

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 140/2021  
(22) Anmeldetag: 16.08.2021  
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2022

(51) Int. Cl.: **C03B 5/02** (2006.01)  
**C03B 3/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
AT 519235 A4  
AT 519230 A4  
AT 516735 A4  
AT 521245 A4  
CH 680656 A5  
EP 0530843 A1  
EP 0754652 A1  
EP 0547576 A2  
WO 9318868 A1  
WO 2019094536 A1  
US 4174462 A  
CN 106892550 A  
CN 206705948 U

(71) Patentanmelder:  
IBE Anlagentechnik GmbH  
1190 Wien (AT)

(74) Vertreter:  
Häupl & Ellmeyer KG, Patentanwaltskanzlei  
1070 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur abfallfreien Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle**

(57) Verfahren zur abfallfreien Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle, bei dem in einem Produktionsbereich (A) in mehreren Verarbeitungsschritten (7) - (14) ein Dämmstoffprodukt (30) hergestellt wird und die festen und faserigen Produktionsabfälle (19) - (29), welche beim Lagern und Transport der mineralischen Einsatzstoffe (2) und nach dem Austreten der Schmelze aus einem Kupolofen oder einem Lichtbogenofen oder einem gasbefeuerten Ofen (1) entstehen, gesammelt, zerkleinert und in einem Produktionsbereich (B) einem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben werden, die abgezogene Schmelze (39) mit den bekannten Verarbeitungsschritten (40) zu einem Dämmstoffprodukt (44) verarbeitet wird, wobei die im Produktionsbereich (B) in den Verarbeitungsschritten (40) anfallenden festen und faserigen Produktionsabfälle (41) dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) als Bestandteil des Aufgabematerials aufgegeben werden. Dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) können zusätzlich mineralische Einsatzstoffe (35) aufgegeben werden, wie zum Beispiel Basalt, Dolomit sowie Mineralwolle-Abfälle, welche ihren Ursprung in keinem der beiden Produktionsbereiche (A) und (B) haben.

Produktionsanlage mit mehreren Schmelzöfen zur Durchführung des Verfahrens, welche wenigstens einen induktiv beheizten, insbesondere ausschließlich induktiv beheizten Schmelzofen einschließt, mit dem aus festem und faserigen mineralischem Aufgabematerial mit einer Korn- bzw. Ballengröße kleiner 12 mm ein zur Zerfaserung gelangender kontinuierlicher Schmelzstrahl erzeugt wird.

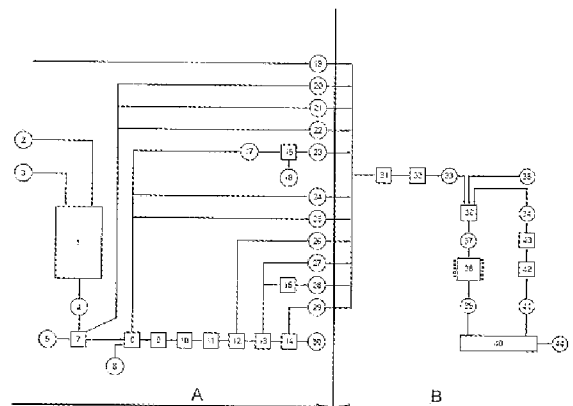


Fig.1

## Zusammenfassung

Verfahren zur abfallfreien Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle, bei dem in einem Produktionsbereich (A) in mehreren Verarbeitungsschritten (7) – (14) ein Dämmstoffprodukt (30) hergestellt wird und die festen und faserigen Produktionsabfälle (19) – (29), welche beim Lagern und Transport der mineralischen Einsatzstoffe (2) und nach dem Austreten der Schmelze aus einem Kupolofen oder einem Lichtbogenofen oder einem gasbefeueren Ofen (1) entstehen, gesammelt, zerkleinert und in einem Produktionsbereich (B) einem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben werden, die abgezogene Schmelze (39) mit den bekannten Verarbeitungsschritten (40) zu einem Dämmstoffprodukt (44) verarbeitet wird, wobei die im Produktionsbereich (B) in den Verarbeitungsschritten (40) anfallenden festen und faserigen Produktionsabfälle (41) dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) als Bestandteil des Aufgabematerials aufgegeben werden. Dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) können zusätzlich mineralische Einsatzstoffe (35) aufgegeben werden, wie zum Beispiel Basalt, Dolomit sowie Mineralwolle-Abfälle, welche ihren Ursprung in keinem der beiden Produktionsbereiche (A) und (B) haben.

Produktionsanlage mit mehreren Schmelzöfen zur Durchführung des Verfahrens, welche wenigstens einen induktiv beheizten, insbesondere ausschließlich induktiv beheizten Schmelzofen einschließt, mit dem aus festem und faserigen mineralischem Aufgabematerial mit einer Korn- bzw. Ballengröße kleiner 12 mm ein zur Zerfaserung gelangender kontinuierlicher Schmelzstrahl erzeugt wird.

# Verfahren und Produktionsanlage zur abfallfreien Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein wirtschaftlich vorteilhaftes, umwelt- und ressourcenschonendes Verfahren zur Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle, bei dem in einem Produktionsbereich die Schmelze in einem Kupolofen, in einem Lichtbogenofen oder in einem gasbefeuerteren Ofen erzeugt, zerkleinert und zu einem Mineralwollprodukt verarbeitet wird. Durch Ergänzung eines Produktionsbereiches, in dem die festen und faserigen Produktionsabfälle beider Produktionsbereiche in einem induktiv beheizten Schmelzofen geschmolzen und zu einem Mineralwollprodukt verarbeitet werden, entsteht eine abfallfreie Produktion. Die Brikettierung oder Deponierung der Abfälle entfällt. Es ist nicht nötig, Abfälle in qualitätsmindernder Weise den bereits erzeugten Fasern zuzugeben. Beide Produktionsbereiche verfügen in vorteilhafter Weise über eine zusammenhängende Produktionsplanung und -steuerung und eine gemeinsame Infrastruktur, inbegriffen, aber nicht ausschließlich, die Strom- und Medienversorgung, die Automation, die Logistik, die Rohstoffaufbereitung, die Aufbereitung von Produktionsabfällen, die Bindemittelaufbereitung, die Verpackung, die Kommissionierung, die Wartungs- und Reparatereinrichtungen. Eine Produktionsanlage mit mehreren Schmelzöfen zur Durchführung des Verfahrens schließt wenigstens einen induktiv beheizten Schmelzofen ein, mit dem aus festem und faserigen mineralischem Aufgabematerial mit einer Korn- bzw. Ballengröße kleiner 12 mm ein zur Zerkleinerung gelangender kontinuierlicher Schmelzstrahl erzeugt wird.

## Stand der Technik

Bei der Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle werden Rohstoffe aus gebrochenen Ergußsteinen wie Basalt oder Diabas und geringen Mengen an Kalkstein, Dolomit und Magnesit als Ergänzungsstoffe aufgeschmolzen und einer Zerkleinerungseinrichtung zugeführt, welche Mineralwollefasern erzeugt. Die Zerkleinerung erfolgt in den meisten Fällen mittels Zentrifugen. Eine Zentrifuge weist drei oder vier kaskadenförmig angeordnete angetriebene Räder auf. Entlang des Umfanges der Räder befinden sich im Gehäuse Schlitze, durch die Luft mit großem Druck geblasen wird. Die aus dem Ofen austretende Schmelze wird auf das obere Schleuderrad gerichtet. Durch die Fliehkraft wird ein Teil des Materials in Fasern umgeformt und durch den Luftstrom weggetragen. Der verbleibende, nichtumgeformte Teil, wird auf das nächste Rad weitergegeben, wo sich der Vorgang wiederholt. Die

schweren Schmelzperlen, groben Fasern und Fasergebilde, die vom Luftstrom nicht mitgerissen werden und 10 – 20 % der eingesetzten Schmelze ausmachen, sammeln sich unterhalb der Zentrifuge an.

Beim Düsenblasverfahren erfolgt die Zerfaserung in einer Blasendüse unter Einwirkung eines eingeblasenen Luftstroms. Auch dabei entstehen die genannten Abfälle in vergleichbarer Größenordnung.

In den Luft-Faser-Strom, der von der Zerfaserungsvorrichtung kommt, spätestens am Fasersammelorgan, wird das Bindemittel gesprüht. Ein Teil dieses Bindemittels wird von den Fasern gefangen, ein weiterer Teil wird mit der Abluft ausgetragen, und ein gewisser Rest lagert sich auf den Wänden der Anlage ab und muß in regelmäßigen Abständen entfernt und entsorgt werden.

Der Luftstrom mit den Fasern und dem Bindemittel wird auf ein gasdurchlässiges Fasersammelorgan in Form einer perforierten Trommel oder eines perforierten Endlosbandes gerichtet. Das sich auf dem Fasersammelorgan aufbauende bindemittelgetränkte Primärvlies verliert mit zunehmender Dicke die Luftdurchlässigkeit und muß daher mit nur wenigen Zentimetern Dicke vom Fasersammelorgan wegtransportiert werden. Die mit der Abluft des Fasersammelorgans mitgerissenen bindemittelgetränkten Fasern werden in einem Wäscher abgeschieden.

Mit Hilfe einer Pendelablagevorrichtung werden mehrere Lagen des Primärvlieses aufeinandergelegt, wodurch das Sekundärvlies mit der erforderlichen Dicke entsteht. In einem Rollenverdichter wird dieses Sekundärvlies verdichtet und auf die Enddicke komprimiert. Dem Rollenverdichter schließt sich der Aushärteofen an, in dem die Aushärtung des Bindemittels erfolgt.

In vielen Produktionsanlagen wird entsprechend der Produktpalette ein Teil der Dämmstoffprodukte mit Aluminiumfolie kaschiert. Die Kaschierung des ausgehärteten Stranges erfolgt in einer Kaschiermaschine, welche dem Aushärteofen folgt.

Anschließend werden die Ränder des Stranges besäumt, und es erfolgt das Zusägen auf die erforderlichen Abmessungen. Dabei fallen große Mengen an Zuschnitt und Staub an.

Zusammenfassend können folgende Abfälle bei der Herstellung von Dämmprodukten aus Mineralfasern benannt werden: Schlacke, Schmelzperlen, grobe Fasern, nasse Fasern, Randabschnitte von Dämmstoffplatten, Verschnittreste, fehlerhaftes Material, ungebundene Fasern und Staub aus der Absaugung, Aluminiumfolie von der Kaschierung sowie abge bundenes Bindemittel. 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.

