

(19)



(11)

**EP 3 633 298 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**08.04.2020 Patentblatt 2020/15**

(51) Int Cl.:  
**F28D 7/02 (2006.01) F28F 9/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **18020484.4**

(22) Anmeldetag: **04.10.2018**

(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**

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

(72) Erfinder:  
• **Deichsel, Florian**  
**81373 München (DE)**  
• **Estiot, Elise**  
**81379 München (DE)**  
• **Gawlick, Rüdiger**  
**81375 München (DE)**  
• **Hiller, Roland**  
**84518 Garching Alz (DE)**

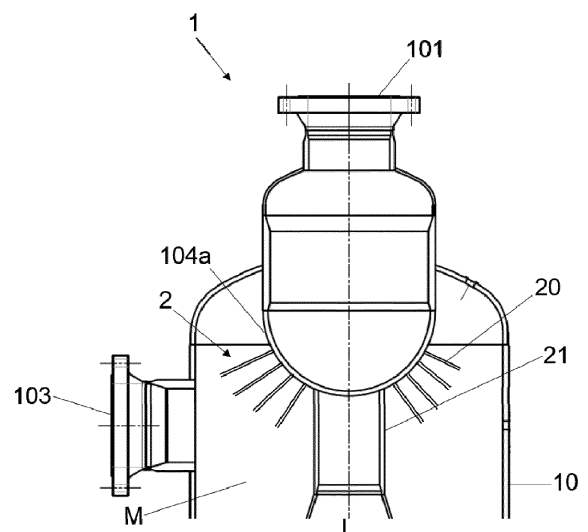
- **Mehanovic, Dino**  
**81245 München (DE)**
- **Mohr, Alexander**  
**83308 Trostberg (DE)**
- **Stefanescu, Adriana**  
**81825 München (DE)**
- **Steinbauer, Manfred**  
**82399 Raisting (DE)**
- **Schönberger, Manfred**  
**83342 Tacherting (DE)**
- **Freko, Pascal**  
**82547 Eurasburg (DE)**
- **Müller-Thorwart, Ole**  
**82223 Eichenau (DE)**

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

**(54) GEWICKELTER WÄRMEÜBERTRAGER UND VERFAHREN ZUM WÄRMEAUSTAUSCH**

(57) Die Erfindung betrifft einen gewickelten Wärmeübertrager (1) mit einem Mantel (10), der einen Mantelraum (M) umgibt, einem Kernrohr (21) und einem in dem Mantelraum (M) angeordneten Rohrbündel (2), wobei die Rohre (20) des Rohrbündels (2) in einer Mehrzahl an Windungen um das Kernrohr (21) herum gewickelt sind, und wobei der Wärmeübertrager (1) mindestens einen ersten Rohrboden (104a) aufweist, wobei zumindest ein Teil der Rohre (20) des Rohrbündels (2) in den ersten Rohrboden (104a) münden, wobei der erste Rohrboden (104a) entlang der Längsachse (L) gewölbt ist, sowie ein Verfahren zum Wärmeaustausch zwischen einem ersten Fluid und einem zweiten Fluid mittels des gewickelten Wärmeübertragers (1).

Fig. 2

**EP 3 633 298 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen gewickelten Wärmeübertrager und ein Verfahren zum Wärmeaustausch zwischen einem ersten Fluid und einem zweiten Fluid mittels des gewickelten Wärmeübertragers.

**[0002]** Derartige gewickelte Wärmeübertrager weisen einen drucktragenden Mantel auf, der einen Mantelraum umgibt und sich entlang einer Längsachse erstreckt, sowie ein im Mantel verlaufendes Kernrohr, das sich entlang der Längsachse erstreckt, die - bezogen auf einen bestimmungsgemäß angeordneten Wärmeübertrager - beim bestimmungsgemäßen Betrieb des Wärmeübertragers vorzugsweise entlang der Vertikalen verläuft.

**[0003]** Gewickelte Wärmeübertrager weisen weiterhin ein im Mantelraum angeordnetes Rohrbündel auf, das eine Mehrzahl an Rohren aufweist, wobei die Rohre zumindest abschnittsweise schraubenlinienförmig in einer Mehrzahl an Windungen um das Kernrohr gewickelt sind. Das Kernrohr nimmt dabei insbesondere die Last des Rohrbündels auf.

**[0004]** Weiterhin ist in solchen Wärmeübertragern mindestens ein Rohrboden und mindestens eine Rohrgruppe vorgesehen, die durch eine Mehrzahl an Rohren des Rohrbündels gebildet ist, wobei die Rohre der Rohrgruppe an dem Rohrboden befestigt sind.

**[0005]** Die Rohre sind zum Führen eines ersten Fluids ausgebildet und der Mantelraum ist zur Aufnahme eines zweiten Fluids ausgebildet, so dass das durch die Rohre strömende erste Fluid mit dem im Mantelraum befindlichen zweiten Fluid beim Betrieb des Wärmeübertragers Wärme austauschen kann.

**[0006]** Die Fluide können dabei z.B. gasförmig, flüssig oder als Flüssigkeits-Gas-Gemisch vorliegen.

**[0007]** An zumindest einem Ende des Rohrbündels weicht der Verlauf der Rohre insbesondere von dem schraubenlinienförmigen Verlauf um das Kernrohr herum ab, wobei die Rohre des Rohrbündels an diesem Ende des Rohrbündels zu mindestens einem Rohrboden geführt sind. Dieser Bereich des Rohrbündels wird insbesondere als Zopf bezeichnet.

**[0008]** Ein Rohrboden dient insbesondere dazu, einen Strom des, insbesondere über einen Einlassstutzen zur Verfügung gestellten, ersten Fluids, welches die Rohre der Rohrgruppe durchströmt, an dem Rohrboden in eine Mehrzahl an Teilströmen aufzuteilen. Alternativ oder zusätzlich dazu kann der Rohrboden dazu ausgebildet sein, eine Mehrzahl an Teilströmen des ersten Fluids, welche die Rohre der Rohrgruppe durchströmen, an dem Rohrboden zusammenzuführen und, insbesondere über einen Ablassstutzen, an dem Rohrboden aus dem Wärmeübertrager abzuziehen. Bevorzugt sind dabei mindestens ein erster Rohrboden und ein zweiter Rohrboden vorgesehen, wobei der erste Rohrboden dazu ausgebildet ist, den Strom des über den Einlassstutzen zur Verfügung gestellten ersten Fluids, welches die Rohre der Rohrgruppe durchströmt, an dem ersten Rohrboden in eine Mehrzahl an Teilströmen aufzuteilen, wobei der

zweite Rohrboden dazu ausgebildet ist, die Teilströme an dem zweiten Rohrboden zusammenzuführen und über einen Ablassstutzen an dem zweiten Rohrboden aus dem Wärmeübertrager abzuziehen.

**[0009]** Weiterhin haben Rohrböden insbesondere die Aufgabe, Rohre aus dem Innenraum des gewickelten Wärmetauschers zu führen und mechanisch zu tragen. Mechanische Belastungen können aufgrund von Temperatur- und/oder Druckunterschieden zwischen dem ersten Fluid und dem zweiten Fluid im Rohr- bzw. Mantelraum entstehen.

