

(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
22. November 2018 (22.11.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/210808 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G21C 19/26 (2006.01) G21C 19/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/062515

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Mai 2018 (15.05.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 110 540.9
15. Mai 2017 (15.05.2017) DE

(71) Anmelder: FRAMATOME GMBH [DE/DE]; Paul-Gossen-Strasse 100, 91052 Erlangen (DE).

(72) Erfinder: KÖNIGSTEIN, Egon; Am Dachsberg 86, 60435 Frankfurt am Main (DE). KÜNNE, Sören; Am Röderweg 4, 61138 Niederdorfelden (DE). SCHUCH, Wolfgang; Auf der Waldhohl 15, 60437 Frankfurt am Main (DE).

(74) Anwalt: TERGAU & WALKENHORST PATENTANWÄLTE PARTGMBB; Eschersheimer Landstr. 105-107, 60322 Frankfurt am Main (DE).

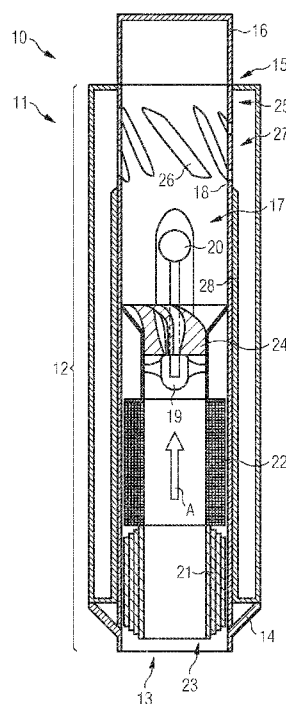
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,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

(54) Title: CLEANING DEVICE FOR REMOVING RADIOACTIVE SUBSTANCES FROM THE FLOOR OF A REACTOR PRESSURE VESSEL AND METHOD FOR REMOVING RADIOACTIVE SUBSTANCES FROM THE FLOOR OF A REACTOR PRESSURE VESSEL

(54) Bezeichnung: REINIGUNGSVORRICHTUNG ZUR BESEITIGUNG VON RADIOAKTIVEN SUBSTANZEN VOM BODEN EINES REAKTORDRUCKBEHÄLTERS UND VERFAHREN ZUR BESEITIGUNG VON RADIOAKTIVEN SUBSTANZEN VOM BODEN EINES REAKTORDRUCKBEHÄLTERS

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a cleaning device (10) for removing radioactive substances, such as particles and/or deposits and/or corrosion products, from the floor (29) of a reactor pressure vessel (30), in particular the reactor pressure vessel (30) of a boiling water reactor, wherein there is a plurality of fuel elements (31) in the reactor pressure vessel (30), comprising a suction element (11), wherein the suction element (11) has a main body, the outside dimensions of which are designed such that the main body (12) of the suction element (11) can be inserted into the reactor pressure vessel (30) instead of a fuel element (31). The invention further relates to a method for removing radioactive substances, such as particles and/or deposits and/or corrosion products, from the floor (29) of a reactor pressure vessel (30), in particular of the reactor pressure vessel (30) of a boiling water reactor, wherein there is a plurality of fuel elements (31) in the reactor pressure vessel, by means of a cleaning device (10) according to the invention.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Reinigungsvorrichtung (10) zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen, beispielsweise Partikeln und/oder Ablagerungen und/oder Korrosionsprodukten, vom Boden (29) eines Reaktordruckbehälters (30), insbesondere des Reaktordruckbehälters (30) eines Siedewasserreaktors, wobei im Reaktordruckbehälter (30) eine Mehrzahl an Brennelementen (31) vorgesehen ist, umfassend ein Saugelement (11), wobei das Saugelement (11) einen Hauptkörper (12) aufweist, dessen Außenabmessungen derart ausgebildet sind, dass der Hauptkörper (12) des Saugelements (11) anstatt eines Brennelements (31) in den Reaktordruckbehälter (30) einführbar ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen, beispielsweise Partikeln und/oder Ablagerungen und/oder Korrosionsprodukten, vom Boden (29) eines Reaktordruckbehälters (30), insbesondere des Reaktordruckbehälters (30) eines Siedewasserreaktors, wobei im Reaktordruckbehälter (30) eine Mehrzahl an Brennelementen (31) vorgesehen ist, mit einer erfindungsgemäßen Reinigungsvorrichtung (10).

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)

Bezeichnung: Reinigungsvorrichtung zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen vom Boden eines Reaktordruckbehälters und Verfahren zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen vom Boden eines Reaktordruckbehälters

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Reinigungsvorrichtung zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen, beispielsweise Partikeln und/oder Ablagerungen und/oder Korrosionsprodukten, vom Boden eines Reaktordruckbehälters, insbesondere des Reaktordruckbehälters eines Siedewasserreaktors und/oder eines Druckwasserreaktors, wobei im Reaktordruckbehälter eine Mehrzahl an Brennelementen vorgesehen ist.