Abgesehen vom Verlust der eingesetzten Rohstoffe ist es sehr problematisch, die Abfälle in Form von losen Fasern, Abschnitten von Dämmplatten und abgehärtetem Bindemittel zu entsorgen. Einerseits erschweren die gesetzlichen Vorschriften zunehmend die Verbringung dieser Abfälle auf Deponien, andererseits werden immer höhere Preise für die Deponierung verlangt. Zu diesen Preisen addieren sich die Kosten für die Brikettierung dieser Abfälle mit großem Volumen und geringer Dichte, welche erforderlich ist, um die Stabilität des Deponiekörpers nicht zu gefährden.

Da die Ersparnisse, die durch den Wegfall der Entsorgungskosten und die Bilanz der Einsatzstoffe erzielt werden, den Aufwand der der Kreislaufführung im Werk mehr als aufwiegen, sind Hersteller von mineralischen Dämmstoffprodukten bestrebt, die Produktionsabfälle im Rahmen der eigenen Produktion so weit wie möglich zu recyceln.

Im einfachsten Fall kann der faserige Abfall, gegebenenfalls nach einer Zerkleinerung, während bzw. unmittelbar nach der Zerfaserung zu den neu erzeugten Fasern eingeblasen werden.

Das US-Patent 5232638 beschreibt eine für die Zerfaserung verwendete Zentrifuge, bei der in die Antriebswelle zumindest eines Schleuderrades eine durchgehende Rohrleitung eingebracht ist, deren Auslaß innerhalb des Schleuderrades angeordnet ist. Durch diesen Auslaß wird ein Gemisch aus Wasser, zermahlene Fasern, Bindemittel und fallweise Ton in den Raum gesprüht, in dem die Fasern gebildet und mit dem Bindemittel benetzt werden. Der Anteil der zermahlene Fasern am Gemisch beträgt ca. 50 %, und ca. 50 % der zermahlene Fasern sollen nicht länger sein als 0,5 mm. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass derart kurze Fasern die schädlichen Eigenschaften von Staub in der Fasermatrix aufweisen: sie erhöhen die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffproduktes und verringern seine Festigkeit bei vergleichbarer Menge des eingesetzten Bindemittels. Verständlicherweise fehlen deshalb Angaben zum Anteil der zermahlene Fasern am Endprodukt.

Das US-Patent 5123949 und die EP 0530843 A1 schlagen vor, den Abfall in den Luftstrom mit den Primärfasern einzublasen, der auf das luftdurchlässige Fasersammelorgan gerichtet ist. Der maximal mögliche Anteil des Abfalls wird mit 40 % beziffert, wobei der Bedarf bis zu 70 % erreichen kann. Das

heißt, mit diesem Verfahren kann nur ein gewisser Teil des Abfalls verwertet werden, weil ansonsten die Qualität des Endproduktes zu stark beeinträchtigt wird.

Eine weitere Ausgestaltung dieses Verfahrens sieht gemäß EP 2574693 A1 vor, dass den zerkleinerten faserigen Abfällen Aerogel beigemischt wird.

Die EP 3323924 A1 schlägt vor, die zermahlene Abfälle mit flüssigem organischem Bindemittel zu vermischen und durch Formgebung und Kompression zwei Stränge mit vorgegebener Dicke und Dichte zu erzeugen. In einem weiteren Verfahrensschritt wird die Ober- und der Unterseite des bindemittelgetränkten Sekundärvlieses mit jeweils einem dieser Stränge verbunden. Anschließend erfolgt die Aushärtung im Durchlaufofen. Neben der Verwertung des Abfalls können Dämmstoffplatten mit einstellbaren mechanischen Eigenschaften erzeugt werden.

Der Umfang, in dem die Produktionsabfälle über das Schmelzaggregat in den Materialfluß der Produktion zurückgeführt werden können, wird beim derzeitigen Stand der Technik auch durch die Funktionsweise des Schmelzaggregates begrenzt.

Das am meisten verbreitete Schmelzaggregat für die Herstellung von Mineralwolle ist der Kupolofen. Der Kupolofen ist ein Schachtofen, der von oben mit Koks als Brennstoff, dem mineralischen Ausgangsmaterial und den Zuschlagstoffen befüllt wird. Im unteren Teil des Ofens wird vorgeheizte Verbrennungsluft eingeblasen. Durch Einbringen von reinem Sauerstoff oder mit Sauerstoff angereicherter Luft kann die Temperatur im Kupolofen erhöht werden. Die entstehende Mineralschmelze sammelt sich am Boden des Ofens und wird durch einen Siphon abgezogen. Durch eine separate Öffnung wird das flüssige Eisen abgelassen, welches durch die Reduktion des im Basalt enthaltenen Eisenoxids entsteht. Eine ähnliche Konstruktion weisen gasbefeuerte Öfen auf, bei denen Erdgas oder auch Mineralöl als Energieträger eingesetzt werden.

Die Abgase des Kupolofens müssen einer CO-Nachverbrennung zugeführt werden. Mit Filtern erfolgt die Abscheidung der mitgerissenen Staubpartikel.

Es ist bekannt, dass feinkörniges und faseriges Material im Kupolofen den prozeßrelevanten vertikalen Gasstrom behindert und letztendlich den Schmelzprozeß durch Verstopfung zum Erliegen bringt. Aufgrund seiner geringen Dichte und seines großen Strömungswiderstandes würde zudem das faserige Material mit den abgesaugten Gasen mitgerissen und die Filter zusetzen. Deshalb ist es sehr problematisch, sowohl die feinkörnigen festen als auch die faserigen Abfälle zu verwerten, indem sie zusammen mit dem stückigen mineralischen Material in den Kupolofen aufgegeben werden.

Gemäß der US 2008/0256981 A1 können in einen Kupolofen 5-20 % der mineralischen Einsatzstoffe in Form von Scherben aufgegeben werden, welche zuvor durch das Schmelzen der Abfälle in einem separaten Ofen erzeugt worden sind. Diese Menge ist immer noch zu gering, um die gesamte Menge von Produktionsabfällen in das Materialfluß der Produktion zurückzuführen.

Stand der Technik ist es, die Produktionsabfälle aus Mineralwolle mit Zement und Wasser zu vermischen, daraus größere Formsteine (auch Briketts und Pellets genannt) herzustellen und diese nach einer Aushärtezeit von wenigstens 48 Stunden in den Kupolofen aufzugeben.

Dem Bericht „Decarbonisation Options for the Dutch Stone Wool Industry“ (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Publication Number 3722, 12. Dezember 2019), ist zu entnehmen, dass einer der größten Hersteller von Dämmprodukten aus Mineralwolle, Rockwool NL B.V., für die Produktion von 300.000 t/a Endprodukt 150.000 t/a Abfall in Form von Formsteinen in die Kupolöfen zurückführt. Dafür werden 90.000 t/a Zement benötigt. Insgesamt machen die Formsteine 42% des Einsatzmaterials der Kupolöfen aus.

Offensichtliche Nachteile dieses Verfahrens sind der große technische Aufwand und die hohen zusätzlichen Kosten für den Zement. Trotz der Zugabe von Zement ist die Festigkeit der Formsteine geringer als die des mineralischen Rohstoffs, insbesondere bei Temperaturen ab 400 - 500 °C. Dazu trägt auch die im Bindemittel enthaltende wasserabweisende (hydrophobe) Komponente bei, welche die Wirkung des Zements deutlich verringert. Deshalb erfordert der Einsatz von Formsteinen einen größeren Aufwand bei der Steuerung des Ofens, um dessen Verstopfung zu verhindern.

Im Rahmen des beschränkten Potentials der Brikettierung zielen die Entwicklungen im Wesentlichen auf die zusätzlich zum Zement verwendeten Stoffe, durch die in vorteilhafter Weise die Festigkeit der Formsteine erhöht und der Anteil des vergleichsweise teuren Zementes verringert werden kann. Beispielhaft seien genannt: WO 92/04289 (Zugabe von Hochofenschlacke und eines alkalischen Additivs in Form von Kalziumoxid oder Kalziumhydroxid), WO 97/22563 (Zugabe von Tonerde), WO 2005/073139 A2 (Zugabe von gebrauchten Strahlmitteln), WO 2006/015647 A1 (Zugabe von getrocknetem Klärschlamm), US 2014/0159272 A1 (Zugabe von Tonziegelbruch), DE 102015120721 A1 (Zugabe von Tensiden und organischen Plastifizierern).

Ein mit PAROC-WIM bezeichnetes Verfahren zur Verwertung von Produktionsabfällen wurde von der Paroc Group OY AB entwickelt (LIFE02 ENV/FIN/000328). Es besteht darin, die Produktionsabfälle auf eine Korngröße kleiner 10 mm zu zerkleinern und über die Sauerstoffanlagen in den Kupolofen einzublasen. Auf einer Pilotanlage wurde nachgewiesen, dass zumindest der an der Zerfaserungseinheit entstehende

Abfall, d.h. ein vergleichsweise grobkörniges Material, auf diese Weise zur Gänze zurückgeführt werden kann. Es wurde weiterhin nachgewiesen, dass bis zu 10 % des Einsatzmaterials, bezogen auf die Masse des Endproduktes aus Mineralwolle, aus eingeblasenem zerkleinerten Produktionsabfall bestehen kann. Neben der Einsparung von Koks in der Größenordnung von 7 % wird als Vorteil dieses Verfahrens die Reduzierung der Emissionen von SO<sub>2</sub> genannt, welche umso mehr ins Gewicht fällt angesichts der um ca. 50 % erhöhten Werte bei der Zugabe des Abfalls in Form von Formsteinen.

In einem Lichtbogenofen kann es zu konstruktionsbedingt zu keiner Verstopfung kommen. Allerdings ist auch dieser Ofentyp mit einer Absaugung ausgestattet, so dass faseriges Material die Filter schnell zusetzen würde. Trotz der Möglichkeit, zumindest feinkörniges Material zurückführen zu können, hat dieses Verfahren zur Erzeugung der Schmelze keine große Verbreitung gefunden bei der Herstellung von Mineralwolle.

In einem Zyklonofen wird das Aufgabegut intensiv mit Erdgas oder pulverförmigen Brennstoffen und der Verbrennungsluft vermischt, damit die Verbrennungswärme möglichst vollständig für den Schmelzvorgang genutzt wird. Die WO 2008/086990 A1 bestätigt, dass eine kostspielige Anreicherung der Brennluft mit Sauerstoff erforderlich ist, um die für das Aufschmelzen von Basalt erforderlichen hohen Temperaturen zu erzeugen. Zusätzlich muß die Konstruktion so ausgelegt sein und der Ofen so gefahren werden, dass das Aufgabematerial möglichst schnell schmilzt, um nicht mit dem Abgasstrom mitgerissen zu werden. Dennoch wird im Vergleich zum Kupolofen mit dem Abgasstrom deutlich mehr Wärme abgeführt, und es werden deutlich mehr Partikel ausgetragen. Deshalb muß dieser Ofentyp mit einer aufwendigen Wärmerückgewinnung, vergleichsweise großen Filtern und einer Vorrichtung zur Rückführung des Filtergutes in den Ofen ausgestattet sein. Diese Nachteile überwiegen den Vorteil der Aufgabe von feinkörnigem Aufgabematerial, und deshalb ist dieser Ofentyp bei der Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle kaum anzutreffen.

