

(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  
02. Januar 2025 (02.01.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2025/002950 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

F27B 15/00 (2006.01) F27D 15/02 (2006.01)  
F27B 15/02 (2006.01) F27D 19/00 (2006.01)  
F27B 15/12 (2006.01) C04B 7/12 (2006.01)  
F27B 15/16 (2006.01) F27D 9/00 (2006.01)  
F27B 15/20 (2006.01)

(72) Erfinder: **BERGER, Claudia**; Breitenbacher Straße 3, 08393 Schönberg (DE). **FIT, Leo**; Hans-Bredow-Weg 69, 48155 Münster (DE). **PRIESEMANN, Christina**; Wallstraße 18, 26689 Apen (DE). **BRINKMANN, Christian**; Apfelstr. 186, 33611 Bielefeld (DE). **BEISHEIM, Theodor**; Kettlerstr. 17, 33378 Rheda-Wiedenbrück (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/067134

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Juni 2024 (19.06.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2023 116 845.2  
27. Juni 2023 (27.06.2023) DE  
LU103160 27. Juni 2023 (27.06.2023) LU

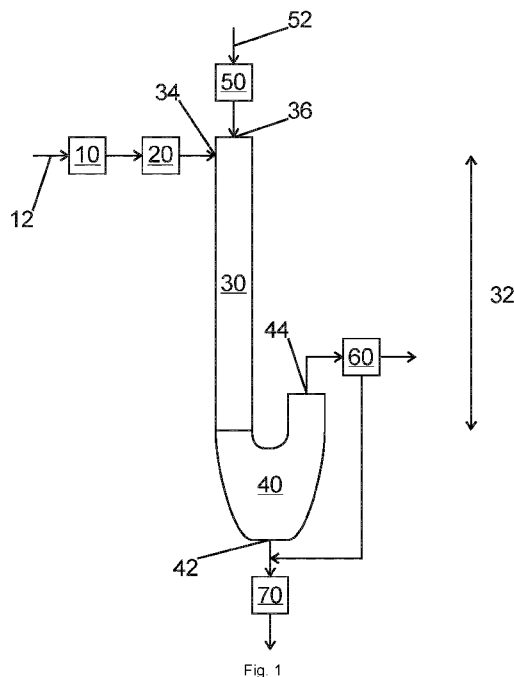
(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP POLYSIUS GMBH** [DE/DE]; Graf-Galen-Str. 17, 59269 Beckum (DE). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(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, CV, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: COLOR OPTIMIZATION OF ACTIVATED CLAY

(54) Bezeichnung: FARBOPTIMIERUNG VON AKTIVIERTEN TONEN



(57) Abstract: The invention relates to a device for activating and optimizing the color of a mineral material, wherein the device has an activation and color optimization device. The invention is characterized in that the device has a tubular reactor (30) behind the color optimization device (20) in the material flow direction, wherein the tubular reactor (30) has a solid material inlet (34), said solid material inlet (34) being connected to the color optimization device (20) in order to transfer the activated and color-optimized material, and the tubular reactor (30) has a gas inlet (36). The tubular reactor (30) has a length (32) of 5 m to 50 m, the tubular reactor (30) is connected to a deflecting device (40) at the tubular reactor end, and the deflecting device (40) has a solid material outlet (42) and a gas outlet (44).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aktivierung und Farboptimierung eines mineralischen Materials, wobei die Vorrichtung eine Aktivierungs- und Farboptimierungsvorrichtung aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung in Stoffstromrichtung hinter der Farboptimierungsvorrichtung (20) einen Rohrreaktor (30) aufweist, wobei der Rohrreaktor (30) einen Feststoffeinlass (34) aufweist, wobei der Feststoffeinlass (34) mit der Farboptimierungsvorrichtung (20) zur Überführung von des aktivierten und farboptimierten Materials verbunden ist, wobei der Rohrreaktor (30) einen Gaseinlass (36) aufweist, wobei der Rohrreaktor (30) eine Länge (32) von 5 m bis 50 m aufweist, wobei der Rohrreaktor (30) am Ende mit einer Umlenkvorrichtung (40) verbunden ist, wobei die Umlenkvorrichtung (40) einen Feststoffauslass (42) und einen Gasauslass (44) aufweist.

WO 2025/002950 A1

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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)

## Farboptimierung von aktivierten Tonen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erhalt der bei einer Reduktion eines aktivierten Tones erhaltenen optimierten Färbung eines aktivierten  
5 Tones.

Insbesondere im Bereich der Zementindustrie haben sich aktivierte Tone als Zusatzstoff etabliert. Der derzeit übliche Weg ist die Trocknung und Kalzinierung der Tone, eine thermische Aktivierung. Hierbei wird zum einen Energie für die Erwärmung und  
10 thermische Aktivierung benötigt, zum anderen kann eine zu hohe Temperatur auch weitere Stoffveränderungen bewirken, die gegebenenfalls unerwünscht sind.

