

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1628/2009
(22) Anmeldetag: 15.10.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2011

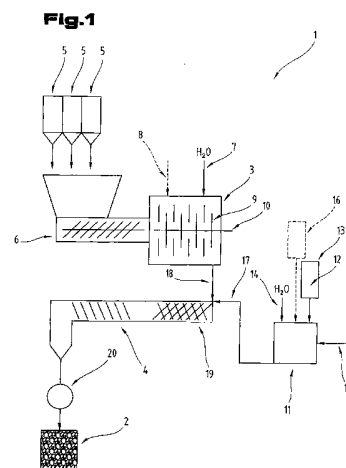
(51) Int. Cl. : **C04B 7/32** (2006.01)
C04B 28/06 (2006.01)
C04B 14/06 (2006.01)
C04B 38/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2005/0252419A1
US 2006/0075932A1
EP 0816303A1 EP 1826332A1
GB 2360769A WO 2008/130107A1

(73) Patentinhaber:
GEOLYTH MINERAL TECHNOLOGIE GMBH
A-4050 TRAUN (AT)

(54) **MINERALSCHAUM**

(57) Die Erfindung betrifft einen Mineralschaum umfassend eine hydraulisch abbindende Komponente und eine Schaumkomponente, wobei die hydraulisch abbindende Komponente durch eine Formulierung zur Herstellung eines selbsthärtenden Mineralschaums gebildet ist, umfassend ein hydraulisch abbindendes und ein puzzolanisch abbindendes Bindemittel sowie ein Sulfat, wobei das hydraulisch abbindende Bindemittel durch einen Sulfat-Aluminat-Zement gebildet ist, umfassend eine Sulfatkomponente und eine Aluminiumkomponente, und in einem Anteil von zumindest 50 Gewichtsteilen enthalten ist, und wobei das Sulfat ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Calciumsulfat als Anhydrit, als Dihydrat, als α -Halbhydrat, als β -Halbhydrat, Magnesiumsulfat, Natriumsulfat, sowie Mischungen daraus, wobei der Anteil des Sulfats zwischen 5 Gewichtsteilen und 25 Gewichtsteilen beträgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Poren aufweisenden Mineralschaum umfassend eine hydraulisch abbindende Komponente und eine Schaumkomponente, wobei die hydraulisch abbindende Komponente durch eine Formulierung zur Herstellung eines selbsthärtenden Mineralschaums gebildet ist, umfassend ein hydraulisch abbindendes und ein puzzolanisch abbindendes Bindemittel sowie ein Sulfat, wobei das hydraulisch abbindende Bindemittel durch einen Sulfat-Aluminat-Zement gebildet ist, umfassend eine Sulfatkomponente und eine Aluminiumkomponente, und in einem Anteil von zumindest 50 Gewichtsteilen enthalten ist, ein Bauelement mit einem Bauelementkörper, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines selbsthärtenden Mineralschaums nach dem pulverförmige Bestandteile zur Herstellung einer Formulierung in einer ersten Mischstrecke zu einem Gemenge miteinander vermischt werden und diesem Gemenge Wasser zur Bildung eines Slurry zugesetzt wird, wobei dem Slurry in einer zweiten Mischstrecke eine Schaumkomponente zugesetzt und in den Slurry eingemischt wird und danach der Mineralschaum erhärtet wird.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind bereits Mineralschäume bekannt. So ist z.B. aus der EP 0 628 523 A1 ein Verfahren zur Herstellung eines Wärmedämmmaterials aus Quarzmehl mit einer spezifischen Oberfläche nach BET von mindestens etwa $3 \text{ m}^2/\text{g}$, Kalkhydrat, Wasser, Schaum und einem, reaktive Aluminate enthaltenden Schnellzement bekannt, bei dem das Wärmedämmmaterial eine Rohdichte von weniger als 250 kg/m^3 aufweist. Aus den Rohstoffen wird dabei eine gießfähige Rohmischung hergestellt, die in Formen gegossen wird. Die Rohmischung wird in Abhängigkeit von der Gesamtoberfläche der Feststoffe mit einem Gewichtsverhältnis von Wasser/Feststoff (ohne Schaum) von mindestens etwa 1,25 bis etwa 1,85 und einer in Bezug auf den praktisch vollständigen Umsatz des Quarzmehls und der reaktiven Aluminate im Wesentlichen stöchiometrischen Menge an Kalkhydrat mit einer Oberfläche nach BET von mindestens etwa $15 \text{ m}^2/\text{g}$ hergestellt. Die in Formen gegossenen Rohlinge werden nach genügender Verfestigung bis auf einen Formboden entformt und auf dem Formboden befindlich autoklaviert. Als Schaum wird ein Tensid- oder ein Proteinschaum verwendet.

[0003] Die US 2006/0075932 A1 beschreibt eine Formulierung für ein geschäumtes Zementmaterial umfassend zumindest ein hydraulisches Bindemittel, Mikropartikel mit einer Partikelgröße zwischen $0,1$ und $30 \text{ }\mu\text{m}$ und in einem Anteil zwischen 15 und 50 Mass.-% in Bezug auf die Masse des hydraulischen Bindemittels, Mineralpartikel mit einer Partikelgröße zwischen 1 und $500 \text{ }\mu\text{m}$ und in einem Anteil zwischen 10 und 35 Mass.-% in Bezug auf die Masse des hydraulischen Bindemittels, wobei der Anteil der Mineralpartikel geringer ist als der Anteil der Mikropartikel, ein wasserlösliches polymeres Verdünnungsmittel in einem Anteil zwischen 0,1 und 8 Mass.-% in Bezug auf die Masse des hydraulischen Bindemittels, maximal 40 Mass.-% Wasser in Bezug auf die Masse des hydraulischen Bindemittels, und ein Schäummittel in einem Anteil zwischen 0,1 und 10 Mass.-% in Bezug auf die Masse des hydraulischen Bindemittels (Zusammenfassung). Das geschäumte Zementmaterial wird zur Auskleidung von Bohrlöchern verwendet.

[0004] Die EP 0 816 303 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer leichten, offenporigen, mineralischen Dämmplatte mit einer Rohdichte unter 130 kg/m^3 , mit folgenden Schritten:

[0005] a) Herstellen einer Wasser/Feststoff-Suspension durch intensives Mischen der nachstehenden Rohstoffe in einem Intensiv-Mischer mit drehendem Mischgutbehälter und mit hoher Drehzahl rotierendem Mischwerkzeug unter Verwendung von Wasser und, jeweils bezogen auf den Gesamtfeststoffgehalt, 40 bis 48 M.-% (Masse - Prozent) Quarzmehl mit einer spezifischen Oberfläche nach BET von mindestens $2,5 \text{ m}^2/\text{g}$, 15 bis 20 M.-% Kalkhydrat mit einer spezifischen Oberfläche von mindestens $15 \text{ m}^2/\text{g}$, 25 bis 35 M.-% Zement, 0,3 bis 0,5 M.-% Hydrophobiermittel, Rest Additive, wobei das Verhältnis von Zement zu Kalkhydrat 1,5 bis 2,3:1 beträgt, der Bindemittelanteil im Bereich von 45 bis 52 M.-% liegt und die Suspension einen Wasser/Feststoff-Faktor (ohne Schaum) von 0,7 bis 1,2 aufweist,

[0006] b) Bereitstellen eines Schaumes aus Wasser, Luft und einem Porenbildner mit einer

Rohdichte von 40 bis 50 kg/m³,

[0007] c) Einleiten des Schaumes in die noch im Mischgutbehältnis befindliche Wasser/Feststoff-Suspension bei laufendem Intensiv-Mischer und Untermischen des Schaumes bei niedriger Drehzahl des Mischwerkzeuges in maximal 120 Sekunden,

[0008] d) Eingießen der Rohmischung in mindestens eine Form,

[0009] e) Ansteifenlassen der Rohmischung zu einem noch plastischen Block mit ausreichender Grünstandsfestigkeit,

[0010] f) Anheben des plastischen Blockes vom Formboden mittels Vakuum,

[0011] g) Schneiden des Blockes mittels Drähten in einzelne Dämmplatten und

[0012] h) Härten der Dämmplatten in einem Autoklaven.

