



# Recy & DepoTech 2022

## VORTRÄGE-Konferenzband

zur 16. Recy & DepoTech-Konferenz

9. - 11. November 2022

Montanuniversität Leoben, Österreich



**Herausgeber:** Roland Pomberger, Josef Adam, Michael Altendorfer, Therese Bouvier-Schwarz, Peter Haslauer, Lisa Kandlbauer, Karim Khodier, Gerald Koinig, Nikolai Kuhn, Tatjana Lasch, Namrata Mhaddolkar, Thomas Nigl, Bettina Rutrecht, Renato Sarc, Theresa Sattler, Sabine Schlögl, Hana Stipanovic, Alexia Tischberger-Aldrian und Sandra Viczek.



VORTRÄGE-Konferenzband  
zur 16. Recy & DepoTech-Konferenz

9. - 11. November 2022  
Montanuniversität Leoben, Österreich



Herausgeber

Roland Pomberger, Josef Adam, Michael Altendorfer, Therese Bouvier-Schwarz,  
Peter Haslauer, Lisa Kandlbauer, Karim Khodier, Gerald Koinig, Nikolai Kuhn, Tatjana Lasch,  
Namrata Mhaddolkar, Thomas Nigl, Bettina Rutrecht, Renato Sarc, Theresa Sattler, Sabine Schlögl, Hana  
Stipanovic, Alexia Tischberger-Aldrian und Sandra Viczek



Erfassung, Satz und Seitenlayout der einzelnen Manuskripte dieses Konferenzbandes lagen in der Verantwortung der jeweiligen Autoren.

Vervielfältigung und Verwendung der Texte und Bilder, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Lehrstuhls für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft der Montanuniversität Leoben gestattet.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden im gesamten Konferenzband alle Namen ohne akademische Grade angegeben.

© Copyright 2022

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft (AVAW)  
Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben, Österreich  
Telefon: +43 (0) 3842 / 402-5101, Telefax: +43 (0) 3842 / 402-5102  
E-Mail: [avaw@unileoben.ac.at](mailto:avaw@unileoben.ac.at), Internet: <https://www.avaw-unileoben.at/>



Gedruckt in Österreich

DGS - Druck u. Graphikservice GmbH  
Hardeggasse 69, 1220 Wien, Österreich  
Oktober 2022



The mark of  
responsible forestry

ISBN: 978-3-200-08675-3

## Der induktive Inline-Ofen für Recycling und Verwertung mineralischer Abfälle und Reststoffe

V. Bartashov<sup>1</sup>, K. Grass<sup>2</sup> & J. Sucker<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> IBE Anlagentechnik GmbH, Geschäftsführer, Wien, Österreich

<sup>2)</sup> IBE Anlagentechnik GmbH, Forschung & Entwicklung, Wien, Österreich <sup>3)</sup> IBE Anlagentechnik GmbH, Projektmanagement, Wien, Österreich

**KURZFASSUNG:** Bei der der Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle entstehen im störungsfreien Betrieb beachtliche 15-25 % Abfälle, bezogen auf die eingesetzten mineralischen Rohstoffe. Mit dem bekannten Stand der Technik kann dieser Anteil nicht weiter reduziert werden. Mit den allseits verwendeten aufwendigen Verfahren der Brikettierung und der Zurückführung von zerkleinerten faserigen Abfällen in den Strom der neu erzeugten Fasern kann nur ein Teil der Produktionsabfälle recycelt werden. Der Rest gelangt auf Deponien. Aufgrund der Anforderungen an die Biolöslichkeit können KMF-Abfälle aus dem Abbruchsektor nicht zu 100% als Einsatzstoff bei der Herstellung von Mineralwolleprodukten verwendet werden und werden praktisch ausnahmslos auf Deponien verbracht. Die immer strengeren gesetzlichen Vorschriften sowie die Vielzahl an nationalen und internationalen Förderprogrammen zeugen von der Dringlichkeit der Aufgabe, jegliche Deponierung von KMF-Abfällen zu vermeiden und diese im Sinne einer Kreislaufwirtschaft zu verwerten. Die IBE Anlagentechnik GmbH hat den induktiv erhitzten Inline-Schmelzofen für mineralische Einsatzstoffe entwickelt, mit dem die abfallfreie Produktion von Mineralwolleprodukten möglich ist. Für die Verwertung von KMF-Abfällen aus dem Abbruchsektor schafft das induktive Schmelzen technologische Voraussetzungen innovative Verwertungsketten ohne Deponierung.