Durch die Brennbedingungen bei der thermischen Aktivierung in oxidierender Atmosphäre wandeln sich in den Tonen natürlich vorliegende Eisenverbindungen  
15 insbesondere in hämatitische Eisenoxide um. Dies ruft eine rötliche Färbung der so aktivierten Tone hervor, was die Marktakzeptanz damit hergestellter Zemente signifikant verringert. Der Eisengehalt, beziehungsweise der Gehalt an Eisen in seiner stark färbenden dreiwertigen Oxidationsstufe ( $\text{Fe}^{3+}$ ), bestimmt maßgeblich die Farbe eines kalzinierten Tones. Die Farbe bildet einen wichtigen Qualitätsparameter für eine mögliche  
20 Verwendung dieser aktivierten Tone als Bestandteil des üblicherweise grauen Zementes. Insbesondere minderwertigere („magere“) Tone können  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Gehalte von durchschnittlich 2 bis 9 Gew.-% aufweisen. In den sogenannten „red clays“ kann der  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Gehalt auch bis zu 15% oder höher betragen. Diese hohen Eisengehalte können beim Kalzinieren zu einer sehr intensiven und meist unerwünschten Rotverfärbung des  
25 so hergestellten künstlichen Puzzolans und den damit hergestellten Kompositzementen führen. Aus diesem Grunde werden im Abkühlbereich von Anlagen zur Herstellung kalzinierten Tone beispielsweise reduzierende Brennbedingungen eingestellt, um insbesondere eine Bildung von schwarzem Magnetit zu erreichen. Zur Einstellung reduzierender Brennbedingungen wiederum sind gut ausbrennbare fossile und  $\text{CO}_2$ -  
30 intensive Primärbrennstoffe wie Erdgas, Erdöl, Braunkohle oder Steinkohle erforderlich. Insbesondere sogenannte Sekundärbrennstoffe erfordern für eine effektive Feuerung durchgehend oxidierende Brennbedingungen, was wiederum eine aufwändige

Nachbehandlung der dreiwertigen Eisenspezies erfordert, um die unerwünschte Rotfärbung im thermisch aktivierten Ton zu eliminieren beziehungsweise zu mindern.

5 Aus der DE 10 2016 104 738 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung von körnigen Feststoffen bekannt.

Aus der DE 10 2008 020 600 B4 ist ein Verfahren und eine Anlage zur Wärmebehandlung feinkörniger mineralischer Feststoffe bekannt.

10 Aus der DE 10 2011 014 498 A1 ist ein Klinkerersatzstoff bekannt.

Aus der US 2012 / 160 135 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung synthetischer Puzzolane bekannt.

15 Aus der WO 2021 / 224 055 A1 ist eine Farboptimierung bei der Herstellung aktivierter Tone bekannt.

Die Aktivierung selber und die Farboptimierung in einer reduzierenden Atmosphäre sind dem Fachmann gut bekannt und in einer Vielzahl an Variationen durchführbar. Ein  
20 kritischer Punkt ist jedoch, wie das heiße, aktivierte und farboptimierte Material abgekühlt wird, um die Eigenschaften, insbesondere die Farbe zu erhalten. Neben einer Abkühlung unter reduzierender Atmosphäre oder unter Luftabschluss sind auch schnelle Kühlungen bis 100 K/s in sauerstoffhaltigem Gas, beispielsweise Luft, bekannt. Jedes dieser Verfahren hat Vor- wie auch Nachteile.

25 Aufgabe der Erfindung ist es, ein einfaches und extrem zuverlässiges Verfahren zur Kühlung eines aktivierten und farboptimierten Tones bereitzustellen.

30 Gelöst wird diese Aufgabe durch die Vorrichtung mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen sowie durch das Verfahren mit den in Anspruch 13 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie der Zeichnung.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zur Aktivierung und Farboptimierung eines mineralischen Materials, insbesondere von Tonen. Die Vorrichtung weist eine Aktivierungs- und Farboptimierungsvorrichtung auf. Die Aktivierungs- und Farboptimierungsvorrichtung kann zweiteilig ausgeführt sein oder aus einer kombinierten Aktivierungs- und Farboptimierungsvorrichtung bestehen. In der Aktivierungs- und Farboptimierungsvorrichtung beziehungsweise der Aktivierungsvorrichtung erfolgt eine thermische Behandlung, die dazu führt, dass beispielsweise der Ton die notwendige Eigenschaft entwickelt, um beispielsweise als Zementzuschlagsstoff verwendet zu werden. Derartige aktivierte Materialien werden auch teilweise als künstliche Puzzolane bezeichnet. Die Aktivierung ist aus dem Stand der Technik bekannt und kann nach einem beliebigen aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren durchgeführt werden. Die Aktivierungsvorrichtung kann somit in jeder dem Fachmann bekannten Ausgestaltung ausgeführt sein. Beispielsweise kann die Aktivierungs- und Farboptimierungsvorrichtung oder die Aktivierungsvorrichtung ein Flugstromkalzinator sein. Das gleiche gilt auch für die Farboptimierungsvorrichtung. Auch diese ist dem Fachmann bekannt und kann in jeder beliebigen dem Fachmann aus dem Stand der Technik bekannten Weise ausgeführt sein. Lediglich beispielhaft kann die Farboptimierungsvorrichtung als Wirbelbettreaktor ausgeführt sein. Als Beispiel für eine kombinierte Aktivierungs- und Farboptimierungsvorrichtung sei eine unter reduzierenden Bedingungen betriebene Aktivierungsvorrichtung nach dem Stand der Technik genannt. Weiter beispielhaft kann in einer anderen Ausführungsform die Farboptimierungsvorrichtung als Flustromreaktor ausgeführt sein.

Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung in Stoffstromrichtung hinter der Farboptimierungsvorrichtung einen Rohrreaktor auf. Der Rohrreaktor weist einen Feststoffeinlass auf, der Feststoffeinlass ist mit der Farboptimierungsvorrichtung zur Überführung des aktivierten und farboptimierten Materials verbunden. Der Rohrreaktor weist weiter einen Gaseinlass auf. Der Gaseinlass ist in Gasströmungsrichtung bevorzugt vor dem Feststoffeinlass angeordnet. Der Rohrreaktor eine Länge von 5 m bis 50 m auf, wobei die Länge sich auf die Strecke zwischen dem Feststoffeinlass und dem Ende des Rohrreaktors bezieht und somit zusammen mit der Strömungsgeschwindigkeit die Verweilzeit innerhalb des Rohrreaktors definiert. Der Rohrreaktor ist am Ende mit einer Umlenkvorrichtung verbunden. Die Umlenkvorrichtung weist einen Feststoffauslass und

einen Gasauslass auf. In der Umlenkvorrichtung wird durch die Umlenkung die Strömungsdynamik stark beeinflusst und die Tragfähigkeit des Gasstromes für den Feststoff massiv herabgesetzt, sodass es zu einer sehr schnellen Abtrennung kommt.

- 5 Die erfindungsgemäße Kombination aus einem Rohrreaktor mit einer Umlenkvorrichtung ist gegenüber herkömmlichen Kühlsystemen, beispielsweise einem Abscheidezyklon vorteilhaft, da sehr viel schnellere Abkühlgeschwindigkeiten und erneute Abtrennung des aktivierten Materials erfolgen. Durch den Rohrreaktor ist eine sehr enge Verweilzeitverteilung möglich, sodass eine für alle Partikel des aktivierten Materials
- 10 gleichartige und gleichschnelle Abkühlung ermöglicht wird. Totvolumina und dadurch deutliche Unterschiede in Verweilzeiten und somit unterschiedliche Abkühlraten und dadurch wiederum unterschiedliche Produktqualitäten durch unterschiedliche starke Reoxidationen werden zuverlässig und apparativ einfach vermieden. Durch die sehr einfache Bauweise im Vergleich zu dem üblicherweise langen und komplexen
- 15 Verweilzeitverhalten in einem Abscheidezyklon ist somit erfindungsgemäß eine sehr viel höhere Abkühlrate von über 200 K/s möglich, wodurch die Reoxidation verringert wird aber auch gleichzeitig der Bauraum vergleichsweise klein gehalten werden kann, da bei kürzerer Verweilzeit auch nur ein geringeres Volumen benötigt wird.
- 20 Die bei einer Umlenkvorrichtung üblicherweise geringere Abscheideleistung gegenüber beispielsweise einem Abscheidezyklon kann hingenommen werden, da auch das Abgas eines Abscheidezyklons üblicherweise einer weiteren Entstaubung zur vollständigen Entfernung des aktivierten Materials zugeführt werden muss, also dadurch kein oder kein nennenswerter zusätzlicher Aufwand für eine anschließende Aufreinigung des Gases
- 25 notwendig ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Umlenkvorrichtung eine Umlenkung des Gasstroms von 135° bis 225°, bevorzugt von 170° bis 190°, besonders bevorzugt von 180°, auf. Durch diese starke Umlenkung wird eine ausreichend hohe

30 Abscheidung des aktivierten Materials erreicht.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Rohrreaktor derart angeordnet, dass der Gasstrom im Rohrreaktor nach unten gerichtet ist. Nach unten bedeutet entlang

der Schwerkraft, also auf die Erde zu. Insbesondere erfolgt dann eine 180° Umlenkung in der Umlenkvorrichtung, sodass der Gasstrom nach der Umlenkung nach oben gerichtet ist. Auf diese Weise wird zusätzlich der Einfluss der Schwerkraft genutzt, um die Abscheidung des aktivierten Materials aus dem Gasstrom zu verbessern. Der  
5 Nachteil der hohen Bauweise ist dafür akzeptabel.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Rohrreaktor zweiteilig ausgeführt. Ein erster Teil des Rohrreaktors ist horizontal angeordnet und ein zweiter, der Umlenkvorrichtung benachbarter zweiter Teil ist senkrecht angeordnet, sodass der  
10 Gasstrom im zweiten Teil des Rohrreaktors nach unten gerichtet ist. Hierdurch wird ein Optimum aus Abtrennung und Bauhöhe erzielt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Feststoffauslass der Umlenkvorrichtung an der tiefsten Stelle der Umlenkvorrichtung angeordnet.  
15