Im Wasser-Dampf-Kreislauf einer Reaktor-Anlage, hierzu gehören beispielsweise beim Siedewasserreaktor der Reaktordruckbehälter, das Frischdampf- und Speisewasser- bzw. Kondensatsystem und die Reaktordruckbehälter-Einbauten sowie die Brennelemente, entstehen unvermeidbare Korrosionsprodukte, die sich vermehrt im Reaktordruckbehälter ansammeln und dort negative Auswirkungen, beispielsweise Schäden durch Fretting, hervorrufen können. Man kann den Boden des Reaktordruckbehälters als ultimative Senke für Substanzen, wie Partikel, Ablagerungen und Korrosionsprodukte, bezeichnen, was dazu führt, dass ein hoher Teil der im Wasser-Dampf-Kreislauf befindlichen und entstehenden Korrosionsprodukte am Boden des Reaktordruckbehälters landet.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine neue Reinigungsvorrichtung und ein neues Verfahren anzugeben, insbesondere eine Reinigungsvorrichtung und ein Verfahren, mit der oder dem radioaktive Substanzen, wie Partikel, Ablagerungen und Korrosionsprodukte, vom Boden des Reaktordruckbehälters gesammelt und entfernt werden können.

Die Aufgabe wird hinsichtlich der Reinigungsvorrichtung gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 11. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbil-
5 dungen sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die erfindungsgemäße Reinigungsvorrichtung umfasst ein Saugelement, wobei das Saugelement einen Hauptkörper aufweist, dessen Außenabmessungen derart ausgebildet sind, dass der Hauptkörper des Saugele-
10 ments anstatt eines Brennelements in den Reaktordruckbehälter einführbar ist, insbesondere auf eine Brennelement-Position am Kernrand.

Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass auf einfache Weise der gesamte Bodenbereich des Reaktordruckbehälters von radioak-
15 tiven Substanzen, beispielsweise Partikeln und/oder Ablagerungen und/oder Korrosionsprodukten gereinigt werden kann.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, dass die Reinigungsvorrichtung auf jede Brennelement-Position gesetzt werden kann, insbesondere
20 auf jede Brennelement-Position am Kernrand ohne Steuerstabführungsrohr mit Steuerstabführungsrohrkopf.

Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Außenquerschnitt des Hauptkörpers dem Querschnitt
25 eines Brennelements entspricht. Alternativ oder additiv kann vorgesehen sein, dass der Hauptkörper einen quadratischen Außenquerschnitt aufweist, der den quadratischen Außenabmessungen eines Brennelements entspricht, und/oder wobei die Seitenlängen des Hauptkörpers maximal 140mm groß sind.

30

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung entspricht die Länge des Hauptkörpers der Länge eines Brennelements oder der Hauptkörper weist

maximal die Länge eines Brennelements auf, wobei die maximale Länge vorzugsweise ca. 4m beträgt.

5 Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung weist der Hauptkörper an seinem vertikal unteren Ende einen Kegelsitz auf. Alternativ oder additiv kann der Hauptkörper an seinem vertikal oberen Ende einen Griff für einen Greifer einer Brennelement-Lademaschine aufweisen. Der Griff kann insbesondere zur Handhabung der Reinigungsvorrichtung vorgesehen sein.

10

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Hauptkörper eine Innenkammer mit wenigstens einer Wandung aufweist, wobei die Innenkammer vorzugsweise einen runden Querschnitt aufweist.

15 Bevorzugt umfasst das Saugelement eine Umwälzpumpe mit einem Pumpenmotor zur Erzeugung eines Saugstroms, wobei die Umwälzpumpe vorzugsweise in der Innenkammer des Hauptkörpers vorgesehen ist.

20 Eine bevorzugte und zweckmäßige Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Saugelement einen Saugschlauch aufweist, wobei der Saugschlauch flexibel ausgebildet ist, insbesondere um am Boden des Reaktordruckbehälters in verschiedene Richtungen bewegbar zu sein, und wobei der Saugschlauch, insbesondere mittels eines Linearmotors, durch eine Öffnung am vertikal unteren Ende des Hauptkörpers ausfahrbar
25 und/oder in den Hauptkörper einfahrbar ist, wobei der Saugschlauch vorzugsweise mit der Innenkammer verbunden ist.

30 Durch den flexiblen Saugschlauch lässt sich auch die Mitte des kalottenartigen Bodens des Reaktordruckbehälters erreichen, insbesondere durch die schmalen Gassen, welche durch die Steuerstäbe gebildet werden, die bei der siedewasserreaktorspezifischen Anordnung von unten in den Reaktordruckbehälter reichen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass das Saugelement einen Drallerzeuger aufweist, wobei der Drallerzeuger in der Innenkammer des Hauptkörpers vorgesehen ist, wobei der Drallerzeuger in einer vorgesehenen Saugstromrichtung dem Saug-

5 schlauch nachgeordnet ist, wobei der Drallerzeuger dem Saugstrom einen Drall verleiht, um im Saugstrom enthaltene Substanzen an die Wandung des Innenraums zu transportieren.

