

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Dezember 2009 (23.12.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/153145 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F17C 5/06 (2006.01) *F17C 9/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/056423
- (22) Internationales Anmeldedatum:
27. Mai 2009 (27.05.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2008 002 531.3 19. Juni 2008 (19.06.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): TGE GAS ENGINEERING GMBH [DE/DE]; Mildred-Scheel-Straße 1, 53175 Bonn (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BRONDKE, Volker [DE/DE]; Elsternweg 2, 53844 Troisdorf (DE).
- (74) Anwalt: GILLE HRABAL STRUCK NEIDLEIN PROP ROOS; Brucknerstr. 20, 40593 Düsseldorf (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: DEVICE FOR THE MIXING OF LIQUID AND VAPOUR, AND METHOD FOR THE EVAPORATION OF A FLUID WITH THE MIXTURE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG FÜR DAS MISCHEN VON FLÜSSIGKEIT UND DAMPF SOWIE VERFAHREN FÜR DAS VERDAMPFEN EINES FLUIDS MIT DER MISCHUNG

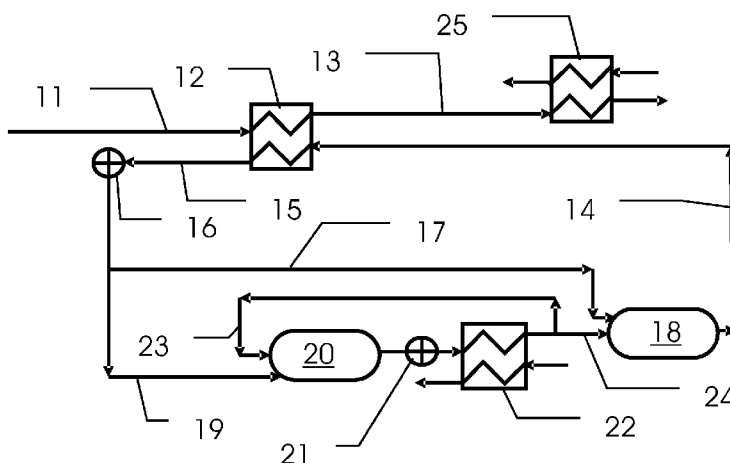


FIG. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for the evaporation of a fluid, in particular natural gas in the liquefied or supercritical state. The temperature of the fluid to be evaporated is low, specifically in particular lower than -50°C . Where reference is made below to liquid gas, this also means the supercritical state. The invention also relates to a device which is used for the evaporation. It is a problem of the invention to evaporate liquid gas in a cost-effective manner and to provide a particularly advantageous device for this purpose. To solve the problem, heat is transferred, by means of an exchange of heat, from a liquid conducted in the circuit to the fluid to be evaporated, specifically in particular to LNG. After the exchange of heat, a part of the liquid conducted in the circuit is evaporated. The evaporated part is mixed with the other part of the liquid conducted in the circuit, and the liquid conducted in the circuit is thereby heated overall. The liquid conducted in the circuit and now heated overall is subsequently used again to exchange heat with the fluid to be evaporated in order to thereby evaporate the fluid to be evaporated.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/153145 A1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren für das Verdampfen eines Fluids, insbesondere Erdgas im verflüssigten oder überkritischen Zustand. Die Temperatur des zu verdampfenden Fluids ist gering und zwar insbesondere geringer als -50°C . Wenn nachfolgend von flüssigem Gas die Rede ist, ist damit auch der überkritische Zustand gemeint. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung, die für das Verdampfen eingesetzt wird. Aufgabe der Erfindung ist es, kostengünstig flüssiges Gas zu verdampfen und dafür eine besonders vorteilhafte Vorrichtung zur Verfügung zu stellen. Zur Lösung der Aufgabe wird durch Wärmeaustausch Wärme von einer im Kreislauf geführten Flüssigkeit auf das zu verdampfende Fluid und zwar insbesondere auf LNG übertragen. Nach dem Austausch von Wärme wird ein Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit verdampft. Der verdampfte Teil wird mit dem anderen Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit gemischt und so die im Kreislauf geführte Flüssigkeit insgesamt erwärmt. Die nun insgesamt erwärmte, im Kreislauf geführte Flüssigkeit wird im Anschluss wieder dazu genutzt, Wärme mit dem zu verdampfenden Fluid auszutauschen, um so das zu verdampfende Fluid zu verdampfen.

Vorrichtung für das Mischen von Flüssigkeit und Dampf sowie Verfahren für das Verdampfen eines Fluids mit der Mischung

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren für das Verdampfen eines Fluids, insbesondere Erdgas im verflüssigten oder überkritischen Zustand. Die Temperatur des zu verdampfenden Fluids ist gering und zwar insbesondere geringer als -50°C . Wenn nachfolgend von flüssigem Gas die Rede ist, kann damit auch der überkritische Zustand gemeint sein. Die Erfindung betrifft
10 ferner eine Vorrichtung, die für das Verdampfen eingesetzt wird.

Erdgas wird bei sehr tiefen Temperaturen von typischerweise -160°C beispielsweise mit Schiffen transportiert. Um am Zielort Flüssigerdgas – nachfolgend LNG genannt - nutzen zu können, ist es erforderlich, dieses zu
15 verdampfen, wie beispielsweise der Druckschrift WO 98/59085 zu entnehmen ist. LNG kann einem Druck ausgesetzt sein, welches dem atmosphärischem Druck entspricht. Zu verdampfendes LNG kann aber auch Drucken von 80 bis 140 bar ausgesetzt sein und sich damit im überkritischen Zustand befinden.

20 Aus dem Stand der Technik ist bekannt, Rohrbündelwärmetauscher für das Verdampfen von LNG einzusetzen. Befindet sich der Wärmetauscher auf einem Schiff, so wird mit Meerwasser Energie zugeführt, um LNG zu verdampfen. Problematisch an diesem Stand der Technik ist, dass Meerwasser einzufrieren droht.

25 Aus der Druckschrift JP 08338692 A ist bekannt, einen Open Rack Vaporizer (OVR) für das Verdampfen von LNG einzusetzen. In einem OVR wird das zu verdampfende Fluid in einem senkrecht aufgestellten Rohr nach oben gepumpt. Entgegengesetzt wird ein beispielsweise aus Meerwasser
30 bestehender Flüssigkeitsfilm außen am Rohr hinunter geleitet. Nachteilhaft muss das Wasser mit Chlor versetzt werden, um zu verhindern, dass sich Ablagerungen am Rohr bilden. Problematisch ist, dass nach Rückführung des Wassers in das Meer das Chlor wieder entfernt werden muss. Außerdem besteht auch hier ein Einfrierrisiko. In einigen Staaten ist die Verwendung
35 eines ORV's für das Verdampfen von LNG nicht erlaubt oder aber das

Meerwasser sowie die gesamte Anlage muss behandelt werden, um Algen und Kleinlebewesen wie Muscheln abzutöten. Es bestehen also auch juristische Probleme, LNG mit einem OVR zu verdampfen.

- 5 Die Internetseite http://aiche.confex.com/aiche/s06/preliminaryprogram/abstract_43676.htm offenbart, einen Submerged Combustion Vaporizer (SCV) für das Verdampfen von LNG zu verwenden. Wärmetauscherrohre, durch die das LNG hindurch geleitet wird, befinden sich in einem Wasserbad. Ein Teil des so gewonnenen brennbaren Erdgases wird
10 verwendet, um das Wasserbad zu heizen. Durch die Verbrennung entstehendes Abgas wird durch das Wasserbad hindurch geleitet. Das im Wasserbad befindliche Wasser wird so bewegt und durchmischt. Außerdem heizt das heiße Abgas das Wasser auf. Nachteilhaft ist, dass das Wasser durch die Behandlung zunehmend saurer wird, der pH-Wert also abnimmt.
15 Das Wasser muss deshalb nach einiger Zeit neutralisiert werden. Außerdem wird Produktgas benötigt, um LNG zu verdampfen. Wie bereits der genannten Internetseite zu entnehmen ist, ist dieses Verfahren außerdem mit Emissionsproblemen aufgrund der Verbrennung verbunden.
- 20 Aus der Druckschrift WO 2007/104076 A1 ist bekannt, LNG indirekt mit im Kreislauf geführtem Propan oder einem anderen Fluid zu beheizen, welches einen tiefen Gefrierpunkt aufweist. Verdampfung infolge einer externen Energiezufuhr zum Fluid und Kondensation des Fluids werden ausgenutzt, um so LNG zu verdampfen. Das Propan wird extern beheizt, um dieses zu
25 verdampfen, beispielsweise mit einer elektrischen Heizung. Im Fall der Übertragung von Wärme in einem Wärmetauscher durch Kondensation von Dampf müssen relativ große Wärmeübertragungsflächen bereitgestellt werden, um den erforderlichen Wärmeaustausch zu erzielen. Allerdings sind die dann erforderlichen Wärmeübertragungsflächen bereits deutlich kleiner
30 im Vergleich zu dem Fall, dass Wärme allein durch Abkühlung eines Fluids in einem Wärmeaustauscher übertragen wird. Entsprechend teuer und voluminös ist eine solche technische Lösung. Problematisch ist ferner, dass für den Betrieb eines Wärmetauschers regelmäßig maximale Temperaturdifferenzen zu beachten sind, die zwischen den im

Wärmetauscher befindlichen Medien auftreten dürfen, um den Wärmetauscher nicht zu beschädigen.