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist hinter der Umlenkvorrichtung ein Abscheidezyklon und/oder ein Staubfilter angeordnet. Hierdurch ist es möglich, die für die Abgabe an die Umgebung oder Weitergabe an andere Prozesse notwendige niedrige Beladung des Gases mit Feststoff zu erzielen.  
20

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vor dem Gaseinlass eine Gasfördervorrichtung angeordnet. Hierdurch lässt sich die für den Rohrreaktor bevorzugte hohe Strömungsgeschwindigkeit von 15 bis 50 m/s einfacher erzielen. Im einfachsten Fall ist die Gasfördervorrichtung ein Ventilator, welcher Umgebungsluft in  
25 ausreichender Menge in den Gaseinlass fördert, um die Strömungsgeschwindigkeit im Rohrreaktor zu erzielen. Durch die Verwendung von Umgebungsluft ist auf einfache Weise auch ein kühler Ausgangspunkt für das Gas realisiert.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Feststoffauslass mit einer  
30 Kühlvorrichtung verbunden. Beispielsweise kann das aktivierte Material die Umlenkvorrichtung mit 300 °C bis 500 °C verlassen. In der Kühlvorrichtung erfolgt dann die Abkühlung auf unter 100 °C (oder auf Umgebungstemperatur), sodass das Produkt gut gelagert oder abgefüllt werden kann. Da in diesem Temperaturbereich eine

Reoxidation nicht mehr zu befürchten ist, ist die Art und Geschwindigkeit der Kühlung hier vergleichsweise beliebig und dem Fachmann ist geläufig, wie eine solche Kühlvorrichtung aussieht.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Umlenkvorrichtung am Eingang eine erste Querschnittsfläche auf und in der Mitte eine zweite Querschnittsfläche auf. Die zweite Querschnittsfläche ist 2 bis 5 mal, bevorzugt 3 bis 4 mal, so groß wie die erste Querschnittsfläche. Durch die Querschnittsflächenvergrößerung wird die Geschwindigkeit herabgesetzt, was wiederum die Abtrennung des aktivierten Materials  
10 aus dem Gasstrom synergistisch zur Trägheit des Materials bei der Umlenkung erleichtert.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung eine Gastemperaturmessvorrichtung hinter der Umlenkvorrichtung auf. Durch die Messung  
15 der Gastemperatur kann der Kühleffekt in einfacher Weise kontrolliert und die Verfahrensführung, beispielsweise über die Anpassung der Beladung geregelt werden. Da das aktivierte Material bei der Abscheidung eine Temperatur von 500 °C unterschreiten sollte, wäre eine geringere Gastemperatur, beispielsweise höchstens 450 °C eine geeignete Kontrollgröße.

20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung eine erste Feststofftemperaturmessvorrichtung hinter dem Feststoffauslass der Umlenkammer auf. Auch hierdurch ist eine einfache Überprüfung möglich, ob das aktivierte Material sicher unter 500 °C abgekühlt wurde. Bevorzugt ist die erste  
25 Feststofftemperaturmessvorrichtung als Infrarotthermometer ausgeführt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung eine erste Feststofffarbmessvorrichtung hinter dem Feststoffauslass auf. Neben der ausreichend schnellen Kühlung kann so auch möglichst direkt die Farboptimierung in der  
30 Farboptimierungsvorrichtung kontrolliert werden, da bei zu hohen Temperaturen die optische Erfassung und damit die Farberkennung gestört sein kann. Die Erfassung der Farbe wird bevorzugt dazu genutzt, um die Brennstoffzugabe regeln zu können und so beispielsweise die stöchiometrischen Bedingungen im Farboptimierungsreaktor zu

regeln. Hierdurch ist beispielsweise eine Optimierung des Farbwertes und eine Minimierung des Brennstoffs möglich.

In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Aktivierung und Farboptimierung eines mineralischen Materials. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- a) Thermisches Aktivieren des mineralischen Materials,
- b) Farboptimierung des aktivierten mineralischen Materials unter reduzierenden Bedingungen,
- 10 c) Abkühlen des farboptimierten mineralischen Materials in einem Rohrreaktor,
- d) Abscheiden des abgekühlten mineralischen Materials in einer Umlenkvorrichtung, wobei die Abkühlung im Rohrreaktor mit einer Geschwindigkeit von 200 K/s bis 650 K/s erfolgt.

15 Die Schritte a) und b) sind dem Fachmann aus dem Stand der Technik in unterschiedlichsten Ausführungsformen bekannt. Diese können nach jeder dem Fachmann bekannten Weise durchgeführt werden. Wesentlich ist, dass am Ende des Schrittes b) ein heißes, meist zwischen 700 °C und 1000 °C, aktiviertes und farboptimiertes Material vorliegt.

