

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. März 2020 (26.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/058247 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C04B 18/16 (2006.01) B03B 9/06 (2006.01)
C04B 7/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/074827

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. September 2019 (17.09.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 123 115.6
20. September 2018 (20.09.2018) DE

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen

(DE). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **WILLMS, Eike**; Petra-Kelly-Str. 17, 44309 Dortmund (DE). **KACHE, Guido**; Mozartstr. 7, 59269 Beckum (DE). **LEMKE, Jost**; Eschenweg 8, 59320 Ennigerloh (DE).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,

(54) Title: METHOD AND FACILITY FOR PRODUCING MATERIAL CONTAINING HYDRATED CEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANLAGE ZUM AUFBEREITEN VON MATERIAL, DAS ZEMENTSTEIN ENTHÄLT

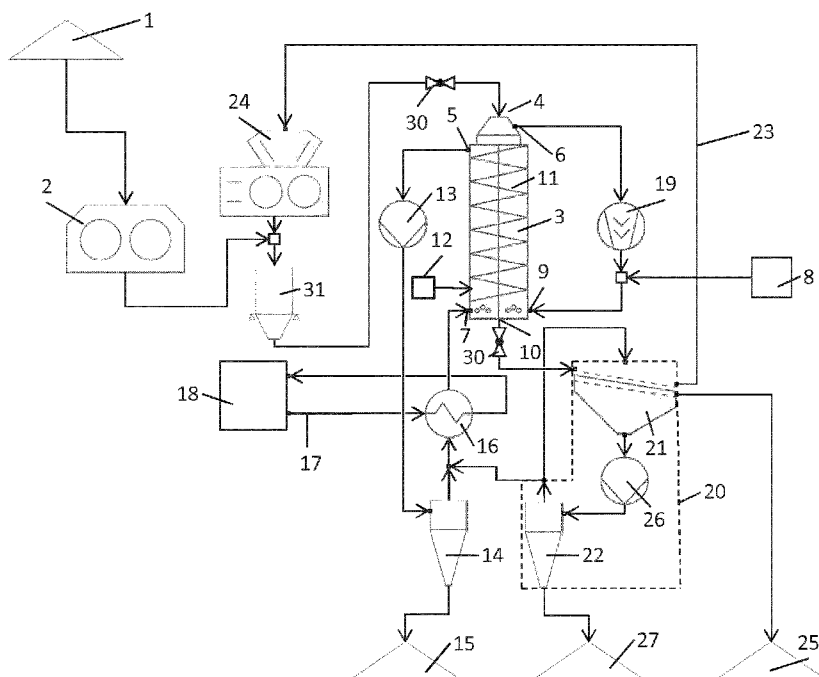


Fig. 3

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing material containing hydrated cement, wherein the material is crushed in a first crushing device (2) and then supplied to a reactor (3) in which the material is mixed with an aqueous liquid and CO₂ and in which a mixing movement of the material is generated, wherein the material removed from the reactor (3) is split into at least two fractions by means of a grading device (20). Furthermore, the temperature and the pressure in the reactor (3) are influenced such that an overpressure in comparison with the atmospheric pressure and a temperature higher than 100°C are adjusted.

(57) **Zusammenfassung:** Es ist ein Verfahren zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält, vorgesehen, wobei das Material in einer ersten Zerkleinerungsvorrichtung (2) zerkleinert und anschließend einem Reaktor (3) zugeführt wird, in dem das Material

MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

mit einer wässrigen Flüssigkeit und CO₂ vermischt und in dem eine Mischungsbewegung des Materials erzeugt wird, wobei das aus dem Reaktor (3) entnommene Material mittels einer Klassiervorrichtung (20) in mindestens zwei Fraktionen aufgeteilt wird. Weiterhin werden die Temperatur und der Druck in dem Reaktor (3) derart beeinflusst, dass ein Überdruck im Vergleich zu dem atmosphärischen Druck und eine Temperatur, die größer als 100°C ist, eingestellt werden.

Verfahren und Anlage zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält.

Bei dem Material kann es sich insbesondere um einen festen Abfallstoff, wie beispielsweise ein Betonrezyklat, handeln, das bei Abbruchaktivitäten angefallen ist. Ein solches Betonrezyklat enthält sogenannten Zementstein, d.h. ausgehärteten Zementleim, der wiederum eine Mischung aus Zement und Wasser ist. Zementleim bildet die Basis für Beton oder auch Mörtel, wobei diesem üblicherweise noch Gesteinskörner, der sogenannte Zuschlag, insbesondere Sand und/oder Kies, beigemischt wird.

Zement wird durch ein Feinmahlen von Zementklinker gewonnen. Zur Herstellung von Zementklinker werden Zement-Rohstoffe, insbesondere Kalkstein und Ton sowie mögliche Korrekturmaterien, wie beispielsweise Quarzsand und eisenoxidhaltige Materialien, zu Rohmehl gemahlen, anschließend kalziniert sowie durch Brennen in einem Klinkerofen gesintert. Bei der Kalzination wird der Kalkstein entsäuert, wobei CO₂ ausgetrieben wird.

Der beispielsweise in Beton enthaltene Zementstein wird während der Nutzung des Betons langsam durch in der Umgebungsluft enthaltenes CO₂ rekarbonatisiert, allerdings nur anteilig, üblicherweise in einer Größenordnung von etwa 25% bis 30%.

Der nicht rekarbonatisierte Anteil des Zementsteins weist ein erhebliches Rekarbonatisierungspotential auf, das durch geeignete Aufbereitungsschritte erschlossen werden kann. Das Rekarbonatisierungspotential ist insofern von Bedeutung, als dass der Zementstein CO₂ einbinden und damit immobilisieren kann.

Forschungsprojekte, die sich mit einer Rekarbonatisierung von Zementstein beschäftigen, sind in folgenden Veröffentlichungen beschrieben:

- Seidemann, M. et al. „CO₂-Einbindung in Betonrezyklaten“, (Tagungsbeitrag: Papers zur Fachtagung Recycling R'13, 19/20. September 2013),
- Bericht zur Studie „Rohstoffversorgung und Ressourcenproduktivität in der deutschen Zementindustrie“ durchgeführt von der Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal, Abschluss im Oktober 2015,
- Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem Aktenzeichen 23689/02 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, mit dem Titel „Weiterentwicklung der Karbonatisierung von rezyklierten Zuschlägen aus Altbeton (2. Phase: Prozessoptimierung im Labormaßstab und Technologieentwurf), vom 30. November 2015.

Bislang werden Betonrezyklate in größerem Umfang lediglich zu minderwertigeren Produkten verarbeitet und beispielsweise als Schotterersatz verwendet oder diese werden deponiert.

Eine Schwierigkeit hinsichtlich einer höherwertigen Verwendung von Betonrezyklaten liegt darin, den Zementstein möglichst sortenrein zurückzugewinnen, denn Zementstein ist in Betonrezyklaten, abhängig auch von deren Aufbereitungsgraden, üblicherweise nur in einem relativ geringen Anteil von zwischen 15% und 20% enthalten. Zudem ist Zementstein mit anderen im Beton enthaltenen Gesteinen üblicherweise fest verbunden. Werden Betonrezyklate zur Aufbereitung zerkleinert, führt dies häufig dazu, dass die Bruchvorgänge nicht-selektiv, d.h. nicht an den Grenzen zwischen Zementstein und den anderen Gesteinssorten, ablaufen. Eine nicht-selektive Zerkleinerung führt dazu, dass die in den Betonrezyklaten enthaltenen Gesteine nicht oder nur in einem geringen Umfang sortenrein zurückgewonnen werden können. Damit sind alle Prozesse, bei denen eine relativ feine Mahlung einer Rekarbonatisierung vorgeschaltet ist, aus technologischer Sicht als weniger effizient zu charakterisieren.

Die EP 2 895 436 B1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Zuschlag sowie von Kalziumcarbonat aus Beton-Gesteinskörnung mit folgenden Verfahrensschritten:

- Einbringen von Schüttgut, das Beton-Gesteinskörnung umfasst und das eine Korngröße von 2 bis 20 mm aufweisen kann, in einen Reaktionsraum;
- Zuleiten eines Kohlenstoffdioxid umfassenden Gases in den Reaktionsraum;
- Zerkleinern des Schüttguts in dem Reaktionsraum, was insbesondere abrasiv erfolgen kann;
- Reagierenlassen der Beton-Gesteinskörnung und des Kohlenstoffdioxid umfassenden Gases miteinander zu Reaktionsprodukten in dem Reaktionsraum;
- Ausbringen der Reaktionsprodukte aus dem Reaktionsraum.

