



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**29.08.2018 Patentblatt 2018/35**

(51) Int Cl.:  
**F28D 7/02<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **17020069.5**

(22) Anmeldetag: **24.02.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

- **Seeholzer, Christoph**  
83308 Trostberg (DE)
- **Müller, Eva**  
83308 Trostberg (DE)
- **Braun, Konrad**  
83661 Lenggries (DE)
- **Deichsel, Florian**  
81373 München (DE)
- **Matamoros, Luis**  
81369 München (DE)

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**  
**80331 München (DE)**

(74) Vertreter: **Meilinger, Claudia Sabine**  
**Linde AG**  
**Technology & Innovation**  
**Corporate Intellectual Property**  
**Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14**  
**82049 Pullach (DE)**

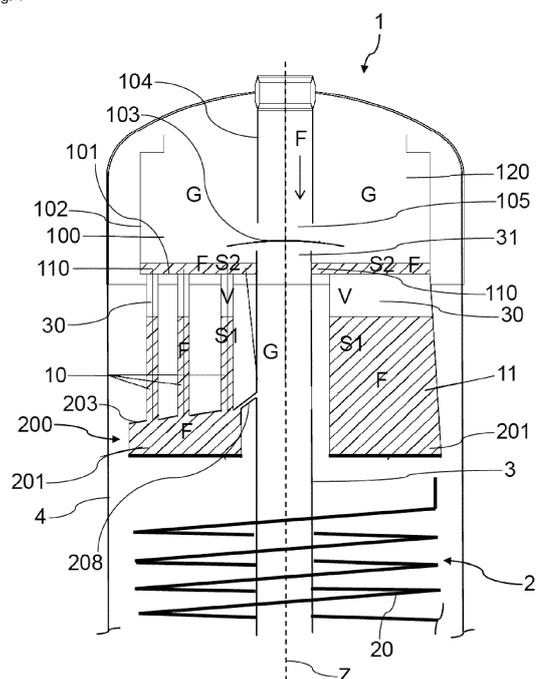
(72) Erfinder:  
• **Steinbauer, Manfred**  
82399 Raisting (DE)  
• **Kerber, Christiane**  
82343 Pöcking (DE)  
• **Spreemann, Jürgen**  
83022 Rosenheim (DE)

(54) **WÄRMEÜBERTRAGER UND VERFAHREN ZUR VERTEILUNG EINER FLÜSSIGEN PHASE IN EINEM WÄRMEÜBERTRAGER**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager (1) mit einem Kernrohr (3), auf das Rohre (20) gewickelt sind, die ein Rohrbündel (2) bilden, einem Vorverteiler (100) mit einem Flüssigkeitsraum (110) zur Aufnahme einer flüssigen Phase (F), einem zentral angeordneten Zulauf (104) zum Einleiten der flüssigen Phase (F) in den Flüssigkeitsraum (110) und einem Hauptverteiler (200), der eine Mehrzahl an Verteilerarmen (201) zum Verteilen der flüssigen Phase (F) auf das Rohrbündel (2) aufweist, wobei die Verteilerarme (201) über zumindest einen außerhalb des Kernrohrs (3) verlaufenden Strömungspfad (30) mit dem Flüssigkeitsraum (110) in Strömungsverbindung stehen, wobei das Kernrohr (3) derart gegenüber dem Flüssigkeitsraum (110) angeordnet oder abgeschlossen ist, dass die flüssige Phase (F) aus dem Flüssigkeitsraum (110) nicht über das Kernrohr (3) in die Verteilerarme (201) des Hauptverteilers (100) einspeisbar ist.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Verteilen einer flüssigen Phase (F) auf ein Rohrbündel (2) des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers (1).

Fig. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager, insbesondere einen gewickelten Wärmeübertrager, und ein Verfahren zur Verteilung einer flüssigen Phase auf ein Rohrbündel eines Wärmeübertragers

**[0002]** Ein derartiger Wärmeübertrager dient zum indirekten Wärmetausch zwischen zumindest einem ersten Medium, das in einem Rohrbündel des Wärmetauschers geführt wird und einem zweiten Medium, das in einem das Rohrbündel umgebenden Mantelraum geführt wird, der durch einen drucktragenden Mantel des Wärmeübertragers begrenzt wird.

**[0003]** Bei solchen Wärmeübertragern, z.B. in LNG-Anlagen, wird in der Regel das zweiphasig eintretende Kältemittel in einem Vorverteiler des Wärmeübertragers mittels Schwerkraftabscheidung in eine gasförmige Phase und eine flüssige Phase getrennt und sodann die flüssige Phase in einen Hauptverteiler geführt und von diesem (als zweites Medium) auf das Rohrbündel aufgegeben.

**[0004]** Hierbei wird z.B. die flüssige Phase aus dem Vorverteiler in ein zentrales Kernrohr eingespeist und dann in die Verteilerarme des Hauptverteilers (um)gelenkt. Von dort erfolgt die Verteilung über das Rohrbündel. Das Kernrohr nimmt dabei die Last des Rohrbündels auf.

**[0005]** Beim Herabstürzen der flüssigen Phase vom Vorverteiler in das zentrale Kernrohr wird jedoch Gas mitgerissen, wobei es aus konstruktiven Gründen oftmals nicht möglich ist, den Durchmesser des Kernrohrs so groß zu dimensionieren, dass das rückströmende Gas an der neu einströmenden flüssigen Phase vorbei nach oben entweichen kann.

**[0006]** Die solchermaßen am Ausströmen gehinderte gasförmige Phase behindert ihrerseits wiederum die neu einströmende flüssige Phase, wodurch eine Zweiphasenströmung entsteht, die eine ordnungsgemäße Einströmung der flüssigen Phase in die Verteilerarme des Hauptverteilers behindert und somit in den Verteilerarmen die gleichmäßige Verteilung der flüssigen Phase auf das Rohrbündel stört. Diese Effekte vermindern signifikant die Leistung des Wärmeübertragers.