Ferner kann vorgesehen sein, dass das Saugelement einen Entdraller

10 aufweist, wobei der Entdraller im Hauptkörper vorgesehen ist und in Saugstromrichtung dem Drallerzeuger und/oder den Öffnungen in der Wandung der Innenkammer nachgeordnet ist.

Bevorzugt ist der Hauptkörper mehrteilig ausgebildet, wobei der Haupt-

15 körper eine Sammelkammer zum Sammeln der eingesaugten Substanzen aufweist, wobei die Sammelkammer die Innenkammer des Hauptkörpers hülsenartig umgibt, und wobei die Sammelkammer von der Innenkammer lösbar, insbesondere auf die Innenkammer aufschiebbar und/oder von der Innenkammer abziehbar, ist.

20 Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass an oder in der Wandung der Innenkammer Öffnungen, insbesondere Schlitzte oder Taschen, vorgesehen sind, die die Innenkammer mit der Sammelkammer verbinden, wobei an einer Innenwand der Sammelkammer korrespondierende Öffnungen

25 vorgesehen sind.

Es kann vorgesehen sein, dass die Reinigungsvorrichtung eine Stromversorgung umfasst, wobei die Stromversorgung beabstandet von dem Saug-

30 element vorgesehen ist, wobei die Stromversorgung über eine Leitung mit dem Saugelement verbunden ist. Die Stromversorgung ist insbesondere zum Antrieb der Umwälzpumpe und/oder des Linearmotors vorgesehen. Ferner kann die Stromversorgung insbesondere zum Ein- und Ausfahren des Saugschlauches vorgesehen sein. Durch die Stromversorgung ergibt

sich der Vorteil, dass die Reinigungsvorrichtung autark betrieben werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen, beispielsweise Partikeln und/oder Ablagerungen und/oder Korrosionsprodukten, vom Boden eines Reaktordruckbehälters, insbesondere des Reaktordruckbehälters eines Siedewasserreaktors und/oder eines Druckwasserbehälters, wobei im Reaktordruckbehälter eine Mehrzahl an Brennelementen vorgesehen ist, mit einer erfindungsgemäßen Reinigungsvorrichtung, umfasst die Schritte:

- a) Entfernen eines Brennelements aus dem Reaktordruckbehälter zum Schaffen einer freien Position, insbesondere am Rand des Reaktorkerns im Reaktordruckbehälter, für den Hauptkörper des Saugelements der Reinigungsvorrichtung;
- b) Einführen des Hauptkörpers in die freie Position, die durch das Entfernen des Brennelements entstanden ist;
- c) Reinigung, insbesondere Saugen, des Bodens des Reaktordruckbehälters von radioaktiven Substanzen mittels der Reinigungsvorrichtung,
- d) Entfernen des Hauptkörpers aus der Position, in die der Hauptkörper eingeführt wurde.

Es kann vorgesehen sein, dass das Brennelement gemäß Schritt a) aus einem Randbereich des Reaktordruckbehälters und/oder am Kernrand des Reaktordruckbehälters entfernt wird.

Ferner kann vorgesehen sein, dass das Entfernen des Brennelements gemäß Schritt a) und/oder das Einführen des Hauptkörpers des Saugelements gemäß Schritt b) und/oder das Entfernen des Hauptkörpers des Saugelements gemäß Schritt d) mittels einer Lademaschine durchgeführt wird.

Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass beim Einführen des Hauptkörpers des Saugelements in die freie Position, insbesondere eine freie Position ohne Steuerstabführungsrohr mit Steuerstabführungsrohrkopf, der Hauptkörper durch ein oberes
5 Kerngitter des Reaktordruckbehälters geführt und auf einen vorgesehenen, insbesondere selbstabdichtenden, Kegelsitz am unteren Kerngitter gesetzt wird.

Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass das
10 Saugelement der Reinigungsvorrichtung einen Saugschlauch umfasst, wobei nach dem Einführen des Hauptkörpers des Saugelements der Saugschlauch des Saugelements, insbesondere mittels des Linearmotors, aus dem Hauptkörper ausgefahren und bis zur Mitte des Bodens des Reaktordruckbehälters geführt wird. Bei dem Saugschlauch handelt es sich insbesondere um einen Saugschlauch mit den Merkmalen wie vorangehend be-
15 schrieben.

Ferner kann vorgesehen sein, dass das Saugelement der Reinigungsvorrichtung eine Umwälzpumpe und einen Drallerzeuger umfasst, wobei nach
20 dem zumindest teilweisen Ausfahren des Saugschlauchs die Umwälzpumpe gestartet wird und der Saugschlauch während des Saugvorgangs am Boden des Reaktordruckbehälters geführt wird, wobei der Saugstrom vorzugsweise durch den Drallerzeuger verwirbelt wird und eingesaugte Substanzen an die Wandung transportiert werden, wo sie durch die Öffnungen in die Sammelkammer transportiert werden.
25

Eine besonders bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens sieht vor, dass die Schritte a) bis d) mit einem weiteren Brennelement an einer weiteren Position wiederholt werden, solange bis der Boden des Reaktordruckbe-
30 hälters gereinigt ist oder eine Maximalfüllung des Sammelbehälters vorliegt, wobei die Maximalfüllung des Sammelbehälters mittels einer Gewichtsmessung ermittelt wird und für den Fall der Maximalfüllung der Sammelbehälter ausgetauscht wird.