Die DE 197 38 471 A1 beschreibt eine Betonrecyclinganlage zur Wiederaufbereitung von Restbeton aus nicht verbrauchten Frischbetonresten sowie aus Rückständen, die bei der Reinigung von Betonherstellungs- und Betontransporteinrichtungen angefallen sind. Dabei erfolgt ein Auswaschen von festen Bestandteilen aus dem Restbeton unter Zusatz von Spülwasser und deren Klassierung in einem Klassiersieb.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, eine Möglichkeit aufzuzeigen, ein Material, das Zementstein enthält, insbesondere ein Betonrezyklat, hochwertig aufzubereiten, wobei der Zementstein rekarbonatisiert und möglichst sortenrein von anderen in dem Material enthaltenen Gesteinen zurückgewonnen werden soll.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß dem Patentanspruch 1 sowie durch eine zur Durchführung eines solchen Verfahrens geeignete Anlage gemäß dem Patentanspruch 16 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens und bevorzugte Ausgestaltungsformen der erfindungsgemäßen Anlage sind Gegenstände der weiteren Patentansprüche und/oder ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Erfindung.

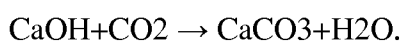
Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält, vorgesehen, wobei das Material in einer ersten Zerkleinerungsvorrichtung (vor-)zerkleinert und anschließend einem Reaktor zugeführt wird, in dem das Material mit einer wässrigen Flüssigkeit und CO₂ vermischt und in dem eine Mischungsbewegung des Materials erzeugt wird, wobei das aus dem Reaktor

entnommene Material mittels einer Klassiervorrichtung in mindestens zwei Fraktionen, die sich hinsichtlich der Korngrößen unterscheiden, aufgeteilt wird.

Eine erfindungsgemäße, zur Durchführung eines solchen Verfahrens geeignete Anlage umfasst zumindest

- 5 – eine erste Zerkleinerungsvorrichtung zur Zerkleinerung des Materials,
- einen materialführend mit der ersten Zerkleinerungsvorrichtung verbundenen Reaktor, der eine Mischvorrichtung umfasst,
- eine fluidleitend mit dem Reaktor verbundene Flüssigkeitszufuhr für eine wässrige Flüssigkeit,
- 10 – eine fluidleitend mit dem Reaktor verbundene Gaszufuhr für CO₂ und
- eine materialführend mit dem Reaktor verbundene Klassiervorrichtung zum Separieren des Materials in mindestens zwei Fraktionen.

Ein Kernaspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Vermischung beziehungsweise das in Kontakt Bringen des vorzerkleinerten Materials mit (dem in der wässrigen Flüssigkeit enthaltenen) Wasser und dem CO₂ in dem Reaktor, womit eine Rekarbonatisierung des Zementsteins erzielt werden kann. Dabei laufen die nachfolgend angegebenen Reaktionen ab:



20 Dabei scheint die Reaktion von CaOH mit CO₂ solange zu dominieren, wie CaOH zur Verfügung steht. Erst wenn die Verfügbarkeit von CaOH eingeschränkt ist, beginnt die Zersetzung der Calciumsilicathydratphasen (CSH-Phasen).

Eine Umwandlung des CaOH des Zementsteins führt bei Weiterverwendung der Fraktionen zu einer erheblichen Verbesserung der Eigenschaften der Gesteine; dies gilt beispielsweise, wenn diese zumindest teilweise in neuen Betonen eingesetzt werden sollen. Insbesondere nimmt die Porosität des Zementsteins nach einer Carbonatisierung des CaOH ab, womit im Wesentlichen alle Parameter für die Verarbeitbarkeit verbessert werden können.

Infolge der Behandlung des Materials in dem Reaktor verringert sich auch die Festigkeit des Zementsteins. Dies gilt insbesondere bei einer Behandlung bei oberhalb der Umgebungstemperatur liegenden Temperaturen, wobei die dazu einzustellenden Temperaturen auch druckabhängig sein können. Bei atmosphärischem Druck innerhalb des Reaktors kann vorzugsweise eine Temperatur zwischen 50°C und 100°C eingestellt werden. Erfindungsgemäß werden dagegen zumindest zeitweise ein Überdruck (im Vergleich zu dem atmosphärischen Druck) und eine Temperatur innerhalb des Reaktors, die größer als 100°C ist, eingestellt. Im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist es daher vorgesehen, dass die Temperatur und der Druck in dem Reaktor entsprechend beeinflusst werden. Eine erfindungsgemäße Anlage umfasst hierzu eine entsprechende Temperiervorrichtung, mittels der eine Temperatur innerhalb des Reaktors nach oben oder nach unten beeinflussbar ist, und eine Druckbeeinflussungsvorrichtung, mit der zumindest auch ein Überdruck innerhalb des Reaktors erzeugt werden kann. Eine Beeinflussung der Temperatur in dem Reaktor kann dabei durch eine entsprechende Temperierung des Reaktors selbst und/oder des dem Reaktor zuzuführenden Materials und/oder der dem Reaktor zuzuführenden wässrigen Flüssigkeit und/oder des dem Reaktor zuzuführenden CO₂-Gasstroms erfolgen. Bevorzugt kann eine Temperierung zumindest auch der wässrigen Flüssigkeit vorgesehen sein, was prozesstechnisch vorteilhaft umsetzbar ist.

Die verringerte Festigkeit des Zementsteins kann im Rahmen eines weiteren Kernaspekts des erfindungsgemäßen Verfahrens, nämlich der Erzeugung einer Mischungsbewegung in dem Reaktor, ausgenutzt werden, um durch einen regelmäßigen Kontakt der vorgebrochenen Bruchstücke miteinander sowie gegebenenfalls auch mit die Mischungsbewegung bewirkenden Mischungselementen der Mischvorrichtung einer erfindungsgemäßen Anlage eine weitere Zerkleinerung der Bruchstücke zu realisieren. Dabei wird infolge der gezielten Verringerung der Festigkeit des Zementsteins insbesondere auch eine Zerkleinerung der Bruchstücke erreicht, die selektiv ist, so dass die Bruchvorgänge insbesondere an den Grenzen zwischen Zementstein und den anderen Gesteinssorten ablaufen. Insbesondere kann

durch den intensiven Kontakt der Bruchstücke untereinander ein sehr feinkörniger Abrieb erzeugt werden, der primär aus Zementstein gebildet ist.

Dieser sehr feinkörnige Abrieb kann in vorteilhafter Weise separiert werden, indem ein Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit, in der der Abrieb in Form von Schwebepartikeln enthalten ist, dem Reaktor entnommen und anschließend mittels einer entsprechenden Separiervorrichtung aus dem Entnahmestrom separiert wird. Der Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit kann anschließend, dann als Rezirkulationsstrom, in den Reaktor zurückgeführt werden, wodurch der Verbrauch an wässriger Flüssigkeit bei der Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens gering gehalten werden kann.

Erfindungsgemäß wird das Material vor dem Einbringen in den Reaktor vorgebrochen, vorzugsweise zu Bruchstücken, deren größte Abmessungen bis zu einem beliebig definierten Wert zwischen 32 mm und 63 mm betragen können, was durch eine entsprechende Auswahl und einen darauf ausgerichteten Betrieb der (ersten) Zerkleinerungsvorrichtung eingestellt werden kann. Gegenüber einer Zerkleinerung beziehungsweise einem Vorbrechen mit einem kleineren oberen Grenzwert für die jeweilige größte zulässige Abmessung der Bruchstücke zeichnet sich ein erfindungsgemäß vorgesehenes relativ grobes Vorbrechen durch einen geringen Energiebedarf aus.

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Material nach der Behandlung in dem Reaktor mittels der Klassiervorrichtung in mindestens zwei, vorzugsweise mindestens oder exakt drei Fraktionen aufgeteilt wird. Dabei kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass eine Grobfraktion in den Reaktor zurückgeführt wird, weil deren Korngröße zu groß für eine Wiederverwertung sein kann und/oder weil bei einer derart großen Korngröße nicht von einer ausreichend sortenreinen (Grob-)Fraktion ausgegangen werden kann. Eine erfindungsgemäße Anlage kann dazu eine entsprechende Materialrückführleitung umfassen.