Die WO 2013/083464 A1 schlägt einen Zyklon-Schmelzofen mit drei zusätzlichen Zyklonen für die Abgasbehandlung vor, welcher neben den Produktionsabfällen auch Flugasche aus externen Quellen einschmelzen kann. Ein Nachteil dieses Ofens besteht darin, dass die drei zusätzlichen Zyklone und die dazugehörigen Rohrleitungen mit feuerfestem Material ausgekleidet sein müssen. Der realistische Anteil von Abfall aus Mineralwolle am Aufgabegut wird mit 20 % angegeben, was gemäß den bereits dargelegten Sachverhalten zu wenig ist, um eine abfallfreie Produktion zu ermöglichen.

In EP 0389314 A1, WO 2006/018582 A1 und US 2008/0256981 A1 wird vorgeschlagen, in einen ausgemauerten Ofen über Bodendüsen reinen Sauerstoff oder sauerstoffangereicherte Luft, deren Sauerstoffgehalt mindestens 40 Vol.-% beträgt, einzuführen, um Produktionsabfälle in eine Schmelze zu

überführen. Die erforderliche Wärme wird durch die Verbrennung des im Abfall enthaltenen organischen Bindemittels und durch Verbrennung von zugeführtem gasförmigem Brennstoff bereitgestellt. Nachteil eines solchen Ofens sind die hohen Kosten für reinen Sauerstoff, der in überstöchiometrischer Menge eingesetzt werden muß. Außerdem wird keine vorteilhafte Lösung dafür beschrieben, wie der Austrag von Fasern aus dem Ofen mit den Abgasen verhindert wird.

Es ist bekannt, dass mineralisches Material in einem Induktionsofen erwärmt und aufgeschmolzen werden kann, wenn der Tiegel, in dem sich das Schmelzgut befindet, aus elektrisch leitfähigem Material besteht.

In einem als Durchlaufofen ausgestalteten Induktionsofen ist es möglich, das Aufgabematerial sehr schnell, d.h. innerhalb weniger Minuten, zu erwärmen und zu verflüssigen. In diesem Fall dampfen die flüchtigen Komponenten, im speziellen auch die Schwermetalle, praktisch nicht aus. Dies ist ein wesentlicher Vorteil des Induktionsofens bei der Inertisierung von schwermetallhaltigen Filterstäuben durch Verglasung. In den herkömmlichen Wannen von großen Glasöfen betragen die Verweilzeiten mehrere Stunden. Die zwangsläufig ausdampfenden Schwermetalle müssen in einer zusätzlichen Stufe aus den Abgasen herausgefiltert und einer Entsorgung oder Verwertung zugeführt werden.

Die WO 93/18868 beschreibt ein Verfahren zur inertisierung durch Verglasung, bei dem das Schmelzen in einem induktiv erwärmten Wannenofen erfolgt. Aufgrund der langen Verweildauer des Schmelzgutes im Ofen ist die Rückführung der schwermetallhaltigen Stäube ein anlagentechnisch aufwendiger Bestandteil dieses Verfahrens.

Die CH 680656 A5 zeigt beispielhaft, wie die induktive Erwärmung in vorteilhafter Weise bei der Inertisierung durch Verglasung eingesetzt werden kann, indem das Schmelzgut innerhalb kürzester Zeit im induktiv erhitzten Durchlaufofen verflüssigt und nach dem Austritt aus dem Ofen in einer Kühl- oder Abschreckvorrichtung sehr rasch verfestigt wird. Dementsprechend weist der Tiegel aus elektrisch leitendem Material eine sehr einfache, nicht näher spezifizierte Form auf. Um den Eintrag von Energie zu erhöhen, ist eine zusätzliche elektrische direkte oder indirekte Widerstandsheizung und in weiterer Ausführung eine zusätzliche Gas- oder Ölheizung vorgesehen.

In der Patentschrift WO 2019/094536 A1 wird ein Schmelzofen zur Erzeugung einer Schmelze für die Herstellung von Mineralwolle beschrieben, welcher Mineralwolle-Abfälle und Schmelzperlen verarbeiten kann. Der Schmelzofen wird mit Plasma, Erdgas oder elektrischem Strom geheizt. Zusätzliche Energie kann durch eine Induktionsspule zugeführt werden, indem flüssiges Metall, welches in einer Wanne, die den unteren Teil des Ofens bildet, erhitzt wird. Ein kontinuierlicher Schmelzbetrieb eines solchen Ofens mit ausschließlich induktiver Erwärmung ist nicht möglich, weil der Wärmestrom von der Metallschmelze zur

Glasschmelze und insbesondere von der Glasschmelze zum Einsatzmaterial zu gering ist. Ein geeignetes Verfahren, den Wärmeübergang von der Mineralschmelze zum darauf schwimmenden faserigen Einsatzmaterial auf das für eine Produktion von Mineralwolle erforderliche Maß zu erhöhen, ist nicht vorstellbar.

Die CN 106892550 A beschreibt einen Induktionsofen zur Erzeugung einer Schmelze für die anschließende Zerkleinerung, bei dem die Erwärmung des mineralischen Einsatzmaterials in einem metallischen Zylinder erfolgt, welcher von einem keramischen Tiegel umhaust ist. Die beiden Auslässe für das reduzierte Eisen und die mineralische Schmelze sind seitlich angeordnet. Die erforderliche Dimensionierung dieser Auslässe unter Berücksichtigung der großen Strahlungswärme führt dazu, dass die Windung der Induktionsspule nur ungleichmäßig über die Höhe des metallischen Zylinders verteilt werden kann. Zudem ist eine Regulierung des Energieeintrags durch Höhenverstellung der Induktionsspule nicht möglich. Nicht zuletzt sind die seitlichen Auslässe ein Hindernis beim Austausch des keramischen Tiegels.

Für eine störungsfreie Arbeit der Zerkleinerungseinheit und eine möglichst geringe Verunreinigung des Mineralwolleproduktes mit Schmelzperlen ist es wichtig, dass der Schmelzofen eine hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung, der Viskosität und des Kristallisationsverhaltens eine homogene Schmelze bereitstellt. Dafür ist es erforderlich, die Schmelze im Ofen für eine gewisse Dauer auf eine Temperatur von ca. 1700 - 1750 °C zu erhitzen, bei der die hochschmelzenden Phasen mit Sicherheit verflüssigt werden. Nach Durchmischung und Homogenisierung des komplett aufgeschmolzenen mineralischen Einsatzmaterials ist es vorteilhaft, die Temperatur der Schmelze auf Temperaturen im Bereich 1420 – 1480 °C abzusenken, bei der die Ausbeute von an der Zerkleinerungseinheit entstehenden Fasern am höchsten, der Anteil an langen Fasern am größten und der Anteil von Abfall in Form von Schlacke und Schmelzperlen am geringsten ist.

Während im Lichtbogenofen eine solche gezielte Temperaturführung aufgrund der Bauweise nicht möglich ist, sind im Kupolofen Temperaturen von über 1600 °C auch mit Einblasen von Heißwind oder reinem Sauerstoff nicht zu erreichen.

In der US 4174462 A wird aufgezeigt, wie in einem induktiv erhitzten Ofen gezielt ein Temperaturprofil der mineralischen Schmelze entlang des Pfades von der oberen Aufgabeeöffnung zur unteren Auslaßöffnung eingestellt werden kann. In einem mit mehreren aufeinanderfolgenden Induktionsspulen erhitzten Hohlzylinder aus Graphit sind runde Graphitplatten angeordnet, welche mit Bohrungen, Kanälen und Aussparungen versehen sind. Durch die Anzahl und Anordnung dieser Platten, von denen jede eine eigene Ausgestaltung mit den Bohrungen, Kanälen und Aussparungen aufweist, kann die Verweildauer des aufgeschmolzenen Materials auf verschiedenen Höhenabschnitten gesteuert werden und damit auch

die Temperatur der Schmelze. Außerdem bewirken die Platten die Durchmischung der Schmelze, wodurch deren Homogenität erzielt wird.

In der AT 516735 B1 wird ein induktiv beheizter Ofen für die Erzeugung einer Schmelze bei der Herstellung von Mineralwollefasern beschrieben, der aus zwei unabhängig voneinander beheizbaren Kammern besteht, welche durch mindestens einen Kanal miteinander verbunden sind. Der aus mechanisch bearbeiteten Teilen bestehende Graphit-Suszeptor gibt der Schmelze einen nichtgeradlinigen Pfad vor, womit der zeitliche Verlauf der Temperatur der Schmelze im Ofen beeinflusst werden kann.

Durch eine weitere Ausgestaltung des Suszeptors kann die durch reduzierende Reaktionen entstehende Eisenschmelze durch eine separate Auslaßöffnung am Boden des Ofens abtransportiert werden, wie in AT 519230 B1 beschrieben.

Eine weitere Entwicklung besteht gemäß AT 519235 A4 darin, dass der induktiv erwärmte Suszeptor zumindest zwei Kanäle aufweist, welche die obere Aufgabeeöffnung und die untere Auslaßöffnung verbinden. Die entstehende Schmelze fließt durch mehrere vertikale Kanäle, welche am unteren Ende eine Querschnittsverengung aufweisen. In diesem Bereich erwärmt sich die Schmelze bis auf ca. 1500 °C. Im anschließenden Bereich, in denen horizontale Strukturen des Suszeptors eine radiale Bewegung der Schmelze erzwingen, wird diese auf Temperaturen zwischen 1700 und 1750 °C erhitzt, wodurch auch die schwerschmelzenden Bestandteile des Einsatzmaterials verflüssigt und mit dem Rest der Schmelze vermischt werden, wodurch eine homogene Phase entsteht. Anschließend sammelt sich die Schmelze in einer von den horizontalen Strukturen des Suszeptors umgebenen Kammer, wo sie auf Temperaturen von 1420 – 1480 °C abkühlen kann, welche optimal für die Zerfaserung der Schmelze nach dem Austritt aus dem Ofen sind.

Wird der vorzugsweise aus Graphit bestehende Suszeptor auf der der Ofenwand zugewandten Seite mit vertikalen Schlitzfenstern versehen, wie in AT 521245 A4 beschrieben, kann der Bereich der induktiven Erwärmung nach innen, in einen von der Ofenwand umgebenen Induktor weiter entfernten Bereich verlagert werden, mit dem das zu schmelzende Gut in Berührung steht. Mit der Anordnung und Abmessung der Schlitzfenster kann der Energieeintrag über die Höhe des Ofens in der gewünschten Weise beeinflusst werden.