**[0007]** Weiterhin führt der zentrale Zulauf in die Verteilerarme des Hauptverteilers insbesondere beim Anfahren der Anlage zu einer Überversorgung der inneren Lagen mit Kältemittel (bzw. zweitem Medium), was verschiedene thermo-hydraulische Probleme zur Folge haben kann. Zum Beispiel fällt während des Anfahrens eine erhöhte Menge abzufackelnden Gases an.

**[0008]** Des Weiteren führt die Verwendung des Kernrohrs als Verteilerkomponente dazu, dass Kernrohr und Vorverteiler fertigungstechnisch kombiniert sind. Dies erlaubt keine unabhängige bzw. parallele Fertigung.

**[0009]** Hiervon ausgehend liegt daher der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Wärmeübertrager sowie ein entsprechendes Verfahren zum Verteilen einer flüssigen Phase bereitzustellen, der bzw. das

die eingangs genannten Probleme mindert.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch einen Wärmeübertrager mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren gemäß dem Anspruch 8 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Wärmeübertragers sind in den entsprechenden Unteransprüchen 2 bis 7 angegeben und vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen 9 und 10 angegeben. Die Erfindung wird im Folgenden näher beschrieben.

**[0011]** Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Wärmeübertrager zum indirekten Wärmeaustausch zwischen einem ersten Medium und einem zweiten Medium zur Verfügung gestellt. Der Wärmeübertrager weist zumindest die folgenden Komponenten auf: ein entlang einer Längsachse erstrecktes Kernrohr, auf das eine Mehrzahl an Rohren zur Aufnahme des ersten Mediums gewickelt ist, wobei die Rohre ein Rohrbündel bilden; einen Vorverteiler mit einem Flüssigkeitsraum zur Aufnahme einer auf das Rohrbündel zu verteilenden flüssigen Phase des zweiten Mediums, wobei bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb der Vorverteiler nicht über den Flüssigkeitsraum hinaus mit der flüssigen Phase befüllt ist bzw. wird; einen in Bezug auf die Längsachse zentral angeordneten Zulauf zum Einleiten der flüssigen Phase in den Flüssigkeitsraum; und einen Hauptverteiler, der eine Mehrzahl an Verteilerarmen zum Verteilen der flüssigen Phase auf das Rohrbündel aufweist.

**[0012]** Dabei ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Verteilerarme über zumindest einen außerhalb des Kernrohrs verlaufenden Strömungspfad mit dem Flüssigkeitsraum des Vorverteilers in Strömungsverbindung stehen, wobei das Kernrohr derart bezüglich des Flüssigkeitsraumes angeordnet oder abgeschlossen ist, dass die flüssige Phase aus dem Flüssigkeitsraum bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb des Wärmeübertragers nicht über das Kernrohr in die Verteilerarme des Hauptverteilers einspeisbar ist.

**[0013]** Mit anderen Worten: das Kernrohr ist derart gegenüber dem Flüssigkeitsraum getrennt angeordnet bzw. strömungstechnisch von diesem getrennt, dass die flüssige Phase (insbesondere beim bestimmungsgemäßen Betrieb) aus dem Flüssigkeitsraum ausschließlich über den Strömungspfad in die Verteilerarme des Hauptverteilers einspeisbar ist bzw. gelangen kann.

**[0014]** Dabei bezeichnet der Begriff 'Flüssigkeitsraum' denjenigen Abschnitt des Vorverteilers bzw. dasjenige Volumen, der bzw. das beim bestimmungsgemäßen Betrieb des Wärmeübertragers die flüssige Phase enthält. Das heißt, der Flüssigkeitsraum ist nach oben hin durch den Pegel der flüssigen Phase begrenzt.

**[0015]** Für den Fall, dass in dem Vorverteiler ein Abschnitt des Kernrohres mit einer Auslassöffnung angeordnet ist, erstreckt sich der Flüssigkeitsraum beim bestimmungsgemäßen Betrieb entlang der Längsachse maximal bis zu der Auslassöffnung des Kernrohres, so dass die flüssige Phase nicht durch die Auslassöffnung in das Kernrohr eindringen kann. Ein Füllen des Vorverteilers mit der flüssigen Phase über die Auslassöffnung

hinaus ist also beim bestimmungsgemäßen Betrieb des Wärmeübertragers nicht vorgesehen.

**[0016]** Der Wärmeübertrager weist einen zentralen Zulauf zum Einleiten der flüssigen Phase in den Flüssigkeitsraum auf. Das heißt, bei dem Vorverteiler handelt es sich insbesondere nicht um einen Ringverteiler mit radial zu der Längsachse angeordnetem Zulauf.

**[0017]** Durch den außerhalb des Kernrohres geführten mindestens einen Strömungspfad kann mit Vorteil der freie Querschnitt zum Abfließen der flüssigen Phase derart erhöht werden, dass ein Entgasen der flüssigen Phase möglich ist.

**[0018]** Weiterhin kann durch entsprechende Anzahl und Dimensionierung der Strömungspfade das Verhalten des Verteilers bei außergewöhnlichen Fahrweisen (z.B. beim Anfahren) verbessert werden. So kann beispielsweise eine Überversorgung der inneren Lagen des Rohrbündels beim Anfahren der Anlage vermieden werden, da sich durch die Strömungspfade außerhalb des Kernrohres die flüssige Phase radial weiter außen verteilen lässt. Hierdurch können typische thermo-hydraulische Probleme beim Anfahren der Anlage vermieden werden, was die üblicherweise beim Anfahren abzufackelnde Gasmenge in LNG-Anlagen verringert.

**[0019]** Dadurch dass die Verteilerarme des Hauptverteilers nicht zur Einspeisung der flüssigen Phase mit dem Kernrohr verbunden sind, ist es außerdem vorteilhafterweise möglich, den Hauptverteiler und/ oder den Vorverteiler separat (also nicht gemeinsam mit dem Kernrohr) zu fertigen.