5 Wird Energie allein mit Hilfe von flüssigem, im Kreislauf geführten Propan zugeführt, so müssen große Volumenströme umgewälzt werden, um die erforderliche Energiemenge von Propan auf LNG zu übertragen. Es kann dann nicht ausgenutzt werden, dass große Mengen an Wärmenergie in Form von latenter Wärme aufgrund eines Phasenübergangs gespeichert bzw. freigesetzt werden kann.

10

Aufgabe der Erfindung ist es, kostengünstig flüssiges Gas zu verdampfen und dafür eine besonders vorteilhafte Vorrichtung zur Verfügung zu stellen.

15

Zur Lösung der Aufgabe wird durch Wärmeaustausch Wärme von einer im Kreislauf geführten Flüssigkeit auf das zu verdampfende Fluid und zwar insbesondere auf LNG übertragen. Nach dem Austausch von Wärme wird ein Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit verdampft. Der verdampfte Teil wird
20 mit dem anderen Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit gemischt und so die im Kreislauf geführte Flüssigkeit insgesamt erwärmt. Die nun insgesamt erwärmte, im Kreislauf geführte Flüssigkeit wird im Anschluss wieder dazu genutzt, Wärme mit dem zu verdampfenden Fluid auszutauschen, um so das zu verdampfende Fluid hinreichend zu erwärmen. Das zu verdampfende
25 Fluid weist Temperaturen auf, die wesentlich unterhalb des Gefrierpunktes von Wasser liegen, selbst wenn das Wasser Zusätze aufweisen sollte, die den Gefrierpunkt erniedrigen. Die Temperatur des zu verdampfenden Fluids beträgt daher anfänglich insbesondere weniger als -50°C .

30 Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt aus, Energie in Form von latenter Wärme zu speichern und freizusetzen. Dadurch wird erreicht, dass die für den Wärmeaustausch benötigte Flüssigkeitsmenge wesentlich geringer sein kann im Vergleich zu dem Fall, dass ausschließlich Flüssigkeit zwecks Wärmeübertragung im Kreislauf geführt wird. Das Volumen einer für die

Verdampfung eingesetzten Vorrichtung kann daher vergleichsweise klein sein. Es müssen nur relativ kleine Pumpleistungen beim erfindungsgemäßen Verfahren aufgewendet werden, da relativ wenig Flüssigkeit im Kreislauf geführt werden muss. Rohrdurchmesser für die Führung der im Kreislauf

5 geführten Flüssigkeit können relativ klein sein. Insgesamt ergeben sich so erhebliche Kosteneinsparungen im Vergleich zu dem Fall, dass ausschließlich Flüssigkeit im Kreislauf geführt wird, um damit die für eine Verdampfung benötigte Wärme zu übertragen.

10 Indem verdampfte Flüssigkeit mit Flüssigkeit gemischt wird, wird vermieden, dass große und teure Wärmeübertragungsflächen bereitgestellt werden müssen, um einem Dampf eine große Wärmemenge zu entziehen. Da Flüssigkeit beispielsweise in einen Wärmetauscher für das Verdampfen eines Fluids eingeleitet wird, besteht auch nicht das Problem, dass es eine

15 relevante Untergrenze der Temperatur gibt, die nicht unterschritten werden kann. Denn die Temperatur der Flüssigkeit kann im relevanten Temperaturbereich frei eingestellt werden. Dies ist im Fall von Dampf regelmäßig nicht möglich. Denn wird ein Dampf in einen Wärmetauscher eingeleitet, kondensiert dieser bei der druckabhängigen

20 Kondensationstemperatur. Bei Unterschreiten der druckabhängigen Kondensationstemperatur würde sich Dampf verflüssigen. Es lassen sich daher durch zulässige Temperaturdifferenzen zwischen zwei Stoffströmen mit Hilfe der Erfindung technische Probleme leicht vermeiden, die bei einem Wärmetauscher aufgrund von zu hohen Temperaturdifferenzen und daraus

25 resultierenden unzulässigen Werkstoffbelastungen zwischen zwei eingeleiteten Fluiden auftreten können.

In einer Ausführungsform der Erfindung wird eine Flüssigkeit im Kreislauf geführt, die erst bei einer derart tiefen Temperatur gefriert, dass nicht zu

30 befürchten steht, dass die im Kreislauf geführte Flüssigkeit gefriert, wenn Wärme mit dem zu verdampfenden Fluid ausgetauscht wird. Der Schmelzpunkt der im Kreislauf geführten Flüssigkeit beträgt daher in einer Ausführungsform der Erfindung weniger als -100°C , vorzugsweise weniger als -150°C .

Propan mit einem Schmelzpunkt von $-187,7\text{ °C}$ ist daher bevorzugt im Kreislauf zu führen. Eine Vereisung des Propanes ist ausgeschlossen, wenn LNG verdampft wird, welches zuvor auf typische Temperaturen von zum
5 Beispiel -160 °C abgekühlt wurde. Verlässt das flüssige Propan einen Wärmetauscher, so ist es dann typischerweise ca. -135 °C kalt. Bei dieser Temperatur gefriert Propan nicht, selbst wenn Propan einem Druck von 3 bis 4 bar ausgesetzt wird. Flüssiges Propylen eignet sich ebenfalls als Fluid, welches im Kreislauf geführt wird.

10

In einer Ausführungsform der Erfindung wird die im Kreislauf zu führende Flüssigkeit auf eine Temperatur von -10 °C bis -30 °C erwärmt, bevor diese Flüssigkeit für die Verdampfung des zu verdampfenden Fluids eingesetzt wird. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn es sich bei dem zu
15 verdampfenden Fluid um LNG handelt. Bei dieser Auswahl ist regelmäßig sichergestellt, dass ein für die Verdampfung eingesetzter Wärmetauscher nicht zu großen Temperaturdifferenzen ausgesetzt wird. Auch ist es möglich, beispielsweise Propan auf diese Temperatur zu erwärmen und durch Vorsehen eines geeigneten Drucks von insbesondere 3bar bis 4bar
20 sicherzustellen, dass Propan bei dieser Temperatur flüssig ist.

25

Beispielsweise wird ein Plattenwärmetauscher eingesetzt, um Wärme von der im Kreislauf zu führenden Flüssigkeit auf das zu verdampfende Fluid zu übertragen. Ein Plattenwärmetauscher kann vergleichsweise klein sein.
30 Um die im Kreislauf zu führende Flüssigkeit im Kreislauf zu führen, wird vorzugsweise im Anschluss an die Übertragung von Wärme auf das zu verdampfende Fluid und vor einer Erwärmung der Flüssigkeit eine Pumpe angeordnet, die den Transport der im Kreislauf zu führenden Flüssigkeit bewirkt. Verlässt die im Kreislauf geführte Flüssigkeit einen Wärmetauscher, der für die Wärmeübertragung auf ein zu verdampfendes Fluid eingesetzt wurde, und ist die Flüssigkeit noch nicht wieder erwärmt worden, so enthält die Flüssigkeit besonders zuverlässig keine dampfförmigen Bestandteile. Es

werden so besonders zuverlässig Nachteile vermieden, die beim Pumpen auftreten können, wenn Dampf in eine Pumpe gelangt.

- 5 In einer Ausführungsform der Erfindung wird im Anschluss an die Verdampfung eines Teils der im Kreislauf zu führenden Flüssigkeit mit dem anderen Teil der Flüssigkeit wieder vereinigt, indem entweder die Flüssigkeit zerstäubt und in den Dampf eingeleitet oder aber der Dampf in Form von einer Vielzahl von Blasen in die Flüssigkeit eingeleitet wird. Bei dieser
- 10 Ausführungsform werden besonders große Kontaktflächen zwischen der Flüssigkeit und dem Dampf genutzt. Je größer solche Kontaktflächen sind, um so schneller kann Wärme zwischen dem Dampf und der Flüssigkeit ausgetauscht werden. Je schneller dieser Wärmeaustausch abgeschlossen ist, um so schneller kann die im Kreislauf zu führende Flüssigkeit dazu genutzt
- 15 werden, um das zu verdampfende Fluid zu verdampfen. Je schneller die im Kreislauf zu führende bzw. geführte Flüssigkeit dazu genutzt werden kann, um das zu verdampfende Fluid zu verdampfen, umso preiswerter kann verdampft werden.
- 20 Werden Dampfblasen in eine Flüssigkeit eingeleitet, so entstehen Turbulenzen, die die Wärmeübertragung von dem Dampf auf die Flüssigkeit unterstützen. Daher ist besonders zu bevorzugen, dass Dampf bzw. Gas in Form von Blasen in die Flüssigkeit eingeleitet wird, um die vorgenannte gewünschte Übertragung von Wärme zu erreichen.
- 25 Um den Dampf in die Flüssigkeit in Form von kleinen Bläschen einzuleiten, werden in einer Ausführungsform der Erfindung perforierte Rohre eingesetzt. Durch die Perforierungen hindurch wird der Dampf in die Flüssigkeit eingeleitet. Hierdurch wird einfach und preiswert erreicht, dass der Dampf in
- 30 Form von vielen kleinen Blasen in die Flüssigkeit eingeleitet wird. Dies trägt aus oben genannten Gründen dazu bei, kostengünstig verdampfen zu können. Ein typischer, geeigneter Durchmesser der Löcher der Perforierungen liegt bei 2 bis 5 mm.