Die oder zumindest eine der anderen Fraktionen, die bei mehr als zwei Fraktionen vorzugsweise mittelgroß ist und folglich nachfolgend als Mittelfraktion bezeichnet

wird, kann Korngrößen in einem Bereich aufweisen, der eine vorteilhafte Weiterverwendung ermöglicht und/oder bei dem von einer ausreichend sortenreinen Fraktion ausgegangen werden kann. Im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens kann eine solche Fraktion daher ausgeschleust werden, d.h. es erfolgt im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens keine Weiterverarbeitung dieser Fraktion mehr. Insbesondere kann es sich bei dieser Fraktion um ein Fertigprodukt handeln, das nicht mehr mit dem Ziel einer Veränderung weiterbehandelt werden soll, sondern unverändert als beispielsweise Zuschlagstoff Verwendung finden kann.

Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass Bruchstücke des Materials, deren Korngrößen größer als 16 mm sind (Grobfraktion), im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens in den Reaktor zurückgeführt werden. Sofern die Bruchstücke des Materials mittels der Klassiervorrichtung in mehr als zwei und insbesondere in exakt drei Fraktionen separiert werden, kann weiterhin bevorzugt vorgesehen sein, dass die Korngrößen der oder einer Mittelfraktion zwischen 2 mm und 16 mm betragen. In diesem Fall kann folglich auch eine Feinfraktion mittels der Klassiervorrichtung separiert werden, deren Korngrößen kleiner als 2 mm sind. Auch eine solche Feinfraktion kann vorzugsweise ausgeschleust werden, wobei vorgesehen sein kann, die Feinfraktion für eine Wiederverwendung vorzusehen. Bei einer Aufbereitung von Betonrezyklat kann es sich bei seiner solchen Feinfraktion insbesondere um weitgehend sortenreinen Sand handeln, der vorteilhaft wiederverwertbar ist. Sofern die Feinfraktion für eine Wiederverwendung ungeeignet ist, kann deren Deponierung vorgesehen sein.

Gegebenenfalls kann es auch sein, dass eine mittels der Klassiervorrichtung separierte Fraktion, insbesondere die genannte Mittelfraktion, deren Korngrößen vorzugsweise zwischen 2 mm und 16 mm betragen, nicht oder nicht immer ausreichend sortenreinen ist. Um dies ermitteln zu können, kann vorgesehen sein, dass diese Fraktion hinsichtlich des Gehalts an Zementstein analysiert wird. Weiterhin bevorzugt kann dann noch vorgesehen sein, dass diese Fraktion in den Reaktor zurückgeführt wird, wenn der ermittelte Gehalt an Zementstein größer als ein diesbezüglich definierter Grenzwert ist. Der entsprechende Anteil dieser Fraktion

kann dann erneut innerhalb des Reaktors behandelt werden, so dass nach einem erneuten Separieren in der Klassiervorrichtung die Qualitätsanforderungen an diesen erfüllt werden. Eine erfindungsgemäße Anlage kann eine entsprechende Analysevorrichtung und eine entsprechende Materialrückführleitung umfassen.

5 Um eine möglichst schnelle/weitgehende Zersetzung der für den Zementstein festigkeitsgebenden Calciumsilicathydratphasen (CSH-Phasen) zu erreichen, kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass in den Reaktor ein basischer Zuschlagstoff (z.B. NaOH) eingebracht wird. Dadurch kann der pH-Wert bei der Reaktion in dem Reaktor kontrolliert eingestellt werden. Eine erfindungsgemäße Anlage kann dazu
10 eine entsprechende Eintragsvorrichtung für einen solchen basischen Zuschlagstoff umfassen.

Eine besonders gute Durchmischung des Materials mit der wässrigen Flüssigkeit und mit dem CO₂ kann im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens erreicht werden, wenn das Material in dem Reaktor von der wässrigen Flüssigkeit und dem
15 CO₂ im Gegenstrom durchströmt wird. Der Reaktor einer erfindungsgemäßen Anlage kann hierzu vorzugsweise ein erstes Ende aufweisen, dem ein Materialeinlass zum Einbringen des Materials in den Reaktor, ein Flüssigkeitsauslass zum Ausbringen von wässriger Flüssigkeit aus dem Reaktor sowie ein Gasauslass zum Ausbringen von CO₂ aus dem Reaktor zugeordnet ist. Weiterhin kann ein solcher
20 Reaktor ein vorzugsweise dem ersten Ende gegenüberliegendes, zweites Ende aufweisen, dem ein Materialauslass zum Ausbringen des Materials aus dem Reaktor, ein Flüssigkeitseinlass zum Einbringen der wässrigen Flüssigkeit in den Reaktor sowie ein Gaseinlass zum Einbringen des CO₂ in den Reaktor zugeordnet ist. Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass der Reaktor als Vertikalreaktor ausgebildet
25 ist, so dass dieser, bezogen auf die Gravitationsrichtung, an dem oben liegenden, ersten Ende den Materialeinlass, den Flüssigkeitsauslass und den Gasauslass sowie an dem unten liegenden, zweiten Ende den Materialauslass, den Flüssigkeitseinlass und den Gaseinlass umfasst.

Der Flüssigkeitseinlass und der Gaseinlass können auch integral ausgebildet sein, so dass dann die wässrige Flüssigkeit und das CO₂ vor dem Einbringen in den Reaktor miteinander vermischt werden. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass das CO₂ in der wässrigen Flüssigkeit aufgelöst wird.

5 Bei einer Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem das Material in dem Reaktor von der wässrigen Flüssigkeit und dem CO₂ im Gegenstrom durchströmt wird, kann weiterhin bevorzugt vorgesehen sein, dass das CO₂ dem Reaktor überdosiert, d.h. in einer Menge, die von dem in dem Reaktor enthaltenen Material während eines Durchlaufs nicht vollständig umgesetzt werden kann,
10 zugeführt wird. Dadurch kann auch noch im Bereich des Materialeinlasses beziehungsweise des Gasauslasses CO₂ in einem Umfang zur Verfügung stehen, der eine möglichst weitgehende Umsetzung des CO₂ mit dem Zementstein gewährleistet. In diesem Fall ist es sinnvoll, dass ein Gasstrom des CO₂ über den Gasauslass aus dem Reaktor entnommen und zu dem Reaktor rezirkuliert wird.
15 Dadurch kann das in dem vorausgegangenen Durchlauf nicht umgesetzte CO₂ erneut verwendet werden. Eine erfindungsgemäße Anlage kann hierfür eine entsprechende Gasrückführleitung umfassen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem ein Rückführen einer Grobfraction von der Klassiervorrichtung zu dem
20 Reaktor erfolgt, kann vorgesehen sein, dass die Grobfraction vor der Rückführung in den Reaktor in einer zweiten Zerkleinerungsvorrichtung zerkleinert wird. Dadurch kann die Größe der Flächen der Bruchstücke der Grobfraction, die in dem Reaktor mit der wässrigen Flüssigkeit und dem CO₂ in Kontakt gebracht wird, vergrößert werden.

25 Technisch einfach umsetzbar ist ein Austrag des Materials aus dem Reaktor zusammen mit einem Teil der wässrigen Flüssigkeit. Dementsprechend kann auch vorgesehen sein, dass die mindestens zwei Fraktionen aus einem Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit, der mit dem Material dem Reaktor entnommen wurde, separiert werden. Um den Verbrauch an wässriger Flüssigkeit gering zu halten, kann

dann weiterhin bevorzugt vorgesehen sein, dass der von den Fraktionen befreite Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit zumindest teilweise in die Klassiervorrichtung und/oder zumindest teilweise in den Reaktor zurückgeführt wird.

5
10
15
Sofern mittels der Klassiervorrichtung exakt drei Fraktionen separiert werden, kann dann weiterhin bevorzugt vorgesehen sein, dass die Klassiervorrichtung eine zweistufige Siebvorrichtung umfasst, wobei in einer ersten Siebstufe die Grobfraction und in einer zweiten Siebstufe die Mittelfraction aus dem Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit mit den darin enthaltenen Bruchstücken des Materials separiert werden. Der Siebvorrichtung kann dann noch eine Separiervorrichtung nachgeschaltet sein, die beispielsweise in Form eines Hydrozyklons ausgebildet sein kann. In dieser Separiervorrichtung kann dann noch die Feinfraction aus dem Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit separiert werden. Der Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit kann dann weitestgehend von dem Material befreit sein. Gegebenenfalls kann dem Hydrozyklon noch eine Filterpresse nachgeschaltet sein, mittels der die Feinfraction weiter entwässert werden kann.

20
Durch die Behandlung in dem Reaktor kann im Wesentlichen nur eine Aufbereitung von mineralischen Bestandteilen des Materials erfolgen. Es kann demnach im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft sein, wenn dem Material vor dem Einbringen in den Reaktor nicht-mineralische, insbesondere metallische Bestandteile, wie sie in Betonrezyklaten insbesondere zur Bewehrung eingesetzt werden, entnommen werden. Dies kann vor und/oder nach dem Vorbrechen mittels der (ersten) Zerkleinerungsvorrichtung erfolgen. Eine erfindungsgemäße Anlage kann hierfür eine entsprechende Entnahmevorrichtung umfassen.