**[0020]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Kernrohr eine in dem Vorverteiler angeordnete Auslassöffnung an einem oberen Ende des Kernrohres auf, wobei die Auslassöffnung in Richtung der Längsachse oberhalb des Flüssigkeitsraumes angeordnet ist, so dass die flüssige Phase aus dem Flüssigkeitsraum nicht über das Kernrohr in die Verteilerarme des Hauptverteilers einspeisbar ist.

**[0021]** Insbesondere weist der Wärmeübertrager ein bezüglich der Längsachse unterhalb des zentralen Zulaufs angeordnete Prallplatte auf, wobei die Auslassöffnung des Kernrohres bezüglich der Längsachse unterhalb der Prallplatte angeordnet ist, so dass die flüssige Phase aus dem zentralen Zulauf nicht direkt in die Auslassöffnung fallen kann.

**[0022]** Gemäß einer Ausführungsform ist der mindestens eine Strömungspfad durch ein entlang der Längsachse erstrecktes Fallrohr gebildet, so dass die zu verteilende flüssige Phase über das Fallrohr von dem Flüssigkeitsraum in die Verteilerarme einspeisbar ist.

**[0023]** Derartige Fallrohre werden auch als 'Downcomer' bezeichnet.

**[0024]** Insbesondere steht jeder Verteilerarm mittels eines oder mehrerer Fallrohre mit dem Flüssigkeitsraum des Vorverteilers in Strömungsverbindung.

**[0025]** Insbesondere variieren die Anzahl und Dimensionierung (z.B. der Rohrquerschnitt) der Fallrohre bezogen auf den gesamten Wärmeübertrager und/ oder

bezogen auf einen Verteilerarm.

**[0026]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist zumindest einer der Verteilerarme durch einen unteren Abschnitt eines Schachts gebildet, der sich von dem Vorverteiler entlang der Längsachse erstreckt, so dass die zu verteilende flüssige Phase über den Schacht von dem Flüssigkeitsraum in den jeweiligen Verteilerarm einspeisbar ist. Insbesondere sind alle Verteilerarme des Hauptverteilers durch entsprechende Schächte gebildet.

**[0027]** Z.B. kann der entsprechende Schacht in einer radialen Richtung zwischen dem Kernrohr und einem Mantel des Wärmeübertragers erstreckt sein, wobei der Schacht eine maximale radiale Erstreckung aufweist, die mindestens der maximalen radialen Erstreckung des jeweiligen Verteilerarms entspricht, mit dem der entsprechende Schacht in Strömungsverbindung steht.

**[0028]** Insbesondere weist der Schacht im Querschnitt (senkrecht zu der Längsachse) dieselbe Form auf wie der entsprechende Verteilerarm, den der untere Abschnitt des Schachts bildet. Z.B. kann der Querschnitt tortenstückartig geformt sein.

**[0029]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform stehen die Verteilerarme über mindestens eine Ausgleichsleitung in Strömungsverbindung, so dass der Flüssigkeitsstand der in den Verteilerarmen befindlichen flüssigen Phase durch eine Strömung der flüssigen Phase über die mindestens eine Ausgleichsleitung ausgleichbar ist.

**[0030]** Das heißt, die zumindest zwei Verteilerarme kommunizieren hydraulisch. Insbesondere handelt es sich bei der mindestens einen Ausgleichsleitung um eine (in Bezug auf die Längsachse) in Umfangsrichtung des Wärmeübertragers verlaufende Ringleitung.

**[0031]** Durch die Ausgleichsleitung kann vorteilhafterweise eine gleichmäßigere Verteilung der flüssigen Phase innerhalb des Hauptverteilers erreicht werden.

**[0032]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform verlaufen die Verteilerarme in einer radialen Richtung zwischen dem Kernrohr und einem Mantel des Wärmeübertragers und in einer axialen Richtung entlang der Längsachse, wobei die Verteilerarme jeweils ein Dach aufweisen, das den jeweiligen Verteilerarm in der axialen Richtung an der dem Vorverteiler zugewandten Seite abschließt, und wobei das jeweilige Dach in der radialen Richtung zum Mantel hin, also nach außen hin, abfällt.

**[0033]** Dies ermöglicht vorteilhafterweise eine bessere Entgasung, da sich die in die Verteilerarme transportierte gasförmige Phase am (zentral positionierten) höchsten Punkt des Verteilerarms sammeln kann.

**[0034]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform stehen die Verteilerarme mit dem Kernrohr in Strömungsverbindung, so dass die in den Verteilerarmen befindliche gasförmige Phase über das Kernrohr aus den Verteilerarmen abziehbar ist.

**[0035]** Hierdurch wird mit Vorteil eine effektive Entgasung der Verteilerarme durch das zentrale Kernrohr ermöglicht.

**[0036]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist

das Kernrohr eine Auslassöffnung auf, wobei das Kernrohr an der Auslassöffnung mit einem Gasraum des Vorverteilers in Strömungsverbindung steht, so dass die in den Verteilerarmen befindliche gasförmige Phase über das Kernrohr in den Gasraum einleitbar ist. Insbesondere kann die gasförmige Phase aus dem Gasraum des Vorverteilers abgezogen werden.

**[0037]** Der Gasraum ist insbesondere beim bestimmungsgemäßen Betrieb des Wärmeübertragers über dem Flüssigkeitsraum des Vorverteilers angeordnet. Insbesondere endet das Kernrohr in dem Gasraum, wobei insbesondere die Auslassöffnung an der Stirnseite des Kernrohrs angeordnet ist, und wobei das Kernrohr mit der Auslassöffnung über den Flüssigkeitsraum des Vorverteilers hinausragt, so dass die flüssige Phase nicht aus dem Flüssigkeitsraum in das Kernrohr gelangen kann.