[0013] Aus der GB 2 360 769 A ist ein hydraulischer Binder zur Bildung eines nicht effloreszierenden zementartigen Körpers bekannt, umfassend eine Quelle aktiven Siliziumdioxids, (i) eine Quelle von Calciumaluminat, (ii) eine Quelle von Calciumsilikat, und (iii) eine Quelle von Sulfat, wobei der Binder 10 Gew.-% bis 49 Gew.-% der Quelle aktiven Siliziumdioxids umfasst (bezogen auf die gesamte zementartige Trockenmischung), und der Rest bezogen auf das Gesamtgewicht von (i), (ii) und (iii) umfasst: (i) 40 Gew.-% bis 90 Gew.-% der Quelle von Calciumaluminat, die ausgewählt ist aus Calciumaluminatzement oder Klinker und Calciumsulfoaluminatzement oder Klinker, wobei die Quelle von Calciumaluminat mindestens 25% Aluminiumoxid oder ein C/A-Verhältnis von weniger als 3 aufweist, (ii) 5 Gew.-% bis 55 Gew.-% Portlandzement oder Klinker als Quelle von Calciumsilikat, und (iii) 3 Gew.-% bis 50 Gew.-% der Quelle von Sulfat, wovon mindestens 25% SO₃ ist.

[0014] Die US 2005/0252419 A1 beschreibt einen Mineralschaum-Verbundwerkstoff hergestellt aus reaktiven Komponenten. Die reaktiven Komponenten können durch Reaktion von Metalloxiden, Phosphaten und Reststoffen erhalten werden. Dieser Mischung wird ein reaktiver Schaumbildner und/oder ein Latexpolymer zugegeben. Der Verbundwerkstoff hat eine Dichte zwischen 0.35 bis 2.25 g/cm³, und kann u.a. für Blöcke oder Platten verwendet werden.

[0015] Aus der EP 1 826 332 A1 ist ein Dachziegel bekannt umfassend ein beschichtetes Substrat wobei die Beschichtung hergestellt ist aus einer Mischung umfassend ein hydraulisches Bindemittel in einem Anteil von zumindest 60 Gew.-% einer Calciumaluminatquelle und nicht mehr als 1 Gew.-% Sulfat.

[0016] Die WO 2008/130107 A1 beschreibt einen Schnellzementschaum hergestellt aus einer wässrigen Lösung von Wasser und einem Schäummittel, Zement, Siliziumdioxid, Keramikpulver und einem Beschleuniger.

[0017] Aufgabe vorliegender Erfindung ist es, einen selbsthärtenden Mineralschaum zu schaffen, der ein Trockengewicht von maximal 300 kg/m³ aufweist.

[0018] Diese Aufgabe der Erfindung wird jeweils eigenständig gelöst durch den eingangs genannten Mineralschaum bei dem das Sulfat ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Calciumsulfat als Anhydrit, als Dihydrat, als α -Halbhydrat, als β -Halbhydrat, Magnesiumsulfat, Natriumsulfat, sowie Mischungen daraus, wobei der Anteil des Sulfats zwischen 5 Gewichtsteilen und 25 Gewichtsteilen beträgt, durch ein, den Mineralschaum aufweisendes Bauelement, sowie durch das eingangs genannte Verfahren, bei dem die Formulierung wie in den Ansprüchen 1 bis 18 genannt zusammengesetzt wird und der Mineralschaum ohne Autoklavierung erhärtet wird.

[0019] Von Vorteil ist dabei, dass der Mineralschaum ohne erforderliche Autoklavierung hergestellt werden kann, wodurch das Verfahren vereinfacht und Kosten gesenkt werden können. Durch die Verwendung des genannten hydraulisch abbindenden Bindemittels wird zudem der Vorteil erreicht, dass der Mineralschaum während des Erhärtens nicht bzw. nicht wesentlich schwindet. Es wird damit u.a. erreicht, dass mit dem Mineralschaum versehene Bauelemente, wie z.B. mit diesem zumindest teilweise gefüllte Hohlkammerziegel, einfacher herstellbar sind,

indem auf ein Schwundmaß nicht Rücksicht genommen werden muss. Es ist damit auch der Füllgrad von derartigen Bauelementen verbesserbar, wodurch deren Wärmedämmung an sich insgesamt verbessert werden kann. Zudem kann damit ein Mineralschaum erreicht werden, der bis ca. 1150°C auch Brandschutzeigenschaften aufweist.

[0020] Vorzugsweise beträgt der Anteil des Sulfat-Aluminat-Zements an der Formulierung zumindest 60 Gewichtsteile, insbesondere zumindest 70 Gewichtsteile, wodurch die Eigenschaften des Mineralschaums weiter verbessert werden können.

[0021] Die Angabe, dass der Sulfat-Aluminat-Zement eine Sulfatkomponente und eine Aluminiumkomponente enthält, bedeutet im Rahmen der Erfindung nicht zwingend, dass es sich hierbei um unterscheidbare Phasen des Zementes handelt, sondern soll lediglich verdeutlichen, dass im Sulfat-Aluminat-Zement SO_4 bzw. SO_3 und Aluminium enthalten sind.

[0022] Vorzugsweise ist die Sulfatkomponente ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Calziumsulfat, α - oder β - Halbhydrat oder Dihydrat von Calziumsulfat, Anhydrit, Natriumsulfat, Eisen-(II)-sulfat, Magnesiumsulfat sowie Mischungen daraus. Es werden damit Hydratphasen während der Erhärtung des Mineralschaums erzeugt, die im Laufe der Zeit einer Phasenumwandlung unterliegen, wobei die Festigkeit zunimmt.

[0023] Die Aluminiumkomponente ist bevorzugt ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Aluminiumoxid (Al_2O_3), Aluminiumhydroxide, Aluminiumsilikate, Aluminate sowie Mischungen daraus. Es kann damit das Erstarrungsverhalten und die Abbindezeit positiv beeinflusst werden.

[0024] Das Verhältnis der Sulfatkomponente zur Aluminiumkomponente kann gemäß einer Ausführungsvariante ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 4:10 und einer oberen Grenze von 20:30. Es wird damit erreicht, dass die Abbindezeit des Slurry nicht so lange dauert, dass die Gefahr besteht, dass der zugegebene Schaum zusammenfällt und damit die Porosität des Mineralschaums verringert wird. Es wird also durch das Einhalten des Verhältnisses der beiden Komponenten in diesem Bereich die Verarbeitung vereinfacht.

[0025] Insbesondere kann zur weiteren Verbesserung dieses Verhaltens das Verhältnis der Sulfatkomponente zur Aluminiumkomponente ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 6:12 und einer oberen Grenze von 13:22, vorzugsweise aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 10:18 und einer oberen Grenze von 12:24.

