



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:
24.07.2024 Patentblatt 2024/30

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F22B 1/18 (2006.01) F28D 1/02 (2006.01)
F28D 21/00 (2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 23020020.6

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F22B 1/18; B01B 1/02; B01B 1/08; F28D 1/0213;
F28D 7/10; F28D 21/0003; F28D 2021/0033;
F28D 2021/0064

(22)

Anmeldetag: 18.01.2023

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- Lemme, Volkmar
82049 Pullach (DE)
- Murer, Martin
82049 Pullach (DE)
- Gugel, Kay-Oliver
82049 Pullach (DE)
- Mistry, Nary
82049 Pullach (DE)

(71)

Anmelder: Linde GmbH
82049 Pullach (DE)

(74)

Vertreter: Lu, Jing
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(72)

Erfinder:

- Bokker, Fokke
82049 Pullach (DE)

(54)

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM VERDAMPFEN UND ERWÄRMEN EINES KRYOGENEN MEDIIUMS

(57)

Die Erfindung betrifft Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verdampfen eines flüssigen kryogenen Medium (107) und Erwärmen des verdampften kryogenen Medium (108), wobei das kryogene Medium in einem ersten Wärmetauscher (105) mit einem ersten Wärmeträgermedium (100) in Wärmetausch tritt und verdampft wird, wobei das erste Wärmeträgermedium (100) seinerseits mittels mindestens eines Stromes von Rauchgas (103) erwärmt wird, und wobei das verdampfte kryogene Medium (108) zumindest zum Teil durch Wärmetausch

mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) und/oder mit einem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Brenner (104) weiter erwärmt wird und/oder wobei das verdampfte kryogene Medium (108) zumindest zum Teil durch Wärmetausch mit einem Zwischenwärmeträgermedium weiter erwärmt wird, wobei das Zwischenwärmeträgermedium durch Wärmetausch mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) und/oder mit dem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Brenner (104) erwärmt wird.

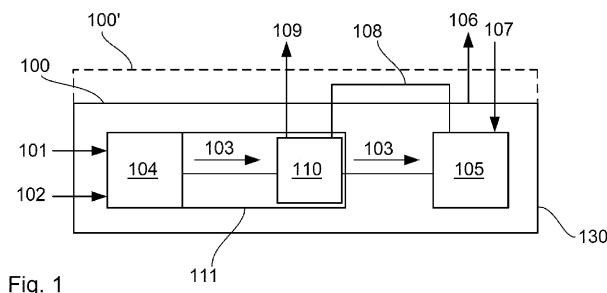


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verdampfen eines flüssigen kryogenen Medium und Erwärmen bzw. Überhitzen des verdampften kryogenen Medium.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Entsprechende Vorrichtungen sind beispielsweise als Tauchflammenverdampfer bzw. Tauchbrennerverdampfer (engl.: "submerged combustion vaporizer", im Folgenden SCV) bekannt. SCVs werden üblicherweise zur Verdampfung kryogener Flüssigkeiten wie LNG (liquified natural gas) eingesetzt, wozu ein Wasserbad mit typischen Temperaturen zwischen 10 und 50°C verwendet wird. Die zu verdampfende kryogene Flüssigkeit wird durch einen in diesem Wasserbad befindlichen Wärmetauscher geleitet. Das Wasserbad selbst wird von Rauchgasströmen eines Brenners erwärmt, dessen Brennerflamme eine Temperatur von über 1000°C besitzt. Beispielsweise kann sich die Brennkammer des Brenners ganz oder teilweise in dem Wasserbad befinden und das Brennerabgas bzw. Rauchgas über entsprechend verteilte Rauchgasauslässe in das Wasserbad eingedüst werden. Insgesamt kann das Wasserbad dennoch in guter Näherung als isotherme Wärmequelle verstanden werden, woraus folgt, dass das verdampfte kryogene Fluid nicht ohne weiteres oberhalb der Wasserbadtemperatur erwärmt werden kann.