**[0038]** Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Verteilen einer flüssigen Phase auf ein Rohrbündel eines Wärmeübertragers nach dem ersten Aspekt der Erfindung zur Verfügung gestellt. Bei dem Verfahren wird das erste Medium durch die Rohre des Wärmeübertragers geleitet, wobei die flüssige Phase in den Flüssigkeitsraum des Vorverteilers eingeleitet wird, und wobei die flüssige Phase ausschließlich über zumindest einen außerhalb des Kernrohrs verlaufenden Strömungspfad in die Verteilerarme des Hauptverteilers eingespeist wird und von dort auf ein Rohrbündel des Wärmeübertragers gegeben wird.

**[0039]** Gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens bildet die flüssige Phase zwischen den Verteilerarmen und dem Flüssigkeitsraum des Vorverteilers eine zusammenhängende Flüssigkeitssäule.

**[0040]** Bei dieser Betriebsweise des Wärmeübertragers ist der mindestens eine Strömungspfad, insbesondere sind die Fallrohre oder die Schächte, abgetaucht und der Flüssigkeitsstand befindet sich im Flüssigkeitsraum des Vorverteilers.

**[0041]** Dies hat den Vorteil einer besseren Entgasung, da die in dem mindestens einen Strömungspfad befindlichen Gasblasen direkt bis in den Flüssigkeitsraum des Vorverteilers aufsteigen können.

**[0042]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens bildet die flüssige Phase in dem Strömungspfad eine erste Flüssigkeitssäule und in dem Flüssigkeitsraum des Vorverteilers eine zweite Flüssigkeitssäule, wobei die erste Flüssigkeitssäule von der zweiten Flüssigkeitssäule durch ein in dem Strömungspfad befindliches Gasvolumen getrennt ist.

**[0043]** Dabei kann das zwischen der ersten und zweiten Flüssigkeitssäule befindliche Gasvolumen insbesondere Flüssigkeitstropfen enthalten, die von dem Flüssigkeitsraum des Vorverteilers auf die in dem Strömungspfad stehende erste Flüssigkeitssäule herabregnen.

**[0044]** Eine solche Betriebsweise mit nicht abgetauchten Strömungspfaden hat den Vorteil, dass die Standhöhe der flüssigen Phase in dem Vorverteiler zwischen unterschiedlichen Betriebszuständen weniger stark

schwankt, so dass die Bauhöhe des Vorverteilers vorteilhafterweise reduziert werden kann.

**[0045]** Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sollen durch die nachfolgende Figurenbeschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren erläutert werden.

**[0046]** Es zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Wärmeübertrager in einem ersten Betriebszustand mit im Strömungspfad zwischen Vorverteiler und Hauptverteiler unterbrochener Flüssigkeitssäule der flüssigen Phase;

Fig. 2 einen erfindungsgemäßen Wärmeübertrager in einem zweiten Betriebszustand mit durchgehender Flüssigkeitssäule der flüssigen Phase; und

Fig. 3 eine schematische Draufsicht auf die Böden der Verteilerarme des Hauptverteilers des in den Figuren 1 und 2 gezeigten Wärmeübertragers.

**[0047]** Die Figuren 1 und 2 zeigen einen gewickelten Wärmeübertrager 1 mit einem Rohrbündel 2, das zur Aufnahme eines ersten Mediums dient, welches in einen indirekten Wärmeaustausch mit einer in einem das Rohrbündel 2 umgebenden Mantelraum 5 geführten flüssigen Phase F treten soll. Der Mantelraum 5 wird dabei von einem drucktragenden Mantel 4 begrenzt, der sich entlang einer Längs- bzw. Zylinderachse Z erstreckt, die im betriebsbereiten Zustand des Wärmeübertragers 1 parallel zur Vertikalen angeordnet ist.

**[0048]** Das Rohrbündel 2 weist eine Mehrzahl an Rohren 20 auf, die jeweils helikal auf ein entlang der Längsachse Z erstrecktes Kernrohr 3 gewickelt sind, das koaxial zum Mantel 4 im Mantelraum 5 angeordnet ist. Dabei nimmt das Kernrohr 3 die Last des Rohrbündels 2 auf.

**[0049]** Zum Verteilen der flüssigen Phase F auf das Rohrbündel 2 wird zunächst ein Zweiphasengemisch über einen z.B. entlang der Längsachse Z verlaufenden Zulauf 104 von oben her in einen Vorverteiler 100 des Wärmeübertragers 1 geleitet. Der Vorverteiler 100 weist einen quer zur Längsachse Z verlaufenden Boden 101 sowie eine davon abgehende umlaufende laterale Wandung 102 auf. Der Zulauf 104 weist weiterhin eine im betriebsbereiten Zustand des Wärmeübertragers 1 nach unten weisende Zulauföffnung 105 auf, die einer Prallplatte 103 gegenüberliegt, die oberhalb des Bodens 101 des Vorverteilers 100 im Vorverteiler 100 angeordnet ist. Das Zweiphasengemisch kann von der Prallplatte 103 auf den Boden 101 abfließen und wird dort gesammelt und beruhigt, wobei eine gasförmige Phase G aus dem Zweiphasengemisch ausgasen kann. Die flüssige Phase F des Zweiphasengemisches sammelt sich in einem Flüssigkeitsraum 110 des Vorverteilers 100, während die ausgegaste gasförmige Phase G sich in einem über dem Flüssigkeitsraum 110 angeordneten Gasraum 120 des Vorverteilers 100 sammelt und z.B. aus dem Gasraum

120 abgezogen werden kann.

**[0050]** Das Kernrohr 3 ragt durch den Boden 101 des Vorverteilers 100 in den Vorverteiler 100 hinein. Das Kernrohr 3 weist nach oben hin eine Auslassöffnung 31 auf, die unterhalb der Prallplatte 103 angeordnet ist. Dabei ragt das Kernrohr 3 über den Flüssigkeitsraum 110 des Vorverteilers 100 in den Gasraum 120 des Vorverteilers hinein, so dass die in dem Flüssigkeitsraum 110 befindliche flüssige Phase F nicht in das Kernrohr 3 strömen kann. Der Vorverteiler 100 ist also beim verwendungsgemäßen Betrieb des Wärmeübertragers 1 nur so weit mit der flüssigen Phase F gefüllt, dass der Flüssigkeitspegel der flüssigen Phase F unterhalb der Auslassöffnung 31 liegt.

