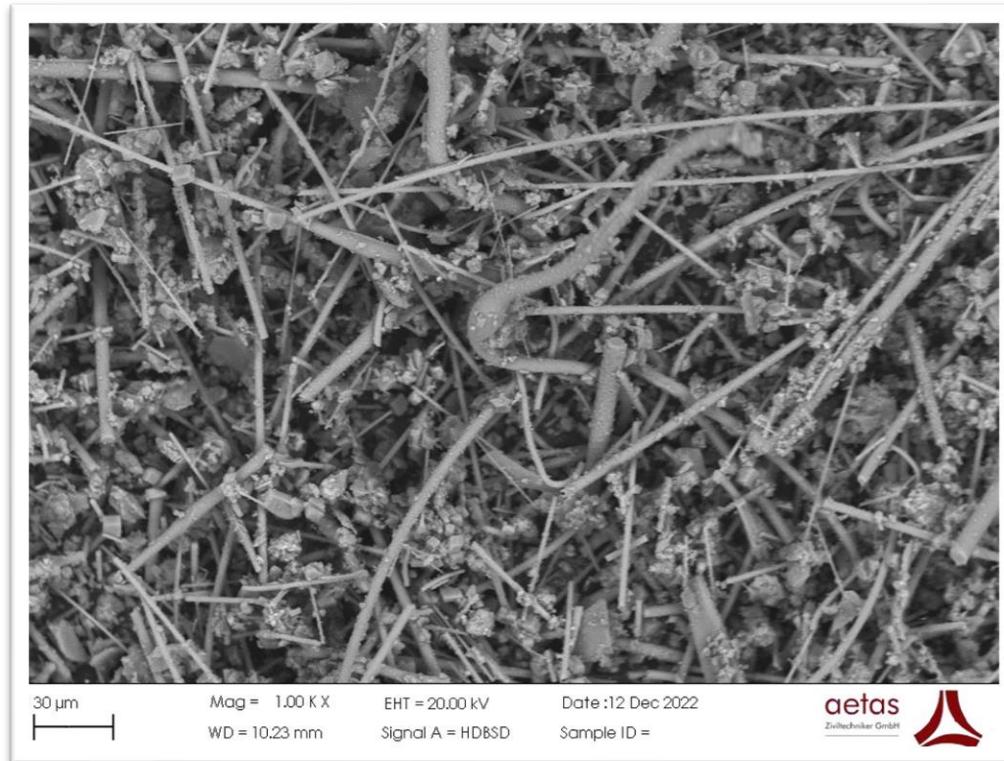
Die durchschnittlichen Faserdurchmesser Künstlicher Mineralfasern liegen im Bereich von 3 - 8 µm, herstellungsbedingt ist jedoch auch ein variierender Anteil an lungengängigen Feinstfasern bzw. WHO-Fasern vorhanden.

Asbestfasern können sich hingegen längs spalten, also parallel zur Längsachse in immer dünnerne Fasern bzw. Faserbündel „aufpleißen“ und es können dadurch noch mehr lungengängige Fasern generiert werden.

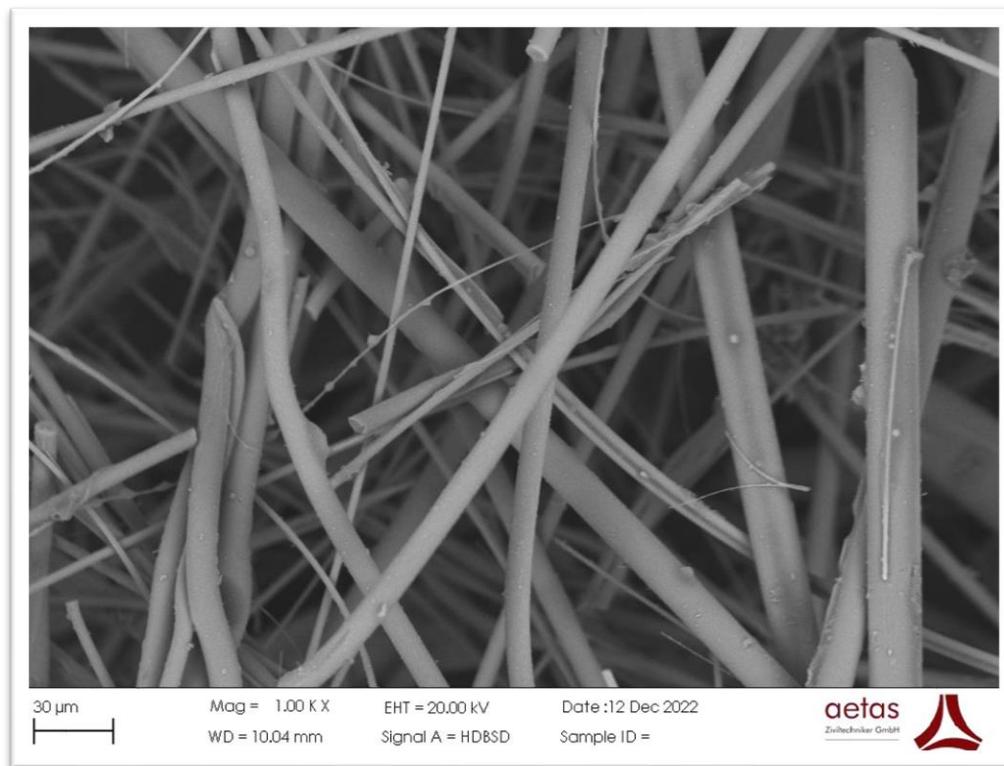
Die durchschnittlichen Faserdurchmesser von Asbest betragen dabei 2 - 4 µm bei Chrysotil (Weißasbest) und 0,1 - 0,2 µm bei Amphibolasbest (z.B. Blauasbest).

\* Kommentar:

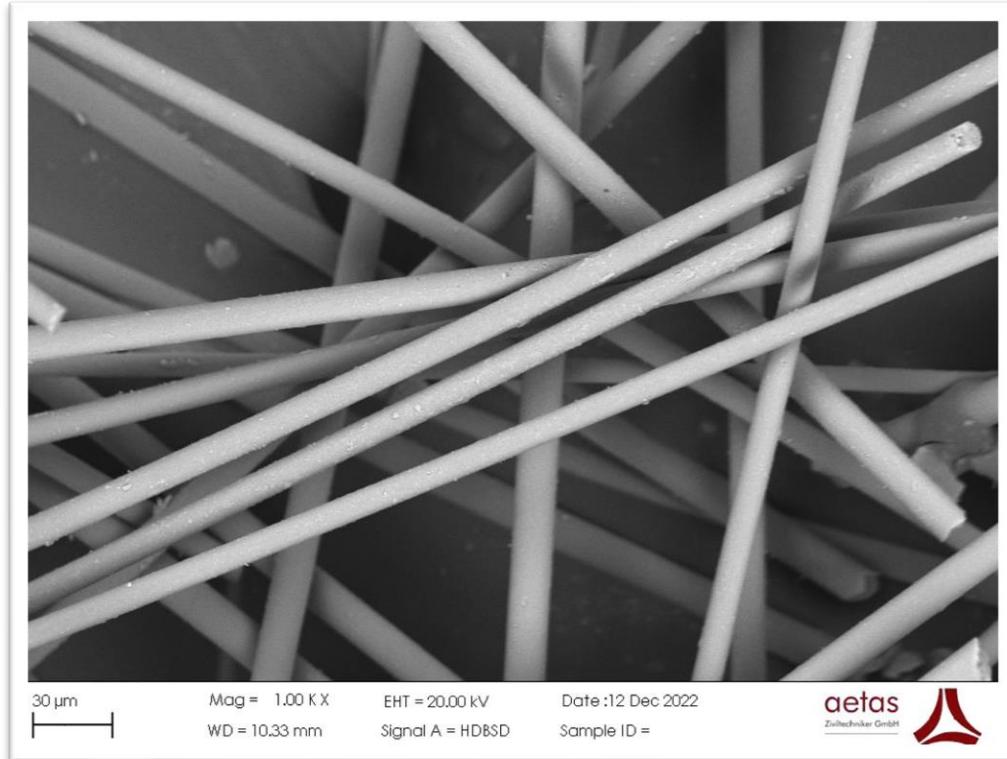
Erfahrungswerte des Studienerstellers bestätigen, dass durchwegs auch sogenannte „alte Mineralwolleprodukte“ längengewichtete mittlere geometrische Durchmesser abzüglich der zweifachen geometrischen Standardabweichung (LWGMD-2SE) von >6µm aufweisen und welchen dementsprechend kein karzinogenes Potential zugewiesen wird (siehe dazu auch Pkt. 3.3 und 3.4).



**Bild 6:** Künstliche Mineralfasern (KMF-Spritzputz) bei 1.000-facher Vergrößerung, REM-Aufnahme (Quelle: aetas Ziviltechniker GmbH)



**Bild 7:** Künstliche Mineralfasern (KMF-Dämmung) bei 1.000-facher Vergrößerung, REM-Aufnahme (Quelle: aetas Ziviltechniker GmbH)



**Bild 8:** Künstliche Mineralfasern (KMF-Bandage) bei 1.000-facher Vergrößerung, REM-Aufnahme (Quelle: aetas Ziviltechniker GmbH)



**Bild 9:** Amphibolbest (Amosite) bei 1000-facher Vergrößerung, REM-Aufnahme (Quelle: aetas Ziviltechniker GmbH)

### 3.2 ÜBERSICHT GESUNDHEITLICHER AUSWIRKUNGEN

Der zentrale gesundheitliche Aspekt in Bezug auf KMF-Stäube mit kritischer Fasergeometrie und entsprechender Biobeständigkeit ist das kanzerogene Potential, das sie nach Inhalation, also Inkorporierung über die Atmungsorgane entfalten können.

Jedoch können auch KMF-Stäube, die nachweislich keine ausreichenden Anhaltspunkte für ein kanzerogenes Potential aufweisen, sonstige gesundheitlich relevante Beeinträchtigungen verursachen, wie beispielsweise Hautreizungen beim direkten Kontakt im Zuge des Umganges mit KMF-Produkten.

Hierbei dringen vor allem Fasern mit größeren Durchmessern in die Haut ein und verursachen in weiterer Folge Juckreiz oder auch Entzündungen. Bei länger andauerndem Umgang mit KMF-Produkten kann der Juckreiz nachlassen, da es zu einem Gewöhnungseffekt kommt, jedoch ist das Auftreten von Entzündungen nicht auszuschließen.

Der beim Umgang mit KMF freiwerdende Staub, kann zudem zu Reizungen und Entzündungen der Augen oder Atemwege führen, vor allem bei jenen Menschen, welche bereits durch Allergien oder Asthma vorbelastet sind. Auch die als Bindemittel verwendeten Zusatzstoffe (z.B. Phenol- und Harnstoff-Formaldehyd-Harze) können Allergien auslösen. Höhere Formaldehyd-Werte sind dabei jedoch nur bei Mineralwolleprodukten kurz nach dem Produktionsprozess anzunehmen, wobei die Emissionswerte schon nach ein paar Tagen bis Monaten in unbedenkliche Bereiche sinken.

Gesundheitliche Auswirkungen	Anmerkungen
Kanzerogene Wirkung	Fasern mit kritischer Fasergeometrie, biobeständige Fasern
Hautreizungen	Juckreiz und Entzündungen vor allem durch größere Fasern, die in die Haut eindringen
Augenreizungen/ Augenentzündungen	durch freiwerdenden Staub
Entzündliche Reizungen der Atemwege	durch freiwerdenden Staub
Allergien	insbesondere durch Bindemittel (Formaldehyd)

**Tabelle 4:** Gesundheitliche Auswirkungen von künstlichen Mineralfasern<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Zwiener, Gerd, Lange, Frank-Michael (2012): Handbuch Gebäude-Schadstoffe und gesunde Innenraumluft. Berlin. Erich Schmidt Verlag

### 3.3 EINSTUFUNG VON KMF IN EINE GEFAHRENKATEGORIE FÜR KARZINOGENE STOFFE

Die Einstufung in eine Gefahrenkategorie für karzinogene Stoffe ist in der Verordnung (EG) 1272/2008 (CLP-VO) Anhang I Abschnitt 3.6 festgelegt. Die Zuordnung erfolgt in zwei Kategorien, wobei die Gefahrenkategorie 1 in zwei Unterkategorien, Kategorie 1A und 1B, geteilt ist.

Tabelle 3.6.1

Gefahrenkategorien für karzinogene Stoffe

Kategorien	Kriterien
KATEGORIE 1:  Kategorie 1A:  Kategorie 1B	Bekanntermaßen oder wahrscheinlich beim Menschen karzinogen Ein Stoff wird anhand epidemiologischer und/oder Tierversuchsdaten als karzinogen der Kategorie 1 eingestuft. Die Einstufung eines Stoffes kann weiter wie folgt differenziert werden: Kategorie 1A für Stoffe, die bekanntermaßen beim Menschen karzinogen sind; die Einstufung erfolgt überwiegend aufgrund von Nachweisen beim Menschen; Kategorie 1B, für Stoffe, die wahrscheinlich beim Menschen karzinogen sind; die Einstufung erfolgt überwiegend aufgrund von Nachweisen bei Tieren. Die Einstufung in Kategorie 1A und 1B beruht auf der Aussagekraft der Nachweise in Verbindung mit zusätzlichen Hinweisen (siehe Abschnitt 3.6.2.2). Diese Nachweise können entweder: <ul style="list-style-type: none"><li>— aus epidemiologischen Studien, die einen ursächlichen Zusammenhang zwischen der Exposition von Menschen gegenüber einem Stoff und der Entwicklung von Krebs herstellen (bekanntes Humankarzinogen), oder</li><li>— aus Tierversuchen stammen, deren Beweiskraft ausreicht (¹), eine karzinogene Wirkung beim Tier (wahrscheinliches Humankarzinogen) nachzuweisen.</li></ul> Darüber hinaus kann es im Einzelfall aufgrund einer wissenschaftlichen Beurteilung gerechtfertigt sein, eine Entscheidung über die wahrscheinliche karzinogene Wirkung beim Menschen auf Untersuchungen zu stützen, die nur begrenzte Nachweise auf eine karzinogene Wirkung beim Menschen in Verbindung mit begrenzten Nachweisen bei Versuchstieren ergaben.
KATEGORIE 2	Verdacht auf karzinogene Wirkung beim Menschen Die Einstufung eines Stoffes in Kategorie 2 erfolgt aufgrund von Nachweisen aus Studien an Mensch und/oder Tier, die jedoch nicht hinreichend genug für eine Einstufung des Stoffes in Kategorie 1A oder 1B sind, anhand der Aussagekraft der Nachweise und zusätzlicher Hinweise (siehe Abschnitt 3.6.2.2). Solche Nachweise können entweder aus Studien beim Menschen, die einen Verdacht auf karzinogene Wirkung (¹) begründen, oder aus Tierstudien, die einen Verdacht karzinogene Wirkungen ergeben, stammen.

(¹) Hinweis: siehe 3.6.2.2.4.

**Bild 10:** VO (EG) 1272/2008 (CLP-VO) Anhang I Abschnitt 3.6, Gefahrenkategorien für karzinogene Stoffe

Die Einstufung von künstlichen Mineralfasern ist im Anhang VI der Verordnung (EG) 1272/2008 (CLP-VO) in Tabelle 3.1 festgelegt, welche eine Liste der harmonisierten Einstufung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe umfasst. Die Zuordnung zu einer Gefahrenkategorie erfolgt anhand der Summierung der Anteile an definierten Alkali- und Erdalkalimetalloxiden (siehe **Tabelle 5**).

Bezeichnung	Einstufung	Anmerkungen
„Mineralwollen“ (künstlich hergestellte ungerichtete glasige (Silikat-) Fasern mit einem Anteil an Alkali- und Erdalkalimetalloxiden von <b>über 18 Gewichtsprozent</b> )	Kategorie 2	Q, R
„Keramische Mineralfasern“ (künstlich hergestellte ungerichtete glasige (Silikat-) Fasern mit einem Anteil an Alkali- und Erdalkalimetalloxiden von <b>weniger oder gleich 18                  Gewichtsprozent</b> )	Kategorie 1B	R

**Tabelle 5:** Einstufung KMF gemäß VO (EG) 1272/2008, Anhang VI, Tabelle 3.1

Ausnahmen für die Einstufung von KMF als karzinogen sind in den **Anmerkungen Q und R** der VO (EG) 1272/2008 (CLP-VO) Anhang VI festgelegt. Diese Ausnahmen sind auch in der derzeit geltenden Fassung der Grenzwerteverordnung in Anhang III c Punkt 11 geregelt.

**Anmerkung Q:**

Die Einstufung als karzinogen ist nicht zwingend, wenn nachgewiesen werden kann, dass der Stoff eine der nachstehenden Bedingungen erfüllt:

- Mit einem Kurzzeit-Inhalationsbiopersistenztest wurde nachgewiesen, dass die gewichtete Halbwertszeit der Fasern mit einer Länge von über 20 µm weniger als 10 Tage beträgt.
- Mit einem Kurzzeit-Intratrachealbiopersistenztest wurde nachgewiesen, dass die gewichtete Halbwertszeit der Fasern mit einer Länge von über 20 µm weniger als 40 Tage beträgt.
- Bei einem geeigneten Intraperitonealtest ergaben sich keine Belege für übermäßige Karzinogenität.
- Bei einem geeigneten Langzeit-Inhalationstest blieben eine relevante Pathogenität oder neoplastische Veränderungen aus.

**Anmerkung R:**

Die Einstufung als karzinogen ist nicht zwingend für Fasern, bei denen der längengewichtete mittlere geometrische Durchmesser abzüglich der zweifachen geometrischen Standardabweichung (LWGMD-SE) größer ist als 6 µm.

### 3.4 DIFFERENZIERUNG „ALTE“ UND „NEUE“ KMF-PRODUKTE

Produktionsumstellungen der maßgeblichen Hersteller von KMF in Europa hatten zur Folge, dass ab ca. 1996 KMF-Produkte mit einer höheren Biolöslichkeit hergestellt wurden.

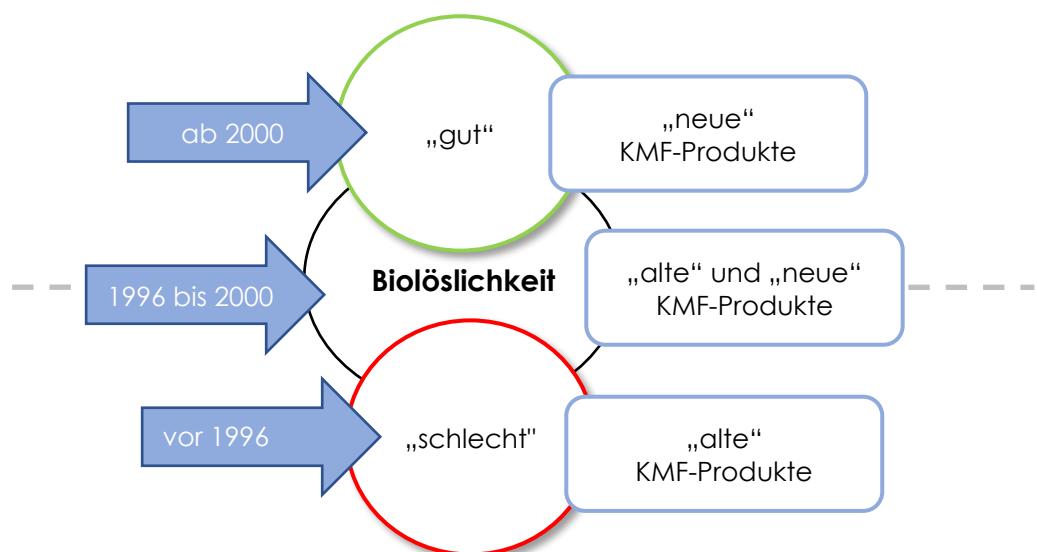
Seit diesem Zeitpunkt wird auch in der Fachwelt die Differenzierung zwischen jenen KMF-Produkten mit einer geringeren Biolöslichkeit und jenen mit einer höheren Biolöslichkeit mittels der Begriffe „alte KMF-Produkte“ und „neue KMF-Produkte“ vorgenommen.

Diese Bezeichnungen wurden und werden nach wie vor als standhaftes Synonym für „potentiell karzinogen“ und „nicht potentiell karzinogen“ verwendet, was aber irreführend und sohin falsch ist.

Dies wird durch die Anmerkung R der VO (EG) 1272/2008 (CLP-VO) Anhang VI belegt, da auch sogenannte „alte KMF-Produkte“ einen LWGMD-SE von größer als 6 µm aufweisen können (sh. Punkt 3.3). Ist sohin eine Künstliche Mineralfaser allein aufgrund ihrer fasergeometrischen Eigenschaften nicht als karzinogen einzustufen, bleibt deren Biolöslichkeit unerheblich.

In Deutschland ist seit 1.Juni 2000 das Inverkehrbringen von als krebserzeugend eingestuften Mineralfaserprodukten im Bereich des Wärme- und Schallschutzes verboten. Es dürfen nur noch KMF-Produkte auf den Markt kommen, die mit dem RAL-Gütezeichen versehen sind (siehe Pkt. 8.2.1). **Ein solches Verbot wurde in Österreich bis dato nicht ausgesprochen.**

Im Übergangszeitraum zwischen 1996 und 2000 wird für Deutschland angenommen, dass aufgrund des Aufbrauchens von Lagerbeständen und unabhängig von Verwendungseinschränkungen sowohl „neue“ als auch „alte“ KMF-Produkten in Verkehr gebracht wurden.



Die Anwendung der Synonyme „alte“ und „neue“ Mineralwolle zur Bezeichnung von als karzinogen und als nicht karzinogen eingestuften KMF-Produkten nur unter Bezugnahme auf das Einbaudatums ist daher nicht zu empfehlen.

Mit Bezug auf Österreich auch deshalb, da nicht nur durch Aufbrauchen von Lagerbeständen, sondern mangels eines Inverkehrbringungsverbots auch durch Import von nicht geprüften und sohin als biobeständiger anzunehmenden KMF-Produkten nach dem Jahr 2000 KMF-Produkte verbaut wurden, die als karzinogen einzustufen sind. Dies ist auch bis dato und bis auf Weiteres nicht auszuschließen, da in Österreich ein Verbot der Verwendung von als karzinogen eingestuften KMF nicht in Aussicht ist.

Dass das Herstellungsjahr kein kategorisches Kriterium für die Einstufung in karzinogen/nicht karzinogen ist, kann anhand von jahrelangen faseranalytischen Erfahrungswerten des Studienerstellers bestätigt werden. Bei der Analyse einer Vielzahl von KMF-Proben konnte festgestellt werden, dass auch „alte“ KMF-Produkte einen LWGMD-2SE von  $>6\mu\text{m}$  aufweisen können und daher eine Einstufung als karzinogen nicht zwingend sein muss.

Umgekehrt werden bei sogenannten „neuen“ KMF-Produkten überwiegend LWGMD-2SE von  $<6\mu\text{m}$  festgestellt, die – sofern keine Informationen zu deren Biopersistenz verfügbar sind – sohin als karzinogen einzustufen sind.

Eine Aussage über das Gefährdungspotential von KMF-Produkten kann daher auf Basis der geltenden Rechtslage nur unter Anwendung geeigneter analytischer Verfahren erfolgen, wie sie in den Anmerkungen Q und R der VO (EG) 1272/2008 (CLP-VO) Anhang VI festgelegt sind.

Ist die Herkunft eines KMF-Produktes nicht bekannt, so bleibt für die Anwendung auf Baustellen nur der Nachweis gemäß Anmerkung R, da für den baupraktischen Alltag ein Nachweis gemäß Anmerkung Q (Tierversuch) nicht in Frage kommen kann.

### **3.5 MEDIZINISCHE ASPEKTE HINSICHTLICH DER KANZEROGENITÄT VON KMF**

Auf EU-Ebene (CLP-Verordnung) besteht mit Ausnahme von keramischen Mineralfasern, welche in Bezug auf den Menschen als wahrscheinlich kanzerogen eingestuft sind, bei sonstigen KMF lediglich der Verdacht auf kanzerogene Wirkung beim Menschen.

Dies beruht auf der Grundlage, dass in bisher durchgeführten Studien die kanzerogene Wirkung von KMF aufgrund unzureichender Hinweise weder eindeutig bestätigt noch widerlegt werden konnte.

Zu dieser Thematik sind auch einige Literaturstudien verfügbar, unter anderem das „Umweltmedizinische Gutachten zum Umgang mit Mineralwolleabfällen“ von Doz. Dr. Hanns Moshammer aus dem Jahr 2020<sup>11</sup>.

Das Gutachten bezieht sich in erster Linie auf die Monographien der International Agency for Research on Cancer (IARC), welche auf das nicht eindeutige Krebsrisiko von KMF hinweisen. Gemäß IARC sind KMF hinsichtlich ihrer Kanzerogenität als nicht klassifizierbar einzustufen. Auch sei sowohl bei „alten“ als auch bei „neuen“ KMF nicht davon auszugehen, dass sich diese im gefährlichen Ausmaß im Lungengewebe akkumulieren.

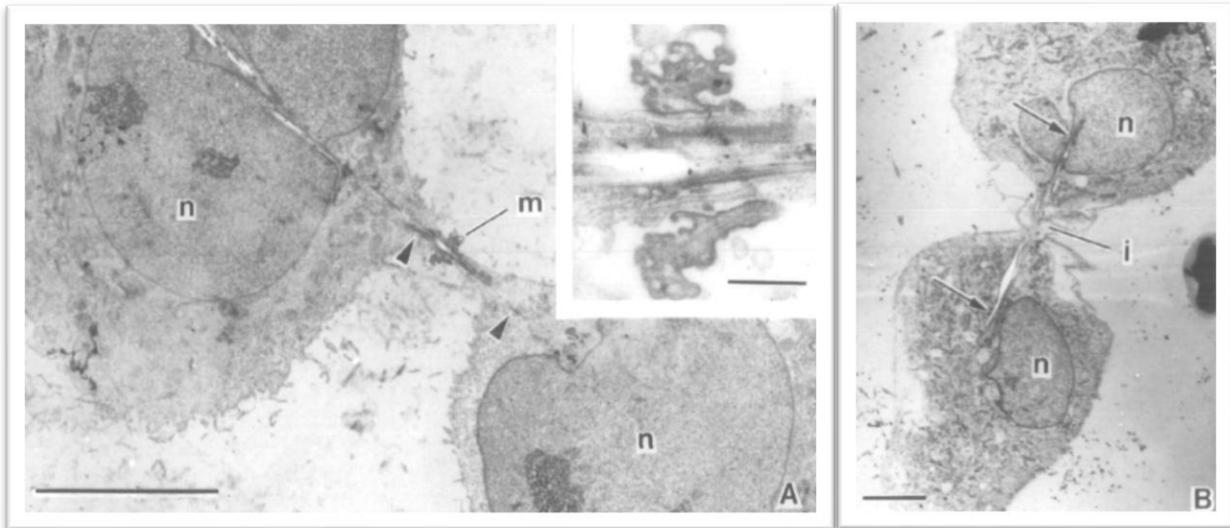
Neben den gängigen Faktoren, wie Fasergeometrie und Faserchemismus, wird in dem Gutachten auch auf die Verweildauer der Fasern in der Lunge sowie die Exposition durch eine hohe Anzahl an Fasern als relevante Aspekte für eine mögliche Krebsentstehung hingewiesen.

Einen anderen Ansatz zu dieser Thematik liefert ein Forschungsprojekt aus dem Jahr 1996 über die Auswirkungen von einzelnen Asbestfasern auf die Zellteilung, deren Ergebnisse möglicherweise auch auf KMF anwendbar sein können.