[0003] Die WO 2011/066939 A1 schlägt einen zweistufigen Verbrennungsprozess vor, um ein kryogenes Fluid zu verdampfen und anschließend weiter zu erwärmen bzw. zu überhitzen (engl.: "superheating"). Hierzu wird das kryogene Fluid durch einen ersten Wärmetauscher geleitet, der als SCV ausgebildet ist, also ein Wasserbad aufweist, welches durch Rauchgas erwärmt wird. Verdampftes kryogenes Fluid wird anschließend durch einen zweiten Wärmetauscher geleitet, der ebenfalls mit Rauchgas erwärmt wird. Das aus dem zweiten Wärmetauscher austretende Rauchgas kann aufgrund seines Restsauerstoffgehaltes als Oxidationsmittel für den Brenner zur Erzeugung von Rauchgas für den ersten Wärmetauscher verwendet werden. Eine derartige zweistufige Verdampfung/Erwärmung von kryogenem Fluid erlaubt das Erreichen hoher Ausgangstemperaturen der überhitzten Gasphase, kann jedoch im Aufbau komplex sein und zu einem hohen Energieeinsatz führen.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Verdampfen eines flüssigen kryogenen Medium bzw. Fluid und Erwärmen bzw. Überhitzen des verdampften kryogenen Medium bzw. Fluid gemäß den unabhängigen Patentansprüchen. Weitere Vorteile und Ausführungsbeispiele der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung sowie den

abhängigen Patentansprüchen.

[0005] Bei dem vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahren zum Verdampfen eines flüssigen kryogenen Medium und Erwärmen des verdampften kryogenen Medium wird zunächst das kryogene Medium in einen ersten Wärmetauscher bzw. Wärmeübertrager mit einem ersten Wärmeträgermedium in Wärmetausch gebracht, um Wärme auf das kryogene Medium zu übertragen und es zu verdampfen und optional weiter zu erwärmen, also zu überhitzen (engl. "superheating"), wobei das erste Wärmeträgermedium seinerseits mittels mindestens eines Stroms vom Rauchgas erwärmt wird. Dieser Aufbau kann dem oben behandelten SCV entsprechen. In der Regel wird das flüssige kryogene Medium dabei nicht nur verdampft, sondern je nach Art und Zusammensetzung auch schon um einige 10 bis 100 K überhitzt. Das verdampfte kryogene Medium wird anschließend zumindest zum Teil durch Wärmetausch mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas und/oder mit einem zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenner weiter erwärmt bzw. überhitzt (im Folgenden auch als "direkter Wärmetausch" bezeichnet). Alternativ oder zusätzlich wird das verdampfte kryogene Medium zumindest zum Teil durch Wärmetausch mit einem Zwischenwärmeträgermedium weiter erwärmt bzw. überhitzt (im Folgenden auch als "indirekter Wärmetausch" bezeichnet, wobei das Zwischenwärmeträgermedium durch Wärmetausch mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas und/oder mit dem zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenner erwärmt wird. Die vorliegende Erfindung vermeidet somit einen zweiten Verbrennungsprozess, indem sie die vorhandene Hochtemperaturwärme, die für den Verdampfungsprozess erzeugt wird, weiter und besser ausnutzt.

[0006] Bei dem "Brenner" kann es sich um eine Brenneinrichtung handeln, die einen oder mehrere Ströme Rauchgas erzeugt, die in das erste Wärmeträgermedium bzw. das Wasserbad eines SCV geleitet werden und dieses erwärmen. Der Brenner wird typischerweise mit Verbrennungsluft und Brenngas versorgt, die in einer Brennkammer gemischt und verbrannt werden. Verbrennungsluft kann dabei auch mittels eines Ventilators in die Brennkammer gedrückt werden. Das durch die Verbrennung entstehende Rauchgas wird in ein oder mehrere Verteilerrohre geleitet, das bzw. die sich in das Innere des Tanks des SCV erstrecken und Ausgangsöffnungen aufweisen, durch die Rauchgas austritt, um sich im Inneren des Tanks auszubreiten und das erste Wärmeträgermedium bzw. Wasserbad zu erwärmen.