**[0010]** Nach dem Stand der Technik werden in gewickelten Wärmeübertragern überwiegend ebene Rohrböden verwendet, das heißt, die Rohrböden weisen im Wesentlichen eine Kreisscheibenform auf.

**[0011]** Teilweise ist es möglich, mit Rohrböden nach dem Stand der Technik statische Lastfälle mit ihren Anforderungen auch bei hohen Temperaturen zu erfüllen. Neue Verfahren und Anwendungsbereiche erfordern jedoch besonders hohe Drücke und Temperaturen sowie zyklische Belastungen, die auch mit deutlich erhöhten Lastwechselzahlen auftreten.

**[0012]** Bei ebenen Rohrböden nach dem Stand der Technik tritt unter Temperaturbelastung eine überwiegend durch Biegung dominierte Verformung auf, die zu Ovalisierungen an den Schweißnähten der Rohrböden führt und damit hohe mechanische Spannungen verursacht. Dies führt zu geringeren zulässigen Lastwechselzahlen als für die Auslegung der Wärmeübertrager notwendig ist.

**[0013]** Daher ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen gewickelten Wärmeübertrager zur Verfügung zu stellen, der bezüglich dieser Nachteile des Standes der Technik verbessert ist.

**[0014]** Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche 1 und 6 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen 2 bis 5 sowie 7 bis 10 angegeben und werden im Folgenden beschrieben.

**[0015]** Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft einen gewickelten Wärmeübertrager aufweisend einen entlang einer Längsachse erstreckten Mantel, der einen Mantelraum umgibt, ein in dem Mantelraum entlang der Längsachse erstrecktes Kernrohr und ein in dem Mantelraum angeordnetes Rohrbündel, das eine Mehrzahl an Rohren zum Führen eines ersten Fluids aufweist, wobei die Rohre in einer Mehrzahl an Windungen um das Kernrohr herum gewickelt sind, und wobei der Wärmeübertrager mindestens einen ersten Rohrboden aufweist, und wobei zumindest ein Teil der Rohre des Rohrbündels in den ersten Rohrboden münden, und wobei der erste Rohrboden gewölbt, bevorzugt entlang der Längsachse gewölbt, ist.

**[0016]** Die Rohre sind dabei so um das Kernrohr herumgewickelt, dass das Kernrohr die Last der Rohre und gegebenenfalls der Abstandhalter bzw. Stege zwischen den Rohren (falls vorhanden) aufnimmt.

**[0017]** Der erste Rohrboden ist insbesondere an einem ersten Ende des Mantelraums angeordnet.

**[0018]** Insbesondere ist der Rohrboden dazu ausgebildet, einen über einen ersten Stutzen zur Verfügung gestellten Strom des ersten Fluids in eine Mehrzahl an Teilströmen aufzuteilen.

**[0019]** Weiterhin ist der Rohrboden insbesondere dazu ausgebildet, die Teilströme des ersten Fluids so zusammenzuführen, dass das erste Fluid über einen zweiten Stutzen aus dem Wärmeübertrager abziehbar ist.

**[0020]** Beim Durchströmen der Rohre kann das erste Fluid mit einem in dem Mantelraum zur Verfügung gestellten zweiten Fluid indirekt Wärme austauschen.

**[0021]** Der Wärmeübertrager weist mindestens einen ersten Rohrboden auf. Das heißt, dass ein einziger erster Rohrboden vorgesehen sein kann, in den insbesondere alle Rohre des Rohrbündels münden oder dass mehrere erste Rohrböden vorgesehen sein können, wobei insbesondere die Rohre des Rohrbündels in mehrere Rohrgruppen aufgeteilt sind, wobei alle Rohre einer jeweiligen Rohrgruppe in einen jeweiligen ersten Rohrboden münden.

**[0022]** Der erste Rohrboden ist erfindungsgemäß gewölbt ausgebildet. Das heißt, der erste Rohrboden verläuft in einem Längsschnitt durch die Längsachse entlang einer gekrümmten Linie. Mit anderen Worten, der erste Rohrboden ist nicht eben ausgebildet.

**[0023]** Die gewölbte Form des ersten Rohrbodens reduziert die Belastung aus auftretenden Biege- und Ovalisierungseffekten auf die Schweißnähte.

**[0024]** Dadurch ermöglicht die gewölbte Form eine gleichmäßigere Verteilung der mechanischen Belastung. Infolgedessen treten geringere Spannungen im Bauteil selbst auf, was unmittelbar zu höheren erlaubten Lastwechseln führt.

**[0025]** Weiterhin ist es aufgrund der vorteilhaften Belastungsverteilung möglich, die Dicke des Rohrbodens geringer ausulegen.

**[0026]** Die erfindungsgemäße Formgebung ermöglicht insbesondere einen Einsatz des Wärmeübertragers bei zyklischen Druck- und Temperaturbelastungen im Hochtemperaturbereich, das heißt insbesondere oberhalb von 400 °C.

**[0027]** Dabei können Temperaturbereiche für die zyklische Belastung, abhängig vom Material und der Norm, bis in die Nähe des Kriechbereichs des jeweiligen Materials erreicht werden, z.B. nach EN13445 für austenitische Stähle bis 500 °C.

**[0028]** Dies ermöglicht einen Einsatz des Wärmeübertragers im zyklischen Hochtemperaturbereich bzw. ermöglicht einen häufigeren Einsatz in diesem Bereich. Derartige Weiterentwicklungen der verfahrenstechnischen Prozesse führen insbesondere zu höheren Temperatur- und Drucklastwechseln.

**[0029]** Gemäß einer Ausführungsform weist der Wärmeübertrager einen ersten Stutzen auf, wobei der erste Rohrboden an dem ersten Stutzen festgelegt ist, und wobei sich der erste Stutzen durch den Mantel des gewickelten Wärmeübertragers hindurch erstreckt und an dem Mantel befestigt ist, insbesondere sodass das erste

Fluid mittels des ersten Stutzens dem ersten Rohrboden zuführbar ist und mittels des ersten Rohrbodens auf die in den ersten Rohrboden mündenden Rohre aufteilbar ist oder sodass das erste Fluid aus den in den ersten Rohrboden mündenden Rohren mittels des ersten Rohrbodens zusammenführbar ist und über den ersten Stutzen abziehbar ist.

**[0030]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Wärmeübertrager weiterhin mindestens einen zweiten Rohrboden auf, wobei zumindest diejenigen Rohre des Rohrbündels, die in den ersten Rohrboden münden, auch in den zweiten Rohrboden münden, insbesondere sodass das Fluid über die Rohre von dem ersten Rohrboden zu dem zweiten Rohrboden führbar ist.

**[0031]** Das heißt, die besagten Rohre des Rohrbündels verlaufen in dem Mantelraum zwischen dem ersten und dem zweiten Rohrboden.