### 1 REGULIERUNG DER KMF-ABFALLSTRÖME

In der EU sind die Strategien für den Umgang mit Abfällen in den Richtlinien 1999/31/EG und 2008/98/EG festgelegt. Neben der Abfallvermeidung als oberste Priorität soll die Abfallpolitik gewährleisten, daß möglichst wenig Abfälle in Deponien verbracht werden und Wiederverwendung und stoffliches Recycling den Vorzug vor der energetischen Verwertung von Abfällen haben. In Österreich besteht für den Umgang mit Abfällen aus künstlichen Mineralfasern (KMF) ein umfangreiches Regelwerk, mit dem die Beeinträchtigung von Mensch und Umwelt begrenzt und die Entwicklung ressourcen- und umweltschonender Technologien durchgesetzt werden soll (Schimek & Sattler 2020).

Im Leitfaden des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus „Künstliche Mineralfaserabfälle – KMF-Abfälle“ von 2019 steht: „Derzeit sind für KMF-Abfälle keine geeigneten Verwertungsverfahren in Österreich bekannt“. Mit der Novellierung der Deponieverordnung 2008 durch die Verordnung 144 vom 1.4.2021 wird die Deponierung von KMF-Abfällen ab dem 01.01.2027 verboten. Zum 31.12.2024 wird geprüft, ob ausreichende Verwertungsmöglichkeiten für KMF-Abfälle etabliert sind. Mit diesen Maßnahmen, mit denen Österreich eine Vorreiterrolle einnimmt, sollen die beteiligten Unternehmen verpflichtet werden, in kurzer Zeit wirtschaftlich vorteilhafte Verwertungsketten von KMF-Abfällen aufzubauen.

### 2 DIE VERWERTUNG VON KMF-ABFÄLLEN – STAND DER TECHNIK

Die KMF-Abfallströme lassen sich aufgrund der Gefährlichkeitseinstufung und des Recyclingpotentials am besten nach ihrer Quelle unterscheiden:

- Produktionsabfälle, die bei der Herstellung von Mineralwolleprodukten entstehen;
- Abfälle, die im Bau- und Abbruchsektor anfallen.

## 2.1 KMF-Produktionsabfälle

Produktionsabfälle bei der Herstellung von Dämmprodukten aus Mineralwolle werden als nichtgefährlich eingestuft und können deshalb ohne besondere Vorkehrungen beim Hersteller in den Materialfluß der Produktion zurückgeführt werden.

Die Produktionsabfälle setzen sich zusammen aus Schlacke, Schmelzperlen, groben Fasern, nassen Fasern, Randabschnitten, Verschnittresten, fehlerhaftem Material, ungebundenen Fasern und Staub aus der Absaugung. Zu nennen ist auch die kleinstückige Fraktion, welche bei der innerbetrieblichen Aufarbeitung und Förderung der mineralischen Einsatzstoffe entsteht. Im störungsfreien Betrieb entspricht der Anteil der genannten Abfälle beachtlichen 15-25 % der eingesetzten Rohstoffe, welcher mit dem bekannten Stand der Technik nicht weiter reduziert werden kann.

Das am weitesten verbreitete Schmelzaggregat bei der Herstellung von Dämmstoffen aus Mineralwolle ist der mit Koks betriebene Kupolofen. Aufgrund der Betriebsweise kann einem solchem Ofen nur in sehr begrenzten Mengen kleinstückiges und faseriges Material aufgegeben werden. Die Standardtechnologie der Brikettierung mit Zement ist teuer, führt zu einer erhöhten SO<sub>2</sub>-Emission, wirkt sich auf die Qualität des Produktes aus und erfordert eine entsprechende Anpassung der Ofenfahrweise. Da sich noch keine alternativen Schmelzverfahren durchgesetzt haben, wird diese Recyclingtechnologie als die beste verfügbare definiert (Scalet et al. 2013). Dem Bericht eines führenden Herstellers ist zu entnehmen, daß für die Produktion von 300.000 t/a Endprodukt 60.000 t/a Abfall in Form von Briketts in die Kupolöfen zurückführt werden (Krijgsman & Marsidi 2019) Dafür werden 90.000 t/a Zement benötigt. Insgesamt machen die Briketts 42 % des Einsatzmaterials der Kupolöfen aus.

