

(19)



(11)

EP 3 428 563 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.01.2019 Patentblatt 2019/03

(51) Int Cl.:

F28D 7/02 (2006.01)	F28F 27/02 (2006.01)
F25J 5/00 (2006.01)	F28F 13/06 (2006.01)
F25J 1/00 (2006.01)	F28D 21/00 (2006.01)
F28F 9/22 (2006.01)	

(21) Anmeldenummer: **18020309.3**

(22) Anmeldetag: **03.07.2018**

(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:
KH MA MD TN

- **Schönberger, Manfred**
83342 Tacherting (DE)
- **Spreemann, Jürgen**
83022 Rosenheim (DE)
- **Müller, Eva**
83308 Trostberg (DE)
- **Braun, Konrad**
83661 Lenggries (DE)
- **Deichsel, Florian**
81373 München (DE)
- **Matamoros, Luis**
81369 München (DE)

(30) Priorität: **10.07.2017 EP 17020286**

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

(72) Erfinder:

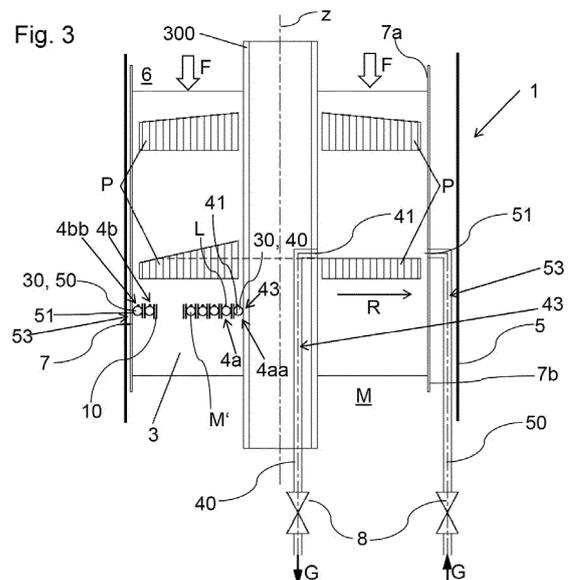
- **Steinbauer, Manfred**
82399 Raisting (DE)
- **Kerber, Christiane**
82343 Pöcking (DE)

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

(54) ENTNAHME/ZUSPEISUNG VON GAS ZUR BEEINFLUSSUNG VON RADIALER FLÜSSIGKEITSMIGRATION

(57) Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager (1) zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem ersten Medium (M), das eine flüssige Phase (F) sowie eine gasförmige Phase (G) aufweist, und einem zweiten Medium (M'), mit: einem Mantel (5), der einen Mantelraum (6) umgibt und sich entlang einer Längsachse (z) erstreckt, wobei der Mantelraum zur Aufnahme des ersten Mediums dient, und einem im Mantelraum (6) angeordneten Rohrbündel (3) aufweisend mehrere Rohre (30) zur Aufnahme des zweiten Mediums (M'), die helikal in mehreren Rohrlagen auf ein Kernrohr (300) des Wärmeübertragers (1) gewickelt sind, das sich entlang der Längsachse (z) des Mantels (5) im Mantelraum (6) erstreckt, wobei das Rohrbündel (3) eine Mehrzahl an inneren Rohrlagen (4a, 4aa) aufweist, die das Kernrohr (300) umgeben sowie eine Mehrzahl an äußeren Rohrlagen (4b, 4bb), die die inneren Rohrlagen (4a, 4aa) sowie das Kernrohr (300) umgeben. Insbesondere ist vorgesehen, dass der Wärmeübertrager (1) dazu ausgebildet ist, einen Teil der gasförmigen Phase (G) über eine Gasabführeinrichtung (43) aus dem Bereich der inneren Rohrlagen (4a, 4aa) aus dem Mantelraum (6) abzuführen und/oder eine gasförmige Phase (G) des ersten Mediums (M) im Bereich der äußeren Rohrlagen (4b, 4bb)

über eine Gaszuführeinrichtung (53) in den Mantelraum (6) zuzuführen.



EP 3 428 563 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen gewickelten Wärmeübertrager gemäß Anspruch 1.

[0002] Derartige gewickelte Wärmeübertrager werden z.B. bei physikalischen Wäschen zur Sauergasentfernung (z.B. Rectisolverfahren), in Ethylenanlagen oder in Anlagen zur Herstellung von flüssigem Erdgas (LNG) verwendet.

[0003] Flüssigkeit auf der Mantelseite von derartigen Wärmeübertragern mit Fallfilmverdampfung wird in den meisten Fällen in Richtung der äußeren Rohrlagen des Rohrbündels abgelenkt. Diese Fehlverteilung der Flüssigkeit führt zu einer lokalen Unterversorgung des Rohrbündels mit Kühlmittel im Bereich der inneren Rohrlagen des Rohrbündels und daher zu Performance-Einbußen des Wärmeübertragers.

[0004] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, einen gewickelten Wärmeübertrager bereitzustellen, der derartigen Performance-Einbußen entgegenwirkt.

[0005] Diese Aufgabe wird durch einen Wärmeübertrager mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Aspekte der vorliegenden Erfindung sind in den entsprechenden Unteransprüchen angegeben und werden nachfolgend beschrieben.

[0006] Gemäß Anspruch 1 wird ein Wärmeübertrager zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem ersten Medium, das eine flüssige Phase sowie eine gasförmige Phase aufweist, und einem zweiten Medium offenbart, mit:

- einem Mantel, der einen Mantelraum umgibt und sich entlang einer Längsachse erstreckt, wobei der Mantelraum zur Aufnahme des ersten Mediums dient, und
- einem im Mantelraum angeordneten Rohrbündel aufweisend mehrere Rohre zur Aufnahme des zweiten Mediums, die helikal in mehreren Rohrlagen auf ein Kernrohr des Wärmeübertragers gewickelt sind, das sich entlang der Längsachse des Mantels im Mantelraum erstreckt, wobei das Rohrbündel eine Mehrzahl an inneren Rohrlagen aufweist, die das Kernrohr umgeben sowie eine Mehrzahl an äußeren Rohrlagen, die die inneren Rohrlagen sowie das Kernrohr umgeben.

[0007] Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass der Wärmeübertrager eine Gasabführeinrichtung aufweist, über die ein Teil der gasförmigen Phase aus dem Bereich der inneren Rohrlagen aus dem Mantelraum abführbar ist, wobei die Gasabführeinrichtung des Wärmeübertragers zumindest einen abführenden Strömungspfad für die gasförmige Phase mit einer im Bereich der inneren Rohrlagen im Mantelraum angeordneten Einlassöffnung aufweist, und wobei der mindestens eine abführende Strömungspfad durch ein Rohr einer inneren Rohrlage des Rohrbündels, insbesondere durch ein Rohr einer innersten Rohrlage des Rohrbündels, gebildet wird (bzw. ein solches inneres oder innerstes Rohr aufweist).

[0008] Alternativ oder ergänzend ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Wärmeübertrager eine Gaszuführeinrichtung aufweist, über die eine gasförmige Phase des ersten Mediums im Bereich der äußeren Rohrlagen in den Mantelraum zuführbar ist.

[0009] Das auf das Kernrohr gewickelte Rohrbündel weist in einer radialen Richtung betrachtet eine Mehrzahl n an übereinander liegenden Rohrlagen auf, wobei bei einer geraden Anzahl n an Rohrlagen ausgehend vom Kernrohr alle Rohrlagen bis zur $n/2$ -ten Rohrlage im Sinne der vorliegenden Erfindung als innere Rohrlagen verstanden werden, wohingegen die darauf nach außen hin folgenden Rohrlagen (also von der $(n/2+1)$ -ten Rohrlage bis zur n -ten Rohrlage) als äußere Rohrlagen aufgefasst werden. Bei einer ungeraden Anzahl an Rohrlagen werden die inneren $(n-1)/2$ Rohrlagen als innere Rohrlagen verstanden und die restlichen Rohrlagen als äußere Rohrlagen.

[0010] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung findet das Abführen der gasförmigen Phase im Bereich der innersten Rohrlage und das Zuführen der gasförmigen Phase im Bereich der äußersten Rohrlage statt.

[0011] Aufgrund der Erfindung kann in vorteilhafter Weise ein Druckabfall in radialer Richtung des Rohrbündels (nach außen zum Mantel hin) vermindert oder vermieden werden, so dass in radialer Richtung ein möglichst konstanter Druck im Mantelraum vorliegt. Dies erhöht die Effektivität des Wärmeübertragers, da hierdurch die oben genannte Ablenkung der Flüssigkeit verringert bzw. vermieden wird.

[0012] Die radiale Richtung des Rohrbündels bezeichnet vorliegend eine Richtung, die senkrecht auf der Längsachse des Mantels steht und nach außen hin zum Mantel weist, während die axiale Richtung mit der Längsachse zusammenfällt. Das Kernrohr ist vorzugsweise coaxial zur Längsachse im Mantelraum angeordnet und erstreckt sich entsprechend in der axialen Richtung.

[0013] Die flüssige Phase kann von oben auf das Rohrbündel in bekannter Weise aufgegeben werden. Hierbei kann ein zum Verteilen der flüssigen Phase verwendeter Flüssigkeitsverteiler auch gleich eine Trennung der flüssigen Phase von der gasförmigen Phase des ersten Mediums vornehmen. Die Trennung der flüssigen Phase von der gasförmigen Phase kann jedoch auch in separaten Einheiten vorgenommen werden. Der Flüssigkeitsverteiler kann die flüssige Phase z.B. über einen am Mantel umlaufenden Spalt oder über Rohre in einen darunter liegenden Ringkanal mit Verteilerarmen leiten. Alternativ kann die flüssige Phase über eine zentrale Öffnung in das Kernrohr eingeleitet werden und sodann einem Verteiler in Form eines Druckverteilers zugeleitet werden. Derartige Flüssigkeitsverteiler sind z.B. in der DE 10

2004 040 974 A1 im Detail beschrieben. Andere Flüssigkeitsverteiler sind ebenfalls denkbar.

[0014] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers denkbar, dass der mindestens eine abführende Strömungspfad zumindest abschnittsweise im Kernrohr verläuft, z.B. anstelle eines abführenden Strömungspfades, der durch ein Rohr einer inneren Rohrlage des Rohrbündels, insbesondere durch ein Rohr einer innersten Rohrlage des Rohrbündels, gebildet wird (siehe auch oben).