Neben den radioaktiven Substanzen, wie Partikeln und/oder Ablagerungen und/oder Korrosionsprodukten, wird auch Wasser vom Boden des Reaktordruckbehälters mit angesaugt. Das eingesaugte, durch den Drallerzeuger umgewälzte und durch die Abscheidung der Substanzen in den Sammelbehälter gereinigte Wasser wird am vertikal oberen Ende der Reinigungsvorrichtung wieder abgeschieden.

Es kann vorgesehen sein, dass das Verfahren während einer Abschaltung des Siedewasserreaktors durchgeführt wird. Beispielsweise kann das Verfahren während der Revision oder einem Brennelementwechsel durchgeführt werden. Bevorzugt wird das Verfahren bei geöffnetem Reaktordruckbehälter-Deckel durchgeführt.

Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen

FIG 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Reinigungsvorrichtung in einer schematischen Schnittdarstellung;

FIG 2 den Querschnitt eines Reaktordruckbehälters eines Siedewasserreaktors mit einer erfindungsgemäßen Reinigungsvorrichtung während der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in dem Reaktordruckbehälter.

FIG 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Reinigungsvorrichtung 10 zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen beispielsweise Partikeln und/oder Ablagerungen und/oder Korrosionsprodukten, vom Boden eines Reaktordruckbehälters 30 eines Siedewasserreaktors. Im Reaktordruckbehälter 30 ist wie FIG 2 zeigt eine Mehrzahl an Brennelementen 31 vorgesehen.

Die Reinigungsvorrichtung 10 umfasst ein Saugelement 11, wobei das Saugelement 11 einen Hauptkörper 12 aufweist, dessen Außenabmessungen derart ausgebildet sind, dass der Hauptkörper 12 des Saugelements 11 wie in FIG 2 dargestellt anstatt eines Brennelements 31 auf eine Brennelement-Position am Kernrand in den Reaktordruckbehälter 30 einführbar ist.

Der Außenquerschnitt des Hauptkörpers entspricht dem Querschnitt eines Brennelements 31. Der Hauptkörper 12 weist einen quadratischen Außenquerschnitt auf, der den quadratischen Außenabmessungen eines Brennelements entspricht. Die Seitenlängen des Hauptkörpers 12 sind maximal 140mm groß.

Ferner entspricht die Länge des Hauptkörpers 12 der Länge eines Brennelements 31, wobei die maximale Länge ca. 4m beträgt.

An seinem vertikal unteren Ende 13 weist der Hauptkörper 12 einen Kegelsitz 14 auf. An seinem vertikal oberen Ende 15 weist der Hauptkörper 12 einen Griff 16 für einen Greifer einer Brennelement-Lademaschine auf.

Der Hauptkörper 12 weist eine Innenkammer 17 mit einer Wandung 18 auf, wobei die Innenkammer 17 einen runden Querschnitt hat.

Das Saugelement 11 umfasst eine Umwälzpumpe 19 mit einem Pumpenmotor 20 zur Erzeugung eines Saugstroms. Die Umwälzpumpe 19 ist in der Innenkammer 17 des Hauptkörpers 12 vorgesehen.

Das Saugelement 11 weist zudem einen Saugschlauch 21 auf, wobei der Saugschlauch 21 flexibel ausgebildet ist, um am Boden des Reaktordruckbehälters 30 in verschiedene Richtungen bewegbar zu sein, und wobei der Saugschlauch 21, durch eine Öffnung 23 am vertikal unteren Ende 13 des Hauptkörpers 12 mittels eines Linearmotors 22 ausfahrbar und/oder

in den Hauptkörper 12 einfahrbar ist. Der Saugschlauch 21 ist mit der Innenkammer 17 verbunden, wobei die Innenkammer 17 dem Saugschlauch 21 in Saugstromrichtung nachgeordnet ist.

- 5 Durch den flexiblen Saugschlauch 21 lässt sich auch die Mitte des kalottenartigen Bodens 29 des Reaktordruckbehälters 30 erreichen, insbesondere durch die schmalen Gassen, welche durch die Steuerstäbe gebildet werden, die bei der siedewasserreaktorspezifischen Anordnung von unten in den Reaktordruckbehälter reichen.

10

Das Saugelement 11 weist ferner einen Drallerzeuger 24 auf. Der Drallerzeuger 24 ist in der Innenkammer 17 des Hauptkörpers 12 vorgesehen, wobei der Drallerzeuger 24 in einer vorgesehenen Saugstromrichtung A dem Saugschlauch 21 nachgeordnet ist. Der Drallerzeuger 24 verleiht
15 dem Saugstrom einen Drall, um im Saugstrom enthaltene Substanzen an die Wandung 18 des Innenraums zu transportieren.