Bei dem von der Paroc Group OY AB im Rahmen des EU-Forschungsprojektes LIFE entwickelten PAROC-WIM-Verfahren werden faserige Produktionsabfälle auf -6 mm zerkleinert und unter Zugabe von Sauerstoff mittels Lanzen in die Schmelzzone des Kupolofens eingeblasen (Johansson 2006). Auf diese Weise können zumindest die an der Zentrifuge entstehenden Abfälle recycelt werden.

Ein weiteres standardmäßiges Verfahren ist das Einblasen von zerkleinerten faserigen Abfällen in den Strom der neu erzeugten Fasern. Diese Verfahrensweise hat ihre Grenzen, weil durch sie die Eigenschaften des Dämmstoffproduktes verschlechtert werden.

Auch wenn gelegentlich über abfallfreie Produktion ohne Deponierung von Produktionsabfällen berichtet wird, lassen die auch für die nächsten Jahre gültigen Absichtserklärungen führender Hersteller von Mineralwolle-Produkten (Owens Corning Sustainability Report 2020) darauf schließen, daß es mit dem Stand der Technik entsprechenden Schmelzaggregaten noch nicht möglich ist, die gesamte Menge der Produktionsabfälle in technologisch und wirtschaftlich vorteilhafter Weise in den Stoffstrom der Produktion zurückzuführen und sich von jeglicher Deponierung loszusagen.

## 2.2 KMF-Abfälle aus dem Abbruchsektor

Im Rahmen des Projektes RecyMin hat die Montanuniversität Leoben in Zusammenarbeit mit Industriepartnern die abfallwirtschaftlichen, abfalltechnischen und recyclingtechnischen Zusammenhänge bei der stofflichen Verwertung von Mineralwolleabfällen untersucht (Sattler et al. 2019). Die Verwertungshierarchie der Lösungsansätze stellt sich so dar: Innovative Deponierung, Versatzprodukt für den untertägigen Bergbau, Ersatzrohstoff in der Zementindustrie, Rückführung in die Mineralwolleproduktion.

Aufgrund der Anforderungen an die Biolöslichkeit sind KMF-Abfälle aus dem Abbruchsektor als Einsatzstoff bei der Herstellung von Dämmstoffen nicht geeignet. Das heißt, daß die im Sinne der Kreislaufwirtschaft perfekte Lösung der Rückführung in die Mineralwolleproduktion nicht umsetzbar ist.

Bei Abbruch- und Sanierungsarbeiten gestaltet sich die erforderliche Dokumentation der Nichtgefährlichkeit (Herstellernachweis mit Produktsicherheitsdatenblättern, Rechnungen, Hinweis auf Gütesiegel, chemisch-analytischer Nachweis der Nichtgefährlichkeit) als nicht praktikabel. Deshalb werden solche KMF-Abfälle pauschal als gefährlich eingestuft und unter den entsprechenden Schlüsselnummern für gefährliche Abfälle deponiert. Das Deponieren von KMF-Abfällen ist mit einem hohen Verbrauch an Deponiekapazitäten verbunden und erfordert aufgrund der geringen Dichte (auch nach der Verdichtung in einer Ballenpresse) eine aufwendige Verfahrensweise.

Alle genannten Lösungsansätze erfordern eine Zerkleinerung von als gefährlich eingestuften KMF-Abfällen. Mit der mobilen KMF-Kompakt-Pressen mit integrierter Vermahlungsschnecke und zweistufigem

Filtersystem (Karlsruher Institut für Technologie, 2015) und der von der Porr AG entwickelten Anlagentechnik (Österreich Patentnr. AT 523587 A1 2020) steht die erforderliche Technik zur Verfügung. Versetzt man die zerkleinerten Abfälle mit einem hydraulischen Bindemittel, erhält man ein nichtgefährliches Mischgut, dessen Deponierung weniger aufwendig ist (Österreich Patentnr. AT 523587 A1 2020). Alternativ können die Abfälle unter hohem Druck und unter Zugabe eines Bindemittels zu Briketts mit bis zu 10-fach verringerten Volumen geformt werden (Vollprecht et al. 2019).

Solange Technologien für eine anderweitige stoffliche Verwertung nicht verfügbar sind, bietet sich mit dem Bergversatz eine der Deponierung überlegene Verfahrensweise an (Deutschland Patentnr. DE 102015120721 A1 2015).