Es ist offensichtlich, dass einem induktiv beheiztem Durchlaufofen mit Suszeptor, welcher mit Kanälen versehen ist, mineralisches Einsatzmaterial nur bis zu einer bestimmten Korngröße, typischerweise 12 mm aufgegeben werden kann. Diese Anforderung bedeutet, dass in einem solchen Ofen nicht nur gebrochener Basalt und Dolomit, sondern auch Abfälle der Dämmstoffproduktion wie z.B. Schmelzperlen, Verschnitt, Fasern und Staub in beliebigen Anteilen geschmolzen werden können.

## Aufgabenstellung

Derzeit ist es bei der Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle mit vertretbarem technischem Aufwand nicht möglich, die Entstehung von Abfall in Form von Schlacke, Schmelzperlen, groben Fasern und Faseraggregaten bei der Zerfaserung der Schmelze in einer Zentrifuge oder mit dem Düsenblasverfahren zu verhindern. Weiterer Abfall sammelt sich in Form von losen Fasern, Zuschnitt, Staub, gegebenenfalls Aluminiumfolie und abgebundenem Bindemittel.

Mit den etablierten Verfahren zur Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle läßt sich die Entstehung beträchtlicher Mengen von Produktionsabfällen, typischerweise 15 - 25 % der eingesetzten mineralischen Rohstoffe, auch im störungsfreien Betrieb nicht vermeiden.

Die bekannten Verfahren zielen darauf ab, die Produktionsabfälle in dem Maße in den Stoffkreislauf der Produktion zurückzuführen, in dem sie die Stabilität des Schmelzprozesses und die Qualität des Endproduktes nicht beeinträchtigen. Auf diese Weise wird der Verlust an eingesetzten mineralischen Rohstoffen begrenzt und werden die Kosten für die Verbringung der Abfälle auf Deponien verringert.

Anhand der aufgezählten Verfahren ist hinreichend dargelegt, dass es mit dem bekannten Stand der Technik in den meisten Fällen nicht möglich ist, zum Zwecke einer abfallfreien Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle die gesamte anfallende Menge der Abfälle in den Materialfluß der Produktion zurückzuführen. Die dem Stand der Technik entsprechenden Schmelzaggregate, der Kupolofen und der Lichtbogenofen, können nur mit einer begrenzten Menge an faserigen Abfällen beschickt werden, weil diese die Abgasfilter und beim Kupolofen auch den Schmelzschacht verstopfen. Ebenso begrenzt ist der Anteil von zementgebundenen Briketts und Scherben, welche aus separat aufgeschmolzenen Produktionsabfällen erzeugt werden und in den Kupolofen aufgegeben werden. Außerdem kann den neu erzeugten Fasern nur eine begrenzte Menge an zerkleinertem Produktionsabfall zugefügt werden, weil dieser die Dämmeigenschaften und die mechanische Festigkeit des Dämmstoffproduktes in nachteilhafter Weise verringert.

Die technische Literatur und die mit den relevanten Patenten aufgezeigten Trends deuten darauf hin, dass die führenden Hersteller von Dämmstoffen aus Mineralwolle den Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit in der Verfeinerung bzw. Anpassung der bekannten Verfahren zur Rückführung der Produktionsabfälle in den Schmelzofen oder zur Zugabe in den neu erzeugten Faserstrom sehen.

Ausgehend vom Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem es möglich ist, die Beschränkungen der bekannten und etablierten Verfahren zur

Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle zu überwinden und die gesamte Menge an Produktionsabfällen in den Stoffkreislauf der Produktion ohne Beeinträchtigung der Qualität der erzeugten Dämmstoffprodukte zurückzuführen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Herstellung von Dämmstoffprodukten gelöst, bei dem ein Produktionsbereich, in dem mineralisches Einsatzmaterial in einem Kupofofen oder Lichtbogenofen oder gasbefeuerter Ofen geschmolzen wird, die aus dem Schmelzofen abgezogene Schmelze in einer Zerfaserungseinheit zerfasert und die erhaltenen Mineralfasern in mehreren Verarbeitungsschritten unter Entstehung von Produktionsabfällen zu einem Dämmstoffprodukt verarbeitet werden, durch einen weiteren Produktionsbereich ergänzt wird, in welchem in einem induktiv beheizten, insbesondere ausschließlich induktiv beheizten Schmelzofen eine Schmelze erzeugt und mit den bekannten Verarbeitungsschritten zu einem Dämmstoffprodukt verarbeitet wird, wobei die zerkleinerten festen und faserigen Produktionsabfälle beider Produktionsbereiche als Bestandteil des Aufgabematerials des induktiv beheizten Schmelzofens aufgegeben werden.

Die Produktionsabfälle schließen ein:

- feinkörniges mineralisches Material, welches beim Lagern und Transport der Rohstoffe anfällt und in einem Kupofofen nicht eingesetzt werden kann;
- Schmelzperlen, Schlacke sowie groben Fasern und Fasergebilde, welche im Bereich der Zerfaserungseinrichtung entstehen;
- bindemittelgetränkte Mineralfasern in wässriger Lösung, mit Bindemittel befeuchtete Mineralfasern und abgebundenes Bindemittel, welches im Bereich des Fasersammelorgans anfällt;
- Randabschnitt und Verschnitt, mit Aluminium kaschiertes Material eingeschlossen;
- Staub, insbesondere von den Sägen;
- fehlerhaftes Dämmstoffprodukt;
- anhaftendes Papier und Pappe sowie Bestandteile von Verpackungsmaterial aus Kunststoff, welche sich nicht rückstandsfrei aus dem Abfallstrom entfernen lassen.

Wesentliches Merkmal der Erfindung ist, dass dem induktiv beheizten Schmelzofen Aufgabematerial mit beliebigen Anteilen der Produktionsabfälle aufgegeben werden kann.

Da das Aufgabematerial des induktiv beheizten Schmelzofens eine Korngröße bzw. Ballengröße von typischerweise 12 mm nicht überschreiten soll, werden die verschiedenartigen Produktionsabfälle mit den geeigneten bekannten Verfahren und Vorrichtungen auf eine Korngröße bzw. Ballengröße kleiner 12 mm zerkleinert. In einem vorangehenden Verfahrensschritt muß den bindemittelgetränkten Fasern in wässriger Lösung das Wasser entzogen werden, wofür sich z.B. eine Zentrifuge eignet. Dem Wesen der

Erfindung entsprechend werden die zerkleinerten Produktionsabfälle vor der Aufgabe in den induktiv beheizten Schmelzofen in wenigstens einem Silo zwischengelagert. Eine vorteilhafte Ausführung sieht die Anwendung von wenigstens einer nach dem Prinzip eines Mischsilos arbeitenden Vorrichtung vor.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass dem induktiv beheizten Schmelzofen zusätzlich mineralische Einsatzstoffe aufgegeben werden, wie zum Beispiel Basalt und Dolomit. Da Produktionsabfälle und mineralische Einsatzstoffe in beliebigen Anteilen dem induktiv beheizten Schmelzofen aufgegeben werden können, ist es möglich, im Produktionsbereich mit dem induktiv beheizten Schmelzofen ein Dämmstoffprodukt unabhängig von der Menge der Produktionsabfälle beider Produktionsbereiche herzustellen. Das schließt die Möglichkeit ein, veränderlich anfallende Mengen von Produktionsabfällen auszugleichen und bei Bedarf die Produktion des Dämmstoffproduktes zu erhöhen.

Eine weitere Anwendung sieht vor, dem induktiv beheizten Schmelzofen Mineralwolle-Abfälle aufzugeben, welche ihren Ursprung in keinem der beiden Produktionsbereiche haben. Angesichts der stetig steigenden Kosten für die Deponierung von Abfällen aus Mineralwolle eröffnet das erfindungsgemäße Verfahren somit eine zusätzliche Einnahmequelle, wenn zugeliferte, externe Produktionsabfälle und/oder Mineralwollabfälle aus dem Bausektor als Einsatzmaterial zur Anwendung kommen.

In einer vorteilhaften Anwendung des Verfahrens wird ein Dämmstoffprodukt bei alternierender Abfolge von Schmelzen mit hohem Anteil (z.B. mehr als 40 Gew.-%) der zerkleinerten Produktionsabfälle am Aufgabematerial und Schmelzen mit geringem Anteil (z.B. weniger als 20 Gew.-%) der zerkleinerten Produktionsabfälle am Aufgabematerial hergestellt, wobei mit der Festlegung der Dauer solcher Schmelzen und der Anteile der Produktionsabfälle die Anhäufung von Produktionsabfällen über das vorgegebene Maß verhindert wird.

Die Erfindung ist besonders dann vorteilhaft, wenn die beiden Produktionsbereiche über eine zusammenhängende Produktionsplanung und -steuerung und eine gemeinsame Infrastruktur verfügen, inbegriffen, aber nicht ausschließlich die Strom- und Medienversorgung, die Automation, die Logistik, die Rohstoffaufbereitung, die Aufbereitung von Produktionsabfällen, die Bindemittelaufbereitung, die Verpackung, die Kommissionierung, die Wartungs- und Reparaturreinrichtungen.

Die Erfindung sieht vor, dass der induktiv beheizte Schmelzofen über wenigstens eine Förder- und Dosiereinrichtung beschickt wird.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird das dem induktiv beheizten Schmelzofen aufzugebene Aufgabematerial durch die Schwerkraft von der oberen Aufgabeöffnung zu einer unteren Auslaßöffnung des Schmelzofens durch mindestens zwei Kanäle eines induktiv erwärmten Suszeptors transportiert und auf diesem Weg erwärmt und aufgeschmolzen.

In bevorzugter Weise besteht der Suszeptor aus elektrisch leitendem und hochtemperaturbeständigem Material, welches seitlich und am Boden von einer keramischen temperaturbeständigen Tiegelwand eingehaust ist, wobei die Tiegelwand im Boden eine Auslaßöffnung für die erzeugte Schmelze aufweist.

In weiterer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass der Suszeptor aus mehreren mechanisch bearbeiteten Teilen besteht, von denen wenigstens eines aus Graphit oder einem graphithaltigem Material besteht.

Es ist vorteilhaft, wenn der induktive beheizte Schmelzofen zumindest eine Induktionsspule mit jeweils einer angepaßten Frequenz und/oder Stromstärke aufweist.

Eine weitere vorteilhafte Ausführung sieht vor, dass die Lage zumindest einer Induktionsspule gegenüber dem Suszeptor zum Zwecke einer gezielten Temperaturführung des Aufgabematerials entlang des Pfades von der oberen Aufgabeöffnung zur unteren Auslaßöffnung des Schmelzofens veränderlich und steuerbar ist, wobei die veränderliche und steuerbare Lage durch Höhenverstellung des den Suszeptor enthaltenden Tiegels und/oder durch Höhenverstellung der Induktionsspule erfolgt.