- Der Hauptkörper 12 ist mehrteilig ausgebildet, wobei der Hauptkörper 12 eine Sammelkammer 25 zum Sammeln der eingesaugten Substanzen auf-
20 weist. Die Sammelkammer 25 umgibt hülsenartig die Innenkammer 17 des Hauptkörpers 12 und ist von der Innenkammer 17 lösbar, insbesondere auf diese aufschiebbar und/oder von dieser abziehbar.

- An der Wandung 18 der Innenkammer 17 sind als Schlitze ausgebildete
25 Öffnungen 26 vorgesehen, die die Innenkammer 17 mit der Sammelkammer 25 verbinden, wobei an einer Innenwand 28 der Sammelkammer korrespondierende Öffnungen 27 vorgesehen sind.

- Mit der erfindungsgemäßen Reinigungsvorrichtung 10 lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen
30 vom Boden 29 eines Reaktordruckbehälters 30 durchführen. Im Reaktordruckbehälter 30 ist eine Mehrzahl an Brennelementen 31 vorgesehen.

Das Verfahren umfasst die Schritte:

- a) Entfernen eines Brennelements 31 aus dem Reaktordruckbehälter 30 zum Schaffen einer freien Position für den Hauptkörper 12 des Saugelements 11 der Reinigungsvorrichtung 10;
- 5 b) Einführen des Hauptkörpers 12 in die freie Position, die durch das Entfernen des Brennelements 31 entstanden ist, wobei in der freien Position kein Steuerstabführungsrohr 32 mit Steuerstabführungsrohrkopf vorgesehen sein soll;
- c) Reinigung des Bodens 29 des Reaktordruckbehälters 30 von radioaktiven Substanzen mittels der Reinigungsvorrichtung 10,
- 10 d) Entfernen des Hauptkörpers 12 aus der Position, in die der Hauptkörper 12 eingeführt wurde.

Das Brennelement 31 wird bevorzugt am Kernrand des Reaktordruckbehälters 30 entfernt. Das Entfernen des Brennelements 31 gemäß Schritt a) und das Einführen des Hauptkörpers 12 des Saugelements 11 gemäß Schritt b) sowie das Entfernen des Hauptkörpers 12 des Saugelements 11 gemäß Schritt d) wird mittels einer Brennelement-Lademaschine durchgeführt.

20

Beim Einführen des Hauptkörpers 12 des Saugelements 11 in die freie Position wird der Hauptkörper 12 durch ein oberes Kerngitter 33 des Reaktordruckbehälters 30 geführt und auf einen vorgesehenen, selbstabdichtenden Kegelsitz am unteren Kerngitter 34 gesetzt.

25

Das Saugelement 11 der Reinigungsvorrichtung 10 umfasst den vorhergehend beschriebenen Saugschlauch 21, wobei nach dem Einführen des Hauptkörpers 12 des Saugelements 11 der Saugschlauch 21 des Saugelements 11 aus dem Hauptkörper 12 ausgefahren und bis zur Mitte des Bodens 29 des Reaktordruckbehälters 30 geführt wird.

30

Das Saugelement 11 der Reinigungsvorrichtung 10 umfasst die vorhergehend beschriebene Umwälzpumpe und den Drallerzeuger, wobei nach dem

zumindest teilweisen Ausfahren des Saugschlauchs 21 die Umwälzpumpe 19 gestartet wird und der Saugschlauch 21 während des Saugvorgangs am Boden 29 des Reaktordruckbehälters 30 geführt wird, wobei der Saugstrom vorzugsweise durch den Drallerzeuger 24 verwirbelt wird und
5 eingesaugte Substanzen an die Wandung 18 transportiert werden, wo sie durch die Öffnungen 26 in die Sammelkammer 25 transportiert werden.

Die Schritte a) bis d) werden mit einem weiteren Brennelement 31 an einer weiteren Position wiederholt, solange bis der Boden 29 des Reaktordruckbehälters 30 gereinigt ist oder eine Maximalfüllung des Sammelbehälters 25 vorliegt, wobei die Maximalfüllung des Sammelbehälters 25 mittels einer Gewichtsmessung ermittelt wird und für den Fall der Maximalfüllung der Sammelbehälter 25 ausgetauscht wird.

15 Das Verfahren wird während einer Abschaltung des Siedewasserreaktors durchgeführt wird. Beispielsweise kann das Verfahren während der Revision oder während einem Brennelementwechsel durchgeführt werden. Bevorzugt wird das Verfahren bei geöffnetem Reaktordruckbehälter-Deckel 35 durchgeführt.

