

(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
23. Juli 2020 (23.07.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/148016 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B01D 63/08 (2006.01) **H01M 8/04119** (2016.01)
B01D 65/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/083445

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. Dezember 2019 (03.12.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 200 451.2
16. Januar 2019 (16.01.2019) DE

(71) Anmelder: **AUDI AG** [DE/DE]; I/FL-G, 85045 Ingolstadt (DE). **VOLKSWAGEN AG** [DE/DE]; Berliner Ring 2, 38440 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder: **STAECK, Rune**; Zum Luisenhof 9, 38518 Gifhorn (DE). **ROTHER, Felix**; Am Quälberg 6, 38518 Gifhorn (DE). **JENSSEN, Dirk**; Hermannstr. 18, 38114 Braunschweig (DE). **BUCHENBERGER, Martin**; Dreimännerstr. 4, 38176 Wendeburg (DE). **KÜHN, Markus**; Schloß-

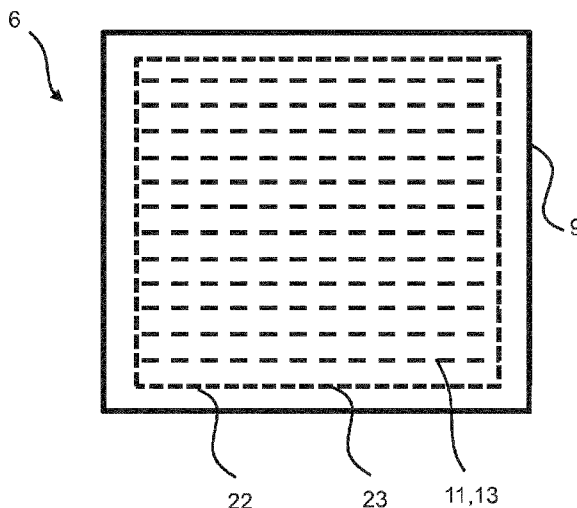
kamp 11, 38550 Isenbüttel (DE). **BEUSCHER, Jan**; Husarenstr. 40, 38102 Braunschweig (DE). **HARTWIG, Sven**; Tannhäuser Str. 20, 38106 Braunschweig (DE).

(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, 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: MOISTENING MODULE HAVING SEWN-IN FLOW FIELD, MOISTENER, METHOD FOR PRODUCING A MOISTENING MODULE AND METHOD FOR PRODUCING A MOISTENER

(54) Bezeichnung: BEFEUCHTERMODUL MIT EINGENÄHTEM FLUSSFELD, BEFEUCHTER, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BEFEUCHTERMODULS UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BEFEUCHTERS



(57) Abstract: The invention relates to a moistening module (6) having a membrane (9) which is permeable to water vapor, having spacers (11) arranged on both sides of the membrane (9), each spacer defining a flow field, and having a thread (13) sewn into the membrane (9). The spacers (11) defining the flow field are formed by the thread (13) sewn into the membrane (9). The invention furthermore relates to a moistener (4), to a method for producing a moistening module (6) and to a method for producing a moistener.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Befeuchtermodul (6) mit einer wasserdampfdurchlässigen Membran (9), mit beidseits der Membran (9) angeordneten jeweils ein Flussfeld definierenden Abstandshaltern (11) und mit einem in die Membran (9) eingenähten Garn (13). Die das Flussfeld definierenden Abstandshalter (11) sind durch das in die Membran (9) eingenähte Garn (13) gebildet. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Befeuchter (4), ein Verfahren zur Herstellung eines Befeuchtermoduls (6) und ein Verfahren zur Herstellung eines Befeuchters.

Fig. 1

WO 2020/148016 A1

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)

-
- 5 Befeuchtermodul mit eingenähtem Flussfeld, Befeuchter, Verfahren zur Herstellung eines Befeuchtermoduls und Verfahren zur Herstellung eines Befeuchters
-

10 BESCHREIBUNG:

Die Erfindung betrifft ein Befeuchtermodul mit einer wasserdampfdurchlässigen Membran, mit beidseits der Membran angeordneten jeweils ein Flussfeld definierenden Abstandshaltern und mit einem in die Membran eingenähten

15 Garn.

Die Erfindung betrifft weiterhin einen Befeuchter und ein Verfahren zur Herstellung eines Befeuchtermoduls, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Befeuchters.

20

Befeuchter werden im Allgemeinen eingesetzt, um bei zwei gasförmigen Medien mit einem unterschiedlichen Feuchtegehalt eine Übertragung der Feuchte auf das trockenere Medium bewirken zu können. Derartige Gas/Gas-Befeuchter finden insbesondere Anwendung in Brennstoffzellen-

25 vorrichtungen, bei denen im Kathodenkreislauf zur Versorgung der Kathodenräume des Brennstoffzellenstapels Luft mit dem darin enthaltenen Sauerstoff verdichtet wird, so dass relativ warme und trockene komprimierte Luft vorliegt, deren Feuchte für die Verwendung in den Brennstoffzellenstapel für die Membranelektrodeneinheit nicht ausreicht. Die durch den Verdichter be-

30 reitgestellte trockene Luft für den Brennstoffzellenstapel wird befeuchtet, indem sie an der wasserdampfdurchlässigen Membran vorbeigeführt wird, deren andere Seite mit der feuchten Abluft aus dem Brennstoffzellenstapel bestrichen wird. Des Weiteren fällt im Brennstoffzellenstapel sowohl anodenseitig als auch kathodenseitig Flüssigwasser an, das aus dem Brennstoffzellen-

stapel entfernt werden muss. Der Befeuchter, der Wasserabscheider sowie der nach dem Verdichter positionierte Ladeluftkühler sind große Komponenten, die zu einer starken Vergrößerung des erforderlichen Bauraums für eine Brennstoffzellenvorrichtung beitragen und die Effizienz der Brennstoffzellen-
5 vorrichtung einschränken weil hohe thermische Verluste vorliegen.