25
Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigt, jeweils in schematischer Darstellung:

Fig. 1: die Durchführung eines Verfahrens zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält, und die dabei eingesetzte Anlage gemäß einer ersten Ausführungsform;

Fig. 2: die Durchführung eines Verfahrens zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält, und die dabei eingesetzte Anlage gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 3: die Durchführung eines Verfahrens zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält, und die dabei eingesetzte Anlage gemäß einer dritten, erfindungsgemäßen Ausführungsform; und

Fig. 4: die Durchführung eines Verfahrens zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält, und die dabei eingesetzte Anlage gemäß einer vierten, erfindungsgemäßen Ausführungsform.

Die Fig. 1 bis 4 zeigen jeweils die Durchführung eines Verfahrens zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält, sowie die dabei eingesetzte Anlage, wobei bei den Verfahren gemäß den Fig. 3 und 4 erfindungsgemäß ein Betrieb eines Reaktors 3 mit einem über dem Umgebungsdruck liegenden Druck vorgesehen ist und innerhalb des Reaktors 3 eine Temperatur eingestellt wird, die über 100°C liegt.

Bei der Durchführung eines solchen Verfahrens wird ein stückiges Material, bei dem es sich insbesondere um einen Betonrezyklat handeln kann, aus einem Lager 1 entnommen und einer ersten Zerkleinerungsvorrichtung 2 zugeführt, wobei das Material vor der Zuführung zu der ersten Zerkleinerungsvorrichtung 2 grob aufbereitet worden sein kann. Insbesondere können bei dieser Aufbereitung nicht-mineralische Bestandteile des Materials, beispielsweise metallische Bewehrungen des Betonrezyklats, entnommen worden sein. Auch bei dieser Aufbereitung kann bereits eine Zerkleinerung erfolgt beziehungsweise notwendig geworden sein, wobei vorgesehen sein kann, dass die Kantenlängen der dabei entstandenen Bruchstücke des Materials über 300 mm betragen können.

In der ersten Zerkleinerungsvorrichtung 2 wird das Material grob vorgebrochen, wobei die dabei entstehenden Bruchstücke Kantenlängen beziehungsweise größte Abmessungen aufweisen können, die bis zu 63 mm betragen können.

Das mittels der ersten Zerkleinerungsvorrichtung 2 vorgebrochene Material wird anschließend dem Reaktor 3 der Anlage zugeführt. Dieser ist in Form eines Vertikalreaktors, der insbesondere ein zylindrisches Reaktorgehäuse umfassen kann, ausgeführt. Der Reaktor 3 weist an einem ersten, oberen Ende des zylindrischen Reaktorgehäuses einen Materialeinlass 4 auf, über den das Material in den Reaktorinnenraum eingebracht werden kann. Dabei sollte für eine ausreichende Dichtheit im Bereich des Materialeinlasses 4 gesorgt sein, um ein Eintreten von Umgebungsluft über den Materialeinlass 4 möglichst weitgehend zu vermeiden. An diesem oberen Ende weist der Reaktor 3 weiterhin einen Flüssigkeitsauslass 5 zum Ausbringen von wässriger Flüssigkeit sowie einen (höher als der Flüssigkeitsauslass 5 gelegenen) Gasauslass 6 zum Ausbringen von (überdosiertem) CO₂ auf. Die wässrige Flüssigkeit und das CO₂ wurden über einen Flüssigkeitseinlass 7 sowie über einen mit einem CO₂-Gasspeicher 8 verbundenen Gaseinlass 9, die an einem zweiten, unteren Ende des Reaktors 3 vorgesehen sind, in den Reaktorinnenraum eingebracht. An diesem unteren Ende weist der Reaktor 3 weiterhin einen Materialauslass 10 auf.

Material, das über den Materialeinlass 4 in den Reaktor 3 eingebracht worden ist, sinkt innerhalb des Reaktorinnenraums schwerkraftbedingt in Richtung des Materialauslasses 10 ab, wobei dieses im Gegenstrom von der wässrigen Flüssigkeit und dem CO₂, die von den jeweiligen Einlässen 7, 9 an dem unteren Ende zu den jeweiligen Auslässen 5, 6 an dem oberen Ende des Reaktors 3 strömen, durchströmt wird.

Innerhalb des Reaktorinnenraums ist weiterhin eine Mischvorrichtung 11 angeordnet, die beispielsweise eine rotierend antreibbare Zentralwelle mit Mischelementen aufweisen kann. Die Mischvorrichtung 11 kann jedoch auch wellenlos oder in Form einer Mischschnecke ausgeführt sein. Weiterhin kann die Mischvorrichtung 11 auch in Form einer Mühle, beispielsweise einer Kugelmühle, vorgesehen sein, wobei dann im Vergleich zu einer konventionellen Kugelmühle, die primär einem Mahlen von Material dient, die Anzahl an Mahlkörpern deutlich geringer gewählt sein kann. Die

Mischvorrichtung 11 hat die Funktion, eine permanente Relativbewegung der Bruchstücke des Materials zueinander sicherzustellen.

Während des Aufenthalts des Materials innerhalb des Reaktors 3 wird dieses infolge dieser Relativbewegungen weiter zerkleinert, wobei kontinuierlich neue Bruchflächen entstehen, die für eine Reaktion mit der wässrigen Flüssigkeit und dem CO₂ zur Verfügung stehen. Weiterhin wird durch die Anwesenheit der wässrigen Flüssigkeit und des CO₂ der in dem Material enthaltene Zementstein rekarbonatisiert. Die Prozessbedingungen sind dabei insbesondere über die Verweilzeit des Materials in dem Reaktor 3, über die Temperatur in dem Reaktor 3 (vorzugsweise zwischen 50°C und 100°C bei dem drucklosen Verfahren gemäß den Fig. 1 und 2) und über den pH-Wert in dem Reaktor 3, der mittels einer Eintragsvorrichtung 12 zum Einbringen eines basischen Zuschlagstoffs (z.B. NaOH) in den Reaktor beeinflussbar ist, einstellbar.

Durch den intensiven Kontakt zwischen den Bruchstücken des Materials während der Durchmischung in dem Reaktor 3 wird insbesondere auch ein sehr feinkörniger Abrieb erzeugt, der im Wesentlichen aus rekarbonatisiertem Zementstein besteht. Dieser Abrieb liegt im Wesentlichen in Form von Schwebepartikeln innerhalb der wässrigen Flüssigkeit vor und kann in vorteilhafter Weise über den Flüssigkeitsauslass 5 mitsamt eines Entnahmestroms der wässrigen Flüssigkeit aus dem Reaktor 3 abgeführt werden. Mittels einer Pumpe 13 wird dieser Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit mit den darin enthaltenen Schwebepartikeln einer beispielsweise in Form eines Hydrozyklons ausgebildeten Separiervorrichtung 14 zugeführt. Mittels dieser Separiervorrichtung 14 wird der Abrieb aus dem Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit separiert und in ein Produktlager 15 ausgeschleust. Dabei kann der Abrieb noch in Form einer Suspension vorliegen, der gegebenenfalls noch getrocknet beziehungsweise eingedickt werden kann (nicht dargestellt).

Da es sich bei dem Abrieb im Wesentlichen um sortenreinen Zementstein handeln kann, der zudem in einem relevanten Umfang rekarbonatisiert wurde, kann dieser in

vorteilhafter Weise für eine Weiterverwendung geeignet sein. Dieser Zementstein-Abrieb kann chemisch Rohmehl, der für die Herstellung von Zementklinker verwendet wird, ähnlich sein und dann daher als sekundäres Rohmaterial bei einer solchen Herstellung von Zementklinker eingesetzt werden. Weil dieser Zementstein-Abrieb bereits deutlich feinkörniger als Rohmehl aus natürlichen Rohstoffen sein kann, kann bei einer Nutzung von diesem als sekundäres Rohmaterial Energie eingespart werden, die anderenfalls für die Mahlung von Rohmehl aus natürlichen Rohstoffen erforderlich wäre. Zudem müssten solche Rohstoffe dann in einem entsprechend verringerten Umfang abgebaut werden.