In einer Ausführungsform der Erfindung werden ein oder mehrere doppelwandige Rohre mit perforierten Innenwänden vorgesehen, um Dampf mit Flüssigkeit zu mischen. In das Innenrohr eines solchen doppelwandigen Rohres wird der Dampf oder die Flüssigkeit eingeleitet und entsprechend
5 umgekehrt die Flüssigkeit oder der Dampf in den Ringspalt zwischen den beiden Wänden des Rohres. Der in das doppelwandige Rohr eingeleitete Dampf wird durch die Perforierungen hindurch in die Flüssigkeit gepumpt. Bei dieser Ausführungsform kann platzsparend Wärme vom Dampf auf die Flüssigkeit mit einem besonders hohen Wirkungsgrad übertragen werden.
10 Insbesondere ist zu bevorzugen, dass Dampf in das Innenrohr eingeleitet und in den Ringspalt durch die Perforierungen hindurch gepumpt wird, um sich in dem Ringspalt mit der hier eingeleiteten Flüssigkeit zu vermischen und so Wärme zu übertragen. Durch diese zuletzt beschriebene Ausführungsform wird besonders gut erreicht, dass Dampf sich nicht schwerkraftbedingt in
15 einem oberen Rohrbereich sammelt und so ein schneller Wärmeaustausch verhindert wird.

Ein bewährter Abstand zwischen zwei Wänden eines doppelwandigen Rohres beträgt typischerweise 40 mm bis 80 mm.

20

Wird der Dampf mit höherem Druck in ein doppelwandiges Rohr im Vergleich zur Flüssigkeit gepumpt, so wird erreicht, dass der Dampf durch die Perforierung hindurch in die Flüssigkeit eintritt und nicht umgekehrt. Ziel des Verfahrens ist es dann insbesondere, bei hohen Durchsätzen der zu
25 dispergierenden Phase kleine Dampfblasen mit großer spezifischer Phasengrenzfläche zu erzeugen (Strahlengasen). Je nach Öffnungsdurchmesser der Bohrung wird die dimensionslose WEBER- bzw. modifizierte FROUDE-Zahl als Kriterium für die Sekundärpartikelbildung genutzt. Die WEBER-Zahl beschreibt das Verhältnis von Trägheitskraft zu
30 Oberflächenspannung, während die FROUDE-Zahl das Verhältnis von Trägheitskraft zu Schwerkraft darstellt. Die kritische WEBER- bzw. FROUDE-Zahl stellt gleichzeitig eine wichtige Betriebskenngröße für Lochböden dar. Ist die WEBER-Zahl wenigstens 2 bei einer FROUDE-Zahl von wenigstens 0,37, so werden eine gleichmäßige Durchströmung des Lochbodens und das

Eindringen von flüssiger Phase in den Gasraum vermieden (Durchregnen). Bewährt hat sich daher ein Betrieb mit einer Weberzahl von wenigstens 2 und einer Fonduezahl von wenigstens 0,37.

5 In einer Ausführungsform der Erfindung nimmt in Strömungsrichtung des Dampfes die Löcherdichte einer perforierten Wand ab, wenn auf der anderen Seite der Wand die Flüssigkeit in gleicher Richtung fließt. Gelangt nämlich Dampf durch die Löcher hindurch in die Flüssigkeit, so erwärmt sich die Flüssigkeit in Strömungsrichtung zunehmend. Je wärmer die Flüssigkeit
10 wird, um so länger muss ein Dampf- bzw. Gasbläschen in der Flüssigkeit mitgeführt werden, ehe das mitgeführte Dampfbläschen kollabiert. Durch die abnehmende Löcherdichte wird erreicht, dass sich nicht derart viele Dampfbläschen in einem Flüssigkeitsvolumen zeitgleich befinden, dass diese Dampfbläschen sich vereinigen und ein weiterer effektiver Wärmeaustausch
15 verhindert wird, wenn die Temperatur der Flüssigkeit zu stark ansteigt. Vorteilhaft wird die Verteilung der Löcher so gewählt und das Verfahren so durchgeführt, dass die Flüssigkeit während der Einleitung von Dampf eine Temperatur aufweist, die wenigstens 10°C unterhalb des Siedepunktes liegt. Durch die Einhaltung dieser Temperaturobergrenze wird vermieden, dass sich
20 Dampfbläschen in der Flüssigkeit nachteilhaft vereinigen.

Nimmt die Zahl und/ oder der Durchmesser der Löcher entlang der Strömungsrichtung ab, so liegt eine Abnahme der Löcherdichte vor. Die Löcherdichte nimmt insbesondere logarithmisch und zwar besonders
25 bevorzugt gemäß einem natürlichen Logarithmus ab, um Beschleunigungsdruckverluste zu minimieren. Diese Ausführungsform der Erfindung trägt dazu bei, erforderliche Pumpleistungen zu minimieren.

30 Um eine gleichförmige Dampfverteilung zu erzielen, wird der Dampf in einer Ausführungsform der Erfindung von einem Rohr sternförmig zu den doppelwandigen Rohren gepumpt. Auf diese Weise kann eine optimale Gasverteilung auf eine Mehrzahl von eingesetzten doppelwandigen Rohren bei minimalem Platzbedarf erreicht werden. Der Wirkungsgrad des
35 Wärmeaustausches wird so weiter gesteigert. Von einer zentralen Zuführung

ausgehend ist die weitere sternförmige Zuführung so, dass stets die gleich
Wegstrecke zurückgelegt wird, um in ein doppelwandiges Rohr zu gelangen.
Sind die Strömungsquerschnitte der sternförmigen Zuführungen gleich, so
liegen grundsätzlich übereinstimmende Druckverhältnisse in den
5 doppelwandigen Rohren vor, was zu bevorzugen ist.

Um einen optimalen Wärmeaustausch sicherzustellen, werden zwei
doppelwandige Rohre mit perforierten inneren Wänden in Strömungsrichtung
10 mit einem Rohr verbunden, welches im Inneren Umlenkeinrichtungen
aufweist. Doppelwandige Rohre werden so zusammengefasst, weil der in ein
doppelwandiges Rohr eingeleitete Dampf nach Verlassen des Rohres
vollständig oder zumindest im Wesentlichen vollständig kollabiert ist und
somit der Platzbedarf für den weiteren Transport deutlich verringert worden
15 ist.

Durch die Umlenkeinrichtungen wird die im Kreislauf geführte Flüssigkeit noch
einmal verwirbelt, um so noch einmal sicherzustellen, dass das Gas
vollständig in den flüssigen Zustand überführt wird. Um eine besonders kleine
20 Bauweise zu ermöglichen, handelt es sich bei dem Rohr wieder um ein
doppelwandiges Rohr. Die Flüssigkeit wird zunächst dem inneren Rohr
zugeführt, in dem die Umlenkeinrichtungen untergebracht sind. Nach
Passieren des inneren Rohres gelangt die Flüssigkeit in den Ringspalt. Auf
diese Weise kann konstruktiv auf besonders platzsparende Weise erreicht
25 werden, dass einer Vorrichtung für das Erwärmen der im Kreislauf geführten
Flüssigkeit auf einer Stirnseite die im Kreislauf zu führende Flüssigkeit zugeleitet
und auf einer anderen Stirnseite heraus geleitet wird.

Gibt es mehrere Rohre mit Umlenkeinrichtungen, so werden diese schließlich
30 in einer Ausführungsform zu nur einem Rohr in Strömungsrichtung
zusammengefasst. Durch dieses Rohr gelangt die im Kreislauf zu führende
Flüssigkeit in einen Wärmetauscher, in den auch das zu verdampfende Fluid
entgegengesetzt eingeleitet wird. Im Wärmetauscher wird Wärme von der im
Kreislauf geführten Flüssigkeit auf das zu verdampfende Fluid übertragen.