Die US 9,806,362 B2 offenbart einen Planarbefeuchter mit einer Mehrzahl von Membranen umfassenden Befeuchtereinheiten, wobei in einen Randbereich der Membran ein Garn umfangsseitig eingenäht ist, um die Befeuchtereinheit nach außen abzudichten.
10

Weiterhin sind Vorschläge bekannt, einen Befeuchter mit einer Mehrzahl an Befeuchtermodulen einzusetzen, die über ein Flussfeld definierende Stege verfügen, durch das ein gleichmäßigeres Bestreichen der Membran mit dem
15 dieser Seite zugeordneten Medium ermöglicht wird. Bei derartigen Befeuchtern werden die Befeuchtermodule mittels Zugstäben verspannt. Die Befeuchtermodule weisen dabei eine sich wiederholende Stapelung aus einer Dichtung, einem Flussfeldrahmen, einer weiteren Dichtung, einer Membran, einer weiteren Dichtung, einem weiteren Flussfeldrahmen und wiederum ei-
20 ner Dichtung auf. Die Herstellung eines solchen Befeuchtermoduls bzw. eines aus einer Mehrzahl von derartigen Befeuchtermodulen aufgebauten Befeuchters ist vergleichsweise aufwendig und damit mit hohen Kosten verbunden.

25 Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Befeuchtermodul, einen Befeuchter, ein Verfahren zur Herstellung eines Befeuchtermoduls und ein Verfahren zur Herstellung eines Befeuchters bereitzustellen, durch die die oben genannte Nachteile reduziert werden.

30 Die das Befeuchtermodul betreffende Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Die den Befeuchter betreffende Aufgabe wird durch einen Befeuchter gemäß den Merkmalen des Anspruches 8 gelöst. Die das Verfahren zur Herstellung eines Befeuchtermoduls betreffende Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 9 und die das Verfahren zur Herstellung

eines Befeuchters betreffende Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

- 5 Das Befeuchtermodul zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass die das Flussfeld definierenden Abstandshalter durch das in die Membran eingenähte Garn gebildet sind. Durch das Einnähen des Garns wird der Membran eine stützende und insbesondere versteifende Skelettstruktur verliehen. Das Garn kann dabei beidseitig ein Flussfeld ausbilden. Folglich kann auf zusätz-
- 10 liche Bauteile wie beispielsweise die sonst üblichen als Stege gebildeten Abstandshalter verzichtet werden. Dies ermöglicht eine kostengünstigere Herstellung des Befeuchtermoduls und gleichzeitig eine Gewichtseinsparung. In diesem Zusammenhang ist es insbesondere vorgesehen, dass das Garn eine Materialstärke oder ein Durchmesser von 0,2mm bis 4mm und vor-
- 15 zugsweise eine Materialstärke zwischen 0,25mm bis 3mm aufweist. Das Garn muss ausreichend steif gebildet sein, um die Luftströmung im Befeuchtermodul zu gewährleisten und um Druckverluste innerhalb des Befeuchtermoduls zu reduzieren.
- 20 Das Garn kann dabei in einer besonders einfach herzustellenden Ausführungsform durch die Membran derart geführt sein, dass mindestens ein Garnoberteil auf einer ersten Seite der Membran und mindestens ein Garnunterteil auf einer zweiten Seite der Membran angeordnet ist.
- 25 In diesem Zusammenhang ist es von Vorteil, wenn das Garn oder ein zusätzliches Garn durch die Membran derart geführt ist, dass ein oder mehrere der Garnoberteile und/oder ein oder mehrere der Garnunterteile an Knotenpunkten miteinander verbunden sind. Dies verstärkt die Skelettstruktur der Membran.
- 30 In einer alternativen Ausführungsform ist das Garn als ein Oberfaden gebildet und ein zusätzliches Garn ist als ein Unterfaden gebildet, wobei der Oberfaden mit dem Unterfaden an einem oder an mehreren Knotenpunkten miteinander verbunden oder verwoben sind. Die Abstandshalter werden

hierbei vorzugsweise analog zu einem Steppstich gebildet, d.h. der Oberfaden und der Unterfaden werden an den Knotenpunkten miteinander verwoben, indem durch eine Oberfadenschleife des Oberfadens der Unterfaden gefädelt wird.

5

Um das Befeuchtermodul und insbesondere um das Flussfeld abzudichten, ist es bevorzugt, wenn das Garn und/oder das zusätzliche Garn aus einem thermoplastischen Material gebildet ist, und wenn zur Ausbildung einer Dichtung zumindest einzelne der Knotenpunkte mittels Wärmeeinwirkung verschmelzbar sind. Insbesondere ist es vorteilhaft wenn alle Knotenpunkte mittels Wärmeeinwirkung verschmelzbar sind.

10

Dabei kann in einer besonders einfach herzustellenden Ausführungsform des Befeuchtermoduls das zusätzliche Garn derart oberhalb des Garnoberteils und unterhalb des Garnunterteils gespannt werden, dass das Garnoberteil bzw. die Schleifen des Garnoberteils des Garns das zusätzlichen Garn an mindestens einem Knotenpunkt berühren. An diesem Knotenpunkt wird das Garn vorzugsweise mit dem zusätzlichen Garn mittels Wärmeeinwirkung verschmolzen. Dies gilt analog für das zusätzliche Garn, welches die Garnunterteile, also die Schleifen der Garnunterteile an mindestens einem Knotenpunkt berührt.