Der von dem Abrieb befreite Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit wird als Rezirkulationsstrom über den Flüssigkeitseinlass 7 in den Reaktor 3 zurückgeführt. Dabei wird dieser vorab über einen Wärmetauscher 16 geführt, in dem ein Wärmeübergang auf diesen Entnahmestrom oder ein Wärmeübergang von diesem Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit auf ein Temperiermedium (z.B. Wasser), das in einer Temperiereinrichtung 17 zirkuliert, bewirkt werden kann. In diese Temperiereinrichtung 17 ist weiterhin eine Wärmequelle oder Wärmesenke 18 integriert, um entweder Wärmeenergie bereitzustellen (z.B. Abwärme aus einem nahe gelegenen Zementwerk), die in dem Wärmetauscher 16 auf den Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit übertragen werden kann, oder um Wärmeenergie, die von dem Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit auf das Temperiermedium übertragen worden ist, abzuführen (z.B. mittels eines Umgebungswärmetauschers).

CO₂, das an dem oberen Ende des Reaktors 3 und damit im Bereich des Gasauslasses 6 angekommen und folglich bei den innerhalb des Reaktors 3 erfolgenden Reaktionen nicht umgesetzt worden ist, wird mittels einer als Verdichter (z.B. Schraubenkompressor) oder Gebläse (z.B. Drehkolbengebläse) ausgebildeten Fördereinrichtung 19 zu dem Gaseinlass 9 rezirkuliert und folglich, bedarfsweise vermischt mit frischem CO₂ aus dem CO₂-Gasspeicher 8, wieder in den Reaktor 3 eingebracht. Dabei kann auch vorgesehen sein, zumindest einen Teil des CO₂ mittels beispielsweise eines Einspritzkondensators stromab des Wärmetauschers 16 in den Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit einzubringen und auf diesem Weg dem

Reaktor 3 zuzuführen (nicht dargestellt). Eine Dosierung des CO₂ und damit insbesondere der Umfang der Zumischung von CO₂ aus dem CO₂-Gasspeicher 8 in den rezirkulierten Gasstrom des CO₂ kann vorzugsweise in Abhängigkeit von der Konzentration an CO₂ im Bereich des Gasauslasses 6 eingestellt werden.

5 Das in dem Reaktor 3 behandelte Material wird zusammen mit einem Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit über den Materialauslass 10 aus dem Reaktor 3 abgeführt und einer Klassiervorrichtung 20 zugeführt, die u.a. eine zweistufige Siebvorrichtung 21 sowie eine der Siebvorrichtung 21 nachgeschaltete Separiervorrichtung 22, die wiederum in Form eines Hydrozyklons ausgebildet ist, umfasst.

10 In einer ersten Siebstufe der Siebvorrichtung 21 wird eine Grobfraction des Materials, die Korngrößen aufweist, die größer als 16 mm sind, aus dem Austragsstrom separiert. Diese Grobfraction wird über eine Materialrückführleitung 23 mit einer darin integrierten, zweiten Zerkleinerungsvorrichtung 24, die beispielsweise in Form einer Hochdruckrollenpresse ausgebildet sein kann, in den
15 Strom des „frischen“ Materials eingemischt und mit diesem gemeinsam in den Reaktor 3 (zurück-)geführt. Sofern das Material in einer Form vorliegt, die ermöglicht, dass dieses bereits nach dem Vorbrechen in der ersten Zerkleinerungsvorrichtung 2 hinsichtlich der Körnung und Zusammensetzung ausreichend konstant und homogen ist, kann gegebenenfalls auf die Rückführung der
20 Grobfraction verzichtet beziehungsweise der Anteil an zurückgeführter Grobfraction kann nahezu null oder äußerst gering sein. Weiterhin besteht auch die Möglichkeit, die erste Zerkleinerungsvorrichtung 2 und die zweite Zerkleinerungsvorrichtung 24 integral auszubilden beziehungsweise dieselbe Zerkleinerungsvorrichtung zur Verkleinerung sowohl des von dem Lager 1 zugeführten Materials als auch der
25 zurückgeführten Grobfraction des Materials zu verwenden.

Eine Mittelfraction des Materials, die Korngrößen aufweist, die größer als 2 mm (und kleiner als 16 mm) sind, wird mittels einer zweiten Siebstufe der Siebvorrichtung 21 aus dem Austragsstrom separiert und in ein Produktlager 25 ausgeschleust. Hierbei kann es sich insbesondere um im Wesentlichen vollständig

von Zementstein befreite Gesteine, die insbesondere als Zuschlag des Betons vorgesehen waren, handeln. Infolge der Sortenreinheit können auch diese in vorteilhafter Weise unmittelbar wiederverwendet werden.

5 Eine Feinfraktion des Materials, deren Korngrößen kleiner als 2 mm sind, passieren die Siebvorrichtung 21 gemeinsam mit dem Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit und wird, gefördert mittels einer Pumpe 26, der Separiervorrichtung 22 der Klassiervorrichtung 20 zugeführt und mittels dieser aus dem Austragsstrom separiert. Auch diese Feinfraktion, bei der es sich insbesondere um weitgehend sortenreinen Sand handeln kann, kann in ein Produktlager 27 ausgeschleust und wiederverwendet
10 werden.

Der von den Fraktionen befreite Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit wird teilweise zu einer Einlassseite der Siebvorrichtung 21 zurückgeführt, insbesondere auch um diese zu spülen, und teilweise dem Entnahme- beziehungsweise Rezirkulationsstrom der wässrigen Flüssigkeit zugemischt und zusammen mit
15 diesem in den Reaktor 3 zurückgeführt.

Gegebenenfalls (beispielsweise in Abhängigkeit von dem konkret zu behandelnden Material beziehungsweise Betonrezyklat) kann es sinnvoll sein, die Mittelfraktion vor dem Ausschleusen noch hinsichtlich des Restgehalts an Zementstein zu analysieren, wozu eine Anlage gemäß der Fig. 2 eine entsprechende
20 Analysevorrichtung 28 umfassen kann. Die Anlage und das damit durchgeführte Verfahren entsprechen ansonsten derjenigen und demjenigen gemäß der Fig. 1. Wird mittels der Analysevorrichtung 28 festgestellt, dass die Mittelfraktion (zeitweise) einen Anteil an Zementstein aufweist, der größer als ein hierfür definierter Grenzwert ist, kann vorgesehen sein, diesen Teil der Mittelfraktion über eine weitere
25 Materialrückführleitung in den Reaktor 3 zurückzuführen. Alternativ zu der Ausführungsform gemäß der Fig. 2 kann dabei auch vorgesehen sein, auch diesen zurückgeführten Anteil der Mittelfraktion über die zweite Zerkleinerungsvorrichtung 24 zu führen, um diese vor dem Einbringen in den Reaktor 3 weiter zu zerkleinern.

Die erfindungsgemäßen Ausführungsformen von Verfahren zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält, und die dabei eingesetzten Anlagen gemäß den Fig. 3 und 4 unterscheiden sich von denjenigen gemäß den Fig. 1 und 2 im Wesentlichen ausschließlich darin, dass gemäß den Fig. 3 und 4 ein Betrieb des Reaktors 3 mit einem über dem Umgebungsdruck liegenden Druck (vorzugsweise bis zu 500 mbar Überdruck) vorgesehen ist. Dadurch wird insbesondere auch ermöglicht, innerhalb des Reaktors 3 eine Temperatur einzustellen, die über 100°C liegt, ohne dass es dabei in einem großen Umfang zu einem Verdampfen der wässrigen Flüssigkeit kommt.

Für einen solchen druckaufgeladenen Betrieb des Reaktors 3 muss dieser zumindest hinsichtlich der Materialzufuhr und Materialabfuhr zeitweise isoliert beziehungsweise drucktechnisch abgetrennt werden, was gemäß den Fig. 3 und 4 durch die Integration entsprechender Absperrventile 30 bewirkt werden kann. Ein Einbringen von Material in den Reaktor 3 und auch ein Abführen des Materials aus dem Reaktor 3 kann dabei entweder nach einer Druckentlastung des Reaktors 3 erfolgen oder es sind im Bereich der Materialzufuhr und Materialabfuhr Druckschleusen 31, die auch ein relativ großes Zwischenspeichervolumen für das Material zur Verfügung stellen können, vorzusehen.