#### Ausführungsbeispiel

Das erfindungsgemäße Verfahren soll beispielhaft anhand der Verknüpfung der Produktionsbereiche (A) und (B), die in Fig. 1 jeweils als Blockschema dargestellt sind, beschrieben werden. Im Produktionsbereich (A) wird ein Dämmstoffprodukt (30) gemäß dem bekannten Stand der Technik hergestellt, bei dem die zu zerfasernde Schmelze (4) mit einem herkömmlichen Schmelzofen (1), der ein Kupolofen, ein Lichtbogenofen oder ein gasbefeuertes Ofen sein kann, erzeugt wird. Dem Schmelzofen (1) werden mineralisches Einsatzmaterial (2) und Zuschlagstoffe (3) aufgegeben. Im Falle eines Kupolofens ist Koks der dominante Zuschlagstoff.

Das wesentliche Merkmal des Produktionsbereiches (B) ist ein induktiv beheizter Schmelzofen (38) mit der Eigenschaft, mineralisches Aufgabematerial mit einer Korngröße kleiner 12 mm ohne Einschränkungen kontinuierlich schmelzen zu können, wobei die erzeugte Schmelze alle Anforderungen für die Herstellung eines qualitativ hochwertigen Dämmstoffproduktes erfüllt.

im Produktionsbereich (A) wird das Dämmstoffprodukt (30) aus der Schmelze (4) in den Verfahrensschritten (7) – (14) erzeugt, wobei die Produktionsabfälle (19) – (29) anfallen. Im Produktionsbereich (B) sind die bekannten Verfahrensschritte zur Herstellung eines Dämmstoffproduktes (44) mit der Nummer (40) und die dabei anfallenden festen und faserigen Produktionsabfälle mit der Nummer (41) zusammengefaßt.

Beim Lagern und Transport der grobstückigen mineralischen Einsatzstoffe (2) im Produktionsbereich (A) entsteht eine kleinstückige Fraktion (19). Da diese nicht in den Kupolofen aufgegeben werden darf, ist sie als Produktionsabfall zu behandeln.

In der Zerfaserungseinheit (7) wird die Schmelze (4) zerfasert und mit einem Luftstrom (5) mitgerissen, wobei nicht zum Fasersammelorgan (8) gelangende Schmelzperlen (20), Schlacke (21) sowie grobe Fasern und Fasergebilde (22) als Produktionsabfall entstehen.

Im Fasersammelorgan (8), in dem den erzeugten Fasern das flüssige Bindemittel (6) zugegeben wird, entstehen Produktionsabfälle in Form von bindemittelgetränkten Mineralfasern in wässriger Lösung (17), mit Bindemittel befeuchtete Mineralfasern (24) und abgebundenem Bindemittel (25), welches sich im Laufe der Zeit ansammelt und regelmäßig entfernt werden muß.

In einer Entwässerungsvorrichtung (15), die z.B. eine Zentrifuge sein kann, wird das bindemittelhaltige Wasser (18) abgetrennt. Anschließend können die entwässerten Produktionsabfälle (23) gemeinsam mit den anderen Produktionsabfällen weiterverarbeitet werden.

Sofern in der Pendeleinheit (9), in der Komprimiereinheit (10) und im Härteofen (11) gelegentlich geringe Mengen an Produktionsabfällen anfallen, lassen sich diese einer aus den Kategorien (19) – (29) zuordnen.

In der Kaschiereinheit (12) wird der ausgehärtete Strang ein- oder beidseitig mit einer Folie beklebt, vorzugsweise aus Aluminium. Als Produktionsabfall fallen kaschierte Stücke (26) an.

Das Besäumen des ausgehärteten Stranges und der Zuschnitt auf die geforderten Maße erfolgt üblicherweise mit Sägen (13). Der Produktionsabfall besteht aus Randabschnitt und Verschnitt (27) sowie Staub (28), der mit einem Filter (16) aus dem Luftstrom abgeschieden wird.

In der abschließenden Qualitätskontrolle und beim Verpacken des Dämmstoffproduktes (30) in der Verpackungsstation (14) wird fehlerhaftes Dämmstoffprodukt (29) aussortiert. Zum Produktionsabfall

(29) zählen auch anhaftendes Papier und Pappe sowie Bestandteile von Verpackungsmaterial aus Kunststoff, welche sich nicht rückstandsfrei entfernen lassen.

Alle festen und faserigen Produktionsabfälle aus (19) – (29) des Produktionsbereiches (A) und (41) des Produktionsbereiches (B) müssen zerkleinert werden, sofern sie eine Korngröße bzw. Ballengröße von 12 mm überschreiten. Vorzugsweise gelangen Mühlen und Schredder zum Einsatz, die mit den Nummern (31) und (42) aufgeführt sind. Die Anzahl und der Typ der Zerkleinerungsaggregate werden gemäß dem hinreichend bekannten Stand der Technik festgelegt. Die zerkleinerten Produktionsabfälle (33) und (34) werden gemischt und zwischengelagert. Dem Wesen der Erfindung entsprechend bestehen die Mischungen der Produktionsabfälle (33) und (34) in beliebigen Anteilen aus den festen und faserigen Produktionsabfällen, welche jeweils in den Produktionsbereichen (A) und (B) anfallen.

Die Speicher (32) und (43) können aus einem oder mehreren Silos und/oder Mischsilos bestehen, wobei jedem Silo und/oder Mischsilo eine oder mehrere der mit den Positionen (19) – (29) und (41) bezeichneten Kategorien der Produktionsabfälle zugeordnet sein können.

Die Transport der mit den Positionen (19) - (29) und (41) bezeichneten Produktionsabfälle erfolgt mit den bekannten Fördereinrichtungen, wie zum Beispiel durch Förderschnecken, Transportbänder, pneumatischen Transport sowie mit Behältern, welche mit innerbetrieblichen Transportmitteln bewegt werden.

Wesentliches Merkmal des Produktionsbereiches (B) ist der induktiv beheizte Schmelzofen (38), welchem über wenigstens eine Dosiereinrichtung (36) das Aufgabegut (37) aufgegeben wird. Das Aufgabegut (37) kann in beliebigen Anteilen die festen und faserigen Produktionsabfälle (19) – (29) des Produktionsbereiches (A) und die festen und faserigen Produktionsabfälle (41) des Produktionsbereiches (B) enthalten. Die abfallfreie Produktion entsteht, weil alle festen und faserigen Produktionsabfälle, welche in den Produktionsbereichen (A) und (B) anfallen, zu einem Dämmstoffprodukt (30) und (44) verarbeitet werden können.

Um die Produktion des Dämmstoffproduktes (44) unabhängig von der Menge der anfallenden Produktionsabfälle (19) – (29) durchführen zu können, wird dem induktiv erhitzten Schmelzofen (38) mineralisches Einsatzmaterial (35) aufgegeben, wie zum Beispiel Basalt und Dolomit. Damit können veränderlich anfallende Mengen von Produktionsabfällen ausgeglichen und die Produktion des Dämmstoffproduktes (44) entsprechend der Auslegung des induktiv beheizten Schmelzofens (38) konstant gehalten werden.

Als mineralisches Einsatzmaterial (35) können auch Mineralwolle-Abfälle verwendet werden, welche ihren Ursprung in keinem der beiden Produktionsbereiche (A) und (B) haben. Zu diesen Abfällen zählen zum Beispiel Produktionsabfälle anderer Hersteller von Dämmstoffprodukten und Verschnitt von Dämmstoffprodukten, welcher im Bausektor anfällt.

Aufgrund der begrenzten Möglichkeiten eines Kupolofens (1), feinkörniges Einsatzmaterial verarbeiten zu können, soll als Ausführungsbeispiel der Erfindung die Herstellung eines Dämmstoffproduktes (44) im Produktionsbereich (B) genannt werden, bei der das dem induktiv erhitzten Schmelzofen (38) aufgebene Aufgabematerial (37) zu mehr als 40 Gew.-% aus den zerkleinerten Produktionsabfällen (33) des Produktionsbereiches (A) besteht.

Ein weiteres Beispiel für die Verknüpfung der Produktionsbereiche (A) und (B) besteht in der Herstellung des Dämmstoffproduktes (44) bei alternierender Abfolge von Schmelzen mit einem Anteil von mehr als 40 Gew.-% der zerkleinerten Produktionsabfälle (33) am Aufgabematerial (37) und Schmelzen mit weniger als 20 Gew.-% der zerkleinerten Produktionsabfälle (33) am Aufgabematerial (37), wobei mit der Festlegung der Dauer der Schmelzen und der Anteile der Produktionsabfälle die Anhäufung von Produktionsabfällen (19) – (29) des Produktionsbereiches (A) über ein vorgegebenes Maß verhindert wird.

Das Potential der Erfindung kann anhand eines induktiv beheizten Schmelzofens (38) im Produktionsbereich (B) mit einer Jahresleistung von 25.000 t aufgezeigt werden. Bei einer angenommenen durchschnittlichen Abfallmenge von 25 % in beiden Produktionsbereichen (A) und (B) können 75.000 t/a an mineralischem Einsatzmaterial (2) in Dämmstoffprodukte aus Mineralwolle (30) und (44) transformiert werden, ohne dass die Produktionsabfälle brikettiert, zu den bereits erzeugten Fasern hinzugefügt oder auf eine Deponie verbracht werden müssen. Das Aufgabematerial des induktiv beheizten Schmelzofens (38) besteht in diesem Fall aus 18.750 t/a zerkleinerten Produktionsabfällen (33) des Produktionsbereiches (A) und 6.250 t/a zerkleinerten Produktionsabfällen (34) des eigenen Produktionsbereiches (B).

Ergänzt man einen bestehenden Produktionsbereich (A), in dem der Ofen (1) mit einer bestimmten Schmelzleistung installiert ist, um einen Produktionsbereich (B), der einen induktiv beheizten Schmelzofen (38) mit derselben Schmelzleistung aufweist, so kann man die jährliche Produktion von Dämmstoffprodukten verdoppeln und gleichzeitig alle Produktionsabfälle verwerten, so dass eine Brikettierung entfällt und keine Abfälle deponiert werden müssen. Das heißt, eine solche Produktion ist abfallfrei und enthält keine der Verwertung von Produktionsabfällen dienenden Verfahrensschritte, mit denen die Qualität des Dämmstoffproduktes aus Mineralwolle bekannterweise beeinträchtigt wird.