**[0032]** Es kann ein einziger zweiter Rohrboden vorgesehen sein, wobei insbesondere alle Rohre des Rohrbündels zwischen dem ersten und dem zweiten Rohrboden verlaufen. Alternativ dazu können auch mehrere zweite Rohrböden vorhanden sein, wobei insbesondere das Rohrbündel mehrere Rohrgruppen von Rohren aufweist, wobei alle Rohre einer jeweiligen Rohrgruppe zwischen einem jeweiligen ersten Rohrboden und einem jeweiligen zweiten Rohrboden verlaufen.

**[0033]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist auch der zweite Rohrboden entlang der Längsachse gewölbt.

**[0034]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der zweite Rohrboden an einem zweiten Ende des Mantelraums angeordnet, wobei insbesondere das zweite Ende dem ersten Ende gegenüberliegt. Dabei verläuft der Mantelraum insbesondere entlang der Längsachse von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende.

**[0035]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Wärmeübertrager weiterhin einen zweiten Stutzen auf, wobei der zweite Rohrboden an dem zweiten Stutzen festgelegt ist, und wobei sich der zweite Stutzen durch den Mantel des gewickelten Wärmeübertragers hindurch erstreckt und an dem Mantel befestigt ist, insbesondere sodass das erste Fluid mittels des zweiten Stutzens dem zweiten Rohrboden zuführbar ist und mittels des zweiten Rohrbodens auf die in den zweiten Rohrboden mündenden Rohre aufteilbar ist oder so dass das erste Fluid aus den in den zweiten Rohrboden mündenden Rohren mittels des zweiten Rohrbodens zusammenführbar ist und über den zweiten Stutzen abziehbar ist.

**[0036]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der gewickelte Wärmeübertrager eine Mehrzahl an Rohrgruppen und eine Mehrzahl an ersten Rohrböden auf, wobei die Rohrgruppen jeweils durch eine Mehrzahl an Rohren des Rohrbündels gebildet sind, und wobei die Rohre einer jeweiligen Rohrgruppe in einen jeweiligen ersten Rohrboden münden.

**[0037]** Dabei weist der Wärmeübertrager insbesondere auch eine Mehrzahl an zweiten Rohrböden auf, wobei die Rohre einer jeweiligen Rohrgruppe, die in einen je-

weiligen (gemeinsamen) ersten Rohrboden münden, auch in einen jeweiligen (gemeinsamen) zweiten Rohrboden münden.

**[0038]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist zumindest der erste Rohrboden zum Mantelraum hin konvex gekrümmt. Dabei ist insbesondere auch der zweite Rohrboden (falls vorhanden) zum Mantelraum hin nach konvex gekrümmt.

**[0039]** Mit anderen Worten, der erste bzw. zweite Rohrboden ist zu dem Rohrbündel hin gewölbt bzw. konvex gekrümmt.

**[0040]** Hierdurch kann der erste bzw. zweite Rohrboden vorteilhafterweise dünner ausgelegt werden als bei ebenen Rohrböden. Insbesondere kann dadurch vorteilhafterweise auch der gesamte Wärmeübertrager kleiner ausgelegt werden als bei ebenen Rohrböden.

**[0041]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist zumindest der erste Rohrboden kugelsegmentförmig ausgebildet. Dabei ist insbesondere auch der zweite Rohrboden (falls vorhanden) kugelsegmentförmig ausgebildet.

**[0042]** Hierdurch lassen sich erfindungsgemäße gewölbte Rohrböden besonders einfach herstellen und weisen eine besonders hohe Stabilität bei mechanischer Belastung auf.

**[0043]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist zumindest der erste Rohrboden halbkugelförmig ausgebildet. Dabei ist insbesondere auch der zweite Rohrboden (falls vorhanden) halbkugelförmig ausgebildet.

**[0044]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist zumindest der erste Rohrboden aus austenitischem oder ferritischem Stahl gebildet. Dabei ist insbesondere auch der zweite Rohrboden (falls vorhanden) aus austenitischem oder ferritischem Stahl gebildet.

**[0045]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist zumindest der erste Rohrboden aus Aluminium gebildet, wobei insbesondere auch der zweite Rohrboden (falls vorhanden) aus Aluminium gebildet ist.

**[0046]** Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Wärmeaustausch zwischen einem ersten Fluid und einem zweiten Fluid mittels eines gewickelten Wärmeübertragers gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung, wobei das erste Fluid die Rohre des Rohrbündels durchströmt, und wobei das zweite Fluid in dem Mantelraum zur Verfügung gestellt wird, so dass zwischen dem ersten Fluid und dem zweiten Fluid Wärme ausgetauscht wird.

**[0047]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ändert sich die Temperatur des ersten Fluids in den Rohren zyklisch.

**[0048]** Das heißt insbesondere, dass sich die Temperatur des ersten Fluids in den Rohren während eines ersten Zeitabschnitts erhöht, wobei sich die Temperatur des ersten Fluids in den Rohren während eines sich an den ersten Zeitabschnitt anschließenden zweiten Zeitabschnitts verringert, und wobei sich die Temperatur des ersten Fluids in den Rohren während eines sich an den zweiten Zeitabschnitt anschließenden dritten Zeitab-

schnitts erneut erhöht.

**[0049]** Beispielsweise kann sich die Temperatur des ersten Fluids in den Rohren innerhalb von 15 Minuten von ca. 280°C auf ca. 450°C steigen und anschließend in 15 Minuten wieder auf ca. 280°C absinken.

**[0050]** Weiterhin kann eine zyklische Änderung der Temperatur insbesondere bedeuten, dass sich die Temperatur des ersten Fluids in den Rohren während eines ersten Zeitabschnitts verringert, wobei sich die Temperatur des ersten Fluids in den Rohren während eines sich an den ersten Zeitabschnitt anschließenden zweiten Zeitabschnitts erhöht, und wobei sich die Temperatur des ersten Fluids in den Rohren während eines sich an den zweiten Zeitabschnitt anschließenden dritten Zeitabschnitts erneut verringert.

**[0051]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ändert sich der Druck des ersten Fluids in den Rohren zyklisch.

**[0052]** Das heißt insbesondere, dass sich der Druck des ersten Fluids in den Rohren während eines ersten Zeitabschnitts erhöht, wobei sich der Druck des ersten Fluids in den Rohren während eines sich an den ersten Zeitabschnitt anschließenden zweiten Zeitabschnitts verringert, und wobei sich der Druck des ersten Fluids in den Rohren während eines sich an den zweiten Zeitabschnitt anschließenden dritten Zeitabschnitts erneut erhöht.

**[0053]** Weiterhin kann eine zyklische Änderung des Drucks insbesondere bedeuten, dass sich der Druck des ersten Fluids in den Rohren während eines ersten Zeitabschnitts verringert, wobei sich der Druck des ersten Fluids in den Rohren während eines sich an den ersten Zeitabschnitt anschließenden zweiten Zeitabschnitts erhöht, und wobei sich der Druck des ersten Fluids in den Rohren während eines sich an den zweiten Zeitabschnitt anschließenden dritten Zeitabschnitts erneut verringert.