20 Der erfindungsgemäße Unterschied zum Stand der Technik liegt in der raschen, effizienten, zuverlässigen und robusten Kühlung gemäß den Schritten c) und d), die eine extrem hohe Abkühlrate von mehr als 200 K/s ermöglichen und somit deutlich höhere Abkühlraten als beispielsweise die im Stand der Technik bekannten Abscheidezyklone mit bis zu 100 K/s. Durch die prinzipielle Arbeitsweise eines Rohrreaktors wird gleichzeitig eine sehr enge Verweilzeitverteilung erreicht, sodass die Abkühlrate auch für das gesamte Produkt und eben nicht nur im Mittel erreicht wird, was wiederum ein einheitliches Produkt ermöglicht.

30 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird für den Gasstrom im Rohrreaktor ein sauerstoffhaltiges Gas, beispielsweise Luft, gewählt. Die Verwendung von Umgebungsluft ist aufgrund der einfachen Bereitstellung als Kühlgasstrom bevorzugt. Durch die hohe Abkühlrate erfolgt selbst bei der Anwesenheit von Sauerstoff eben keine

nennenswerte Reoxidation und damit keine erneute und ungewünschte Verfärbung des aktivierten Materials. Außerdem kann auf eine aufwändige Kühlung unter Schutzgas verzichtet werden.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Gasgeschwindigkeit im dem Rohrreaktor bei 15 m/s bis 50 m/s eingestellt. Dieser Geschwindigkeitsbereich hat sich als optimal geeignet herausgestellt. Zusammen mit der Länge ergibt sich eine Verweilzeit von 0,2 s bis 2,5 s. Hierbei werden kurze Verweilzeiten bei höheren Abkühlraten ( $\leq 650$  K/s) und längere Verweilzeiten bei geringeren Abkühlraten ( $\geq 200$  K/s) bevorzugt.

10 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird in der Umlenkvorrichtung die Geschwindigkeit der Gasphase auf 1,5 bis 3,4 m/s verringert. Dieses wird durch eine Querschnittserweiterung erreicht. Diese massive Geschwindigkeitserniedrigung senkt die Tragfähigkeit der Gasphase rapide und führt so zu einem guten Abtrennungsergebnis für das aktivierte Material vom Gas in der Umlenkvorrichtung.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung liegt die Temperatur des in der Umlenkvorrichtung abgeschiedenen mineralischen Materials unter  $500$  °C, beispielsweise in einem Korridor von  $300$  °C bis  $500$  °C. Dieses hat zwei vorteilhafte Gründe. Zum einen ist eine hohe Abkühlrate besonders bei hohen Temperaturen zu realisieren, eine zu starke Abkühlung (also auf eine zu niedrige Endtemperatur) erschwert somit die Erreichung sehr hoher Abkühlraten, wie erfindungsgemäß benötigt, da bei höheren Temperaturen üblicherweise höhere Abkühlraten leichter zu realisieren sind als bei niedrigen Temperaturen. Zum anderen bedeutet dieses auch, dass die Gasphase die Umlenkvorrichtung ebenfalls auf einer entsprechend höheren Temperatur verlässt, also eine hochwertigere Wärme ist, welche in einem Verbund an anderer Stelle besser genutzt werden kann als eine niederkalorische Wärme. Aus diesen beiden Gründen hat sich der Zielkorridor von  $300$  °C bis  $500$  °C als vorteilhaft herausgestellt.

30 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erfolgt nach dem Abscheiden in Schritt d) eine Restabscheidung des abgekühlten mineralischen Materials aus dem die Umlenkvorrichtung verlassenden Gasstrom. Die Restabscheidung kann beispielsweise

in einem Abscheidezyklon und/oder in einem Staubfilter erfolgen. Ziel ist es, den Gasstrom ohne Feststofffracht weiter benutzen oder an die Umwelt abgeben zu können.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird das in der Restabscheidung abgeschiedene Material mit dem in Schritt d) abgeschiedenem Material vereint. Man kann zwar auch beide Fraktionen getrennt weiter verarbeiten, da die in der Restabscheidung gewonnene Fraktion feiner (kleinere Partikel) aufweist und daher auch als getrennte Produktqualität verkauft werden kann. Eine Vereinigung vereinfacht aber den Aufwand der Endkühlung, Verarbeitung, Lagerung und Verpackung auf eine  
10 Produktlinie.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Materialtemperatur am Übergang vom Rohrreaktor zur Umlenkvorrichtung oder nach der Ausbringung aus der Umlenkvorrichtung erfasst. Hierdurch ist eine aktive Regelung, beispielsweise der  
15 zugeführten Gasmenge im Rohrreaktor möglich.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Materialfarbe nach der Ausbringung aus der Umlenkvorrichtung erfasst. Hierdurch ist insbesondere eine gezielte Steuerung der Farboptimierungsvorrichtung möglich, insbesondere um dort den  
20 Verbrauch an Reduktionsmittel so gering wie möglich zu halten.