[0015] Bei einem zumindest abschnittsweise im Kernrohr geführten abführenden Strömungspfad kann die Einlassöffnung in der Wandung des Kernrohres ausgebildet sein. Alternativ kann der abführende Strömungspfad durch eine Wandung des Kernrohres hindurchgeführt sein, wobei die Einlassöffnung außerhalb des Kernrohres im Bereich der inneren Rohrlagen angeordnet ist oder bündig mit einer Oberfläche der Wandung des Kernrohres abschließt. Ferner kann die Einlassöffnung in radialer Richtung des Rohrbündels zwischen der Oberfläche der Wandung des Kernrohres und einer innersten Rohrlage angeordnet sein.

[0016] Grundsätzlich kann der mindestens eine abführende Strömungspfad durch eine Rohrleitung gebildet sein.

[0017] Weiterhin kann bei einem durch ein Rohr einer inneren bzw. der innersten Rohrlage gebildeten abführenden Strömungspfad die Einlassöffnung insbesondere in einer Wandung des betreffenden Rohres ausgebildet sein.

[0018] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers vorgesehen, dass der Wärmeübertrager ein das Rohrbündel umgebendes Hemd aufweist, das die äußeren Rohrlagen umgibt. Ein solches Hemd kann eine hohlzylindrische Form aufweisen und dient dazu, eine Bypassströmung des ersten Mediums am Rohrbündel vorbei im Mantelraum zu unterdrücken. Hierzu umgreift das Hemd das Rohrbündel bevorzugt eng.

[0019] Weiterhin ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers vorgesehen, dass der Wärmeübertrager bzw. die Gaszuführeinrichtung zum Zuführen einer gasförmigen Phase des ersten Mediums zumindest einen zuführenden Strömungspfad aufweist, der eine im Bereich der äußeren Rohrlagen im Mantelraum angeordnete bzw. in den Mantelraum mündende Auslassöffnung aufweist.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers ist hierbei vorgesehen, dass der mindestens eine zuführende Strömungspfad zumindest abschnittsweise auf einer nach außen weisenden Außenseite des Hemdes geführt ist (also in radialer Richtung weiter außen verläuft als das Hemd, so dass das dort das Hemd zwischen dem Rohrbündel und dem zuführenden Strömungspfad verläuft) oder durch ein Rohr einer äußeren Rohrlage des Rohrbündels, insbesondere durch ein Rohr einer äußersten Rohrlage des Rohrbündels, gebildet wird (bzw. ein solches äußeres oder äußerstes Rohr) aufweist.

[0021] Bei einem zumindest abschnittsweise auf der Außenseite des Hemdes geführten zuführenden Strömungspfad kann die Auslassöffnung im Hemd ausgebildet sein. Alternativ kann der zuführende Strömungspfad durch das Hemd hindurchgeführt sein, wobei die Auslassöffnung innerhalb eines vom Hemd umgebenden Mantelraumabschnitts im Bereich der äußeren Rohrlagen angeordnet sein kann oder bündig mit einer Innenseite des Hemdes abschließen kann. Weiterhin kann die Auslassöffnung in radialer Richtung des Rohrbündels zwischen der Innenseite des Hemdes und einer äußersten Rohrlage angeordnet sein.

[0022] Grundsätzlich kann der mindestens eine zuführende Strömungspfad z.B. durch eine Rohrleitung gebildet sein.

[0023] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers vorgesehen, dass der Wärmeübertrager bzw. die Gasabföhreinrichtung mehrere abführende Strömungspfade für die gasförmige Phase des ersten Mediums mit jeweils einer Einlassöffnung aufweist, wobei die Einlassöffnungen jeweils im Bereich der inneren Rohrlagen im Mantelraum angeordnet sind. Bevorzugt sind weiterhin die Einlassöffnungen entlang der Längsachse in unterschiedlichen Höhen angeordnet. Die einzelnen Einlassöffnungen können dabei gemäß einer der oben stehenden Varianten ausgebildet sein.

[0024] Vorzugsweise ist gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers vorgesehen, dass der Wärmeübertrager bzw. die Gaszuführeinrichtung mehrere zuführende Strömungspfade für die gasförmige Phase des ersten Mediums mit jeweils einer Auslassöffnung aufweist, wobei die Auslassöffnungen jeweils im Bereich der äußeren Rohrlagen im Mantelraum angeordnet sind, und wobei insbesondere die Auslassöffnungen entlang der Längsachse in unterschiedlichen Höhen angeordnet sind.

[0025] Insbesondere kann ein Rohr bzw. eine Rohrleitung, die einen abführenden oder einen zuführenden Strömungspfad darstellt, mehrere Einlass- bzw. Auslassöffnungen aufweisen, die zum Beispiel hintereinander entlang des jeweiligen Rohres bzw. der jeweiligen Rohrleitung angeordnet sind. Auf diese Weise lässt sich jeweils eine Vielzahl an Strömungspfaden zur jeweiligen Einlass- bzw. Auslassöffnung mittels eines einzelnen Rohres bzw. einer einzelnen Rohrleitung bereitstellen. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, für jede Einlass- bzw. Auslassöffnung ein separates Rohr bzw. eine separate Rohrleitung vorzusehen.

[0026] Vorzugsweise ist gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers vorgesehen, dass der Wärmeübertrager dazu ausgebildet ist, das Zuführen der gasförmigen Phase über die Gaszuführeinrichtung und/oder das Abführen der gasförmigen Phase über die Gasabföhreinrichtung zu steuern oder in Abhängigkeit einer im Mantelraum gemessenen Istdruckverteilung oder einer im Mantelraum gemessenen Isttemperaturverteilung zu regeln.

[0027] Hierbei ist zu beachten, dass die Temperaturverteilung im Mantelraum sich entsprechend der Druckverteilung

ändert, so dass auch die Temperaturverteilung zum Regeln der Gasabfuhr bzw. -zufuhr geeignet ist.

[0028] Bei einer Regelung ist insbesondere vorgesehen, dass der Wärmeübertrager die Zuführung und/oder Abfuhrung der gasförmigen Phase so regelt, dass die Istdruckverteilung im Mantelraum einer Solldruckverteilung annähert wird und/oder dass die Isttemperaturverteilung einer Solltemperaturverteilung angenähert wird, wobei insbesondere der Druck der Solldruckverteilung in radialer Richtung des Rohrbündels jeweils konstant ist, und wobei insbesondere die Temperatur der Solltemperaturverteilung in radialer Richtung jeweils konstant ist, und zwar insbesondere jeweils zumindest auf einer definierten Höhe des Mantelraumes (z.B. auf Höhe der Abfuhrung und/oder Zuführung der gasförmigen Phase) oder in einem definierten Mantelraumabschnitt entlang der Längsachse des Mantels.

[0029] Vorzugsweise ist der Wärmeübertrager in einer Ausführungsform so konfiguriert, dass entlang der Längsachse über die gesamte Länge des Rohrbündels über eine Mehrzahl an Einlassöffnungen ein Teil der gasförmigen Phase aus dem Bereich der inneren Rohrlagen abfuhrbar und/oder gasförmige Phase des ersten Mediums im Bereich der äußeren Rohrlagen über eine Mehrzahl an Auslassöffnungen zufuhrbar ist, so dass insbesondere auf der gesamten Länge des Rohrbündels die Istdruckverteilung bzw. die Isttemperaturverteilung einer Solldruckverteilung bzw. Solltemperaturverteilung angenähert wird, bei der der Druck bzw. die Temperatur in radialer Richtung jeweils bevorzugt konstant ist sowie in axialer Richtung (also entlang der Längsachse) einem vordefinierten bzw. gewünschten Verlauf folgt.

[0030] Der erfindungsgemäße Wärmeübertrager kann zur Messung einer Istdruckverteilung oder eine Isttemperaturverteilung die weiter unten beschriebenen Sensoren aufweisen.

[0031] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers vorgesehen, dass der mindestens eine abfuhrende Strömungspfad bzw. die Gasabfuhrereinrichtung zum Steuern oder Regeln der Abfuhrung der gasförmigen Phase ein Ventil aufweist.

[0032] In gleicher Weise kann der mindestens eine zufuhrende Strömungspfad bzw. die Gaszufuhrereinrichtung zum Steuern oder Regeln der Zuführung der gasförmigen Phase ein Ventil aufweisen.

[0033] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers ist vorgesehen, dass der mindestens eine abfuhrende Strömungspfad über einen Verdichter, insbesondere einen steuer- oder regelbaren Verdichter mit dem mindestens einen zufuhrenden Strömungspfad in Strömungsverbindung steht bzw. bringbar ist. Auf diese Weise kann eine von den inneren Lagen des Rohrbündels aus dem Mantelraum abgeführte gasförmige Phase in variabler bzw. steuer- oder regelbarer Weise dem Mantelraum nach entsprechender Verdichtung im Bereich der äußeren Rohrlagen wieder zugefuhrt werden.

[0034] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers vorgesehen, dass die einzelnen Rohrlagen über Abstandshalter aneinander anliegen. Bevorzugt nimmt das Kernrohr die Last der Rohre des Rohrbündels auf, wobei insbesondere die Last der Rohrlagen über die jeweiligen Abstandshalter nach innen abgetragen wird.

[0035] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers ist vorgesehen, dass der Wärmeübertrager eine erste Leitung aufweist, über die das erste Medium (insbesondere zweiphasig) in den Wärmeübertrager bzw. den Mantelraum einleitbar ist, und/oder dass der Wärmeübertrager eine zweite Leitung aufweist, über die das erste Medium aus dem Wärmeübertrager bzw. aus dem Mantelraum des Wärmeübertragers abziehbar ist.

[0036] Die erste Leitung kann z.B. an einen Stutzen des Wärmeübertragers angeschlossen sein (z.B. an einem oberen Abschnitt des Wärmeübertragers). Die zweite Leitung kann ebenfalls an einen Stutzen des Wärmeübertragers angeschlossen sein (z.B. an einem unteren Abschnitt des Wärmeübertragers).

[0037] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Wärmeübertrager eine erste Strömungsverbindung zwischen der Gasabfuhrereinrichtung und der ersten Leitung auf, so dass eine gasförmige Phase des ersten Mediums bzw. ein Prozessstrom über die erste Strömungsverbindung aus der Gasabfuhrereinrichtung abziehbar ist und in die erste Leitung einleitbar ist.