**[0054]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ändert sich eine mechanische Belastung des ersten Rohrbodens zyklisch. Dabei kann sich insbesondere auch eine mechanische Belastung des zweiten Rohrbodens (falls vorhanden) zyklisch ändern.

**[0055]** Das heißt insbesondere, dass sich die mechanische Belastung der Rohre, in denen das erste Fluid strömt, während eines ersten Zeitabschnitts erhöht, wobei sich die mechanische Belastung der Rohre während eines sich an den ersten Zeitabschnitt anschließenden zweiten Zeitabschnitts verringert, und wobei sich die mechanische Belastung der Rohre während eines sich an den zweiten Zeitabschnitt anschließenden dritten Zeitabschnitts erneut erhöht.

**[0056]** Weiterhin kann eine zyklische Änderung der mechanischen Belastung insbesondere bedeuten, dass sich die mechanische Belastung der Rohre, in denen das erste Fluid strömt, während eines ersten Zeitabschnitts verringert, wobei sich die mechanische Belastung der Rohre während eines sich an den ersten Zeitabschnitt anschließenden zweiten Zeitabschnitts erhöht, und wobei sich die mechanische Belastung der Rohre während eines sich an den zweiten Zeitabschnitt anschließenden

dritten Zeitabschnitts erneut verringert.

**[0057]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das erste Fluid in den Rohren eine Temperatur von mindestens 400 °C, insbesondere mindestens 450 °C, bevorzugt mindestens 500 °C, auf.

**[0058]** Mit anderen Worten, der Wärmeübertrager wird im Hochtemperaturbereich verwendet.

**[0059]** Unter diesen Bedingungen sind gewölbte Rohrböden besonders vorteilhaft, weil die geometrische Formgebung im Hochtemperaturbereich einen großen Einfluss auf Spannungen und damit Lastwechselzahlen haben kann.

**[0060]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird in mindestens einem Rohr das erste Fluid geführt, wobei in mindestens einem weiteren Rohr ein weiteres, drittes, Fluid geführt wird, so dass zwischen dem ersten Fluid und dem zweiten Fluid sowie zwischen dem dritten Fluid und dem zweiten Fluid Wärme ausgetauscht wird.

**[0061]** Das heißt, es sind mehrere rohrseitige Ströme vorgesehen.

**[0062]** Insbesondere werden das erste und das dritte Fluid in separaten Rohrgruppen geführt. Diese Rohrgruppen verlaufen insbesondere zwischen einem jeweiligen ersten Rohrboden und einem jeweiligen zweiten Rohrboden des Wärmeübertragers.

**[0063]** Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sollen durch die nachfolgende Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren erläutert werden.

**[0064]** Es zeigen:

- Fig. 1 eine teilweise Schnittansicht eines gewickelten Wärmeübertragers nach dem Stand der Technik;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines ersten Endes eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung eines zweiten Endes eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers.

**[0065]** Fig. 1 zeigt einen gewickelten Wärmeübertrager 1 nach dem Stand der Technik, der ein Rohrbündel 2 mit einer Mehrzahl an Rohren 20 aufweist, wobei die Rohre 20 entlang einer Längsachse L des Wärmeübertragers 1 verlaufen und dabei helikal um ein Kernrohr 21 herum bzw. auf das Kernrohr 21 gewickelt sind, so dass sie entlang einer gedachten helikalen bzw. schraubenlinienförmigen Bahn B verlaufen, die in der Figur 1 angedeutet ist.

**[0066]** Im Einzelnen weist der erfindungsgemäße Wärmeübertrager 1 gemäß Figur 1 das besagte Kernrohr 21 auf, auf das die Rohre 20 des Rohrbündels 2 aufgewickelt sind, so dass das Kernrohr 21 die Last der Rohre 20 trägt.

**[0067]** Der Wärmeübertrager 1 ist zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem ersten Fluid und einem zweiten Fluid ausgebildet und weist einen Mantel 10 auf, der einen Mantelraum M zur Aufnahme des zweiten Flu-

ids umgibt, das z.B. über einen dritten Stutzen 103 am Mantel 10 in den Mantelraum M einleitbar und z.B. über einen vierten Stutzen 105 am Mantel 10 wieder aus dem Mantelraum M abziehbar ist.

**[0068]** Der Mantel 10 erstreckt sich entlang der besagten Längsachse L, die bezogen auf einen bestimmungsgemäß angeordneten Wärmeübertrager 1 vorzugsweise entlang der Vertikalen verläuft. In dem Mantelraum M ist weiterhin das Rohrbündel 2 mit einer Mehrzahl an Rohren 20 zum Führen des ersten Fluids angeordnet. Diese Rohre 20 sind in mehreren Rohrlagen 22 schraubenlinienförmig auf das Kernrohr 21 gewickelt, wobei sich das Kernrohr 21 ebenfalls entlang der Längsachse L erstreckt und konzentrisch im Mantelraum M angeordnet ist.

**[0069]** Mehrere Rohre 20 des Rohrbündels 2 können jeweils eine Rohrgruppe 7 bilden (in Fig. 1 sind drei solcher Rohrgruppen 7 gezeigt), wobei die Rohre 20 einer Rohrgruppe 7 in einem zugeordneten ersten Rohrboden 104a zusammengefasst sind, und wobei das erste Fluid insbesondere über jeweilige erste Stutzen 101 am Mantel 10 an einem oberen Ende des Wärmeübertragers 1 in die Rohre 20 der jeweiligen Rohrgruppe 7 eingeleitet und über jeweilige zweite Stutzen 102 am unteren Ende des Wärmeübertragers 1 aus den Rohren 20 der entsprechenden Rohrgruppe 7 abgezogen werden kann. Oberhalb der zweiten Stutzen 102 am unteren Ende des Wärmeübertragers 1 sind zweite Rohrböden 104b (in Fig. 1 nicht gezeigt, siehe Fig. 3) vorgesehen, wobei die Rohre 20 einer jeweiligen Rohrgruppe 7 in jeweilige zweite Rohrböden 104b münden.

**[0070]** Die in Fig. 1 gezeigten ersten Rohrböden 104a sind wie nach dem Stand der Technik bekannt eben ausgebildet, das heißt sie sind insbesondere in einer zu der Längsachse L senkrechten Ebene erstreckt. Dabei weisen die ersten Rohrböden 104a Öffnungen auf, in welche die Rohre 20 des Rohrbündels 2 münden. Diese Öffnungen sind ebenfalls in einer zu der Längsachse L senkrechten Ebene angeordnet, sodass die in den ersten Rohrboden 104a mündenden Rohre 20 angrenzend an den ersten Rohrboden 104a parallel zueinander verlaufen.

**[0071]** Je nachdem ob das erste Fluid in flüssiger oder gasförmiger Form oder als Phasengemisch vorliegt, kann das erste Fluid entweder über einen ersten Stutzen 101 am oberen Ende des Wärmeübertragers den Rohren 20 zugeführt werden und über einen zweiten Stutzen 102 am unteren Ende abgezogen werden, sodass das erste Fluid von oben nach unten strömt oder umgekehrt über den zweiten Stutzen 102 den Rohren 20 zugeführt und über den ersten Stutzen 102 abgezogen werden, sodass das erste Fluid von unten nach oben strömt.