Nachfolgend ist die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

25 Fig. 1 Vorrichtung

In Fig. 1 ist eine beispielhafte Vorrichtung schematisch und nicht maßstabgerecht dargestellt. Über eine Materialzufuhr 12 wird beispielsweise Ton einer Aktivierungsvorrichtung 10 zugeführt. Die Aktivierungsvorrichtung 10 kann  
30 beispielsweise eine Zerkleinerungsvorrichtung, eine Trocknungsvorrichtung, einen Vorwärmer und einen Flugstromcalcinator aufweisen. Derartige Aktivierungsvorrichtungen 10 sind umfänglich aus dem Stand der Technik bekannt. Bei der thermischen Aktivierung wird insbesondere Eisen, welcher oft in Tonen enthalten ist

zu Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aufoxidiert, welches eine ungewünschte rötliche Färbung aufweist. Daher wird der aktivierte Ton in einer Farboptimierungsvorrichtung 20 in einer reduzierenden Atmosphäre behandelt, wobei das III-wertige Eisen zu andere Eisenverbindungen reduziert wird, welches im Ton eine graue Farbe erzeugt und somit ein verkaufsfähiges Produkt erhalten werden kann. Diese Reduktion erfolgt beispielsweise bei 850 °C. Der aktivierte und farboptimierte Ton wird also über den Feststoffeinlass bei 850 °C dem Rohrreaktor 30 zugeführt, welcher senkrecht mit Gasströmung nach unten angeordnet ist. Über den Gaseinlass 36 wird Luft aus der Luftzufuhr 52 und die Gasfördervorrichtung 50 dem Rohrreaktor zugeführt. Die Gasgeschwindigkeit beträgt im Rohrreaktor 30 beispielsweise 35 m/s. Die Länge 32 beträgt beispielsweise 35 m, sodass sich eine Verweilzeit von 1 s ergibt. Der Gasstrom wird in der Umlenkvorrichtung 40 um 180° umgelenkt, also nach oben. Dabei verringert sich die Tragkraft dramatisch, sodass der aktivierte Ton, abgekühlt auf beispielsweise 450 °C, abgeschieden wird. Dieses ergibt eine Abkühlrate von 400 K/s. Der abgeschiedene Ton wird über den Feststoffauslass 42 der Kühlvorrichtung 70 zugeführt. Der die Umlenkvorrichtung 40 über den Gasauslass 44 verlassende Gasstrom wird einem Staubfilter 60 zugeführt, in welchem feiner aktivierter Ton aus dem Gasstrom abgeschieden wird. Dieser abgeschiedene Ton wird mit dem in der Umlenkvorrichtung 40 abgeschiedenen Ton vereint und ebenfalls der Kühlvorrichtung 70 zugeführt.

20

## Bezugszeichen

10	Aktivierungsvorrichtung
12	Materialzufuhr
20	Farboptimierungsvorrichtung
25	30 Rohrreaktor
	32 Länge
	34 Feststoffeinlass
	36 Gaseinlass
	40 Umlenkvorrichtung
30	42 Feststoffauslass
	44 Gasauslass
	50 Gasfördervorrichtung
	52 Luftzufuhr