Bezugszeichenliste

	10	Reinigungsvorrichtung
	11	Saugelement
5	12	Hauptkörper
	13	vertikal unteres Ende
	14	Kegelsitz
	15	vertikal oberes Ende
	16	Griff
10	17	Innenkammer
	18	Wandung
	19	Umwälzpumpe
	20	Pumpenmotor
	21	Saugschlauch
15	22	Linearmotor
	23	Öffnung
	24	Drallerzeuger
	25	Sammelkammer
	26	Öffnung
20	27	Öffnung
	28	Innenwand
	29	Boden
	30	Reaktordruckbehälter
	31	Brennelement
25	32	Steuerstabführungsrohr
	33	oberes Kerngitter
	34	unteres Kerngitter
	35	Deckel
30	A	Saugstromrichtung

Patentansprüche

1. Reinigungsvorrichtung (10) zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen vom Boden (29) eines Reaktordruckbehälters (30) wobei im
5 Reaktordruckbehälter (30) eine Mehrzahl an Brennelementen (31) vorgesehen ist, umfassend ein Saugelement (11), wobei das Saugelement (11) einen Hauptkörper (12) aufweist, dessen Außenabmessungen derart ausgebildet sind, dass der Hauptkörper (12) des Saugelements (11) anstatt eines Brennelements (31) in den Reaktordruckbehälter (30) einführbar ist.
10
2. Reinigungsvorrichtung Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Außenquerschnitt des Hauptkörpers (12) dem Querschnitt
15 eines Brennelements (31) entspricht, und/oder
dass der Hauptkörper (12) einen quadratischen Außenquerschnitt aufweist, der den quadratischen Außenabmessungen eines Brennelements (31) entspricht, und/oder wobei die Seitenlängen des Hauptkörpers (12) maximal 140mm groß sind.
20
3. Reinigungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Länge des Hauptkörpers (12) der Länge eines Brennelements entspricht oder der Hauptkörper maximal die Länge eines Brennelements aufweist.
25
4. Reinigungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Hauptkörper (12) an seinem vertikal unteren Ende (13) einen Kegelsitz (14) aufweist, und/oder
30 **dass** der Hauptkörper (12) an seinem vertikal oberen Ende (15) einen Griff (16) für einen Greifer einer Brennelement-Lademaschine aufweist.

5. Reinigungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Hauptkörper (12) eine Innenkammer (17) mit wenigstens einer
Wandung (18) aufweist.
6. Reinigungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Saugelement (11) eine Umwälzpumpe (19) mit einem Pumpen-
motor (20) zur Erzeugung eines Saugstroms umfasst.
7. Reinigungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Saugelement (11) einen Saugschlauch (21) aufweist, wobei der
Saugschlauch (21) flexibel ausgebildet ist, und wobei der Saug-
schlauch (21), durch eine Öffnung (23) am vertikal unteren Ende
(13) des Hauptkörpers (12) ausfahrbar und/oder in den Hauptkörper
(12) einfahrbar ist.
8. Reinigungsvorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Saugelement (11) einen Drallerzeuger (24) aufweist, wobei der
Drallerzeuger (24) in der Innenkammer (17) des Hauptkörpers (12)
vorgesehen ist, wobei der Drallerzeuger (24) in einer vorgesehenen
Saugstromrichtung (A) dem Saugschlauch (21) nachgeordnet ist,
wobei der Drallerzeuger (24) dem Saugstrom einen Drall verleiht,
um im Saugstrom enthaltene Substanzen an die Wandung (18) des
Innenraums zu transportieren.

9. Reinigungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Hauptkörper (12) mehrteilig ausgebildet ist, wobei der Hauptkörper (12) eine Sammelkammer (25) zum Sammeln der eingesaugten Substanzen aufweist, wobei die Sammelkammer (25) die Innenkammer (17) des Hauptkörpers (12) hülsenartig umgibt, und wobei die Sammelkammer (25) von der Innenkammer (17) lösbar ist.
10. Reinigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9 und Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
an oder in der Wandung (18) der Innenkammer (17) Öffnungen (26) vorgesehen sind, die die Innenkammer (17) mit der Sammelkammer (25) verbinden, wobei an einer Innenwand (28) der Sammelkammer korrespondierende Öffnungen (27) vorgesehen sind.
11. Verfahren zur Beseitigung von radioaktiven Substanzen vom Boden (29) eines Reaktordruckbehälters (30), wobei im Reaktordruckbehälter (30) eine Mehrzahl an Brennelementen (31) vorgesehen ist, mit einer Reinigungsvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend die Schritte:
- Entfernen eines Brennelements (31) aus dem Reaktordruckbehälter (30) zum Schaffen einer freien Position für den Hauptkörper (12) des Saugelements (11) der Reinigungsvorrichtung (10);
 - Einführen des Hauptkörpers (12) in die freie Position, die durch das Entfernen des Brennelements (31) entstanden ist;
 - Reinigung des Bodens (29) des Reaktordruckbehälters (30) von radioaktiven Substanzen mittels der Reinigungsvorrichtung (10),
 - Entfernen des Hauptkörpers (12) aus der Position, in die der Hauptkörper (12) eingeführt wurde.