[0038] Weiterhin kann der Wärmeübertrager auch gemäß einer weiteren Ausführungsform eine erste Strömungsverbindung zwischen der Gasabfuhrereinrichtung und der zweiten Leitung aufweisen, so dass eine gasförmige Phase des ersten Mediums bzw. ein Prozessstrom über die erste Strömungsverbindung aus der Gasabfuhrereinrichtung abziehbar ist und in die zweite Leitung einleitbar ist.

[0039] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass der Wärmeübertrager eine zweite Strömungsverbindung zwischen der Gaszufuhrereinrichtung und der ersten Leitung aufweist, so dass eine gasförmige Phase des ersten Mediums bzw. ein Prozessstrom über die zweite Strömungsverbindung aus der ersten Leitung in die Gaszufuhrereinrichtung einleitbar ist.

[0040] Weiterhin kann der Wärmeübertrager auch gemäß einer weiteren Ausführungsform eine zweite Strömungsverbindung zwischen der Gaszufuhrereinrichtung und der zweiten Leitung aufweisen, so dass eine gasförmige Phase des ersten Mediums bzw. ein Prozessstrom über die zweite Strömungsverbindung aus der zweiten Leitung in die Gaszufuhrereinrichtung einleitbar ist.

[0041] Weiterhin kann die erste Strömungsverbindung gemäß einer Ausführungsform auch die Gasabfuhrereinrichtung abseits der ersten bzw. zweiten Leitung mit dem Mantelraum verbinden (insbesondere an einer beliebigen Stelle des Mantels des Wärmeübertragers).

[0042] Analog hierzu kann des Weiteren auch die zweite Strömungsverbindung gemäß einer Ausführungsform die Gaszuführeinrichtung abseits der ersten bzw. zweiten Leitung mit dem Mantelraum verbinden (insbesondere an einer beliebigen Stelle des Mantels des Wärmeübertragers).

[0043] Grundsätzlich kann die erste und/oder die zweite Strömungsverbindung gemäß einer Ausführungsform auch einen Pufferspeicher für eine gasförmige Phase des ersten Mediums sowie insbesondere auch einen Verdichter und/oder ein Ventil aufweisen (siehe auch unten). Mittels des Verdichters kann das erste Medium durch die jeweilige Strömungsverbindung transportiert werden. Das Ventil dient zum Einstellen bzw. Unterbrechen des Stromes der gasförmigen Phase des ersten Mediums.

[0044] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine verfahrenstechnische Anlage vorgesehen, die einen erfindungsgemäßen Wärmeübertrager aufweist sowie eine erste Komponente und eine erste Strömungsverbindung zwischen der Gasabführeinrichtung und der ersten Komponente der Anlage, so dass ein Prozessstrom der Anlage (z.B. eine gasförmige Phase des ersten Mediums) aus der Gasabführeinrichtung über die Strömungsverbindung in die erste Komponente einleitbar ist. Ergänzend oder alternativ kann die Anlage eine zweite Komponente sowie eine zweite Strömungsverbindung zwischen der Gaszuführeinrichtung und der zweiten Komponente aufweisen, so dass ein Prozessstrom (z.B. eine gasförmige Phase des ersten Mediums) über die zweite Strömungsverbindung aus der zweiten Komponente abziehbar und in die Gaszuführeinrichtung einleitbar ist.

[0045] Bei der ersten oder der zweiten Komponenten kann es sich jeweils um einen Apparat bzw. Anlagenteil der Anlage handeln, in dem das erste Medium geführt wird (z.B. ein Gaspufferspeicher und/oder ein Verdichter) und/oder in sonstiger Weise behandelt wird. Es kann sich bei der ersten und der zweiten Komponente des Weiteren jeweils um einen Anlagenteil bzw. Apparat handeln, von dem eine gasförmige Phase des ersten Mediums bzw. ein Prozessstrom zur Gaszuführeinrichtung transportiert wird (z.B. über eine Leitung) und/oder zu dem eine gasförmige Phase des ersten Mediums ausgehend von der Gasabführeinrichtung (z.B. über eine Leitung) transportiert wird. Die erste Komponente kann mit der zweiten Komponente identisch sein.

[0046] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Betreiben eines Wärmeübertragers vorgeschlagen, das insbesondere einen erfindungsgemäßen Wärmeübertrager verwendet, wobei ein erstes Medium, das eine flüssige Phase sowie eine gasförmige Phase aufweist, in einem von einem Mantel umgebenen Mantelraum des Wärmeübertragers geführt wird und indirekt Wärme mit einem zweiten Medium austauscht, das in einem im Mantelraum angeordneten Rohrbündel geführt wird, das mehrere Rohre zur Aufnahme des zweiten Mediums aufweist, die helikal in mehreren Rohrlagen auf ein Kernrohr des Wärmeübertragers gewickelt sind, das sich entlang einer Längsachse des Mantels im Mantelraum erstreckt, wobei das Rohrbündel eine Mehrzahl an inneren Rohrlagen aufweist, die das Kernrohr umgeben sowie eine Mehrzahl an äußeren Rohrlagen, die die inneren Rohrlagen sowie das Kernrohr umgeben, und wobei zumindest ein Teil der gasförmigen Phase aus dem Bereich der inneren Rohrlagen aus dem Mantelraum abgeführt wird (insbesondere um dort einen Druck im Mantelraum abzusenken), und zwar insbesondere über die Gasabführeinrichtung, und/oder wobei eine gasförmige Phase des ersten Mediums im Bereich der äußeren Rohrlagen in den Mantelraum zugeführt wird (insbesondere um dort einen Druck im Mantelraum anzuheben), und zwar insbesondere über die Gaszuführeinrichtung.

[0047] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass das Abführen und/oder das Zuführen der gasförmigen Phase gesteuert wird oder in Abhängigkeit einer im Mantelraum gemessenen Istdruckverteilung bzw. Isttemperaturverteilung (siehe oben) geregelt wird. Die Istdruckverteilung kann mit einer Mehrzahl an im Mantelraum vorgesehenen Drucksensoren oder mittels eines durch den Mantelraum verlegten faseroptischen Sensors gemessen werden. Hierbei werden in bekannter Weise Auswirkungen des Drucks auf eine lichtleitende Faser (z.B. Glasfaser) gemessen. Alternativ oder ergänzend kann im Mantelraum mittels eines faseroptischen Sensors bzw. mittels zumindest einer lichtleitenden Faser (z.B. Glasfaser) eines solchen Sensors eine Isttemperaturverteilung gemessen werden. Es ist denkbar sowohl eine Isttemperaturverteilung als auch eine Istdruckverteilung mit einem faseroptischen Sensor zu messen.

[0048] Insbesondere für den Fall, dass mittels des faseroptischen Sensors eine Isttemperaturverteilung gemessen wird (und diese zum Regeln der Zufuhr bzw. Abfuhr der gasförmigen Phase verwendet wird), kann der faseroptische Sensor bzw. eine lichtleitende Faser, insbesondere Glasfaser, des Sensors, entlang der Rohre des Rohrbündels verlegt sein, so dass eine 3D-Isttemperaturverteilung messbar ist.

[0049] Bei einer Regelung ist insbesondere vorgesehen, dass der Wärmeübertrager die Zuführung und/oder Abführung der gasförmigen Phase so regelt, dass die Istdruckverteilung im Mantelraum einer Solldruckverteilung annähert wird oder dass die Isttemperaturverteilung im Mantelraum einer Solltemperaturverteilung angenähert wird, wobei insbesondere der Druck der Solldruckverteilung in einer radialer Richtung des Rohrbündels jeweils konstant ist, und zwar insbesondere zumindest auf einer definierten Höhe des Mantelraumes (z.B. auf Höhe der Abführung und/oder Zuführung der gasförmigen Phase) oder in einem definierten Mantelraumabschnitt entlang der Längsachse des Mantels. In gleicher Weise ist insbesondere die Temperatur der Solltemperaturverteilung in radialer Richtung konstant, und zwar insbesondere zumindest auf einer definierten Höhe des Mantelraumes (z.B. auf Höhe der Abführung und/oder Zuführung der gasförmigen Phase) oder in einem definierten Mantelraumabschnitt entlang der Längsachse des Mantels.

[0050] Vorzugsweise wird entlang der Längsachse über die gesamte Länge des Rohrbündels über eine Mehrzahl an Einlassöffnungen ein Teil der gasförmigen Phase aus dem Bereich der inneren Rohrlagen abgeführt und/oder gasförmige Phase des ersten Mediums im Bereich der äußeren Lagen über eine Mehrzahl an Auslassöffnungen zugeführt, so dass insbesondere auf der gesamten Länge des Rohrbündels die Istdruckverteilung bzw. die Isttemperaturverteilung einer Solldruckverteilung bzw. Solltemperaturverteilung angenähert wird, bei der der Druck bzw. die Temperatur in radialer Richtung jeweils konstant ist sowie in axialer Richtung (also entlang der Längsachse) einem vordefinierten Verlauf folgt.

[0051] Schließlich wird gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Wärmeübertrager zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem ersten Medium, das eine flüssige Phase sowie eine gasförmige Phase aufweist, und einem zweiten Medium offenbart, mit:

- einem Mantel, der einen Mantelraum umgibt und sich entlang einer Längsachse erstreckt, wobei der Mantelraum zur Aufnahme des ersten Mediums dient, und
- einem im Mantelraum angeordneten Rohrbündel aufweisend mehrere Rohre zur Aufnahme des zweiten Mediums, die helikal in mehreren Rohrlagen auf ein Kernrohr des Wärmeübertragers gewickelt sind, das sich entlang der Längsachse des Mantels im Mantelraum erstreckt, wobei das Rohrbündel eine Mehrzahl an inneren Rohrlagen aufweist, die das Kernrohr umgeben sowie eine Mehrzahl an äußeren Rohrlagen, die die inneren Rohrlagen sowie das Kernrohr umgeben,
- wobei der Wärmeübertrager dazu ausgebildet ist,

einen Teil der gasförmigen Phase über eine Gasabführeinrichtung aus dem Bereich der inneren Rohrlagen aus dem Mantelraum abzuführen
und/oder
eine gasförmige Phase des ersten Mediums im Bereich der äußeren Rohrlagen über eine Gaszuführeinrichtung in den Mantelraum zuzuführen.