Konkret handelt es sich dabei um die Fachpublikation<sup>12</sup> mit dem Titel *Long crocidolite asbestos fibers cause polyploidy by sterically blocking cytokinesis*, welche im wissenschaftlichen Journal *Carcinogenesis* veröffentlicht wurde. Wissenschaftliche Daten belegen, dass einzelne Asbestfasern (im untersuchten Fall Krokydolith-Fasern und Nierenzellen von Rhesus Affen) einer bestimmten Fasergeometrie (Länge zwischen 15-55µm) die Zellteilung blockieren und dadurch Genomveränderungen verursachen können, welche die Entstehung von asbestbedingten Krebs zur Folge haben können.

<sup>11</sup> Moshammer, Hanns: Umweltmedizinisches Gutachten zum Umgang mit Mineralwolleabfällen (2020)

<sup>12</sup> Cynthia G. Jensen, Lawrence C.W. Jensen, Conly L. Rieder, Richard W. Cole, Jeffrey G. Ault; *Long crocidolite asbestos fibers cause polyploidy by sterically blocking cytokinesis*; *Carcinogenesis*, Volume 17, Issue 9, September 1996, Pages 2013-2021



- (A) Two cells joined by an intercellular bridge containing fibers, which appear as clear areas (see Materials and methods). Fibers within the intercellular bridge are associated with both daughter nuclei (n). The midbody (m) surrounds the fibers (enlarged in upper right inset). Arrowheads point to chromatin strands that were traced, in consecutive sections, from each daughter nucleus (n) to the midbody. Bar, 10  $\mu$ m. Bar in inset, 0.5  $\mu$ m.
- (B) Two cells joined by an intercellular bridge (i) containing fibers (clear areas, arrows), which extend between the lobes of both nuclei (n). Bar, 10  $\mu$ m.<sup>13</sup>

In Bezug auf KMF sind in diesem Zusammenhang 4 wichtige Aspekte festzuhalten:

- Hinsichtlich der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Faserarten heißt es im Diskussionsteil der Publikation wie folgt:

*From our observations, we can assume that all rigid fibers, whether mineral or synthetic, have the potential to block cytokinesis as long as they are long enough to span between the daughter nuclei (approximately 8-20  $\mu$ m, depending on cell type)*

Demnach können, bei entsprechender Fasergeometrie – nämlich einer Faserlänge, die zumindest dem Abstand zwischen 2 Tochterzellen entspricht - auch KMF das Potential aufweisen, die Zellteilung zu blockieren.
- Der Zellteilungsprozess dauert nur einige Stunden. Das bedeutet, dass eine einzelne Faser bereits innerhalb einiger Stunden Genomveränderungen verursachen kann
- Der Faserchemismus scheint im Zusammenhang mit der Blockierung der Zellteilung eine untergeordnete Rolle zu spielen:

<sup>13</sup> Cynthia G. Jensen, Lawrence C.W. Jensen, Conly L. Rieder, Richard W. Cole, Jeffrey G. Ault; Long crocidolite asbestos fibers cause polyploidy by sterically blocking cytokinesis; Carcinogenesis, Volume 17, Issue 9, September 1996, Pages 2013–2021

*Fiber chemistry probably does not play a role in blocking cytokinesis, since the blocking fibers are surrounded by a phagolysosomal membrane*

- d. Ein Verkürzen der Fasern durch Zermahlen, reduziert das Vermögen die Zellteilung zu blockieren erheblich:

*Shortening fibers by milling would dramatically reduce their ability to block cytokinesis, since short fibers could not span between the two reforming daughter nuclei.*

Diese Aspekte werfen folgende Fragen auf:

1. Zum Biopersistenzkriterium: kann bei einer gewichteten Halbwertszeit von < 10 bzw. < 40 Tagen von biolöslichen Fasern gesprochen werden, wenn schon innerhalb einiger Stunden Genomveränderungen verursacht werden können?
2. Inwiefern spielt die Faseranzahl eine Rolle?
3. Wie ist der Faserchemismus zu beurteilen, wenn die, im vorliegenden Kontext als kritisch beurteilte Fasergeometrie gegeben ist?
4. Kann dieser Faserchemismus durch Vergleich mit in Verkehr gesetzten und als biolöslich eingestuften Mineralwollen als Biolöslichkeitskriterium herangezogen werden?
5. Kann durch Zerkleinern/Zermahlen von KMF das Gefährdungspotential verringert werden?

Folgende Überlegungen können dazu jedenfalls angestellt werden:

Auch eine einzelne Faser kann offenbar innerhalb kurzer Zeit Genomveränderungen verursachen. Gelangt eine größere Zahl an Fasern mit der, im vorliegenden Kontext als kritisch beurteilten Fasergeometrie in die Lunge und/oder verweilen diese dort über einen längeren Zeitraum, ist anzunehmen, dass eine Blockierung der Zellteilung und eventuell damit verbundene Genomveränderungen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit verbunden sind.

#### Anmerkung zum Thema Biopersistenzkriterium:

In § 54 der deutschen Gefahrstoffverordnung 1998<sup>14</sup> waren für bestimmte Einsatzbereiche von künstlichen Mineralfasern Übergangsvorschriften festgelegt, die eine längere Halbwertszeit (<65 Tage) zugelassen haben:

*§ 54 (4) Anhang V Nr. 7.2 und Nr. 7.3 gilt bis zum 1. Oktober 2003 nicht für den Umgang mit künstlichen Mineralfasern, bei denen die Halbwertszeit nach intratrachealer Instillation von 2 mg einer Fasersuspension von Fasern mit einer Länge größer 5 µm, einem Durchmesser kleiner 3 µm und einem Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von größer 3:1 (WHO-Fasern) weniger als 65 Tage*

<sup>14</sup> Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) vom 15.11.1999, BGBl. I 1999, S. 2233

beträgt und die zur Gewährleistung eines ausreichenden Brandschutzes für die Verwendung in folgenden Einsatzbereichen vorgesehen sind:

1. Schiffsbau bei Brandschutzanforderungen nach a 60,
2. Schalldämpferanlagen für Kraftfahrzeuge oder
3. untertägiger Bergbau

Seit der deutschen Gefahrstoffverordnung 2004<sup>15</sup> gibt es Ausnahmeregelungen für die Herstellung und Verwendung von Glasfasern, die für Hochtemperaturanwendungen bestimmt sind. Diese dürfen eine Halbwertszeit von <65 bzw. <100 Tagen aufweisen:

Anhang II Nr. 5 (Biopersistente Fasern) zu § 16 (2) Gefahrstoffverordnung:

Z 4: Glasfasern, die für Hochtemperaturanwendungen bestimmt sind, die

- a. eine Klassifikationstemperatur von 1.000 Grad Celsius bis zu 1.200 Grad Celsius erfordern, besitzen eine Halbwertszeit ..... von höchstens 65 Tagen oder
- b. eine Klassifikationstemperatur von über 1.200 Grad Celsius erfordern, besitzen eine Halbwertszeit ..... von höchstens 100 Tagen.

### **3.6 KMF ALS KREBSERZEUGENDER ARBEITSSTOFF**

#### **3.6.1 Grenzwerte Österreich/ MAK- und TRK-Werte**

Gemäß §45 des ArbeitnehmerInnenschutzgesetzes (ASchG)<sup>16</sup> sind die MAK<sup>17</sup>- und TRK<sup>18</sup>-Werte als Grenzwerte für gefährliche Arbeitsstoffe definiert und deren Verwendung geregelt. Die diesbezüglichen Rechtsvorschriften lauten wie folgt:

§45 Abs 3 ASchG:

Steht ein Arbeitsstoff, für den ein MAK-Wert festgelegt ist, in Verwendung, müssen Arbeitgeber dafür sorgen, dass dieser Wert nicht überschritten wird. Arbeitgeber haben anzustreben, dass dieser Wert stets möglichst weit unterschritten wird.

<sup>15</sup> Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) vom 23.12.2004, BGBl. I Nr. 74 vom 29.12.2004 S. 3758

<sup>16</sup> Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG), BGBl. Nr. 450/1994 idgF

<sup>17</sup> Maximale Arbeitsplatzkonzentration

<sup>18</sup> Technische Richtkonzentration

§45 Abs 4 ASchG:

Steht ein Arbeitsstoff, für den ein TRK-Wert festgelegt ist, in Verwendung, müssen Arbeitgeber dafür sorgen, dass dieser Wert stets möglichst weit unterschritten wird.

§45 Abs 5 ASchG:

Stehen gesundheitsgefährdende Arbeitsstoffe, für die ein MAK-Wert oder TRK-Wert festgelegt ist, in Verwendung, müssen die Arbeitgeber Maßnahmen festlegen, die im Falle von Grenzwertüberschreitungen infolge von Zwischenfällen zu treffen sind.

Die Festlegung der MAK- und TRK-Werte für die einzelnen Stoffe erfolgt im Anhang I der Grenzwerteverordnung (GKV).

Für karzinogene Stoffe sind keine MAK-Werte, sondern nur TRK-Werte festgelegt. Für nicht karzinogene KMF ist der MAK für „biologisch inerte Schwebstoffe“ (einatembare Fraktion) anzuwenden. In **Tabelle 6** sind die derzeit gültigen Werte zusammengefasst.

Grenzwerte	TRK (KFM karzinogen)	MAK (KMF nicht karzinogen)
<b>Tagesmittelwert</b>	500.000 F/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
<b>Kurzzeitwert</b>	2.000.000 F/m <sup>3</sup> für 15 min 4mal pro Schicht	20 mg/m <sup>3</sup> Beurteilungszeitraum 1h Max. 2x innerhalb von 8h

**Tabelle 6:** Übersicht TRK- und MAK-Werte für KMF

Sowohl die Ermittlung der Kurzzeitwerte als auch die der Tagesmittelwerte erscheinen in der Baupraxis in repräsentativer Form schwer machbar, da es hierzu eines messtechnischen Monitorings über die gesamte Schichtdauer bedarf.

Dies ist jedoch bei hohen Staubbelastungen, wie sie beim Umgang mit solchen KMF-Produkten anzunehmen sind, aufgrund hoher Belegungen der Messfilter kaum zu realisieren. Arbeitsbegleitmessungen können demnach praktisch nur mit sehr kurzen Probenahmedauern durchgeführt werden.

Erfahrungsgemäß kann beim Umgang mit KMF-Produkten mit hohem Faserfreisetzungspotential (insbesondere beim Rückbau von KMF-Spritzputzen) der festgelegte TRK-Wert schnell erreicht bzw. deutlich überschritten werden.

### 3.6.2 Grenzwerte Deutschland

Mit Jänner 2005 wurden in Deutschland die TRK-Werte abgeschafft. Davor bestanden TRK-Werte als Grenzwerte für Hochtemperaturwollen und alle kanzerogenen bzw. in Verdacht auf Kanzerogenität stehenden anorganischen Fasern. Für Mineralwollen war ein TRK-Wert von 250.000 F/m<sup>3</sup> festgelegt.

Nach 2005 wurden anstatt von TRK-Werten sogenannte Exposition-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebszeugenden Gefahrstoffen festgelegt, die jedoch ausschließlich auf Asbest- und Aluminiumsilikatfasern eingegrenzt sind. Für sonstige anorganische, als karzinogen eingestufte Fasern sind keine risikobezogenen Beurteilungsmaßstäbe verfügbar.

Mit dem Erscheinen der TRGS 900<sup>19</sup> wurde der Arbeitsplatzgrenzwert eingeführt.

Für Stäube der Kategorie 2 wurde gemäß TRGS 900 seit Februar 2014 der Allgemeine Staubgrenzwert festgelegt. Dieser soll die Beeinträchtigung der Funktion der Atmungsorgane infolge einer allgemeinen Staubwirkung verhindern und ist für schwerlösliche bzw. unlösliche Stäube, für welche es keine andere Regelung gibt, als Arbeitsplatzgrenzwert anzuwenden (siehe **Tabelle 7**).

Allgemeiner Staubgrenzwert – für Stäube der Kategorie 2 als Arbeitsplatzgrenzwert gültig	A-Faktion	E-Faktion
	1,25mg/m <sup>3</sup>	10mg/m <sup>3</sup>

**Tabelle 7:** Grenzwerte für den Allgemeinen Staubgrenzwert in Deutschland

### 3.6.3 Erfahrungswerte am Arbeitsplatz

Das wachsende Interesse an KMF und die damit verbundenen Änderungen auf rechtlicher Ebene haben dazu geführt, konkrete Erfahrungswerte hinsichtlich der KMF-Expositionen am Arbeitsplatz beim Umgang mit KMF-Produkten vermehrt zu dokumentieren, um darauf aufbauend die jeweils gebotenen Schutzmaßnahmen zweckmäßig beurteilen zu können.

In **Tabelle 8** sind die Ergebnisse zu zahlreichen, überwiegend durch den Studienersteller durchgeführten personenbezogenen Luftmessungen (Arbeitsplatzmessungen) auf KMF-Konzentration zusammengefasst.

<sup>19</sup> Technische Regel Gefahrstoffe TRGS 900, Arbeitsplatzgrenzwerte, Ausgabe Januar 2006

Tätigkeit		Art der Messung	Ergebnisse [IKMF/m <sup>3</sup> ] *)	LWGMD-2SE [µm]	Durchführung	
Ausbau KMF-Fassaden-dämmungen	Abnahme Blechpaneelen	pbAM**) gem. DGUV-Info 213-546	25.340	3,56+4,69 (Mischung aus 2 verschiedenen KMF-Materialien)	aetas	
	Ausbau/Verpacken KMF-Matten	pbAM gem. DGUV-Info 213-546	57.020			
			54.910			
Rückbau KMF-Isolierungen Ofen (große Mengen KMF, Abbruchtätigkeit im Freien, Witterung trocken)		pbAM gem. DGUV-Info 213-546	50.910		aetas	
			65.990			
			109.209			
			187.950			
			110.870			
			76.030			
Rückbau KMF-Isolierungen Ofen (kleinere Mengen KMF, Abbruchtätigkeit im Freien, Witterung feucht)		pbAM gem. DGUV-Info 213-546	9.500	3,56+4,69 (Mischung aus 2 verschiedenen KMF-Materialien)	aetas	
			4.700			

Tätigkeit	Art der Messung	Ergebnisse [KMF/m³] *)	LWGMD-2SE [µm]	Durchführung
Deckenpaneel mit KMF-Füllungen - Freier Fall aus ca. 3 m Höhe****)	während Tätigkeit	pbAM gem. DGUV-Info 213-546	1.749.500	anonym ****)
	während Tätigkeit	RLM***) gem. DGUV-Info 213-546	702.900	
	nach Tätigkeit	RLM gem. DGUV-Info 213-546	64.700	
Demontage KMF-Dämmung Gipskartonwand	pbAM gem. DGUV-Info 213-546	90.280	2,65	aetas
Demontage KMF-Dämmung Vorsatzschale	pbAM gem. DGUV-Info 213-546	104.540		
Entfernung KMF-Spritzputz mit Absaugung (Kleinmaßnahme)	pbAM gem. DGUV-Info 213-546	601.870	1,40	aetas
Entfernung KMF-Spritzputz mit Absaugung	pbAM gem. DGUV-Info 213-546	2.090.720	2,004	aetas
		3.117.070		
		11.023.770		
		3.212.100		

**Tabelle 8:** KMF-Konzentrationen in der Luft beim Umgang mit KMF-Produkten

\*) IKMF...lungengängige künstliche Mineralfasern

\*\*) pbAM...Personenbezogene Arbeitsplatzmessungen

\*\*\*) RLM...Raumluftmessung

\*\*\*\*) Prüfbericht liegt dem Studienersteller vor, Daten werden jedoch aus Vertraulichkeitsgründen nicht offengelegt

### **3.6.4 Gesundheitsüberwachung**

Das AschG sieht vor, dass Arbeitnehmerinnen, die Tätigkeiten ausüben, bei welchen die Gefahr einer Berufskrankheit besteht, nur beschäftigt werden dürfen, wenn entsprechende Eignungsuntersuchungen vor Aufnahme der Tätigkeit bzw. Folgeuntersuchungen bei Fortdauer der Tätigkeit durchgeführt werden. Um welche Stoffe es sich dabei handelt, ist in der VGÜ<sup>20</sup> verankert. Für Arbeitnehmerinnen, die Umgang mit KMF-Produkten mit karzinogenem Potential haben, besteht gemäß VGÜ derzeit keine explizite Untersuchungspflicht. Gemäß §51 AschG ist lediglich eine freiwillige Untersuchung alle 5 Jahre möglich.

In Anbetracht der – je nach Art der Tätigkeit – teils erheblichen TRK-Wert-Überschreitungen, der nicht hinreichend geklärten gesundheitlichen Auswirkungen sowie der Verpflichtung zum Tragen von geeigneter PSA erscheint eine entsprechende Anpassung der VGÜ empfehlenswert zu sein.

---

<sup>20</sup> Verordnung der Bundesministerin für Arbeit, Familie und Jugend über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz 2020 (VGÜ)

#### 4. ANWENDUNGSFÄLLE VON KMF

##### 4.1 ANWENDUNGSFALL DÄMMSTOFF BAUWERKE

Bei derzeitigen und künftigen Umbau- und Abbruch- bzw. Rückbauvorhaben sind Mineralfaserabfälle in Form von Glas- und Steinwollen, in Form von Keramikfasern, Textilglasfasern sowie in Form von Whisker und polykristallinen Fasern anzutreffen. Glas- und Steinwollen kommen in diesem Bereich am häufigsten zur Anwendung und dienen in diesem Zusammenhang in erster Linie als Dämmstoff, wobei im Hochtemperaturbereich vorwiegend die bedeutend kritischer eingestuften Keramikfasern zum Einsatz kommen. Textilglasfasern und Whisker wiederum werden vorwiegend als Armierungsfasern eingesetzt.

Bild 11 zeigt das Absatzvolumen von Dämmstoffen in Deutschland 2019. Dieses basiert auf einer Umfrage der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) von Unternehmen und Verbänden im Bausektor zur Absatzentwicklung im abgeschlossenen Wirtschaftsjahr 2019.

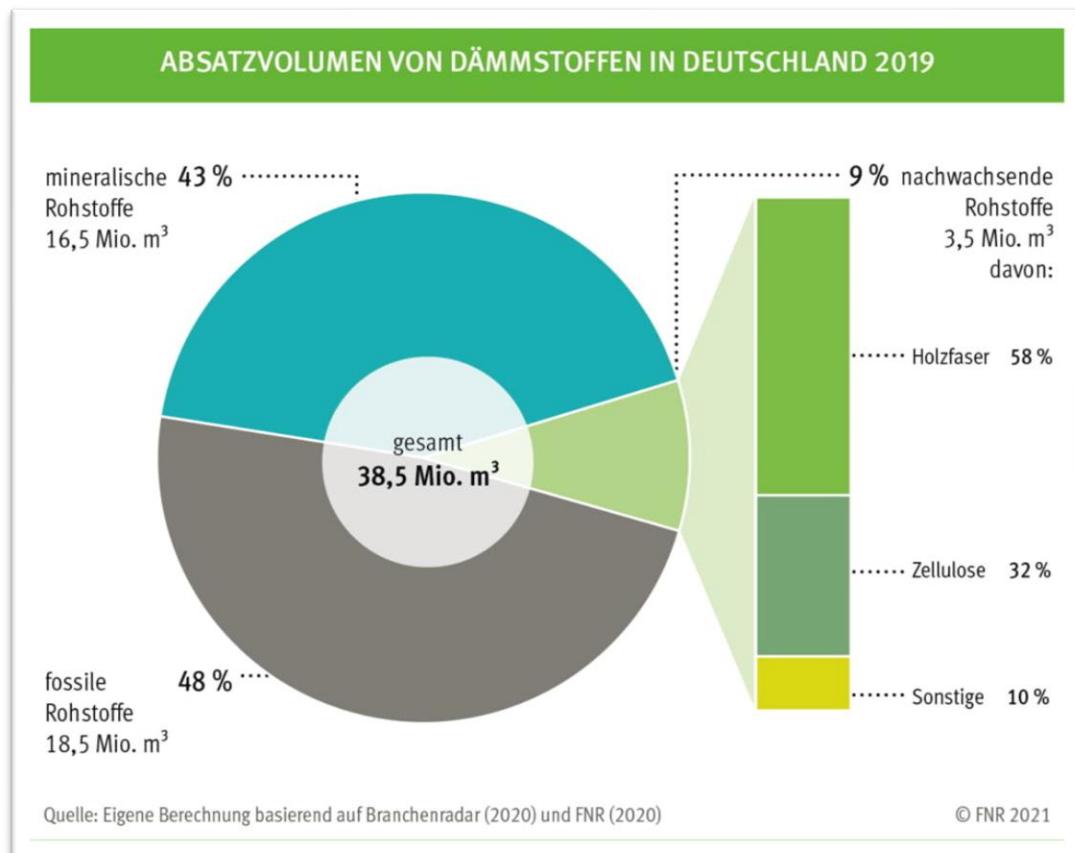


Bild 11: Absatzvolumen von Dämmstoffen in Deutschland 2019, Quelle: FNR<sup>21</sup>

<sup>21</sup> <https://news.fnr.de/fnr-pressemitteilung/marktanteil-von-nawaro-daemmstoffen-waechst>

Demgemäß hatten Dämmstoffe auf Basis fossiler Rohstoffe (Polystyrol, XPS und PU) mit 48% den größten Anteil am Dämmstoffabsatz 2019, es folgen mineralische Dämmstoffe mit 43% und Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen mit 9%.

Die in Bauwerken verwendeten einzelnen Mineralfaserarten werden in der Folge kurz beschrieben, auch jene, welche nicht unbedingt als Dämmstoff dienen, jedoch sehr wohl als Abfall in künftigen Abbruchvorhaben auftreten können.

#### **4.1.1 Glas- und Steinwollen**

Glas- und Steinwollen werden hauptsächlich zu Zwecken von Wärmedämmung, Kälteschutz, Brandschutz und für die Schalldämmung angewendet. Die im Bauwesen und im Gerätebau verwendeten Mineralwollen sind in unterschiedlichsten Produktformen vorhanden (siehe **Tabelle 9**).

<b>Produktform</b>	<b>Eigenschaften</b>
Mineralwolle-Matten	flexible, mit Staubbindemittel ausgerüstete Erzeugnisse mit geringer Festigkeit, häufig auf Unterlage aus Draht, Wellpappe, Glasvlies
Mineralwolle-Filze	flexible, mit Staubbindemittel ausgerüstete Erzeugnisse, aufgrund von Bindemitteln formbeständig mit oder ohne Kaschierung
Mineralwolle-Platten	ähnlich wie Filze, höhere Steifigkeit
Akustik-Platten	spezielle Plattenform für Schallschutzzwecke, ein- oder beidseitig kaschiert
Akustik-Deckenplatten	Plattenerzeugnisse mit höherer Dichte, Herstellung unter Verwendung von Bindern und anorganischen Füllstoffen
Mineralwolle-Formteile	in Form an Zweck angepasst, z.B. Rohrschalen
Rollenware, lose Mineralwolle	–

**Tabelle 9:** Wichtigste Produktformen von KMF<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Vgl. Zwiener, Gerd (2012), S.201.



**Bild 12:** Wärmedämmung Fassade mit Glaswolle (Quelle aetas ZT GmbH)



**Bild 13:** Dämmauflage abgehängte Decke (Quelle aetas ZT GmbH)

#### **4.1.2 Keramikfasern**

Keramikfasern werden aufgrund der hohen Temperaturbeständigkeit vor allem für Spezialanwendungen, wie industrielle Brenn- und Hochofenkomponenten (z.B. Feuerfestauskleidungen), Ofenbau (z.B. Türöffnungen von Kachelöfen), Hochtemperaturdichtungen und -filter, feuerfeste Textilien oder Katalysatorisolierungen eingesetzt. Neuartige Keramikfasern können aufgrund ihrer Hochtemperaturstabilität als Werkstoffe für Gasturbinen oder Hochtemperatur-Wärmetauscher angewendet werden.

Die Herstellung von Keramikfasern erfolgt auf Basis von Aluminiumoxid, Siliziumdioxid sowie teilweise Boroxid oder Zirkoniumoxid<sup>23</sup>.

#### **4.1.3 Schlackenwollen**

Schlackenwolle-Produkte werden in Deutschland nur noch begrenzt im Anlagenbau, im Behälterbau und als Stopfwolle eingesetzt.

Die Materialeigenschaften von Schlackenwollen sind vergleichbar zu Glas- und Steinwolleprodukten.<sup>24</sup>

#### **4.1.4 Textilglasfasern**

Textilglasfasern finden Anwendung als Dämmmaterial, in textilen Materialien, als Verstärkung von Kunststoffen, Gummi, Papier, Bitumen, Gips oder als Lichtleiter („Glasfaser“) und haben einen gleichmäßigen, kreisrunden Querschnitt<sup>23</sup>.

#### **4.1.5 Whisker und polykristalline Fasern**

Whisker (Einkristall-Fasern) und polykristalline Fasern bestehen aus verschiedenen Materialien, unter anderem aus Metallen, Oxiden, Boriden, Carbiden, Nitriden und Kohlenstoff. Wegen ihrer hohen Zugfestigkeit dienen sie als Verstärkungsfasern für Verbundwerkstoffe von faserverstärkten Leichtmetallen und Keramiken. Daneben werden sie auch zur Hochtemperaturisolation oder in hochtemperaturbeständigen Filtern eingesetzt<sup>23</sup>.

#### **4.1.6 Gesundheitsrelevante Beeinträchtigungen für Bauwerksnutzer**

Sind KMF-Produkte in Bauwerken ordnungsgemäß eingebaut, intakt und hinter einer dichten Verkleidung, z.B. einem Mauerwerk, einer Folie oder

<sup>23</sup> Vgl. Bayrisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2018): Künstliche Mineralfasern

<sup>24</sup> Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): BBSR-Berichte KOMPAKT, Künstliche Mineralfaserdämmstoffe (1/2011)

einer Platte, ist keine gegenüber der natürlichen Hintergrundbelastung erhöhte Faserstaubbelastung zu erwarten und es bestehen daher auch keine wie auch immer gearteten gesundheitlichen Beeinträchtigungen für Personen, die sich in solchen Bauwerken aufhalten. Für derartige Produkte besteht demgemäß auch keine Veranlassung für allfällige Maßnahmen, etwa bezüglich Entfernung und Entsorgung oder räumlicher Trennung.

Die Wahrscheinlichkeit deutlich erhöhter Faserexpositionen besteht bei offenen Konstruktionen oder dann, wenn aufgrund von bautechnischen Mängeln oder einem nicht fachgerechten Einbauzustand KMF-Materialien beschädigt oder frei zugänglich vorliegen.

Eine mögliche Faserexposition bzw. das Ausmaß der Faserexposition wird auch davon bestimmt, ob die KFM-Materialien beschichtet oder kaschiert sind, ob an diesen Materialien regelmäßig Arbeiten durchgeführt werden, ob diese Materialien mechanischen Einwirkungen, Erschütterungen oder klimatischen Wechselbeanspruchungen ausgesetzt sind oder ob sie sich im Bereich von starken Luftbewegungen befinden, also durchwegs Einflussfaktoren, die auch bei anderen staub- oder faseremittierenden Baustoffen (wie z.B. Asbestprodukten) auch maßgeblich sind.

In diesem Zusammenhang hängt die Möglichkeit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch KMF auch von der Nutzung des jeweiligen Raumes ab. Die Faserfreisetzung infolge von vorhandenen KMF-Materialien kann sich in einem nur selten oder zeitweise genutzten Raum weniger auf die Gesundheit auswirken als in einem häufig genutzten Raum, insbesondere wenn der Raum von Kindern oder Sportlern genutzt wird.