[0026] Zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften kann die Formulierung zusätzlich SiO_2 -Partikel in einem Anteil von maximal 10 Gewichtsteilen enthalten. Vorzugsweise beträgt der Anteil an SiO_2 -Partikel jedoch maximal 7,5 Gewichtsteile.

[0027] Gemäß einer anderen Ausführungsvariante enthält die Formulierung spezielle SiO_2 -Partikel in Form von so genanntem Silica fumed. Es handelt sich hierbei um ein reaktives SiO_2 , durch das das Brandbeständigkeitsverhalten des Mineralschaums verbessert werden kann, indem durch Verbrauch von Energie für Reaktionen das SiO_2 eine „kühlende“ Wirkung hat. Insbesondere werden kohlenstofffreie SiO_2 -Partikel mit einem Reinheitsgrad von mindestens 97 % verwendet.

[0028] In einer Ausführungsvariante dazu ist vorgesehen, dass die SiO_2 -Partikel eine BET-Oberfläche zwischen 5 m^2/g und 35 m^2/g aufweisen, um damit die Reaktivität zu erhöhen. Bevorzugt weisen die SiO_2 -Partikel eine Partikelgröße von maximal 45 μm auf, wobei insbesondere der Anteil des Grobkorns auf maximal 2 % beschränkt ist und der Rest der SiO_2 -Partikel eine Partikelgröße von maximal 1 μm , vorzugsweise maximal 0,3 μm , aufweisen.

[0029] Vorzugsweise weisen die SiO_2 -Partikel eine BET-Oberfläche zwischen 10 m^2/g und 25 m^2/g auf, insbesondere zwischen 16 m^2/g und 20 m^2/g .

[0030] Die Formulierung kann weiters zumindest einen so genannten Hochleistungsverflüssiger enthalten um das rheologische Verhalten des aus der Formulierung gebildeten Slurry zu beeinflussen, sofern die Zugabe von Silica fumed, welches ebenfalls eine verflüssigende Wirkung aufgrund der kugelförmigen Gestalt der Partikel aufweist, nicht allein für diesen Zweck ausreichend ist, wobei der Anteil auf maximal 3 Gewichtsteile beschränkt ist. Insbesondere

wenn Silica fumed in der Formulierung enthalten ist wird der Anteil des Hochleistungsverflüssigers auf maximal 0,5 Gewichtsteile, vorzugsweise maximal 0,3 Gewichtsteile, beschränkt.

[0031] Vorzugsweise ist der Hochleistungsverflüssiger ein Polycarboxylatether, um damit den Wasseranteil des Slurry reduzieren zu können, sodass weniger Wasser für das Abbinden zur Verfügung steht und damit die gewünschten Phasen sicherer entstehen.

[0032] Es ist weiters möglich, dass der Formulierung zur Stabilisierung des Slurry und damit zur besseren Verarbeitbarkeit des Slurry zumindest ein Verdicker in einem Anteil von maximal 0,5 Gewichtsteilen zugesetzt wird. Vorzugsweise ist der Verdicker in einem Anteil von maximal 0,25 Gewichtsteilen, insbesondere maximal 0,02 Gewichtsteilen, zugesetzt.

[0033] Bevorzugt ist der Verdicker ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Hydroxymethylpropylcellulose, Methylhydroxyethylcellulose sowie Mischungen daraus, da damit im Rahmen der durchgeführten Tests für die Erfindung gefunden wurde, dass diese Verdicker in Hinblick auf Verarbeitung bessere Eigenschaften, wie z.B. die Rheologie, die Dispergierung der Feststoffe, oder den Wasserbedarf und das Wasserrückhaltevermögen aufwiesen.

[0034] In Hinblick auf die Verarbeitbarkeit des Slurry wurde auch gefunden, dass Verbesserungen eintreten, wenn der Anteil des Verdickers maximal 70 % des Anteils des Hochleistungsverflüssigers beträgt.

[0035] Es ist weiters möglich, dass der Formulierung Fasern in einem Anteil von maximal 3 Gewichtsteilen, insbesondere maximal 1 Gewichtsteilen, vorzugsweise 0,3 Gewichtsteilen, zugesetzt werden, um die Biegezugfestigkeit des Mineralschaums zu verbessern. Es kann damit aber auch die Schaumkomponente stabilisiert werden. Zudem können z.B. Zellulosefasern Wasser speichern, welches im Abbindeprozeß benötigt wird, wobei dieses physikalisch „gebundene“ Wasser hinsichtlich der Erhärtung des Mineralschaums besser beherrschbar ist. Cellulosefasern können auch als Verdicker eingesetzt werden.

[0036] Vorzugsweise weisen die Fasern eine Länge von maximal 50 mm, insbesondere maximal 30 mm, auf und sind insbesondere ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Zellulosefasern, Basaltfasern, Glasfasern, insbesondere alkaliresistente Glasfasern, Polypropylenfasern, sowie Mischungen daraus.

[0037] Fasern größerer Länge, also beispielsweise mit einer Länge zwischen 3 mm und 50 mm, insbesondere zwischen 3 mm und 30 mm, vorzugsweise zwischen 3 mm und 12 mm, wobei deren Durchmesser vorzugsweise zwischen 13 µm und 25 µm, vorzugsweise zwischen 13 µm und 18 µm beträgt, werden vornehmlich dann zugegeben, wenn die Biegezugfestigkeit erhöht werden soll. Fasern bis zu einer Länge von 0,1 mm, vorzugsweise bis zu 30 µm, und insbesondere einem Durchmesser von bis zu 2 µm, vorzugsweise bis zu 1,5 µm, werden hingegen bevorzugt aus rheologischen Gründen zugesetzt.

[0038] Der Formulierung kann zur Verbesserung der Rheologie zumindest eine Verarbeitungshilfe aus einer Gruppe umfassend ein Alkalikarbonate, Alkalisulfate, Fruchtsäuren zugesetzt sein, beispielsweise als Verzögerer.

[0039] Um den Anteil an Sorptionsfeuchte in dem fertigen Mineralschaum zu reduzieren, kann vorgesehen werden, dass zumindest ein Hydrophobierungsmittel zugesetzt wird, insbesondere zur Massehydrophobierung der Formulierung. Der Anteil des Hydrophobierungsmittels an der Formulierung kann dabei bis zu 3 Gewichtsteile, vorzugsweise bis zu 1 Gewichtsteil, betragen.

[0040] Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Formulierung kann vorgesehen sein, dass diese zuschlagstofffrei, d.h. füllstofffrei ist, also keine nichtreaktiven Bestandteile enthält, wodurch das Raumgewicht des Mineralschaums weiter gesenkt werden konnte.

[0041] Vorzugsweise ist die Schaumkomponente durch einen Proteinschaum und/oder einen Tensidschaum gebildet. Es kann damit das Schäumungsverhalten besser kontrolliert werden als bei der Methode des direkten Aufschäumens mit einem Treibmittel. Insbesondere die Porengröße und die Porenverteilung kann damit beeinflusst werden, und kann damit der Wärmeleitwert bzw. das Schallabsorptionsvermögen des Mineralschaums besser eingestellt werden.

[0042] Vorzugsweise beträgt der Anteil der Schaumkomponente pro m^3 Slurry zwischen 30 kg/m^3 und 70 kg/m^3 , insbesondere zwischen 40 kg/m^3 und 60 kg/m^3 , da damit eine Verbesserung der Eigenschaften des Mineralschaums beobachtet werden konnte.