- 60 Staubfilter
- 70 Kühlvorrichtung

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Aktivierung und Farboptimierung eines mineralischen Materials, wobei die Vorrichtung eine Aktivierungs- und Farboptimierungsvorrichtung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung in Stoffstromrichtung hinter der Farboptimierungsvorrichtung (20) einen Rohrreaktor (30) aufweist, wobei der Rohrreaktor (30) einen Feststoffeinlass (34) aufweist, wobei der Feststoffeinlass (34) mit der Farboptimierungsvorrichtung (20) zur Überführung von des aktivierten und farboptimierten Materials verbunden ist, wobei der Rohrreaktor (30) einen Gaseinlass (36) aufweist, wobei der Rohrreaktor (30) eine Länge (32) von 5 m bis 50 m aufweist, wobei der Rohrreaktor (30) am Ende mit einer Umlenkvorrichtung (40) verbunden ist, wobei die Umlenkvorrichtung (40) einen Feststoffauslass (42) und einen Gasauslass (44) aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktivierungs- und Farboptimierungsvorrichtung eine getrennte Aktivierungsvorrichtung (10) und eine getrennte Farboptimierungsvorrichtung (20) aufweist.
3. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umlenkvorrichtung (40) eine Umlenkung des Gasstroms von 135° bis 225°, bevorzugt von 170° bis 190°, aufweist.
4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohrreaktor (30) derart angeordnet ist, dass der Gasstrom im Rohrreaktor (30) nach unten gerichtet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Feststoffauslass (42) der Umlenkvorrichtung (40) an der tiefsten Stelle der Umlenkvorrichtung (40) angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** hinter der Umlenkvorrichtung (40) ein Abscheidezyklon und/oder ein Staubfilter (60) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Gaseinlass (36) eine Gasfördervorrichtung (50) angeordnet ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Feststoffauslass (42) mit einer Kühlvorrichtung (70) verbunden ist.
9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umlenkvorrichtung (40) am Eingang eine erste Querschnittsfläche aufweist, wobei die Umlenkvorrichtung (40) in der Mitte eine zweite Querschnittsfläche aufweist, wobei die zweite Querschnittsfläche 2 bis 5 mal, bevorzugt 3 bis 4 mal, so groß ist wie die erste Querschnittsfläche.
10. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Gastemperaturmessvorrichtung hinter der Umlenkvorrichtung (40) aufweist.
11. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine erste Feststofftemperaturmessvorrichtung hinter dem Feststoffauslass (42) aufweist.
12. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine erste Feststofffarbmessvorrichtung hinter dem Feststoffauslass (42) aufweist.
13. Verfahren zur Aktivierung und Farboptimierung eines mineralischen Materials, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
- Thermisches Aktivieren des mineralischen Materials,
  - Farboptimierung des aktivierten mineralischen Materials unter reduzierenden Bedingungen,
  - Abkühlen des farboptimierten mineralischen Materials in einem Rohrreaktor (30),
  - Abscheiden des abgekühlten mineralischen Materials in einer Umlenkvorrichtung (40),
- wobei die Abkühlung im Rohrreaktor (30) mit einer Geschwindigkeit von 200 K/s bis 650 K/s erfolgt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gasgeschwindigkeit im dem Rohrreaktor (30) bei 15 m/s bis 50 m/s eingestellt wird.
- 5
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des in der Umlenkvorrichtung (40) abgeschiedenen mineralischen Materials unter 500 °C liegt.
- 10
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Abscheiden in Schritt d) eine Restabscheidung des abgekühlten mineralischen Materials aus dem die Umlenkvorrichtung (40) verlassenden Gasstrom erfolgt.
- 15
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das in der Restabscheidung abgeschiedene Material mit dem in Schritt d) abgeschiedenem Material vereint wird.
- 20
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Materialtemperatur am Übergang vom Rohrreaktor (30) zur Umlenkvorrichtung (40) oder nach der Ausbringung aus der Umlenkvorrichtung (40) erfasst wird.
- 25
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Materialfarbe nach der Ausbringung aus der Umlenkvorrichtung (40) erfasst wird.