**Tabelle 10** gibt einen Überblick über die Anwendungen von KMF-Dämmstoffen in Gebäuden und eine mögliche Faserfreisetzung im Innenraum.

Anwendungsart	Aufbau	Faserfreisetzung im Innenraum
Wärmedämm-verbundsysteme (WDVS)	Wand, Dämmstoff, Putzbeschichtung an Außenwand direkt verbunden	nein
Hinterlüftete Fassade	Dämmstoff an tragender Wand und mit Bekleidungsmaterialien (Metall, Holz, Faserzement etc.) abgedeckt	nein
Kerndämmung bzw. zweischaliges Mauerwerk	Dämmstoff zwischen zwei Mauerwerksschalen	nein
Innenseitige Dämmung von Außenwänden	nur dort, wo keine außenseitige Lösung möglich	bei Beeinträchtigung der Dampfbremse möglich

Anwendungsart	Aufbau	Faserfreisetzung im Innenraum
Dachdämmung zwischen Sparren	sehr häufig; mit kaschierten Randleistenfilzen oder unkaschierten Dämmkeilen	bei Beeinträchtigung der Dampfbremse möglich
Dachdämmung über den Sparren	Auf vollflächiger Holzschalung und Dampfbremse	nein
Tritt- und Luftschalldämmung mit schwimmendem Estrich	Dämmstoff unterhalb Estrich, oberseitig mit Folie oder schwimmender Trockenestrich mit Verlegeplatten aus Gipskarton oder Holz ohne Folie	wenn keine Folienabdichtung vorhanden, dann möglich
Zweischalige Trennwände	Dämmstoffe in Zwischenraum von Montagewänden aus Gipskarton, Gipsfaser, Holz oder Metall	möglich
Akustikdecken	Dämmstoff in Form von Matten auf der mit oder ohne Vlies versehenen abgehängten Decke	hohes Potential, v.a. bei fehlendem oder beschädigtem Vlies und baulichen Eingriffen
Deckenplatten (Schallschutz)	Dämmstoffe direkt auf der Rohdecke oder abgehängten Decke	möglich
RLT-Anlagen	Kanäle mit Innenauskleidung; Anlagen mit innenliegenden Absorptionsschalldämpfern; Anlagen mit Glasfaser-Luftfiltern; Kanäle mit außenliegender Dämmung	möglich bzw. hohes Potential bei Kanälen mit Innenauskleidung;
Mineraldämmstoffhaltiger Putz	Innenanwendung	Möglich, v.a. bei Beschädigung

**Tabelle 10:** Anwendungsbereiche von KMF-Dämmstoffen in Gebäuden und das Potential der Faserfreisetzung in Innenräumen<sup>25</sup>

#### 4.1.7 Gesundheitsrelevante Beeinträchtigungen bei Arbeiten am Bauwerk

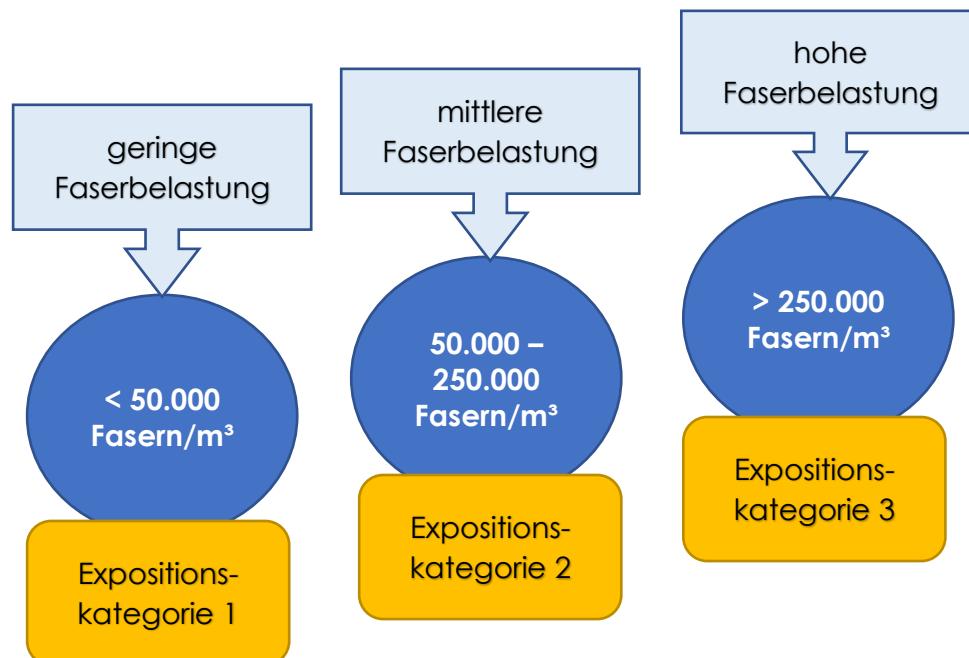
Bei Arbeiten an oder mit KMF-Produkten, wie Instandhaltung, Demontage oder Abbruch, kann es je nach Tätigkeit bzw. Umgang zu unterschiedlichen Faserexpositionen kommen.

<sup>25</sup> Zwiener, Gerd, Lange, Frank-Michael (2012): Handbuch Gebäude-Schadstoffe und gesunde Innenraumluft. Berlin. Erich Schmidt Verlag

Es ist davon auszugehen, dass die Fasergeometrie, die maßgeblich durch den längengewichteten geometrischen Durchmesser abzüglich der doppelten Standardabweichung (LWGMD-2SE gemäß Anmerkung R der VO (EG) 1272/2008 (CLP-VO) Anhang VI) charakterisiert wird, einen wesentlichen Einfluss auf die Faserexposition darstellt, auch wenn sämtliche nationalen oder internationalen Regelwerke dies bis dato noch gar nicht berücksichtigen.

Es ist nachvollziehbar, dass bei niedrigeren Werten des LWGMD-2SE die Anzahl an feinen Fasern/WHO-Fasern größer ist (siehe dazu auch Pkt. 5.1.5), wodurch schlüssig anzunehmen ist, dass auch die Faserexposition höher sein muss. Das Ausmaß der Faserexposition ist demnach auch abhängig von der Art des KMF-Produkts.

In der deutschen TRGS 521<sup>26</sup> sind Expositionskategorien für unterschiedliche Faserbelastungen wie folgt festgelegt.



#### Beispiele für Tätigkeiten der Expositionskategorie 1 gem. TRGS 521:

- Demontagen/Remontagen an Dächern oder WDVS ohne Dämmstoff oder von weniger als 20m<sup>2</sup> Dämmstoff

<sup>26</sup> Technische Regel Gefahrstoffe TRGS 521. Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle, Ausgabe Februar 2008

- Demontagen/Remontagen an Innenwänden, Deckenbekleidungen oder schwimmend verlegten Estrichen ohne Dämmstoff oder von weniger als 3m<sup>2</sup> Dämmstoff
- Demontagen/Remontagen von Ummantelungen, dämmenden Formteilen bei nicht thermisch beanspruchten Anlagen oder Anlagenteilen

Beispiele für Tätigkeiten der Expositionskategorie 2 gem. TRGS 521:

- Demontagen/Remontagen an Dächern, WDVS, Innenwänden, Deckenbekleidungen oder schwimmend verlegten Estrichen mit (ungeschützten) Dämmstoff
- Demontagen/Remontagen von Ummantelungen, dämmenden Formteilen bei thermisch beanspruchten Anlagen oder Anlagenteilen

Konkrete Beispiele für Tätigkeiten der Expositionskategorie 3 sind in der TRGS 521 nicht angeführt. Es gibt lediglich den Hinweis, dass sämtliche Tätigkeiten, die hier nicht angeführt sind, der Expositionskategorie 3 zuzuordnen sind.

Diese Kategorisierung erscheint aufgrund des Außerachtlassens der Einflüsse durch den LWGMD-2SE unzulässig verkürzt und ist aufgrund von messtechnischen Erfahrungen (sh. hierzu Punkt 3.6.3 und Tabelle 8) nicht mehr aufrecht zu erhalten. Gleiches gilt für nationale Regelwerke wie der Leitlinie „Umgang mit KMF im Bauwesen, Glaswollen und Steinwollen, Stand Jänner 2018“ der Wirtschaftskammer Österreich.

#### **4.1.8 Bau- und Abbruchtätigkeiten**

##### **4.1.8.1 Verwertungsorientierter Rückbau**

Um im Sinne des Bundes-Abfallwirtschaftsgesetzes<sup>27</sup> einen hohen Anteil an verwertbaren Stoffen und in weiterer Folge eine hohe Qualität an Recycling-Baustoffen zu gewinnen, ist im Falle von Bau- und Abbruchtätigkeiten ein verwertungsorientierter Rückbau geboten. Dabei soll sichergestellt werden, dass einerseits schadstoffhaltige Materialien und das Recycling störende Stoffe bereits vor Beginn der Abbruchmaßnahmen ordnungsgemäß ausgebaut und beseitigt werden (Schad- und Störstoffbeseitigung) und andererseits jene Stoffe, welche einer Wiederverwertung zugeführt werden können, sortenrein getrennt werden. Gesetzliche Regelungen sind hierzu in der Recycling-Baustoffverordnung – RBV<sup>28</sup> festgelegt.

<sup>27</sup> Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft 2002, BGBl. I Nr. 102/2002, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 200/2021.

<sup>28</sup> Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen BGBl. II Nr. 181/2015.

In diesem Zusammenhang sind die ÖNORM B 3151<sup>29</sup> sowie die ÖNORM EN ISO 16000-32<sup>30</sup> von maßgeblicher Bedeutung, in welchen auf KMF-Produkte als Schadstoff und gegebenenfalls als Störstoff in den einzelnen Bauwerksteilen umfangreich hingewiesen wird. Zudem sind gesetzliche Regelungen betreffend Abbruch bzw. Teilabbruch auch in der Bauarbeiterenschutzverordnung<sup>31</sup> festgelegt (siehe dazu Pkt.8.1.2.3).

#### **4.1.8.2 Sieben und Brechen von mit künstlichen Mineralfasern verunreinigten Baurestmassen**

Für die Gewinnung von einsatzfähigen Recycling-Materialien und die optimale Verwertung von mineralischen Baurestmassen ist eine Aufbereitung notwendig. Diese erfolgt in der Regel in stationären oder mobilen Aufbereitungsanlagen durch Einsatz von Brechern und Sieben.

Beim Sieben und Brechen von Baurestmassen wird das zu brechende bzw. zu siebende Material zunächst in eine Einlauföffnung (Aufgabetrichter) eingebracht, um in weiterer Folge den Brech- bzw. Siebvorgang stattfinden zu lassen. Abschließend wird das derart aufbereitete Material über eine Ausbringöffnung bzw. über ein Förderband transportiert und aufgehaldet.

Für Recycling-Baustoffe müssen die Qualitätsanforderungen gemäß Anhang 2 der Recycling-Baustoffverordnung eingehalten werden. Verunreinigungen mit KMF und anderen in §7 angeführten Stoffen oder Abfällen sind weitestgehend zu vermeiden.

Dennoch können auch bei geringen Verunreinigungen durch künstliche Mineralfasern aufgrund der starken Manipulation beim Sieben und Brechen des Materials sowohl im Bereich des Materialaufgabe, als auch der Auslauföffnung sowie ebenso im Bereich des Bandabwurfs Faserexpositionen auftreten, da der Aufbereitungsvorgang nicht in einem geschlossenen System stattfindet. Die Verwendung von Wasserbedüfung bzw. von Staubunterdrückungssystemen sollte in diesem Zusammenhang unbedingt zum Einsatz kommen, zumal solche Systeme bereits von den gängigen Herstellern angeboten werden.

<sup>29</sup> ÖNORM B 3151, 01.12.2014: Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode

<sup>30</sup> ÖNORM EN ISO 16000-32, 01.10.2014: Innenraumluftverunreinigungen - Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe

<sup>31</sup> Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen und auf auswärtigen Arbeitsstellen (Bauarbeiterenschutzverordnung BauV), BGBl. Nr. 340/1994, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 33/2012.

## **4.2 ANWENDUNGSFALL SUBSTRAT FÜR DEN GARTENBAU**

Die Anwendung von erdlosen Substraten im Gartenbau ist, speziell im Gemüse- und Schnittblumenanbau, sehr verbreitet. Dabei können unterschiedlichste Substrate zur Anwendung gelangen, wie z.B. Sägespäne, Torf, Blähton, Kies, Schaumstoffe sowie Künstliche Mineralfaserprodukte.

### **4.2.1 Im Gartenbau angewendete Mineralfaserarten**

Eine der wichtigsten im Gartenbau bzw. der Hydrokultur genutzte Form der erdlosen Substratkultur sind Künstliche Mineralfasern in Form von Steinwolle.

Steinwolle ist im Gartenbau vielseitig einsetzbar, z.B. für den Anbau von Fruchtgemüse und Schnittblumen oder zur Stecklingsvermehrung. Dementsprechend sind auch verschiedenste Ausführungen des Steinwolle-Substrats in Form von Würfeln, Matten, Flocken, etc. mit unterschiedlichen Festigkeiten erhältlich<sup>32</sup>.

Der Vorteil der Anwendung von Steinwolle als Substrat ist die exakte Steuerung von ph-Wert und Nährstoffen, kein Angriff durch Krankheitserreger sowie das geringe Gewicht. Je höher die Dichte der Steinwolle, desto besser ist der Kapillareffekt und die Verteilung von Feuchtigkeit und Nährstoffen. Durch die Zugabe von wasserabweisenden Steinwolleflocken als Substratzuschlagsstoff wird vor allem die Durchlüftung des Wurzelsystems gefördert.

Die Herstellung von Steinwolle-Substraten findet derzeit hauptsächlich in den Niederlanden und in Frankreich statt und ist mit hohen Energie – und Rohstoffkosten verbunden. Je nach Qualität können Steinwolle-Substrate für den ein-, zwei- und dreijährigen Anbau genutzt werden. Auch bei mehrjähriger Nutzung ist der jährlicher Anteil an Steinwolleabfällen entsprechend hoch<sup>32</sup>.

<sup>32</sup> Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Leitfaden zum sachgerechten Umgang mit Substraten aus dem hydroponischen Anbau (Substratkultur), Wien 2020



**Bild 14:** Anbau von Tomaten auf Steinwolle<sup>33</sup>



**Bild 15:** Steinwollewürfel<sup>34</sup>



**Bild 16:** Steinwollewürfel/-matte<sup>35</sup>

<sup>33</sup> [https://thomasmayerarchive.de/data/media\\_high/047AC19920715A0021.jpg](https://thomasmayerarchive.de/data/media_high/047AC19920715A0021.jpg)

<sup>34</sup> <https://www.pflanzenfabrik.de/steinwolle-hydroponik-substrat/>

<sup>35</sup> <https://www.grodan.com/>

#### **4.2.2 Gesundheitsrelevante Beeinträchtigungen**

Bei Kultivierung von Fruchtgemüse oder Schnittblumen auf Steinwolle können bei der Handhabung durch mögliche Manipulation des Materials in erster Linie Hautreizungen (z.B. Auspacken des Materials, Einbringen der Jungpflanzen in die Steinwollmatten) und bei höherer Faserfreisetzung auch Reizungen der Augen- und Atemwege auftreten. Dies betrifft vor allem die Arbeit mit Presswürfel oder Steinwolleflocken, da es sich hierbei um loses Material handelt. Aber auch bei Steinwollmatten ist eine Manipulation des Materials möglich.

#### **4.2.3 Rechtliche Situation**

Im Jahr 2020 wurde vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus ein Leitfaden herausgegeben, welcher den sachgerechten Umgang mit Substraten aus dem hydroponischen Anbau (Substratkultur) beinhaltet. Zentrale Themen sind neben einer Übersicht über die Substrate für hydroponische Produktionsverfahren, der aktuelle Rechtsrahmen sowie die Entsorgung, Lagerung und Wiederverwendung von gebrauchten Substraten.

Der Anbau von Bio-Gemüse ist auf Steinwolle, Hydrokultur, Nährfilmtechnik oder ähnliche Verfahren explizit nicht zugelassen. Gemäß der Produktionsrichtlinien der Bio Austria<sup>36</sup> ist in Österreich der Anbau von Bio-Gemüse nur als Erdkultur erlaubt.

In Deutschland ist mit der Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung 2012<sup>37</sup>) die Verwendung von Steinwolle nur noch in jenen Systemen erlaubt, die eine getrennte Entsorgung des Trägermaterials sicherstellen.

#### **4.2.4 Umgang mit KMF nach der Nutzung**

Die Einarbeitung bzw. Belassung von KMF-Produkten auf landwirtschaftlichen Flächen nach Gebrauch, wie es noch vor einigen Jahren von namhaften Steinwolleherstellern im Bereich Gartenbau empfohlen wurde, um Düngung und Durchlüftung des Bodens zu fördern und sich gleichzeitig die Entsorgung zu ersparen, stellt eine rechtsinkonforme Beseitigung bzw. Deponierung dar und ist demnach nicht zulässig. Alle inerten Substrate gelten nach der gartenbaulichen Nutzung als Abfall. Neben möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die eingeackerten KMF-Produkte, sind auch die Auswirkungen der sukzessiven

<sup>36</sup> Bio Austria – Verein zur Förderung des Biologischen Landbaus. Produktionsrichtlinien (Hrsg.): Die Biobäuerinnen und Biobauern Österreichs. Fassung April 2020.

<sup>37</sup> Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln. Deutsche Düngemittelverordnung vom 05.12.2012, BGBl. I S. 2482, zuletzt geändert durch Artikel 1 der VO v. 2. Oktober 2019 (BGBl. I S. 1414).

Anreicherung von KMF im Boden in ökologischer Hinsicht, wie z.B. Einflüsse auf die Bodenökologie (Mikroorganismen, Kleintiere, etc.) durch langsame Verwitterung und mangelnde Kompostierbarkeit, weder erforscht noch absehbar.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang die österreichische Gesetzeslage, so ist festzustellen, dass es weder in der Düngemittelverordnung 2004<sup>38</sup>, noch im Düngemittelgesetz 2021<sup>39</sup> Hinweise darauf gibt, dass es sich bei KMF-Produkten um Düngemittel, Bodenhilfsstoffe oder Pflanzenhilfsmittel handeln würde.

Zudem gibt es in der Düngemittelverordnung 2004 eine Typenliste, welche genaue Angaben über die typenbestimmenden Bestandteile, die Nährstoffformen und -löslichkeiten sowie die zugelassenen Ausgangsstoffe für Düngemittel, Kultursubstrate, Bodenhilfsstoffe und Pflanzenhilfsmittel enthält. Daraus erscheint die Schlussfolgerung zulässig, dass Steinwolle nur als Kultursubstrat zugelassen ist und eine Verwendung als Düngemittel, Bodenhilfsstoff oder Pflanzenhilfsmittel durch die gesetzlichen Bestimmungen gemäß Düngemittelverordnung 2004 und Düngemittelgesetz 2021 nicht gedeckt wird.

Auch im Zusammenhang mit der Herstellung von Komposten aus Abfällen finden sich keine Hinweise auf die Zulässigkeit der Verwendung von künstlichen Mineralfasern als Ausgangsmaterial.

In der Kompostverordnung<sup>40</sup>, in welcher die Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen geregelt ist, heißt es gemäß § 4 Abs. 1, dass die Herstellung von Komposten aus Ausgangsmaterialien der Anlage 1 Teil 1 oder Teil 2 bzw. die Herstellung von Müllkompost aus Ausgangsmaterialien der Anlage 1 Teil 3 zu erfolgen hat. Künstliche Mineralfasern sind in diesem Zusammenhang nicht erwähnt und daher als Ausgangsmaterial nicht zulässig.

Nicht ordnungsgemäße Entsorgungen von KMF-Abfällen im Bereich Gartenbau werden vom Magistrat der Stadt Wien - MA 22 wegen Verstößen gegen den Umwelt- und Wasserschutz entsprechend zur Anzeige gebracht.

Mittlerweile bieten namhafte Steinwollehersteller, wie Grodan<sup>41</sup>, mit Hilfe von Recyclingpartnern Recyclinglösungen an. Geschredderte, aufbereitete Steinwolle wird in Form von Granulat für den Gartenbau wiederverwendet.

<sup>38</sup> Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes 1994 erlassen werden (Düngemittelverordnung 2004), BGBl. II Nr. 100/2004, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 162/2010.

<sup>39</sup> Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln und sonstigen Düngeprodukten (Düngemittelgesetz 2021 – DMG 2021), BGBl. I Nr. 103/2021.

<sup>40</sup> Verordnung über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung) BGBl. II Nr. 292/2001

<sup>41</sup> <https://www.grodan.com/about/grodan-recycling-service/>

#### **4.2.5 Abfallwirtschaftliche Aspekte**

Auch wenn KMF-Produkte für die Kultivierung von Pflanzen vorteilhafte Eigenschaften haben mögen, erscheinen neben möglichen gesundheitlichen Auswirkungen auch abfallwirtschaftliche und ökologische Aspekte beachtenswert.

Gebrauchte Steinwollematten enthalten hohe Anteile an organischem Material (Pflanzenwurzeln) und Nährstoffresten. Daher wird eine zweiwöchigen Spülphase vor Kulturende empfohlen, wobei dennoch ein sehr hoher TOC-Gehalt bestehen bleibt. Zudem sind die Steinwolle-Produkte häufig von Kunststoffhüllen umgeben, die den TOC-Gehalt weiter erhöhen und die Deponierung erschweren. Vor der fachgerechten Entsorgung müssen die Steinwolle-Produkte daher von anderen Materialien, wie Kunststoffhüllen oder Klipsen stofflich getrennt werden. Bei der thermischen Entsorgung von Steinwolle wäre neben dem Kostenfaktor zu bedenken, dass die Zerstörung der Faserstruktur mit einem hohen Energieaufwand verbunden ist<sup>42</sup>.

Gemäß dem Leitfaden des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus zum sachgerechten Umgang mit Substraten aus dem hydroponischen Anbau (Substratkultur) sind Steinwolleabfälle aus dem Gartenbau wie folgt zu klassifizieren:

##### Steinwolleabfälle ohne krebserzeugende Eigenschaften

Abfallschlüsselnummer 31430  
verunreinigte Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Eigenschaften

##### Steinwolleabfälle mit krebserzeugenden Eigenschaften

Abfallschlüsselnummer 31437-Spezifizierung 42  
Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Eigenschaften-Spezifizierung Steinwolle

Auch gibt es Festlegungen im Anhang 2 der Abfallverzeichnisverordnung 2020: „Hydroponische Substrate ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (zB Steinwolle) sind der Abfallart SN 31430 zuzuordnen“.

#### **4.2.6 Substrat-Alternativprodukte**

Zur Vermeidung von KMF-Produkten im Gartenbau sind einige Alternativprodukte verfügbar, die jedoch nicht immer die gleichen erwünschten Eigenschaften aufweisen.

So können z.B. Kokosfasern oder Blähton, wenn sie als Substrat angewendet werden, viel weniger Wasser speichern als Steinwolle. Bei Kokosfasern spielt

<sup>42</sup> Vogdt, F.U, Fischer, D., Schaudienst, F., Schober, M., Leitfaden Recyclingpotential von Mineralwolle, TU Berlin, <https://www.irbnet.de/daten/rswb/19089008967.pdf>

zudem auch die Qualität eine wichtige Rolle, da bei vielen Produktionsstätten die Kokosfasern mit Meerwasser ausgewaschen werden.

Wird der dadurch entstandene Salzgehalt nicht erneut ausgewaschen, sind solche Fasern für den Einsatz im Gartenbau ungeeignet, da der Salzgehalt zur Schädigung von Pflanzen führen kann.

Eine Möglichkeit bietet die NFT (Nutrient Film Technique / Nährösungsfilmtechnik), bei welcher die Pflanzen in Röhren mit einer Nährösung kultiviert werden. Dabei werden die Wurzeln der Pflanzen in einem zirkulierenden System regelmäßig mit Nährösung umspült.

## **5. KMF-ANALYTIK**

Auf der Ebene der KMF-Analytik herrschte in der Fachwelt lange Zeit Unklarheit hinsichtlich der Analysestandards bei der Bestimmung des Gefährdungspotentials von KMF-Materialproben, was unterschiedliche, durchwegs nicht validierte Herangehensweisen in Bezug auf die Beurteilung der Kanzerogenität von KMF-Produkten zur Folge hatte.

In Bezug auf Luft – und Staubanalysen waren die Analysestandards von jeher sowohl auf Asbest- als auch auf KMF-Produkte ausgerichtet.

### **5.1 KMF-MATERIALANALYSEN**

#### **5.1.1 Bestimmung von WHO-Fasern**

Die qualitative Bestimmung des Vorhandenseins von WHO-Fasern in Materialproben war lange Zeit eine gängige Methode, die Kanzerogenität von KMF-Produkten zu beurteilen. Obwohl für die Anwendung bei KMF-Materialproben gänzlich ungeeignet, wird von dieser Methode nach wie vor noch häufig Gebrauch gemacht, insbesondere in Deutschland.

Spätestens seit Inkrafttreten der VO (EG) 1272/2008 (CLP-VO) ist auf EU-Ebene und seit Inkrafttreten der Abfallverzeichnisverordnung 2020 (BGBl. II 409/2020) explizit auch auf nationaler Ebene hinreichend klar festgelegt, dass die Bestimmung von WHO-Fasern in KMF-Produkten aussageleer ist.

Darüber hinaus ist die Methode der WHO-Faser-Bestimmung an Materialproben von KMF-Produkten zur Bestimmung des Gefährdungspotentials insofern als kritisch zu betrachten, als es auf die Häufigkeit an allenfalls vorhandenen potentiellen WHO-Fasern ankommt, ob beim Umgang mit den jeweiligen Produkten auch eine relevante Faserexposition auftreten kann. Denn bei dieser WHO-Faser-Bestimmung werden im Wesentlichen nur die Faserdurchmesser bestimmt, nicht die Faserlängen.

Im Gegensatz zu Asbest können KMF ausschließlich quer zur Längsachse brechen und infolgedessen immer kürzere und womöglich unkritische Strukturen bilden, jedenfalls solche, die den WHO-Kriterien nicht mehr genügen.

***Eine WHO-Faser-Bestimmung ist daher nur bei der Durchführung von Luftmessungen sinnvoll, da in diesem Fall die beprobten Fasern jenen Fasern entsprechen, welche auch als Exposition auftreten und in die Lunge gelangen können.***

### 5.1.2 **Bestimmung des Gefährdungspotentials**

Mit der Novelle der Abfallverzeichnisverordnung sind seit Inkrafttreten des Anhangs II am 01.01.2022 unter Punkt 18.2 (besondere Zuordnungskriterien) Vorgaben für den analytischen Nachweis der Nichtgefährlichkeit (Nichtzutreffen von HP7 karzinogen) von KMF-Produkten auf nationaler Ebene festgelegt. Es sind folgende Möglichkeiten anzuwenden:

#### 5.1.2.1 **Fasergeometrie**

Ermittlung des

**LWGMD-2SE<sup>\*)</sup>**

<sup>\*)</sup> **LWGMD** Length Weighted Geometric Mean Diameter  
**längengewichteter mittlerer geometrischer Durchmesser**  
abzüglich  
<sup>\*)</sup>**2SE** 2x standard error  
**zweifache geometrische Standardabweichung**

#### **Definition Längengewichtung:**

Die Länge wird als Einflussgröße hinsichtlich ihrer Wichtigkeit höher gewertet und hat damit einen größeren Einfluss auf das Ergebnis

Beim Umgang mit KMF-Materialien können lange Fasern brechen, was Auswirkungen auf die Durchmesserverteilung zur Folge hat.