[0052] Ein derartiger Wärmeübertrager kann ebenfalls durch die hierin beschriebenen Merkmale bzw. Ausführungsformen weitergebildet werden.

[0053] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sollen durch die nachfolgende Figurenbeschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren erläutert werden.

[0054] Es zeigen:

Fig. 1 Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers, bei dem eine gasförmige Phase über das Kernrohr im Bereich der innersten Rohrlage aus dem Mantelraum abziehbar ist;

Fig. 2 weitere Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers, bei dem eine gasförmige Phase über das Hemd im Bereich der äußersten Rohrlage in den Mantelraum einleitbar ist;

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform, bei der sowohl die Zufuhr als auch die Abfuhr der gasförmigen Phase gemäß den Figuren 1 und 2 möglich ist; und

Fig. 4 eine Abwandlung der in der Figur 3 gezeigten Ausführungsform;

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht des Rohrbündels des in den Figuren 1 bis 4 gezeigten Wärmeübertragers;

Fig. 6 eine Vielzahl verschiedener Ausführungsformen hinsichtlich Strömungsverbindungen der Gaszuführ- bzw. Gasabführeinrichtung mit Komponenten des Wärmeübertragers bzw. einer Anlage, in die der Wärmeübertrager eingebunden sein kann; und

Fig. 7 weitere Ausführungsformen hinsichtlich Strömungsverbindungen der Gaszuführ- bzw. Gasabführeinrichtung mit Komponenten des Wärmeübertragers bzw. einer Anlage, in die der Wärmeübertrager eingebunden sein kann.

[0055] Die Figuren 1 bis 4 zeigen jeweils eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen gewickelten Wärmeübertragers 1. In der jeweiligen Ausführungsform weist der gewickelte Wärmeübertrager 1 jeweils einen vorzugsweise zumindest abschnittsweise zylindrischen Mantel 5 auf, der einen Mantelraum 6 des Wärmeübertragers 1 umgibt sowie ein in dem Mantelraum 6 angeordnetes Rohrbündel 3, das mehrere Rohre 30 aufweisen kann, die helikal auf ein Kernrohr 300 gewickelt sein können, wobei das Kernrohr 300 insbesondere koaxial zu einer Längsachse z des Wärmeübertragers 1 bzw. des Mantels 5 angeordnet ist, entlang der sich der Mantel 5 erstreckt.

[0056] Die Rohre 30 des Rohrbündels 3 sind insbesondere in mehreren Rohrlagen helikal auf das Kernrohr 300 gewickelt, wobei die einzelnen Rohrlagen über Abstandselemente 10 an einander abgestützt sind, sodass das gesamte Gewicht der Rohrlagen letztlich durch das Kernrohr 300 abgetragen werden kann. Das Rohrbündel 3 weist daher entsprechend in radialer Richtung R eine innerste Rohrlage 4aa auf, die benachbart zum Kernrohr 300 angeordnet ist, sowie eine in radialer Richtung R äußerste Rohrlagen 4bb. Die Rohrlagen des Rohrbündels 3 können dabei gemäß der oben dargelegten Definition in innere Rohrlagen 4a sowie äußere Rohrlagen 4b unterteilt werden.

[0057] Das Rohrbündel 3 der Figuren 1 bis 4 kann z.B. gemäß Figur 5 ausgebildet sein, wobei hier der Übersichtlichkeit halber die Gasabführeinrichtung 43 bzw. die Gaszuführeinrichtung 53 (siehe unten) nicht gezeigt werden.

[0058] Die besagte Längsachse z verläuft vorzugsweise parallel zur Vertikalen. Weiterhin weist der gewickelte Wärmeübertrager 1 ein insbesondere zylindrisches Hemd 7 auf, das das Rohrbündel 3 umgibt. Hierbei weist das Hemd 7 eine Innenseite 7a auf, die dem Rohrbündel 3, insbesondere der äußersten Rohrlage 4bb, zugewandt ist, sowie eine der Innenseite 7a abgewandte Außenseite 7b, die dem Mantel 5 zugewandt ist. Das Hemd 7 dient dazu, eine Bypassströmung im Mantelraum 6 am Rohrbündel 3 vorbei zu unterdrücken.

[0059] Auf das Rohrbündel 3 wird von oben eine flüssige Phase F eines ersten Mediums M mittels eines Flüssigkeitsverteilers V aufgegeben, die sodann in eine indirekte Wärmeübertragung mit einem in den Rohren 30 des Rohrbündels 3 geführten zweiten Medium M' tritt. Der Flüssigkeitsverteiler V kann mehrere Arme A aufweisen, die z.B. über das Kernrohr 300 mit Flüssigkeit F beschickt werden.

[0060] Der Flüssigkeitsverteiler V ist der Übersichtlichkeit halber lediglich in der Figur 1 eingezeichnet, ist jedoch auch bei den Ausführungsformen gemäß Figuren 2 bis 5 vorgesehen und nach Art der Figur 1 konfiguriert.

[0061] Bei einem gewickelten Wärmeübertrager 1 kann sich dabei eine Ungleichverteilung der flüssigen Phase F des ersten Mediums M ergeben, bei der die flüssige Phase F nach außen zum Mantel 5 hin gedrängt wird. Hierdurch ergibt sich vor allem in radialer Richtung R des Rohrbündels 3 ein Druckabfall in Richtung des Mantels 6 bzw. eine entsprechende Temperaturverteilung, die der Effizienz des Wärmeübertragers 1 abträglich ist.

[0062] Die jeweilige radiale Richtung R steht dabei senkrecht auf der Längsachse z bzw. dem Kernrohr 300, wobei die Längsachse z mit der axialen Richtung des Rohrbündels 3 zusammenfällt.

[0063] Um einen derartigen Druckabfall einer im Mantelraum messbaren Istdruckverteilung P auszugleichen, ist gemäß einer ersten, in der Figur 1 gezeigten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers 1 vorgesehen, dass der Wärmeübertrager 1 dazu ausgebildet ist, einen Teil der gasförmigen Phase G mittels einer Gasabführeinrichtung 43 aus dem Bereich der inneren Rohrlagen 4a, 4aa aus dem Mantelraum 6 abzuführen. In der Figur 1 sind dabei zwei alternative Varianten dargestellt, die nachfolgend näher beschrieben werden.

[0064] Insbesondere weist die Gasabführeinrichtung 43 des Wärmeübertragers 1 in einer ersten Variante gemäß Figur 1 zumindest einen abführenden Strömungspfad 40 für die gasförmige Phase G mit einer im Bereich der inneren Rohrlagen 4a im Mantelraum 6 angeordneten Einlassöffnung 41 auf, wobei z.B. der mindestens eine abführende Strömungspfad 40 durch ein Rohr 30 einer inneren Rohrlage 4a, insbesondere einer innersten Rohrlage 4aa, des Rohrbündels 3 gebildet wird.

[0065] Alternativ hierzu kann der Wärmeübertrager 1 bzw. die Gasabführeinrichtung 43 gemäß einer zweiten Variante (vgl. Figur 1) einen zumindest abschnittsweise in einem Innenraum des Kernrohrs 300 verlaufenden, abführenden Strömungspfad 40 für die gasförmige Phase G aufweisen, mit einer im Bereich der inneren Rohrlagen 4a im Mantelraum 6 angeordneten Einlassöffnung 41, die vorliegend z.B. in einer Wandung des Kernrohrs 300 ausgebildet ist.

[0066] Somit ist mittels des abführenden Strömungspfades 40 zumindest ein Teil der gasförmigen Phase G des ersten Mediums M aus dem Mantelraum abziehbar und zwar vorliegend im Bereich der innersten Rohrlage 4aa. Hierdurch kann an der Entnahmestelle, d.h., an der Einlassöffnung 41 die in der Figur 1 erzeugte Istdruckverteilung P erzeugt werden, die in radialer Richtung R einen möglichst konstanten Druck aufweist. Derartige Entnahmestellen bzw. Einlassöffnungen 41 können in der Figur 1 entlang der gesamten Länge des Rohrbündels 3 entlang der Längsachse z vorgesehen werden, um für das gesamte Rohrbündel 3 einen in radialer Richtung R möglichst konstanten Druck bzw. eine in radialer Richtung R möglichst konstante Temperatur zu erzielen. Eine Regelung der Abfuhr der gasförmigen Phase G kann mittels eines Ventils 8 erfolgen. Dies gilt insbesondere sowohl für den das besagte Rohr 30 der inneren bzw. innersten Rohrlage 4a, 4aa aufweisenden abführenden Strömungspfad 40 (erste Variante) als auch für den zumindest abschnittsweise im Innenraum des Kernrohrs 300 verlaufenden abführenden Strömungspfad 40 (zweite Variante). Der Einfachheit halber ist das Ventil 8 in der Fig. 1 nur für den im Innenraum des Kernrohrs 300 verlaufenden Strömungspfad 40 gezeigt.

[0067] Das Ventil 8 wird vorzugsweise so gestellt, dass eine im Mantelraum 6 gemessene Isttemperaturverteilung an eine gewünschte Solltemperaturverteilung angenähert wird. Alternativ kann die Regelung auch so erfolgen, dass eine gemessene Istdruckverteilung an eine gewünschte Solldruckverteilung angenähert wird. Die Temperatur oder der Druck kann im Mantelraum z.B. in bekannter Weise mittels einer lichtleitenden Faser L oder sonstigen geeigneten Sensoren gemessen werden (siehe auch oben). Eine lichtleitende Faser L kann z.B. entlang der Rohre 30 verlegt sein und ist in der Figur 1 schematisch angedeutet.

[0068] Figur 2 zeigt eine Abwandlung der in der Figur 1 gezeigten Ausführungsform, wobei im Unterschied zur Figur

1 vorgesehen ist, die gasförmige Phase G nicht im Bereich der inneren Rohrlagen 4a, 4aa aus dem Mantelraum 6 abzuziehen, sondern im Bereich der äußeren Rohrlagen 4b, insbesondere im Bereich der äußersten Rohrlage 4b, in den Mantelraum 6 einzuleiten.