[0007] In diesem Zusammenhang wurde festgestellt, dass eine Erhöhung der Wasserbadtemperatur eines SCVs entsprechend einer Erhöhung der Temperatur des ersten Wärmeträgermedium zur Erzielung höherer Ausgangstemperaturen des erwärmten bzw. überhitzten kryogenen Medium kontraproduktiv ist, da es mit einer geringeren Prozesswirksamkeit aufgrund einer geringeren Kondensationsrate des im Verbrennungsprozess erzeugten Wasserdampfes einhergeht. Zudem muss in

diesem Fall der Querschnitt der Rohre des Rohrbündels des ersten Wärmetauschers stark vergrößert werden, da die treibende Temperaturdifferenz bei höheren Ausgangstemperaturen geringer ausfällt. Die Prozesseffektivität nimmt somit zu, je geringer die Wasserbadtemperatur bzw. die Temperatur des ersten Wärmeträgermedium ist.

[0008] Eine weitere Besonderheit besteht bei flüssigem Wasserstoff (LH2) als kryogenes Medium: zur Speicherung von LH2 wird dieses in Parawasserstoff gewandelt. Die Rückwandlung in den Gleichgewichtszustand mit etwa 75% Orthowasserstoff, Rest Parawasserstoff, ist endotherm. Damit diese Rückwandlung nicht im SCV stattfindet, sondern in einem katalytischen Wandler stromabwärts, sollte der Wasserstoff auf Temperaturen von 35 bis 40°C überhitzt werden, sodass er den katalytischen Wandler bei einer Temperatur von oberhalb 0°C verlässt, um ein Gefrieren der Leitungen zu vermeiden. Solch hohe Ausgangstemperaturen bei einer Wasserbadtemperatur von 50°C zu erreichen, ist jedoch nicht ökonomisch, sodass nach anderen Lösungen gesucht werden muss.

[0009] Die vorliegende Erfindung eignet sich für verschiedene flüssige kryogene Medien bzw. Fluide, die bei unterschiedlichen Ausgangstemperaturen vorliegen können. Beispielsweise kann verflüssigter Stickstoff, verflüssigtes Erdgas (LNG) oder verflüssigter Wasserstoff (LH2) verdampft und anschließend überhitzt werden. Die Ausgangstemperaturen hängen im Wesentlichen von den Anforderungen der nachgeschalteten Prozesse ab. Für Wasserstoff können die Ausgangstemperaturen beispielsweise bei 45°C oder auch darüber (bis hin zu 500°C) liegen, bei Stickstoff bis 200°C (oder darüber hinaus). Eine geeignete Wasserbadtemperatur bzw. die Temperatur des ersten Wärmeträgermedium liegt zwischen 10°C und 50°C, vorteilhafterweise bei 10°C bis 25°C. Je tiefer die Wasserbadtemperatur, desto effektiver ist der Prozess, wie bereits oben beschrieben. Auch Wasserbadtemperaturen von unterhalb 10°C, beispielsweise 5°C, können geeignet sein.

[0010] Die vorliegende Erfindung ermöglicht höhere Ausgangstemperaturen des überhitzten verdampften kryogenen Medium, insbesondere ohne die Wasserbadtemperatur bzw. die Temperatur des ersten Wärmeträgermedium zu erhöhen und dadurch an Prozesseffektivität einzubüßen. Außerdem kann auf eine zweite Brennkammer bzw. eine zweite Rauchgaserwärmung zum (weiteren) Überhitzen des verdampften kryogenen Medium verzichtet werden, wodurch die Komplexität der Gesamtvorrichtung verringert wird.

[0011] Die Erfindung unterscheidet zwischen einem "direkten Wärmetausch" (d.h. ohne Zwischenwärmeträgermedium) zwischen dem verdampften und optional bzw. zumeist bereits überhitzten kryogenen Medium und dem mindestens einen Strom vom Rauchgas und/oder mit dem zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenner und einem "indirekten Wärmetausch" über ein Zwischenwärmeträgermedium, wobei hier Wärme von

diesem mindestens einen Strom vom Rauchgas und/oder von dem zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenner über das Zwischenwärmeträgermedium auf das verdampfte und optional bzw. zumeist bereits überhitzte kryogene Medium übertragen wird. Dies führt zu mehreren Optionen, die getrennt voneinander oder aber in verschiedenen Kombinationen miteinander realisiert werden können.