Durch die Längengewichtung können diese Auswirkungen kompensiert werden. Die Größenverteilung der Durchmesser der KMF wird durch das geometrische Mittel gemessen, da diese Durchmesser normalerweise Größenverteilungen aufweisen, die näherungsweise dem Lognormal entsprechen.

Der Wert für den LWGMD-2SE wird in  $\mu\text{m}$  berechnet und angegeben.

Je nach Größe des Wertes erfolgt die Einstufung der untersuchten KMF in solche mit „karzinogenem Potential“ bzw. solche, die „kein karzinogenes Potential“ aufweisen. Konkret spricht die Abfallverzeichnisverordnung über „Künstliche Mineralfaserabfälle und Mineralwolleabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften“ einerseits und über „Künstliche Mineralfaserabfälle und Mineralwolleabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften“, je nachdem, ob der LWGMD-2SE über 6  $\mu\text{m}$  oder ob dieser Wert höchstens bei 6  $\mu\text{m}$  liegt.

Die Festlegung hierzu erfolgt in der Verordnung (EG) 1272/2008 (CLP-Verordnung), Anmerkung R.

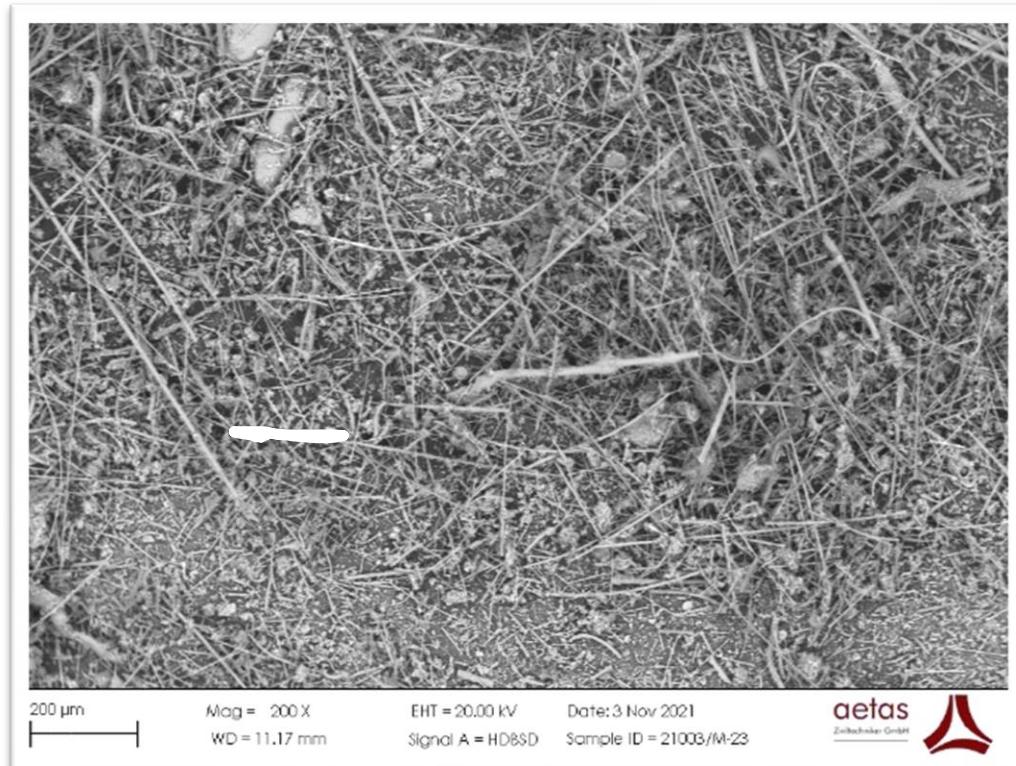
Das entsprechende Analyseverfahren ist in der Verordnung (EG) Nr. 761/2009 Anhang II festgelegt.



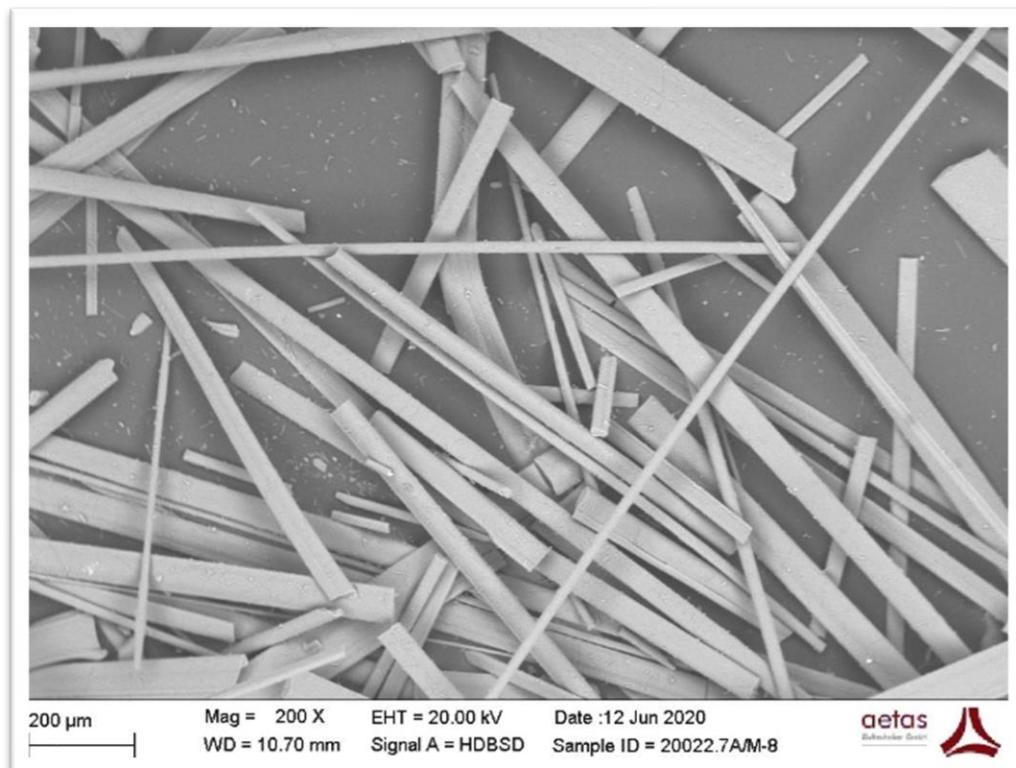
*Die Bestimmung des LWGMD-2SE ist die einzige rechtskonforme Methode, um die Fasergeometrie und somit das Gefährdungspotential von KMF zu bestimmen, wenn Informationen zur Biopersistenz nicht verfügbar sind.*

*Anders als bei der qualitativen Bestimmung von WHO-Fasern wird die Möglichkeit des Brechens von Fasern berücksichtigt.*

Die Bilder 17 und 18 zeigen den eindrucksvollen Vergleich zwischen Fasern mit sehr geringen Faserdurchmessern bzw. einem LWGMD-2SE-Wert von 2,00 µm einerseits (KMF auf Spritzputzbasis) und sehr hohen Faserdurchmessern bzw. einem LWGMD-2SE-Wert von 20,84 µm andererseits (KMF-Bandagen).



**Bild 17:** LWGMD-2SE: 2,00 µm, Bild bei 200-facher Vergrößerung  
(Quelle: aetas Ziviltechniker GmbH)



**Bild 18:** LWGMD-2SE: 20,84 µm, Bild bei 200-facher Vergrößerung  
(Quelle: aetas Ziviltechniker GmbH)

### **5.1.2.2 Chemische Analytik/Oxidbestimmung**

Eine Untersuchung des Massengehalts an Oxiden, insbesondere der Alkali- und Erdalkali-Metallocide mittels chemischer Analytik kann allenfalls dann erfolgen, wenn der Hersteller der zu beurteilenden KMF eindeutig und nachweislich bekannt ist.

Voraussetzungen für die Anwendung der chemischen Analytik:

- Hersteller der zu untersuchenden Mineralwolle ist bekannt
- Es ist ein zuordenbares Prüfzertifikat des Herstellers vorhanden
- Es handelt sich um keine vermischten Mineralwollprodukte bzw. Mineralwolleabfälle
- Es muss ein Vergleich mit in Verkehr gesetzten und als biolöslich eingestuften Mineralwollen erfolgen (durch zuordenbares Prüfzertifikat des Herstellers, z.B. auf Basis einer RAL- oder EUCEB-Kennzeichnung)

**Folgende Aspekte sind anzumerken und kritisch zu betrachten:**

Bei Nachweis der Biolöslichkeit der KMF, ist die Einstufung als nicht karzinogen auch dann gegeben, wenn eine kritische Fasergeometrie durch den LWGMD-2SE-Wert von  $\leq 6 \mu\text{m}$  vorliegt.

Eine Vergleichsbetrachtung der Zusammensetzung des Faserchemismus stellt keine validierte Methode dar und ist im Sinne allgemein gültiger Analysestandards nicht als Beurteilungsmaßstab anzuwenden.

***Die laboranalytische Bestimmung der Massengehalte an Oxiden ist keine validierte Methode, sondern allenfalls ein unverbindlicher Näherungswert. Dabei wird die Fasergeometrie nicht berücksichtigt.***

### **5.1.3 Bestimmung des KI-Werts**

Der Kanzerogenitätsindex (KI) wurde 1994 als Maß für die Biolöslichkeit von KMF in Deutschland eingeführt und wird auf Grundlage der Gefahrstoffverordnung nach wie vor zur deren Beurteilung herangezogen.

Im Fokus der Formel für die Berechnung des KI-Wertes stehen Alkali- und Erdalkalioxide sowie Aluminiumoxid. Je größer der Anteil an Aluminiumoxid in einer Faser, desto höher fällt ihre Biobeständigkeit und somit ihr kanzerogenes Potential aus.

Der Kl-Wert als Maß für die Biolöslichkeit war von Anfang an umstritten. Bereits ein Jahr nach dessen Entwicklung stellte sich heraus, dass der Kl-Wert die Biolöslichkeit von neu entwickelten biolöslichen Steinwollfasern nicht beschreiben konnte. Deren Biolöslichkeit wurde nämlich gerade durch das Aluminiumoxid erhöht.

Generell führte die Berechnung des Kl-Wertes oftmals zu einer fehlerhaften Einstufung von KMF-Produkten. In weiterer Folge wurde auch die Übernahme des Kl-Werts in die 1997 verabschiedete EU-Richtlinie abgelehnt.

Auch deutsche Fachleute sind mittlerweile skeptisch, ob die Anwendung des Kl-Werts zweckmäßig ist. Diesbezügliche Ausführungen gibt es in der TRGS 905<sup>43</sup>:

„Die Nutzung des Kanzerogenitätsindexes Kl zur Einstufung von WHO-Fasern als krebserzeugend kann dazu führen, dass WHO-Fasern mit einem Kl kleiner 40 als krebserzeugend eingestuft werden, obwohl ein Kanzerogenitätsversuch nach Absatz 3 oder die Bestimmung der in-vivo-Biobeständigkeit nach Absatz 4 nicht zu einer Einstufung als krebserzeugend führen. Das bedeutet, dass WHO-Fasern, für die lediglich ein Kl Index unter 40 vorliegt, vorsorglich als krebserzeugend einzustufen sind, obwohl weitere Prüfungen diese Einstufung widerlegen könnten. Der Kl ist jedoch ein preiswerter Test, mit dem alte Wollen, die vor 1996 eingebaut wurden, im Zweifelsfalle auf Kanzerogenität untersucht werden können. Alte Wollen mit WHO-Fasern, die einen Kl größer 40 aufweisen, können aufgrund des Kl-Indexes als nicht krebserzeugend eingestuft werden. Für die Beurteilung alter Mineralwolle und die Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten ist die TRGS 521 heranzuziehen“.

Auch wenn es sich bei der Bestimmung des Kl-Werts um eine preiswerte Methode handelt, erscheint es ungerechtfertigt, falsche oder unklare Ergebnisse zu befunden, wenn gleichzeitig die auf EU-Ebene festgelegten Methoden (Bestimmung des LWGMD-2SE) nicht einmal erwähnt werden.

**Die Bestimmung des Kl-Werts ist kein Kriterium für eine Freizeichnung hinsichtlich der Kanzerogenität von Mineralwollen nach EU-Recht (Legaleinstufung). Die Berechnung des Kl-Wertes führt oftmals zu einer fehlerhaften Einstufung.  
Die Anwendung des Kl-Wertes in Österreich ist als rechtswidrig aufzufassen.**

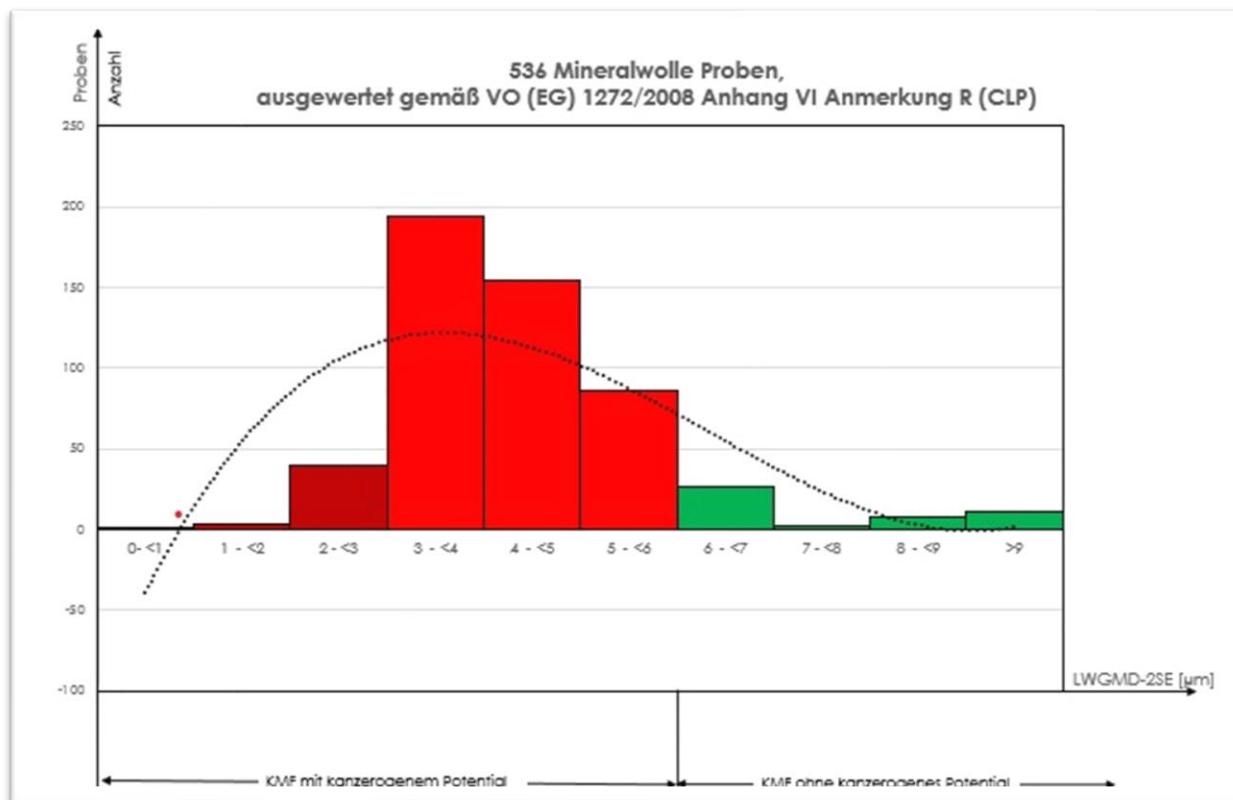
<sup>43</sup> Technische Regel Gefahrstoffe TRGS 905, Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe, Ausgabe März 2016, zuletzt geändert und ergänzt 13.07.2021

#### 5.1.4 Erfahrungswerte zu KMF-Materialanalysen

Im hauseigenen Labor des Studienerstellers wurden in den vergangenen Jahren eine Vielzahl an KMF-Materialanalysen durchgeführt, welche hinsichtlich der Kanzerogenität untersucht wurden. Die Ergebnisse dazu sind in **Tabelle 11** zusammengefasst werden.

Anzahl KMF-Materialanalysen	Methode	Einstufung nicht kanzerogen	Einstufung kanzerogen
ca. 540 Stück	LWGMD-2SE	ca. 12 %	ca. 88%

**Tabelle 11:** Übersicht Ergebnisse KMF-Materialanalysen



**Bild 19:** Graphische Darstellung der Durchmesserverteilungen von 536 untersuchten KMF-Materialproben (Quelle aetas ZT GmbH)

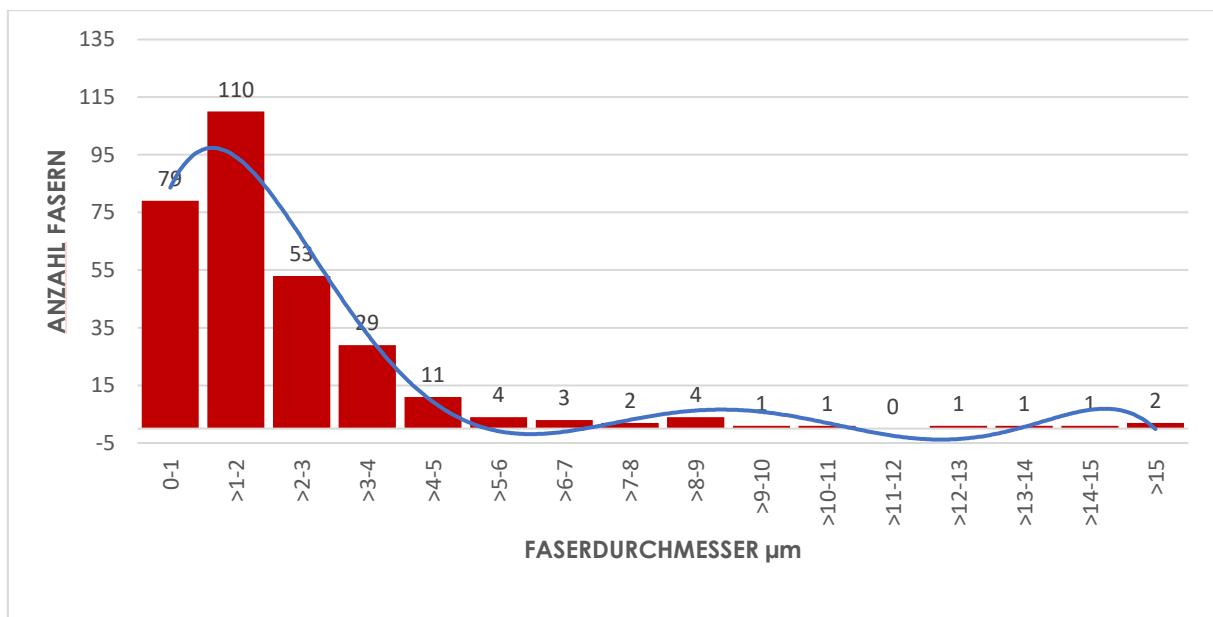
In der graphischen Darstellung ist ersichtlich, dass die häufigsten Durchmesser von KMF mit karzinogenem Potential zwischen 3 µm und 5 µm zu liegen kommen.

Als weitere Erkenntnis aus den durchgeföhrten Analysen konnte gewonnen werden, dass das Herstellungsjahr der KMF-Produkte kein kategorisches Kriterium für die Einstufung in gefährlich/nicht gefährlich ist. Es konnten sowohl sogenannte „alte“ KMF-Produkte ohne kanzerogenes Potential als auch sogenannte „neue“ KMF-Produkte mit kanzerogenem Potential detektiert werden.

### **5.1.5 Faserdickenverteilung**

Für einige der im hauseigenen Labor des Studienverstellers untersuchten KMF-Proben wurden die Faserdurchmesser von 300 Einzelfasern, wie dies die Bestimmung des LWGMD-2SE voraussetzt, separat ausgewertet und graphisch dargestellt<sup>44</sup>:

**KMF-Brandschutzspritzputz: LWGMD-2SE = 1,51 µm**

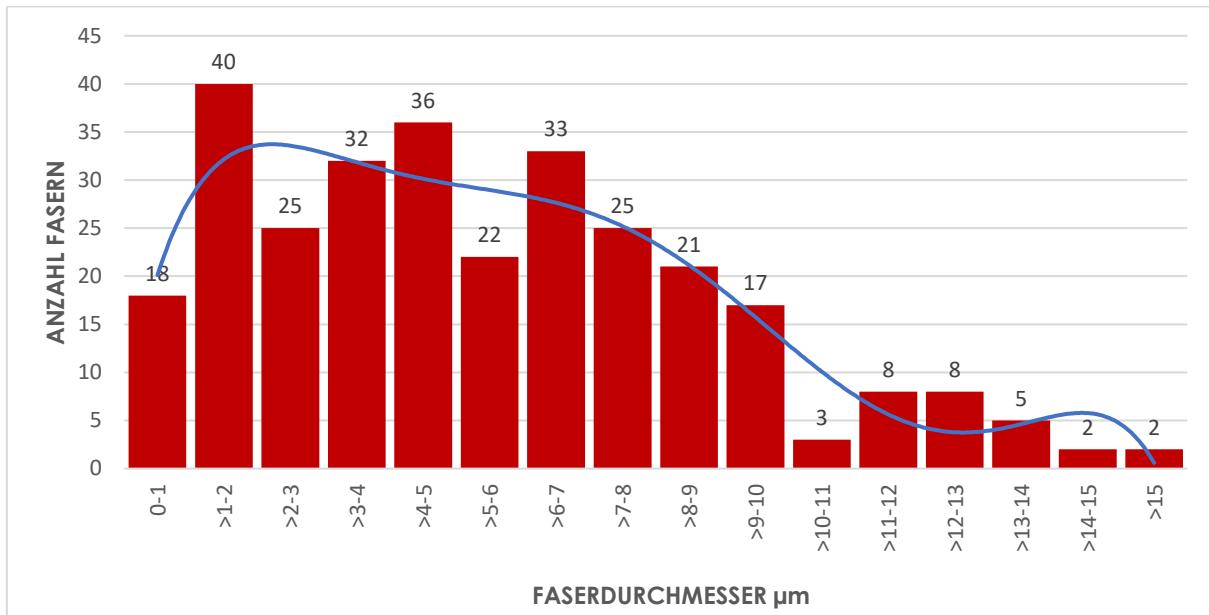


**Bild 20:** Graphische Darstellung der Faserdurchmesserverteilung von 300 Einzelfasern eines KMF-Brandschutzspritzputzes (Quelle aetas ZT GmbH)

Der untersuchte KMF-Brandschutzspritzputz weist bei einem sehr geringen LWGMD-2SE einen hohen Anteil an potentiellen WHO-Fasern auf (rund 80%).

<sup>44</sup> Kropiunik Heinz, Vortrag „Expositionen (künstlicher) anorganischer Fasern in Abhängigkeit der Fasergeometrie“, Forum Asbest und andere Schadstoffe in technischen Anlagen und Bauwerken, 31. Erfahrungsaustausch 2022, Essen 10.-11.11. 2022

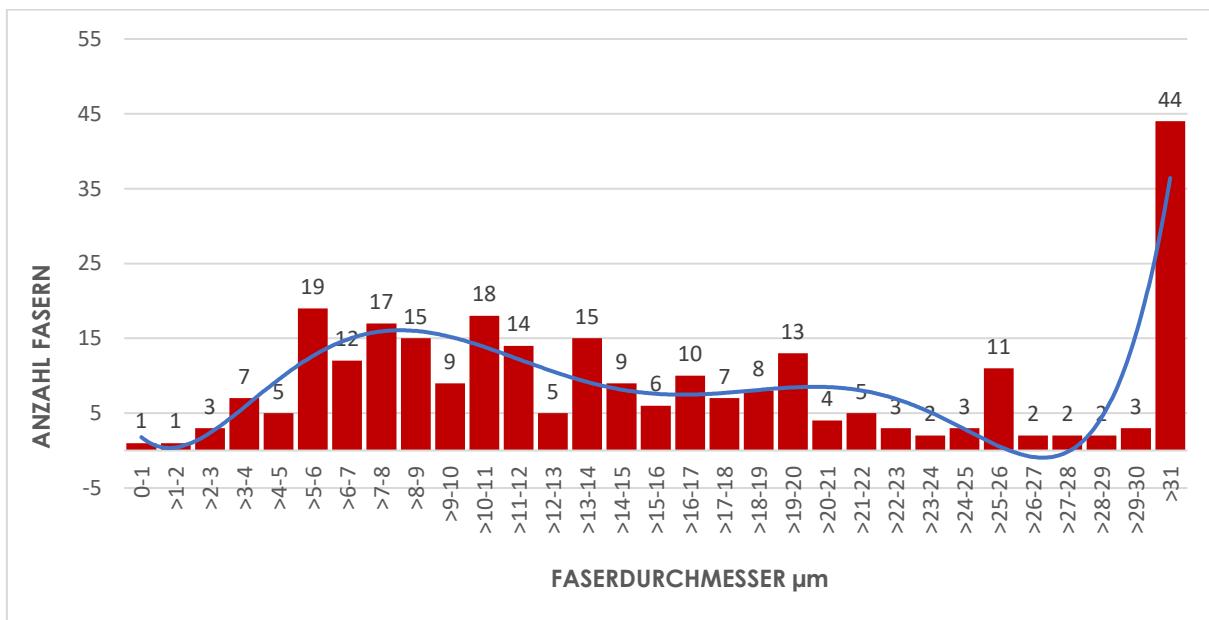
**Glaswolle-Dämmung: LWGMD-2SE = 3,83 µm**



**Bild 21:** Graphische Darstellung der Faserdurchmesserverteilung von 300 Einzelfasern einer Glaswolle-Dämmung (Quelle aetas ZT GmbH)

Die untersuchte Glaswolle-Dämmung weist bei einem mittleren LWGMD-2SE einen Anteil an potentiellen WHO-Fasern von rund 30 % auf.

**Steinwolle-Dämmung: LWGMD-2SE = 13,15 µm**



**Bild 22:** Graphische Darstellung der Faserdurchmesserverteilung von 300 Einzelfasern einer Steinwolle-Dämmung (Quelle aetas ZT GmbH)

Die untersuchte Steinwolle-Dämmung weist bei einem hohen LWGMD-2SE einen sehr geringen Anteil an potentiellen WHO-Fasern auf (rund 1,5%).

**Zusammenhang Fasergeometrie und Faserexposition:**

Je niedriger der LWGMD-2SE ist, desto höher fällt der Anteil an potentiellen WHO-Fasern bzw. der Feinfaseranteil aus. Bei einem höheren Feinfaseranteil ist demnach auch von einer höheren WHO-Faserexposition auszugehen.

**Eine Expositionsbeurteilung ohne Berücksichtigung der Fasergeometrie bzw. des Wertes für den LWGMD-2SE ist sohin schlicht nicht machbar.**

## 5.2 LUFTMESSUNGEN AUF KMF-KONZENTRATION

Die Durchführung von Luftmessungen auf KMF-Konzentration erfolgt analog zu Luftmessungen auf Asbestfaserkonzentration. Die gängigen Standards (siehe **Tabelle 12**) sind auf die Analytik von anorganischen faserförmigen Partikeln ausgelegt und daher uneingeschränkt auf KMF anzuwenden.