Da die Schmelzleistung eines oder mehrerer Öfen (1) im Produktionsbereich (A) so groß sein kann, dass die Menge der Produktionsabfälle (19) – (29) die praktikable Schmelzleistung eines induktiv beheizten Schmelzofens (1) deutlich übertrifft, sieht eine Ausführung der Erfindung den Einsatz von mehr als einem induktiv beheizten Schmelzofen (38) im Produktionsbereich (B) vor. Zum Beispiel ist es bei einer Produktion von 300.000 t/a Dämmstoffprodukten (30) und 60.000 t/a Produktionsabfällen (19) – (29) zweckmäßig, im Produktionsbereich (B) drei induktiv beheizte Schmelzöfen (38) mit einer Schmelzleistung von jeweils etwa 27.000 t/a zu betreiben, in der Annahme, dass der Anteil der Produktionsabfälle 25 % beträgt.

Das erfindungsgemäße Verfahren schließt nicht den Fall aus, dass Produktionsabfälle aus den Kategorien (19) – (29) des Produktionsbereiches (A) nach einem oder mehreren der bekannten Verfahren in den Materialfluß der Produktion des Dämmstoffproduktes (30) zurückgeführt werden. Als Beispiele seien die Erzeugung von Briketts und deren Aufgabe in den Ofen (1) und die Zugabe von zerkleinerten Produktionsabfällen zu den neu erzeugten Fasern im Bereich zwischen der Zentrifuge (7) und dem Fasersammelorgan (8) genannt. Diese Verfahrensweise kann vorteilhaft sein, wenn der Produktionsbereich (B) einem bereits bestehenden Produktionsbereich (A) hinzugefügt wird und möglichst geringe Investitionskosten der größtmöglichen Erweiterung der Produktionskapazität vorgezogen werden.

Die unter (40) zusammengefaßten Verfahrensschritte schließen ein, aber nicht ausschließlich, die Zerfaserung der Schmelze in einer Zerfaserungseinheit und die Erzeugung eines Primärvlieses in einem Fasersammelorgan. In einer weiteren bevorzugten Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass zum Zwecke der Verringerung der Investitionskosten im Produktionsbereich (B) ein verkleinertes Sortiment an Dämmstoffprodukten (44) und/oder weniger aufwendig herzustellende Dämmstoffprodukte (44) mit weniger Verfahrensschritten als im Produktionsbereich (A) erzeugt werden. Dies können z.B. lose Steinwolle für Stopfanwendungen und Drahtnetzmatte sein.

Die in Fig. 1 dargestellten Verarbeitungsschritte zur Erzeugung einer Schmelze (4) und (39) sowie (7) – (14) und (40) zur Herstellung der Dämmstoffprodukte (30) und (44) setzen gemäß dem bekannten Stand der Technik ein Mindestmaß an Produktionsplanung und Steuerungs- und Automatisierungstechnik voraus. Die Erfindung schließt eine zusammenhängende Produktionsplanung und -steuerung sowie eine gemeinsame Infrastruktur ein, inbegriffen, aber nicht ausschließlich, die Strom- und Medienversorgung, die Automation, die Logistik, die Rohstoffaufbereitung, die Aufbereitung von Produktionsabfällen, die Bindemittelaufbereitung, die Verpackung, die Kommissionierung, die Wartungs- und Reparaturreinrichtungen.

Für die Erzeugung einer mineralischen Schmelze weist der induktiv beheizte Schmelzofen (38) einen Suszeptor mit mindestens zwei Kanälen auf, durch welche das Aufgabematerial durch die Schwerkraft von der oberen Aufgabeöffnung zu einer unteren Auslaßöffnung des Schmelzofens transportiert wird und auf diesem Weg erwärmt und aufgeschmolzen wird.

Der Suszeptor besteht aus elektrisch leitendem und hochtemperaturbeständigem Material und ist seitlich und am Boden von einer keramischen temperaturbeständigen Tiegelwand eingehaust, welche im Boden eine Auslaßöffnung für die erzeugte Schmelze aufweist. Vorzugsweise besteht der Suszeptor aus mehreren mechanisch bearbeiteten Teilen, von denen wenigstens eines aus Graphit oder einem graphithaltigem Material gefertigt ist.

Der induktiv beheizte Schmelzofen (38) weist zumindest eine Induktionsspule vorzugsweise mit jeweils einer angepaßten Frequenz und/oder Stromstärke auf.

Zum Zwecke einer gezielten Temperaturführung des Aufgabematerials entlang des Pfades von der oberen Aufgabeöffnung zur unteren Auslaßöffnung des induktiv beheizten Schmelzofens (38) ist die Lage zumindest einer Induktionsspule gegenüber dem Suszeptor veränderlich und steuerbar, wobei die veränderliche und steuerbare Lage durch Höhenverstellung des den Suszeptor enthaltenden Tiegels und/oder durch Höhenverstellung der Induktionsspule erfolgt.

Eine Produktionsanlage mit mehreren Schmelzöfen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann unterschiedliche Ausgestaltungen in Bezug auf die Anzahl der Schmelzöfen und deren Verknüpfung aufweisen. Alle diese Ausgestaltungen weisen erfindungsgemäß wenigstens einen induktiv beheizten, insbesondere ausschließlich induktiv beheizten Schmelzofen auf, mit dem aus festem und faserigen mineralischem Aufgabematerial mit einer Korn- bzw. Ballengröße kleiner 12 mm ein zur Zerfaserung gelangender kontinuierlicher Schmelzstrahl erzeugt wird.

In der erfindungsgemäßen Produktionsanlage ist jedem Schmelzofen ein Produktionsbereich zugeordnet, in welchem unabhängig von den anderen Schmelzöfen ein Mineralwolleprodukt erzeugt werden kann.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur abfallfreien Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle, bei dem in einem Produktionsbereich (A) mineralisches Einsatzmaterial (2) und Zuschlagstoffe (3) einem Kupolofen oder einem Lichtbogenofen oder einem gasbefeuerten Ofen (1) aufgegeben werden, das Aufgabematerial im Schmelzofen (1) geschmolzen wird, die aus dem Schmelzofen (1) abgezogene Schmelze (4) in einer Zerkleinerungseinheit (7) zerkleinert und die erhaltenen Mineralfasern in mehreren Verarbeitungsschritten (8) – (14) zu einem Dämmstoffprodukt (30) verarbeitet werden, dadurch gekennzeichnet, dass die festen und faserigen Produktionsabfälle (19) – (29), welche beim Lagern und Transport des mineralischen Einsatzmaterials (2) und nach dem Austreten der Schmelze (4) aus dem Schmelzofen (1), insbesondere bei der Zerkleinerung (7) und in den nachfolgenden Verarbeitungsschritten (8) – (14) anfallen, zerkleinert, vermischt und in einem Produktionsbereich (B) einem induktiv beheizten, insbesondere ausschließlich induktiv beheizten Schmelzofen (38) als Bestandteil (33) des Aufgabematerials aufgegeben werden, die abgezogene Schmelze (39) mit den bekannten Verarbeitungsschritten (40) zu einem Dämmstoffprodukt (44) verarbeitet wird, wobei die im Produktionsbereich (B) in den Verarbeitungsschritten (40) anfallenden festen und faserigen Produktionsabfälle dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) als Bestandteil (34) des Aufgabematerials aufgegeben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Produktionsbereich (A) mehr als einen Schmelzofen (1) aufweist und/oder der Produktionsbereich (B) mehr als einen induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Produktionsbereiche (A) und (B) über eine zusammenhängende Produktionsplanung und -steuerung und eine gemeinsame Infrastruktur verfügen, inbegriffen, aber nicht ausschließlich, die Strom- und Medienversorgung, die Automation, die Logistik, die Rohstoffaufbereitung, die Aufbereitung von Produktionsabfällen, die Bindemittelaufbereitung, die Verpackung, die Kommissionierung, die Wartungs- und Reparaturreinrichtungen.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass feinkörniges mineralisches Material, welches beim Lagern und Transport der grobstückigen Rohstoffe (2) entsteht und in einem Kupolofen (1) nicht eingesetzt werden kann, als Produktionsabfall (19) gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Zerfasern der Schmelze (4) in der Zerfaserungsvorrichtung (7) mit einem Luftstrom (5) die Erzeugung eines Luft-Faser-Stroms umfaßt, der in Richtung eines Fasersammelorgans (8) gerichtet ist, auf oder in welchem die Mineralfasern gesammelt werden, wobei nicht zum Fasersammelorgan (8) gelangende Schmelzperlen (20), Schlacke (21), grobe Fasern und Fasergebilde (22) als Produktionsabfall gesondert von den Mineralfasern gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsschritte zur Verarbeitung der Mineralfasern zu dem Dämmstoffprodukt (30) das Besprühen der Mineralfasern mit einem Bindemittel (6) und das Sammeln der bindemittelgetränkten Mineralfasern auf einem Fasersammelorgan (8) zur Erzeugung eines Primärvlieses umfassen, wobei bindemittelgetränkte Mineralfasern in wässriger Lösung (17) und mit Bindemittel befeuchtete Mineralfasern (24) als Produktionsabfall mit einer Abluft des Fasersammelorgans (5) mitgerissen, aus der Abluft abgeschieden, gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass den Produktionsabfällen in wässriger Lösung (17) das bindemittelhaltige Wasser (18) in einer Entwässerungsvorrichtung (15) durch ein mechanisches Verfahren bis auf eine Restfeuchte von weniger als 20 % entzogen wird und die entwässerten Produktionsabfälle (23) gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben werden.
8. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsschritte zur Verarbeitung der Mineralfasern zu dem Dämmstoffprodukt (30) das Besprühen der Mineralfasern mit einem Bindemittel (6) und das Sammeln der bindemittelgetränkten Mineralfasern auf einem Fasersammelorgan (8) zur Erzeugung eines Primärvlieses umfassen, wobei in dem Fasersammelorgan (8) abgelagertes ausgehärtetes Bindemittel (25) entfernt, gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsschritte zur Verarbeitung der Mineralfasern zu dem Dämmstoffprodukt (30) das Aufeinanderschichten mehrerer Lagen des Primärvlieses zur Erzeugung eines Sekundärvlieses in einer Pendeleinheit (9), ggf. das Komprimieren des Sekundärvlieses in einer Komprimiereinheit (10), das Durchlaufen eines Härteofens (11) zur Erzeugung eines gehärteten Stranges und ggf. das