[0043] Zur Stabilisierung des Schaums während des Einmischens in den Slurry aus der Formulierung mit Wasser kann der Schaumkomponente ein Tensid zugesetzt werden.

[0044] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante weist der Mineralschaum einen Porenanteil von zumindest 70 %, insbesondere zwischen 80 % und 95 % auf. Durch diesen hohen Anteil an Poren kann nicht nur das Dämmverhalten an sich verbessert werden, sondern ist damit auch ein geringeres Raumgewicht des Mineralschaums erreichbar.

[0045] Dabei weisen die Poren vorzugsweise einen Durchmesser von maximal 0,5 mm, insbesondere maximal 0,25 mm bzw. maximal 0,1 mm, auf, um einerseits ein positives Dämmverhalten zu erreichen und um andererseits die mechanische Stabilität des fertigen Mineralschaums zu verbessern.

[0046] Es können der Schaumkomponente auch Luftporenbilder, wie z.B. Alkylpolyglykoether, Alkylsulfate oder -sulfonate, zugesetzt werden, u.a. um die Stabilität des Schaums zu verbessern.

[0047] Gemäß einer Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Schaumkomponente vor dem Zusetzen zu dem Slurry in einem Schaumgenerator mit Wasser und gegebenenfalls Verarbeitungshilfsstoffen versetzt wird, wodurch deren Verarbeitbarkeit, insbesondere die Stabilität des Schaums während des Vermischens mit dem Slurry, verbessert werden kann. Es kann dazu in der Vorrichtung zur Aufschäumung der Schaumkomponente ein Schaumgenerator angeordnet sein, in dem ein mit Wasser versetztes Protein mit einem Gas, insbesondere Luft, aufgeschäumt wird.

[0048] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figur näher erläutert.

[0049] Es zeigt in schematisch vereinfachter Darstellung:

[0050] Fig. 1 eine Vorrichtung zur Herstellung eines selbsthärtenden Mineralschaums.

[0051] Einführend sei festgehalten, dass die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0052] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zur Herstellung eines selbsthärtenden, Mineralschaums 2.

[0053] Einer der wesentlichsten Vorteile der Erfindung ist darin zu sehen, dass der Mineralschaum 2 nicht autoklaviert werden muss, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist. Dazu weist die Vorrichtung 1 im Kern der Erfindung eine erste Mischstrecke 3 sowie eine dieser in Produktionsrichtung nachgeordnete, zweite Mischstrecke 4 auf. In der ersten Mischstrecke 3 wird aus pulverförmigen Komponenten einer Formulierung zur Herstellung des Mineralschaums 2, welche beispielsweise in Vorratsbehältern 5 vorrätig gehalten werden können, und die über eine Fördervorrichtung 6, beispielsweise eine Förderschnecke, der ersten Mischstrecke 3 zugeführt werden, unter Zusatz von Wasser entsprechend Pfeil 7 ein so genannter Slurry, also eine Mischung aus den festen Komponenten und Wasser, hergestellt. Als Wasser wird üblicherweise normales Leitungswasser verwendet, wobei selbstverständlich auch destilliertes Wasser eingesetzt werden kann. Gegebenenfalls können weitere Zusatzstoffe zur Vermengung mit den pulverförmigen Bestandteilen in die erste Mischstrecke 3 aufgegeben werden, wie dies durch einen strichlierten Pfeil 8 in Fig. 1 angedeutet ist, wobei zumindest einzelne der Zusatzstoffe auch in flüssiger oder dispergierter Form zugesetzt werden können.

[0054] Es besteht die Möglichkeit, dass die Vermengung der pulverförmigen Bestandteile vor der Zugabe des Wassers gemäß Pfeil 7 erfolgt, das heißt, dass zu den Hauptkomponenten der Formulierung zur Herstellung des Mineralschaums 2 bereits diese Hilfsstoffe bzw. Verarbeitungshilfen zugesetzt und gegebenenfalls diese pulverförmigen Komponenten der Formulierung

vorgemischt werden können.

[0055] Die Mischstrecke 3 ist als Paddel-Mischer oder Pflugschaufelmischer ausgebildet, wobei auch anderer Mischertypen, wie z.B. Freifallmischer, verwendet werden können. Erstgenannte Mischertypen haben jedoch den Vorteil, dass weniger Wasser zugesetzt werden muss - Ziel ist es möglichst wenig Wasser zu verwenden - und dass der Energieverbrauch pro m³ Slurry relativ gering ist. Zudem kann die Gefahr der Verklebung des Mixers durch diese gerundeten Formen reduziert werden. Insbesondere kann diese Mischstrecke 3 Mischorgane 9 aufweisen, die in radialer Richtung versetzt an einer Mischstreckenwelle 10 angeordnet sind. Es können dabei in der Mischstrecke 3 zwischen 2 und 20 Mischorgane 9 angeordnet werden.

[0056] Diesem Slurry wird in der Folge ein Proteinschaum und/oder ein Tensidschaum als Schaumkomponente zugesetzt, der in einem Schaumgenerator 11 erzeugt wird. Es wird also der Mineralschaum 2 nach der Erfindung nicht direkt aufgeschäumt sondern erfolgt die Porenbildung des Mineralschaums 2 durch den Zusatz eines eigenen Schaums. Als Schaumkomponente wird dazu ein Proteinschaum und/oder ein Tensidschaum verwendet. Als Protein 12, welches in einem entsprechenden Vorratsbehälter 13 vorrätig gehalten werden kann, wird ein tierisches oder ein pflanzliches Protein oder werden Mischungen daraus verwendet. Insbesondere wird als Protein 12 ein Keratin, vorzugsweise ein hydrolysiertes Keratin, oder ein sojabasiertes Protein eingesetzt, das vorzugsweise alkali-resistent ist. Das Protein kann in einer Menge von bis zu 5 Gewichtsteilen eingesetzt werden.

[0057] Diesem Protein 12 wird wiederum Wasser, insbesondere destilliertes bzw. gereinigtes Wasser, gemäß Pfeil 14 zugesetzt und wird im Schaumgenerator 11 durch das Einblasen von Luft gemäß Pfeil 15 der Proteinschaum erzeugt.

[0058] Wie strichliert im Bereich des Schaumgenerators 11 in Fig. 1 dargestellt, können dieser Schaumkomponente ebenfalls Verarbeitungshilfsstoffe, z.B. aus einem Vorratsbehälter 16, zugesetzt werden, wobei es auch möglich ist, dass, für den Fall dass mehrere Verarbeitungshilfsstoffe zugesetzt werden, vorab eine Vermischung dieser Hilfsstoffe erfolgt.

[0059] Generell sei angemerkt, dass diese Verarbeitungshilfsstoffe für den Zusatz zur Schaumkomponente pulverförmig oder in gelöster bzw. dispergierter Form zugesetzt werden können.

[0060] Die fertige Schaumkomponente wird in der Folge gemäß Pfeil 17 dem aus der ersten Mischstrecke 3 stammenden Slurry gemäß Pfeil 18 zugesetzt, wobei die Zugabe in der zweiten Mischstrecke 4 oder bevorzugt vor der zweiten Mischstrecke 4 erfolgt. Dazu kann dieser Mischstrecke 4 eine Fördervorrichtung 19, z.B. eine Förderschnecke, vorgeordnet sein, wobei es in diesem Fall möglich ist, dass vorerst der Schaum in die Fördervorrichtung 19 eingeführt wird, sodass diese zumindest annähernd vollständig mit dieser gefüllt ist, und danach der Slurry in den Schaum gegeben wird, insbesondere schrittweise, wobei auch mehrere Einfüllöffnungen für den Slurry in die Fördervorrichtung 19 vorhanden sein können. Es ist aber abweichend oder zusätzlich dazu möglich, dass der Slurry erst in der zweiten Mischstrecke 4 dem Schaum zugemischt wird.