Methode	Standards
REM und EDX	VDI 3492 <sup>45</sup> ISO 14966 <sup>46</sup> DGUV 213-546 <sup>47</sup>

**Tabelle 12:** Methode und Standards für KMF-Luftmessungen

<sup>45</sup> VDI 3492, Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messen von Immissionen - Messen anorganischer faserförmiger Partikel - Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, Juni 2013

<sup>46</sup> ISO 14966, Außenluft - Bestimmung der numerischen Konzentration anorganischer faserförmiger Partikel - Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, Dezember 2019

<sup>47</sup> DGUV 213-546, Analysenverfahren zur getrennten Bestimmung der Konzentrationen von lungengängigen anorganischen Fasern in Arbeitsbereichen – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, Februar 2014

### **5.2.1 Arbeitsplatzmessungen**

Arbeitsplatzmessungen werden zur Feststellung der Faserkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz durchgeführt. Referenz- bzw. Grenzwerte sind in **Tabelle 13** dargestellt.

<b>Referenz-/Grenzwerte</b>		
<b>Art</b>	<b>TRK-Wert</b> (KMF karzinogen)	<b>MAK-Wert</b> (KMF nicht karzinogen)
TMW <sup>48</sup>	500.000 F/m <sup>3</sup>	10mg/m <sup>3</sup> (E-Fraktion*)
KZW <sup>49</sup>	2.000.000 F/m <sup>3</sup> (für 15 min 4mal pro Schicht)	20mg/m <sup>3</sup> (E-Fraktion*)

\* Einatembare Fraktion

**Tabelle 13:** Übersicht Referenz-/Grenzwerte für KMF-Luftmessungen gemäß GKV

Für KMF, welche karzinogenes Potential aufweisen, ist der Grenzwert als Technische Richtkonzentration (TRK) angegeben. Bei Einhaltung des TRK-Werts, soll das Risiko einer Beeinträchtigung der Gesundheit vermindert werden, es ist jedoch nicht vollständig auszuschließen (§3 Abs 2 GKV).

Für KMF, welche kein karzinogenes Potential aufweisen, ist davon auszugehen, dass bei Einhaltung des allgemeinen Staubgrenzwertes für die einatembare Fraktion im Allgemeinen die Gesundheit von ArbeitnehmerInnen nicht beeinträchtigt wird (§ 5 GKV).

<sup>48</sup> TMW...Tagesmittelwert

<sup>49</sup> KZW...Kurzzeitwert

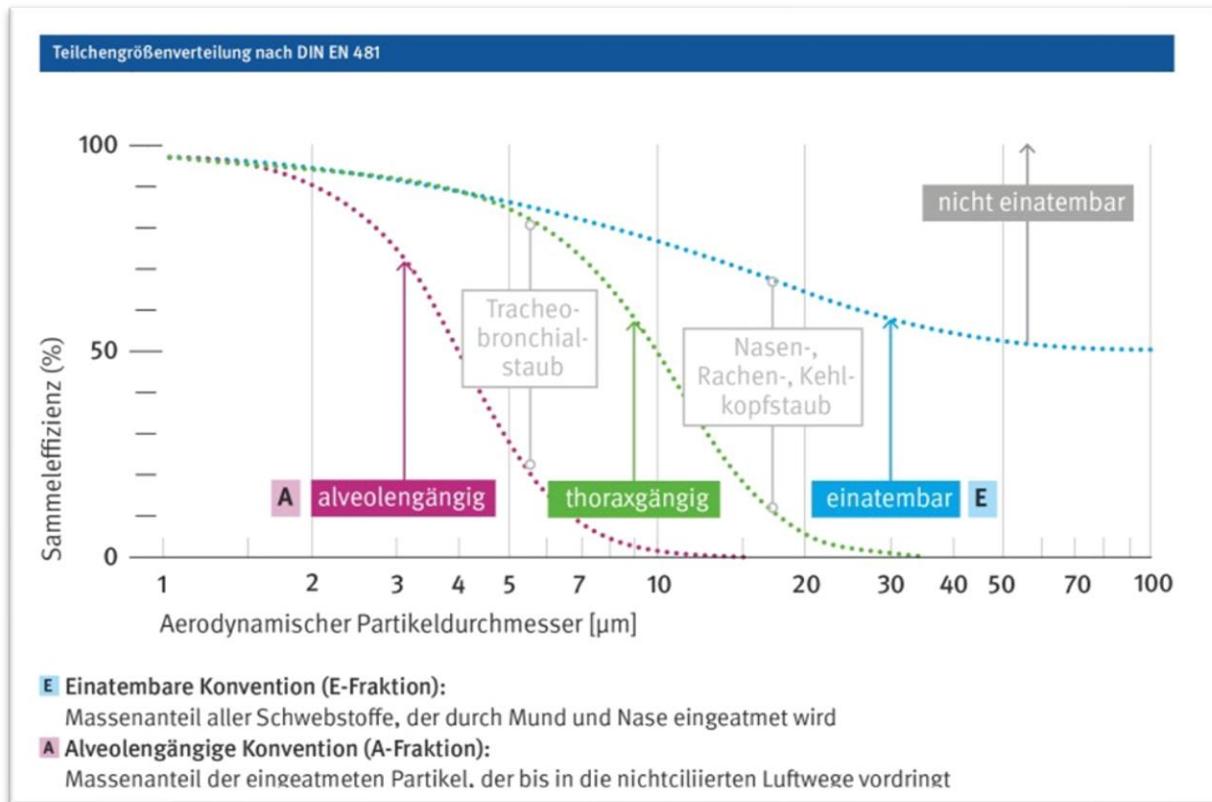


Bild 23: Teilchengrößenverteilung nach DIN EN 481<sup>50</sup>

Die Einatembare Fraktion (E-Fraktion/E-Staub) ist jener Massenanteil aller im Atembereich vorhandenen Teilchen, der durch Mund und Nase eingeatmet wird.

Kleinere Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner 5  $\mu\text{m}$  werden fast vollständig eingeatmet (alveolengängig), hingegen nimmt die Inhalierbarkeit zu größeren Partikel hin ab (nicht einatembarer Anteil).

Die alveolengängige Fraktion (A-Fraktion/A-Staub) ist jener Massenanteil aller im Atembereich vorhandenen Teilchen, der so fein ist, dass er bis in die Alveolen (Lungenbläschen) vordringen kann.

### 5.2.2 Raumluftmessungen

Raumluftmessungen sind in Abhängigkeit der jeweiligen Veranlassung zu unterscheiden, wobei überwiegend solche im Rahmen von Gebäudesanierungen durchgeführt werden. Durch solche Raumluftmessungen wird der Erfolg der jeweiligen Sanierung überprüft.

<sup>50</sup> DIN EN 481:1993-09. Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel

Die Art der Raumluftmessung ist abhängig vom angestrebten Ziel der Messung, durch welches auch die Auswahl und Anzahl der zu Probenahmeorte bestimmt werden.

Beispiele für Messziele:

- Bestimmung luftgetragener Faserkonzentrationen unter normalen Nutzungsbedingungen eines Raumes
- Bestimmung der Belastung luftgetragener Faserkonzentrationen nach Abschluss einer Sanierung
- Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen (Abschottungen, Unterdruck, etc.) in Bezug auf angrenzende Bereiche (Kontaminationen)

Arten von Raumluftmessungen unter Bezugnahme auf ÖNORM EN ISO 16000-7:

- a. **Freigabemessung:** Durchführung nach Abschluss von Sanierungsarbeiten zur Freigabe des Sanierungsbereiches
- b. **Statusmessung:** Durchführung nach Änderung der Nutzung eines Gebäudes oder Gebäudebereiches oder nach Manipulation des Fasermaterials zur Feststellung der Faserkonzentration
- c. **Messung zur Bestandsaufnahme:** Bestimmung der Faserkonzentrationen während der normalen Nutzung eines Gebäudes oder Gebäudebereiches
- d. **Hintergrundmessung:** Durchführung bei normaler Nutzung eines Gebäudes oder Gebäudebereiches zur Feststellung, ob die Nutzung die Faserkonzentration beeinflusst
- e. **Begleitmessung/ Kontrollmessung zum Schutz Dritter:** Durchführung während Sanierungsarbeiten zur Erfassung eventueller Kontaminationen außerhalb des Sanierungsbereiches

### 5.3 DIFFERENZIERUNG STEIN-, GLASWOLLEN UND SONSTIGE KMF

Weitere Neuerungen auf der Ebene der KMF Analytik gibt es seit 01.01.2022 mit der Novelle der Abfallverzeichnisverordnung. Durch die neue Zuordnung von KMF-Abfällen, ist eine Differenzierung zwischen Glas-, Steinwollen und sonstigen KMF (z.B. Keramikfasern, Schlackenwollen) vorzunehmen. Analysestandards sind für diese Bestimmung bis dato nicht verfügbar.

Eine Unterscheidung von KMF anhand optischer Merkmale ist jedoch nur bedingt möglich. Die charakteristische Farbgebung, gelb für Glaswolle und gelbgrün bis graugrün für Steinwolle, trifft nicht auf alle Hersteller zu.

Glaswollen können über eine langjährige Einbausituation zudem verschmutzt und dadurch farblich nicht klar zugeordnet werden.

Die Unterscheidung anhand der Rohdichte ist ebenfalls als problematisch anzusehen. Für spezifische Anwendungsbereiche können verschiedene KMF-Produkte ähnliche Rohdichten aufweisen.

Seitens der Arge Fachvereinigung Mineralwolleindustrie (FMI Austria) wurde ein Unterscheidungsleitfaden in Form eines „Entsorgungsfächers“ bzw. „Entsorgungsfolders“ herausgebracht, gemäß welchem anhand von 3 Kriterien eine Differenzierung vorgenommen werden kann.

- a. Farbe und Struktur:
- b. Faserenden
- c. Gewicht

Diese Methode erscheint jedoch aus den bereits genannten Gründen als nicht geeignet, eindeutige Unterscheidungen treffen zu können. Mithilfe des „Entsorgungsfächers“ können zudem andere, spezifische KMF, wie beispielsweise Schlackenwollen, nicht identifiziert werden.

#### **Mögliche Analysemethoden:**

Mittels verschiedener Analysemethoden kann die Zusammensetzung von KMF ermittelt und eine sichere Differenzierung der KMF-Arten vorgenommen werden. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis über die chemische Zusammensetzung der Fasern. Grundlage dafür liefert beispielsweise die Tabelle C.3 der ISO 14966:2018, in welcher die Zusammensetzung von einzelnen synthetischen anorganischen Fasern dargestellt ist (siehe Bild 24).

Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal im Elementmuster zwischen Glas- und Steinwollen bilden Magnesium und Natrium, welche in Glaswolle in größeren Mengen, in Steinwolle dagegen nur geringfügig enthalten sind.

Dieses Unterscheidungsmerkmal kann unter Anwendung von REM und EDX durch Oxidbestimmung der relevanten Elemente hinreichend genau festgestellt werden.

**Table C.3 — Compositions of synthetic inorganic amorphous fibres (examples)**

Component	Textile glass	Insulating glass	Rock fibres	Slag fibres	Ceramic fibres
SiO <sub>2</sub>	54 to 74	48 to 63	45 to 53	≈ 41	45 to 52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 to 25	3 to 9	6 to 13	≈ 12	42 to 51
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 to 22	0 to 6			0 to 1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 to 5	3 to 14	5 to 8		1 to 16
FeO		0 to 4	1 to 7	≈ 1	
CaO	0 to 17	7 to 28	11 to 30	37 to 40	0 to 3
MgO	0 to 6	32 to 38	3 to 10	≈ 4	0 to 5
BaO	0 to 1	0 to 25			
ZrO <sub>2</sub>	0 to 16				0 to 3
TiO <sub>2</sub>	0 to 2	0 to 2	5 to 2	≈ 0,4	0 to 6
MnO		0 to 5	6 to 5	≈ 0,5	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0 to 6	0 to 1	≈ 0,3	
CaS				0 to 1	
Li <sub>2</sub> O	0 to 1				
K <sub>2</sub> O	0 to 8	8 to 36	≈ 1,3	≈ 0,4	0 to 3
Na <sub>2</sub> O	0 to 13	4 to 14	≈ 2,4	2 to 14	0 to 7
S				≈ 0,4	
F				≈ 0,4	

**Bild 24:** Tabelle C.3 der ISO 14966:2018

Weitere Analysemethoden sind die wesentlich kostenaufwendigere nasschemische Analyse oder die, demgegenüber kostengünstigere Röntgen-Fluoreszenzanalyse (RFA) bzw. die Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS).

## 6. ABFALLWIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE

### 6.1 ZUORDNUNG ABFALLART

Mit der Novelle der Abfallverzeichnisverordnung AVV erfolgten ab 01.01.2022 Änderungen im Abfallverzeichnis. Neben der Streichung von Abfallarten, beinhaltet die Novelle unter anderem Änderungen der Bezeichnung einiger Abfallarten sowie die Festlegung neuer Abfallarten.

Hinsichtlich KMF-Abfälle wurde die Zuordnung zu Abfallschlüsselnummern mit Spezifizierungen neu aufgestellt. Die Unterteilung von KMF-Abfällen erfolgt künftig in:

#### Mineralfaserabfälle und Mineralwolleabfälle

- < mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften
- < ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften

KMF-Abfälle, die karzinogenes Potential aufweisen, werden gemeinsam mit Asbestabfällen der Schlüssel-Nr. 31437 zugeordnet. KMF-Abfälle ohne karzinogenes Potential werden der Schlüssel-Nr. 31416 zugeordnet.

Durch Spezifizierungen wird zwischen den einzelnen KMF-Arten unterschieden.

Die **Tabelle 14** ermöglicht einen Überblick über die Zuordnung von KMF-Abfällen – bzw. in der Diktion der AVV von Mineralfaserabfällen und Mineralwolleabfällen – nach den Kriterien von gefahrenrelevanten Fasereigenschaften bzw. nicht gefahrenrelevanten Fasereigenschaften einerseits und nach den jeweils hierfür festgelegten Spezifizierungen andererseits.

<b>Abfallbezeichnung</b>	<b>Abfall-schlüssel-Nr.</b>	<b>Spezifizierung</b>	
		<b>Nr.</b>	<b>Bezeichnung</b>
Mineralfaserabfälle und Mineralwolleabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften	31437	41	künstliche Mineralfaserabfälle
		42	Steinwolle
		43	Glaswolle
		44	Mischungen aus Steinwolle und Glaswolle
		91	verfestigt, immobilisiert oder stabilisiert
Mineralfaserabfälle und Mineralwolleabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften	31416	41	künstliche Mineralfaserabfälle
		42	Steinwolle
		43	Glaswolle
		44	Mischungen aus Steinwolle und Glaswolle

**Tabelle 14:** Übersicht Zuordnung Abfallschlüsselnummern für KMF seit 01.01.2022

Mit der der Thematik der Zuordnung von KMF-Abfällen mit karzinogenem Potential zu der Abfallschlüsselnummer für Asbestabfälle sowie der gemischten Ablagerung von KMF mit karzinogenem Potential und Asbestabfällen beschäftigt sich unter anderem das Gutachten von Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Roland Pomberger<sup>51</sup>, welches im Auftrag der Arge Fachvereinigung Mineralwolleindustrie erstellt wurde.

Pomberger beurteilt die Thematik kritisch und bezeichnet die Zuordnung von KMF-Abfällen mit karzinogenem Potential zur Abfallschlüsselnummer 31437 „aus naturwissenschaftlich-fachlicher Sicht als nicht zutreffend“.

Weiters wird von Pomberger ausgeführt, dass eine gemischte Ablagerung von KMF-Abfällen mit karzinogenem Potential und Asbestabfällen aus „abfallwirtschaftlich-fachlicher Sicht nicht sinnvoll“ ist.

Folgende Begründungen werden von Pomberger hierzu angeführt (Auszug):

<sup>51</sup> Pomberger, Roland: Gutachten zu Fragen der Charakterisierung, Einstufung und Abgrenzung von Mineralwolleabfällen, Leoben, 15.03.2019

- Unterschiede zwischen Mineralwollen und Asbest in Vorkommen/Herstellung, Struktur, Faserdurchmesser, Bruchverhalten der Fasern, Biobeständigkeit, Anwendungsbereiche, daher aus physikalischer, chemischer, mineralogischer und anwendungstechnischer Sicht sind nicht vergleichbar;
- im Europäischen Abfallkatalog (EAK) gibt es drei unterschiedliche Abfallarten für Asbest, gefährliche KMF-Abfälle und unbedenkliche KMF-Abfälle;
- die gemeinsame Ablagerung von gefährlichen KMF-Abfällen mit Asbestabfällen widerspricht dem „speziellen Vermischungsverbot“ gem. § 10 Abs. 1 Z 2 DVO;
- die Menge an gefährlichen KMF-Abfällen wird in den nächsten Jahren sprunghaft steigen, die hierfür erforderlichen speziellen Deponiekompartimente sowie die entsprechende Infrastruktur sind noch nicht vorhanden;
- bestimmte Verwertungsmethoden wie „Landfill Mining“ ist nicht möglich, da hierfür eine getrennte Ablagerung von KMF-Abfällen und Asbestabfällen Voraussetzung ist.

## **6.2 SAMMLUNG UND KENNZEICHNUNG VON KMF-ABFÄLLEN**

KMF-Abfälle mit karzinogenem Potential gelten als gefährliche Abfälle und sind daher gemäß § 6 (1) Recycling-Baustoffverordnung am Ort der Entstehung getrennt zu sammeln und an befugte Abfallsammler oder Abfallbehandler zu übergeben.

KMF ohne karzinogenes Potential gelten im Rahmen eines Gebäuderückbaus als Störstoffe. Daher sind auch unbedenkliche KMF-Abfälle am Anfallort gesondert auszubauen und getrennt zu erfassen.

Eine Vermischung mit Abfällen, die thermisch behandelt werden, kann zu Verstopfung bzw. Beschädigung der Filter der thermischen Behandlungsanlagen führen<sup>52</sup>.

KMF-Produkte müssen nach der VO (EG) 1272/2008 (CLP-VO) mit Signalwort, Piktogrammen und H-Sätzen gekennzeichnet werden.

<sup>52</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus: Leitfaden Künstliche Mineralfaserabfälle –KMF-Abfälle ab der Baustelle, 2019

Piktogramme



Sensibilisierung der Atemwege

Signalworte

Achtung! oder Gefahr!

H-Sätze

- H315** verursacht Hautreizungen
- H350** kann bei Einatmen Krebs erzeugen (gilt nur für Keramikfasern)
- H351** kann vermutlich Krebs erzeugen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)

### 6.3 DEPONIERUNG, BEHANDLUNG UND VERWERTUNG

Der Großteil der KMF-Abfälle in der DACH-Region wird deponiert. Aufgrund der geringen Dichte der KMF-Abfälle müssen Ablagerungsbereiche verdichtet und abgedeckt werden. Setzungen der Verfüllbereiche müssen durch Kompaktierung der Abfälle verhindert werden. Der damit verbundene Verbrauch an Deponievolumen ist erheblich.

Einhergehend mit dem Inkrafttreten der Recycling-Baustoffverordnung (RBV)<sup>53</sup> ab 01.01.2016 sind in Österreich die Entsorgungskosten für KMF-Abfälle stetig angestiegen, wobei dieser Anstieg innerhalb weniger Jahre das Ausmaß einer Zehnerpotenz erreicht hat.

Seitens der Bau- und Abfallwirtschaftsbranche wurde dies zwar mit dem Inkrafttreten besagter RBV argumentiert, allerdings erfolgte die Zuordnung

<sup>53</sup> Recycling-Baustoffverordnung, BGBl. II, 181/2015, Änderung gem. BGBl. II 290/2016

von KMF-Abfällen mit karzinogenem Potential zur Abfallschlüsselnummer für Asbestabfälle 31437 bereits im Jahre 2008, so dass diese Argumente nicht zu ziehen vermögen.

Vielmehr dürfte die in der RBM verankerte Verpflichtung zur Durchführung von Schad- und Störstofferkundungen vor Abbruch- bzw. Rückbauarbeiten das Bewusstsein für diesen Abfallstrom geschärft und in den Mittelpunkt der abfallwirtschaftlichen Wahrnehmung gerückt haben.

Es ist davon auszugehen, dass es durch die Verknappung von geeigneten Deponiekapazitäten künftig zu weiteren Preissteigerungen kommen wird.

Eine Möglichkeit den Verbrauch von Deponievolumen zu reduzieren und eine Stabilitätsverbesserung des Deponiekörpers zu erwirken, ist der Einsatz von Pressen, welche eine Verfestigung/ Kompaktierung der KMF-Abfälle schon vor deren Einbau auf Deponien bewirken.

In Österreich wird voraussichtlich mit Ende des Jahres 2026 das Ablagern von KMF-Abfällen – sowohl als gefährlicher als auch als nicht gefährlicher Abfall – verboten sein. Die Schaffung von entsprechenden Recycling- oder Aufbereitungswegen ist daher ein wichtiger Schritt der nächsten Jahre.

Einzelne Versuche, aus KMF-Abfällen faserfreie Produkte herzustellen und diese in einen ungefährlichen Sekundärrohstoff umzuwandeln, gibt es bereits. Für Steinwolle-Produkte bestehen zudem bereits einzelne freiwillige Rücknahmesysteme. Für Glaswolle sind derzeit keine solchen Rücknahmesysteme bekannt.

### **6.3.1 Deponierung von KMF-Abfällen in Österreich**

Mit der Novelle der mit Jänner 2022 in Kraft getretenen Deponieverordnung (DVO)<sup>54</sup>, wurde die Deponierung von KMF- Abfällen im § 10c neu geregelt.

KMF-Abfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften sind der Schlüssel-Nr. 31416 zuzuordnen und dürfen gemäß Anhang 2, Punkt 2, Liste II DVO auf Baurestmassen- bzw. Massenabfalldeponien beseitigt bzw. abgelagert werden.

KMF-Abfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften sind der Schlüssel-Nr. 31437 zuzuordnen und dürfen seit 01.01.2022 auf Deponien für nicht gefährliche Abfälle (Baurestmassendeponien, Massenabfalldeponien, Reststoffdeponien) in einem eigens dafür vorgesehenen Kompartiment bzw. in einem Kompartiment für Asbestabfälle beseitigt bzw. abgelagert werden.

<sup>54</sup> Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008 – DVO 2008), BGBl. II Nr. 39/2008, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 144/2021

Gemäß § 10c DVO hat die Anlieferung von KMF-Abfällen verpackt, verpackt gepresst oder zerkleinert und konditioniert zu erfolgen. Der Ablagerungsbereich muss regelmäßig und vor jeder Verdichtung mit geeigneten Materialien abgedeckt werden. Die Oberflächenabdeckung soll die Freisetzung von KMF dauerhaft verhindern.

Die Übernahme von KMF-Abfällen der Schlüssel-Nr. 31416 darf nur mit Abfallinformation erfolgen (sh. Bild 25). Ein entsprechendes Formular ist auf der Homepage des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie zum Download verfügbar.

Das Formular soll dazu beitragen die Annahme von nicht karzinogenen KMF auf der Deponie zu erleichtern.

Erfahrungsgemäß werden bei den Deponiebetreibern nicht karzinogene KMF unter der nicht gefährlichen Abfall-Schlüssel-Nr. 31416 nicht allzu gerne angenommen bzw. werden dafür die gleichen Preise verrechnet wie für karzinogene KMF, also jene, die als gefährlicher Abfall eingestuft sind.

Diese allgemein geübte Praxis erscheint nicht nachvollziehbar, hat doch die gesamte Bau- und Abfallwirtschaft noch vor Inkrafttreten der RBV sämtliche KMF, unabhängig davon, ob diese als gefährlicher oder als nicht gefährlicher Abfall gegolten haben, unisono im nicht gefährlich eingestuften Baurestmassen-Mix angenommen.

**ABFALLINFORMATION MINERALFASERABFÄLLE**

ZUR ABFALLÜBERNAHME BZW. ZUR ABLAGERUNG AUF EINER  
BAURESTMASSEN-, RESTSTOFF- ODER MASSENABFALLDEPONIE  
GEM. §13 Abs. 1 DVO 2008 – **FORMULAR GÜLTIG AB 1.1.2022**

 **Bundesministerium**  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

1. <b>EINDEUTIGE KENNUNG</b> dieser Abfallinformation	2. <b>BEGLEITSCHEINNUMMER</b> (falls gefährlicher Abfall)
3. <b>ABFALLBESITZER</b> in dessen Namen der Abfall angeliefert wird FIRMENNAME oder bei privaten Personen VOR- und NACHNAME:	
ANSCHRIFT (Straße, Hausnummer, Postleitzahl, Ort, Land):	
ABFALLBESITZER ist auch der ABFALLERZEUGER: <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN	
4. <b>ABFALLERZEUGER</b> durch den oder in dessen Namen der Abbruch/Rückbau erfolgt FIRMENNAME oder bei privaten Personen VOR- und NACHNAME:	ANSCHRIFT (Straße, Hausnummer, Postleitzahl, Ort, Land):
5. <b>ANFALLSORT</b> der Ort (Baustelle), an dem der Abfall angefallen ist ANSCHRIFT (Straße, Hausnummer, Postleitzahl, Ort, Land ODER Katastralgemeinde und Grundstücksnummer(n)):	
ANFALLSORT ist auch der ABSENDEORT: <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN	
6. <b>ABSENDEORT</b> Ort, von dem der Abfall angeliefert wird (wenn nicht ident mit Anfallsort) ANSCHRIFT (Straße, Hausnummer, Postleitzahl, Ort, Land ODER Katastralgemeinde und Grundstücksnummer(n)):	ANSCHRIFT (Straße, Hausnummer, Postleitzahl, Ort, Land):
7. <b>VERPACKER/KONDITIONIERER</b> jedenfalls anzugeben bei gefährlichem Abfall FIRMENNAME oder bei privaten Personen VOR- UND NACHNAME:	
ANSCHRIFT (Straße, Hausnummer, Postleitzahl, Ort, Land):	
Angabe des Konditionierungsverfahrens sowie des Bindemittels (sofern zutreffend):	
8. <b>ABFALLMASSE</b>	KILOGRAMM (kg)
Ermittlung der Masse: <input type="checkbox"/> gewogen <input type="checkbox"/> berechnet <input type="checkbox"/> geschätzt	

<b>9. HERKUNFT DES ABFALLS</b>			
<input type="checkbox"/> Neuware (zB Materialverschnitt/Minderqualität)		<input type="checkbox"/> Altware (zB alte Produkte aus Abbruch/Sanierung)	
<b>10. ABFALLART</b>			
<input type="checkbox"/>	31416 41 Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (künstliche Mineralfaserabfälle)	<input type="checkbox"/>	31416 77 g Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (gefährlich kontaminiert)
<input type="checkbox"/>	31416 42 Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (Steinwolle)	<input type="checkbox"/>	31430 77 g verunreinigte Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (gefährlich kontaminiert)
<input type="checkbox"/>	31416 43 Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (Glaswolle)	<input type="checkbox"/>	31437 41 gn Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften (künstliche Mineralfaserabfälle)
<input type="checkbox"/>	31416 44 Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (Mischungen aus Steinwolle und Glaswolle)	<input type="checkbox"/>	31437 42 gn Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften (Steinwolle)
<input type="checkbox"/>	31416 91 Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (verfestigt, immobilisiert oder stabilisiert)	<input type="checkbox"/>	31437 43 gn Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften (Glaswolle)
<input type="checkbox"/>	31430 verunreinigte Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften	<input type="checkbox"/>	31437 44 gn Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften (Mischungen aus Steinwolle und Glaswolle)
<input type="checkbox"/>	31430 91 verunreinigte Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (verfestigt, immobilisiert oder stabilisiert)	<input type="checkbox"/>	31437 91 gn Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften (verfestigt, immobilisiert oder stabilisiert)
<b>11. EINSTUFUNGSGRUNDLAGEN</b> Im Fall der Einstufung als <u>nicht gefährlicher Abfall</u>			
<input type="checkbox"/> Kennzeichnung mit Gütesiegel (EUCEB, RAL) <input type="checkbox"/> Produktdatenblätter der Mineralfasern gemeinsam mit Rechnungen / Lieferschein (Produktionsjahr, Hersteller, Hinweis auf Gütesiegel) <input type="checkbox"/> analytischer Nachweis gemäß Abfallverzeichnisverordnung (BGBl. II Nr. 409/2020)			
<b>12. BESTÄTIGUNG DES VERPACKERS/KONDITIONIERERS</b> jedenfalls anzugeben bei gefährlichem Abfall			
<input type="checkbox"/> Es wird vom <b>verpackenden oder konditionierenden Unternehmen</b> gemäß <b>Punkt 7</b> bestätigt, dass ausschließlich Mineralfaserabfälle (ggf. konditioniert) gemäß der angegebenen Abfallart (Punkt 10) verpackt wurden.			
DATUM		UNTERSCHRIFT des VERPACKERS/KONDITIONIERS	
<b>13. ANMERKUNGEN</b> zB Herkunft, Art, Konditionierung, Verpressung, Verpackung, Maßnahmen zur Staubminderung			
<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"></table>			
<b>14. NOTWENDIGE BEILAGEN ZU DIESER ABFALLINFORMATION</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FÜR GEFÄHRLICHE ABFÄLLE:</b> Begleitschein (laut Punkt 2) gemäß Abfallnachweisverordnung 2012 idGf.</li> <li>• <b>FÜR NICHT GEFÄHRLICHE ABFÄLLE:</b> Einstufungsgrundlagen zur Nicht-Gefährlichkeit (gem. Punkt 11)</li> </ul>			
<b>15. BESTÄTIGUNGEN DES ABFALLBESITZERS</b>			
<input type="checkbox"/> die Mineralfasern enthalten (abgesehen von einem ggf. unter Punkt 7 angeführten Konditionierungsmittel) keine anderen gefährlichen Stoffe bzw. Abfälle.			
DATUM		UNTERSCHRIFT des ABFALLBESITZER	

### **6.3.1 Deponierung KMF-Abfälle in Deutschland**

In Deutschland sind Mineralfaserabfälle getrennt von anderen Abfällen zu halten und zu sammeln und in reißfesten und staubdichten Säcken als gefährlicher Abfall unter dem Abfallschlüssel 170603\* „anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche enthält“ (Abfallverzeichnisverordnung)<sup>55</sup> unter Führung eines Entsorgungsnachweises auf Sondermülldeponien zu entsorgen (Nachweisverordnung)<sup>56</sup>.