5 **[0069]** Hierzu weist der Wärmeübertrager 1 gemäß Figur 2 eine Gaszuführeinrichtung 53 mit zumindest einem zuführenden Strömungspfad 50 für die gasförmige Phase G auf, der gemäß einer ersten Variante auf der Außenseite 7b des Hemdes 7 verläuft, sowie innerhalb des Mantelraums 6. Es ist natürlich auch denkbar, einen derartigen Strömungspfad 50 außerhalb des Mantels 5 zu verlegen und dann durch den Mantel 5 und das Hemd 7 hindurch zu führen. Weiterhin kann ein solcher Strömungspfad 50 alternativ gemäß einer ebenfalls in der Figur 2 gezeigten zweiten Variante durch ein Rohr 30 einer äußeren Rohrlage 4b des Rohrbündels 3, insbesondere durch ein Rohr 30 einer äußersten Rohrlage 4bb des Rohrbündels 3, gebildet sein.

10 **[0070]** Wie in der Figur 2 gezeigt ist, weist der mindestens eine zuführende Strömungspfad 50 eine Auslassöffnung 51 auf, die vorliegend im Hemd 7 ausgebildet ist (oder alternativ in dem besagten Rohr 30 der äußeren bzw. äußersten Rohrlage 4b, 4bb), sodass die eingeleitete gasförmige Phase G vorliegend die äußerste Rohrlage 4bb beaufschlagt. Hierdurch lässt sich insbesondere im Bereich der äußeren Rohrlagen 4b der Druck im Mantelraum 6 erhöhen, sodass insgesamt ein in radialer Richtung R möglichst konstanter Druck P resultiert. Auch in der Figur 2 können natürlich entlang der Längsachse z mehrere Einlassöffnungen 51 vorgesehen sein, so dass der Druck wie oben anhand der Figur 1 bereits beschrieben auf der gesamten Länge des Rohrbündels entlang der Längsachse z positiv beeinflussbar ist. Auch gemäß Figur 2 kann eine Regelung der Zufuhr der gasförmigen Phase G mittels eines Ventils 8 erfolgen, und zwar insbesondere sowohl für den das besagte Rohr 30 der äußeren bzw. äußersten Rohrlage 4b, 4bb aufweisenden zuführenden Strömungspfad 50 als auch alternativ für den auf der Außenseite 7b des Hemdes 7 verlaufenden Strömungspfad 50. Der Einfachheit halber ist das Ventil 8 in der Fig. 2 nur für den auf der Außenseite 7b des Hemdes 7 verlaufenden Strömungspfad 50 gezeigt.

15 **[0071]** Das Ventil 8 wird bevorzugt so gestellt, dass eine im Mantelraum 6 gemessene Istdruckverteilung P bzw. alternativ eine gemessene Isttemperaturverteilung einer entsprechenden Solldruckverteilung bzw. Solltemperaturverteilung angenähert wird.

20 **[0072]** Weiterhin besteht natürlich gemäß Figur 3 auch die Möglichkeit, die jeweiligen Ausführungsformen gemäß Figur 1 und Figur 2 zu kombinieren, sodass sowohl eine gasförmige Phase G des ersten Mediums M aus dem Mantelraum 6 abziehbar als auch zuführbar ist.

25 **[0073]** Diesbezüglich zeigt die Figur 4 eine Abwandlung der in der Figur 3 gezeigten Ausführungsform, wobei hier zum Regeln der Abfuhr der gasförmigen Phase G über den mindestens einen abführenden Strömungspfad 40 bzw. zum Regeln der Zufuhr der gasförmigen Phase G über den mindestens einen zuführenden Strömungspfad 50 vorgesehen ist, dass die beiden Strömungspfade 40,50 über einen regelbaren Verdichter 9 in Strömungsverbindung stehen, sodass eine aus dem Mantelraum 6 im Bereich der inneren Rohrlagen 4a abgezogene gasförmige Phase G mittels des Verdichters 9 variabel verdichtbar und wieder in den Mantelraum 6 im Bereich der äußeren Rohrlagen 4b einleitbar ist. Hier wird also das gasförmige Medium G in einem Kreislauf geführt. Der Verdichter 9 ist der Einfachheit halber in der Figur 4 nur für den im Innenraum des Kernrohrs 300 verlaufenden Strömungspfad 40 bzw. den auf der Außenseite 7b des Hemdes 7 verlaufenden Strömungspfad 50 gezeigt, kann jedoch natürlich auch verwendet werden, wenn die beiden Strömungspfade 40, 50 z.B. durch ein Rohr 30 einer inneren oder innersten Rohrlage 4a, 4aa und durch ein Rohr 30 einer äußeren oder äußersten Rohrlage 4b, 4bb gebildet sind.

30 **[0074]** Anstelle einer Regelung der Zufuhr bzw. Abfuhr der gasförmigen Phase G kann in den Figuren 1 bis 4 natürlich auch eine Steuerung der besagten Zufuhr bzw. Abfuhr der gasförmigen Phase G vorgesehen sein.

35 **[0075]** Anstelle zusätzlicher Strömungspfade 40, 50, die in einigen Ausführungsformen gemäß Figuren 1 bis 4 zusätzlich zum Rohrbündel 3 verwendet werden, um eine gasförmige Phase G aus dem Mantelraum 6 räumlich gezielt abzuziehen bzw. in den Mantelraum 6 räumlich gezielt einzuleiten um Druck- bzw. Temperaturverläufe gezielt zu beeinflussen, können grundsätzlich, wie z.B. oben beschrieben, natürlich auch einzelne Rohre 30 des Rohrbündels 3 verwendet werden, die an der gewünschten Stelle liegen, z.B. ein Rohr 30 aus der äußersten Rohrlage 4bb zum Einleiten der gasförmigen Phase G oder ein Rohr 30 aus der innersten Rohrlage 4aa zum Abführen von gasförmiger Phase G.

40 **[0076]** Neben den oben bereits dargestellten Möglichkeiten einer Strömungsverbindung der Gasabföhreinrichtung 43 bzw. Gaszuföhreinrichtung 53 mit Komponenten des Wärmeübertragers 1 zeigen die Figuren 6 und 7 weitere Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers 1 bzw. einer den Wärmeübertrager 1 aufweisenden Anlage 2, die die Verschaltung der Gasabföh- bzw. Gaszuföhreinrichtung 43, 53 betreffen.

45 **[0077]** So kann gemäß Figur 6 vorgesehen sein, dass der Wärmeübertrager 1 eine erste Leitung 411 aufweist, über die das mantelseitige erste Medium M (insbesondere zweiphasig) z.B. in einen oberen Abschnitt des Wärmeübertragers 1 bzw. in den Mantelraum 6 eingespeist wird.

50 **[0078]** Weiterhin kann der Wärmeübertrager 1 eine zweite Leitung 511 aufweisen, über die das mantelseitige erste Medium M aus dem Mantelraum 6 bzw. Wärmeübertrager abziehbar ist. Die zweite Leitung 511 kann z.B. an einem unteren Abschnitt des Wärmeübertragers 1 vorgesehen sein.

55 **[0079]** Hinsichtlich der Leitung 411 bzw. 511 kann vorgesehen sein, dass die Gasabföhreinrichtung 43 über eine erste

Strömungsverbindung 410 mit der ersten Leitung 411 verbunden ist, so dass ein Teil einer gasförmigen Phase G des ersten Mediums M über die Gasabführeinrichtung 43 und die erste Strömungsverbindung 410 aus dem Mantelraum 6 des Wärmeübertragers 1 abziehbar ist und in die erste Leitung 411 einspeisbar ist.

5 **[0080]** Alternativ hierzu kann die Gasabführeinrichtung 43 über eine erste Strömungsverbindung 410 mit der zweiten Leitung 511 verbunden sein, so dass ein Teil der gasförmigen Phase G des ersten Mediums M über die Gasabführeinrichtung 43 und die erste Strömungsverbindung 410 aus dem Mantelraum 6 des Wärmeübertragers 1 abziehbar ist und in die zweite Leitung 511 einspeisbar ist.

10 **[0081]** Weiterhin kann auch die Gaszuführeinrichtung 53 über eine zweite Strömungsverbindung 510 mit der ersten Leitung 411 verbunden sein, so dass ein Teil der gasförmigen Phase G des ersten Mediums M von der ersten Leitung 411 über die zweite Strömungsverbindung 510 in die Gaszuführeinrichtung 53 einspeisbar ist.

[0082] Alternativ hierzu kann die Gaszuführeinrichtung 53 über eine zweite Strömungsverbindung 510 mit der zweiten Leitung 511 verbunden sein, so dass ein Teil der gasförmigen Phase G des ersten Mediums M aus der zweiten Leitung 511 über die zweite Strömungsverbindung 510 in die Gaszuführeinrichtung 53 einspeisbar ist.

15 **[0083]** Gemäß Figur 6 kann die erste bzw. die zweite Strömungsverbindung 410, 510 einen Gaspufferspeicher 90, einen Verdichter 9 sowie insbesondere ein Ventil 8 aufweisen, über das der Strom der gasförmigen Phase G des ersten Mediums M einstellbar bzw. unterbrechbar ist. Der Wärmeübertrager 1 bildet hier also zusammen mit dem jeweiligen Gaspufferspeicher 90, Verdichter 9 sowie Ventil 8 eine verfahrenstechnische Anlage 2 oder ein Teil einer solchen Anlage 2, in der das erste Medium M einen Prozessstrom darstellt. Wird der Wärmeübertrager 1 bzw. die Anlage 2 z.B. gemäß eines Ausführungsbeispiels zur Verflüssigung von Erdgas eingesetzt, ist das mantelseitige erste Medium M eine Mischung von Kältemitteln. Grundsätzlich kann das erste Medium M auch ein Prozessstrom aus einem anderen Anlagenteil der Anlage 2 sein.

20 **[0084]** Im Hinblick auf Fig. 6 ist zu beachten, dass Fig. 6 der Einfachheit halber verschiedene Ausführungsformen in einer Figur vereinigt, d.h., alle möglichen Strömungsverbindungen 410 bzw. 510 zwischen der Gaszuführ- bzw. Gasabführeinrichtung 53, 43 und der ersten bzw. zweiten Leitung 411, 511 zeigt, wobei jedoch die Gasabführeinrichtung 43 insbesondere lediglich über eine der beiden genannten Strömungsverbindungen 410 mit der ersten Leitung 411 bzw. mit der zweiten Leitung 511 verbunden ist. Gleiches gilt insbesondere für die Gaszuführeinrichtung 53 hinsichtlich der beiden gezeigten zweiten Strömungsverbindungen 510.