Bei einem druckaufgeladenen Betrieb des Reaktors 3 ist zu beachten, dass bei einem Ausschleusen von wässriger Flüssigkeit aus dem Reaktor 3 oder beim Öffnen einer Druckschleuse 31 schlagartig Wasserdampf austreten kann. Daher kann es sinnvoll sein, ein Überhöhen der Temperatur innerhalb des Reaktors 3 auf mehr als 100°C und ein Überhöhen des darin herrschenden Drucks auf Werte oberhalb des Umgebungsdrucks zyklisch durchzuführen, wobei zum Ende jedes Zyklus der Reaktor 3 druckentlastet sowie die Temperatur auf knapp unter 100°C abgesenkt werden. Hierzu kann insbesondere eine Kühlung des Entnahmestroms der wässrigen Flüssigkeit mittels des Wärmetauschers 16 vorgesehen sein. Weil der Reaktor 3 für den sich anschließenden Zyklus wieder aufgeheizt werden muss, könnte es in diesem Fall sinnvoll sein, den Wärmetauscher 16 rekuperativ auszubilden, wobei als Speichermasse zur Zwischenspeicherung von Wärmeenergie beispielsweise das in

einer Druckschleuse 31 oder einem sonstigen Zwischenbunker gelagerte Material dienen kann. Dabei kann auch vorgesehen sein, einen solchen Zwischenbunker in Einzelsektionen zu unterteilen und die Wände und Zwischenwände eines solchen Zwischenbunkers derart auszuführen, dass diese von Temperiermedium der
5 Temperiervorrichtung 17 durchströmt werden können, um einen möglichst guten Übergang von Wärmeenergie realisieren zu können. Als zusätzliches Regelglied für schnelle Temperiereingriffe kann sich auch eine hohlwandige Ausführung eines Unterturms der Siebvorrichtung 21 anbieten, wenn dieser von Temperiermedium durchströmbar wäre.

10

Bezugszeichenliste:

	1	Lager
	2	erste Zerkleinerungsvorrichtung
	3	Reaktor
5	4	Materialeinlass
	5	Flüssigkeitsauslass
	6	Gasauslass
	7	Flüssigkeitseinlass
	8	CO ₂ -Gasspeicher
10	9	Gaseinlass
	10	Materialauslass
	11	Mischvorrichtung
	12	Eintragsvorrichtung
	13	Pumpe
15	14	Separiervorrichtung
	15	Produktlager
	16	Wärmetauscher
	17	Temperiertvorrichtung
	18	Wärmequelle/Wärmesenke
20	19	Fördervorrichtung
	20	Klassiertvorrichtung
	21	Siebvorrichtung
	22	Separiervorrichtung
	23	Materialrückführleitung
25	24	zweite Zerkleinerungsvorrichtung
	25	Produktlager
	26	Pumpe
	27	Produktlager
	28	Analysevorrichtung
30	29	Materialrückführleitung

- 30 Absperrventil
- 31 Druckschleuse

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Aufbereiten von Material, das Zementstein enthält, wobei das Material in einer ersten Zerkleinerungsvorrichtung (2) zerkleinert und anschließend einem Reaktor (3) zugeführt wird, in dem das Material mit einer wässrigen Flüssigkeit und CO₂ vermischt und in dem eine Mischungsbewegung des Materials erzeugt wird, wobei das aus dem Reaktor (3) entnommene Material mittels einer Klassiervorrichtung (20) in mindestens zwei Fraktionen aufgeteilt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur und der Druck in dem Reaktor (3) derart beeinflusst werden, dass ein Überdruck im Vergleich zu dem atmosphärischen Druck und eine Temperatur, die größer als 100°C ist, eingestellt werden.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (3) ein Entnahmestrom der wässrigen Flüssigkeit entnommen wird, wobei aus diesem Entnahmestrom Schwebepartikel des Materials separiert und ausgeschleust werden.
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Entnahmestrom nach der Separierung der Schwebepartikel als Rezirkulationsstrom in den Reaktor (3) zurückgeführt wird.
4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass von den mindestens zwei Fraktionen eine Grobfraktion in den Reaktor (3) zurückgeführt wird.
5. Verfahren gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grobfraktion vor der Rückführung in den Reaktor (3) in einer zweiten Zerkleinerungsvorrichtung (24) zerkleinert wird.
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das aus dem Reaktor (3) entnommene Material mittels der

Klassiervorrichtung (20) in mindestens drei Fraktionen aufgeteilt wird, von denen eine Feinfraktion und eine Mittelfraktion ausgeschleust werden.

- 5 7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei zwei Fraktionen die kleinere der Fraktionen oder bei mindestens drei Fraktionen die oder eine Mittelfraktion Korngrößen zwischen 2 mm und 16 mm aufweist.
- 10 8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei zwei Fraktionen die kleinere der Fraktionen oder bei mindestens drei Fraktionen die oder eine Mittelfraktion hinsichtlich des Gehalts an Zementstein analysiert wird.
9. Verfahren gemäß Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die analysierte Fraktion in den Reaktor (3) zurückgeführt wird, wenn der ermittelte Gehalt an Zementstein größer als ein Grenzwert ist.
- 15 10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Reaktor (3) ein basischer Zuschlagstoff eingebracht wird.
11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Material in dem Reaktor (3) von der wässrigen Flüssigkeit und dem CO₂ im Gegenstrom durchströmt wird.
- 20 12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens zwei Fraktionen aus einem Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit, der zusammen mit dem Material dem Reaktor (3) entnommen wurde, separiert werden.
- 25 13. Verfahren gemäß Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der von den Fraktionen befreite Austragsstrom der wässrigen Flüssigkeit zumindest teilweise in die Klassiervorrichtung (20) und/oder zumindest teilweise in den Reaktor (3) zurückgeführt wird.

14. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Gasstrom des CO₂ aus dem Reaktor (3) entnommen und zu dem Reaktor (3) rezirkuliert wird.

5 15. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Material vor dem Einbringen in den Reaktor (3) nicht-mineralische Bestandteile entnommen werden.

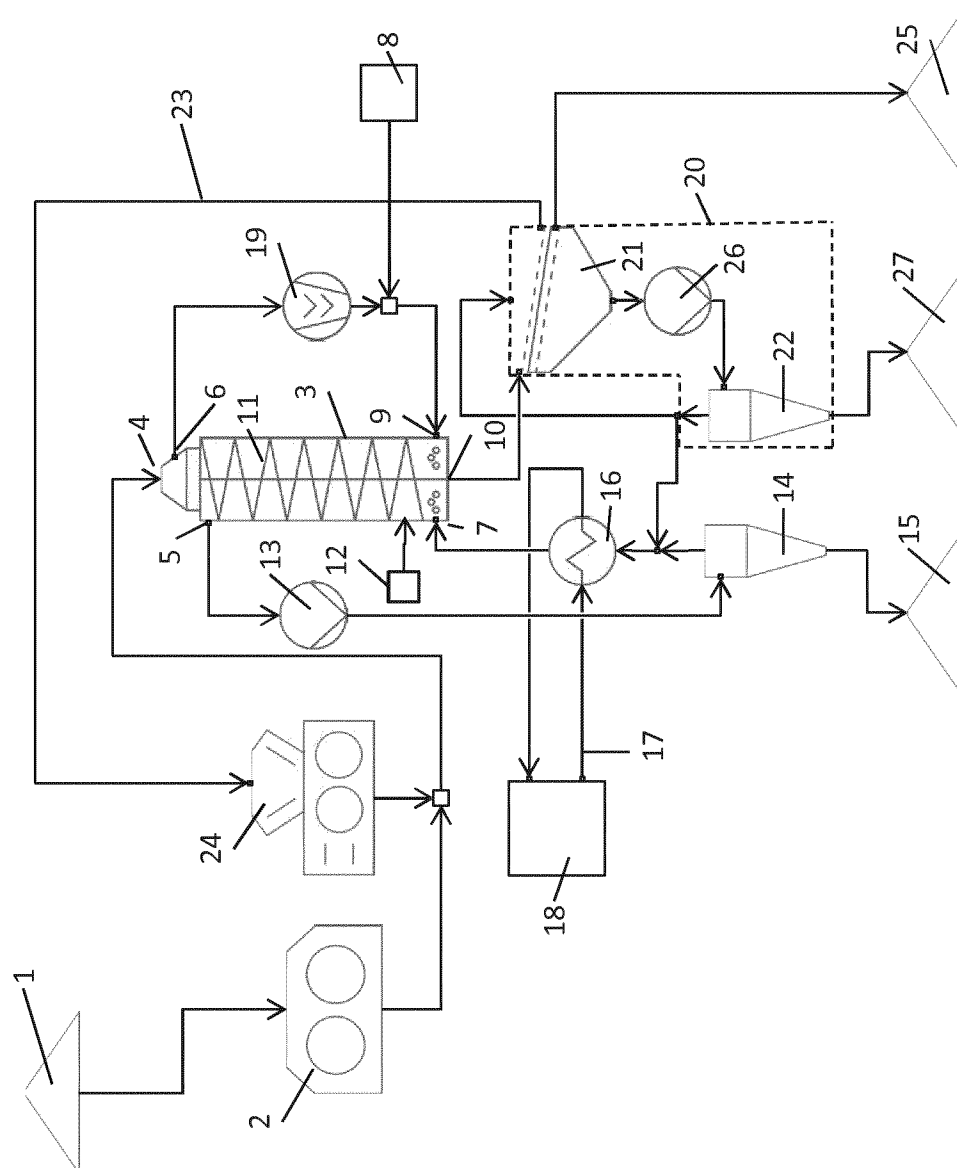
10 16. Anlage zur Aufbereitung von Material, das Zementstein enthält, mit