15

20

Alternativ kann das Garn oder das zusätzliche Garn derart versetzt durch die Membran geführt sein, dass zwischen zwei Schleifen des Garnoberteils des Garns eine Schleife eines Garnoberteils des zusätzlichen Garns angeordnet ist.

25

In einer weiteren Ausführungsform, bei der das Garn als ein Oberfaden und das zusätzliche Garn als ein Unterfaden gebildet ist, ist der Unterfaden mit einer durch den Oberfaden gebildeten Oberfadenschleife verwoben. Die derart gebildeten Knotenpunkte oder einzelne dieser Knotenpunkte sind mittels Wärmeeinwirkung verschmelzbar.

30

Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn das Garn und das zusätzliche Garn unterschiedliche Schmelzpunkte aufweisen. Weist das Garn einen niedrigeren Schmelzpunkt als das zusätzliche Garn auf, so ist das Garn mit dem zusätzlichen Garn ab einer Schmelztemperatur des Garns verschmelzbar, ohne dass das zusätzliche Garn ebenfalls schmilzt. Mit anderen Worten kann die Schmelztemperatur des Garns oder des zusätzlichen Garns derart gewählt sein, dass nur eines der beiden Garne bei dieser Temperatur zu schmelzen beginnt oder adhesive Eigenschaften entwickelt. Die gewählte Schmelztemperatur liegt dabei selbstverständlich unterhalb einer Schmelztemperatur des Membranmaterials. Dies gilt analog für den Fall, dass das zusätzliche Garn den niedrigeren Schmelzpunkt als das Garn aufweist.

Alternativ oder ergänzend kann eines der Garne aus einem – vorzugsweise nicht thermoplastischen – Material gebildet sein kann, welches einen Dochteffekt aufweist. In anderen Worten kann mittels des Dochteffekts Flüssigkeit in dieses Garn aufgenommen oder gesogen werden und so zumindest zweitweise im Garn gespeichert werden. Das durch die Membran geführte Garn mit Dochtwirkung bildet eine Art Flüssigkeitsbrücke zwischen trockenen und der feuchten Seite der Membran.

Um das Befeuchtermodul auch außenumfangsseitig abzudichten, ist es von Vorteil, wenn ein weiteres Garn zumindest teilweise umfangseitig in einen Randbereich der Membran eingenäht oder auf den Randbereich aufgebracht ist. Dabei ist das weitere Garn bevorzugt aus einem Elastomer gebildet. Das Elastomer kann beispielsweise aus Silikon oder EPDM umfassen oder daraus bestehen, so dass durch eine Spannung oder Verspannung des weiteren Garns eine zusätzliche Dichtwirkung erzielt wird.

Der Befeuchter zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass eine Mehrzahl von zwischen zwei Endplatten angeordneten Befeuchtermodulen vorgesehen sind. Dabei können die Befeuchtermodule miteinander mittels Wärmeinwirkung verschmelzbar sein, so dass auch eine nach außen wirkende Dichtung der Befeuchtermodule erzielt wird. Die im Rahmen des Befeuch-

termoduls genannten Vorteile sind dabei auch auf den Befeuchter übertragbar und gelten daher sinngemäß für diesen.

Das Verfahren zur Herstellung eines Befeuchtermoduls umfasst insbesondere

5 die folgenden Schritte:

- Bereitstellen einer Membran und
- Einnähen eines Garns in oder Aufbringen eines Garns auf die Membran derart, dass das Garn einen ein Flussfeld definierenden Abstandshalter bildet.

10

Dies ermöglicht eine besonders einfache und kostengünstige Herstellung des Befeuchtermoduls.

In diesem Zusammenhang ist es insbesondere vorgesehen, dass das Garn

15

in die Membran in einer Mehrzahl von parallel zueinander verlaufenden Reihen eingenäht oder auf die Membran in einer Mehrzahl von parallel zueinander verlaufenden Reihen aufgebracht wird.

Um die Flussfelder abzudichten umfasst das Verfahren insbesondere die

20

folgenden Schritte:

- Verschmelzen von zumindest einzelnen der durch das Verbinden von einem oder mehrerer Garnoberteile und/oder von einem oder mehrere Garnunterteile erzeugten Knotenpunkte mittels Wärmeeinwirkung oder
- 25 - Verschmelzen von zumindest einzelnen der durch das Verbinden eines Oberfadens mit einem Unterfaden erzeugten Knotenpunkte mittels Wärmeeinwirkung.

Um die Befeuchtermodule auch umfangsseitig abzudichten, umfasst das Verfahren bevorzugt den folgenden Schritt:

30

- Zumindest teilweise umfangsseitiges Einnähen oder Aufbringen eines weiteren Garns in einen Randbereich der Membran.

Das Verfahren zur Herstellung eines Befeuchters zeichnet sich insbesondere durch die folgenden Schritte aus:

- Bereitstellen von einer Mehrzahl von Befeuchtermodulen,
- Verschmelzen der Befeuchtermodule miteinander durch Wärmeeinwirkung,
- Anordnung der Mehrzahl von verschmolzen Befeuchtermodulen zwischen zwei Endplatten und
- Verspannen der Befeuchtermodule mit den Endplatten mittels Zugstangen.