**[0051]** Der Vorverteiler 100 ist erfindungsgemäß ausschließlich über einen außerhalb des Kernrohres 3 liegenden Strömungspfad 30 mit den Verteilerarmen 201 eines Hauptverteilers 200 verbunden. Dabei verlaufen die Verteilerarme 201 von dem zentralen Kernrohr 3 in einer radialen Richtung R (siehe Fig. 3) senkrecht zur Längsachse Z zu einer Innenseite des Mantels 4.

**[0052]** Der Strömungspfad 30 kann z.B. durch eine Mehrzahl von parallel zu der Längsachse Z angeordneten Fallrohren 10 führen, wie im linken Teil der Figuren 1 und 2 dargestellt. Alternativ dazu kann der Strömungspfad 30 durch einen den Vorverteiler 100 mit einem jeweiligen Verteilerarm 201 verbindenden Schacht 12 führen, wie im rechten Teil der Figuren 1 und 2 dargestellt. Der Schacht 12 weist insbesondere in der radialen Richtung R dieselbe Ausdehnung auf wie der entsprechende Verteilerarm 201. Der Strömungspfad 30 kann dabei ausschließlich durch Fallrohre 11, ausschließlich durch Schächte 12 oder durch eine Kombination von Fallrohren 11 und Schächten 12 realisiert sein. Die Verteilerarme 201 können jeweils über ein Fallrohr 11 oder über mehrere Fallrohre 11 mit dem Vorverteiler 100 verbunden sein.

**[0053]** Durch die Fallrohre 11 und/ oder die Schächte 12 wird vorteilhafterweise der Strömungsquerschnitt des Strömungspfad 30 im Vergleich zu Wärmeübertragern des Standes der Technik mit im Kernrohr verlaufendem Strömungspfad vergrößert, so dass während des Herabströmens vom Vorverteiler 100 in die Verteilerarme 201 eine bessere Entgasung der flüssigen Phase F ermöglicht wird.

**[0054]** Die Verteilerarme 201 sind (in der Ausführungsform mit Fallrohren 11) nach oben hin (in der betriebsgemäßen Konfiguration des Wärmeübertragers 1) von einem jeweiligen Dach 203 begrenzt, das insbesondere in der radialen Richtung R vom zentralen Kernrohr 3 zu dem Mantel 4 hin abfällt. Dadurch kann sich die gasförmige Phase G, die in dem Verteilerarm 201 ausgast oder die durch die Fallrohre 11 in den Verteilerarm 201 mitgerissen wird, am zentral angeordneten höchsten Punkt des Daches 203 sammeln. Der Verteilerarm 201 kann insbesondere an dieser Position über eine Entgasungsleitung 208 mit dem Inneren des Kernrohres 3 verbunden sein, so dass die gasförmige Phase G aus dem Vertei-

lerarm 201 über die Entgasungsleitung 208 in das Kernrohr 3 eintreten kann, im Kernrohr 3 aufsteigen kann und durch die Auslassöffnung 31 in den Gasraum 120 des Vorverteilers 100 gelangen kann. Dies hat den Vorteil einer verbesserten Entgasung der flüssigen Phase F.

**[0055]** Mittels der Verteilerarme 201 des Hauptverteilers 200 ist die flüssige Phase F von oben auf das Rohrbündel 2 verteilbar. Wie in Figur 3 dargestellt weisen die Verteilerarme 201 hierzu jeweils einen quer zur Längsachse Z erstreckten Boden 202 auf, in dem eine Vielzahl an Auslassöffnungen 207 vorgesehen sind, durch welche die flüssige Phase F von oben auf das Rohrbündel 2 herabströmen kann, das entlang der Längsachse Z unterhalb der Verteilerarme 201 angeordnet ist.

**[0056]** Die Verteilerarme 201 weisen weiterhin jeweils zwei laterale, einander gegenüberliegende Wände 204, 205 auf, die zur Innenseite 4a des Mantels 4 hin jeweils auseinanderlaufen und über eine stirnseitige Wand 206, die der Innenseite 4a des Mantels 4 jeweils gegenüberliegt, miteinander verbunden sind. Die Verteilerarme 201 weisen daher entsprechend jeweils insbesondere eine tortenstückartige Form auf. Die lateralen Wände 204, 205 sowie die stirnseitige Wand 206 des jeweiligen Verteilerarmes 201 gehen des Weiteren vom Boden 202 des jeweiligen Verteilerarmes 201 entlang der Längsachse Z nach oben ab und schließen jeweils an das Dach 203 des jeweiligen Verteilerarmes 201 an, das vom Kernrohr 3 ausgehend zur Innenseite 4a des Mantels 4 hin abfällt, so dass die in die Verteilerarme 201 mitgenommene gasförmige Phase G entlang der Dächer 203 zum Kernrohr 3 hin aufsteigen kann.

**[0057]** Zwischen je zwei in Umfangsrichtung des Mantels 4 benachbarten Verteilerarmen 201 ist weiterhin insbesondere ein Zwischenraum 6 vorhanden, durch den hindurch Rohre 20 des Rohrbündels 2 an den Verteilerarmen 201 vorbei entlang der Längsachse Z nach oben geführt werden können.

**[0058]** Die in Umfangsrichtung benachbarten Verteilerarme 201 sind an ihren lateralen Wänden 204, 205 insbesondere über Ausgleichsleitungen 209 miteinander verbunden, so dass der in den Verteilerarmen 201 und gegebenenfalls in den Fallrohren 11 oder Schächten 12 stehende Pegel der flüssigen Phase F zwischen den Verteilerarmen 201 über die Ausgleichsleitungen 209 ausgleichbar ist.