Mit der angestrebten Umstellung in der Stahlindustrie vom Hochofenprozeß auf Direktreduzierung wird es zu einem Wegfall des Hüttensandes kommen, der in der Zementindustrie bei der Herstellung bestimmter Zementsorten eingesetzt wird. Als Lösungsansatz bietet sich der Einsatz von KMF-Abfällen als Ersatzrohstoff zur Klinkerherstellung an. Sollten dabei sämtliche Auflagen erfüllt werden können, könnte die Erweiterung der Normen in Angriff genommen werden (Sattler et al. 2020)

### 3 DAS INDUKTIVE SCHMELZEN VON MINERALISCHEN STOFFEN

Bereits in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde vorgeschlagen, mittels eines Induktionsschmelzofens einen kontinuierlichen Strom von geschmolzenen Gläsern, feuerfesten Materialien, Keramiken oder dergleichen zu erzeugen. Alle wichtigen Merkmale eines solchen Ofens wurden bereits 1978 beschrieben (USA Patentnr. US 4174462 1978). In einem Hohlzylinder aus Feuerfest-Material sind runde, mit Bohrungen, Kanälen und Aussparungen versehene Graphitplatten angeordnet, welche mit mehreren aufeinanderfolgenden Induktionsspulen erhitzt werden. Durch die Anzahl und Anordnung dieser jeweils unterschiedlich gestalteten Platten kann die Wärmeabgabe an die Schmelze in den unterschiedlichen Höhenabschnitten und damit auch die Temperatur der Schmelze entlang des Weges von der oberen Aufgabeeöffnung zur unteren Austrittsöffnung gesteuert werden. Außerdem bewirken die Platten eine intensive Durchmischung der Schmelze, die dadurch homogenisiert wird.

Derzeit gibt es praktisch keine industriellen Anwendungen, bei denen elektrisch nichtleitendes Material in einem Inline-Schmelzofen mit Graphitsuszeptor geschmolzen und der kontinuierliche Strom der erzeugten Schmelze einem nachfolgenden Verarbeitungsschritt zugeführt wird. Die größte technische Hürde beim Einsatz des induktiv beheizten Schmelzofens, auch bei der Herstellung von Mineralwolle, ist die Erzeugung eines kontinuierlichen und gleichmäßigen Schmelzstroms, der eine vorgegebene Temperatur und eine homogene Zusammensetzung aufweist. Durch eine Vielzahl von Tests und Entwicklungsschritte wurde im Laufe der vergangenen Jahre der induktiv erhitze IBE-Durchlauf-Schmelzofen entwickelt, dessen Aufbau in (Österreich Patentnr. AT 519235 A4 2017) beschrieben ist (Abb. 1).

Wesentliches Merkmal des Schmelzofens ist der in einem keramischen, feuerfesten Tiegel angeordnete Suszeptor aus Graphit, welcher Bereiche bzw. Kammern mit Bohrungen und Kanälen unterschiedlicher Form bzw. Abmessungen aufweist. Die Kammern und Bohrungen geben einen in der Richtung veränderlichen Pfad von der oberen Aufgabeeöffnung zur unteren Auslauföffnung vor. Mit diesen konstruktiven Merkmalen ist es möglich, einen stetigen Strom der Schmelze mit konstanter Temperatur zu erzeugen.

Um den Tiegel ist wenigstens eine Induktionsspule angeordnet, welche an einen Umrichter angeschlossen ist. Die Steuerung des Leistungseintrags erfolgt über den Umrichter und über die veränderliche Lage der Induktionsspule.