10

Bei einem derartigen Befeuchter kann auf zusätzliche Schichten bzw. Komponenten wie einen Flussfeldrahmen, einen Dichtrahmen sowie auf eine zusätzliche Dichtung verzichtet werden. Das Befeuchtermodul und auch der Befeuchter wird somit vorzugsweise ausschließlich aus einer Mehrzahl von Membranen aufgebaut, in die Garne eingenäht oder auf die Garne aufgebracht sind, um ein nach außen oder umfangsseitig abgedichtetes Flussfeld zu erzeugen.

15

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

20

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf ein Befeuchtermodul,

25

Fig. 2 ein erstes schematisches Ausführungsbeispiel eines Befeuchtermoduls in einer Schnittansicht,

Fig. 3 ein zweites schematisches Ausführungsbeispiel eines Befeuchtermoduls in einer Schnittansicht,

30

Fig. 4 ein drittes schematisches Ausführungsbeispiel eines Befeuchtermoduls in einer Schnittansicht,

Fig. 5 ein viertes schematisches Ausführungsbeispiel eines Befeuchtermoduls in einer Schnittansicht und

Fig. 6 einen Befeuchter.

5

Brennstoffzellen dienen der Energieerzeugung und können insbesondere zur Energieerzeugung für den Antrieb von Kraftfahrzeugen angewendet werden. Dabei werden bevorzugt eine Mehrzahl von Brennstoffzellen in einem Brennstoffzellenstapel zusammengefasst.

10

Jede der Brennstoffzellen umfasst eine Anode, eine Kathode sowie eine die Anode von der Kathode trennende, protonenleitfähige Polymer-Membran. Die Polymer-Membran ist aus einem Ionomer, vorzugsweise einem sulfonierten Tetrafluorethylen-Polymer (PTFE) oder einem Polymer der perfluorierten Sulfonsäure (PFSA) gebildet. Alternativ kann die Polymer-Membran als eine Hydrocarbon-Membran gebildet sein.

15

Den Anoden und/oder den Kathoden kann zusätzlich ein Katalysator beigemischt sein, wobei die Membran vorzugsweise auf ihrer ersten Seite und/oder auf ihrer zweiten Seite mit einer Katalysatorschicht aus einem Edelmetall oder einem Gemisch umfassend Edelmetalle wie Platin, Palladium, Ruthenium oder dergleichen beschichtet sind, die als Reaktionsbeschleuniger bei der Reaktion der jeweiligen Brennstoffzelle dienen.

20

Über einen Anodenraum kann der Anode Brennstoff (z.B. Wasserstoff) zugeführt werden. In einer Polymerelektrolytmembranbrennstoffzelle (PEM-Brennstoffzelle) werden an der Anode Brennstoff oder Brennstoffmoleküle in Protonen und Elektronen aufgespalten. Die PEM lässt die Protonen hindurch, ist aber undurchlässig für die Elektronen. An der Anode erfolgt beispielsweise die Reaktion: $2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ (Oxidation/Elektronenabgabe).

25

Während die Protonen durch die PEM zur Kathode hindurchtreten, werden die Elektronen über einen externen Stromkreis an die Kathode oder an einen Energiespeicher geleitet.

30

Über einen Kathodenraum kann der Kathode das Kathodengas (z.B. Sauerstoff oder Sauerstoff enthaltene Luft) zugeführt werden, so dass kathoden-seitig die folgende Reaktion stattfindet: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ (Reduktion/Elektronenaufnahme).

5

Um eine Ionenleitfähigkeit für Wasserstoffprotonen durch die PEM zu gewährleisten, ist das Vorhandensein von Wassermolekülen in der PEM erforderlich. Deshalb wird insbesondere das Kathodengas befeuchtet, bevor es der Brennstoffzelle zugeführt wird, um eine Feuchtigkeitssättigung der PEM herbeizuführen.

10

Da in dem Brennstoffzellenstapel mehrere Brennstoffzellen zusammengefasst sind, muss eine ausreichend große Menge an Kathodengas zur Verfügung gestellt werden, so dass durch einen Verdichter ein großer Kathodengasmassenstrom bereitgestellt wird, wobei infolge der Komprimierung des Kathodengases sich dessen Temperatur stark erhöht. Die Konditionierung des Kathodengases, also dessen Einstellung hinsichtlich der im Brennstoffzellenstapel gewünschten Parameter, erfolgt in einem Ladeluftkühler sowie in einem Befeuchter 4.

20

Der als Ausführungsbeispiel in der Figur 6 dargestellte Befeuchter 4, weist zwei Endplatten 5 auf, zwischen denen eine Mehrzahl von Befeuchtermodulen 6 angeordnet sind, wobei die Befeuchtermodule 6 zwischen den Endplatten 5 durch die Zugstangen 7 verspannt werden. Eine andere Verbindung der Endplatten 5 anstelle der Zugstangen 7 durch Ausnutzung beispielsweise von Bändern ist gleichfalls denkbar.

25

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist für die Einfachheit der Darstellung die Zuordnung der Medienanschlüsse 8 für die Zufuhr und die Abfuhr der beiden Medien zu einer der Endplatten 5 getroffen, wobei für den Fall einer Brennstoffzellenvorrichtung die beiden Medien sich nur hinsichtlich ihres Feuchtegehalts unterscheiden, aber stofflich in der Regel Luft vorliegt. Generell besteht aber die Möglichkeit, dass die Medienanschlüsse 8 für eines der Medien gemeinsam auf einer der Endplatten 5 oder getrennt auf den beiden

30

Endplatten 5 angeordnet sind und dass die Medienanschlüsse 8 für das andere Medium gemeinsam auf derselben oder der anderen Endplatte wie die Medienanschlüsse 8 für das erste Medium oder getrennt auf den beiden Endplatten 5 mit invertierter Zuordnung der Medienanschlüsse 8 für die Zufuhr und die Abfuhr relativ zum ersten Medium angeordnet sind, also die in Reihe angeordneten Befeuchtermodule 6 hinsichtlich eines Mediums U- oder Z-förmig durchströmt werden können, während bei Betrachtung der beiden Medien gemeinsam auch ein Gegenstrom oder Kreuzgegenstrom möglich ist.