[0061] Die zweite Mischstrecke 4 ist insbesondere als Paddel-, Schrauben-, Wendelmischer oder statischer Mischer oder in Form von Kombinationen daraus ausgebildet.

[0062] Im Rahmen der Erfindung besteht die Möglichkeit, dass die beiden Mischstrecken 3, 4 in einem einzigen Mischer kombiniert sind, wobei sie auch in diesem Fall voneinander getrennt sind, also hintereinander in diesem Mischer ausgebildet sind.

[0063] Es besteht weiters die Möglichkeit, dass die erste und/oder zweite Mischstrecke 3, 4 aus einer getrennten Fördervorrichtung 6 bzw. 19 und einem getrennten Mischer bestehen, wobei die Trennung auch lediglich so aussehen kann, dass diese getrennten Antriebe aufweisen, um unterschiedliche Drehzahlen und damit ein besseres Mischergebnis bei möglichst geringem Energieeinsatz zu ermöglichen.

[0064] In der Folge wird über eine entsprechende Fördereinrichtung 20 das fertige Gemisch aus dem Slurry und der Schaumkomponente aus der zweiten Mischstrecke 4 abgezogen und

kann dieses Gemisch in eine entsprechende Form eingefüllt werden, um darin die Selbsthärtung des Mineralschaums 2 durch die entsprechend ablaufenden, chemischen Reaktionen zu ermöglichen.

[0065] Es sei darauf hingewiesen, dass der Mineralschaum 2 nach der Erfindung beispielsweise in Plattenform, zum nachträglichen Aufbringen auf zu dämmende Bauwerksteile, wie zum Beispiel Wände, ausgebildet sein kann, ebenso besteht die Möglichkeit, dass mit dem Gemenge Bauelemente, insbesondere Hohlkammerziegel, zumindest teilweise gefüllt werden, sodass also in sich gedämmte Bauelemente, beispielsweise mit einer Wärmedämmung versehene Ziegel oder Steine, hergestellt werden können. Es sind aber auch andere Formen und Verwendungen des Mineralschaums 2 möglich, beispielsweise als Brandschutzmaterial, wofür auch höhere Raumgewichte des Mineralschaums 2 von Vorteil sind, als Granulat für Füllungen bzw. Schüttungen, als Baumaterial in Steinform, insbesondere als Mauerstein, als Schallschutzmaterial, insbesondere in Kombination mit anderen Werkstoffen, als Zusatz zu einem Mörtel, als Putzträger, generell als Baustoff, zur Klimatisierung von Räumen, in bzw. als Kaminstein(en), etc.

[0066] Obwohl in Fig. 1 nicht dargestellt, besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass entsprechende Regel- und/oder Steuerorgane und/oder Messorgane innerhalb der Vorrichtung 1 vorhanden sind und können diese Regel- und/oder Steuerorgane und/oder Messorgane selbstverständlich auch EDV-unterstützt betrieben werden.

[0067] Es besteht weiters die Möglichkeit, dass zur Herstellung des Schaums anstelle von Luft auch andere Gase, wie z.B. N_2 , CO_2 , etc., verwendet werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass dem Protein ein, insbesondere alkalisches, Treibmittel zugesetzt wird, sodass auf die Zugabe eines gesonderten Gases für das Aufschäumen des Proteins verzichtet werden kann oder die Gasmenge reduziert werden kann.

[0068] Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die gewählte Anzahl der Mischorgane 9 in der ersten Mischstrecke 3, wie voran stehend ausgeführt, Vorteile im Hinblick auf die Produkteigenschaften des Mineralschaumes 2 hat. Zwar kann mit einer geringeren oder höheren Anzahl an Mischstäben 9 ebenfalls ein Mineralschaum 2, das heißt ein Slurry, hergestellt werden, allerdings wurde im Rahmen der Erprobung der Erfindung gefunden, dass mit einer Anzahl an Mischorganen 9 aus dem angegebenen Bereich die Produkteigenschaften des Mineralschaums 2 verbessert sind. Es sei dabei darauf hingewiesen, dass die Anzahl der Mischorgane 9 auf eine bestimmte Größe der Vorrichtung 1 bezogen ist, das heißt auf einen bestimmten Volumenanstoß an Mineralschaum 2, der bis zu $50 \text{ m}^3/\text{h}$ beträgt. Es ist daher möglich, wenngleich noch nicht ausgetestet, dass eine von der angegebenen Anzahl von Mischorganen 9 abweichende Anzahl bei einer anderen Auslegung der Anlage 1 von Vorteil ist.

[0069] Des Weiteren wurde im Rahmen der Erfindung gefunden, dass eine Umfangsgeschwindigkeit ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 4 m/s , insbesondere $5,5 \text{ m/s}$, und einer oberen Grenze von 12 m/s , insbesondere 11 m/s , mit der die Mischstreckenwelle 10 der Mischstrecke 3 betrieben wird, für das angegebene Produktionsvolumen ebenfalls Vorteile in Hinblick auf die Produkteigenschaften des Mineralschaums 2 hat. Insbesondere ist dabei von Vorteil, wenn eine Anzahl von 16 Mischorganen 9 bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 6 m/s und eine Anzahl von 4 Mischorganen 9 bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 10 m/s der Mischstreckenwelle 10 angeordnet werden, wobei diese Angaben als untere und obere Grenze eines Bereichs für die Anzahl an Mischorganen 9 in Bezug auf die Umfangsgeschwindigkeit der Mischstreckenwelle 10 zu verstehen sind.

[0070] Es sei in diesem Zusammenhang nochmals darauf hingewiesen, dass insbesondere für die erste Mischstrecke 3, aber auch für die zweite Mischstrecke 4, Kombinationen aus verschiedenen Typen von Mischorganen 9 verwendet werden können, beispielsweise 5 Statorstäbe und 4 Paddel-Stäbe als Rotor. Es kann generell eine Kombination aus Stator- und Rotorstäben in den Mischstrecken 3, 4 verwendet werden.

[0071] Für einen Mengenstrom zwischen 5 kg/min , insbesondere 15 kg/min , und 50 kg/min ,

insbesondere 35 kg/min, an den pulverförmigen Bestandteilen zur Herstellung des Slurry, wird ein Wasservolumen zwischen 150 l/h, insbesondere 300 l/h und 1000 l/h, insbesondere 500 l/h, der ersten Mischstrecke 3 zugeführt. Dabei konnte wiederum eine Wechselwirkung mit der Anzahl der Mischorgane 9 in der ersten Mischstrecke 3 im Hinblick auf die Produkteigenschaften des Mineralschaums 2 beobachtet werden. Insbesondere von Vorteil ist, wenn bei einer Anzahl von 6 Mischorganen 9 ein Volumenstrom von 250 l/h Wasser und bei einer Anzahl von 18 Mischorganen 9 ein Volumenstrom von 800 l/h Wasser den pulverförmigen Bestandteilen der Formulierung zur Herstellung des Slurry zugesetzt wird, wobei auch diese Angaben wieder als untere und obere Grenze eines Bereichs für die Anzahl an Mischorganen 9 in Bezug auf den Wasser-Volumenstrom zu verstehen sind.