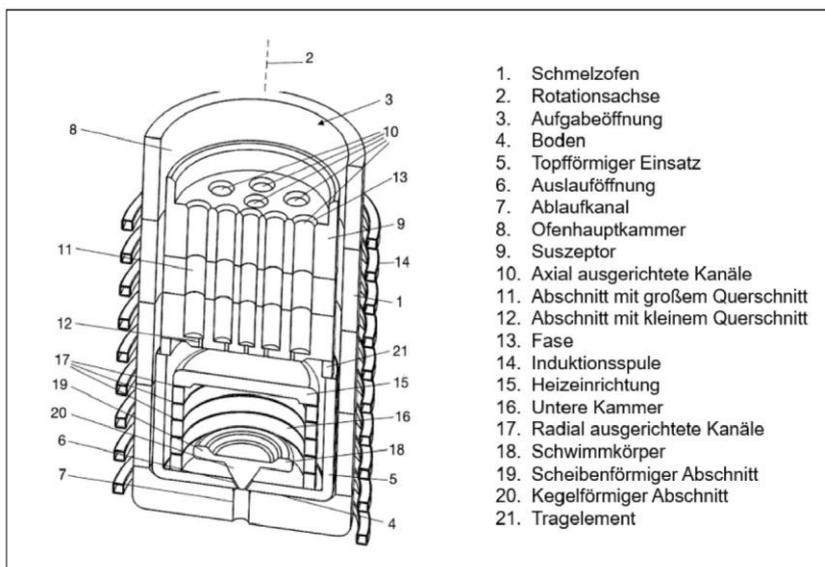


Abb. 1: Konstruktionsprinzip des induktiv erhitzten Inline-Schmelzofens für mineralische Einsatzstoffe

Die Konstruktion des Suszeptors erfordert, daß die Korngröße des Aufgabematerials 12 mm nicht überschreitet.

Da der Suszeptor bei Temperaturen bis zu 2500 °C betrieben werden kann, kann praktisch jedes mineralische Aufgabematerial geschmolzen werden.

Zu den Vorteilen eines induktiv erhitzten Inline-Schmelzofens gehören:

- Ein aufwendiges Abgassystem entfällt.
- Der Einsatz von fossilen Energieträgern entfällt.
- Das Aufgabegut kann aus körnigem und faserigem Material in beliebigen Anteilen bestehen.
- Die austretende Schmelze ist thermisch und chemisch homogen.
- Die Zufuhr der Energie kann exakt dosiert und gesteuert werden.
- Die Wärme wird praktisch ohne Verlust vom Suszeptor an das Schmelzgut übertragen.
- Kein Wärmeverlust durch Wasserkühlung eines Schmelzaggregates mit vielen Tonnen Inhalt. Nur vergleichsweise geringer Wärmeverlust durch Wasserkühlung der Induktionsspule.
- Einfache Bedienung mit wenig Personal und weitgehende Automatisierung des Prozesses.
- Der Austausch des Tiegels und das Anfahren des Ofens benötigen nur etwa 2 Stunden. Durch Abschalten des Umrichters wird der Austritt der Schmelze unverzüglich gestoppt.

Der für die Dämmstoffindustrie konzipierte Inline-Schmelzofen hat einen Durchsatz von 3,4 t/h bei einer Anschlußleistung von 3.000 kW. Der Stromverbrauch liegt bei etwa 800 kWh/t. Die Inbetriebnahme einer Schmelzeinheit mit einem solchen Ofen (Abb. 2), welche an einen Kunden in Usbekistan für die Herstellung von 25.000 t/a Mineralwolle geliefert worden ist, soll in der zweiten Jahreshälfte 2022 abgeschlossen sein.



Abb. 2: Schmelzeinheit mit induktiv erhitzten IBE-Inline-Schmelzofen

In einer Testeinrichtung mit einem 150-kW-Umrichter können wir Ofenkonstruktionen und Suszeptoren für verschiedene Anwendungsfälle testen und anpassen.

#### 4 ABFALLFREIE PRODUKTION VON DÄMMSTOFFEN AUS MINERALWOLLE DURCH RECYCLING IM INDUKTIVEN INLINE-SCHMELZOFEN

Mit der durch die Konstruktion des Graphit-Suszeptors bedingten Anforderung an eine Korngröße des Aufgabematerials unter 12 mm erfüllt der induktiv erhitze Inline-Schmelzofen in bester Weise die Voraussetzungen für eine abfallfreie Produktion. Ausnahmslos alle mineralischen faserigen und körnigen Abfälle können in den Schmelzofen zurückgeführt werden, gegebenenfalls nach einem einfachen Zerkleinerungsschritt mit der bekannten Aufbereitungstechnik.