25 **[0085]** Weiterhin kann gemäß Figur 7 auch vorgesehen sein, dass die Gasabführeinrichtung 43 über die erste Strömungsverbindung 410 an beliebiger Stelle (insbesondere abseits der beiden Leitungen 411, 511) mit dem Mantelraum 6 des Wärmeübertragers 1 verbunden ist, so dass das erste Medium M über die Gasabführeinrichtung 43 (und insbesondere über das Ventil 8, den Gaspufferspeicher 90 und den Verdichter 9) aus dem Mantelraum 6 abziehbar und wieder in den Mantelraum 6 einleitbar ist. In vergleichbarer Weise kann gemäß Figur 7 die Gaszuführeinrichtung 53 über die zweite Strömungsverbindung 510 ebenfalls an beliebiger Stelle (insbesondere abseits der beiden Leitungen 411, 511) mit dem Mantelraum 6 des Wärmeübertragers 1 verbunden sein, so dass das erste Medium M über die zweite Strömungsverbindung 510 (insbesondere über den Gaspufferspeicher 90, den Verdichter 9 und das Ventil 8) aus dem Mantelraum 6 abziehbar und über die Gaszuführeinrichtung 53 wieder in den Mantelraum 6 einleitbar ist. Die in den Figuren 6 und 7 gezeigten Strömungsverbindungen 410, 510 können natürlich auch in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden.

30 **[0086]** Sofern zusätzliche Strömungspfade 40, 50 verwendet werden, hat die vorliegende Erfindung den weiteren Vorteil, dass bereits bestehende gewickelte Wärmeübertrager besonders einfach mit den besagten Strömungspfaden 40, 50 nachgerüstet werden können, so dass auch hier eine Performance-Verbesserung erzielbar ist.

Bezugszeichenliste

45

1	Wärmeübertrager
3	Rohrbündel
4a, 4aa	Innere Rohrlage
4b, 4bb	äußere Rohrlage
5	Mantel
6	Mantelraum
7	Hemd
7a	Innenseite
7b	Außenseite
8	Ventil

50

55

(fortgesetzt)

5
10
15
20
25
30
35

9	Verdichter
10	Abstandshalter
30	Rohre
43	Gasabführeinrichtung
40	Abführender Strömungspfad
41	Einlassöffnung
53	Gaszuführeinrichtung
50	Zuführender Strömungspfad
51	Auslassöffnung
300	Kernrohr
410	Erste Strömungsverbindung
411	Erste Leitung
510	Zweite Strömungsverbindung
511	Zweite Leitung
90	Gaspufferspeicher
F	Flüssige Phase
G	Gasförmige Phase
M	erstes Medium
M'	zweites Medium
P	Istdruckverteilung
L	Lichtleitende Faser bzw. faseroptischer Sensor
R	Radiale Richtung
Z	Längsachse

Patentansprüche

40
45
50
55

1. Wärmeübertrager (1) zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem ersten Medium (M), das eine flüssige Phase (F) sowie eine gasförmige Phase (G) aufweist, und einem zweiten Medium (M'), mit

- einem Mantel (5), der einen Mantelraum (6) umgibt und sich entlang einer Längsachse (z) erstreckt, wobei der Mantelraum zur Aufnahme des ersten Mediums dient,
- einem im Mantelraum (6) angeordneten Rohrbündel (3) aufweisend mehrere Rohre (30) zur Aufnahme des zweiten Mediums (M'), die helikal in mehreren Rohrlagen auf ein Kernrohr (300) des Wärmeübertragers (1) gewickelt sind, das sich entlang der Längsachse (z) des Mantels (5) im Mantelraum (6) erstreckt, wobei das Rohrbündel (3) eine Mehrzahl an inneren Rohrlagen (4a, 4aa) aufweist, die das Kernrohr (300) umgeben sowie eine Mehrzahl an äußeren Rohrlagen (4b, 4bb), die die inneren Rohrlagen (4a, 4aa) sowie das Kernrohr (300) umgeben,

dadurch gekennzeichnet,
dass der Wärmeübertrager (1) dazu ausgebildet ist,

- einen Teil der gasförmigen Phase (G) über eine Gasabführeinrichtung (43) aus dem Bereich der inneren Rohrlagen (4a, 4aa) aus dem Mantelraum (6) abzuführen, wobei die Gasabführeinrichtung (43) des Wärmeübertragers (1) zumindest einen abführenden Strömungspfad (40) für die gasförmige Phase (G) mit einer im Bereich der inneren Rohrlagen (4a) im Mantelraum (6) angeordneten Einlassöffnung (41) aufweist, und wobei

EP 3 428 563 A1

der mindestens eine abführende Strömungspfad (40) durch ein Rohr (30) einer inneren Rohrlage (4a) des Rohrbündels (3) gebildet wird,

und/oder

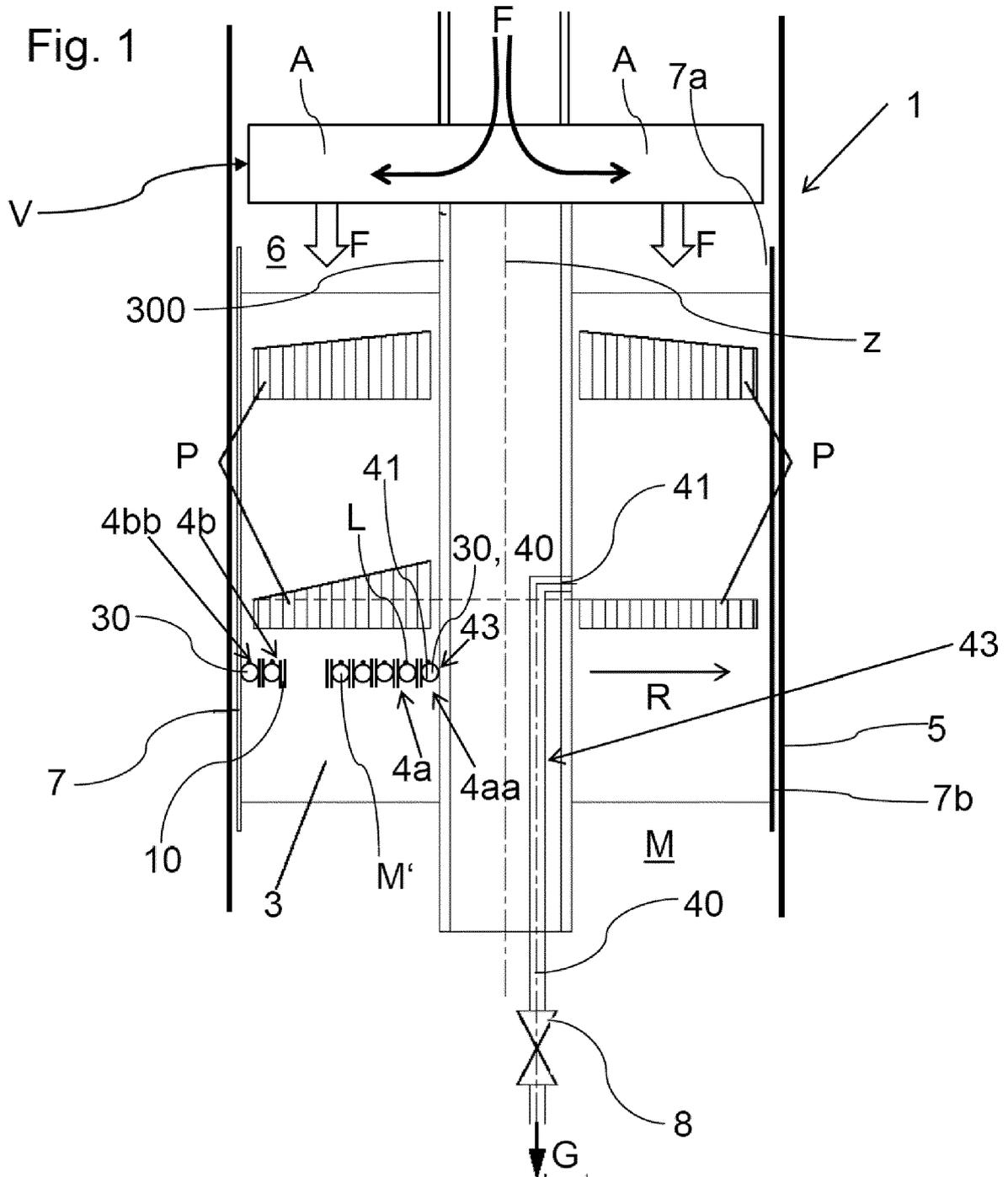
- eine gasförmige Phase (G) des ersten Mediums (M) im Bereich der äußeren Rohrlagen (4b, 4bb) über eine Gaszuführeinrichtung (53) in den Mantelraum (6) zuzuführen.