- Um ein Teil der im Kreislauf zu führenden Flüssigkeit in den gasförmigen Zustand zu überführen, wird in einer Ausführungsform der Erfindung ein Wärmetauscher eingesetzt und zwar bevorzugt ein Plattenwärmetauscher. Ein Plattenwärmetauscher hat kleine Dimensionen und große
- 5 Übertragungsflächen. Die Energie für die Überführung in die Dampfphase erfolgt beispielsweise durch insbesondere entgegengesetzte Zufuhr von Wasser, beispielsweise Meerwasser oder Abwasser in den Plattenwärmetauscher.
- 10 Um besonders zuverlässig zu vermeiden, dass der für das Verdampfen von der Flüssigkeit, die im Kreislauf geführt wird, eingesetzte Wärmetauscher nicht vereist, wird der zu verdampfende Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit in einer Ausführungsform der Erfindung vorgewärmt. Dies
- 15 geschieht in einer Ausführungsform der Erfindung, indem ein Teil der verdampften Flüssigkeit mit dem Teil der Flüssigkeit gemischt wird, der anschließend verdampft wird. Die Vorwärmung erfolgt also, bevor ein Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit verdampft wird. Vorgewärmt wird ein Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit, nachdem Wärme auf das zu verdampfende Fluid übertragen wurde und im Anschluss daran die
- 20 Flüssigkeit geteilt worden ist.
- Für das Mischen von Dampf mit Flüssigkeit zwecks Vorwärmung wird bevorzugt eine Vorrichtung wie vorbeschrieben eingesetzt, in der also der Dampf zumindest blasenförmig in die Flüssigkeit eingeleitet wird oder
- 25 umgekehrt die Flüssigkeit im Dampf zerstäubt wird.
- Die Vorwärmung wird bevorzugt so durchgeführt, dass der betroffene Teil der Flüssigkeit auf eine Temperatur von mehr als -50°C , bevorzugt auf eine Temperatur von mehr als -40°C gebracht wird, um so eine Vereisung des
- 30 nachfolgenden Wärmetauschers zuverlässig zu vermeiden. Um unproblematisch pumpen zu können, wird die Flüssigkeit bevorzugt nicht auf Temperaturen von mehr als -20°C erwärmt, um so dampfförmige Bestandteile zu vermeiden.

Im Anschluss an die Vorwärmung wird die Flüssigkeit in einer Ausführungsform der Erfindung einer Pumpe zugeführt, mit der ein Überdruck von Gas gegenüber Flüssigkeit in einer nachfolgenden Einrichtung erzeugt wird, in der Dampf mit Flüssigkeit gemischt wird.

5

Beispielsweise kann durch die Erfindung eine 6m bis 8m lange Vorrichtung mit einem Durchmesser von 2m bis 3m bereitgestellt werden, mit der ca. 32MW bis 37MW Verdampfungsleistung für ca. 200t/h LNG zur Verfügung steht.

10

Bevorzugt wird das erwärmte Fluid in einer Ausführungsform einem weiteren Wärmetauscher zugeführt, um das Fluid auf über 0°C zu erwärmen, so zum Beispiel auf Raumtemperatur. Um das Fluid von ca. -20°C auf über 0°C zu bringen, wird beispielsweise ein Plattenwärmetauscher eingesetzt, durch den Propan im Kreislauf geführt wird. Propan erhält seine Wärmeenergie beispielsweise über einen zweiten Plattenwärmetauscher durch Wasser. Es könnte aber auch aufgrund der dann relativ niedrigen Temperaturen des Fluids ein Wärmetauscher eingesetzt werden, durch den Wasser unmittelbar geleitet wird, da die Gefahr einer Vereisung relativ gering ist, oder aber es könnte ein anders Heizmedium verwendet werden.

15

20

Der gesamte Aufbau für das Verdampfen eines Fluids erfordert erheblich weniger Raum im Vergleich zu dem Platzbedarf gemäß dem eingangs beschriebenen Stand der Technik, um LNG in den dampfförmigen Zustand zu überführen. Der kleinere Aufbau spart Herstellungs- sowie Lagerkosten. Die insgesamt erforderliche Pumpleistung kann deutlich im Vergleich zum Stand der Technik gesenkt werden. Beispielsweise im Vergleich zu dem Fall, dass mit flüssigem Propan ein zu verdampfendes Fluid verdampft wird, ohne das Propan ganz oder teilweise verdampft wird, kann die erforderliche Pumpleistung um 50% gesenkt werden.

25

30

Mit der vorliegenden Erfindung soll zwar vorzugsweise LNG verdampft werden. Die Erfindung eignet sich jedoch auch für das Verdampfen anderer kryogener Flüssigkeiten wie zum Beispiel Äthylen oder Äthan.

35

Die Erfindung kann in einer Ausführungsform vorteilhaft im Kraftwerksbereich verwirklicht werden. Im Kraftwerksbereich wird Wasser verdampft, um mit dem verdampften Wasser ein oder mehrere Turbinen anzutreiben. Nachdem
5 Wasserdampf eine Turbine angetrieben und so Arbeit verrichtet hat, wird der Dampf in Wasser umgewandelt, um das Wasser bzw. Wasserdampf im sogenannten Primärkreislauf führen zu können. Im Kraftwerksbereich wird die Kondensation gemäß Stand der Technik unter anderem dadurch bewirkt, indem im Kreislauf befindliches Wasser in den Wasserdampf hinein gedüst
10 oder gesprüht wird, nachdem der Dampf die Turbine passiert und Arbeit verrichtet hat. Das Wasser wird im Kreislauf geführt, da es sich dabei um speziell aufbereitetes Wasser handelt, welches Deionat genannt wird. Es wird daher ein Teil des zu verdampfenden Wasser genutzt, um dieses in den Dampf hinein zu sprühen, der bereits Arbeit geleistet hat. Der so
15 kondensierte Dampf wird zusammen mit dem für die Kondensation verwendeten Wasser in den Behälter oder Tank zurück geleitet, in dem sich das zu verdampfende Wasser befindet. Das zu verdampfende Wasser wird so zugleich erwünscht vorgewärmt. In dem Behälter bzw. Tank befindliches, vorgewärmtes Wasser wird verdampft, um mit dem Dampf eine Turbine
20 anzutreiben.

Bei diesem Stand der Technik tritt wiederum das Problem auf, dass die erforderlichen Apparaturen sehr groß und teuer sein müssen, um hinreichend Wärme dem Dampf entziehen und den Dampf kondensieren zu können.
25 Auch wird eine relativ große Menge an Wasser benötigt, um den Dampf zu kondensieren.

Um den technischen Aufwand und damit die Kosten zu reduzieren, wird erfindungsgemäß der Dampf nach dem Verlassen einer Turbine in die
30 Flüssigkeit mit einer anspruchsgemäßen Vorrichtung eingeleitet. Dadurch können die Kosten im Vergleich zum Stand der Technik erheblich gesenkt werden. Einerseits sinken die Kosten, die für die benötigten Vorrichtungen aufgewendet werden müssen. Andererseits sinkt die Pumpleistung, die

aufgewendet werden muss, um den Dampf zu kondensieren, der Arbeit verrichtet hat.

Die Erfindung wird darüber hinaus zum Beispiel im Rahmen einer
5 Bereitstellung von Fernwärme eingesetzt. Wärme aus dem
Primärfluidkreislauf, mit dem Turbinen angetrieben werden, werden an einen
Sekundärfluidkreislauf abgegeben. Dieser Sekundärkreislauf wird erwärmt und
so wird ein Fluid, in der Regel Wasser, zum Verbraucher transportiert, um die
so transportierte Wärme für das Heizen zu benutzen. Erfindungsgemäß wird
10 nun zunächst mit Hilfe des Primärkreislaufes und Wärmetauschern
Wasserdampf im Sekundärkreislauf erzeugt. Dieser Wasserdampf ist
typischerweise sehr heiß und zwar insbesondere heißer als 210°C. Es ist
jedoch nicht zulässig, ein derart heißes Fluid zu privaten Verbraucher zu
leiten. Bei einem privaten Verbraucher darf die Temperatur des Wassers
15 maximal 90°C betragen. Es ist daher erforderlich, den erzeugten
Wasserdampf des Sekundärkreislaufs in Wasser umzuwandeln und
Wassertemperaturen unterhalb von 90°C einzustellen, bevor das Wasser zum
privaten Verbraucher gelangt. Sollen nun der erzeugte Wasserdampf in 90°C
warmes Wasser umgewandelt werden, so wird wiederum die Erfindung
20 vorteilhaft eingesetzt.

Nach dem Stand der Technik findet ein Wärmeaustausch beispielsweise über
Rohrbündeltauscher statt, um 90° warmes Wasser zu erhalten.
Kostengünstiger ist es nun, den Wasserdampf erfindungsgemäß in Wasser
25 einzuleiten, so den Wasserdampf auf der einen Seite zu kondensieren und
auf der anderen Seite die Wassertemperatur auf 90°C zu bringen. Wiederum
kann die im Kreislauf zu führende Wassermenge so minimiert werden, was
Pumpleistung einspart. Außerdem fallen die apparativen Kosten geringer aus
im Vergleich zum geschilderten Stand der Technik.

30 Allgemein kann die Erfindung in Wärmezentralen vorteilhaft eingesetzt
werden, um eine Flüssigkeit mit Hilfe von Dampf kostengünstig zu erwärmen
oder aber um Dampf kostengünstig zu kondensieren.