Im Falle eines Greenfield-Projektes, bei dem die Schmelze ausschließlich im induktiv erhitzten Inline-Schmelzofen erzeugt wird, liegt der Planung ein geschlossener Stoffkreislauf für die KMFAbfälle zugrunde, wie z.B. der in Abb. 3 dargestellte. Der Säge- und Bürstenstaub sowie zerkleinerte Randabfälle werden im Filter 1 gesammelt. Mitgerissene Fasern aus der Fasersammeleinheit werden im Filter 2 aufgefangen. Das mit den beiden Filtern 1 und 2 gesammelte Material gelangt in Filter 3 und wird von dort über eine Förderschnecke in den Schmelzofen zurückgeführt. Die an der Zerfaserungseinheit entstehenden Schmelzperlen können dem Filter 3 zugeführt oder separat gesammelt und den Primärrohstoffen zugesetzt werden. Zum Zwecke der Einsparung von Energie können der Staub und die zerkleinerten Randabschnitte unter Umgehung des Schmelzvorganges in bekannter Weise dem Strom der neu erzeugten Fasern beigemischt werden.

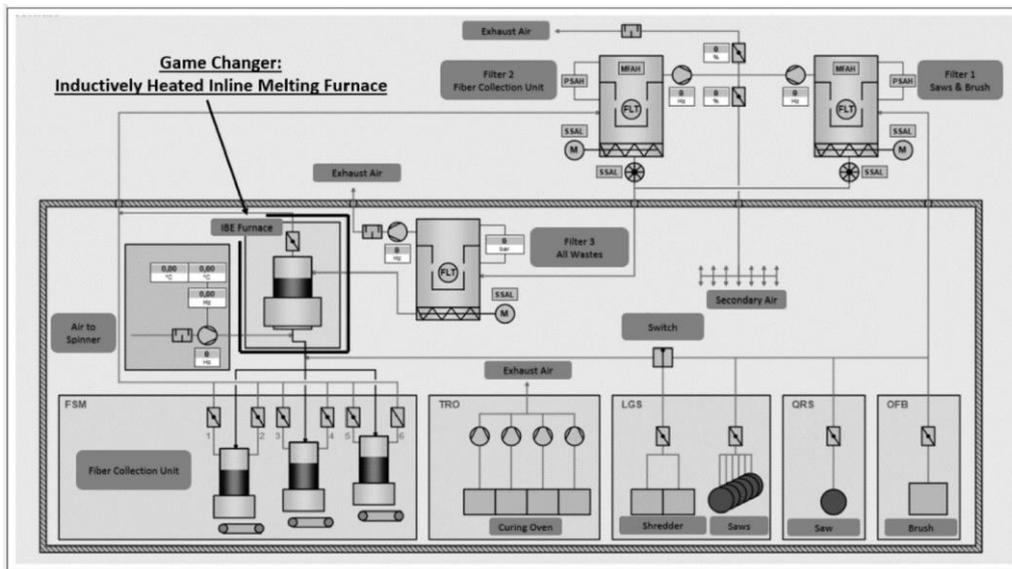


Abb. 3: Stoffkreislauf einer abfallfreien Produktion mit dem IBE-Inline-Schmelzofen

Fügt man einer bestehenden Produktionslinie mit Kupulofen einen Produktionsbereich mit einem induktiv erhitzten Inline-Schmelzofen hinzu, wie in Abb. 4 dargestellt, können alle Produktionsabfälle in technologisch und wirtschaftlich vorteilhafter Weise recycelt werden.

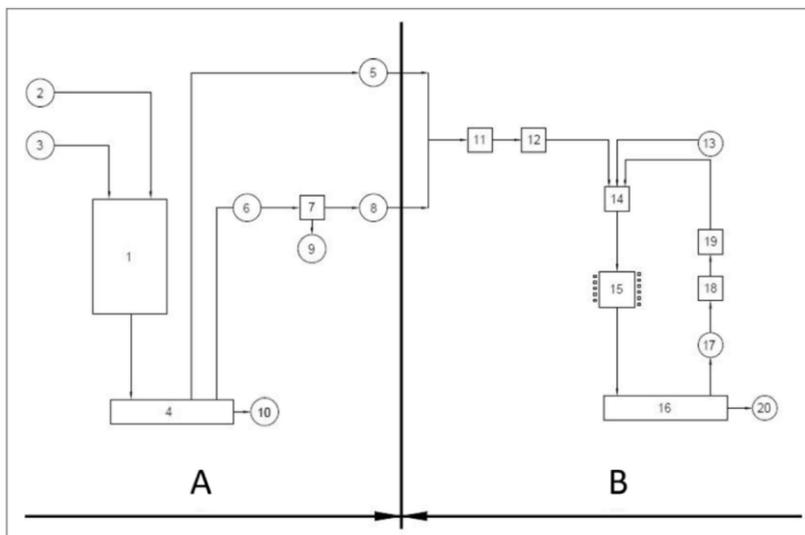


Abb. 4: Stoffkreislauf einer abfallfreien Produktion mit dem IBE-Inline-Schmelzofen