12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Brennelement (31) gemäß Schritt a) aus einem Randbereich des
Reaktordruckbehälters (30) und/oder am Kernrand des Reaktor-
druckbehälters (30) entfernt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Entfernen des Brennelements (31) gemäß Schritt a) und/oder
das Einführen des Hauptkörpers (12) des Saugelements (11) gemäß
Schritt b) und/oder das Entfernen des Hauptkörpers (12) des Saug-
elements (11) gemäß Schritt d) mittels einer Brennelement-
Lademaschine durchgeführt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
beim Einführen des Hauptkörpers (12) des Saugelements (11) in die
freie Position der Hauptkörper (12) durch ein oberes Kerngitter (33)
des Reaktordruckbehälters (30) geführt und auf einen vorgesehenen
Kegelsitz am unteren Kerngitter (34) gesetzt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Saugelement (11) der Reinigungsvorrichtung (10) einen Saug-
schlauch (21) umfasst, wobei nach dem Einführen des Hauptkörpers
(12) des Saugelements (11) der Saugschlauch (21) des Saugele-
ments (11) aus dem Hauptkörper (12) ausgefahren und bis zur Mitte
des Bodens (29) des Reaktordruckbehälters (30) geführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Saugelement (11) der Reinigungsvorrichtung (10) eine Umwälz-
pumpe (19) und einen Drallerzeuger (24) umfasst, wobei nach dem
5 zumindest teilweisen Ausfahren des Saugschlauchs (21) die Umwälz-
pumpe (19) gestartet wird und der Saugschlauch (21) während des
Saugvorgangs am Boden (29) des Reaktordruckbehälters (30) ge-
führt wird.
- 10 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schritte a) bis d) mit einem weiteren Brennelement (31) an einer
weiteren Position wiederholt werden, solange bis der Boden (29) des
Reaktordruckbehälters (30) gereinigt ist oder eine Maximalfüllung
15 des Sammelbehälters (25) vorliegt, wobei die Maximalfüllung des
Sammelbehälters (25) mittels einer Gewichtsmessung ermittelt wird
und für den Fall der Maximalfüllung der Sammelbehälter (25) aus-
getauscht wird.