- 5 2. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmeübertrager (1) ein das Rohrbündel (3) umgebendes Hemd (7) aufweist, das die äußeren Rohrlagen (4b, 4bb) umgibt.
- 10 3. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gaszuführeinrichtung (53) des Wärmeübertragers (1) zumindest einen zuführenden Strömungspfad (50) für die gasförmige Phase (G) aufweist, der eine im Bereich der äußeren Rohrlagen (4b) im Mantelraum (6) angeordnete Auslassöffnung (51) aufweist.
- 15 4. Wärmeübertrager nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine zuführenden Strömungspfad (50) zumindest abschnittsweise auf einer nach außen weisenden Außenseite (7b) des Hemdes (7) geführt ist oder durch ein Rohr (30) einer äußeren Rohrlage (4b) des Rohrbündels, insbesondere durch ein Rohr (30) einer äußersten Rohrlage (4bb) des Rohrbündels (3), gebildet wird.
- 20 5. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gasabföhreinrichtung (43) des Wärmeübertragers (1) mehrere abführende Strömungspfade (40) für die gasförmige Phase (G) des ersten Mediums (M) mit jeweils einer Einlassöffnung (41) aufweist, wobei die Einlassöffnungen (41) jeweils im Bereich der inneren Rohrlagen (4a) im Mantelraum (6) angeordnet sind und wobei insbesondere die Einlassöffnungen (41) entlang der Längsachse (z) in unterschiedlichen Höhen angeordnet sind.
- 25 6. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gaszuföhreinrichtung (53) des Wärmeübertragers (1) mehrere zuführende Strömungspfade (50) für die gasförmige Phase (G) des ersten Mediums (M) mit jeweils einer Auslassöffnung (51) aufweist, wobei die Auslassöffnungen (51) jeweils im Bereich der äußeren Rohrlagen (4b) im Mantelraum (6) angeordnet sind, und wobei insbesondere die Auslassöffnungen (51) entlang der Längsachse (z) in unterschiedlichen Höhen angeordnet sind.
- 30 7. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmeübertrager (1) dazu ausgebildet ist, das Zuföhren der gasförmigen Phase (G) über die Gaszuföhreinrichtung (53) und/oder das Abföhren der gasförmigen Phase (G) über die Gasabföhreinrichtung (41) zu steuern oder in Abhängigkeit einer im Mantelraum (6) gemessenen Istdruckverteilung (P) oder Isttemperaturverteilung zu regeln.
- 35 8. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine abführende Strömungspfad (40) zum Steuern oder Regeln der Abföhren der gasförmigen Phase (G) ein Ventil (8) aufweist, und/oder dass der mindestens eine zuführende Strömungspfad (50) zum Steuern oder Regeln der Zuföhren der gasförmigen Phase (G) ein Ventil (8) aufweist.
- 40 9. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine abführende Strömungspfad (40) über einen Verdichter (9) mit dem mindestens einen zuführenden Strömungspfad (50) in Strömungsverbindung steht.
- 45 10. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzelnen Rohrlagen (4a, 4b) über Abstandshalter (10) aneinander anliegen.
- 50 11. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kernrohr (300) die Last der Rohre (30) des Rohrbündels (3) aufnimmt.
- 55 12. Anlage (2), aufweisend einen Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche sowie eine erste Komponente (90) und eine erste Strömungsverbindung (410) zwischen der Gasabföhreinrichtung (43) und der ersten Komponente (90) der Anlage, so dass ein Prozessstrom (M) der Anlage, der insbesondere eine gasförmige Phase (G) des ersten Mediums (M) aufweist, aus der Gasabföhreinrichtung (41) über die Strömungsverbindung (410) in die erste Komponente (90) einleitbar ist, und/oder dass die Anlage (2) eine zweite Komponente (90) sowie eine zweite Strömungsverbindung (510) zwischen der Gaszuföhreinrichtung (53) und der zweiten Komponente (90) aufweist, so dass ein Prozessstrom (M) der Anlage (2), der insbesondere eine gasförmige Phase (G) des ersten

EP 3 428 563 A1

Mediums (M) aufweist, über die zweite Strömungsverbindung (510) aus der zweiten Komponente (90) abziehbar und in die Gaszuführeinrichtung (53) einleitbar ist.

- 5
13. Verfahren zum Betreiben eines Wärmeübertragers (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein erstes Medium (M), das eine flüssige Phase (F) sowie eine gasförmige Phase (G) aufweist, in einem von einem Mantel (5) umgebenden Mantelraum (6) des Wärmeübertragers (1) geführt wird und indirekt Wärme mit einem zweiten Medium (M') austauscht, das in einem im Mantelraum (6) angeordneten Rohrbündel (3) geführt wird, das mehrere Rohre (30) zur Aufnahme des zweiten Mediums (M') aufweist, die helikal in mehreren Rohrlagen (4a, 4b) auf ein Kernrohr (300) des Wärmeübertragers (1) gewickelt sind, das sich entlang einer Längsachse (z) des Mantels (5) im Mantelraum (6) erstreckt, wobei das Rohrbündel (3) eine Mehrzahl an inneren Rohrlagen (4a) aufweist, die das Kernrohr (300) umgeben, sowie eine Mehrzahl an äußeren Rohrlagen (4b), die die inneren Rohrlagen (4a) sowie das Kernrohr (300) umgeben, und wobei ein Teil der gasförmigen Phase (G) aus dem Bereich der inneren Rohrlagen (4a, 4aa) aus dem Mantelraum (6) abgeführt wird und/oder wobei eine gasförmige Phase (G) des ersten Mediums (M) im Bereich der äußeren Rohrlagen (4b, 4bb) in den Mantelraum (6) zugeführt wird.
- 10
- 15
14. Verfahren nach Anspruch 13, **wobei** das Abführen und/oder das Zuführen der gasförmigen Phase (G) gesteuert wird oder in Abhängigkeit einer im Mantelraum (6) gemessenen Istdruckverteilung (P) oder Isttemperaturverteilung geregelt wird.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55