**[0072]** Natürlich ist es auch möglich, nur einen einzigen ersten Rohrboden 104a und einen einzigen zweiten Rohrboden 104b vorzusehen. Dabei weist das Rohrbündel 2 keine getrennten Rohrgruppen auf, sondern es münden insbesondere alle Rohre 20 des Rohrbündels in den ersten Rohrboden 104a und den zweiten Rohrboden 104b.

den 104b.

**[0073]** Mit dem dargestellten Wärmeübertrager 1 kann zwischen dem in den Rohren 20 strömenden ersten Fluid und dem in dem Mantelraum M befindlichen zweiten Fluid indirekt Wärme übertragen werden.

**[0074]** Der Mantel 10 sowie das Kernrohr 21 können weiterhin zumindest abschnittsweise zylinderförmig ausgeführt sein, so dass die Längsachse L eine Zylinderachse des Mantels 10 und des konzentrisch darin verlaufenden Kernrohres 21 bildet. Im Mantelraum M kann des Weiteren ein Hemd 3 angeordnet sein, welches das Rohrbündel 2 bzw. die Rohre 20 umschließt, so dass zwischen dem Rohrbündel 2 und jenem Hemd 3 ein das Rohrbündel 2 bzw. die Rohre 20 umgebender Zwischenraum ausgebildet ist. Das Hemd 3 dient dazu, ggf. eine Bypassströmung des im Mantelraum M geführten zweiten Fluids, mit dem die Rohre 20 beaufschlagt werden, am Rohrbündel 2 vorbei möglichst zu unterdrücken. Das zweite Fluid wird also im Mantelraum M vorzugsweise in dem vom Hemd 3 umgebenen Bereich des Mantelraumes M geführt. Weiterhin können sich die einzelnen Rohrlagen 22 (insbesondere bei horizontaler Lagerung des Rohrbündels 2) über entlang der Längsachse L erstreckte Stege 6 (auch als Abstandselemente oder Abstandhalter bezeichnet) aneinander bzw. am Kernrohr 21 abstützen.

**[0075]** Die Figur 2 zeigt ein erstes Ende eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers 1 und Figur 3 zeigt ein entsprechendes dem ersten Ende gegenüberliegendes zweites Ende des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers 1 im Längsschnitt bezüglich der Längsachse L. Dabei ist insbesondere beim bestimmungsgemäßen Betrieb des Wärmeübertragers 1, bei dem die Längsachse L vertikal verläuft, das erste Ende oberhalb des zweiten Endes angeordnet.

**[0076]** In der Figur 2 ist ein erster Rohrboden 104a abgebildet und die Figur 3 zeigt einen zweiten Rohrboden 104b. Die Rohre 20 des Rohrbündels 2 münden an dem ersten Ende des Wärmeübertragers 1 in den ersten Rohrboden 104a und an dem zweiten Ende des Wärmeübertragers 1 in den zweiten Rohrboden 104b und verlaufen in dem vom Mantel 10 des Wärmeübertragers 1 umgebenen Mantelraum M zwischen dem ersten und zweiten Rohrboden 104a, 104b helikal um das Kernrohr 21 herum, wobei das Kernrohr 21 die Last der Rohre 20 aufnimmt.

**[0077]** Die ersten und zweiten Rohrböden 104a, 104b weisen insbesondere Öffnungen auf, wobei jeweils ein Rohr 20 von einer ersten Seite des ersten bzw. zweiten Rohrbodens 104a, 104b aus mit einer Öffnung derart verbunden ist, dass erstes Fluid von einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite des jeweiligen ersten oder zweiten Rohrbodens 104a, 104b aus durch die Öffnung in das jeweilige Rohr 20 eintreten kann. Dabei wird das in den Rohren 20 geführte erste Fluid getrennt von dem im Mantelraum M vorliegenden zweiten Fluid geführt, das heißt die Fluide können sich nicht vermischen.

**[0078]** In den Figuren 2 und 3 sind zur besseren Über-

sicht nur die in den ersten bzw. zweiten Rohrboden 104a, 104b mündenden Enden der Rohre 20 dargestellt. Der um das Kernrohr 21 gewickelte Abschnitt der Rohre 20 kann z.B. analog zu den Rohren 20 des in Figur 1 dargestellten Wärmeübertragers 1 verlaufen.

**[0079]** Dabei werden die Rohre 20 insbesondere von dem ersten bzw. zweiten Rohrboden 104a, 104b aus in einem sogenannten Zopf des Rohrbündels 2 zu einem gewickelten Bereich geführt, in welchem die Rohre 20 in einer Mehrzahl an Rohrlagen 22 um das Kernrohr 21 herum gewickelt sind (siehe Figur 1).

**[0080]** Weiterhin ist in Figur 2 ein zylindrischer erster Stutzen 101 abgebildet, der an dem Mantel 10 befestigt ist und mit dem ersten Rohrboden 104a so strömungstechnisch verbunden ist, dass z.B. erstes Fluid über den ersten Stutzen 101 dem ersten Rohrboden 104a zugeführt ist und mittels des ersten Rohrbodens 104a auf die Rohre 20 aufteilbar ist.

**[0081]** In Figur 3 ist ein entsprechender mit dem zweiten Rohrboden 104b strömungstechnisch verbundener zylindrischer zweiter Stutzen 102 gezeigt, der ebenfalls an dem Mantel 10 befestigt ist. An dem zweiten Rohrboden 104b können z.B. Teilströme des ersten Fluids aus den Rohren 20 zusammengeführt und über den zweiten Stutzen 102 aus dem Wärmeübertrager 1 abgezogen werden.

**[0082]** Natürlich kann die Strömung des ersten Fluids durch die Rohre 20 auch in umgekehrter Richtung verlaufen. In diesem Fall kann das erste Fluid über den zweiten Stutzen 102 dem zweiten Rohrboden 104b zugeführt werden, dort auf die Rohre 20 aufgeteilt werden und durch die Rohre 20 zum ersten Rohrboden 104a strömen, wo die Teilströme des ersten Fluids zusammengeführt und über den ersten Stutzen 101 aus dem Wärmeübertrager 1 abgezogen werden.

**[0083]** Die Figur 2 zeigt außerdem einen dritten Stutzen 103 und die Figur 3 zeigt einen auch als Prozessstutzen bezeichneten vierten Stutzen 105. Diese sind jeweils an dem Mantel 10 befestigt und münden in den Mantelraum M, so dass z.B. bei Bedarf erstes Fluid über den dritten Stutzen 103 in den Mantelraum M eingeleitet und über den vierten Stutzen 105 aus dem Mantelraum M abgezogen werden kann oder umgekehrt über den vierten Stutzen 105 in den Mantelraum M eingeleitet und über den dritten Stutzen 103 aus dem Mantelraum M abgezogen werden kann.