FIG 1

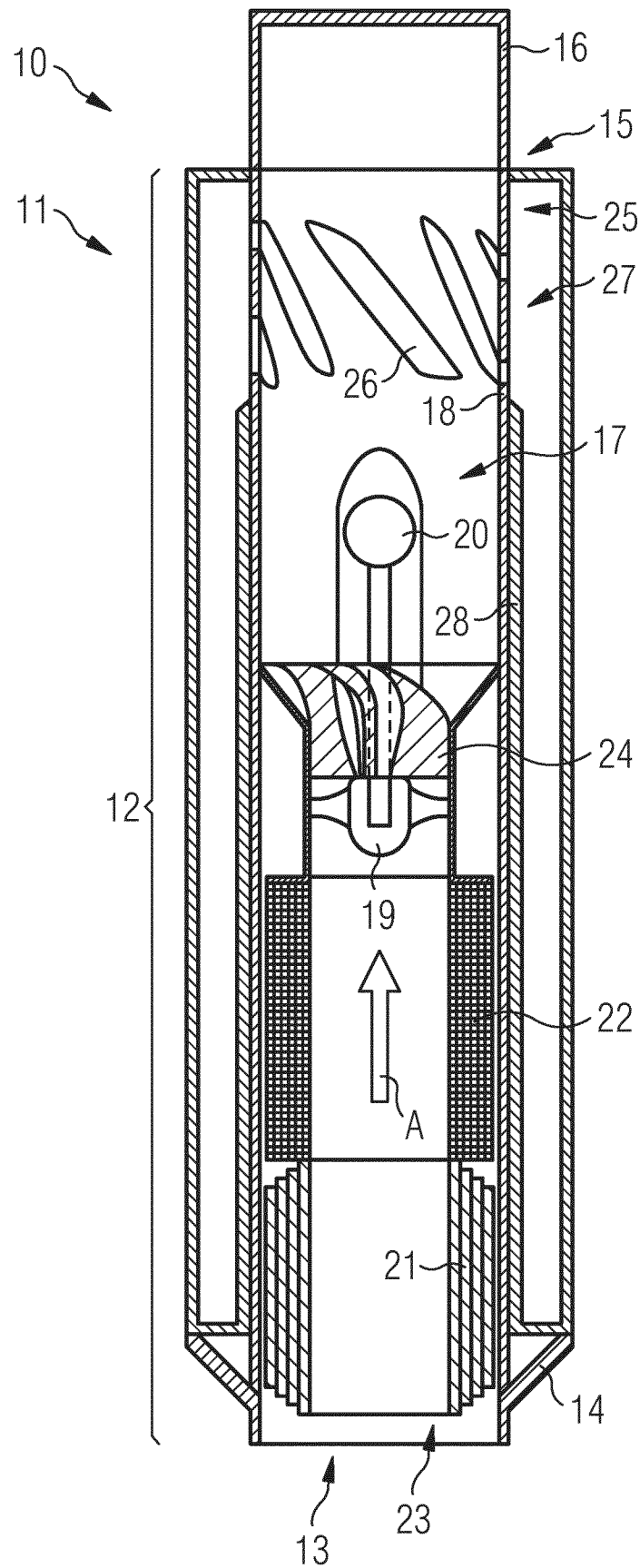
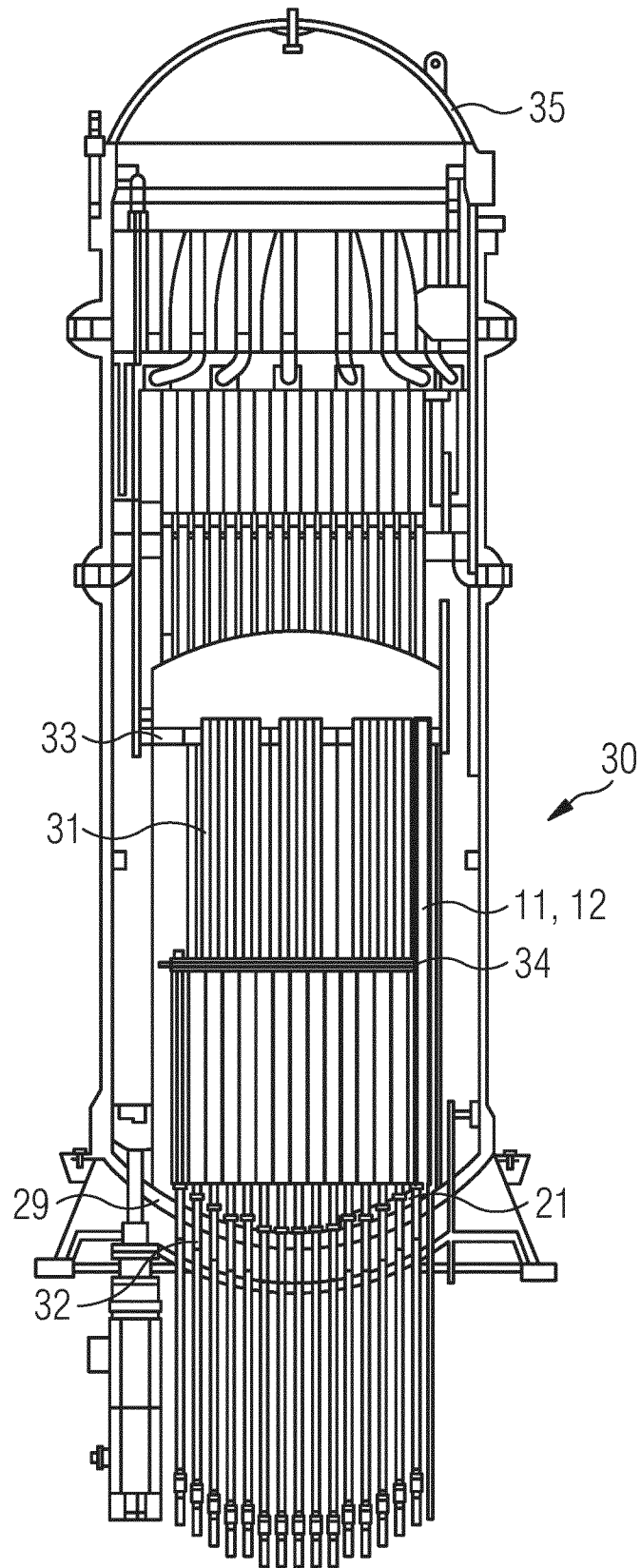


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/062515

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*G21C 19/26*(2006.01)i; *G21C 19/28*(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)

G21C; F28F

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	FR 3000277 A1 (GRADEL [LU]) 27 June 2014 (2014-06-27)	1-7,9-15,17
Y	page 1, line 3 - page 11, line 15; figures 1-6	8,16
Y	DE 8011145 U1 (BERGWERKSVERBAND ESSEN) 02 October 1980 (1980-10-02)	8,16
	page 6, last paragraph	

☐ 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

13 August 2018

Date of mailing of the international search report

24 August 2018

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

Lohberger, Severin

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/062515

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
FR	3000277	A1	27 June 2014	NONE	
DE	8011145	U1	02 October 1980	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G21C19/26 G21C19/28
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G21C F28F

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	FR 3 000 277 A1 (GRADEL [LU]) 27. Juni 2014 (2014-06-27)	1-7, 9-15,17
Y	Seite 1, Zeile 3 - Seite 11, Zeile 15; Abbildungen 1-6	8,16
Y	DE 80 11 145 U1 (BERGWERKSVERBAND ESSEN) 2. Oktober 1980 (1980-10-02) Seite 6, letzter Absatz	8,16



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

13. August 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/08/2018

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

Lohberger, Severin

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/062515

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 3000277	A1	27-06-2014	KEINE
DE 8011145	U1	02-10-1980	KEINE