Es bedeuten: A - Bestehender Produktionsbereich mit Kupulofen, B - Zusätzlicher Produktionsbereich mit induktiv beheiztem Inline-Schmelzofen, 1 - Kupulofen, 2 - Mineralische Eisatzstoffe, 3 - Koks, 4 - Bestehende Produktionslinie für Mineralwolleprodukte, 5 - Feste Abfälle, 6 - Nasse Abfälle, 7 - Entwässerungseinheit, 8 - Entwässerte Abfälle, 9 - Abwasser, 10 - Mineralwolleprodukt, 11 - Zerkleinerung auf -12 mm, 12 - Mischsilo, 13 - Mineralische Eisatzstoffe mit Korngröße -12 mm, 14 - Mischsilo, 15 - Induktiv beheizter Inline-Schmelzofen, 16 - Produktionslinie für Mineralwolleprodukte, 17 - Produktionsabfälle, 18 - Zerkleinerung auf -12 mm, 19 - Mischsilo, 20 - Mineralwolleprodukt. Die mit 5,

8 und 17 bezeichneten Positionen umfassen alle KMF-Produktionsabfälle, sowohl die körnigen als auch die faserigen.

Zu den Vorteilen des dargestellten Verfahrens gehören:

- Der gesamte Umfang der KMF-Abfälle kann ohne großen technischen Aufwand und ohne Beeinträchtigung der Produktqualität recycelt werden.
- Die feinkörnige Fraktion, welche beim innerbetrieblichen Umschlag und Transport der mineralischen Einsatzstoffe entsteht, kann recycelt werden.
- Durch zusätzliche Aufgabe von mineralischen Einsatzstoffen in den induktiv erhitzten Schmelzofen ist der Produktionsbereich (B) unabhängig von der anfallenden Abfallmenge.
- Im zusätzlichen Produktionsbereich (B) kann mit einer geringen Investition ein einfaches Mineralwolleprodukt wie z.B. lose Stopfwohle oder genähte Fasermatten hergestellt werden. KMF-Abfälle der eigenen Marke aus dem Bausektor können recycelt werden.

Verwendet man den Produktionsbereich (B) ausschließlich zum Recycling aller Produktionsabfälle, muß der induktiv erhitze Inline-Schmelzofen nur für ein Drittel der Schmelzleistung des Kupolofens ausgelegt sein, in der Annahme, daß der Anteil der Abfälle den Wert von 25 % nicht überschreitet.

Ergänzt man den bestehenden Produktionsbereich (A) um einen Produktionsbereich (B), der einen induktiv beheizten Inline-Schmelzofen mit derselben Schmelzleistung aufweist, so kann man die jährliche Produktion von Dämmstoffprodukten verdoppeln und gleichzeitig alle KMF-Produktionsabfälle recyceln.

## 5 VERWERTUNG VON KMF-ABFÄLLEN AUS DEM ABBRUCHSEKTOR

KMF-Abfälle, welche von führenden Herstellern von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle zur Verfügung gestellt worden sind, wurden geschmolzen und granuliert. Dieselben Versuche wurden mit KMF-Abfällen aus dem Abbruchsektor durchgeführt. Das Granulat stellt ein inertes, glasartiges Produkt bzw. Ausgangsmaterial dar, dessen Volumen etwa 30 Mal geringer ist als das der aufgegebenen Abfälle.

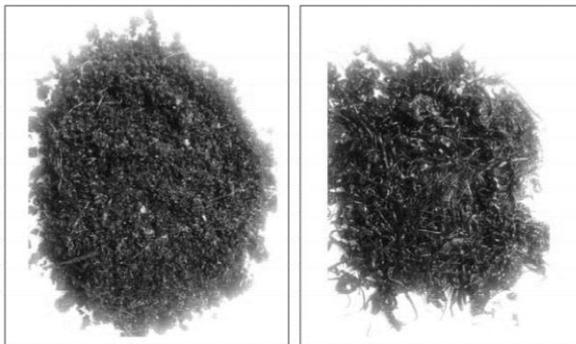


Abb. 5: Naßgranulat und Trockengranulat aus geschmolzenen KMF-Abfällen

Mit dem induktiv erhitzten Inline-Schmelzofen steht somit eine Technik zur Verfügung, mit der KMF-Abfälle, insbesondere die als gefährlich eingestuft, in ein kompaktes, inertes und ungefährliches Ausgangsmaterial für die Verwertung im Sinne der Kreislaufwirtschaft transformiert werden können.