[0072] Für die Zugabe des Wassers zu den pulverförmigen Komponenten in der ersten Mischstrecke 3 ist es von Vorteil, wenn das Wasser verteilt über mehrere Bereiche der Mischstrecke 3 zugeführt wird, insbesondere über Sprühdüsen. Z.B. können über den Umfang der ersten Mischstrecke 3 verteilt zwischen 2 und 10, insbesondere zwischen 3 und 6, Sprühdüsen angeordnet sein.

[0073] Für einen Mengenstrom zwischen 7 kg/min und 40 kg/min Slurry wird ein Volumenstrom von 80 l/min bis 140 l/min Schaumkomponente aus dem Schaumgenerator 11 in die zweite Mischstrecke 4 aufgegeben, beispielsweise für 25 kg/min Slurry 100 l/min Schaumkomponente, sodass die Schaumkomponente beispielsweise einen Anteil zwischen 40 kg und 60 kg pro m³ nassem Slurry an der Slurry/Schaummischung annimmt. Vorzugsweise hat die Schaumkomponente eine Dichte ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 35 kg/m³ und einer oberen Grenze von 60 kg/m³.

[0074] Die Umfangsgeschwindigkeit, mit der die zweite Mischstrecke 4 betrieben wird, ist vorzugsweise bei dem voranstehend angegebenen Produktionsvolumen und in Hinblick auf den Volumenstrom an zugesetzter Schaumkomponente, kleiner als jene der ersten Mischstrecke 3. Die Mischorgane der zweiten Mischstrecke 4 sind dabei so angeordnet, dass eine homogene Vermengung innerhalb der Mischstrecke 4 zwischen dem Slurry und der Schaumkomponente erfolgt und die Schaumkomponente schonend mit dem Slurry vermischt wird.

[0075] Es kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 und dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Mineralschaum 2 hergestellt werden, der ein Raumgewicht von max. 300 kg/m³ aufweist, insbesondere ein Raumgewicht zwischen 100 kg/m³ und 250 kg/m³. Dabei bezieht sich diese Angabe auf den vollständig getrockneten Mineralschaum 2. Das Raumgewicht kann beispielsweise auch über die Dichten des Slurry und der Schaumkomponente eingestellt werden.

[0076] Die Formulierung, aus der der Slurry in der ersten Mischstrecke 3 hergestellt wird, besteht im einfachsten Fall aus einem hydraulisch abbindenden Bindemittel, einem puzzolanisch abbindenden Bindemittel sowie einem Sulfat, wobei das hydraulisch abbindende Bindemittel durch einen Sulfat-Aluminat-Zement (einen Sulfo-Aluminat-Zement) gebildet ist, der eine Sulfatkomponente und eine Aluminatkomponente umfasst und in einem Anteil von zumindest 50 Gewichtsteilen in der pulverförmigen Formulierung enthalten ist. Vorzugsweise beträgt der Gewichtsanteil des Sulfat-Aluminat-Zements an der Formulierung zumindest 60 Gewichtsteile, insbesondere zumindest 70 Gewichtsteile. Ein bevorzugter Bereich in dem der Sulfat-Aluminat-Zement der Formulierung beigemischt ist, liegt zwischen 65 Gewichtsteilen und 75 Gewichtsteilen.

[0077] Das puzzolanisch abbindende Bindemittel kann durch ein natürliches oder insbesondere ein synthetisches Puzzolan, beispielsweise Trass, Hochofenschlacke, LD-Schlacke, Metakaolin, Basalt, oder Mischungen hiervon gebildet sein. Der Anteil des puzzolanischen Bindemittels an der Formulierung beträgt bis 40 Gewichtsteile. Ein bevorzugter Bereich an puzzolanisch abbindendem Bindemittel liegt zwischen 10 Gewichtsteilen und 30 Gewichtsteilen.

[0078] Als Sulfat wird bevorzugt Kalziumsulfat als Anhydrit, Dihydrat und/oder als α -Halbhydrat

verwendet, es können jedoch auch andere Sulfate, wie beispielsweise ein β -Halbhydrat von Kalziumsulfat ebenso wie Magnesiumsulfat oder Natriumsulfat, verwendet werden. Gegebenenfalls sind auch Mischungen und Derivate hiervon einsetzbar. Der Anteil des Sulfats an der Formulierung beträgt zwischen 5 Gewichtsteilen und 25 Gewichtsteilen. Ein bevorzugter Bereich liegt zwischen 10 Gewichtsteilen und 15 Gewichtsteilen. Das zugesetzte Sulfat fungiert unter anderem als Mahlhilfe für die Formulierung, insbesondere wenn diese vor der Zuführung zur ersten Mischstrecke 3 gemahlen wird, bzw. als Beschleuniger. Zudem verbessert es die Grünstandfestigkeit der Slurry/Schaum Mischung.

[0079] Die Sulfatkomponente des Sulfat-Aluminat-Zements ist bevorzugt ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Kalziumsulfat, α - oder β -Halbhydrat oder Dihydrat von Kalziumsulfat, Anhydrit, Natriumsulfat, Eisen-(II)-Sulfat, Magnesiumsulfat, sowie Mischungen und Derivate daraus. Der Anteil der Sulfatkomponente an dem Sulfat-Aluminat-Zement beträgt bis zu 20 Gewichtsteile.

[0080] Die Aluminiumkomponente des Sulfat-Aluminat-Zements kann ausgewählt werden aus einer Gruppe umfassend Aluminiumoxid, Aluminiumhydroxide, Aluminiumsilikate, Aluminate sowie Mischungen und Derivate daraus. Der Anteil der Aluminiumkomponente an dem Sulfat-Aluminat-Zement beträgt bevorzugt bis zu 30 Gewichtsteile.

[0081] Im Zuge der durchgeführten Test zu der Erfindung wurde gefunden, dass ein Verhältnis der Sulfatkomponente zur Aluminatkomponente ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 4:10 und einer oberen Grenze von 20:30 vorteilhafte Auswirkungen im Hinblick auf das Wärmedämmverhalten des Mineralschaums 2 hat. Durch die Einhaltung dieser Verhältnisse konnte auch die Grünstandfestigkeit des noch nicht erhärteten Mineralschaums 2 verbessert werden, wodurch die Verarbeitung des Mineralschaums 2 vereinfacht werden kann.

[0082] Die pulverförmigen Bestandteile der Formulierung, also das hydraulisch abbindende Bindemittel, das puzzolanisch abbindende Bindemittel sowie das Sulfat, weisen in der Hauptmenge bevorzugt eine Teilchengröße von bis zu 40 μm und maximal 17 % größere Teilchen auf. Durch die Einhaltung dieses Mahlgrades der pulverförmigen Hauptbestandteile der Formulierung kann die Herstellung des Slurrys verbessert werden, insbesondere kann damit auch positiv auf die Porigkeit und den Volumenanteil der Poren im Mineralschaum 2 Einfluss genommen werden.

[0083] Neben diesen Hauptbestandteilen der Formulierung, das heißt dem hydraulisch abbindenden Bindemittel, dem puzzolanisch abbindenden Bindemittel, welches unter anderem auch als Ersatz für einen Anteil des Sulfat-Aluminat-Zementes eingesetzt wird, sowie des Sulfats, besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass dieser Formulierung weitere, insbesondere pulverförmige, Zusatzstoffe und Hilfsstoffe beigegeben werden, wobei jedoch in der bevorzugten Ausführungsvariante diese Formulierung keine nicht reaktiven Füllstoffe enthält, also sämtliche Bestandteile reaktiv sind.