- einer (ersten) Zerkleinerungsvorrichtung (2) zur Zerkleinerung des Materials,
- einem materialführend mit der (ersten) Zerkleinerungsvorrichtung (2)
- 15 verbundenen Reaktor (3), der eine Mischvorrichtung (11) umfasst,
- einer fluidleitend mit dem Reaktor (3) verbundenen Flüssigkeitszufuhr für eine wässrige Flüssigkeit,
- einer fluidleitend mit dem Reaktor (3) verbundenen Gaszufuhr für CO₂,
- einer materialführend mit dem Reaktor (3) verbundenen Klassiervorrichtung
- 20 (20) zum Aufteilen des Materials in mindestens zwei Fraktionen
- einer Temperiertvorrichtung (17) zur Beeinflussung einer Temperatur in dem Reaktor und
- einer Druckbeeinflussungsvorrichtung zur Beeinflussung eines Drucks in dem Reaktor.

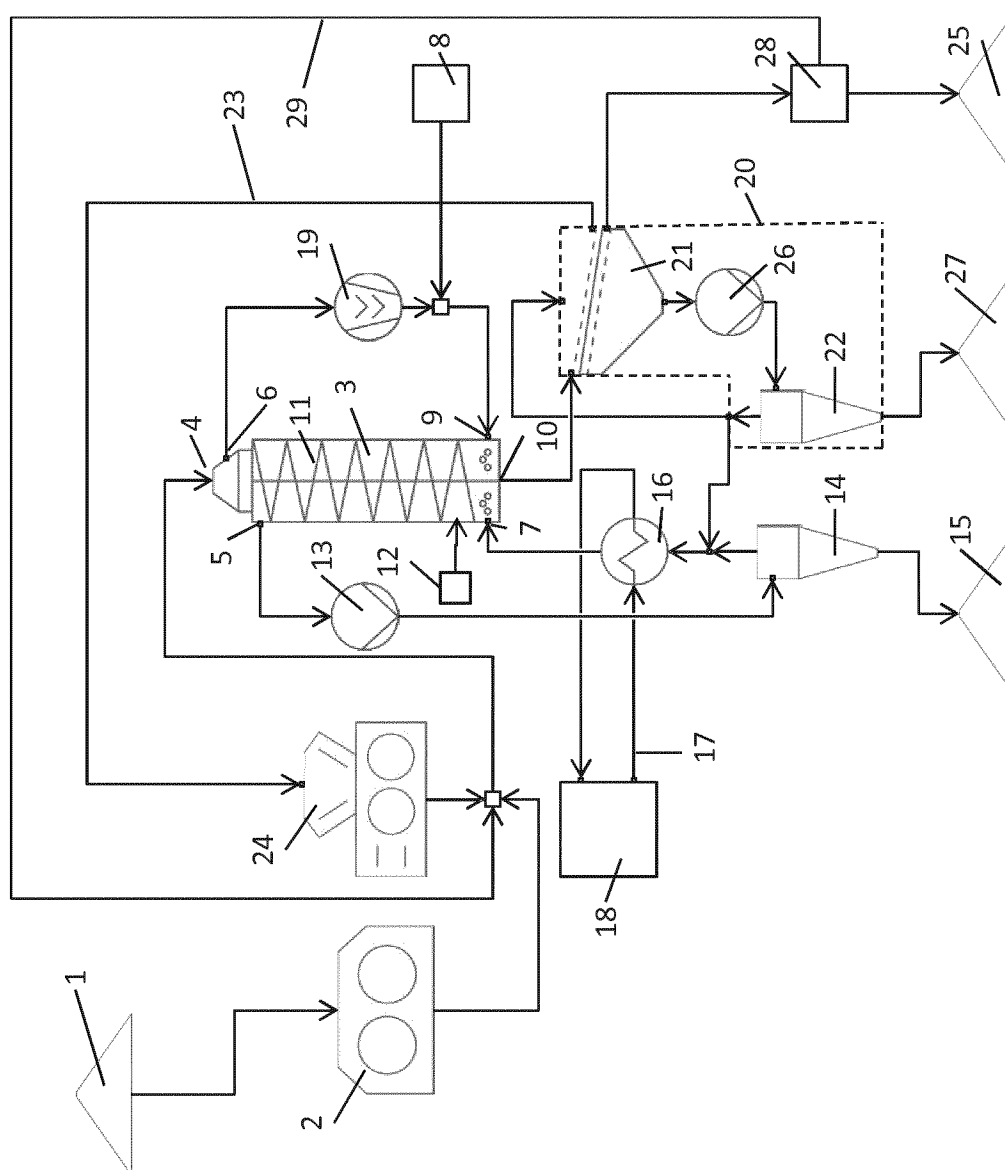
25 17. Anlage gemäß Anspruch 16, **gekennzeichnet durch**

- eine Materialrückführleitung (23, 29) zum Rückführen zumindest einer der Fraktionen von der Klassiervorrichtung (20) zu dem Reaktor (3), wobei vorzugsweise in die Materialrückführleitung (23) eine zweite Zerkleinerungsvorrichtung (24) integriert ist, und/oder
- eine Analysevorrichtung (28) zur Analyse des Gehalts an Zementstein in zumindest einer der Fraktionen und/oder
- eine Eintragsvorrichtung (12) zum Einbringen eines basischen Zuschlagstoffs in den Reaktor (3) und/oder

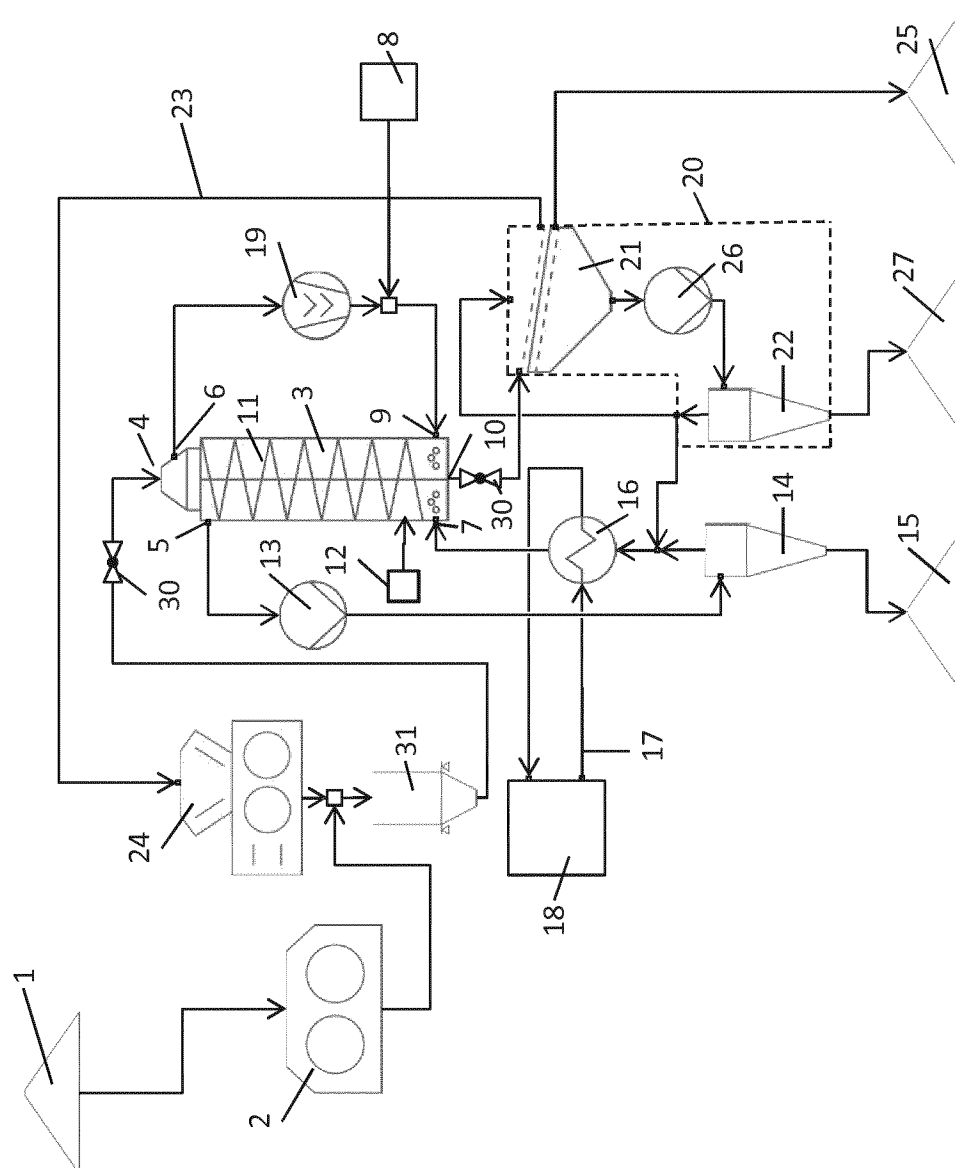
- einen Materialeinlass (4), einen Flüssigkeitsauslass (5) und einen Gasauslass (6), die einem ersten Ende des Reaktors (3) zugeordnet sind, und einen Materialauslass (10), einen Flüssigkeitseinlass (7) und einen Gaseinlass (9), die einem zweiten Ende des Reaktors (3) zugeordnet sind und/oder
- 5 – den als Vertikalreaktor ausgebildeten Reaktor (3) und/oder
- eine Gasrückführleitung zum Rückführen von CO₂ von einem/dem Gasauslass (6) zu einem/dem Gaseinlass (9) des Reaktors (3) und/oder
- eine Separiervorrichtung (14) zur Separierung von Schwebepartikeln aus einem aus dem Reaktor (3) abgeführten Entnahmestrom der wässrigen
- 10 Flüssigkeit und/oder
- eine Entnahmeeinrichtung zur Entnahme nicht-mineralischer Bestandteile des Materials vor dem Einbringen des Materials in den Reaktor (3).