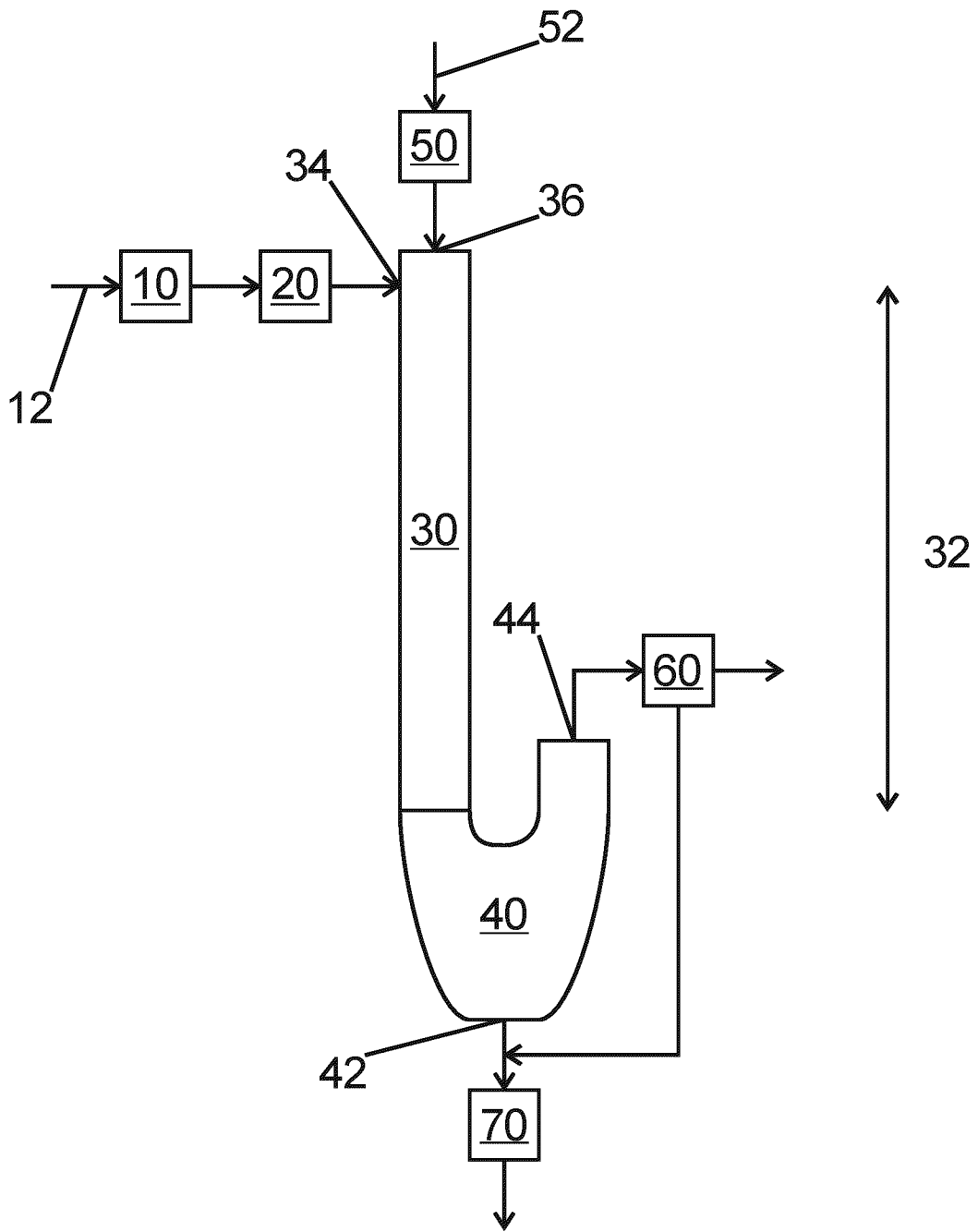


Fig. 1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2024/067134**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>F27B 15/00</i> (2006.01)i; <i>F27B 15/02</i> (2006.01)i; <i>F27B 15/12</i> (2006.01)i; <i>F27B 15/16</i> (2006.01)i; <i>F27B 15/20</i> (2006.01)i; <i>F27D 15/02</i> (2006.01)i; <i>F27D 19/00</i> (2006.01)i; <i>C04B 7/12</i> (2006.01)i; <i>F27D 9/00</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F27B; F27D; C04B		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2021224055 A1 (SMIDTH AS F L [DK]) 11 November 2021 (2021-11-11) figures 1, 2 page 1, line 5 - line 6 page 1, line 30 - page 5, line 31 page 11, line 17 - page 13, line 12	1-19
A	CN 116323512 A (KHD HUMBOLDT WEDAG GMBH) 23 June 2023 (2023-06-23) figures 1, 2 paragraph [0001] paragraph [0011] - paragraph [0021] paragraph [0025] - paragraph [0068]	1-19
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>27 August 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>23 September 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the)</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Jung, Régis</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/EP2024/067134</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2021224055	A1	11 November 2021	AU	2021266574	A1	01 December 2022
				BR	112022022486	A2	13 December 2022
				CN	115485251	A	16 December 2022
				CO	2022015642	A2	29 November 2022
				EP	4146608	A1	15 March 2023
				KR	20230005328	A	09 January 2023
				US	2023183132	A1	15 June 2023
				WO	2021224055	A1	11 November 2021
-----							
CN	116323512	A	23 June 2023	BR	112023005996	A2	02 May 2023
				CN	116323512	A	23 June 2023
				CU	20230020	A7	07 November 2023
				DE	102020126001	B3	27 January 2022
				EP	4225714	A1	16 August 2023
				US	2023373853	A1	23 November 2023
				WO	2022073953	A1	14 April 2022
-----							

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/067134

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F27B15/00 F27B15/02 F27B15/12 F27B15/16 F27B15/20  
 F27D15/02 F27D19/00 C04B7/12 F27D9/00

ADD.

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F27B F27D C04B

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.
A	WO 2021/224055 A1 (SMIDTH AS F L [DK]) 11. November 2021 (2021-11-11) Abbildungen 1, 2 Seite 1, Zeile 5 - Zeile 6 Seite 1, Zeile 30 - Seite 5, Zeile 31 Seite 11, Zeile 17 - Seite 13, Zeile 12 -----	1 - 19
A	CN 116 323 512 A (KHD HUMBOLDT WEDAG GMBH) 23. Juni 2023 (2023-06-23) Abbildungen 1, 2 Absatz [0001] Absatz [0011] - Absatz [0021] Absatz [0025] - Absatz [0068] -----	1 - 19

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

27. August 2024

Absdtedatum des internationalen Recherchenberichts

23/09/2024

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

Jung, Régis

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/067134

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2021224055 A1	11-11-2021	AU 2021266574 A1	01-12-2022
		BR 112022022486 A2	13-12-2022
		CN 115485251 A	16-12-2022
		CO 2022015642 A2	29-11-2022
		EP 4146608 A1	15-03-2023
		KR 20230005328 A	09-01-2023
		US 2023183132 A1	15-06-2023
		WO 2021224055 A1	11-11-2021
-----			
CN 116323512 A	23-06-2023	BR 112023005996 A2	02-05-2023
		CN 116323512 A	23-06-2023
		CU 20230020 A7	07-11-2023
		DE 102020126001 B3	27-01-2022
		EP 4225714 A1	16-08-2023
		US 2023373853 A1	23-11-2023
		WO 2022073953 A1	14-04-2022
-----			