10

In der Figur 1 ist der Aufbau eines einzelnen Befeuchtermoduls 6 dargestellt. Dabei ist beidseits der Membran 9 jeweils ein durch Abstandhalter 11 definiertes Flussfeld angeordnet. Die Abstandshalter 11 sind dabei durch ein in die Membran 9 eingenähtes Garn 13 gebildet, welches der Membran 9 eine Art Skelettstruktur verleiht. In Figur 1 sind in die Membran 9 eine Mehrzahl von parallel zueinander verlaufenden Reihen an Garn 13 eingenäht, die die das Flussfeld definierenden Abstandshalter 11 bilden.

15

Darüber hinaus ist umfangsseitig in einen Randbereich 23 der Membran 9 ein weiteres Garn 22 eingenäht oder auf den Randbereich 23 aufgebracht. Dies ermöglicht eine umfangsseitige Abdichtung des Befeuchtermoduls 6. Insbesondere wenn das weitere Garn 22 als ein Elastomer gebildet ist wird diese zusätzliche Dichtwirkung beim Anziehen bzw. Verspannen des weiteren Garns 22 erzielt.

20

In den Figuren 2 bis 5 sind verschiedene Ausführungsbeispiele der in die Membran 9 eingenähten oder der auf die Membran 9 aufgebrachten Garne 13 gezeigt. In Figur 3 ist das Garn 13 dabei derart durch die Membran 9 geführt, dass mindestens ein Garnoberteil 14 auf einer ersten Seite 16 und mindestens ein Garnunterteil 15 auf einer zweiten Seite 17 der Membran 9 angeordnet ist. Die Garnoberteile 14 und die Garnunterteile 15 sind folglich als eine Mehrzahl von Schlaufen gebildet. Zwischen den Garnoberteilen 14 und den Garnunterteilen 15 ist das Flussfeld angeordnet, so dass die Garnoberteile 14 und die Garnunterteile 15 jeweils Abstandshalter 11 bilden.

30

Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem das Flussfeld zusätzlich abgedichtet wird. Dazu wird ein zusätzliches Garn 18 auf die Garnober-
teile 14 und auf die Garnunterteile 15 derart gelegt, dass das zusätzliche
Garn 18 zumindest abschnittsweise auf dem Garn 13, oder auf den Garn-
5 oberteilen 14 oder den Garnunterteilen 15 aufliegt. An diesen als Auflage-
punkte gebildeten Knotenpunkten 19 kann das zusätzliche Garn 18 mit dem
Garn 13 mittels Wärmeeinwirkung verschmolzen werden, wenn entweder
das zusätzliche Garn 18 oder das Garn 13 oder beide aus einem thermo-
plastischen Material gebildet sind. Dabei weist das zusätzliche Garn 18 be-
vorzugt einen niedrigeren Schmelzpunkt auf als das Garn 13. Zumindest das
10 zusätzliche Garn 18 ist dabei als ein Thermoplast gebildet. Das aus einem
synthetischen Material, oder aus Baumwolle oder aus Hanf oder aus Wolle
oder ähnlichem gebildete Garn 13 weist eine Dochtwirkung auf, so dass
Flüssigkeit aus dem Flussfeld durch das Garn 13 aufgenommen und zumin-
15 dest zweitweise in diesem gespeichert werden kann, wobei der Transport der
Flüssigkeit von der feuchten Seite der Membran 9 zur trockenen Seite der
Membran 9 durch den Dochteffekt des Garns 13 begünstigt wird. Das durch
die Membran 9 geführte Garn 13 mit Dochteffekt bildet also eine Flüssig-
keitsbrücke an jedem Durchtritt durch die Membran 9 aus.

20

Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, welches sich von dem vor-
hergehenden dadurch unterscheidet, dass das zusätzliche Garn 18 ebenfalls
in die Membran 9 eingenäht ist und somit derart durch die Membran 9 ge-
führt ist, dass ein oder mehrere der Garnoberteile 14 und/oder ein oder meh-
25 rere der Garnunterteile 15 an Knotenpunkten 19 miteinander verbunden sind.
Diese Knotenpunkte 19 oder einzelne der Knotenpunkte 19 können mittels
Wärmeeinwirkung miteinander verschmolzen werden, um das Flussfeld ab-
zudichten.

30 Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des Befeuchtermoduls 6, wo-
bei das Garn 13 als ein Oberfaden 20 gebildet ist, während das zusätzliche
Garn 18 als ein Unterfaden 21 gebildet ist. Der Oberfaden 20 und der Unter-
faden 21 werden wie bei einem Steppstich in die Membran 9 genäht, so dass
eine Oberfadenschleife des Oberfadens 20 mit dem Unterfaden 21 zu einem

Knotenpunkt 19 verwoben ist. Diese Knotenpunkte 19 können wiederum mittels Wärmeeinwirkung verschmolzen werden, um eine zusätzliche Dichtwirkung zu erzielen.

- 5 Das Verfahren zur Herstellung des Befeuchtermoduls 6 umfasst insbesondere die folgenden Schritte: Zunächst wird eine Membran 9 bereitgestellt. Ein Garn 13 wird in die Membran 9 derart eingenäht, dass das Garn 13 mindestens zwei ein Flussfeld definierende Abstandshalter 11 bildet. Alternativ kann das Garn 13 auf die Membran 6 derart aufgebracht werden, dass das Garn
- 10 13 mindestens zwei das Flussfeld definierende Abstandshalter 11 bildet. Das Aufbringen kann beispielsweise mittels 3-D Druckverfahren erfolgen.