Dies gilt jedoch nur für sogenannte „alte Mineralfaserabfälle“ ohne RAL Gütezeichen. Lediglich Mineralfaserabfälle, welche nachweislich als nicht krebszeugend eingestuft werden (z.B. aufgrund des RAL-Gütezeichens) dürfen als nicht gefährliche Abfälle unter dem Abfallschlüssel 170604 entsorgt werden.

Dass in Deutschland offenbar keine Möglichkeit besteht, KMF-Abfälle über geltendes EU-Recht und unter Anwendung der Anmerkung R der VO (EG) 1272/2008 (CLP-VO) Anhang VI mittels einer auf fasergeometrischen Grundlagen beruhenden Untersuchung als nicht gefährlicher Abfall einzustufen, erscheint nicht nachvollziehbar.

---

<sup>55</sup> Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis vom 10. Dezember 2001 (Abfallverzeichnis-Verordnung –AVV), BGBl. I S. 3379, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 30.Juni 2020 (BGBl. I S.1533).

<sup>56</sup> Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung). Nachweisverordnung vom 20. Oktober 2006, BGBl. I S. 2298, zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 27 des Gesetzes vom 24. Februar 2012, BGBl. I S. 212.)

### **6.3.2 Freiwillige Rücknahmesysteme**

#### **6.3.2.1 Rockcycle® Austria<sup>57</sup>**

Mit Rockcycle® Austria bietet die Rockwool Handelsgesellschaft m.b.H für Rockwool Steinwolle-Dämmstoffe einen gebührenpflichtigen Rücknahmeservice an. Zurückgenommen werden ausschließlich Rockwool-Produkte, die mit dem EUCEB oder RAL Gütezeichen gekennzeichnet sind.

Rockwool Steinwolleabfälle werden zur Wiederverwertung zurück in das Werk Neuburg a.d. Donau geliefert. Dort werden die Steinwolleabfälle dann zwischengelagert, aufbereitet und sukzessive wieder dem Produktionsprozess als Recyclingmaterial zugeführt.

Beim Rücknahmeprozess wird zwischen Altdämmstoffen aus der Sanierung und Baustellenverschnitt unterschieden. Rockwool Steinwolle-Dämmstoffe aus der Sanierung werden ausschließlich sortenrein zurückgenommen und wiederverwertet, gleichzeitig erfolgt die Belieferung mit neuen Rockwool-Dämmstoffen.

#### **6.3.2.2 Flumroc-Rücknahmesystem**

In der Schweiz gibt es die Möglichkeit bei der Firma Flumroc AG<sup>58</sup> bei Kauf von Neuware alte Steinwolleprodukte zurückzugeben. Diese, sowie Abfälle aus der Steinwolleproduktion, werden zu Briketts gepresst und als Rohstoffe wieder für die Steinwolleproduktion eingesetzt, also recycelt.

### **6.3.3 Faserfreie Sekundärrohstoffe**

Durch Zerstörung der Faserstruktur werden gefährliche KMF-Abfälle in ungefährliche faserfreie Sekundärrohstoffe umgewandelt. Die Methode ist jedoch mit einem hohen Energieaufwand verbunden<sup>59</sup>.

#### **6.3.3.1 Einschmelzen von KMF**

Durch Einschmelzen von Mineralwolle-Abfällen in Schmelzwannen oder Öfen entsteht ein Sekundärrohstoff, welcher als Zusatzstoff im Bauwesen oder als Sekundärrohstoff in der Mineralwolle-Industrie eingesetzt werden könnte<sup>57</sup>.

<sup>57</sup> <https://p-cdn.rockwool.com/siteassets/rw-at/broschueren/rockcycle/br-rockcycle-austria-rockwool.pdf?f=20201024234422>

<sup>58</sup> [https://www.flumroc.ch/fileadmin/fileadmin/Flumroc/Downloads/500\\_Service/Merkblatt\\_Ruecknahme\\_Steinwolle\\_de\\_02.18\\_2.pdf](https://www.flumroc.ch/fileadmin/fileadmin/Flumroc/Downloads/500_Service/Merkblatt_Ruecknahme_Steinwolle_de_02.18_2.pdf)

<sup>59</sup> Vogdt, F.U., Fischer, D., Schaudienst, F., Schober, M., Leitfaden Recyclingpotential von Mineralwolle, TU Berlin, <https://www.irbnet.de/daten/rswb/19089008967.pdf>

### **6.3.3.2 Multi-Mode-Mikrowellentechnologie**

Eine weitere Möglichkeit der Verwertung wurde vom Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar gemeinsam mit der Bauhaus Universität Weimar und der Gesellschaft für industrielle Mikrowellentechnik mbH entwickelt.

Auf Basis der Multi-Mode-Mikrowellentechnologie soll aus Mineralfaserabfällen ein neues, faserfreies Produkt hergestellt werden. Um das zu erreichen, soll die Faserstruktur der Mineralfasern durch Multi-Mode-Mikrowellen verschlackt und dadurch zerstört werden. Die entstandene Schlacke werde dann aufgemahlen, wodurch ein neues faserfreies Feinmaterial entstehen soll, welches in der Baustoffindustrie eingesetzt werden kann.<sup>60</sup> Eine praktische Umsetzung dieses Verfahrens ist derzeit nicht bekannt.

---

<sup>60</sup> Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar eV., Bauhaus-Universität Weimar, Entwicklung eines neuartigen Verfahrens zum umweltgerechten Behandeln und Verwerten kanzerogener Mineralwolle auf der Basis der Multi-Mode-Mikrowellentechnologie, Abschlussbericht zu dem Projekt DBU AZ 24946-23, Förderungszeitraum: 11.07.2007 – 10.07.2008

## **7. ARBEITNEHMERINNENSCHUTZ / UMGANG MIT KMF**

Beim Umgang mit KMF auf Baustellen sind, insbesondere bei händischer Manipulation und unabhängig davon, ob die KMF-Produkte im konkreten Fall karzinogenes Potential aufweisen oder nicht, generell stets geeignete Präventivmaßnahmen geboten, um Gesundheitsrisiken für Personen hintanzuhalten.

Händische Manipulation kann generell bei Demontage von Dämmstoffen in Bauwerken wie z.B. bei Dacheindeckungen, Fassaden, Wärmedämmverbundsystemen, an Innenwänden, bei Öffnen von Deckenplatten, bei schwimmend verlegten Estrichen oder im Bereich von technischen Isolierungen erfolgen.

Die in Vergangenheit gebotene händische Manipulation im Zusammenhang mit dem Sieben und Brechen von Baurestmassen, wo Verunreinigungen sowohl aus dem Grobgemisch als auch aus den zerkleinerten, gesiebten Materialien am Förderband händisch aussortiert werden mussten, erscheint nicht mehr zeitgemäß, da aufgrund der in der Recyclingbaustoffverordnung vorgeschriebenen Entfrachtung von Schad- und Störstoffen KMF-Produkte ohnehin vorher separat auszusortieren sind.

Grundsätzlich hat der Umgang mit künstlichen Mineralfasern so zu erfolgen, dass eine Faserfreisetzung so gering wie möglich gehalten wird. Jegliche Manipulationen wie z. B. Werfen, Reißen, Abblasen mit Druckluft oder sonstige Aufwirbelung von Staub ist zu unterlassen.

### **7.1 SCHUTZMASSNAHMEN BEIM UMGANG MIT KMF-PRODUKTEN MIT KARZINOGENEM POTENTIAL**

Maßnahmen beim Umgang mit KMF-Produkten mit karzinogenem Potential sind unter anderem in folgenden Dokumenten zu finden:

- Handlungsanleitung über den Umgang mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle) der Deutschen Bau-Berufsgenossenschaften (BG Bau), Ausgabe 2/2018
- Technische Regel Gefahrstoffe TRGS 521. Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle, Ausgabe Februar 2008
- AUVA Merkblatt „Sicherheit Kompakt M. plus 340.6:2019, Krebserzeugende Arbeitsstoffe auf Baustellen“, Pkt. 8
- Umgang mit KMF im Bauwesen, Glaswollen und Steinwollen, WKO, Stand Jänner 2018

### **7.1.1 Handlungsanleitung BG Bau**

In der Handlungsanleitung über den Umgang mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle) der Deutschen Bau-Berufsgenossenschaften sind die Maßnahmen zum Umgang mit KMF-Produkten mit karzinogenem Potential entsprechend den Expositionskategorien der TRGS 521 festgelegt.

#### **Expositionskategorie 1**

- Tätigkeiten mit alter Mineralwolle in das Gefahrstoffverzeichnis des ausführenden Betriebes aufnehmen (d.h. einmalig, unternehmensbezogen und baustellenunabhängig),
- Staubarme Bearbeitung und staubarme Reinigung; d.h.: – Material nicht reißen, sondern möglichst sorgfältig z. B. mit Messer oder Schere heraustrennen:
  - keine schnell laufenden, motorgetriebenen Sägen ohne Absaugung beim Ausbau verwenden,
  - ausgebautes Material nicht werfen. – für gute Durchlüftung am Arbeitsplatz sorgen,
  - das Aufwirbeln von Staub vermeiden,
  - Arbeitsplatz sauber halten und regelmäßig reinigen,
  - anfallende Stäube und Staubablagerung nicht mit Druckluft abblasen oder trocken kehren, sondern mit Industriestaubsauger (mindestens Kategorie M) aufnehmen bzw. feucht reinigen.
- Abfälle am Entstehungsort möglichst staubdicht verpacken und kennzeichnen. Für den Transport geschlossene Behältnisse (z. B. Tonnen, reißfeste Säcke, Big-Bags) verwenden
- locker sitzende, geschlossene Arbeitskleidung und z. B. Schutzhandschuhe aus Leder oder nitrilbeschichtete Baumwollhandschuhe tragen
- nach Beendigung der Arbeit Baustaub auf der Haut mit Wasser abspülen
- bei empfindlicher Haut sollten nach der Arbeit Hautpflegemittel verwendet werden
- Erstellung einer Betriebsanweisung
- Unterweisung der Beschäftigten

### **Expositionskategorie 2**

- Faserstäube direkt an der Austritts- oder Entstehungsstelle erfassen, soweit dies möglich ist
- für Reinigungsarbeiten müssen Industriestaubsauger (mindestens der Staubklasse M) verwendet werden
- lüftungstechnische Anlagen regelmäßig warten und instand halten
- Begrenzung der Anzahl der Beschäftigten durch organisatorische Schutzmaßnahmen
- es wird empfohlen, auf Wunsch der Beschäftigten persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen
  - Atemschutz:
    - Halb-/Viertelmaske mit P2-Filter oder
    - partikelfiltrierende Halbmaske FFP2 oder
    - Filtergerät mit Gebläse TM 1P.
    - Schutzhandschuhe z. B. aus Leder oder nitrilbeschichtete Baumwollhandschuhe.
    - Schutzbrille insbesondere bei Überkopf - arbeiten.
    - Atmungsaktiver Schutzanzug Typ 5
- Arbeitsbereiche abgrenzen und kennzeichnen
- Folienabdeckung bei mangelnder Reinigungsmöglichkeit
- staubdichte Verpackung
- Rauch-/Schnupfverbot am Arbeitsplatz
- Waschmöglichkeit vorsehen
- Angebot der arbeitsmedizinischen Vorsorge

### **Expositionskategorie 3**

- Beschäftigungsbeschränkung für Jugendliche
- Persönliche Schutzausrüstung muss getragen werden

- Arbeitsmedizinische Vorsorge (G 26-Atemschutzgeräte)
- Reinigung oder Entsorgung der Schutzkleidung
- Getrennte Umkleideräume für Straßen- und Arbeitskleidung, Waschraum mit Duschen (Schwarz-Weiß-Anlage)

**Anmerkungen zu den Schutzmaßnahmen der Handlungsanleitung BG Bau**

Das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung, insbesondere Atemschutzmasken, sollte mindestens ab Expositionskategorie 2 geboten und nicht nur empfohlen werden, zumal es sich in dieser Kategorie um Faserkonzentrationen zwischen 50.000 und 250.000 KMF/m<sup>3</sup> mit karzinogenem Potential handelt.

Weiters erscheinen anstelle von Atemschutzmasken mit Filtern der Partikelfilterklasse FFP2 vielmehr solche der Partikelfilterklasse FFP3 sinnvoll, zumal der Preisunterschied marginal und der Tragekomfort kaum merklich unterschiedlich ist, hingegen auf Basis der aktuellen Beurteilungsgrundlagen nicht sichergestellt ist, welche Exposition tatsächlich besteht (Verweis auf LWGMD-2SE und den davon abhängenden Feinfaseranteil).

Zum Zwecke der Erfassung von karzinogenem KMF-Faserstaub sollten geeignete Luftreinigungsgeräte ebenso wie geeignete Entstauber mit angepassten Filtersystemen für den hinreichenden Rückhalt von karzinogenem Staub vorgesehen werden.

### **7.1.2 TRGS 521**

Auch in der TRGS 521, die in der aktuellen Fassung auf das Jahr 2008 zurückgeht und aufgrund der Neufassung der deutschen Gefahrstoffverordnung zeitnah überarbeitet werden soll, sind aktuell parallel zu den Expositionskategorien entsprechende Maßnahmen festgelegt.

Diese Maßnahmen sind etwas weniger umfangreich, entsprechen jedoch weitestgehend denen der Handlungsanleitung BG Bau.

**Anmerkungen zur TRGS 521:**

Arbeitsplatzmessungen beim Umgang mit KMF-Produkten zeigen, dass bei bestimmten Tätigkeiten, insbesondere beim Umgang mit KMF-Spritzisolierungen KMF-Faserkonzentrationen von weit über 250.000 Fasern/m<sup>3</sup> erreicht werden (siehe dazu Pkt.3.6.3). Schon bei Kleinmaßnahmen wurden KMF-Faserkonzentrationen von 600.000 Fasern/m<sup>3</sup> gemessen, bei größeren Bereichen sogar mehr als 2.000.000 bzw. 3.000.000 Fasern/m<sup>3</sup>.

Die Kategorisierung der Expositionskategorien erscheint in diesem Zusammenhang daher nicht zeitgemäß bzw. berücksichtigt nicht das gesamte Spektrum der in Frage kommenden Expositionen.

Hinsichtlich der Schutzmaßnahmen ist analog zur Handlungsanleitung BG Bau anzumerken, dass das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung, insbesondere Atemschutzmasken, mindestens ab Expositionskategorie 2 geboten sein sollte sowie die Partikelfilterklasse FFP3 vorgeschrieben werden sollte.

Aus Sicht des Studienautors ist die TRGS 521 nicht an den Entwicklungsstand der KMF-Thematik der letzten Jahre angepasst.

Die mit frühestens Ende 2023 vorgesehene Überarbeitung der TRGS 521 wird im Besonderen durch die Neufassung der Gefahrstoffverordnung ausgelöst. Dem Vernehmen nach soll dabei unter anderem der KI-Wert eliminiert werden, weitere Überarbeitungsbestrebungen sind derzeit nicht bekannt<sup>61</sup>.

### **7.1.3 AUVA Merkblatt**

Im AUVA Merkblatt „Sicherheit Kompakt M. plus 340.6:2019, Krebserzeugende Arbeitsstoffe auf Baustellen“ sind unter Punkt 8 Schutzmaßnahmen nach dem STOP-Prinzip zur Thematik Künstliche Mineralfasern in Dämmungen festgelegt.

#### **Technische und Organisatorische Maßnahmen**

- Arbeitsbereiche abgrenzen und kennzeichnen
- Anzahl exponierter Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer gering halten
- Arbeitsverfahren so wählen, dass möglichst wenig Staub freigesetzt wird. Wichtig dabei ist ein möglichst zerstörungsfreier Ausbau
- Beim Reinigen von Arbeitsbereichen: Abblasen mit Druckluft oder trockenes Kehren vermeiden und stattdessen Industriestaubsauger

<sup>61</sup> Kluger, N. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Vortrag vom 10.11.2022: Tätigkeiten an „alter“ Mineralwolle, Brauchen wir eine Novellierung der TRGS 521?

einsetzen. (Industriestaubsauger verhindern die Freisetzung von Fasern im Vergleich zu herkömmlichen Staubsaugerbeuteln!)

- Bauwerksöffnungen (Fenster, Türen usw.) im unmittelbaren Arbeitsbereich dicht verschlossen halten; zusätzliche Maßnahmen wie z.B. Staubwände oder -vorhänge durch die Auftraggeberin oder den Auftraggeber bereits im Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan (SiGe-Plan) vorsehen und entsprechend beauftragen
- keine schnell laufenden Maschinen (Schleif-, Trenn- oder Bohrmaschinen) verwenden
- freigelegte Fasern, wenn möglich, befeuchten bzw. mit Restfaserbindemittel besprühen
- Abfälle am Entstehungsort möglichst staubdicht verpacken, ggf. befeuchten und kennzeichnen; für den Transport geschlossene Behältnisse (z.B. Tonnen, reißfeste Säcke, Big Bags, Deckelmulden) verwenden; lose Lagerungen vermeiden
- Bei mangelnder Reinigungsmöglichkeit des Arbeitsplatzes: Boden oder Untergrund mit Folie abdecken.
- Waschmöglichkeit in der Nähe des Arbeitsplatzes vorsehen; Hautschutzplan erstellen, diesen unterweisen und Hautpflegemittel zur Verfügung stellen

#### **Besonders zu beachten beim Umgang mit KMF**

- verpackte Dämmstoffe erst am Arbeitsplatz auspacken
- Material nicht werfen
- beim Zerteilen nur mit Messer oder Schere schneiden, nicht reißen
- in die Unterlage für spätere Arbeiten (BauKG) aufnehmen

#### **Persönliche Schutzmaßnahmen**

Allgemeine Maßnahmen der Arbeitsplatzhygiene einhalten und geeignete PSA verwenden:

- ➡ **Atemschutz:** Partikelfiltrierende Halbmaske FFP2, vorzugsweise mit Ausatemventil
- ➡ **Augenschutz:** Schutzbrille, insbesondere bei Überkopfarbeiten
- ➡ **Handschutz:** Schutzhandschuhe, z. B. aus Leder, oder Nitril-beschichtete Baumwollhandschuhe
- ➡ **Schutzkleidung:** atmungsaktiver Schutanzug Typ 5 oder gleichwertige Maßnahmen

**Anmerkungen zum AUVA Merkblatt:**

Die Anordnung von „Staubwänden oder -vorhängen“ ist nicht von der Beauftragung durch die Auftraggeber abhängig zu machen, sondern, wenn dies zweckmäßig oder geboten ist (was – abhängig von den räumlichen Gegebenheiten auf der Baustelle – in der Regel der Fall ist), als Standard festzulegen.

Zum Zwecke der Erfassung von karzinogenem KMF-Faserstaub sollten geeignete Luftreinigungsgeräte ebenso wie geeignete Entstauber mit angepassten Filtersystemen für den hinreichenden Rückhalt von kanzerogenem Staub vorgesehen werden, demgegenüber sollten die Verwendung von Restfaserbindemittel zum Staubmanagement ersatzlos verworfen werden. Der Einsatz von Restfaserbindemittel ist in der Regel nicht einmal mehr bei der Asbestsanierung als zweckmäßiger Arbeitsschritt vorzusehen.

Auch hier ist anzumerken, dass anstelle von Atemschutzmasken mit Filtern der Partikelfilterklasse FFP2 vielmehr solche der Partikelfilterklasse FFP3 zum Einsatz gebracht werden sollten.

#### **7.1.4 Kurzanleitung der WKO**

Von der Wirtschaftskammer Österreich (WKO) wurde im Jänner 2018 eine Kurzanleitung für den Umgang mit KMF im Bauwesen mit dem Fokus auf Glas- und Steinwollen herausgegeben.

Der Leitfaden umfasst die Themen Arbeitnehmerinnenschutz und Abfallrecht und zeigt anhand exemplarischer Beispiele aus der Baupraxis wie in diesen Situationen mit KMF umgegangen werden könnte.

Als exemplarische Beispiele werden folgende KMF-Anwendungen angeführt:

- a. Rohrummantelungen
- b. Fassadendämmung
- c. Dämmung im Dachaufbau
- d. Trittschalldämmung
- e. Dämmungen bei Medienleitungen
- f. Lose verlegte Dämmungen
- g. Dämmungen in Ständerwänden
- h. Dämmungen hinter abgehängten Decken
- i. Brandabschottungen

**Anmerkungen/Feststellungen zur Kurzanleitung der WKO:**

1. Der Schutz Dritter wird in dem Leitfaden nicht behandelt
2. Im Zusammenhang mit den exemplarischen Beispielen fehlt die Erwähnung der Anwendung von KMF-Materialien auf Spritzputzbasis (Spritz-KMF). Da es aufgrund der Anwendungsform bei der Entsorgung solcher KMF-Produkte besonderer Maßnahmen (technische Belüftung, etc.) bedarf, ist deren Erwähnung unerlässlich bzw. deren Weglassung als erhebliche Unvollständigkeit zu werten.
3. Die Empfehlung, das Aufbrechen des Estrichs für die Demontage von Trittschalldämmplatten aus KMF möglichst ohne Perforation der Baufolie durchzuführen, ist praxisuntauglich.
4. Die Anwendung von Restfaserbindemitteln an Oberflächen mit verbliebenen KMF erscheint generell nicht sinnvoll und fernab jeglicher Praxistauglichkeit, vielmehr wäre es zielführender die Oberflächen mit geeigneten Staubsaugern oder im Feuchtreinigungsverfahren zu reinigen.

## **7.2**

### **SCHUTZMASSNAHMEN BEIM UMGANG MIT UNBEDENKLICHEN KMF-PRODUKTEN**

Mindestschutz-Maßnahmen beim Umgang mit unbedenklichen KMF-Produkten sind in der Handlungsanleitung über den Umgang mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle) der Deutschen Bau-Berufsgenossenschaften<sup>62</sup> sowie in der TRGS 500<sup>63</sup> Pkt. 4 und 5 festgelegt.

#### **Mindestschutz-Maßnahmen beim Umgang mit unbedenklichen KMF-Produkten<sup>51</sup>:**

- vorkonfektionierte Mineralwolle-Dämmstoffe bevorzugen. Diese können entweder vom Hersteller geliefert oder zentral auf der Baustelle zugeschnitten werden.
- verpackte Dämmstoffe erst am Arbeitsplatz auspacken.
- Material nicht werfen.
- keine schnelllaufenden, motorgetriebenen Sägen ohne Absaugung verwenden.
- auf fester Unterlage mit Messer oder Schere schneiden, nicht reißen.
- für gute Durchlüftung am Arbeitsplatz sorgen. Das Aufwirbeln von Staub vermeiden.
- anfallende Stäube und Staubablagerung nicht mit Druckluft abblasen oder trocken kehren, sondern mit Industriestaubsauger (Kategorie M) aufnehmen bzw. feucht reinigen.

<sup>62</sup> Dt. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Handlungsanleitung über den Umgang mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle), Ausgabe 2/2018

<sup>63</sup> Technische Regel Gefahrstoffe TRGS 500, Schutzmaßnahmen, Ausgabe September 2019

- Arbeitsplatz sauber halten und regelmäßig reinigen. Verschnitte und Abfälle sofort in geeigneten Behältnissen, z.B. Tonnen oder Plastiksäcken, sammeln.
- locker sitzende, geschlossene Arbeitskleidung und z.B. Schutzhandschuhe aus Leder oder nitrilbeschichtete Baumwollhandschuhe tragen.
- nach Beendigung der Arbeit Baustaub mit Wasser abspülen.
- bei Tätigkeiten mit Staubentwicklung im Freien, z.B. bei Abkippvorgängen, mit dem Rücken zum Wind arbeiten und darauf achten, dass sich keine Arbeitnehmer in der Staubfahne aufhalten.

Generell ist in Deutschland die Thematik "Staubminimierung beim Bauen" in den letzten Jahren stark propagiert worden, was auch von den Deutschen Bau-Berufsgenossenschaften mit beachtlichen Kampagnen unterstützt wurde. Das Ziel besteht darin, in der Bauwirtschaft staubarme Technologien und Produkte als Selbstverständlichkeit zur Anwendung zu bringen.

**Anmerkungen zu den Mindestschutzmaßnahmen BG Bau:**

Atemschutzmasken, Entstauber bzw. Luftreinigungsgeräte sind in den Mindestschutzmaßnahmen nicht thematisiert, was – auch wenn es sich um unbedenkliche KMF-Produkte handelt – aufgrund der Kampagnen hinsichtlich geeigneter Staubschutzmaßnahmen am Bau nicht zeitgemäß erscheint. Diese sollten künftig beim Umgang mit KMF generell in geeigneter Spezifikation zum Standard werden.

### **7.3 LAGERUNG UND TRANSPORT VON KÜNSTLICHEN MINERALFASERN**

Die Lagerung bzw. der Transport von Mineralfaserprodukten sollte so erfolgen, dass die Freisetzung von Faserstäuben möglichst verhindert wird. Dies sollte durch staubdichte, UV-beständige Verpackung (reißfeste Säcke, z.B. Big-Bags) und gegebenenfalls durch Befeuchtung erfolgen sowie durch den Einsatz von Deckelmulden.