**[0084]** Obwohl gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figuren 2 und 3 nur jeweils ein einziger erster Rohrboden 104a und ein einziger zweiter Rohrboden 104b vorgesehen sind, ist es selbstverständlich auch möglich, an dem ersten Ende mehrere erste Rohrböden 104a und an dem zweiten Ende mehrere zweite Rohrböden 104b vorzusehen. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das Rohrbündel 2 mehrere getrennte Rohrgruppen 7 aufweist wie z.B. bei dem Wärmeübertrager 1 nach dem Stand der Technik gemäß Fig. 1. Dann können die Rohre 20 einer entsprechenden Rohrgruppe 7 in einen jeweiligen erfindungsgemäßen ersten und zweiten Rohrboden

104a, 104b münden. In den getrennten Rohrgruppen 7 können z.B. unterschiedliche Fluide geführt werden, die z.B. über separate erste und zweite Stutzen 101, 102 den jeweiligen Rohrböden 104a, 104b zugeführt und aus diesen abgezogen werden. Somit sind diese Fluide getrennt voneinander führbar und können in dem Mantelraum M mit dem zweiten Fluid indirekt Wärme austauschen.

**[0085]** Die in den Figuren 2 und 3 dargestellten ersten und zweiten Rohrböden 104a, 104b sind jeweils halbkugelförmig ausgebildet, wobei die Rohrböden 104a, 104b entlang der Längsachse L zum Mantelraum M hin gewölbt sind. Selbstverständlich sind auch andere gewölbte Ausführungen des ersten und zweiten Rohrbodens 104a, 104b möglich.

**[0086]** Die gewölbte Form ermöglicht eine gleichmäßigere Verteilung der mechanischen Belastung. Dadurch treten geringere Spannungen im ersten und zweiten Rohrboden 104a, 104b auf, was unmittelbar zu höheren erlaubten Lastwechseln führt.

**[0087]** Weiterhin ist es aufgrund der vorteilhaften Belastungsverteilung möglich, die Dicke des ersten und zweiten Rohrbodens 104a, 104b geringer auszulegen.

**[0088]** Die erfindungsgemäße Formgebung des ersten und zweiten Rohrbodens 104a, 104b ermöglicht insbesondere einen Einsatz des Wärmeübertragers 1 bei zyklischen Druck- und Temperaturbelastungen im Hochtemperaturbereich.

**[0089]** Dabei können Temperaturbereiche für die zyklische Belastung, abhängig vom Material und der Norm, bis in die Nähe des Kriechbereichs des jeweiligen Materials erreicht werden, z.B. nach EN13445 für austenitische Stähle bis 500°C.

**[0090]** Dies ermöglicht einen Einsatz des Wärmeübertragers 1 im zyklischen Hochtemperaturbereich bzw. ermöglicht einen häufigeren Einsatz in diesem Bereich. Weiterentwicklungen der verfahrenstechnischen Prozesse führen insbesondere zu höheren Temperatur- und Drucklastwechseln.

#### Bezugszeichenliste

1	Gewickelter Wärmeübertrager
2	Rohrbündel
3	Hemd
6	Steg
7	Rohrgruppe
10	Mantel
20	Rohr
21	Kernrohr
22	Rohrlage
101	Erster Stutzen
102	Zweiter Stutzen

(fortgesetzt)

103	Dritter Stutzen
104a	Erster Rohrboden
104b	Zweiter Rohrboden
105	Vierter Stutzen
B	Bahn
L	Längsachse
M	Mantelraum

#### Patentansprüche

1. Gewickelter Wärmeübertrager (1) aufweisend einen entlang einer Längsachse (L) erstreckten Mantel (10), der einen Mantelraum (M) umgibt, ein in dem Mantelraum (M) entlang der Längsachse (L) erstrecktes Kernrohr (21) und ein in dem Mantelraum (M) angeordnetes Rohrbündel (2), das eine Mehrzahl an Rohren (20) zum Führen eines ersten Fluids aufweist, wobei die Rohre (20) in einer Mehrzahl an Windungen um das Kernrohr (21) herum gewickelt sind, und wobei der Wärmeübertrager (1) mindestens einen ersten Rohrboden (104a) aufweist, und wobei zumindest ein Teil der Rohre (20) des Rohrbündels (2) in den ersten Rohrboden (104a) münden,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der erste Rohrboden (104a) gewölbt ist.
2. Gewickelter Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Wärmeübertrager (1) einen ersten Stutzen (101) aufweist, wobei der erste Rohrboden (104a) an dem ersten Stutzen (101) festgelegt ist, wobei sich der erste Stutzen (101) durch den Mantel (M) des gewickelten Wärmeübertragers (1) hindurch erstreckt und an dem Mantel (M) befestigt ist.
3. Gewickelter Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmeübertrager (1) weiterhin mindestens einen zweiten Rohrboden (104b) aufweist, wobei zumindest diejenigen Rohre (20) des Rohrbündels (2), die in den ersten Rohrboden (104a) münden, auch in den zweiten Rohrboden (104b) münden.
4. Gewickelter Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Wärmeübertrager (1) weiterhin einen zweiten Stutzen (102) aufweist, wobei der zweite Rohrboden (104b) an dem zweiten Stutzen (102) festgelegt ist, wobei sich der zweite Stutzen (102) durch den Mantel (M) des gewickelten Wärmeübertragers (1) hindurch erstreckt und an dem Mantel (M) befestigt ist.

tigt ist.

5. Gewickelter Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der gewickelte Wärmeübertrager (1) eine Mehrzahl an Rohrgruppen (7) und eine Mehrzahl an ersten Rohrböden (104a) aufweist, wobei die Rohrgruppen (7) jeweils durch eine Mehrzahl an Rohren (20) des Rohrbündels (2) gebildet sind, und wobei die Rohre (20) einer jeweiligen Rohrgruppe (7) in einen jeweiligen ersten Rohrboden (104a) münden. 5
6. Gewickelter Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der erste Rohrboden (104a) zum Mantelraum (M) hin konvex gekrümmt ist. 10 15
7. Gewickelter Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der erste Rohrboden (104a) kugelsegmentförmig ausgebildet ist. 20 25
8. Gewickelter Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der erste Rohrboden (104a) halbkugelförmig ausgebildet ist. 30
9. Gewickelter Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der erste Rohrboden (104a) aus austenitischem oder ferritischem Stahl gebildet ist. 35
10. Verfahren zum Wärmeaustausch zwischen einem ersten Fluid und einem zweiten Fluid mittels eines gewickelten Wärmeübertragers (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das erste Fluid die Rohre (20) des Rohrbündels (2) durchströmt, und wobei das zweite Fluid in dem Mantelraum (M) zur Verfügung gestellt wird, so dass zwischen dem ersten Fluid und dem zweiten Fluid Wärme ausgetauscht wird. 40 45
11. Verfahren zum Wärmeaustausch nach Anspruch 10, wobei sich die Temperatur und/ oder der Druck des ersten Fluids in den Rohren (20) zyklisch ändert. 50
12. Verfahren zum Wärmeaustausch nach Anspruch 10 oder 11, wobei sich eine mechanische Belastung des ersten Rohrbodens (104a) zyklisch ändert. 55
13. Verfahren zum Wärmeaustausch nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei das erste Fluid in den Rohren (20) eine Temperatur von mindestens 400

°C, insbesondere mindestens 450 °C, bevorzugt mindestens 500 °C, aufweist.