- Das Einnähen des Garns 13 in die Membran 9 oder das Aufbringen des Garns 13 auf die Membran 9 erfolgt dabei in einer Mehrzahl von parallel zu-
- 15 einander verlaufenden Reihen. Dies ermöglicht es, ein besonders großes Flussfeld zu erzeugen. Weiterhin können, um eine Dichtwirkung zu erzielen, die Garnoberteile 14 und die Garnunterteile 15 an den Knotenpunkten 19 mit dem zusätzlichen Garn 18 verschmolzen werden. Alternativ können auch die durch Verweben des Oberfadens 20 mit dem Unterfaden 21 erzeugten Kno-
- 20 tenpunkte 19 mittels Wärmeeinwirkung verschmolzen werden.

- Alternativ oder zusätzlich kann zumindest abschnittsweise umfangseitig ein weiteres Garn 22 in den Randbereich 23 der Membran 9 eingenäht werden. Dies ermöglicht eine zusätzliche außenumfangseitige Abdichtung des Be-
- 25 feuchtermoduls 6.

- Das Verfahren zur Herstellung des Befeuchters 4 umfasst insbesondere die folgenden Schritte: Zunächst wird eine Mehrzahl von Befeuchtermodulen 6 bereitgestellt. Mittels Wärmeeinwirkung werden die Befeuchtermodule 6 mit-
- 30 einander verschmolzen. Dadurch werden die Befeuchtermodule 6 nach außen abgedichtet. Weiterhin werden die Mehrzahl von miteinander verschmolzenen Befeuchtermodulen 6 zwischen den zwei Endplatten 5 angeordnet. Mittels der Zugstangen 7 werden die Befeuchtermodule mit den Endplatten 5 schließlich verspannt. Es sei darauf hingewiesen, dass ein Ver-

schmelzen der Knotenpunkte 19 oder der einzelnen Garne 13, 18, 22 auch durch die bloße Verspannung der Endplatten 5 hervorgerufen werden kann. Dies entspricht also einer Kaltumformung der Garne 13, 18, 22 oder der durch sie gebildeten Knotenpunkte 19.

BEZUGSZEICHENLISTE

- | | | |
|----|-----|-----------------------------|
| | 1. | Brennstoffzellenvorrichtung |
| | 4. | Befeuchter |
| 5 | 5. | Endplatten |
| | 6. | Befeuchtermodul |
| | 7. | Zugstangen |
| | 8. | Medienanschlüsse |
| | 9. | Membran |
| 10 | 11. | Abstandshalter |
| | 13. | Garn |
| | 14. | Garnoberteil |
| | 15. | Garnunterteil |
| | 16. | erste Seite |
| 15 | 17. | zweite Seite |
| | 18. | zusätzliches Garn |
| | 19. | Knotenpunkt |
| | 20. | Oberfaden |
| | 21. | Unterfaden |
| 20 | 22. | weiteres Garn |
| | 23. | Randbereich |

ANSPRÜCHE:

1. Befeuchtermodul (6) mit einer wasserdampfdurchlässigen Membran (9), mit beidseits der Membran (9) angeordneten jeweils ein Flussfeld definierenden Abstandshaltern (11) und mit einem in die Membran (9) eingenähten Garn (13), dadurch gekennzeichnet, dass die das Flussfeld definierenden Abstandshalter (11) durch das in die Membran (9) eingenähte Garn (13) gebildet sind.
5
2. Befeuchtermodul (6) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Garn (13) durch die Membran (9) derart geführt ist, dass mindestens ein Garnoberteil (14) auf einer ersten Seite (16) der Membran (9) und mindestens ein Garnunterteil (15) auf einer zweiten Seite (17) der Membran (9) angeordnet ist.
10
15
3. Befeuchtermodul (6) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Garn (13) oder ein zusätzliches Garn (18) durch die Membran (9) derart geführt ist, dass ein oder mehrere der Garnoberteile (14) und/oder ein oder mehrere der Garnunterteile (15) an Knotenpunkten (19) miteinander verbunden sind.
20
4. Befeuchtermodul (6) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Garn (13) als ein Oberfaden (20) gebildet ist, dass ein zusätzliches Garn (18) als ein Unterfaden (21) gebildet ist und dass der Oberfaden (20) mit dem Unterfaden (21) an mindestens einem Knotenpunkt (19) miteinander verbunden oder verwoben ist.
25
5. Befeuchtermodul (6) nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Garn (13) und/oder das zusätzliche Garn (18) aus einem thermoplastischen Material gebildet ist, und dass zur Ausbildung einer Dichtung zumindest einzelne der Knotenpunkte (19) mittels Wärmeeinwirkung verschmelzbar sind.
30