Beim Transport ist auf die Vermeidung einer Beschädigung der Verpackung zu achten. Lagerflächen sollten ohne Staubaufwirbelung und unter Befeuchtung leicht reinigbar sein. Die Verpackungen sind entsprechend ihres Inhalts dauerhaft zu kennzeichnen<sup>64</sup>.

Verwiesen wird an dieser Stelle auf die in Ausarbeitung befindliche ÖNORM S 2105 „Klassifizierung und Verpackung von gefährlichen Abfällen für den Transport“, die auch einen Abschnitt zum Thema KMF-Abfälle aufweisen dürfte.

<sup>64</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus: Leitfaden Künstliche Mineralfaserabfälle –KMF-Abfälle ab der Baustelle, 2019

## **7.4 ASPEKTE ZUM ARBEITNEHMERINNESCHUTZ**

Zum Thema Arbeitnehmerinnenschutz auf Baustellen und Deponien liegt in Bezug auf sogenannte „alte“ und „neue“ KMF eine Beantwortung von Dipl. Ing. Peter Neuhold vom Bundesministerium für Arbeit, Familie und Jugend aufgrund einer Anfrage des ÖWAV – Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband zum Umgang mit Mineralwolle-Abfällen vor<sup>65</sup>.

Einige Punkte aus diesem Dokument sind nachfolgend zusammengefasst.

a. Einbau von gefährlichen KMF/Substitutionsgebot

Der Einbau von gefährlicher (karzinogener) Mineralwolle, die also nicht freigezeichnet gemäß den oben angeführten Kriterien ist, ist nicht zulässig, da ein Substitutionsgebot gemäß § 42 Abs.3 ASchG besteht, sofern der Aufwand vertretbar ist (siehe § 11 GKV 2020).

[...]

Da aber ein Produkt, mit weniger gefährlichen Eigenschaften zur Verfügung steht, ist ein Einbau (Wiedereinbau) von gefährlichen „alten“ Mineralwollen (KMF) nicht zulässig.

b. Für Arbeitsstoffe mit begründetem Verdacht auf krebserzeugendes Potential gibt es Ausnahmeregelungen, welche in § 11 GKV 2020 festgelegt sind. Diese beinhalten hinsichtlich Arbeitnehmerinnenschutz auf Baustellen folgende Punkte:

- keine Meldung der beabsichtigten erstmaligen Verwendung an das Arbeitsinspektorat erforderlich
- keine Vorlage von Unterlagen an das Arbeitsinspektorat erforderlich
- keine Verwendung nur in geschlossenen Systemen
- kein Zutrittsverbot und keine Kennzeichnung erforderlich

c. Gemäß § 43 Abs. 2 ASchG sind beim Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen von Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber Maßnahmen zur Gefahrenverhütung in einer Rangfolge zu treffen sowie das Minimierungsgebot einzuhalten.

- Beschränkung der Menge des Arbeitsstoffes
- Beschränkung der Anzahl der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, die mit dem Arbeitsstoff umgehen
- Beschränkung der Dauer und die Intensität der möglichen Einwirkung des Beschränkung der Menge des Arbeitsstoffes
- Technische Gestaltung von Arbeitsverfahren und Arbeitsvorgänge zur Kontaktvermeidung mit dem Arbeitsstoff
- vollständige Erfassung des gefährlichen Arbeitsstoffes an der Austritts- oder Entstehungsstelle

---

<sup>65</sup> Neuhold, Peter, Anfragebeantwortung zum Arbeitnehmerschutz beim Umgang mit Mineralwolle-Abfällen, 23.10.2020

- Lüftungsmaßnahmen wenn keine vollständige Erfassung möglich
- Wenn trotz Maßnahmen kein ausreichender Schutz erreicht werden kann, dann haben Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber PSA zur Verfügung zu stellen

- d. Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber müssen für Arbeitsstoffe, für die ein MAK-Wert oder ein TRK-Wert festgelegt ist, und die in Verwendung stehen oder deren Auftreten nicht sicher auszuschließen ist, in regelmäßigen Zeitabständen Grenzwert-Vergleichsmessungen durchführen (§ 46 Abs. 1 ASchG und §28 Abs. 1 GKV 2020). Bei den Grenzwert-Vergleichsmessungen handelt es sich um repräsentative Messungen der Exposition der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, deren Ergebnisse Grenzwertvergleiche ermöglichen.
- e. Für Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, welche mit kanzerogenen Arbeitsstoffen arbeiten, ist gemäß § 47 ASchG ein Verzeichnis der exponierten Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer zu erstellen.
- f. Für KMF ohne karzinogenes Potential gelten die MAK-Werte für biologisch inerte Schwebstoffe. Die Vorgaben für den Umgang mit KMF ohne karzinogenes Potential sind weniger streng, wie die Lockerung des Minimierungsgebots (bei MAK-Werten), kein Anlegegegen eines Verzeichnisses der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, keine Verzeichnis der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, kein Substitutionsgebot, keine Kennzeichnung der Behälter und Lagerräume.
- g. Da auf Deponien fast keine manuelle Manipulation stattfindet, ist bei Setzung von technischen und organisatorischen Maßnahmen, eine Differenzierung zwischen KMF mit und ohne karzinogenem Potential aus der Sicht des Arbeitnehmerinnenschutz nicht erforderlich.

## **8. REGELWERKE ÖSTERREICH, DEUTSCHLAND, EU**

### **8.1 RECHTLICHE REGELUNGEN IN ÖSTERREICH (AUSWAHL)**

Nachfolgend ist eine Auswahl der in Österreich wichtigsten festgelegten rechtlichen Regelungen bezüglich des Umgangs mit schadstoffhaltigen Baumaterialien, folglich auch KMF mit kanzerogenem Potential, angeführt.

#### **8.1.1 Umweltrecht**

##### **8.1.1.1 Abfallwirtschaftsgesetz**

Das Abfallwirtschaftsgesetz<sup>66</sup> regelt Verpflichtungen für die Sammlung, Behandlung, Lagerung, Beförderung sowie für die Ein-, Aus- und Durchfuhr von Abfällen.

Die Abfallwirtschaft ist im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit danach auszurichten, dass schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanze, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt vermieden oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen so gering wie möglich gehalten werden, die Emissionen von Luftschatdstoffen und klimarelevanten Gasen so gering wie möglich gehalten werden, Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) geschont werden, bei der stofflichen Verwertung die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe kein höheres Gefährdungspotential aufweisen als vergleichbare Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen und nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für nachfolgende Generationen darstellt<sup>67</sup>.

Im öffentlichen Interesse ist die Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich, wenn andernfalls (§ 1 Abs. 3)

1. die Gesundheit des Menschen gefährdet oder unzumutbare Belästigungen bewirkt werden können,
2. Gefahren für Wasser, Luft, Boden, Tiere oder Pflanzen und deren natürlichen Lebensbedingungen verursacht werden können,
3. die nachhaltige Nutzung von Wasser oder Boden beeinträchtigt werden kann,
4. die Umwelt über das unvermeidliche Ausmaß hinaus verunreinigt werden kann,
5. Brand- oder Explosionsgefahren herbeigeführt werden können,

<sup>66</sup> Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002), BGBl. I Nr. 102/2002, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 200/2021

<sup>67</sup> [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/abfall/recht/awg.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/recht/awg.html)

6. Geräusche oder Lärm im übermäßigen Ausmaß verursacht werden können,
7. das Auftreten oder die Vermehrung von Krankheitserregern begünstigt werden könnte,
8. die öffentliche Ordnung und Sicherheit gestört werden kann oder
9. Orts- und Landschaftsbild sowie Kulturgüter erheblich beeinträchtigt werden können

#### **8.1.1.2 Chemikaliengesetz**

Das Ziel des Chemikaliengesetzes<sup>68</sup> ist der vorsorgliche Schutz des Lebens und der Gesundheit des Menschen und der Umwelt vor unmittelbar oder mittelbar schädlichen Einwirkungen, die durch das Herstellen und Inverkehrbringen, den Erwerb, das Verwenden oder die Abfallbehandlung von Stoffen, Gemischen oder Erzeugnissen entstehen können, insbesondere indem ihrem Entstehen vorgebeugt wird bzw. sie erkennbar gemacht und abgewendet werden.

#### **8.1.1.3 Novelle 2022 der Deponieverordnung 2008**

Die Deponieverordnung<sup>69</sup> legt die Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien fest.

Mit der Novelle 2022 der Deponieverordnung wurde die Thematik KMF-Abfälle zunehmend eingebunden:

- §10, der davor ausschließlich Asbest- und Asbestzementabfällen behandelte, gilt nun auch für künstliche Mineralwolleabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften
- für künstliche Mineralwolleabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften wurde ein neuer Paragraf 10c geschaffen, welcher die Deponierung regelt
- die Anlieferung von Mineralwolleabfällen mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften darf nur verpackt, verpackt gepresst oder zerkleinert und konditioniert erfolgen
- die Ablagerung von Mineralwolleabfällen mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften darf nur in eigenem Kompartimentsabschnitt oder in einem Kompartiment oder Kompartimentsabschnitt für Asbestabfälle erfolgen

<sup>68</sup> Bundesgesetz über den Schutz des Menschen und der Umwelt vor Chemikalien (Chemikaliengesetz 1996 – ChemG 1996), BGBl. I Nr. 53/1997, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 140/2020

<sup>69</sup> Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008 – DVO 2008), BGBl. II Nr. 39/2008, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 144/2021, BGBl. II Nr. 409/2020

- Deponierungsverbot ab 01.01.2027 - in Abhängigkeit der Etablierung von Recycling- oder Verwertungsmöglichkeiten
- Ausnahme des Deponierungsverbot (Kleinmengenregelung): künstliche Mineralwolleabfälle (inkl. Verbundstoffe) aus einem Abbruch eines Bauwerks oder mehrerer Bauwerke im Rahmen eines Bauvorhabens, bei dem insgesamt maximal 3 t künstliche Mineralwolleabfälle (inkl. Verbundstoffe) anfallen, dürfen weiterhin unter den Bedingungen des Abs. 1 bzw. Anhangs 2 Kapitel 2 deponiert werden
- für künstliche Mineralwolleabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften gibt es Regelungen in Anhangs 2 Kapitel 2: Ablagerung ohne analytische Untersuchung für die grundlegende Charakterisierung, Staubförmige Emissionen und das Freisetzen von Fasern sind zu vermeiden

#### **8.1.1.4 Abfallverzeichnisverordnung**

Die Abfallverzeichnisverordnung<sup>70</sup> regelt die Bezeichnung von Abfällen sowie die Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit.

Mit der Novelle der Abfallverzeichnisverordnung sind seit 01.01.2022 im Abfallkatalog (Anhang I) neue Abfallarten, unter anderem für KMF, sowie besondere Zuordnungskriterien im Anhang II festgelegt, die auch Vorgaben für den analytischen Nachweis der Nichtgefährlichkeit von KMF beinhalten.

KMF-Abfälle sind ab sofort, je nachdem, ob gefahrenrelevante Fasereigenschaften vorhanden sind (Abfallschlüssel-Nr. 31437) oder nicht (Abfallschlüssel-Nr. 31416) mit der entsprechenden Spezifizierung (Glaswolle, Steinwolle, etc.) zu versehen.

#### **8.1.1.5 Abfallnachweisverordnung**

Die Abfallnachweisverordnung<sup>71</sup> regelt die Aufzeichnungs-, Melde- und Nachweispflicht der Abfallersterzeugerinnen bzw. -erzeuger und Rücknehmerinnen bzw. Rücknehmer im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetzes.

Das Begleitscheinsystem und die sonstigen Bestimmungen über gefährliche Abfälle treffen alle Abfallbesitzerinnen und -besitzer gefährlicher Abfälle.

---

<sup>70</sup> Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie über ein Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung 2020), BGBl. II Nr. 409/2020

<sup>71</sup> Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Nachweispflicht über Abfälle (Abfallnachweisverordnung 2012 – ANV 2012), BGBl. II Nr. 341/2012

#### 8.1.1.6 Recycling-Baustoffverordnung

Das Ziel der Recycling-Baustoffverordnung<sup>72</sup> ist die Sicherstellung einer hohen Qualität von bei Bau- und Abbruchtätigkeiten anfallenden Materialien, um deren Recycling zu fördern.

Die Verordnung legt Anforderungen fest, die beim Abbruch von Bauwerken zu erfüllen sind, wie die Durchführung einer Schadstoff- und Störstofferkundung und ein geordneter sowie verwertungsorientierter Rückbau von Bauwerken. Diese Maßnahmen führen zu einer besseren Eignung der Baurestmassen für die Herstellung von Recycling-Baustoffen.

Weiters enthält die Verordnung Bestimmungen für die weitere Behandlung von Bau- und Abbruchabfällen, Qualitätsvorgaben für die herzustellenden Recycling-Baustoffe und vorgegebene Einsatzbereiche für Recycling-Baustoffe.<sup>73</sup>

KMF-Abfälle sind in der Recycling-Baustoffverordnung als Schad- und Störstoffe relevant:

**§ 5 Abs. 1:** Bei Abbruch eines Bauwerks oder mehrerer Bauwerke im Rahmen eines Bauvorhabens, bei dem insgesamt mehr als 750 t Bau- oder Abbruchabfälle anfallen, sind Schadstoffe, insbesondere gefährliche Abfälle und Störstoffe, die ein Recycling erschweren, zu entfernen.

**§ 5 Abs. 2:** Die entfernten Abfälle, die Schad- und Störstoffe enthalten, sind vor Ort voneinander zu trennen und einer ordnungsgemäßen Behandlung zuzuführen.

**§ 6 Abs. 1:** Bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten sind gefährliche Abfälle von nicht gefährlichen Abfällen vor Ort zu trennen.

**§ 7 Abs. 1:** Bei der Herstellung von Recycling-Baustoffen sind Verunreinigungen mit verschiedenen Stoffen oder Abfällen – unter anderem KMF – weitestgehend zu vermeiden.

<sup>72</sup> Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen (Recycling-Baustoffverordnung – RBV), BGBl. II Nr. 181/2015, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 290/2016

<sup>73</sup> [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/abfall/recht/vo/recycling.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/recht/vo/recycling.html)

## **8.1.2 Arbeitnehmerinnenschutzrecht**

### **8.1.2.1 Arbeitnehmerinnenschutzgesetz**

Das Arbeitnehmerinnenschutzgesetz<sup>74</sup> regelt die Sicherheit und den Gesundheitsschutz von ArbeitnehmerInnen.

**§ 4 Abs. 1:** Arbeitgeber sind verpflichtet, die für die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer bestehenden Gefahren zu ermitteln und zu beurteilen. Dabei sind die Grundsätze der Gefahrenverhütung gemäß § 7 anzuwenden. Insbesondere sind dabei zu berücksichtigen:

1. die Gestaltung und die Einrichtung der Arbeitsstätte,
2. die Gestaltung und der Einsatz von Arbeitsmitteln,
3. die Verwendung von Arbeitsstoffen,
4. die Gestaltung der Arbeitsplätze,
5. die Gestaltung der Arbeitsverfahren und Arbeitsvorgänge und deren Zusammenwirken,
6. die Gestaltung der Arbeitsaufgaben und die Art der Tätigkeiten, der Arbeitsumgebung, der Arbeitsabläufe sowie der Arbeitsorganisation und
7. der Stand der Ausbildung und Unterweisung der Arbeitnehmer.

### **8.1.2.2 Grenzwerteverordnung**

In der Grenzwerteverordnung<sup>75</sup> werden Grenzwerte für die Konzentration von gefährlichen Stoffen in der Luft am Arbeitsplatz festgelegt.

Betreffend KMF ist in Punkt 11 des Anhang III C analog zur CLP-VO folgendes festgelegt:

*„Künstliche Mineralfasern gelten als Arbeitsstoffe mit begründetem Verdacht auf krebszerzeugendes Potential. Dies gilt nicht, wenn nachgewiesen wird, dass der Stoff eine der nachstehenden Voraussetzungen erfüllt:*

- a) Mit einem kurzfristigen Inhalationsbiopersistenztest wurde nachgewiesen, dass die gewichtete Halbwertszeit der Fasern mit einer Länge von über 20 µm weniger als 10 Tage beträgt.

<sup>74</sup> Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG), BGBl. Nr. 450/1994, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 100/2018

<sup>75</sup> Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz über Grenzwerte für Arbeitsstoffe sowie über krebszerzeugende und fortpflanzungsgefährdende (reproduktionstoxische) Arbeitsstoffe (Grenzwerteverordnung 2021 – GKV 2021), BGBl. II Nr. 253/2001, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 156/2021

- b) Mit einem kurzfristigen Intratrachealbiopersistenztest wurde nachgewiesen, dass die gewichtete Halbwertszeit der Fasern mit einer Länge von über 20 µm weniger als 40 Tage beträgt.
- c) Ein geeigneter Intraperitonealtest hat keine Anzeichen von übermäßiger Karzinogenität zum Ausdruck gebracht.
- d) Abwesenheit von relevanter Pathogenität oder von neoplastischen Veränderungen bei einem geeigneten Langzeitinhalationstest. Die Einstufung als krebserzeugend ist nicht zwingend für Fasern, bei denen der längengewichtete mittlere geometrische Durchmesser abzüglich der zweifachen Standardabweichung größer ist als 6 µm. Abweichend vom ersten Satz gelten künstliche Mineralfasern, die gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, ABl. Nr. L 353 S. 1, in der Fassung der Berichtigung ABl. Nr. L 16 vom 20.01.2011 S. 1 als krebserzeugend einzustufen sind, als eindeutig krebserzeugend.“

#### **8.1.2.3 Bauarbeiteorschutzverordnung**

Betreffend Abbrucharbeiten gibt es in der Bauarbeiteorschutzverordnung<sup>76</sup> Hinweise auf gesundheitsgefährdende Arbeitsstoffe. Gemäß §110 der Bauarbeiteorschutzverordnung sind vorbereitende Maßnahmen vor Abbrucharbeiten durchzuführen:

**§110 Abs 1:** Vor Durchführung von Abbrucharbeiten muss der Bauzustand des abzubrechenden Objektes und der angrenzenden Nachbarobjekte von einer fachkundigen Person untersucht werden. Die Untersuchung des abzubrechenden Objektes hat sich insbesondere auf die konstruktiven Gegebenheiten, die statischen Verhältnisse, die Art und den Zustand der Bauteile und Baustoffe sowie die Art und Lage von Leitungen und sonstigen Einbauten zu erstrecken. Die fachkundige Person muss über die jeweils erforderlichen Kenntnisse, insbesondere auf dem Gebiet der Statik, verfügen und praktische Erfahrungen besitzen.

**§110 Abs 2:** Sind im abzubrechenden Objekt gesundheitsgefährdende, brandgefährliche oder explosionsgefährliche Arbeitsstoffe gelagert, müssen diese Stoffe vor Beginn der Abbrucharbeiten sachgemäß aus dem Objekt entfernt werden.

Weiters ist von der fachkundigen Person eine Abbruchanweisung zu erstellen, welche unter anderem auch Angaben über mögliche gesundheitsgefährdende Einwirkungen durch im Bauwerk verwendete Stoffe sowie die in diesem Zusammenhang geeigneten Schutzmaßnahmen enthalten muss.

<sup>76</sup> Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen und auf auswärtigen Arbeitsstellen (Bauarbeiteorschutzverordnung) BGBl. Nr. 340/1994

### 8.1.3 Baurecht

#### 8.1.3.1 OIB-Richtlinie 3

Die OIB-Richtlinien dienen der Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften in Österreich. Die OIB-Richtlinie 3<sup>77</sup> beschäftigt sich mit der Thematik „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“.

**Punkt 8.1:** Aufenthaltsräume sind so auszuführen, dass gefährliche Emissionen aus Baumaterialien und aus dem Untergrund bei einem dem Verwendungszweck entsprechenden Luftwechsel nicht zu Konzentrationen führen, die die Gesundheit der Benutzer beeinträchtigen können.

#### 8.1.3.2 Bauordnungen der Bundesländer

##### Bauordnung für Wien<sup>78</sup>

**§ 105 Abs 1:** Bauwerke müssen in allen ihren Teilen so geplant und ausgeführt sein, dass durch sie keine die Gesundheit der Benutzer des Bauwerkes gefährdenden Immissionen, wie z.B. gefährliche Gase, Partikel oder Strahlen verursacht werden.

**§ 128a Abs.1:** Der Eigentümer eines Gebäudes ist ... verpflichtet, ein Bauwerksbuch erstellen zu lassen und die darin für Bauteile, von denen bei Verschlechterung ihres Zustandes eine Gefährdung des Lebens oder der Gesundheit von Menschen ausgehen kann, vorgesehenen Überprüfungen fristgerecht vornehmen zu lassen.

##### Bauordnung für Niederösterreich<sup>79</sup>

**§ 43 Abs 1 Z3:** Das Bauwerk muss derart geplant und ausgeführt sein, dass es während seines gesamten Lebenszyklus weder die Hygiene noch die Gesundheit und Sicherheit der Benutzer und der Nachbarn gefährdet und sich über seine gesamte Lebensdauer hinweg weder bei Errichtung, noch bei Nutzung oder Abbruch insbesondere durch folgende Einflüsse übermäßig stark auf die Umweltqualität oder das Klima auswirkt:

- Freisetzung giftiger Gase
- Emission von gefährlichen Stoffen, flüchtigen organischen Verbindungen, Treibhausgasen oder gefährlichen Partikeln in die Innen- oder Außenluft

<sup>77</sup> Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB-Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, OIB-330.3-007/19, Ausgabe: April 2019

<sup>78</sup> Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien), LGBl. Nr. 11/1930, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 70/2021

<sup>79</sup> NÖ Bauordnung 2014 (NÖ BO 2014), LGBl. Nr. 1/2015, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 32/2021

## 8.2 RECHTLICHE REGELUNGEN IN DEUTSCHLAND

### 8.2.1 RAL-Gütezeichen

In Deutschland dürfen seit dem 01.06.2000 nur noch KMF-Produkte verarbeitet werden, welche gem. Anhang II, Nummer 5 der Gefahrstoffverordnung<sup>80</sup> bzw. gem. Anlage 1 zu §3 der Chemikalienverbotsordnung<sup>81</sup> als unbedenklich gelten. Das sind jene KMF-Produkte die mindestens eines der folgenden Kriterien, die sogenannten **Freizeichnungskriterien**, erfüllen:

- ein geeigneter Intraperitonealtest hat keine Anzeichen von übermäßiger Kanzerogenität ergeben
- die Halbwertzeit nach intratrachealer Instillation von 2 Milligramm einer Fasersuspension für Fasern mit einer Länge von mehr als 5 Mikrometer, einem Durchmesser von weniger als 3 Mikrometer und einem Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von größer als 3 zu 1 (WHO-Fasern) beträgt höchstens 40 Tage
- der Kanzerogenitätsindex KI (...) ist bei künstlichen Mineralfasern mindestens 40
- Glasfasern, die für Hochtemperaturanwendungen bestimmt sind, die
  - a) eine Klassifikationstemperatur von 1 000 Grad Celsius bis zu 1 200 Grad Celsius erfordern, besitzen eine Halbwertzeit nach den unter Ziffer 2 genannten Kriterien von höchstens 65 Tagen oder
  - b) eine Klassifikationstemperatur von über 1 200 Grad Celsius erfordern, besitzen eine Halbwertzeit nach den unter Ziffer 2 genannten Kriterien von höchstens 100 Tagen.

Spritzverfahren, bei denen krebserzeugende Mineralfasern verwendet werden, sind generell verboten.

Solche KMF-Produkte dürfen das so genannte RAL-Gütezeichen<sup>82</sup> erwerben, welches für biolösliche KMF-Produkte von der Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V. vergeben wird (siehe Bild 14). Die Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V. wurde 1998 gegründet und stellt seit 1999 das RAL-Gütezeichen aus. Durch das System der RAL-Gütesicherung, welches seit über 80 Jahren in Deutschland etabliert ist, wird die Erfüllung von Produktanforderungen auf den Gebieten Qualität, Umwelt und Arbeitsschutz sichergestellt und deren Einhaltung überwacht.

<sup>80</sup>Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) vom 26.11.2011, BGBl I S. 1643, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 28. Juli 2011, BGBl. I S 1622

<sup>81</sup>Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung) vom 13.06.2003, BGBl. I S. 867, zuletzt geändert zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. 40 G v. 24.2.2012 I 212

<sup>82</sup>RAL-Gütezeichen, unter <http://www.ral-guetezeichen.de/>

RAL ist das Deutsche Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V., welches 1925 als Reichsausschuss für Lieferbedingungen gegründet wurde und heute der Dachverband des deutschen Gütezeichenwesens ist. Es handelt sich um einen gemeinnützigen und interessensneutralen Verband. RAL ist im Auftrag seiner über 130 Mitgliedsverbände, der Gütegemeinschaften sowie der neutralen Gremien tätig<sup>83</sup>.



**Bild 26:** RAL-Gütezeichen

Anforderungen für die Vergabe des RAL-Gütezeichens:

- Freizeichnungsnachweis
- Erstprüfung
- Herstellererklärung
- Eigenüberwachung
- Fremdüberwachung

KMF-Produkte, die das RAL-Gütezeichen erworben haben, dürfen entsprechend gekennzeichnet werden. In solchen Fällen kann direkt anhand des Produktes bzw. der Verpackung die Übereinstimmung mit den Kriterien der Gefahrstoffverordnung festgestellt werden.

Das Herstellen, In-Verkehr-Bringen und Verwenden aller anderen KMF-Produkten zum Zwecke des Schall- und Wärmeschutzes einschließlich technischer Isolierungen und für Lüftungsanlagen ist verboten. Dabei handelt es sich um folgende KMF-Produkte (gem. Gefahrstoffverordnung Anhang II Nr. 5 bzw. ChemVerbotsV):

- KMF-Produkte, bei welchen der Anteil an Alkali- und Erdalkalimetalloxiden mehr als 18 Gewichtsprozent beträgt

<sup>83</sup><https://www.ral-mineralwolle.de/files/Downloads/PDF/16-12-001%20Brosch%20Mineralwolle-Screen-01.pdf>

- Produkte, welche künstliche Mineralfasern (ohne RAL-Gütezeichen) mit einem Massengehalt von insgesamt mehr als 0,1 Prozent enthalten

### **8.2.2 Gefährdungsbeurteilung und Unterrichtung der Behörde**

Generell hat in Deutschland der Arbeitgeber bei Tätigkeiten im Bereich von Gefahrstoffen gemäß § 6 Gefahrstoffverordnung eine Beurteilung der Gefährdungen der Gesundheit und Sicherheit durchzuführen.

Diese Beurteilung hat gem. § 6 Abs.1 nach folgenden Gesichtspunkten zu erfolgen:

1. gefährliche Eigenschaften der Stoffe oder Zubereitungen, einschließlich ihrer physikalisch-chemischen Wirkungen,
2. Informationen des Herstellers oder Inverkehrbringers zum Gesundheitsschutz und zur Sicherheit insbesondere im Sicherheitsdatenblatt,
3. Art und Ausmaß der Exposition unter Berücksichtigung aller Expositionswege; dabei sind die Ergebnisse der Messungen und Ermittlungen nach § 7 Absatz 8 zu berücksichtigen,
4. Möglichkeiten einer Substitution,
5. Arbeitsbedingungen und Verfahren, einschließlich der Arbeitsmittel und der Gefahrstoffmenge,
6. Arbeitsplatzgrenzwerte und biologische Grenzwerte,
7. Wirksamkeit der ergriffenen oder zu ergreifenden Schutzmaßnahmen,
8. Erkenntnisse aus arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge.