Bedarf dafür besteht beispielsweise in der chemischen Industrie. Hier wird der Strom typischerweise im Chemiewerk erzeugt und entstehende Abwärme genutzt, um diese für die diversen chemischen Herstellungsverfahren zu verwenden. Es besteht wiederum Bedarf, gewünschte Temperaturen eines

5 Sekundärkreislaufes einzustellen und die entsprechend erwärmte Flüssigkeit, vorzugsweise Wasser, zu den verschiedenen Stationen für die Herstellung von Produkten weiterzuleiten, die Wärme benötigen. Wiederum wird vorteilhaft die Erfindung eingesetzt, um die jeweils gewünschten Temperaturen oder Temperaturbereiche einzustellen. Tritt also Wasserdampf aus der Turbine zur

10 Stromerzeugung in einer Chemiefabrik aus, so wird dieser anschließend im Primärkreislauf geführt. Die dabei entstehende Abwärme wird verwendet, um einen sekundären Kreislauf eines Fluids aufzuheizen. Mithilfe der Erfindung werden nun die jeweils gewünschten Temperaturen kostengünstig eingestellt und so temperiertes Fluid zum gewünschten Verfahren weitergeleitet.

15

Die erfindungsgemäße Anordnung wird vorzugsweise horizontal angeordnet, so dass perforierte Rohre der Anordnung horizontal verlaufen. Gibt es eine Mehrzahl von sternförmig angeordneten perforierten Rohren, so kann so erreicht werden, dass jedes dieser Rohre in gleicher Weise durchströmt wird.

20 Bei vertikaler Aufstellung würde dies schwerkraftbedingt kaum zu erreichen sein. Es ist bei horizontaler Aufstellung daher leichter, das Strömungsverhalten insgesamt zu optimieren.

25 Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels mit Hilfe von Figuren näher verdeutlicht.

Figur 1 zeigt im Schnitt eine erfindungsgemäße Vorrichtung, mit der latente Wärme eines Dampfes mit hohem Wirkungsgrad einer Flüssigkeit zugeführt

30 wird, ohne dafür ein großes Volumen bereit stellen zu müssen. Von einem zentralen Kanal 1 mit relativ großem Durchmesser, in den Dampf eingeleitet wird, zweigen eine Vielzahl von Rohrverbindungen 2 sternförmig ab. Über die Rohrverbindungen 2 wird der Dampf in innere Rohre 3 von doppelwandigen Rohren 4 eingeleitet. Die Innenwände 5 der doppelwandigen Rohre 4 sind

perforiert. Die Dichte der Löcher nimmt in Strömungsrichtung des Dampfes gemäß einem natürlichen Logarithmus ab. In den Ringspalt 7 eines jeden doppelwandigen Rohres wird Flüssigkeit über in Figur 2 gezeigte Zuleitungen 27 eingeleitet und zwar in gleicher Richtung wie die Strömungsrichtung des Dampfes in den zugehörigen inneren Rohren 3. Zwischen der Flüssigkeit in einem der Ringspalte und dem Dampf im zugehörigen inneren Rohr 3 herrscht eine solche Druckdifferenz, dass der Dampf durch die Perforierung hindurch in die Flüssigkeit gelangt. Am Ende eines jeden doppelwandigen Rohres 3 werden die flüssigen Inhalte paarweise zu einem weiteren doppelwandigen Rohr 8 weitergeleitet und zwar in das innere Rohr 9 hinein. In jedem inneren Rohr 9 befinden sich Mittel für das Verwirbeln 26 (siehe Figur 2) der eingeleiteten Flüssigkeit. Hat die Flüssigkeit das innere Rohr 9 durchlaufen, fließt es über den Ringspalt 10 zurück. Es liegt dann eine Flüssigkeit vor, die in einem relativ kleinem Volumen durch den Dampf erwärmt wurde bzw. der Dampf wurde in einem relativ kleinen Volumen mit hohem Wirkungsgrad verflüssigt.

Wird flüssiges Erdgas in einem Tank gelagert, so verdampft stets eine gewisse Menge. Dieser Teil muss wieder verflüssigt werden. Nach dem Stand der Technik wird hierfür ein Rekondensator eingesetzt. Der entstandene Dampf wird dem Rekondensator zugeführt. Weiter wird flüssiges Erdgas zugeführt und so durch Wärmeaustausch der Dampf wieder verflüssigt. Eine typische Höhe eines Rekondensators beträgt 15m. Wird statt des bekannten Rekondensators eine Vorrichtung, wie sie in Figur 1 gezeigt wird, so eingesetzt, dass der unerwünscht verdampfte Teil verflüssigt wird, so kann die Höhe einer solchen Vorrichtung auf $\frac{1}{3}$ reduziert werden. Es werden so erheblich Platz und damit Kosten eingespart.

Es ist weiter bekannt, ein Brenngas zu konfektionieren beispielsweise durch Einleitung von Stickstoff, um einen gewünschten Heizwert einzustellen. Eine Vorrichtung, wie sie in Figur 1 gezeigt wird, kann dazu genutzt werden, um Stickstoff LNG zuzuführen und so zu konfektionieren.

Grundsätzlich kann eine Vorrichtung, wie sie in Figur 1 gezeigt wird, immer dann vorteilhaft eingesetzt werden, wenn Dampf in eine Flüssigkeit eingemischt und verflüssigt werden soll.

5 Figur 2 zeigt einen Längsschnitt der in Figur 1 dargestellten Vorrichtung. Die mit wellenförmiger Füllung versehenen Pfeile deuten die Strömungsrichtung der Flüssigkeit an. Die Pfeile ohne Füllung verdeutlichen das Strömen von Dampf. An einer Stirnseite der gezeigten Vorrichtung werden Flüssigkeit und Dampf getrennt eingeleitet. An der anderen Stirnseite kann die erwärmte
10 Flüssigkeit entnommen werden. Gezeigt wird, dass Flüssigkeit über Zuführungen 27 zu Ringspalten gelangt und schließlich auf der entgegengesetzten Seite über einen Auslass 28 entnommen werden kann. Die in Figur 2 gezeigten Wände des Rohres 9 sind nicht perforiert, also undurchlässig.

15

Figur 3 verdeutlicht das Verdampfen von fluidem LNG, welches über eine Leitung 11 meist im überkritischen, sehr kaltem Zustand (typischerweise -160°C) in einen Plattenwärmetauscher 12 eingeleitet wird und diesen mit einer Temperatur von ca. -20°C über eine Leitung 13 verlässt.

20 Entgegengesetzt fließt in den Plattenwärmetauscher 12 flüssiges Propan über eine Zuleitung 14 mit einer Temperatur von ca. -10°C hinein. Das flüssige Propan verlässt den Plattenwärmetauscher mit einer Temperatur von ca. -135°C über eine Leitung 15 und gelangt so im garantiert flüssigen Zustand zu einer Pumpe 16, die dafür Sorge trägt, dass das Propan einen Kreislauf
25 geführt durchströmt. Nach Verlassen der Pumpe 16 wird ein Teil des flüssigen Propanes über eine Leitung 17 in eine Vorrichtung 18 gemäß den Figuren 1 und 2 eingeleitet. Über eine abzweigende Leitung 19 wird der andere Teil des flüssigen Propanes einer Vorrichtung 20 zugeführt, wie diese in den Figuren 1 und 2 gezeigt wird. In der Vorrichtung 20 wird das flüssige Propan
30 auf eine Temperatur von -35°C erwärmt. Dank eines herrschenden Drucks von 3 bis 4 bar verlässt das auf -35°C erwärmte Propan die Vorrichtung 20 zuverlässig im flüssigen Zustand und gelangt so zu einer Pumpe 21. Mit Hilfe der Pumpe 21 wird das vorgewärmte, flüssige Propan in einen Plattenwärmetauscher 22 gepumpt. Im Plattenwärmetauscher 22 wird das

vorgewärmte Propan mit Hilfe von Meerwasser verdampft, welches entgegengesetzt durch den Wärmetauscher 22 geleitet wird. Der aus dem Plattenwärmetauscher 22 austretende Propandampf wird zum Teil über eine Leitung 23 in die Vorrichtung 20 eingeleitet und mit dem flüssigen Propan vermisch, wodurch das flüssige Propan vorgewärmt wird. Der andere Teil des Propandampfes wird über eine Leitung 24 in die Vorrichtung 18 eingeleitet und hier mit dem flüssigen Propan gemischt, welches mit einer Temperatur von ca. -135°C in die Vorrichtung 18 eingeleitet wird. Die Pumpe 21 trägt dafür Sorge, dass das in die Vorrichtungen 18 und 21 eingeleitete Propangas unter höherem Druck steht im Vergleich zu dem eingeleiteten flüssigen Propangas. Flüssiges Propangas verlässt die Vorrichtung 18 mit einer Temperatur von -10°C und gelangt so in den Wärmetauscher 12.

Das im Plattenwärmetauscher 12 erwärmte LNG wird über die Leitung 13 einem weiteren Plattenwärmetauscher 25 zugeführt und hier mit Hilfe von Meerwasser mittelbar oder unmittelbar auf über 0°C erwärmt.