Kaschieren mit Aluminiumfolie des gehärteten Stranges in einer Kaschiermaschine (12) sowie das Besäumen des Ränder des Stranges und das Zusägen auf die gewünschten Abmessungen mit Sägen (13) umfassen, wobei kaschierter Verschnitt (26), Randabschnitt und Verschnitt (27) sowie Staub (28) als Produktionsabfall anfällt, der gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Staub (28), welcher insbesondere, aber nicht ausschließlich, beim Sägen des gehärteten Stranges anfällt, mit wenigstens einem Filter (16) aufgefangen, gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsschritte zur Verarbeitung der Mineralfasern zu dem Dämmstoffprodukt (30) die Qualitätskontrolle und das Verpacken des Dämmstoffproduktes (30) in der Verpackungsstation (14) umfassen, wobei fehlerhaftes Dämmstoffprodukt (29) anfällt, welches gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.
12. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Produktionsabfälle (19) – (29) in beliebigen Anteilen ausgewählt sind, aber nicht ausschließlich, aus feinkörnigem mineralischem Einsatzmaterial (19), Schmelzperlen (20), Schlacke (21), groben Fasern und Fasergebilden (22), entwässerten Fasern (23), mit Bindemittel befeuchteten Fasern (24), ausgehärtetem Bindemittel (25), kaschiertem Verschnitt (26), Randabschnitt und Verschnittresten (27), Staub (28) und fehlerhaftem Endprodukt (29).
13. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Produktionsabfälle (19) – (29), deren Korngröße bzw. Ballendurchmesser 12 mm überschreiten, vor der Aufgabe in den induktiv beheizten Schmelzofen (38) in wenigstens einem Zerkleinerungsaggregat (31) auf eine Korngröße bzw. einen Ballendurchmesser von weniger als 12 mm zerkleinert werden.
14. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Produktionsabfälle (19) – (29) vor der Aufgabe in den induktiv beheizten Schmelzofen (38) in wenigstens einer nach dem Prinzip eines Mischsilos arbeitenden Vorrichtung (32) vermischt und als Mischung zerkleinerter Produktionsabfälle (33) zwischengelagert werden.

15. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und einem der Ansprüche 2 bis 14, bei dem in einem Produktionsbereich (B) in einem induktiv beheizten Schmelzofen (38) eine Schmelze (39) erzeugt und mit den bekannten Verfahrensschritten (40) zu einem Dämmstoffprodukt (44) verarbeitet wird, wobei in den Verfahrensschritten (40) die entsprechenden festen und faserigen Produktionsabfälle (41) anfallen, dadurch gekennzeichnet, dass festen und faserigen Produktionsabfälle (41) gesammelt, mit wenigstens einer Zerkleinerungsvorrichtung (42) zerkleinert, in wenigstens einem Speicher (43) zwischengelagert und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) als zerkleinertes Aufgabematerial (34) aufgegeben werden.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrensschritte (40), zumindest die Zerfaserung der Schmelze (39) mit einer Zerfaserungseinrichtung und das Sammeln der erzeugten Fasern mit einer Fasersammelvorrichtung einschließen.
17. Verfahren nach Anspruch 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrensschritte (40) auf solche beschränkt sind, die für die Erzeugung eines einfachen Dämmstoffproduktes wie lose Mineralwolle erforderlich sind.
18. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegebene Aufgabematerial (37) in beliebigen Anteilen ausgewählt ist aus den Produktionsabfällen (33) des Produktionsbereiches (A), den Produktionsabfällen des (34) Produktionsbereiches (B) und mineralischen Einsatzstoffen (35).
19. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die mineralischen Einsatzstoffstoffe (35) ausgewählt sind, aber nicht ausschließlich, aus Basalt, Dolomit, Diabas und Mineralwolle-Abfällen, welche ihren Ursprung in keinem der beiden Produktionsbereiche (A) und (B) haben.
20. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegebene Aufgabematerial (37) zu mehr als 40 Gew.-% aus den zerkleinerten Produktionsabfällen (33) des Produktionsbereiches (A) besteht.
21. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellung des Dämmstoffproduktes (44) bei alternierender Abfolge von Schmelzen mit einem Anteil von mehr als 40 Gew.-% der zerkleinerten Produktionsabfälle (33) am Aufgabematerial (37) und Schmelzen mit weniger als 20 Gew.-% der zerkleinerten Produktionsabfälle (33) am Aufgabematerial (37) erfolgt, wobei mit der Festlegung der Dauer der Schmelzen und der Anteile

der Produktionsabfälle die Anhäufung von Produktionsabfällen (19) – (29) des Produktionsbereiches (A) über ein vorgegebenes Maß verhindert wird.

22. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) mineralische Einsatzstoffe (35) und Produktionsabfälle (34) mit einer Korngröße kleiner 12 mm aufgegeben werden.
23. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufgabematerial (37) über wenigstens eine Dosiereinrichtung (36) dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.
24. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 23, dadurch gekennzeichnet, dass das dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegebene Aufgabematerial (37) durch die Schwerkraft von der oberen Aufgabeöffnung zu einer unteren Auslaßöffnung des Schmelzofens (38) durch mindestens zwei Kanäle eines induktiv erwärmten Suszeptors transportiert wird und auf diesem Weg erwärmt und aufgeschmolzen wird.
25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Suszeptor aus elektrisch leitendem und hochtemperaturbeständigem Material besteht und seitlich und am Boden von einer keramischen temperaturbeständigen Tiegelwand eingehaust ist, welche im Boden eine Auslaßöffnung für die erzeugte Schmelze aufweist.
26. Verfahren nach den Anspruch 24 und 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Suszeptor aus mehreren mechanisch bearbeiteten Teilen besteht, von denen wenigstens eines aus Graphit oder einem graphithaltigem Material besteht.
27. Verfahren nach den Ansprüchen 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der induktiv beheizte Schmelzofen (38) zumindest eine Induktionsspule vorzugsweise mit jeweils einer angepaßten Frequenz und/oder Stromstärke aufweist.
28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage zumindest einer Induktionsspule gegenüber dem Suszeptor zum Zwecke einer gezielten Temperaturführung des Aufgabematerials entlang des Pfades von der oberen Aufgabeöffnung zur unteren Auslaßöffnung des induktiv beheizten Schmelzofens (38) veränderlich und steuerbar ist, wobei die veränderliche und steuerbare Lage durch Höhenverstellung des den Suszeptor enthaltenden Tiegels und/oder durch Höhenverstellung der Induktionsspule erfolgt.

29. Produktionsanlage mit mehreren Schmelzöfen zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass diese wenigstens einen induktiv beheizten, insbesondere ausschließlich induktiv beheizten Schmelzofen einschließt, mit dem aus festem und faserigen mineralischem Aufgabematerial mit einer Korn- bzw. Ballengröße kleiner 12 mm ein zur Zerfaserung gelangender kontinuierlicher Schmelzstrahl erzeugt wird.
30. Produktionsanlage nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Schmelzofen ein Produktionsbereich zugeordnet ist, in welchem unabhängig von den anderen Schmelzöfen ein Mineralwolleprodukt erzeugt werden kann.