Aufgrund der hohen und weiter steigenden Strompreise besteht die Herausforderung darin, für das Granulat die wirtschaftlich vorteilhaften Anwendungen zu finden. Besonders aussichtsreich erscheint die bereits erwähnte Herstellung eines Hüttensandsubstitutes als Ersatzrohstoff bei der Klinkerherstellung in der Zementindustrie. Eine gemeinsame Entwicklungsarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung ist absehbar.

## 6 SCHLUSSFOLGERUNG BZW. ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Erzeugung der mineralischen Schmelze im Kupolofen müssen die Produktionsabfälle in aufwendiger Weise brikettiert werden. Ein Teil der Abfälle gelangt auf Deponien. KMF-Abfälle aus dem Abbruchsektor können nicht recycelt werden und werden deponiert. Die Verschärfung der gesetzlichen Vorschriften, u.a. das beschlossene Deponierungsverbot in Österreich, befördern die Entwicklung wirtschaftlich vorteilhafter Verwertungsketten. Die IBE Anlagentechnik GmbH hat den induktiv erhitzten Inline-Schmelzofen mit Graphit-Suszeptor entwickelt, mit dem ein Strom aus einer mineralischen Schmelze erzeugt wird. Der Ofen kann körniges und faseriges Material mit einer Korngröße von -12 mm in beliebigen Anteilen schmelzen. Damit sind die technischen Voraussetzungen für eine abfallfreie Produktion von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle geschaffen. In zahlreichen Versuchen wurden KMF-Abfälle aus verschiedenen Quellen geschmolzen und granuliert. Dieses kompakte, inerte, glasartige Granulat ist als Ausgangsstoff für wirtschaftlich vorteilhafte Verwertungsketten im Sinne einer Kreislaufwirtschaft geeignet.

## LITERATUR

- Destra GmbH (2017) Österreich Patent No. AT 519235 A4.
- Gröper, J. (2015) Deutschland Patent No. DE 102015120721 A1.
- Johansson, P. (2006) PAROC-WIM: Recycling waste boosts stone wool melting (Project Number: LIFE02 ENV/FIN/000328). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Karlsruher Institut für Technologie (2015) Sichere Entsorgung für gefährliche Baustoffe. Presseinformation Nr. 044 vom 30.04.2015. Karlsruhe, Deutschland.
- Krijgsman, R. & Marsidi, M. (2019). Decarbonisation Options for the Dutch Stone Wool Industry, Publication Nr. 3722. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Owens Corning Sustainability Report (2020) Retrieved from [www.owenscorning.com](http://www.owenscorning.com)
- Pierce, M. (1978) USA Patent No. US 4174462.
- Porr Umwelttechnik GmbH (2020) Österreich Patent No. AT 523587 A1.
- Sattler, T., Galler, R., Vollprecht, D. (2019) Entwicklung innovativer Recyclingverfahren für Mineralwolleabfälle - Project RecyMin. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, pp. 552-556.
- Sattler, T., Vollprecht, D., Pomberger, R. (2020) Stoffliche Verwertung von Mineralwolleabfällen in der Zement- und Mineralwolleindustrie. In Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 7. Neuruppin, Deutschland.
- Scalet, B., Garcia Muñoz, M., Sissa, A., Roudier, S., Delgado Sanchez, L. (2013) Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Schimek, J. & Sattler, T. (2020) Aufbereitung von künstlichen Mineralfasern als Grundlage für die weitere Verwendung. In Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 7 (pp. 328-340). Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH.
- Vollprecht, D., Sattler, T., Doschek-Held, K., Galler, R., Schimek, J., Kasper, T., Pomberger, R. (2019) Innovative Deponierung sowie Recycling von Mineralwolleabfällen im Bergversatz, in der Zement- und in der Mineralwolleindustrie. In Mineralische Nebenprodukte und Abfälle (pp. 480-492). Neuruppin: ThoméKozmiensky Verlag GmbH.