[0084] Als zusätzlicher Bestandteil kann die Formulierung SiO_2 -Partikel in einem Anteil von maximal 10 Gewichtsteilen enthalten. Insbesondere wird dabei ein so genanntes Silka fumed als SiO_2 eingesetzt, wobei in der bevorzugten Ausführungsvariante dieses SiO_2 eine BET-Oberfläche zwischen 10 m^2/g , vorzugsweise 16 m^2/g , und 30 m^2/g , vorzugsweise 20 m^2/g , aufweist.

[0085] Das puzzolanische Bindemittel weist bevorzugt einen Blaine-Wert zwischen 3000, insbesondere 4000, und 6000, insbesondere 5400, auf.

[0086] Der Sulfat-Aluminat-Zement weist bevorzugt einen Blaine-Wert zwischen 4000, insbesondere 5000, und 7000, insbesondere 6000, auf.

[0087] Bezüglich der Wirkungsweisen bzw. der Gründe für den Zusatz dieser Hilfsstoffe bzw. Verarbeitungshilfen sei generell auf voran stehenden Ausführungen verwiesen.

[0088] Die Formulierung kann weiters, insbesondere zur Reduktion des Wasseranteils, zumindest einen Hochleistungsverflüssiger in einem Anteil von maximal 1 Gewichtsanteil enthalten,

wobei bevorzugt dieser Hochleistungsverflüssiger ein Polycarboxylatether ist.

[0089] Des Weiteren kann der Formulierung zumindest ein Verdicker in einem Gewichtsanteil von max. 0,5 Gewichtsteilen zugesetzt sein, wobei dieser Verdicker bevorzugt ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Hydroxymethylpropylcellulose, Methylhydroxyethylcellulose, sowie Mischungen und Derivate daraus.

[0090] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante beträgt der Anteil des Verdickers maximal 70 % des Anteils des Hochleistungsverflüssigers.

[0091] Weiters können die Rheologie verbessernde Hilfsmittel, wie z.B. Mittel zur Reduktion der Viskosität, zugesetzt werden, um ein Absinken der Festkomponenten im Slurry zu vermeiden.

[0092] Es besteht weiters die Möglichkeit, dass der Formulierung Fasern in einem Anteil von maximal 3 Gewichtsteil zugesetzt werden, wobei diese Fasern in einer bevorzugten Ausführung, wenn sie zur Verbesserung der rheologischen Eigenschaften verwendet werden, eine Länge von maximal 200 µm aufweisen können und insbesondere ausgewählt sein können aus einer Gruppe umfassend Zellulosefasern, Basaltfasern, Glasfasern, insbesondere alkaliresistente Glasfasern, Polypropylenfasern, sowie Mischungen daraus. Fasern die zur Verbesserung der Biegezugfestigkeit zugegeben werden, weisen hingegen eine Länge von bis zu 50 mm, insbesondere zwischen 3 mm und 12 mm auf.

[0093] Zur Vermeidung von Wiederholungen sei an dieser Stelle angemerkt, dass generell auch auf voranstehende Ausführungen bezüglich der einzelnen Komponenten der Formulierung bzw. des Slurry, der Schaumkomponente oder der Slurry/Schaumkomponente Mischung verwiesen sei.

[0094] Weitere Verarbeitungshilfsstoffe sind Alkalikarbonate, wie z.B. Li_2CO_3 , Alkalisulfate, Fruchtsäuren, wie z.B. Zitronensäure, oder Weinsäure, die jeweils in einem Anteil von bis zu 2 Gewichtsteilen enthalten sein können.

[0095] Bevorzugt weist die Formulierung auch ein Hydrophobierungsmittel auf in einem Anteil von maximal 1 Gewichtsteile, um damit die Wasseraufnahme des fertigen Mineralschaums 2 zu reduzieren, sodass damit auch eine geringere Reduktion des Wärmedämmverhaltens, das heißt der Wärmeleitfähigkeit, durch Wasseraufnahme erreicht werden kann.

[0096] Der Schaumkomponente kann zur Verbesserung der Standzeit des Schaums auch ein Tensid beigemischt werden, wobei der Anteil des Tensids an der Schaumkomponente vorzugsweise maximal 10 Gewichtsteile beträgt.

[0097] Es können auch aus dem Stand der Technik bekannte Netzmittel, insbesondere in einem Anteil bis 0,2 Gewichtsteile, und hochviskose Stabilisatoren, insbesondere in einem Anteil bis 0,02 Gewichtsteile, der Schaumkomponente zugesetzt werden, um die Vermischung mit dem Slurry zu verbessern.

[0098] Der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Mineralschaum 2 weist Poren auf, die einen Durchmesser von maximal 1 mm aufweisen und in einem Anteil am Mineralschaum von 80 % vorhanden sein können.

[0099] Im Zuge von durchgeführten Tests wurden folgende beispielhaft angegebene Zusammensetzungen der erfindungsgemäßen Formulierung für den Slurry gemäß Tabelle 1 hergestellt. Dabei wurde als puzzolanisch abbindendes Bindemittel Metakaolin für die Beispiele 1 bis 7 und Basalt für die Beispiele 8 bis 15 eingesetzt. Als Sulfat wurde α -Halbhydrat von Calciumsulfat für die Beispiele 1 bis 9 und das Dihydrat von Calciumsulfat für die Beispiele 10 bis 15 eingesetzt. Die Schaumkomponente wurde entsprechend den Angaben in Tabelle 2 zusammengesetzt, wobei als Protein hydrolysiertes Keratin für die Beispiele 1 bis 15 verwendet wurde. In der Folge wurden die Slurry/Schaum Zusammensetzungen entsprechend Tabelle 3 hergestellt, wobei die lfd. Nummer jeweils entsprechend den Beispielen in den Tabellen 1 und 2 entspricht. Sämtliche Angaben zu den Zusammensetzungen in den Tabellen sind als Gewichtsteile bezogen auf die gesamte Formulierung (Tabelle 1) bzw. bezogen auf die Slurry/Schaum Mischung (Tabelle 2) zu verstehen.

[00100] Es sei angemerkt, dass im Rahmen der Erfindung auch Zusammensetzungen mit den anderen voranstehend genannten Stoffen hergestellt wurden. Die erhaltenen Werte für die gemessenen Eigenschaften des Mineralschaums 2 liegen im Bereich der angegebenen Werte lt. Tabelle 3, sodass auf die Wiedergabe dieser Beispiele verzichtet wird, da dies den Rahmen dieser Beschreibung sprengen würde.

[00101] Von diesen Zusammensetzungen wurde die Wärmeleitfähigkeit gemäß EN 1946-2 gemessen, ebenso wie die Druckfestigkeit bei einer Beanspruchung des Mineralschaums 2 mit 0,1 MPa bis 0,5 MPa und sind die entsprechenden Werte in Tabelle 3 angegeben.