$\frac{1}{4}$ 

7
b.
c.



25



3
b.0
a. 1000000
L

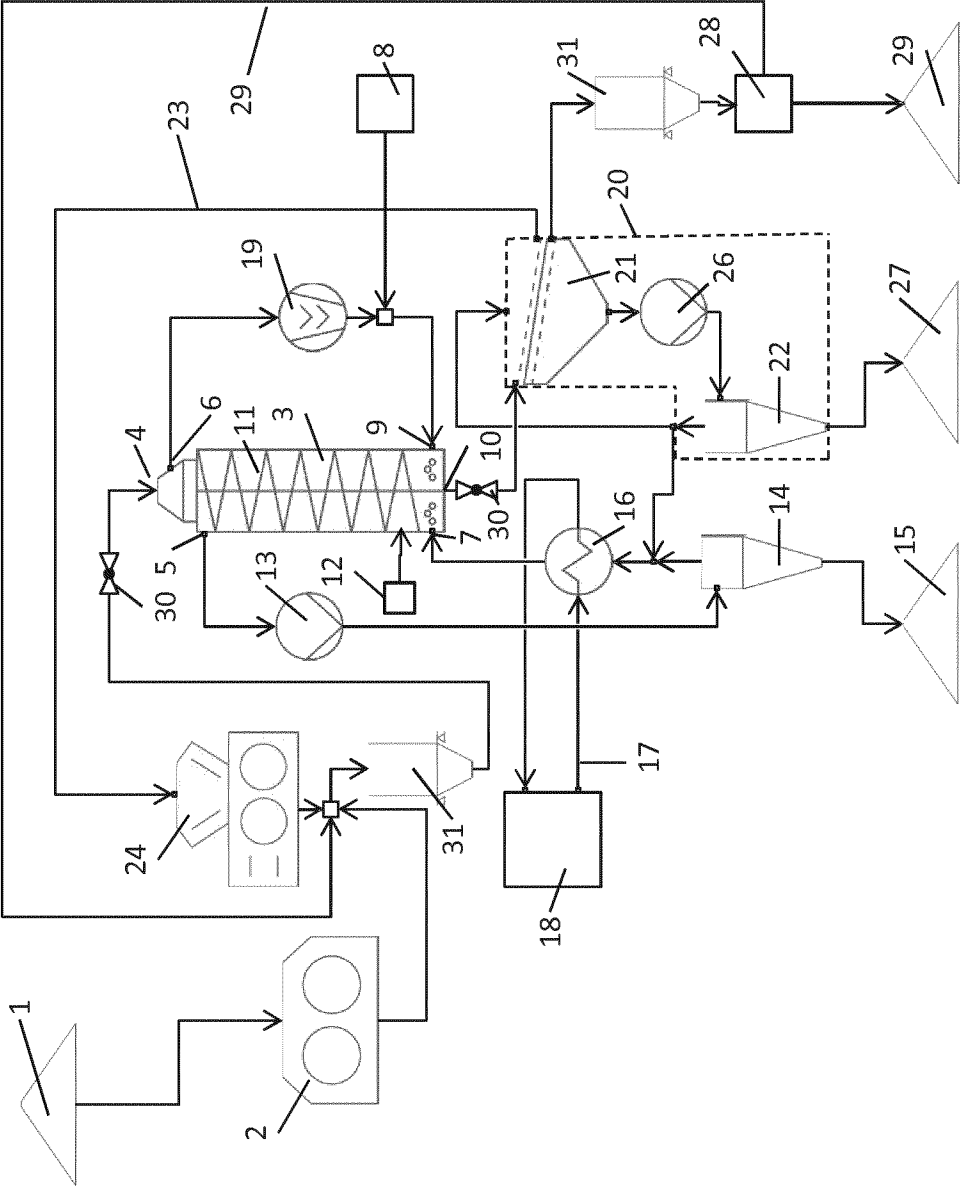


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/074827**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****C04B 18/16**(2006.01)i; **C04B 7/24**(2006.01)i; **B03B 9/06**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C04B; B04C; B03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014154741 A1 (SIKA TECHNOLOGY AG [CH]) 02 October 2014 (2014-10-02) pages 2-14	1-17
A	EP 2895436 A1 (CEMEX RES GROUP AG [CH]) 22 July 2015 (2015-07-22) cited in the application the whole document	1-17
A	JP 3543934 B2 (MITSUBISHI MATERIALS CORP) 21 July 2004 (2004-07-21) the whole document	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 December 2019

Date of mailing of the international search report

02 January 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Gattinger, Irene

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/074827

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2014154741	A1	02 October 2014	CN	105102396	A	25 November 2015
				CN	109516703	A	26 March 2019
				EP	2978724	A1	03 February 2016
				US	2016046532	A1	18 February 2016
				WO	2014154741	A1	02 October 2014
EP	2895436	A1	22 July 2015	CO	7220321	A2	20 March 2015
				EP	2708520	A1	19 March 2014
				EP	2895436	A1	22 July 2015
				ES	2641516	T3	10 November 2017
				HR	P20171449	T1	03 November 2017
				MX	363266	B	19 March 2019
				PL	2895436	T3	29 December 2017
				US	2015210594	A1	30 July 2015
				WO	2014040852	A1	20 March 2014
JP	3543934	B2	21 July 2004	JP	3543934	B2	21 July 2004
				JP	2000239670	A	05 September 2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. C04B18/16 C04B7/24 B03B9/06
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C04B B04C B03B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2014/154741 A1 (SIKA TECHNOLOGY AG [CH]) 2. Oktober 2014 (2014-10-02) Seiten 2-14	1-17
A	----- EP 2 895 436 A1 (CEMEX RES GROUP AG [CH]) 22. Juli 2015 (2015-07-22) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-17
A	----- JP 3 543934 B2 (MITSUBISHI MATERIALS CORP) 21. Juli 2004 (2004-07-21) das ganze Dokument	1-17



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Dezember 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/01/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gattinger, Irene

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/074827

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
WO 2014154741	A1	02-10-2014	CN	105102396	A		25-11-2015	
			CN	109516703	A		26-03-2019	
			EP	2978724	A1		03-02-2016	
			US	2016046532	A1		18-02-2016	
			WO	2014154741	A1		02-10-2014	

EP 2895436	A1	22-07-2015	CO	7220321	A2		20-03-2015	
			EP	2708520	A1		19-03-2014	
			EP	2895436	A1		22-07-2015	
			ES	2641516	T3		10-11-2017	
			HR	P20171449	T1		03-11-2017	
			MX	363266	B		19-03-2019	
			PL	2895436	T3		29-12-2017	
			US	2015210594	A1		30-07-2015	
WO	2014040852	A1		20-03-2014				

JP 3543934	B2	21-07-2004	JP	3543934	B2		21-07-2004	
			JP	2000239670	A		05-09-2000	