Wien, am 16.08.2021

IBE Anlagentechnik GmbH

Vertreten durch



Häupl & Ellmeyer KG

Patentanwaltkanzlei

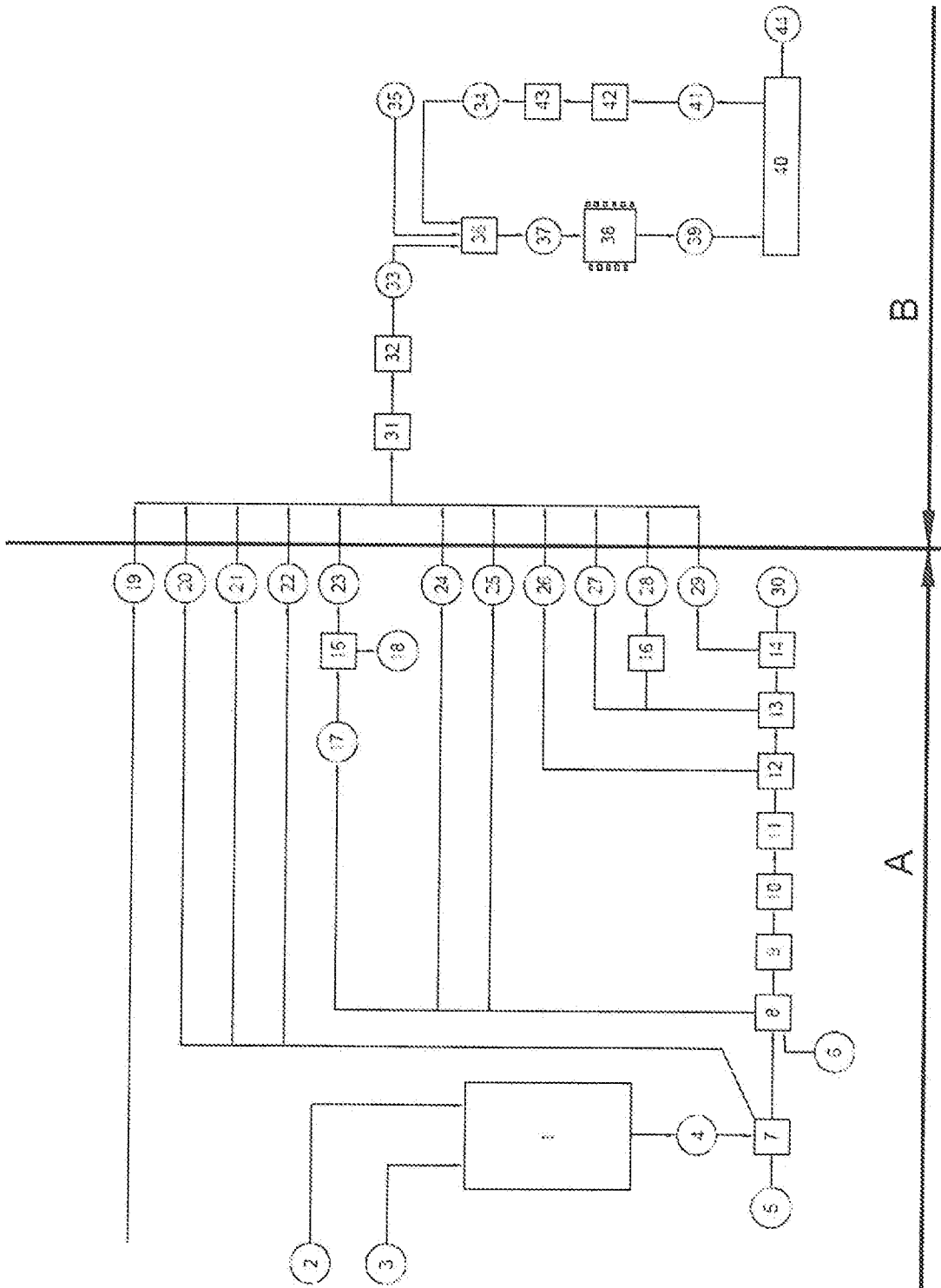


FIG.1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur abfallfreien Herstellung von Dämmstoffprodukten aus Mineralwolle, bei dem in einem ersten Produktionsbereich (A) mineralisches Einsatzmaterial (2) und Zuschlagstoffe (3) einem Kupolofen oder einem Lichtbogenofen oder einem gasbefeuereten Schmelzofen (1) aufgegeben werden, das Aufgabematerial in diesem Schmelzofen (1) geschmolzen wird, die aus diesem Schmelzofen (1) abgezogene Schmelze (4) in einer Zerkleinerungsvorrichtung (7) zerkleinert und die erhaltenen Mineralfasern in mehreren Verarbeitungsschritten (8) – (14) zu einem Dämmstoffprodukt (30) verarbeitet werden, dadurch gekennzeichnet, dass die körnigen und faserigen Produktionsabfälle (19) – (29), welche beim Lagern und Transport des mineralischen Einsatzmaterials (2) und nach dem Austreten der Schmelze (4) aus diesem Schmelzofen (1), insbesondere bei der Zerkleinerung (7) und in den nachfolgenden Verarbeitungsschritten (8) – (14) anfallen, zerkleinert, vermischt und in einem zweiten Produktionsbereich (B) einem induktiv beheizten, insbesondere ausschließlich induktiv beheizten Schmelzofen (38) als Bestandteil (33) des Aufgabematerials (37) aufgegeben werden, die aus dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) abgezogene Schmelze (39) mit den bekannten Verarbeitungsschritten (40) zu einem Dämmstoffprodukt (44) verarbeitet wird, wobei die im zweiten Produktionsbereich (B) in den Verarbeitungsschritten (40) anfallenden körnigen und faserigen Produktionsabfälle dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) als Bestandteil (34) des Aufgabematerials (37) aufgegeben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Produktionsbereich (A) mehr als einen Kupolofen oder Lichtbogenofen oder gasbefeuereten Schmelzofen (1) aufweist und/oder der zweite Produktionsbereich (B) mehr als einen induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Produktionsbereiche (A) und (B) über eine zusammenhängende Produktionsplanung und -steuerung und eine gemeinsame Infrastruktur verfügen, inbegriffen die Strom- und Medienversorgung, die Automation, die Logistik, die Rohstoffaufbereitung, die Aufbereitung von Produktionsabfällen, die Bindemittelaufbereitung, die Verpackung, die Kommissionierung, die Wartungs- und Reparaturreinrichtungen.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass feinkörniges mineralisches Material, welches beim Lagern und Transport der grobstückigen Rohstoffe (2) entsteht und in einem Kupolofen (1) nicht eingesetzt werden kann, als Produktionsabfall (19) gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Zerfasern der Schmelze (4) in der Zerfaserungsvorrichtung (7) mit einem Luftstrom (5) die Erzeugung eines Luft-Faser-Stroms umfaßt, der in Richtung eines Fasersammelorgans (8) gerichtet ist, auf oder in welchem die Mineralfasern gesammelt werden, wobei nicht zum Fasersammelorgan (8) gelangende Schmelzperlen (20), Schlacke (21), grobe Fasern und Fasergebilde (22) als Produktionsabfall gesondert von den Mineralfasern gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsschritte zur Verarbeitung der Mineralfasern zu dem Dämmstoffprodukt (30) das Besprühen der Mineralfasern mit einem Bindemittel (6) und das Sammeln der bindemittelgetränkten Mineralfasern auf einem Fasersammelorgan (8) zur Erzeugung eines Primärvlieses umfassen, wobei bindemittelgetränkte Mineralfasern in wässriger Lösung (17) und mit Bindemittel befeuchtete Mineralfasern (24) als Produktionsabfall mit einer Abluft des Fasersammelorgans (5) mitgerissen, aus der Abluft abgeschieden, gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass den Produktionsabfällen in wässriger Lösung (17) das bindemittelhaltige Wasser (18) in einer Entwässerungsvorrichtung (15) durch ein mechanisches Verfahren bis auf eine Restfeuchte von weniger als 20 % entzogen wird und die entwässerten Produktionsabfälle (23) gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben werden.
8. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsschritte zur Verarbeitung der Mineralfasern zu dem Dämmstoffprodukt (30) das Besprühen der Mineralfasern mit einem Bindemittel (6) und das Sammeln der bindemittelgetränkten Mineralfasern auf einem Fasersammelorgan (8) zur Erzeugung eines Primärvlieses umfassen, wobei in dem Fasersammelorgan (8) abgelagertes ausgehärtetes Bindemittel (25) entfernt, gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsschritte zur Verarbeitung der Mineralfasern zu dem Dämmstoffprodukt (30) das Aufeinanderschichten mehrerer Lagen des Primärvlieses zur Erzeugung eines Sekundärvlieses in einer Pendeleinheit (9), das Komprimieren des Sekundärvlieses in einer Komprimiereinheit (10),

das Durchlaufen eines Härteofens (11) zur Erzeugung eines gehärteten Stranges und das Kaschieren mit Aluminiumfolie des gehärteten Stranges in einer Kaschiermaschine (12) sowie das Besäumen des Ränder des Stranges und das Zusägen auf die gewünschten Abmessungen mit Sägen (13) umfassen, wobei kaschierter Verschnitt (26), Randabschnitt und Verschnitt (27) sowie Staub (28) als Produktionsabfall anfallen, der gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Staub (28), welcher insbesondere beim Besäumen und Zuschneiden des gehärteten Stranges mittels Sägen anfällt, mit wenigstens einem Filter (16) aufgefangen, gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsschritte zur Verarbeitung der Mineralfasern zu dem Dämmstoffprodukt (30) die Qualitätskontrolle und das Verpacken des Dämmstoffproduktes (30) in der Verpackungsstation (14) umfassen, wobei fehlerhaftes Dämmstoffprodukt (29) anfällt, welches gesammelt und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.
12. Verfahren nach den Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Produktionsabfälle (19) – (29) des ersten Produktionsbereiches (A) in beliebigen Anteilen ausgewählt sind aus kleinkörnigem mineralischem Einsatzmaterial (19), Schmelzperlen (20), Schlacke (21), groben Fasern und Fasergebilden (22), entwässerten Fasern (23), mit Bindemittel befeuchteten Fasern (24), ausgehärtetem Bindemittel (25), kaschiertem Verschnitt (26), Randabschnitt und Verschnittresten (27), Staub (28) und fehlerhaftem Endprodukt (29).
13. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Produktionsabfälle (19) – (29) des ersten Produktionsbereiches (A), deren Korngröße bzw. Ballendurchmesser 12 mm überschreiten, vor der Aufgabe in den induktiv beheizten Schmelzofen (38) in wenigstens einem Zerkleinerungsaggregat (31) auf eine Korngröße bzw. einen Ballendurchmesser von weniger als 12 mm zerkleinert werden.
14. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Produktionsabfälle (19) – (29) des ersten Produktionsbereiches (A) vor der Aufgabe in den induktiv beheizten Schmelzofen (38) in wenigstens einer nach dem Prinzip eines Mischsilos arbeitenden Vorrichtung (32) vermischt und als Mischung zerkleinerter Produktionsabfälle (33) zwischengelagert werden.

15. Verfahren nach den Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 14, bei dem in einem zweiten Produktionsbereich (B) in einem induktiv beheizten Schmelzofen (38) eine Schmelze (39) erzeugt und mit den bekannten Verfahrensschritten (40) zu einem Dämmstoffprodukt (44) verarbeitet wird, wobei in den Verfahrensschritten (40) die entsprechenden körnigen und faserigen Produktionsabfälle (41) anfallen, dadurch gekennzeichnet, dass körnigen und faserigen Produktionsabfälle (41) gesammelt, mit wenigstens einer Zerkleinerungsvorrichtung (42) zerkleinert, in wenigstens einem Speicher (43) zwischengelagert und dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) als zerkleinertes Aufgabematerial (34) aufgegeben werden.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrensschritte (40), zumindest die Zerkleinerung der Schmelze (39) mit einer Zerkleinerungsvorrichtung und das Sammeln der erzeugten Fasern mit einer Fasersammelvorrichtung einschließen.
17. Verfahren nach den Ansprüchen 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrensschritte (40) auf solche beschränkt sind, die für die Erzeugung eines einfachen Dämmstoffproduktes wie lose Mineralwolle erforderlich sind.
18. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufzugebene Aufgabematerial (37) in beliebigen Anteilen ausgewählt ist aus den Produktionsabfällen (33) des ersten Produktionsbereiches (A), den Produktionsabfällen (34) des zweiten Produktionsbereiches (B) und mineralischen Einsatzstoffen (35).
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die mineralischen Einsatzstoffstoffe (35) in beliebigen Anteilen ausgewählt sind aus Basalt, Dolomit, Diabas sowie Mineralwolle-Abfällen, welche ihren Ursprung in keinem der beiden Produktionsbereiche (A) und (B) haben.
20. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufzugebene Aufgabematerial (37) zu mehr als 40 Gew.-% aus den zerkleinerten Produktionsabfällen (33) des ersten Produktionsbereiches (A) besteht.
21. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellung des Dämmstoffproduktes (44) im zweiten Produktionsbereich (B) bei alternierender Abfolge von Schmelzen mit einem Anteil von mehr als 40 Gew.-% der zerkleinerten Produktionsabfälle (33) des ersten Produktionsbereiches (A) am Aufgabematerial (37) des induktiv

beheizten Schmelzofens (38) und Schmelzen mit weniger als 20 Gew.-% der zerkleinerten Produktionsabfälle (33) des ersten Produktionsbereiches (A) am Aufgabematerial (37) des induktiv beheizten Schmelzofens (38) erfolgt, wobei mit der Festlegung der Dauer der Schmelzen und der Anteile der Produktionsabfälle die Anhäufung von Produktionsabfällen (19) – (29) des ersten Produktionsbereiches (A) über ein vorgegebenes Maß verhindert wird.

22. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) mineralische Einsatzstoffe (35) und Produktionsabfälle (34) mit einer Korngröße bzw. einem Ballendurchmesser kleiner 12 mm aufgegeben werden.
23. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufgabematerial (37) über wenigstens eine Dosiereinrichtung (36) dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegeben wird.
24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass das dem induktiv beheizten Schmelzofen (38) aufgegebene Aufgabematerial (37) durch die Schwerkraft von einer oberen Aufgabeeöffnung zu einer unteren Auslaßöffnung des Schmelzofens (38) durch mindestens zwei Kanäle eines induktiv erwärmten Suszeptors transportiert wird und auf diesem Weg erwärmt und aufgeschmolzen wird und die entstandene Schmelze als kontinuierlicher Strom aus dem Schmelzofen (38) austritt.

Wien, am 01.04.2022

IBE Anlagentechnik GmbH  
vertreten durch:

Häupl & Ellmeyer KG  
Patentanwaltskanzlei