[00102] Tabelle 1: Slurryzusammensetzung

Nr	SAC	Puzzolan	Sulfat	Hilfsstoffe	Wasser
1	40	40	25	5	35
2	50	40	25	5	35
3	50	30	15	2	25
4	50	30	15	2	35
5	55	20	10	5	35
6	60	20	10	5	30
7	70	20	15	8	30
8	70	20	12	6	30
9	70	15	10	6	25
10	70	15	10	7	25
11	70	10	10	7	20
12	75	10	10	8	20
13	75	10	15	8	20
14	75	5	10	9	20
15	80	5	10	10	18

[00103] Tabelle 2: Schaumzusammensetzung

Nr	Protein	Wasser	Hilfsstoffe
1	1	60	0
2	1	55	0,2
3	1	50	0,2
4	1	45	0,2
5	1	40	0,2
6	2	60	0,2
7	2	40	0,2
8	2	20	0,5
9	3	60	0,5
10	3	50	0,5
11	3	40	0,5
12	3	30	0,5
13	3	20	1
14	4	60	1
15	5	60	1

[00104] Tabelle 3: Slurry/Schaumzusammensetzung

Nr	Slurry	Schaum	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Druckfestigkeit [MPa]
1	69,40	48,20	0,038	0,10
2	93,60	47,60	0,410	0,2
3	166	47,70	0,052	0,55
4	190	45,00	0,061	0,70
5	250	43,50	0,065	1,0
6	85	40,2	0,078	0,4
7	90	55,5	0,068	0,45
8	100	48,2	0,055	0,67
9	150	47,0	0,060	0,69
10	200	54,0	0,061	0,70
11	70	44,0	0,044	0,9
12	80	48,4	0,042	0,88
13	115	47,5	0,054	0,75
14	100	47,4	0,052	1,2
15	70,0	43,2	0,563	1,5

[00105] Bezüglich der verwendeten Hilfsstoffe sei auf voranstehende Ausführungen verwiesen.

[00106] Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass die Zugabe der Schaumkomponente zum Slurry neben der beschriebenen und bevorzugten kontinuierlichen Verfahrensweise auch diskontinuierlich erfolgen kann.

[00107] Das Ausführungsbeispiel zeigt eine mögliche Ausführungsvariante der Vorrichtung 1, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellte Ausführungsvariante derselben eingeschränkt ist.

[00108] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Vorrichtung 1 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

BEZUGSZEICHENAUFSTELLUNG

- 1 Vorrichtung
- 2 Mineralschaum
- 3 Mischstrecke
- 4 Mischstrecke
- 5 Vorratsbehälter

- 6 Fördervorrichtung
- 7 Pfeil
- 8 Pfeil
- 9 Mischorgan
- 10 Mischstreckenwelle

- 11 Schaumgenerator
- 12 Protein
- 13 Vorratsbehälter
- 14 Pfeil

- 15 Pfeil
- 16 Vorratsbehälter
- 17 Pfeil
- 18 Pfeil
- 19 Fördereinrichtung
- 20 Fördereinrichtung

Patentansprüche

1. Mineralschaum umfassend eine hydraulisch abbindende Komponente und eine Schaumkomponente, wobei die hydraulisch abbindende Komponente durch eine Formulierung zur Herstellung eines selbsthärtenden Mineralschaums gebildet ist, umfassend ein hydraulisch abbindendes und ein puzzolanisch abbindendes Bindemittel sowie ein Sulfat, wobei das hydraulisch abbindende Bindemittel durch einen Sulfat-Aluminat-Zement gebildet ist, umfassend eine Sulfatkomponente und eine Aluminiumkomponente, und in einem Anteil von zumindest 50 Gewichtsteilen enthalten ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sulfat ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Calciumsulfat als Anhydrit, als Dihydrat, als α -Halbhydrat, als β -Halbhydrat, Magnesiumsulfat, Natriumsulfat, sowie Mischungen daraus, wobei der Anteil des Sulfats zwischen 5 Gewichtsteilen und 25 Gewichtsteilen beträgt.
2. Mineralschaum nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sulfatkomponente ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Calciumsulfat, α - oder β -Halbhydrat oder Dihydrat von Calciumsulfat, Anhydrit, Natriumsulfat, Eisen-(II)-sulfat, Magnesiumsulfat sowie Mischungen daraus.
3. Mineralschaum nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aluminiumkomponente ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Aluminiumoxid, Aluminiumhydroxide, Aluminiumsilikate, Aluminate sowie Mischungen daraus.
4. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Verhältnis der Sulfatkomponente zur Aluminiumkomponente ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 4:10 und einer oberen Grenze von 20:30.
5. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser SiO_2 -Partikel in einem Anteil von maximal 10 Gewichtsteilen enthält.
6. Mineralschaum nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das SiO_2 ein Silica fumed ist.
7. Mineralschaum nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das SiO_2 eine BET-Oberfläche zwischen $5 \text{ m}^2/\text{g}$ und $30 \text{ m}^2/\text{g}$ aufweist.
8. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese zumindest einen Hochleistungsverflüssiger in einem Anteil von maximal 3 Gewichtsteilen enthält.
9. Mineralschaum nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hochleistungsverflüssiger ein Polycarboxylatether ist.
10. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser zumindest einen Verdicker in einem Anteil von maximal 0,5 Gewichtsteilen enthält.
11. Mineralschaum nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdicker ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Hydroxymethylpropylcellulose, Methylhydroxyethylcellulose, sowie Mischungen daraus.
12. Mineralschaum nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil des Verdickers maximal 70 % des Anteils des Hochleistungsverflüssigers beträgt.
13. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser Fasern in einem Anteil von maximal 3 Gewichtsteilen enthält.

14. Mineralschaum nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fasern eine Länge von maximal 50 mm aufweisen.
15. Mineralschaum nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fasern ausgewählt sind aus einer Gruppe umfassend Zellulosefasern, Basaltfasern, Glasfasern, insbesondere alkaliresistente Glasfasern, Polypropylenfasern, sowie Mischungen daraus.
16. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Stoff aus einer Gruppe umfassend Alkalikarbonate, Alkalisulfate, Fruchtsäuren, enthalten ist.
17. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Hydrophobierungsmittel enthalten ist.
18. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser keine nichtreaktiven Bestandteile enthält.
19. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaumkomponente durch einen Proteinschaum und/oder einen Tensidschaum gebildet ist.
20. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil der Schaumkomponente pro m³ Slurry zwischen 30 kg/m³ und 70 kg/m³, insbesondere zwischen 40 kg/m³ und 60 kg/m³, beträgt, wobei der Slurry aus den pulverförmigen Bestandteilen unter Zusatz von Wasser gebildet ist.
21. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaumkomponente ein Tensid enthält.
22. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Anteil der Poren zumindest 70 % beträgt.
23. Mineralschaum nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Poren einen Durchmesser von maximal 0,5 mm aufweisen.
24. Bauelement mit einem Bauelementkörper, **dadurch gekennzeichnet**, dass an einer Oberfläche des Bauelementkörpers und/oder innerhalb des Bauelementkörpers ein Mineralschaum entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 23 angeordnet ist.
25. Verfahren zur Herstellung eines selbsthärtenden Mineralschaums nach dem pulverförmige Bestandteile zur Herstellung einer Formulierung in einer ersten Mischstrecke (3) zu einem Gemenge miteinander vermischt werden und diesem Gemenge Wasser zur Bildung eines Slurry zugesetzt wird, wobei dem Slurry in einer zweiten Mischstrecke (4) eine Schaumkomponente zugesetzt und in den Slurry eingemischt wird und danach der Mineralschaum erhärtet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Formulierung wie in den Ansprüchen 1 bis 18 genannt zusammengesetzt wird und der Mineralschaum ohne Autoklavierung erhärtet wird.
26. Verfahren nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaumkomponente vor dem Zusetzen zu dem Slurry in einem Schaumgenerator mit Wasser und gegebenenfalls Verarbeitungshilfsstoffen versetzt wird.
27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil der Schaumkomponente pro m³ Slurry zwischen 30 kg/m³ und 70 kg/m³ beträgt.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig.1