**[0059]** Wie in Figur 1 gezeigt kann der Wärmeübertrager 1 derart betrieben werden, dass der Pegel einer ersten Flüssigkeitssäule S1 der flüssigen Phase F in den Verteilerarmen 201 bzw. in den Fallrohren 11 und/ oder den Schächten 12 steht. In diesem Fall bildet die flüssige Phase F im Flüssigkeitsraum 120 des Vorverteilers 100 eine zweite Flüssigkeitssäule S2 aus, welche von der ersten Flüssigkeitssäule S1 durch ein insbesondere im oberen Teilabschnitt der Fallrohre 11 und/ oder der Schächte 12 befindliches Gasvolumen V getrennt ist. Die flüssige Phase F rieselt also von dem Flüssigkeitsraum 120 des Vorverteilers 100 durch das Gasvolumen V und trifft auf die erste Flüssigkeitssäule S1. Diese Betriebsweise

kann durch eine entsprechende Steuerung des Zuflusses des Zweiphasengemisches in den Vorverteiler 100 und des Abflusses aus den Verteilerarmen 201 des Hauptverteilers auf das Rohrbündel 2 erreicht werden.

[0060] Alternativ dazu kann der Wärmeübertrager 1 auch wie in Figur 2 dargestellt derart betrieben werden, dass zwischen den Verteilerarmen 201 und dem Vorverteiler 100 eine durchgängige Flüssigkeitssäule S der flüssigen Phase F steht, dass also die Fallrohre 11 und/ oder die Schächte 12 vollständig mit der flüssigen Phase F geflutet sind.

#### Bezugszeichenliste

1	Wärmeübertrager
2	Rohrbündel
3	Kernrohr
4	Mantel
5	Mantelraum
6	Zwischenraum
10	Fallrohr
11	Schacht
20	Rohr
30	Strömungspfad
31	Auslassöffnung
100	Vorverteiler
101	Boden
102	Wandung
103	Prallplatte
104	Zulauf
105	Zulauföffnung
110	Flüssigkeitsraum
120	Gasraum
200	Hauptverteiler
201	Verteilerarm
202	Boden
203	Dach
204,205	Laterale Wand
206	Stirnseitige Wand
207	Öffnung
208	Entgasungsleitung
209	Ausgleichsleitung
F	Flüssige Phase
G	Gasförmige Phase
R	Radiale Richtung

(fortgesetzt)

S	Flüssigkeitssäule
S1	Erste Flüssigkeitssäule
S2	Zweite Flüssigkeitssäule
V	Gasvolumen
Z	Längsachse

#### Patentansprüche

1. Wärmeübertrager (1) zum indirekten Wärmeaustausch zwischen einem ersten Medium und einem zweiten Medium, mit:

- einem entlang einer Längsachse (Z) erstreckten Kernrohr (3), auf das eine Mehrzahl an Rohren (20) zur Aufnahme des ersten Mediums gewickelt ist, wobei die Rohre (20) ein Rohrbündel (2) bilden,

- einem Vorverteiler (100) mit einem Flüssigkeitsraum (110) zur Aufnahme einer auf das Rohrbündel (2) zu verteilenden flüssigen Phase (F) des zweiten Mediums,

- einem in Bezug auf die Längsachse (Z) zentral angeordneten Zulauf (104) zum Einleiten der flüssigen Phase (F) in den Flüssigkeitsraum (110),

- einem Hauptverteiler (200), der eine Mehrzahl an Verteilerarmen (201) zum Verteilen der flüssigen Phase (F) auf das Rohrbündel (2) aufweist,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Verteilerarme (201) über zumindest einen außerhalb des Kernrohrs (3) verlaufenden Strömungspfad (30) mit dem Flüssigkeitsraum (110) in Strömungsverbindung stehen, wobei das Kernrohr (3) derart bezüglich des Flüssigkeitsraumes (110) angeordnet oder abgeschlossen ist, dass die flüssige Phase (F) aus dem Flüssigkeitsraum (110) bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb des Wärmeübertragers (1) nicht über das Kernrohr (3) in die Verteilerarme (201) des Hauptverteilers (100) einspeisbar ist.

2. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kernrohr (3) eine in dem Vorverteiler (100) angeordnete Auslassöffnung (31) aufweist, wobei die Auslassöffnung (31) in Richtung der Längsachse (Z) oberhalb des Flüssigkeitsraumes (110) angeordnet ist, so dass die flüssige Phase (F) aus dem Flüssigkeitsraum (110) nicht über das Kernrohr (3) in die Verteilerarme (201) des Hauptverteilers (100) einspeisbar ist.

3. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Strömungspfad (30) durch ein entlang der Längsachse (Z) erstrecktes Fallrohr (10) gebildet ist, so dass die zu verteilende flüssige Phase (F) über das Fallrohr (10) von dem Flüssigkeitsraum (110) in die Verteilerarme (201) einspeisbar ist. 5
4. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einer der Verteilerarme (201) durch einen unteren Abschnitt eines Schachts (11) gebildet ist, der sich von dem Vorverteiler (100) entlang der Längsachse (Z) erstreckt, so dass die zu verteilende flüssige Phase (F) über den Schacht (11) von dem Flüssigkeitsraum (110) in den jeweiligen Verteilerarm (201) einspeisbar ist. 10
5. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verteilerarme (201) über mindestens eine Ausgleichsleitung (209) in Strömungsverbindung stehen, so dass der Flüssigkeitsstand der in den Verteilerarmen (201) befindlichen flüssigen Phase (F) durch eine Strömung der flüssigen Phase (F) über die mindestens eine Ausgleichsleitung (209) ausgleichbar ist. 20
6. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verteilerarme (201) in einer radialen Richtung (R) zwischen dem Kernrohr (3) und einem Mantel (4) des Wärmeübertragers (1) und in einer axialen Richtung entlang der Längsachse (Z) verlaufen, wobei die Verteilerarme (201) jeweils ein Dach (202) aufweisen, das den jeweiligen Verteilerarm (201) in der axialen Richtung an der dem Vorverteiler (100) zugewandten Seite abschließt, wobei das jeweilige Dach (202) in der radialen Richtung (R) zum Mantel (4) hinabfällt. 30
7. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verteilerarme (201) mit dem Kernrohr (3) in Strömungsverbindung stehen, so dass die in den Verteilerarmen (201) befindliche gasförmige Phase (G) über das Kernrohr (3) aus den Verteilerarmen (201) abziehbar ist. 35
8. Wärmeübertrager (1) nach den Ansprüchen 2 und 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kernrohr (3) über die Auslassöffnung (31) mit einem Gasraum (120) des Vorverteilers (100) in Strömungsverbindung steht, so dass die in den Verteilerarmen (201) befindliche gasförmige Phase (G) über das Kernrohr (3) in den Gasraum (120) einleitbar ist. 40
9. Verfahren zum Verteilen einer flüssigen Phase (F) auf ein Rohrbündel (2) eines Wärmeübertragers (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das erste Medium durch die Rohre (20) des Wärmeübertragers (1) geleitet wird, und wobei die flüssige Phase (F) in den Flüssigkeitsraum (110) des Vorverteilers (100) eingeleitet wird und ausschließlich über zumindest einen außerhalb des Kernrohrs (3) verlaufenden Strömungspfad (30) in die Verteilerarme (201) des Hauptverteilers (200) eingespeist wird und von dort auf ein Rohrbündel (2) des Wärmeübertragers (1) gegeben wird. 45
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die flüssige Phase (F) zwischen den Verteilerarmen (201) und dem Flüssigkeitsraum (110) des Vorverteilers (100) eine zusammenhängende Flüssigkeitssäule (S) bildet. 50
11. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die flüssige Phase (F) in dem Strömungspfad (30) eine erste Flüssigkeitssäule (S1) bildet und in dem Flüssigkeitsraum (110) des Vorverteilers (100) eine zweite Flüssigkeitssäule (S2) bildet, wobei die erste Flüssigkeitssäule (S1) von der zweiten Flüssigkeitssäule (S2) durch ein in dem Strömungspfad (30) befindliches Gasvolumen (V) getrennt ist. 55