Die Erfindung kann in einer Ausführungsform vorteilhaft im Kraftwerksbereich verwirklicht werden. Im Kraftwerksbereich wird Wasser verdampft, um mit dem verdampften Wasser Turbinen anzutreiben. Nach dem Verdampfen des Wassers muss dieses wieder in Wasser zurück umgewandelt werden, um es im Kreislauf - Primärkreislauf genannt - führen zu können. Im Kraftwerksbereich wird die Kondensation unter anderem dadurch bewirkt, indem im Kreislauf befindliches Wasser in den Wasserdampf eingedüst wird, nachdem der Dampf die Turbine passiert hat. Das Wasser wird im Kreislauf geführt, da es sich dabei um speziell aufbereitetes Wasser handelt, welches Dionat genannt wird. Es wird daher ein Teil des zu verdampfenden Wasser genutzt, um dieses in den Dampf hineinzusprühen, der bereits Arbeit geleistet hat. Der so kondensierte Dampf wird zusammen mit dem für die Kondensation verwendeten Wasser in den Behälter oder Tank zurück geleitet, in dem sich das zu verdampfende Wasser befindet. Das zu verdampfende Wasser wird so zugleich erwünscht vorgewärmt. Das in dem Behälter bzw.

Tank befindliche, vorgewärmte Wasser wird teilweise verdampft, um mit dem Dampf eine Turbine anzutreiben.

Bei diesem Stand der Technik tritt wiederum das Problem auf, dass die
5 erforderlichen Apparaturen sehr groß und teuer sein müssen, um hinreichend Wärme dem Dampf entziehen und den Dampf kondensieren zu können. Auch wird eine relativ große Menge an Wasser benötigt, um den Dampf zu kondensieren.

10 Um den technischen Aufwand und damit die Kosten zu reduzieren, wird erfindungsgemäß der Dampf nach dem Verlassen einer Turbine in die Flüssigkeit mit einer anspruchsgemäßen Vorrichtung eingeleitet wird. Dadurch können die Kosten im Vergleich zum Stand der Technik erheblich gesenkt werden. Einerseits sinken die Kosten, die für die benötigten
15 Vorrichtungen aufgewendet werden müssen. Andererseits sinkt die Pumpleistung, die aufgewendet werden muss, um den Dampf zu kondensieren, der Arbeit verrichtet hat.

Die Erfindung wird darüber hinaus zum Beispiel im Rahmen einer
20 Bereitstellung von Fernwärme eingesetzt. Wärme aus dem Primärfluidkreislauf, mit dem Turbinen angetrieben werden, werden an einen Sekundärfluidkreislauf abgegeben. Dieser Sekundärkreislauf wird erwärmt und so wird ein Fluid, in der Regel Wasser, zum Verbraucher transportiert, um die so transportierte Wärme für das Heizen zu benutzen. Erfindungsgemäß wird
25 nun zunächst mit Hilfe des Primärkreislaufes und Wärmetauschern Wasserdampf im Sekundärkreislauf erzeugt. Dieser Wasserdampf ist typischerweise sehr heiß und zwar insbesondere heißer als 210°C. Es ist jedoch nicht zulässig, ein derart heißes Fluid zu privaten Verbraucher zu leiten. Bei einem privaten Verbraucher darf die Temperatur des Wassers
30 maximal 90°C betragen. Es ist daher erforderlich, den erzeugten Wasserdampf des Sekundärkreislaufs in Wasser umzuwandeln und Wasserztemperaturen unterhalb von 90°C einzustellen, bevor das Wasser zum privaten Verbraucher gelangt. Sollen nun der erzeugte Wasserdampf in 90°C

warmes Wasser umgewandelt werden, so wird wiederum die Erfindung vorteilhaft eingesetzt.

Nach dem Stand der Technik findet ein Wärmeaustausch beispielsweise über
5 Rohrbündeltauscher statt, um 90° warmes Wasser zu erhalten.
Kostengünstiger ist es nun, den Wasserdampf erfindungsgemäß in Wasser einzuleiten, so den Wasserdampf auf der einen Seite zu kondensieren und auf der anderen Seite die Wassertemperatur auf 90°C zu bringen. Wiederm
10 kann die im Kreislauf zu führende Wassermenge so minimiert werden, was Pumpleistung einspart. Außerdem fallen die apparativen Kosten geringer aus im Vergleich zum geschilderten Stand der Technik.

Allgemein kann die Erfindung in Wärmezentralen vorteilhaft eingesetzt werden, um eine Flüssigkeit mit Hilfe von Dampf kostengünstig zu erwärmen
15 oder aber um Dampf kostengünstig zu kondensieren.

Bedarf dafür besteht beispielsweise in der chemischen Industrie. Hier wird der Strom typischerweise im Chemiewerk erzeugt und entstehende Abwärme genutzt, um diese für die diversen chemischen Prozesse zu verwenden. Es
20 besteht wiederum Bedarf, gewünschte Temperaturen eines Sekundärkreislaufes einzustellen und die entsprechend erwärmte Flüssigkeit, vorzugsweise Wasser, zu den verschiedenen Prozessen weiterzuleiten, die Wärme benötigen. Wiederm wird vorteilhaft die Erfindung eingesetzt, um die jeweils gewünschten Temperaturen oder Temperaturbereiche
25 einzustellen. Tritt also Wasserdampf aus der Turbine zur Stromerzeugung in einer Chemiefabrik aus, so wird dieser anschließend im Primärkreislauf geführt. Die dabei entstehende Abwärme wird verwendet, um einen sekundären Kreislauf eines Fluids aufzuheizen. Mithilfe der Erfindung werden nun die jeweils gewünschten Temperaturen kostengünstig eingestellt und so
30 temperiertes Fluid zum gewünschten Prozess weitergeleitet.

Die erfindungsgemäße Anordnung wird vorzugsweise horizontal angeordnet, so dass perforierte Rohre der Anordnung horizontal verlaufen. Gibt es eine

Mehrzahl von sternförmig angeordneten perforierten Rohren, so kann so erreicht werden, dass jedes dieser Rohre in gleicher Weise durchströmt wird. Bei vertikaler Aufstellung würde dies schwerkraftbedingt kaum zu erreichen sein. Es ist bei horizontaler Aufstellung daher leichter möglich, das

5 Strömungsverhalten insgesamt zu optimieren.

Ansprüche

1. Verfahren für das Verdampfen eines Fluids mit den Schritten:
Wärme wird von einer im Kreislauf geführten Flüssigkeit auf das Fluid
5 übertragen;
die im Kreislauf geführte Flüssigkeit wird nach der Übertragung von
Wärme teilweise verdampft;
der verdampfte Teil der Flüssigkeit wird mit dem anderen, nicht
verdampften Teil der Flüssigkeit gemischt;
10 nach dem Vermischen wird Wärme von der im Kreislauf geführten
Flüssigkeit auf das zu verdampfende Fluid übertragen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das zu verdampfende Fluid LNG,
Äthylen oder Äthan ist.
15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Schmelzpunkt der im
Kreislauf geführten Flüssigkeit weniger als -100°C , vorzugsweise
weniger als -150°C beträgt.
- 20 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die im
Kreislauf geführte Flüssigkeit aus Propan besteht.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die im
Kreislauf geführte Flüssigkeit auf 0°C bis -30°C , vorzugsweise auf -10°C
25 bis -20°C erwärmt wird, bevor Wärme auf das zu verdampfende Fluid
übertragen wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der
verdampfte Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit mit dem anderen
30 Teil der Flüssigkeit gemischt wird, indem die Flüssigkeit zerstäubt in den
Dampf eingeleitet wird oder der Dampf in Form von Dampfbläschen in
die Flüssigkeit eingeleitet wird.

7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem Dampf so in die Flüssigkeit eingeleitet wird, dass die Temperatur der Flüssigkeit stets wenigstens 10°C kälter als der Siedepunkt der Flüssigkeit ist.
- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der verdampfte Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit mit dem anderen Teil der Flüssigkeit mit Hilfe eines perforierten Rohres (5) gemischt wird.
- 10 9. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die Löcherdichte des perforierten Rohres (5) in Strömungsrichtung von Dampf und Flüssigkeit abnimmt und zwar bevorzugt logarithmisch.
- 15 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Dampf sternförmig in perforierte Rohre (5) eingeleitet wird und durch die Perforierung hindurch in Flüssigkeit gedrückt wird.
- 20 11. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die Flüssigkeit mit dem hineingedrückten Dampf Umlenkeinrichtungen (26) zugeführt wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit in einem Wärmetauscher (22) mit Hilfe von Wasser verdampft wird.
- 25 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der zu verdampfende Teil der im Kreislauf geführten Flüssigkeit vor der Verdampfung vorgewärmt wird und zwar insbesondere auf Temperaturen zwischen -20°C und -50°C.
- 30 14. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die vorzuwärmende Flüssigkeit durch Zufuhr von Dampf vorgewärmt wird und zwar insbesondere durch Zufuhr einer Vielzahl von Dampfblasen.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Temperatur des zu verdampfenden Fluids vor einem Austausch von Wärme mit der im Kreislauf geführten Flüssigkeit weniger als -50°C , insbesondere weniger als -100°C beträgt.
- 5
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in einem Wärmetauscher (12) Wärme zwischen dem zu verdampfenden Fluid und der im Kreislauf geführten Flüssigkeit ausgetauscht wird.
- 10
17. Vorrichtung für das Mischen von Dampf mit Flüssigkeit mit einer Zufuhr (1) für Dampf in wenigstens ein perforiertes Rohr (5) hinein und einer weiteren Zufuhr (27) für Flüssigkeit in einen an das perforierte Rohr angrenzenden Bereich (7).
- 15
18. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch mit einer sternförmigen Zufuhr (2) für Dampf in eine Mehrzahl von perforierten Rohren (3).
19. Vorrichtung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, bei der der angrenzende Bereich ein Ringspalt (7) ist, der das perforierte Rohr (5) umhüllt.
- 20
20. Vorrichtung nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche mit Mitteln zur Erzeugung eines Gasdrucks, der oberhalb des Flüssigkeitsdrucks liegt.
- 25
21. Vorrichtung nach einem der vier vorhergehenden Ansprüche mit einer Weiterleitung von wenigstens zwei angrenzenden Bereichen (7) in ein Rohr (9) hinein, welches mit Mittel für das Verwirbeln von Flüssigkeit (26) versehen ist.
- 30
22. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, bei der das Rohr (9) mit Umlenkeinrichtungen ein doppelwandiges Rohr ist und der Ringspalt (10) des doppelwandigen Rohres eine Weiterleitung für das in das Rohr

(9) eingeleitete Fluid ist.