6. Befeuchtermodul (6) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Garn (13) und das zusätzliche Garn (18) unterschiedliche Schmelzpunkte aufweisen.
- 5 7. Befeuchtermodul (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiteres Garn (22) zumindest teilweise umfangsseitig in einen Randbereich (23) der Membran (9) eingenäht oder auf den Randbereich (23) aufgebracht sind.
- 10 8. Befeuchter (4) mit einer Mehrzahl von zwischen zwei Endplatten (5) angeordneten Befeuchtermodulen (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.
- 15 9. Verfahren zur Herstellung eines Befeuchtermoduls (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend die folgenden Schritte:
- Bereitstellen einer Membran (9) und
 - Einnähen eines Garns (13) in oder Aufbringen eines Garns (13) auf die Membran (9) derart, dass das Garn (13) einen ein Flussfeld definierenden Abstandshalter (11) bildet.
- 20 10. Verfahren zur Herstellung eines Befeuchters (4) nach Anspruch 8, umfassend die folgenden Schritte:
- Bereitstellen von einer Mehrzahl von Befeuchtermodulen (6),
 - Verschmelzen der Befeuchtermodule (6) miteinander durch
 - 25 Wärmeeinwirkung,
 - Anordnen der Mehrzahl von verschmolzenen Befeuchtermodulen (6) zwischen zwei Endplatten (5) und
 - Verspannen der Befeuchtermodule (6) mit den Endplatten (5) mittels Zugstangen (7).
- 30