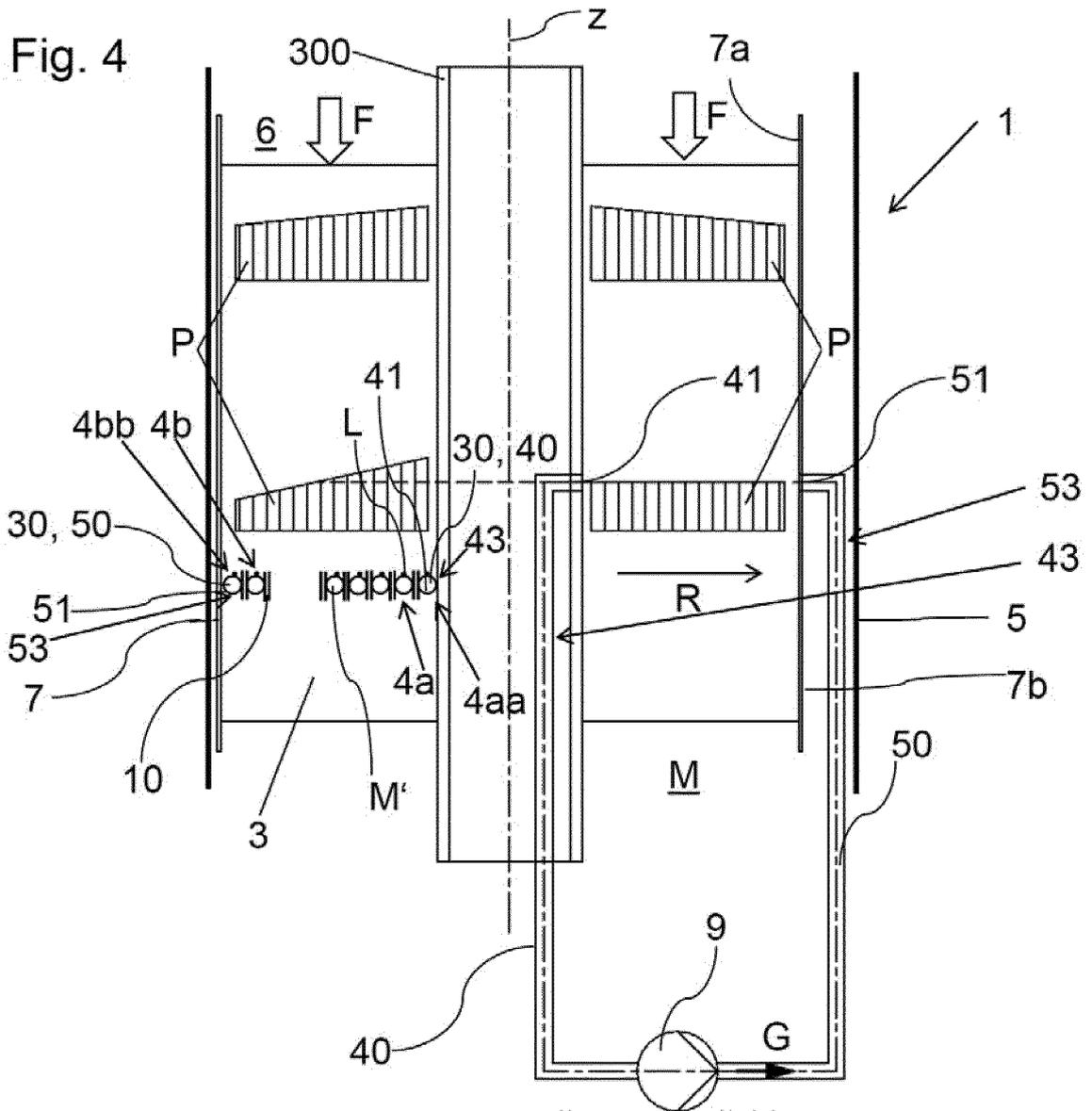


Fig. 5

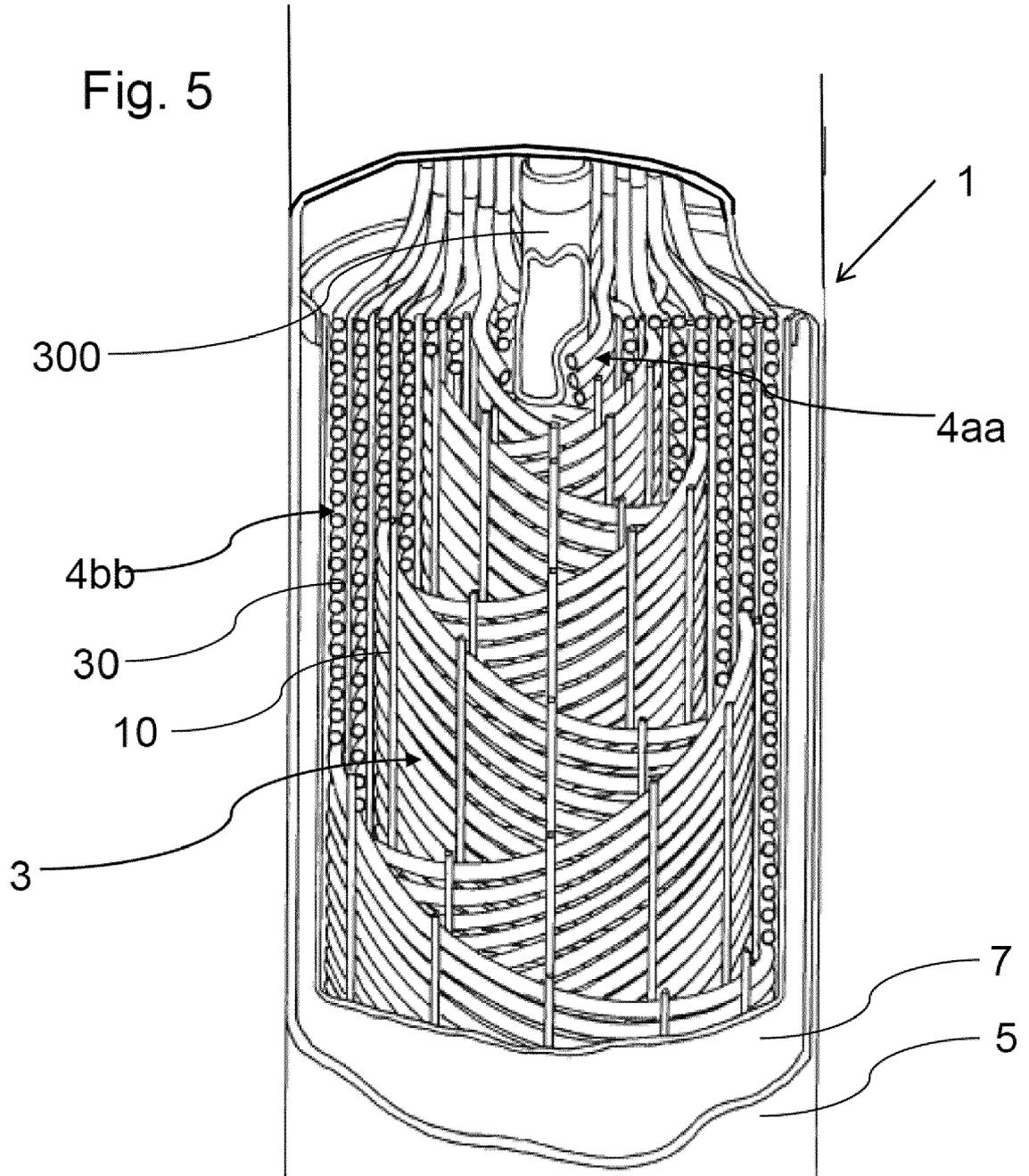


Fig. 6

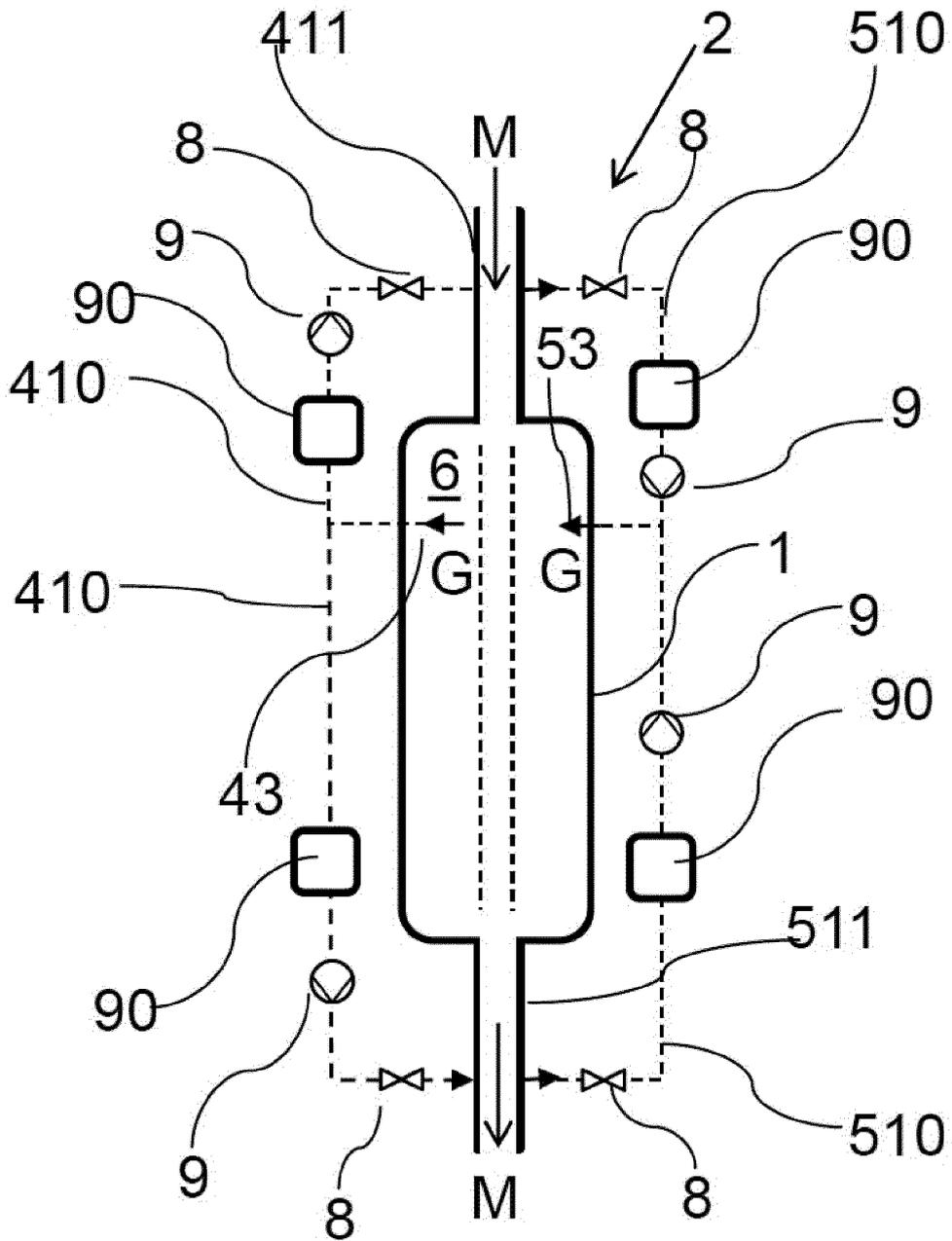
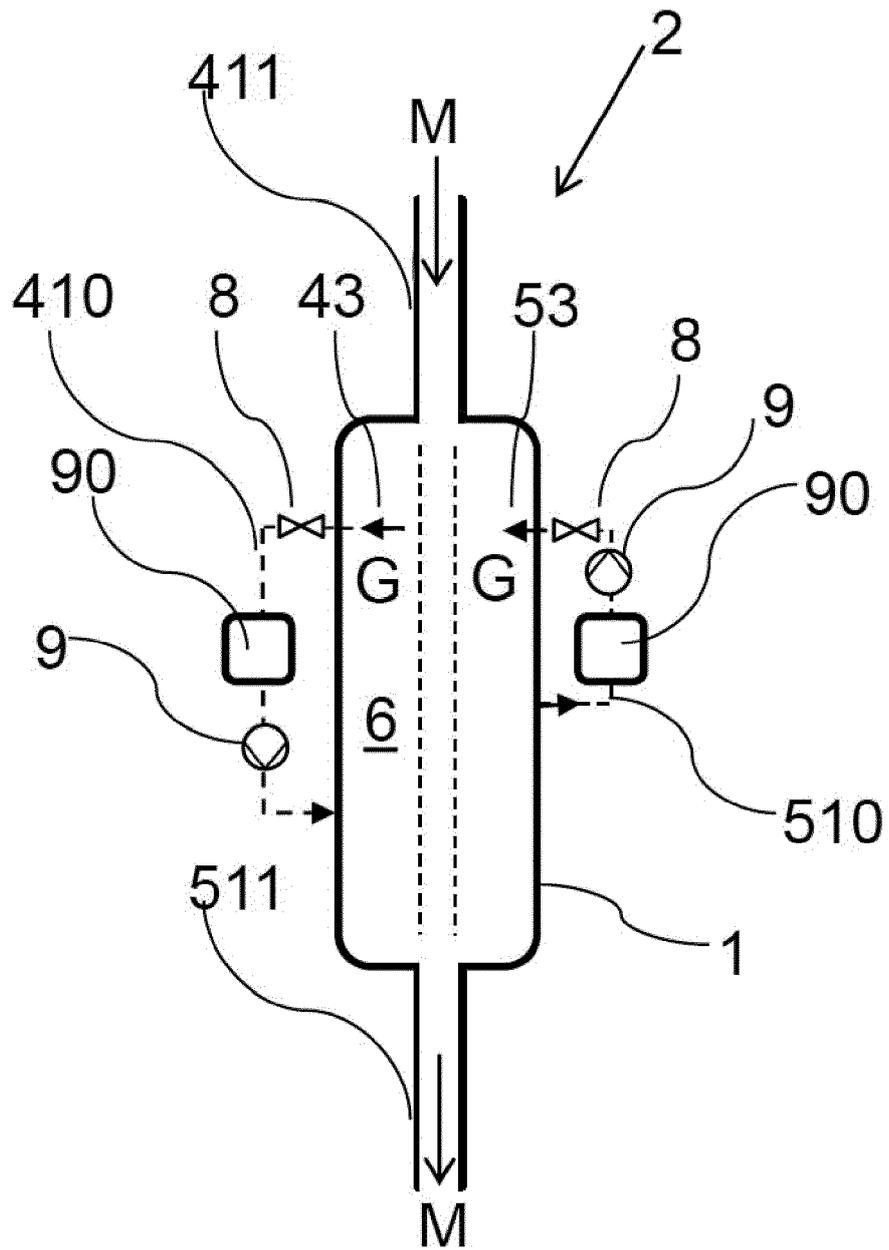


Fig. 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 02 0309

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)
X	EP 2 857 782 A1 (SHELL INT RESEARCH [NL]) 8. April 2015 (2015-04-08) * das ganze Dokument * -----	1-14	INV. F28D7/02 F28F27/02 F25J5/00 F28F13/06 F25J1/00 F28D21/00 F28F9/22
X	EP 2 249 112 A2 (PETER HUBER KAEITEMASCHB GMBH [DE]) 10. November 2010 (2010-11-10) * Seite 1 - Seite 6; Abbildungen 1,2 * -----	1,12	
A	WO 2015/007375 A1 (LINDE AG [DE]) 22. Januar 2015 (2015-01-22) * Seite 1 - Seite 3; Anspruch 1; Abbildungen 1,2 * -----	1-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
			F28D F28F F25J
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. Oktober 2018	Prüfer Bloch, Gregor
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 18 02 0309

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.

22-10-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2857782 A1	08-04-2015	EP 2857782 A1	08-04-2015
		WO 2015044436 A1	02-04-2015

EP 2249112 A2	10-11-2010	DE 102009020215 A1	11-11-2010
		DK 3088823 T3	17-09-2018
		EP 2249112 A2	10-11-2010
		EP 3088823 A1	02-11-2016
		ES 2600507 T3	09-02-2017

WO 2015007375 A1	22-01-2015	CN 105518410 A	20-04-2016
		EP 3022510 A1	25-05-2016
		RU 2016104903 A	21-08-2017
		US 2016370130 A1	22-12-2016
		WO 2015007375 A1	22-01-2015

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102004040974 A1 [0013]