14. Verfahren zum Wärmeaustausch nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei in mindestens einem Rohr (20) das erste Fluid geführt wird, und wobei in mindestens einem weiteren Rohr (20) ein weiteres, drittes, Fluid geführt wird, so dass zwischen dem ersten Fluid und dem zweiten Fluid sowie zwischen dem dritten Fluid und dem zweiten Fluid Wärme ausgetauscht wird.



Fig. 1

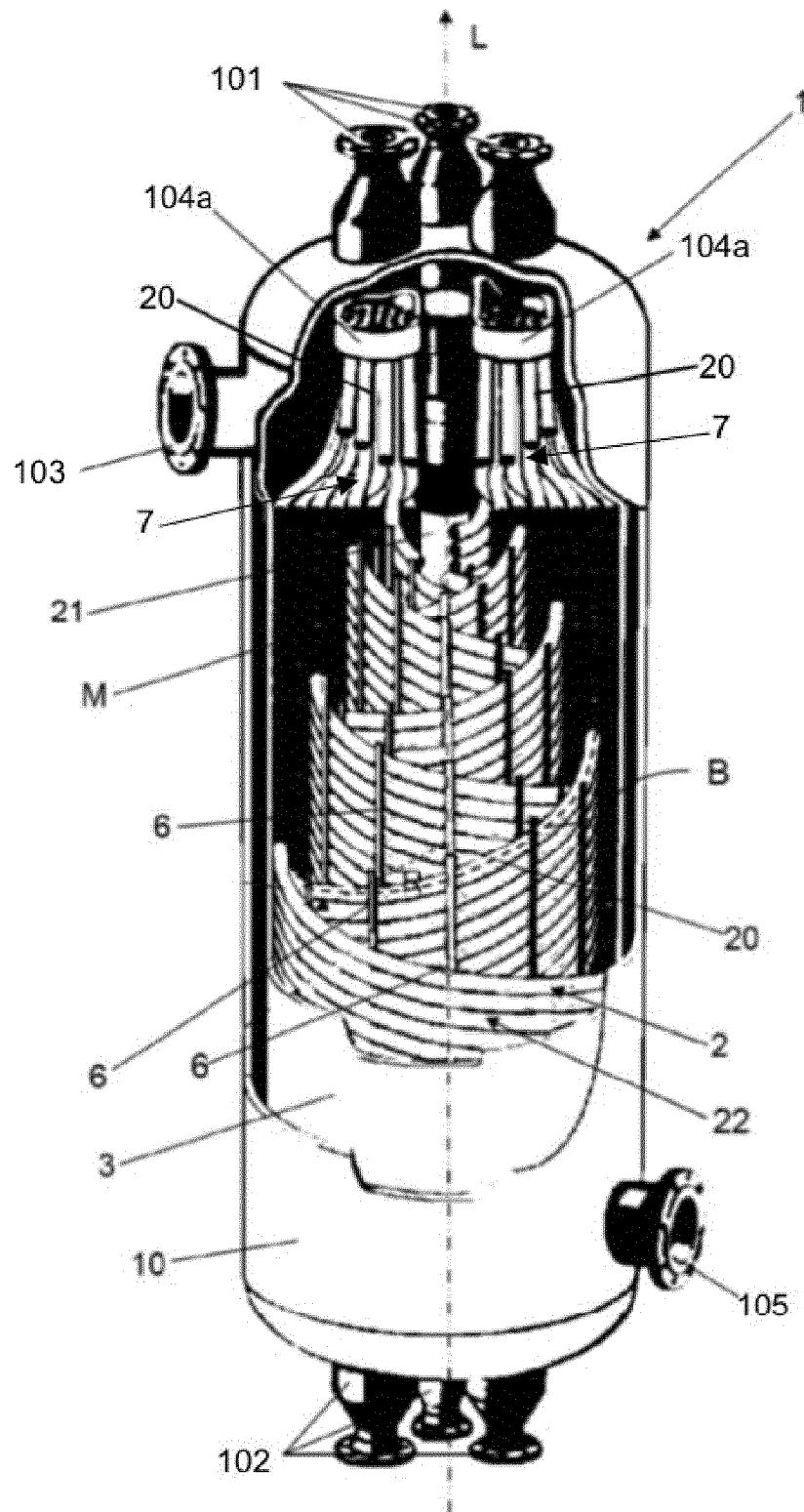


Fig. 2

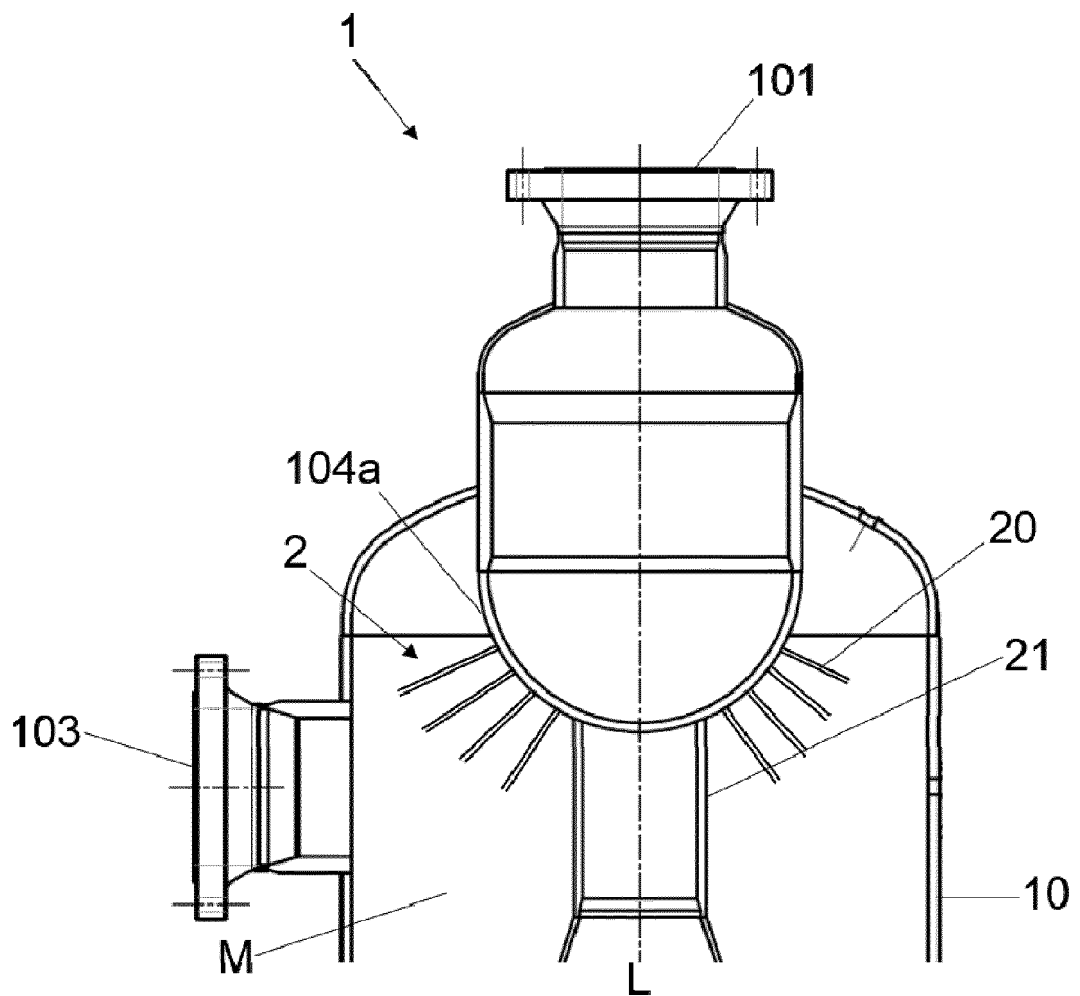
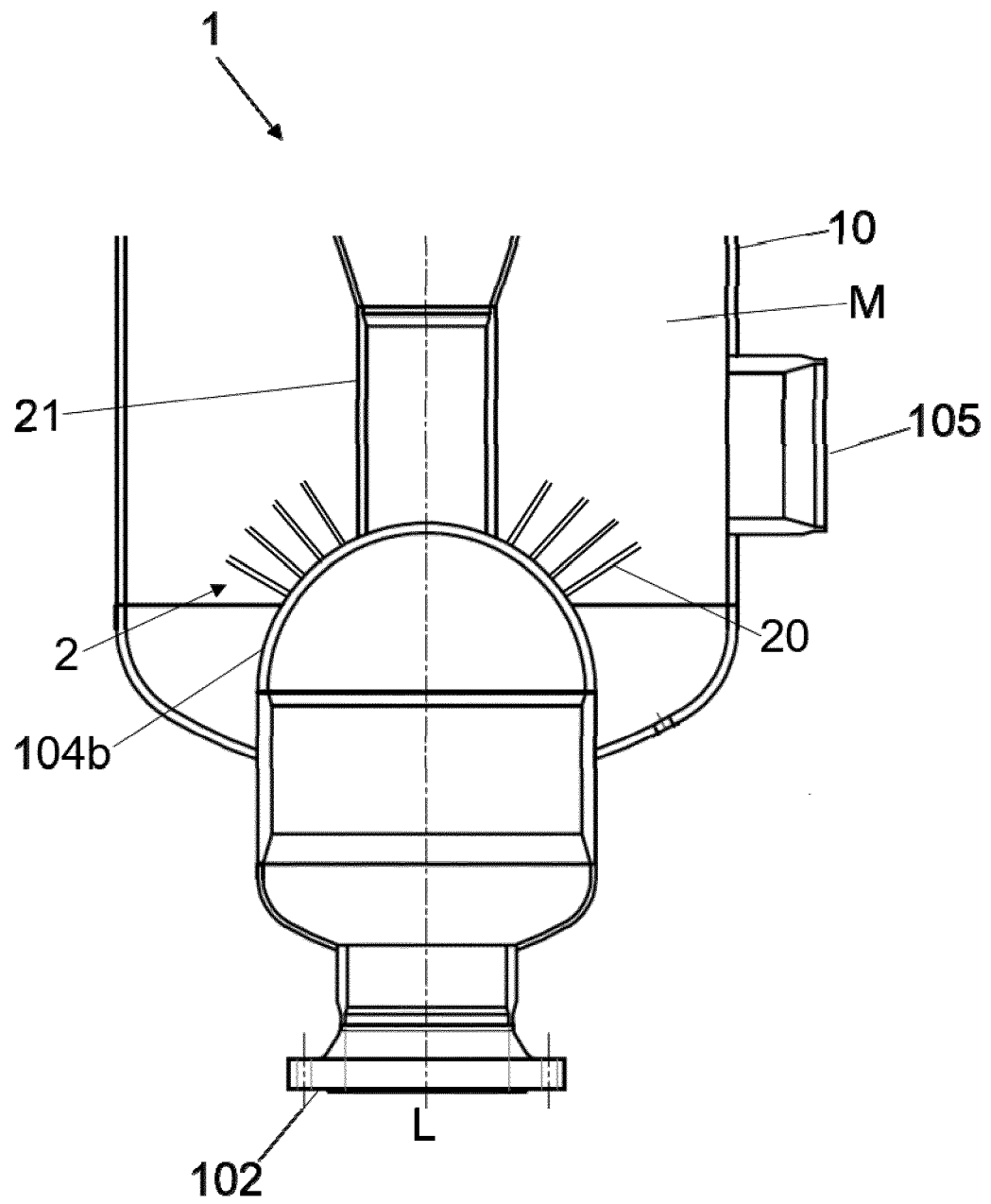


Fig. 3





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 18 02 0484

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	US 2 508 247 A (GIAUQUE WILLIAM F) 16. Mai 1950 (1950-05-16) * Spalte 3, Zeile 9 - Spalte 4, Zeile 45; Abbildungen 1, 8 *	1-14	INV. F28D7/02 F28F9/02
X	US 2010/096115 A1 (ERICKSON DONALD CHARLES [US]) 22. April 2010 (2010-04-22) * Absätze [0020], [0021]; Abbildung 1 *	1-14	
X	DE 199 02 743 A1 (LENTJES STANDARD FASEL BV [NL]) 29. Juli 1999 (1999-07-29) * Spalte 1, Zeile 61 - Spalte 2, Zeile 48; Abbildung 1 *	1-14	
X	EP 0 172 363 A2 (SULZER AG [CH]) 26. Februar 1986 (1986-02-26) * Seite 3, Zeile 15 - Seite 8, Zeile 12; Abbildung 1 *	1-14	
X	WO 2017/194202 A1 (LINDE AG [DE]) 16. November 2017 (2017-11-16) * Seite 7, Zeile 15 - Seite 9, Zeile 26; Abbildung 1 *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F28D F28F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>15. März 2019</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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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 03.92 (P04C03)

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

EP 18 02 0484

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.

15-03-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2508247 A	16-05-1950	KEINE	
US 2010096115 A1	22-04-2010	KEINE	
DE 19902743 A1	29-07-1999	DE 19902743 A1	29-07-1999
		JP H11264676 A	28-09-1999
		NL 1008124 C2	27-07-1999
		US 6189605 B1	20-02-2001
EP 0172363 A2	26-02-1986	CH 665019 A5	15-04-1988
		DE 3436549 C1	29-08-1985
		EP 0172363 A2	26-02-1986
		JP S6162787 A	31-03-1986
		US 4687052 A	18-08-1987
WO 2017194202 A1	16-11-2017	CN 109312996 A	05-02-2019
		DE 102016005838 A1	16-11-2017
		EP 3455573 A1	20-03-2019
		WO 2017194202 A1	16-11-2017

EPO FORM P0461

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