- 5 23. Vorrichtung nach einem der sechs vorhergehenden Ansprüche, bei der die perforierten Rohre (5) parallel zueinander und/ oder kreisförmig angeordnet sind.
- 10 24. Vorrichtung nach einem der sieben vorhergehenden Ansprüche, bei der Rohre (9) mit Umlenkeinrichtungen (26) parallel zu den perforierten Rohren (5) angeordnet sind.
- 15 25. Mischvorwärmer in einem Kraftwerk, umfassend eine Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche.
- 20 26. Verfahren für das Verflüssigen von verdampften LNG, indem verdampftes LNG in flüssiges LNG eingeleitet wird und zwar mit einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche.
27. Verfahren für das Erwärmen einer Flüssigkeit, indem Dampf mithilfe einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche in die zu erwärmende Flüssigkeit eingeleitet wird.

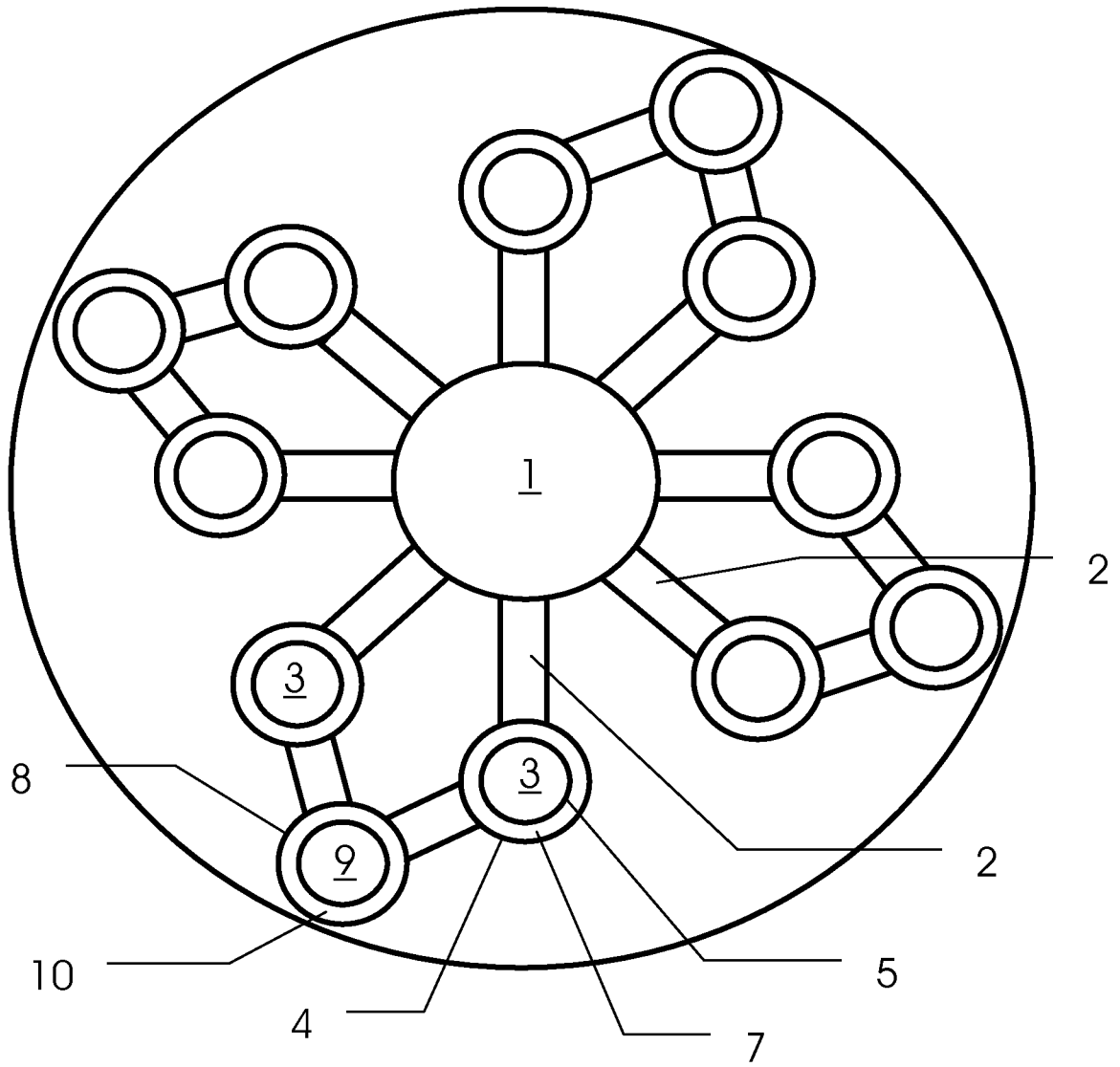


FIG. 1

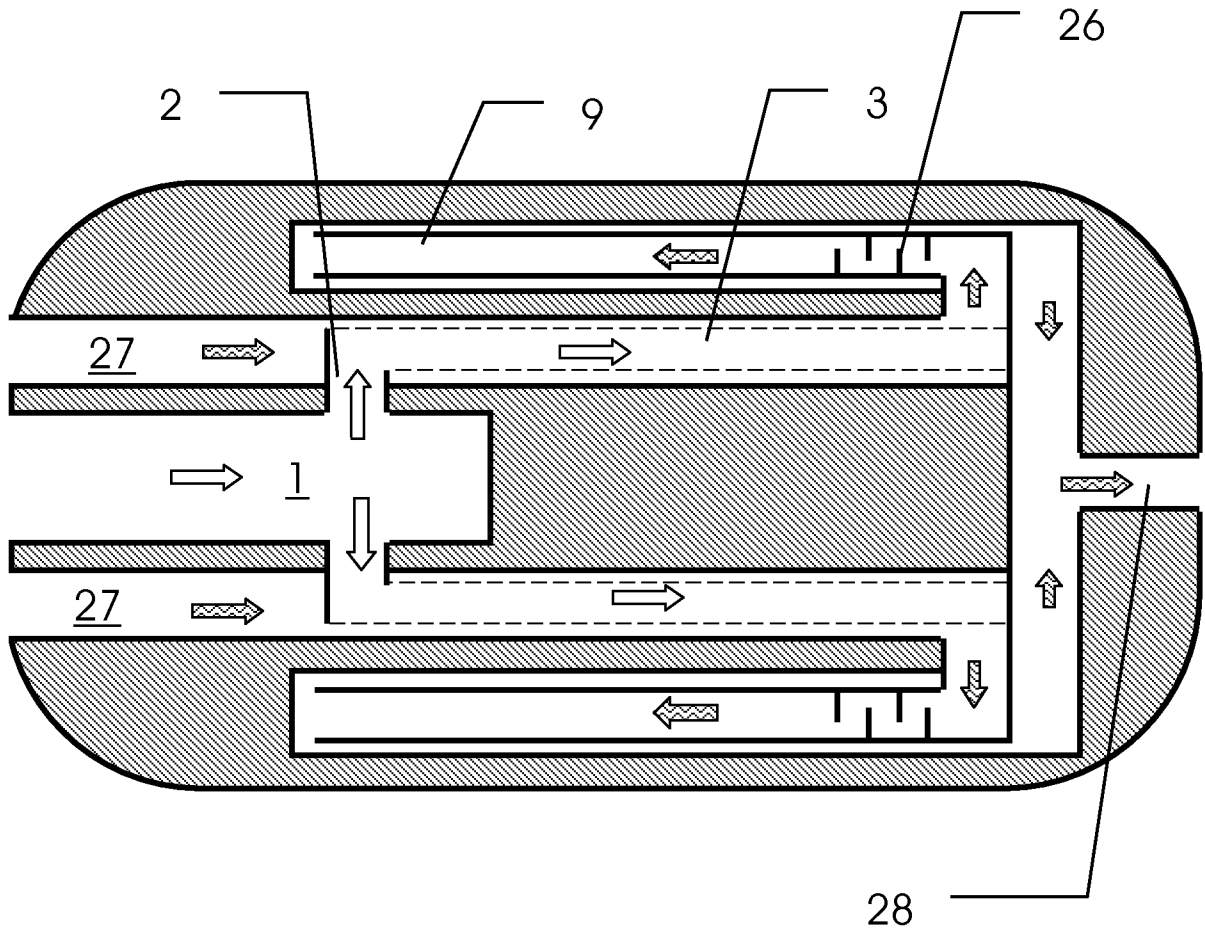


FIG. 2

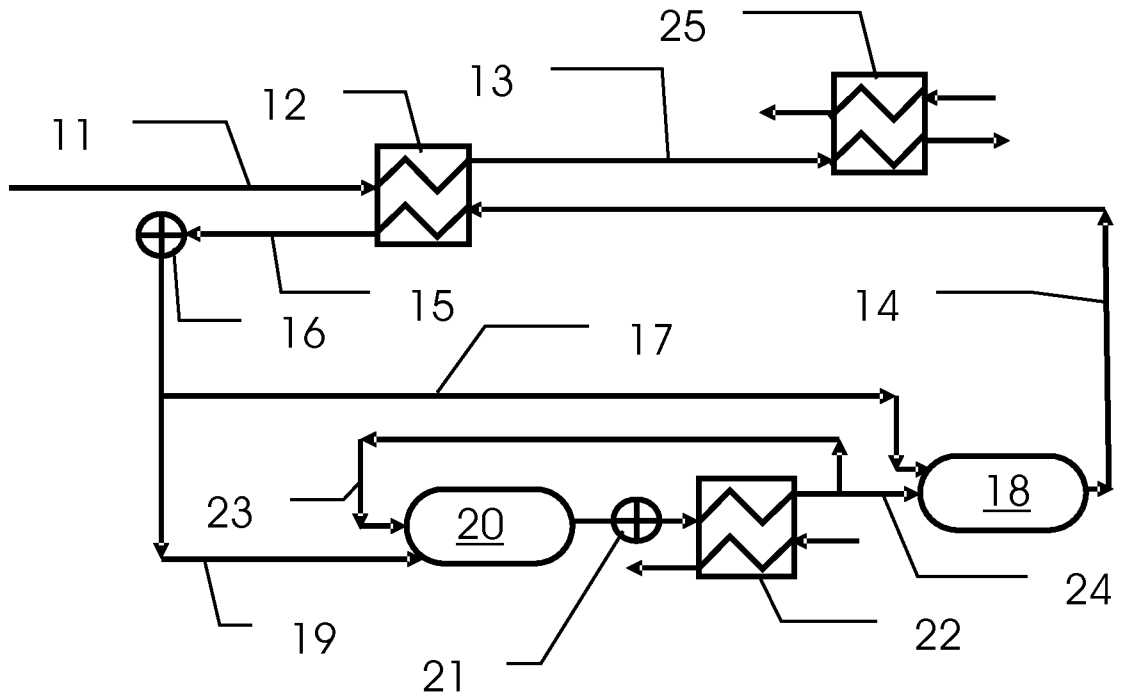


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/056423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F17C5/06 F17C9/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F17C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008/053110 A1 (BAUDAT NED P [US]) 6 March 2008 (2008-03-06) the whole document	1-8, 12-16, 25-27
Y	US 5 325 894 A (KOOY RICHARD J [US] ET AL) 5 July 1994 (1994-07-05) the whole document	1-8, 12-16, 25-27
Y	US 2005/274126 A1 (BAUDAT NED P [US]) 15 December 2005 (2005-12-15) the whole document	1-8, 12-16, 25-27
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
E earlier document but published on or after the international filing date	*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*&* document member of the same patent family
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 12 August 2009	Date of mailing of the international search report 20/08/2009
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040. Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Stängl, Gerhard

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/056423

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 238 296 A (SADHUKHAN PASUPATI [US]) 9 December 1980 (1980-12-09) column 6, line 15 - column 8, paragraph 43 -----	1-8, 12-16, 25-27
A	GB 1 451 767 A (HEAT RES CORP) 6 October 1976 (1976-10-06) page 1, line 67 - page 2, line 37 -----	1-27
A	US 2004/182082 A1 (SARANCHUK THEODORE CHARLES [US] ET AL) 23 September 2004 (2004-09-23) paragraph [0015] - paragraph [0197] -----	1-27
A	US 3 164 957 A (FRICKE EDWIN F) 12 January 1965 (1965-01-12) column 2, line 41 - column 4, line 24 -----	1-16
X	DE 42 10 738 A1 (SCHMIDT EDWIN [DE]) 24 December 1992 (1992-12-24)	17
Y	the whole document -----	25-27
A	EP 0 429 425 A1 (UNION CARBIDE IND GASES TECH [US]) 29 May 1991 (1991-05-29) column 3, line 51 - column 6, line 54 -----	17-27
A	EP 1 803 990 A1 (LINDE AG [DE]) 4 July 2007 (2007-07-04) paragraph [0009] -----	17-27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/056423

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008053110	A1	06-03-2008	NONE	
US 5325894	A	05-07-1994	CA 2110118 A1 CN 1106905 A JP 6213400 A MX 9307620 A1	08-06-1994 16-08-1995 02-08-1994 31-01-1995