Die Gefährdungsbeurteilung ist von fachkundigen Personen durchzuführen und zu dokumentieren. Erst nach Durchführung dieser Gefährdungsbeurteilung und Ergreifen entsprechender Schutzmaßnahmen gemäß Abschnitt 4 Gefahrstoffverordnung, darf der Arbeitgeber die Tätigkeiten im Bereich von Gefahrstoffen aufnehmen.

Zudem hat der Arbeitgeber gemäß § 18 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung auf Verlangen der Behörde folgende Informationen bekannt zu geben:

1. das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 und die ihr zugrunde liegenden Informationen, einschließlich der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung,

2. die Tätigkeiten, bei denen Beschäftigte tatsächlich oder möglicherweise gegenüber Gefahrstoffen exponiert worden sind, und die Anzahl dieser Beschäftigten,
3. die nach § 13 des Arbeitsschutzgesetzes verantwortlichen Personen,
4. die durchgeführten Schutz- und Vorsorgemaßnahmen, einschließlich der Betriebsanweisungen.

Weiters hat der Arbeitgeber gemäß § 18 Abs. 3 Gefahrstoffverordnung auf Verlangen der zuständigen Behörde bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeits-gefährdenden Gefahrstoffen der Kategorie 1 oder 2 zusätzlich folgende Informationen bekannt zu geben:

1. das Ergebnis der Substitutionsprüfung,
2. Informationen über
  - a. ausgeübte Tätigkeiten und angewandte industrielle Verfahren und die Gründe für die Verwendung dieser Gefahrstoffe,
  - b. die Menge der hergestellten oder verwendeten Gefahrstoffe,
  - c. die Art der zu verwendenden Schutzausrüstung,
  - d. Art und Ausmaß der Exposition,
  - e. durchgeführte Substitutionen.

### **8.2.3 Handlungsrichtlinien / TRGS**

Folgende einschlägigen Handlungsrichtlinien und Technische Regeln für Gefahrenstoffe aus Deutschland sind anzuführen:

- Umgang mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle) von der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau), Ausgabe 02/2018
- DGUV Information 213-031: Tätigkeiten mit Mineralwolle Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle), Juli 2019
- TRGS 521: Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle, Ausgabe Februar 2008
- TRGS 500: Schutzmaßnahmen, Ausgabe September 2019
- TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte, Ausgabe Jänner 2006

## **8.3 RECHTLICHE REGELUNGEN IN DER EU**

### **8.3.1 CLP-VO**

Die VO (EG) 1272/2008 (CLP-VO) regelt die Einstufung von KMF in eine Gefahrenkategorie für karzinogene Stoffe, welche anhand der Summierung der Anteile an definierten Alkali- und Erdalkalimetalloxiden erfolgt, und legt auch die Ausnahmen in den Anmerkungen R und Q fest. Für weitere Ausführungen hierzu wird auf Pkt. 3.3 verwiesen.

Der in Deutschland verwendete Kanzerogenitätsindex KI wurde von keinem Mitgliedsstaat der europäischen Union übernommen

**8.3.2 EUCEB**

EUCEB (EUropean CErtification Board for mineral wool products) ist eine im Juni 2000 gegründete, nicht gewinnorientierte Organisation, deren Zweck die freiwillige Zertifizierung von Mineralwolle-Produkten gemäß Anmerkung Q der CLP-Verordnung ist.



**Bild 27:** EUCEB-Siegel

Mit ihren Gütezeichen wird bescheinigt, dass die Produkte aus Fasern erzeugt werden, die aufgrund der Freizeichnungs-Kriterien für Karzinogenität als nicht krebserzeugend eingestuft sind.

## 9. UMWELT/GEFÄHRDUNG DRITTER

Für die Bewertung von KMF-Konzentrationen in der Innenraumluft gibt es aktuell weder in Deutschland, noch in einem anderen Mitgliedsstaat der EU irgendwelche Regelungen, dementsprechend sind auch keine Grenzwerte verfügbar, die jene KMF-Konzentrationen angeben würden, bei welchen ein Handlungsbedarf bzw. eine Sanierungsmaßnahme geboten ist.

Zwiener hat in seinem „Handbuch Gebäude-Schadstoffe“ (1997) Anhaltspunkte für eine Beurteilung von KMF-Raumluft-Konzentrationen erarbeitet (siehe **Tabelle 15**). Hierbei wird von der Bestimmung der Produktfaserkonzentration in der Raumluft ausgegangen, also der Konzentration an künstlichen Mineralfasern, die aus einem oder aus mehreren vorher chemisch genau charakterisierten KMF-Produkten resultiert.

KMF-Konzentration [Fasern/m <sup>3</sup> ]	Beurteilung	Handlungsempfehlung
<500	nicht erhöht bis geringfügig erhöht	kein Handlungsbedarf
500-1.000	mäßig bis deutlich erhöht	Prüfung weiterer Maßnahmen, Minderungsmaßnahmen
>1.000	stark erhöht	Prüfung von Mängeln, ggf. Durchführung von Sanierungsmaßnahmen

**Tabelle 15:** Beurteilung von KMF-Raumluft-Konzentrationen <sup>84</sup>

<sup>84</sup> Vgl. Zwiener, Gerd (1997), S.284; Gesamtverband Schadstoffsanierung GbR (Hrsg.) (2010): Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden. Erfassen, bewerten, beseitigen. Köln. Rudolf Müller, S.236; Zwiener/Lange (Hrsg.) (2012): Handbuch Gebäude-Schadstoffe und Gesunde Innenraumluft. Berlin, Erich Schmidt Verlag., S. 213.

## **10. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK**

### **Allgemeines**

Das zunehmende Interesse an KMF, welches seit dem Erscheinen der Projektstudie „Künstliche Mineralfasern“ im April 2012 erhebliche Neuerungen im Bereich der Abfallthematik, auf rechtlicher Ebene sowie im Bereich der KMF-Analytik, nach sich gezogen hat, ergibt den Anlass zur Überarbeitung dieser Publikation, die nunmehr als „Monographie – Künstliche Mineralfasern 2022“ vorgelegt wird.

### **Gefährdungspotential**

Das Gefährdungsbild von künstlichen Mineralfasern wird vor allem durch deren karzinogenes Potential geprägt, welches durch die jeweilige Fasergeometrie und die Biobeständigkeit dieser Fasern beeinflusst wird.

Künstliche Mineralfasern können demgemäß in Abhängigkeit ihres karzinogenen Potentials in zwei Karzinogenitätskategorien gemäß der Verordnung (EG) 1272/2008 (CLP-VO) eingestuft werden, und zwar in die Kategorie 1B oder 2.

### **Anwendungsbereich - Baubranche**

Produkte aus künstlichen Mineralfasern haben ein breites Anwendungsspektrum, vor allem als Dämmstoffe in Bauwerken. Zum Einsatz im engeren Sinn kommen vor allem Glas- und Steinwollen für Wärme-, Kälte- und Schalldämmungen sowie in breiten Anwendungsbereichen für brandschutztechnische Anforderungen.

Sogenannte „Alte KMF-Produkte“, wie sie als nicht hinreichend konkretisierbares Synonym für potentiell karzinogene KMF häufig bezeichnet werden, sind in Bauwerken von großer Bedeutung im Zusammenhang mit Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungsarbeiten.

Gesundheitsrelevante Beeinträchtigungen der Bauwerksnutzer sind in der Regel nur dann anzunehmen, wenn künstliche Mineralfaserprodukte entweder nicht ordnungsgemäß eingebaut oder beschädigt sind oder in anderer Weise offen vorliegen.

Anders verhält sich für das Personal, das bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungsarbeiten solche Künstliche Mineralfasern ausgesetzt sind. Je nach Art und Beschaffenheit des jeweiligen KMF-Produktes und je nach der Tätigkeit, die jeweils auszuführen ist, kann es bei solchen Arbeiten zu sehr hohen Faserexpositionen kommen, die in besonderen Fällen auch ein Vielfaches des aktuell in Österreich festgelegten TRK-Wertes erreichen können.

Davon abhängig ist es geboten, jeweils für den Einzelfall einen geeigneten Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan zu erstellen und demgemäß die jeweils angemessenen Maßnahmen zu setzen. Das Tragen von geeigneten persönlichen Schutzausrüstungen sowie staubarme Arbeitsweisen haben dabei als wichtige Schutzmaßnahmen im Vordergrund zu stehen, vielfach können diese Maßnahmen aber noch zu kurz gegriffen sein.

Die mögliche Beeinflussung von Personen (von „Dritten“), die mit den jeweiligen Arbeiten gar nicht befasst sind, sondern nur im Umfeld derselben sich aufhalten können, ist hier stets zu berücksichtigen und in einem Gesamtkonzept zu behandeln.

### **Anwendungsbereich - Gartenbau**

Ein kleinerer, aber dennoch relevanter Anwendungsbereich von Künstlichen Mineraldämmstoffen ist deren Verwendung als erdloses Substrat im Gartenbau in Form von Mineralwolle. Hier steht vor allem das Problem deren Entsorgung nach dem Nutzungszyklus im Vordergrund, was im Einzelfall durch Einarbeitung dieser KMF-Produkte in den Boden umgangen wird. Mangelnde Kompostierbarkeit, langsame Verwitterung, nicht erfassbare oder prognostizierbare bodenökologische Auswirkungen sowie fehlende Hinweise in der österreichischen Gesetzgebung auf die Zulässigkeit von Mineralwollen beim Einsatz als Düngemittel oder Bodenhilfsstoffe erscheinen hinreichende Gründe dafür abzugeben, diese Form einer „Beseitigung“ dieser Materialien als bedenklich oder jedenfalls nicht empfehlenswert zu erachten und somit abzulehnen.

Die Schwierigkeiten der Entsorgung liegen vor allem im hohen technischen Aufwand, welcher für eine, gemäß aktueller Rechtsnormen zulässige Deponierung betrieben werden müsste (Trennung des anorganischen Mineralwolleproduktes vom organischen Pflanzen- bzw. Wurzelmateriale). Eine thermische Behandlung (Verbrennung) wiederum erscheint aus wirtschaftlicher Sicht nicht sehr erfolgversprechend.

Aber auch der generelle Umgang mit Mineralwolle im Gartenbau erscheint fragwürdig, da gesundheitliche Auswirkungen bei der Manipulation solcher Materialien nicht gänzlich ausgeschlossen werden können. Als Fazit ist festzustellen, dass ein Zurückgreifen auf Substratalternativprodukte sinnvoller erscheint, zumal auch im Biogemüseanbau die Verwendung von Mineralwolle verboten ist.

### **Rechtslage – Österreich (vs. Deutschland)**

Rechtlich gesehen, sind in Österreich in der Grenzwerteverordnung 2021 – GKV 2021 (BGBl. II Nr. 253/2001 in der Änderungsfassung BGBl. II Nr. 156/2021) konkrete Festlegungen zu Künstlichen Mineraldämmstoffen verfügbar. Dort werden bestimmte Künstliche Mineraldämmstoffe als Arbeitsstoffe mit begründetem Verdacht auf krebserzeugendes Potential ausgewiesen.

Mit der Novelle der Abfallverzeichnisverordnung wurden ab 01.01.2022 für Künstliche Mineralfasern mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften, die bereits davor als gefährlicher Abfall derselben Abfall-Schlüsselnummer wie Asbestabfälle oder Asbeststäube zugeordnet waren, mittels Spezifizierungen neue und gesonderte Abfall-Schlüsselnummern eingeführt und sind solche unterschiedlichen KMF-Abfälle auf Baustellen auch gesondert zu erfassen, d.h. auszubauen, gesondert zu verpacken und gesondert zu beseitigen.

Diese Spezifizierungen sind als Vorgriff auf das ab 2027 zu erwartende Deponierungsverbot für KMF aufzufassen, welches mit der Novelle der DeponieV festgelegt wurde, um dann geeignete Wiederverwertungsstrategien und -strategien zu fördern.

Hinsichtlich des Umgangs mit KMF gibt es in Österreich wenige, nicht unbedingt praxistaugliche Festlegungen, deren mehr als notwendige Überarbeitung durch nicht nachvollziehbare Hürden nicht vom Fleck zu kommen scheint.

In Deutschland sind sogenannte „Alte“ KMF-Produkte im Entsorgungsfall als gefährliche Abfälle eingestuft und werden demgemäß getrennt gehalten und entsorgt, wiewohl diese Differenzierung nur als pragmatische Zäsur aufgefasst werden muss. Entsprechende Regelungen zum Umgang mit künstlichen Mineralfasern sind in der TRGS – Technische Regel für Gefahrstoffe 521 aus 2008 sowie in einigen Handlungsanleitungen festgelegt.

Aufgrund weitreichender Änderungen im deutschen Gefahrstoffrecht wird auch die TRGS 521 voraussichtlich ab dem Jahre 2023 einer Überarbeitung unterzogen werden. Bei dieser Überarbeitung sollen dem Vernehmen nach auch die bisherigen Kl-Werte, die häufig – bedauerlicherweise auch in Österreich – zu unglücklichen Missinterpretationen geführt haben, hinsichtlich ihrer Relevanz eliminiert werden.

Jedenfalls dürfen in Deutschland seit 01.06.2001 nur noch solche KMF-Produkte hergestellt und verwendet werden, die aufgrund der Freizeichnungskriterien gemäß der deutschen Gefahrstoffverordnung als unbedenklich gelten. Solche KMF-Produkte tragen auf der jeweiligen Verpackung z.B. das so genannte RAL-Gütezeichen und erfüllen jene Anforderungen hinsichtlich der Biopersistenz gemäß der CLP-Verordnung, die die Einstufung als Stoff ohne karzinogenem Potential zulässt.

### **Ausblick – Regelungsbedarf in Österreich**

Aus Sicht des Arbeitnehmerschutzes ebenso wie aus Sicht des Umweltschutzes erscheint es empfehlenswert, dem in Österreich bestehenden Regelungsbedarf hinsichtlich des Umgangs mit künstlichen Mineralfasern mit konkreteren Maßnahmen nachzukommen, wie diese auf einzelnen Ebenen ohnehin bereits bestehen (z.B. GKV 2021, RBV, ÖNORM EN ISO 16000-32, ÖNORM B 3151).

Prioritätsorientiert sollte der Fokus dabei auf den Umgang mit solchen KMF-Produkten gelegt werden, welche im Zuge von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungsarbeiten relevant sind, zumal es sich in diesem Zusammenhang zum Großteil um KMF-Produkte mit karzinogenem Potential handelt.

Hervorzuheben ist der fragwürdige Umstand, dass solche KMF-Produkte mit karzinogenem Potential in Österreich bis heute keinen Einschränkungen hinsichtlich des Inverkehrbringens unterzogen wurden. Das bedeutet, dass in Österreich nach wie vor KMF-Produkte legal verwendet und eingebaut werden dürfen, die im Entsorgungsfall – und sei es einen Tag später oder im Falle des dabei anfallenden Verschnittes – als gefährlicher Abfall zu behandeln und zu beseitigen sind.

Dies vermag höchst befremdlich erscheinen, ist es auch, ist aber aktuell dennoch Teil der österreichischen Rechtsordnung. Zwar bestehen im Einzelnen Handlungsanweisungen auf der Ebene einzelner öffentlicher Auftraggeber, solche KMF-Produkte nicht mehr zum Einsatz zu bringen, jedoch scheitern solche Bemühungen fallweise an einem Mangel des baupraktischen Wahrnehmungshintergrundes der handelnden Personen.

Eine stoffliche Verwertung von künstlichen Mineralfaserabfällen ist kurzfristig nicht zu erwarten, da offenbar die technologischen und logistischen Voraussetzungen hierfür noch nicht bestehen. In mittel- bis längerfristiger Hinsicht dürfte aber kein Weg daran vorbeiführen, zumal die logistischen Weichen hierfür bereits auf mehreren Ebenen gestellt wurden.

Damit sind die diesbezüglichen Änderungen und Anpassungen der AVV und der DeponieV gemeint, welche zusätzlichen Rückenwind durch die zunehmenden Entsorgungskosten und durch die kreislaufwirtschaftlichen Impulse erhalten dürften. Die Industrie und die Bauwirtschaft sind hier gefordert, zügig geeignete Strategien und Technologien zur stofflichen Verwertung von künstlichen Mineralfasern und der diesbezüglichen Abfälle aus dem Gebäudebau zur Verfügung zu stellen.

## **11. LITERATURVERZEICHNIS**

aetas Ziviltechniker GmbH, Projektstudie „Künstliche Mineralfasern“ im Auftrag des Magistrats der Stadt Wien, Magistratsabteilung 22 – Stadt Wien - Umweltschutz; Wien, April 2012

AUVA Merkblatt „Sicherheit Kompakt M. plus 340.6:2019, Krebserzeugende Arbeitsstoffe auf Baustellen“, Pkt. 8

Bayrisches Landesamt für Umwelt, Künstliche Mineralfasern, 2018

Bio Austria – Verein zur Förderung des Biologischen Landbaus. Produktionsrichtlinien (Hrsg.): Die Biobäuerinnen und Biobauern Österreichs. Fassung April 2020.

Böckler F., Dill B., Eisenbrand G., Faupel F., Fugmann B., Gamse T., Matissek R., Pohnert G., Röhling A., Schmidt S., Sprenger G., RÖMPP [Online], Stuttgart, Georg Thieme Verlag, [Dezember 2022]

Bundesgesetz über den Schutz des Menschen und der Umwelt vor Chemikalien (Chemikaliengesetz 1996 – ChemG 1996), BGBl. I Nr. 53/1997, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 140/2020

Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln und sonstigen Düngeprodukten (Düngemittelgesetz 2021 – DMG 2021), BGBl. I Nr. 103/2021.

Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002), BGBl. I Nr. 102/2002, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 200/2021

Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG), BGBl. Nr. 450/1994, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 100/2018

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): BBSR-Berichte KOMPAKT, Künstliche Mineralfaserdämmstoffe (1/2011)

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Leitfaden zum sachgerechten Umgang mit Substraten aus dem hydroponischen Anbau (Substratkultur), Wien 2020

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus: Leitfaden Künstliche Mineralfaserabfälle –KMF-Abfälle ab der Baustelle, 2019

Cynthia G. Jensen, Lawrence C.W. Jensen, Conly L. Rieder, Richard W. Cole, Jeffrey G. Ault; Long crocidolite asbestos fibers cause polyploidy by sterically blocking cytokinesis; Carcinogenesis, Volume 17, Issue 9, September 1996, Pages 2013–2021

DGUV 213-546, Analysenverfahren zur getrennten Bestimmung der Konzentrationen von lungengängigen anorganischen Fasern in Arbeitsbereichen – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, Februar 2014

DIN EN 481:1993-09, Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel

Dt. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Handlungsanleitung über den Umgang mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle), Ausgabe 2/2018

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) <https://news.fnr.de/fnr-pressemitteilung/marktanteil-von-nawaro-daemmstoffen-waechst>

Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V.: Gesundheitliche Bewertung von Mineralwollen an Hand der Biolöslichkeit, 2015

Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar eV., Bauhaus-Universität Weimar, Entwicklung eines neuartigen Verfahrens zum umweltgerechten Behandeln und Verwerten kanzerogener Mineralwolle auf der Basis der Multi-Mode-Mikrowellentechnologie, Abschlussbericht zu dem Projekt DBU AZ 24946-23, Förderungszeitraum: 11.07.2007 – 10.07.2008

ISO 14966, Außenluft - Bestimmung der numerischen Konzentration anorganischer faserförmiger Partikel - Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, Dezember 2019

Kluger, N. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Vortrag vom 10.11.2022: Tätigkeiten an „alter“ Mineralwolle, Brauchen wir eine Novellierung der TRGS 521?

Kropiunik Heinz, Vortrag „Asbest und KMF -neue Herausforderungen“, „Altlasten in Innenräumen“, 13. Innenraumtag des Arbeitskreises Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Wien, 10.11.2022

Kropiunik Heinz, Vortrag „Expositionen (künstlicher) anorganischer Fasern in Abhängigkeit der Fasergeometrie“, Forum Asbest und andere Schadstoffe in technischen Anlagen und Bauwerken, 31. Erfahrungsaustausch 2022, Essen 10.-11.11. 2022

Kropiunik Heinz, Vortrag „Faserförmige Stäube in der Innenraumluft“, Internationaler Kongress „Gesunde Raumluft“, Wien, 12. und 13.02.2004

Kropiunik Heinz, Vortrag „Faserstäube in der Innenraumluft: gestern, heute, morgen.“, 9. Innenraumtag des Arbeitskreises Innenraumluft am Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien, 20.11.2018

Kropiunik Heinz, Vortrag „Richtiger Umgang mit künstlichen Mineralfasern beim Gebäuderückbau“, ÖWAV-Veranstaltung „Künstliche Mineralfasern – Mineralwolleabfälle. Herausforderungen für die Abfallwirtschaft“, Webinar 04.11.2020

Mattenkrott, M., Bewertung von Expositionen anorganischer Fasern in Arbeitsbereichen in Gefahrstoffe 80(2022) Nr. 05-06

Moshammer, Hanns, Umweltmedizinisches Gutachten zum Umgang mit Mineralwolleabfällen, Wien 03.08.2020

Neuhold, Peter, Anfragebeantwortung zum Arbeitnehmerschutz beim Umgang mit Mineralwolle-Abfällen, 23.10.2020

NÖ Bauordnung 2014 (NÖ BO 2014), LGBl. Nr. 1/2015, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 32/2021

ÖNORM B 3151, 01.12.2014: Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode

ÖNORM EN ISO 16000-32, 01.10.2014: Innenraumluftverunreinigungen - Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe

ÖNORM M 9406, 01.08.2001: Umgang mit schwach gebundenen asbesthaltigen Materialien

Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB-Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, OIB-330.3-007/19, Ausgabe: April 2019

Pomberger, Roland: Gutachten zu Fragen der Charakterisierung, Einstufung und Abgrenzung von Mineralwolleabfällen, Leoben, 15.03.2019

Technische Regel Gefahrstoffe TRGS 500, Schutzmaßnahmen, Ausgabe September 2019

Technische Regel Gefahrstoffe TRGS 521, Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle, Ausgabe Februar 2008

Technische Regel Gefahrstoffe TRGS 900, Arbeitsplatzgrenzwerte, Ausgabe Januar 2006

Technische Regel Gefahrstoffe TRGS 905, Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe, Ausgabe März 2016, zuletzt geändert und ergänzt 13.07.2021

VDI 3492, Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messen von Immissionen - Messen anorganischer faserförmiger Partikel - Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, Juni 2013

Verordnung der Bundesministerin für Arbeit, Familie und Jugend über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz 2020 (VGÜ)

Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie über ein Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung 2020), BGBl. II Nr. 409/2020

Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen und auf auswärtigen Arbeitsstellen (Bauarbeiterenschutzverordnung BauV), BGBl. Nr. 340/1994, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 33/2012.

Verordnung des Bundesministers für Arbeit über Grenzwerte für Arbeitsstoffe sowie über krebserzeugende und fortpflanzungsgefährdende (reproduktionstoxische) Arbeitsstoffe (Grenzwerteverordnung 2021 – GKV), BGBl. II Nr. 253/2001, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 156/2021

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes 1994 erlassen werden (Düngemittelverordnung 2004), BGBl. II Nr. 100/2004, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 162/2010.

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008 – DVO 2008), BGBl. II Nr. 39/2008, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 144/2021

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Nachweispflicht über Abfälle (Abfallnachweisverordnung 2012 – ANV 2012), BGBl. II Nr. 341/2012

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen BGBl. II Nr. 181/2015.

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP-VO) des europäischen Parlaments 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

Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis vom 10. Dezember 2001 (Abfallverzeichnis-Verordnung –AVV), BGBl. I S. 3379, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 1533).

Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln. Deutsche Düngemittelverordnung vom 05.12.2012, BGBl. IS.2482, zuletzt geändert durch Artikel 1 der VO v. 2. Oktober 2019 (BGBl. I S. 1414).

Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung). Nachweisverordnung vom 20. Oktober 2006, BGBl. I S. 2298, zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 27 des Gesetzes vom 24. Februar 2012, BGBl. I S. 212.)

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen und auf auswärtigen Arbeitsstellen (BauarbeiterSchutzverordnung) BGBl. Nr. 340/1994

Verordnung über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung) BGBl. II Nr. 292/2001

Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung) vom 13.06.2003, BGBl. I S. 867, zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. 40 G v. 24.2.2012 I 212

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) vom 15.11.1999, BGBl. I 1999, S. 2233

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) vom 23.12.2004, BGBl. I Nr. 74 vom 29.12.2004 S. 3758

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) vom 26.11.2011, BGBl I S. 1643, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 28. Juli 2011, BGBl. I S 1622

Vogdt, Frank U.; Fischer, Diana; Schaudienst, Falk; Schober, Michael, Leitfaden Recyclingpotential von Mineralwolle, 2019

Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien), LGBl. Nr. 11/1930, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 70/2021

Wirtschaftskammer Österreich WKO, Umgang mit KMF im Bauwesen, Glaswollen und Steinwollen, Stand Jänner 2018

Zwiener, Gerd (1997): Handbuch Gebäude-Schadstoffe für Architekten, Sachverständige und Behörden. Köln. Rudolf Müller.

Zwiener Gerd, Lange, Frank.-Michael, Handbuch Gebäude-Schadstoffe und Gesunde Innenraumluft, Erich Schmidt Verlag GmbH& Co KG, Berlin 2012

**Websites:**

<https://news.fnr.de/fnr-pressemitteilung/marktanteil-von-nawaro-daemmstoffen-waechst> (Abrufdatum: 24.03.2023)

[https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/abfall/recht/awg.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/recht/awg.html)  
(Abrufdatum: 24.03.2023)

[https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/abfall/recht/vo/recycling.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/recht/vo/recycling.html)  
(Abrufdatum: 24.03.2023)

[https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d4454-2/\\*/\\*Glasfaserherstellung.html?op=Wiki.getwiki](https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d4454-2/*/*Glasfaserherstellung.html?op=Wiki.getwiki) (Abrufdatum: 24.03.2023)

[https://www.flumroc.ch/fileadmin/Dateiliste/flumroc/Downloads/500\\_Service/Merkblatt\\_Ruecknahme\\_Steinwolle\\_de\\_02.18\\_2.pdf](https://www.flumroc.ch/fileadmin/Dateiliste/flumroc/Downloads/500_Service/Merkblatt_Ruecknahme_Steinwolle_de_02.18_2.pdf) (Abrufdatum: 24.03.2023)

<https://www.fmi-mineralwolle.de/mineralwolle/glaswolle> (Abrufdatum: 24.03.2023)

<https://www.fmi-mineralwolle.de/mineralwolle> (Abrufdatum: 24.03.2023)

<https://www.fmi-mineralwolle.de/mineralwolle/steinwolle> (Abrufdatum: 24.03.2023)

<https://www.grodan.com/> (Abrufdatum: 24.03.2023)

<https://www.grodan.com/about/grodan-recycling-service/> (Abrufdatum: 24.03.2023)

<https://www.irbnet.de/daten/rswb/19089008967.pdf> (Abrufdatum: 24.03.2023)

<https://p-cdn.rockwool.com/siteassets/rw-at/broschueren/rockcycle/br-rockcycle-austria-rockwool.pdf?f=20201024234422> (Abrufdatum: 24.03.2023)

<https://www.pflanzenfabrik.de/steinwolle-hydroponik-substrat/>  
(Abrufdatum: 24.03.2023)

<https://www.ral-mineralwolle.de/files/Downloads/PDF/16-12-001%20Brosch%20Mineralwolle-Screen-01.pdf> (Abrufdatum: 24.03.2023)

[https://thomasmayerarchive.de/data/media\\_high/047AC19920715A0021.jpg](https://thomasmayerarchive.de/data/media_high/047AC19920715A0021.jpg) (Abrufdatum: 24.03.2023)