1/4

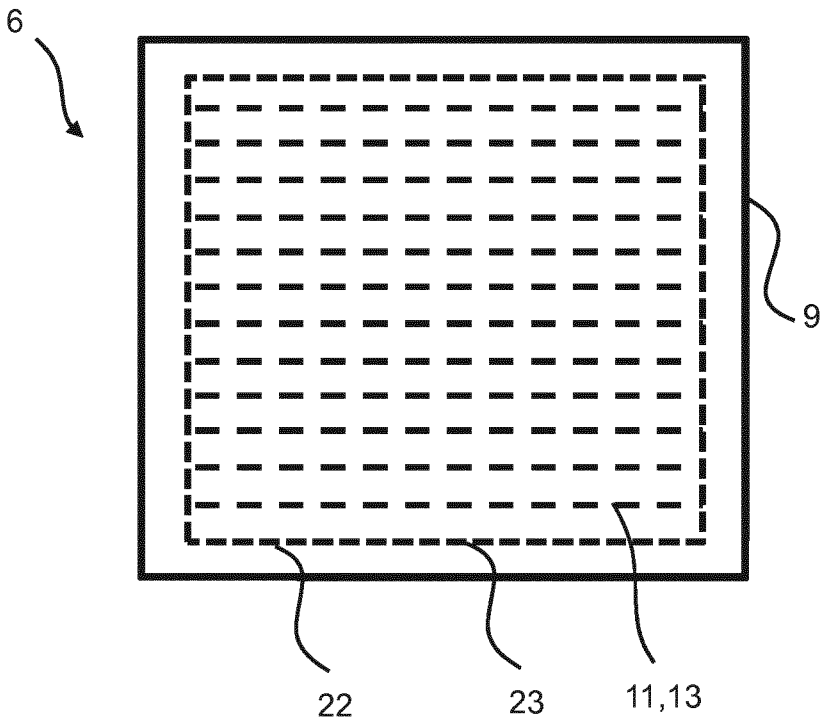


Fig. 1

2/4

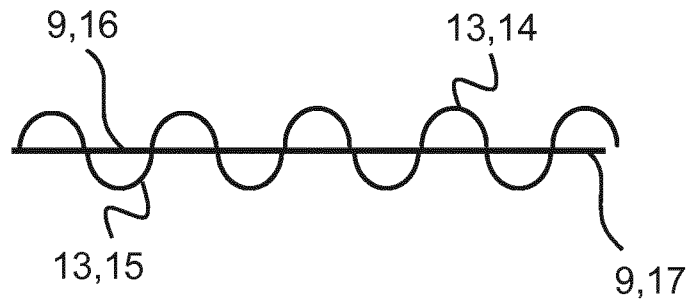


Fig. 2

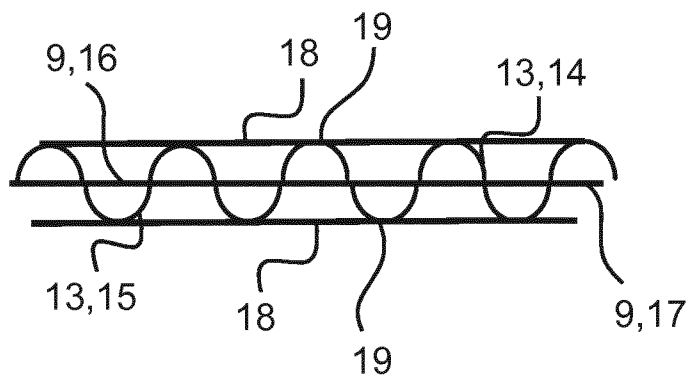


Fig. 3

3/4

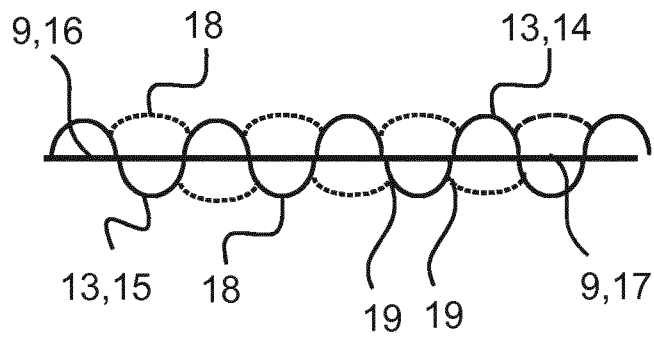


Fig. 4

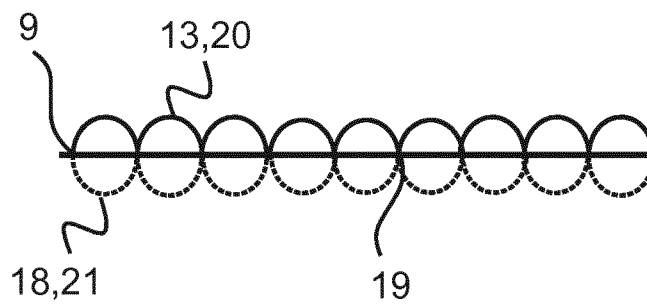


Fig. 5

4/4

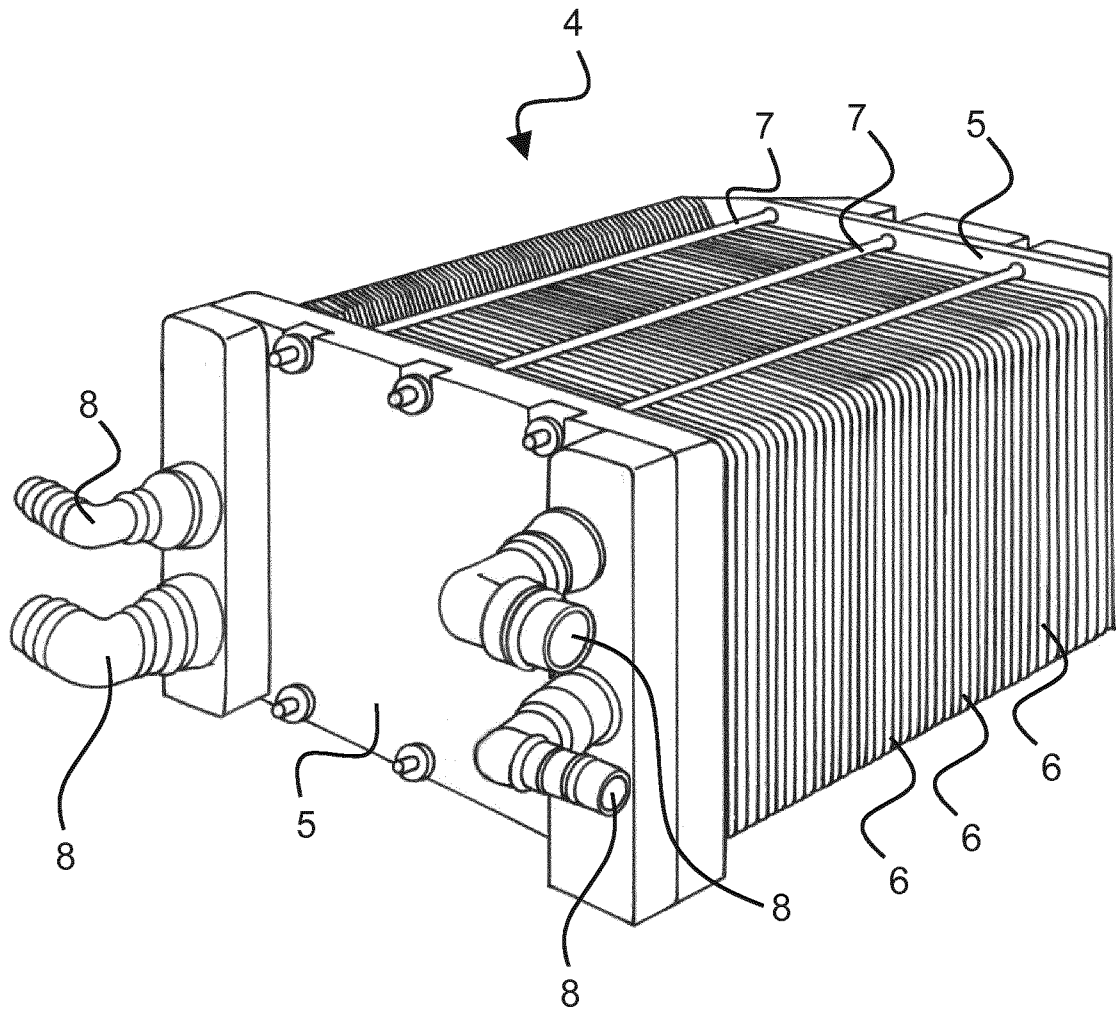


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/083445

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B01D 63/08**(2006.01)i; **B01D 65/00**(2006.01)i; **H01M 8/04119**(2016.01)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)

B01D; H01M

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	US 9806362 B2 (MANN+HUMMEL GMBH [DE]) 31 October 2017 (2017-10-31)	1-5,7-9
A	cited in the application figure 5 column 5, line 40 - line 45 figure 7 column 5, line 55 - line 60 column 6, line 7 figure 1	6,10

☐ 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

14 February 2020

Date of mailing of the international search report

28 February 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

Hoyer, Michael

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/083445

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	9806362	B2	31 October 2017	CN	104584301	A	29 April 2015
				DE	102012017142	A1	06 March 2014
				US	2015171445	A1	18 June 2015
				WO	2014033051	A1	06 March 2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B01D63/08 B01D65/00 H01M8/04119
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B01D H01M

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	US 9 806 362 B2 (MANN+HUMMEL GMBH [DE]) 31. Oktober 2017 (2017-10-31) in der Anmeldung erwähnt	1-5,7-9
A	Abbildung 5 Spalte 5, Zeile 40 - Zeile 45 Abbildung 7 Spalte 5, Zeile 55 - Zeile 60 Spalte 6, Zeile 7 Abbildung 1 -----	6,10



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

14. Februar 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/02/2020

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

Hoyer, Michael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/083445

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
US 9806362	B2	31-10-2017	CN 104584301 A	29-04-2015
			DE 102012017142 A1	06-03-2014
			US 2015171445 A1	18-06-2015
			WO 2014033051 A1	06-03-2014