US 2005274126	A1	15-12-2005	AU 2005257930 A1 EP 1756469 A1 US 2007186565 A1 WO 2006002030 A1	05-01-2006 28-02-2007 16-08-2007 05-01-2006
US 4238296	A	09-12-1980	NONE	
GB 1451767	A	06-10-1976	NONE	
US 2004182082	A1	23-09-2004	NONE	
US 3164957	A	12-01-1965	NONE	
DE 4210738	A1	24-12-1992	NONE	
EP 0429425	A1	29-05-1991	AU 627632 B2 AU 6666190 A BR 9005847 A CA 2030165 A1 ES 2043349 T3 JP 3209096 A US 5048721 A	27-08-1992 23-05-1991 24-09-1991 18-05-1991 16-12-1993 12-09-1991 17-09-1991
EP 1803990	A1	04-07-2007	DE 102006000627 A1	05-07-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/056423

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F17C5/06 F17C9/02

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F17C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2008/053110 A1 (BAUDAT NED P [US]) 6. März 2008 (2008-03-06) das ganze Dokument -----	1-8, 12-16, 25-27
Y	US 5 325 894 A (KOOY RICHARD J [US] ET AL) 5. Juli 1994 (1994-07-05) das ganze Dokument -----	1-8, 12-16, 25-27
Y	US 2005/274126 A1 (BAUDAT NED P [US]) 15. Dezember 2005 (2005-12-15) das ganze Dokument -----	1-8, 12-16, 25-27
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist | <ul style="list-style-type: none"> *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 12. August 2009	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 20/08/2009
---	---

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Stängl, Gerhard
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 238 296 A (SADHUKHAN PASUPATI [US]) 9. Dezember 1980 (1980-12-09) Spalte 6, Zeile 15 - Spalte 8, Absatz 43 -----	1-8, 12-16, 25-27
A	GB 1 451 767 A (HEAT RES CORP) 6. Oktober 1976 (1976-10-06) Seite 1, Zeile 67 - Seite 2, Zeile 37 -----	1-27
A	US 2004/182082 A1 (SARANCHUK THEODORE CHARLES [US] ET AL) 23. September 2004 (2004-09-23) Absatz [0015] - Absatz [0197] -----	1-27
A	US 3 164 957 A (FRICKE EDWIN F) 12. Januar 1965 (1965-01-12) Spalte 2, Zeile 41 - Spalte 4, Zeile 24 -----	1-16
X	DE 42 10 738 A1 (SCHMIDT EDWIN [DE]) 24. Dezember 1992 (1992-12-24)	17
Y	das ganze Dokument -----	25-27
A	EP 0 429 425 A1 (UNION CARBIDE IND GASES TECH [US]) 29. Mai 1991 (1991-05-29) Spalte 3, Zeile 51 - Spalte 6, Zeile 54 -----	17-27
A	EP 1 803 990 A1 (LINDE AG [DE]) 4. Juli 2007 (2007-07-04) Absatz [0009] -----	17-27

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/056423

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008053110	A1	06-03-2008	KEINE	
US 5325894	A	05-07-1994	CA 2110118 A1 CN 1106905 A JP 6213400 A MX 9307620 A1	08-06-1994 16-08-1995 02-08-1994 31-01-1995
US 2005274126	A1	15-12-2005	AU 2005257930 A1 EP 1756469 A1 US 2007186565 A1 WO 2006002030 A1	05-01-2006 28-02-2007 16-08-2007 05-01-2006
US 4238296	A	09-12-1980	KEINE	
GB 1451767	A	06-10-1976	KEINE	
US 2004182082	A1	23-09-2004	KEINE	
US 3164957	A	12-01-1965	KEINE	
DE 4210738	A1	24-12-1992	KEINE	
EP 0429425	A1	29-05-1991	AU 627632 B2 AU 6666190 A BR 9005847 A CA 2030165 A1 ES 2043349 T3 JP 3209096 A US 5048721 A	27-08-1992 23-05-1991 24-09-1991 18-05-1991 16-12-1993 12-09-1991 17-09-1991
EP 1803990	A1	04-07-2007	DE 102006000627 A1	05-07-2007