Fig. 2

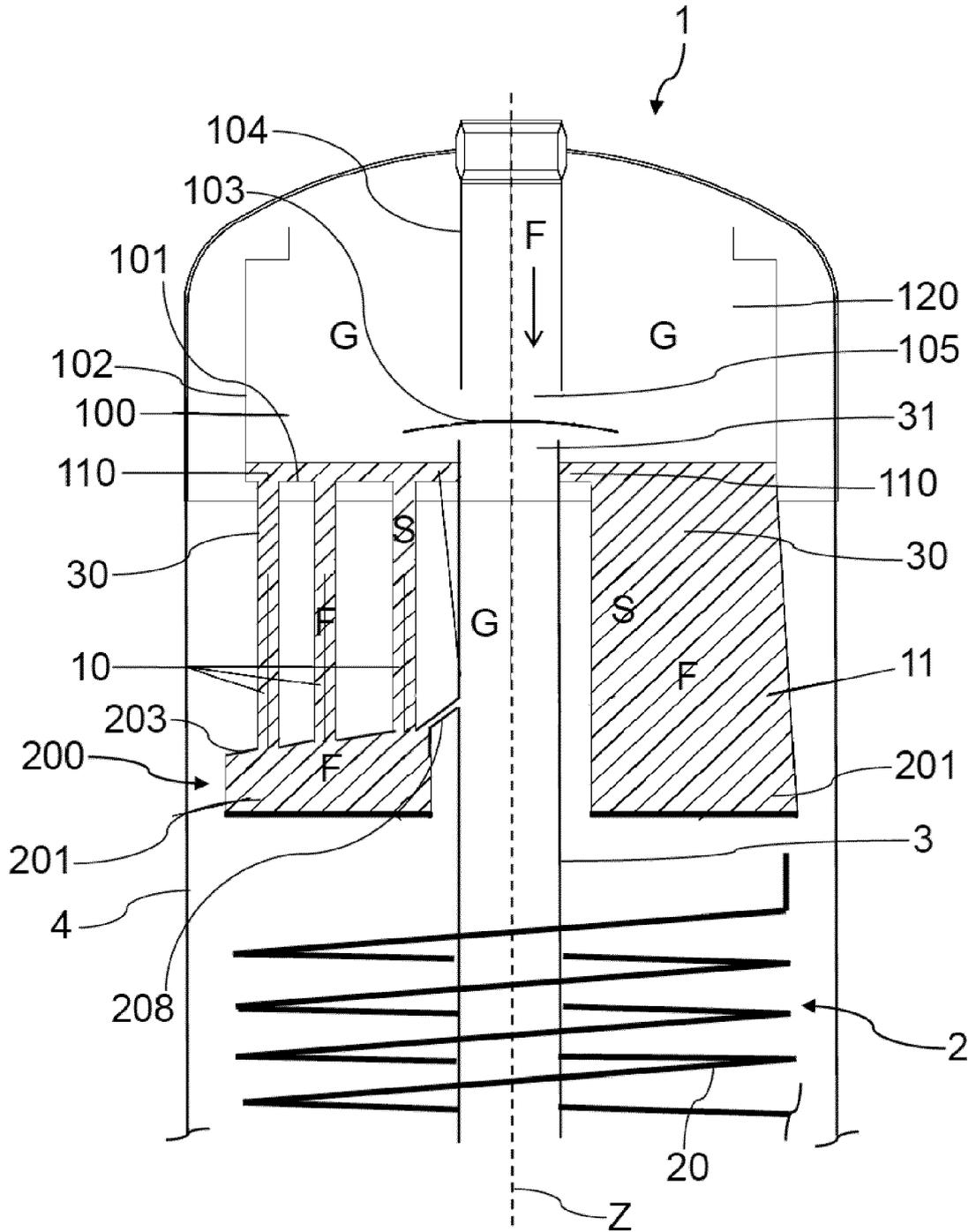
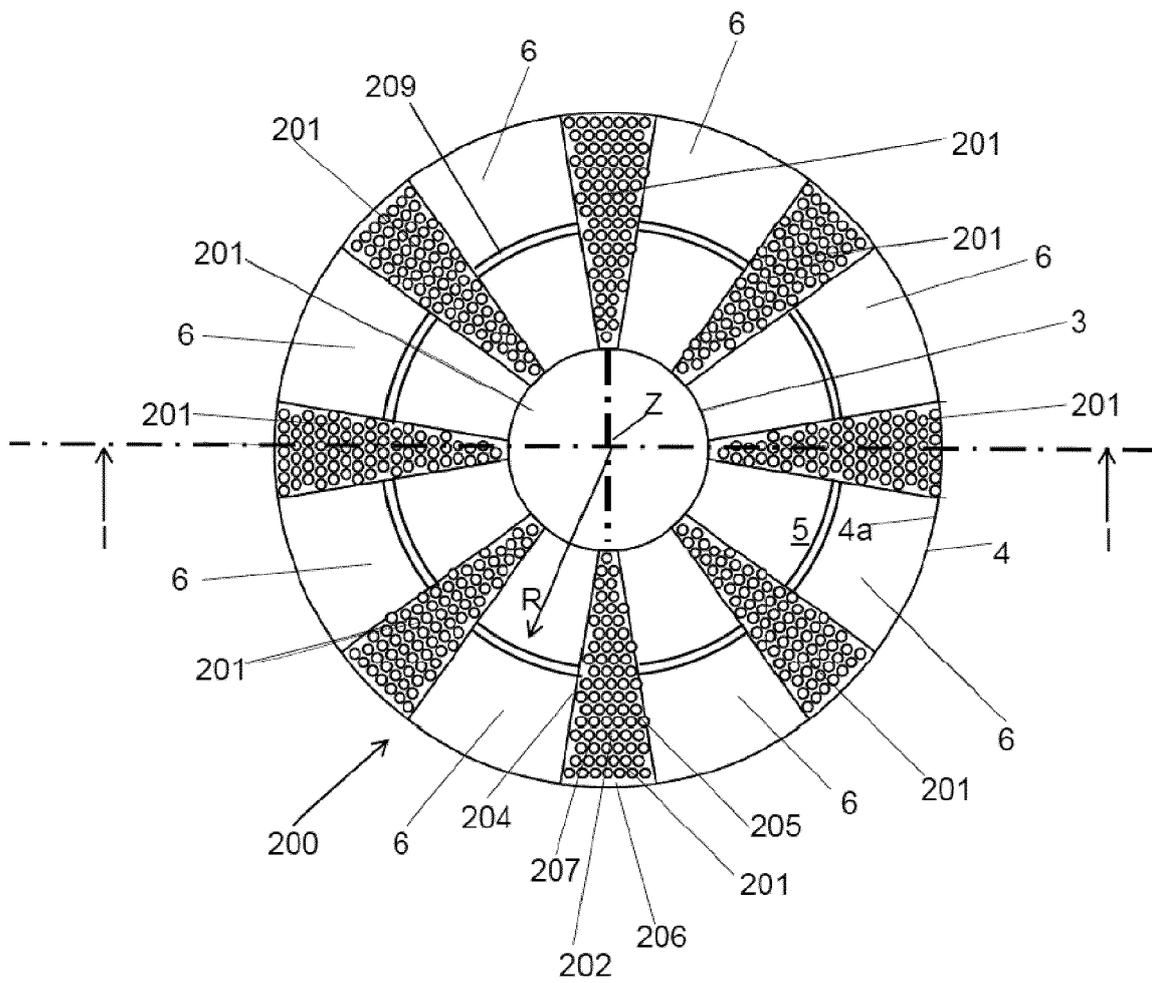


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 17 02 0069

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	EP 2 818 821 A1 (LINDE AG [DE]) 31. Dezember 2014 (2014-12-31) * Absätze [0020] - [0028]; Abbildungen 1, 2 *	1-11	INV. F28D7/02
Y	DE 10 2004 040974 A1 (LINDE AG [DE]) 2. März 2006 (2006-03-02) * Absätze [0034] - [0041]; Abbildungen 4, 5 *	1-11	
Y	WO 2014/056588 A1 (LINDE AG [DE]) 17. April 2014 (2014-04-17) * Seite 14, Zeile 10 - Seite 18, Zeile 25; Abbildungen 1, 2 *	1-11	
A	DE 28 35 334 A1 (LINDE AG) 21. Februar 1980 (1980-02-21) * das ganze Dokument *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>10. August 2017</b>	Prüfer <b>Axters, Michael</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 02 0069

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-08-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2818821 A1	31-12-2014	CN 104251630 A	31-12-2014
		EP 2818821 A1	31-12-2014
		ES 2568053 T3	27-04-2016
		US 2015000873 A1	01-01-2015
-----			
DE 102004040974 A1	02-03-2006	CN 101006316 A	25-07-2007
		DE 102004040974 A1	02-03-2006
		US 2008115918 A1	22-05-2008
		WO 2006021315 A1	02-03-2006
-----			
WO 2014056588 A1	17-04-2014	AU 2013329887 A1	16-04-2015
		CN 104884893 A	02-09-2015
		EP 2906897 A1	19-08-2015
		RU 2015116266 A	10-12-2016
		US 2015369548 A1	24-12-2015
		WO 2014056588 A1	17-04-2014
-----			
DE 2835334 A1	21-02-1980	DE 2835334 A1	21-02-1980
		JP S5525798 A	23-02-1980
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82