[0012] Bei einer ersten Option ("Option 1"), bei der das weitere Erwärmen bzw. Überhitzen des verdampften kryogenen Medium mittels direktem Wärmetausch erfolgt, tritt das verdampfte kryogene Medium in einem zweiten Wärmetauscher mit dem mindestens einen Strom vom Rauchgas und/oder mit dem zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenner in Wärmetausch, wobei dieser zweite Wärmetauscher in dem mindestens einen Strom von Rauchgas und/oder an dem zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenner angeordnet ist. Der zweite Wärmetauscher wird hierzu folglich direkt in den Rauchgasweg zwischen dem Brenner und den Auslassöffnungen für das Rauchgas, durch die das Rauchgas in das erste Wärmeträgermedium bzw. das Wasserbad strömt, gesetzt. Prinzipiell kann der zweite Wärmetauscher auch direkt an dem Brenner selbst angeordnet werden, um dessen Wärme an das verdampfte kryogene Medium zu übertragen. Der erste Wärmetauscher ist im Falle eines SCVs der im Wasserbad befindliche Hauptwärmetauscher für die Verdampfung des flüssigen kryogenen Medium. Auf diese Weise kann vorhandene Wärme des Hochtemperatur-Rauchgases bzw. des eingesetzten Brenners wirksam genutzt werden. Die Ausgangstemperatur des weiter erwärmten bzw. überhitzten kryogenen Medium kann beispielsweise mittels eines Bypass-Ventils, das zumindest einen Teil des verdampften kryogenen Medium zu dem zweiten Wärmetauscher führt, eingestellt bzw. gesteuert bzw. geregelt werden.

[0013] Bei einer zweiten Option ("Option 2"), bei der das weitere Erwärmen bzw. Überhitzen mittels indirektem Wärmetausch erfolgt, tritt das verdampfte kryogene Medium in einem dritten Wärmetauscher mit einem ersten Zwischenwärmeträgermedium in Wärmetausch, wobei das erste Zwischenwärmeträgermedium Wärme von dem zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenner aufnimmt. Unter "Brenner" sollen hierbei alle Komponenten verstanden werden, die am Ort der Brennerflamme bis hin zu den Austrittsöffnungen für das Rauchgas vorhanden sind. Diese Komponenten des Brenners befinden sich naturgemäß aufgrund der hohen Flammentemperaturen und aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit der Komponenten auf hohen Temperaturen, sodass die Wärme dieser Komponenten auf das erste Zwischenwärmeträgermedium übertragen werden kann. Dieses Zwischenwärmeträgermedium kann beispielsweise unter Druck stehendes Wasser sein. Die Wärmeübertragung kann mittels eines oder mehrerer ("siebter") Wärmetauscher erfolgen, die mit zumindest einem Teil einer Innenwand und/oder Außenwand des Brenners wärmeleitend verbunden sind. Das derart erwärmte erste

Zwischenwärmeträgermedium wird dann dem genannten dritten Wärmetauscher zugeführt, um das verdampfte kryogene Medium weiter zu erwärmen bzw. zu überhitzen. Es ist auch möglich, dass der dritte Wärmetauscher selbst - zumindest zum Teil - mit zumindest einem Teil einer Innenwand und/oder Außenwand des Brenners wärmeleitend verbunden ist, um das erste Zwischenwärmeträgermedium zu erwärmen, das dann an anderer Stelle Wärme an das verdampfte kryogene Medium abgibt. Die Durchnummerierung der Wärmetauscher sowie der Zwischenwärmeträgermedien erfolgt naturgemäß zur besseren Unterscheidbarkeit der einzelnen Wärmetauscher bzw. Zwischenwärmeträgermedien, insbesondere bei Kombinationen der hier geschilderten Optionen.

[0014] Option 2 nutzt folglich die vorhandene Hochtemperatur-Wärme des zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenners zur effektiven Überhitzung des kryogenen Medium. Wiederum kann nur ein Teil des verdampften kryogenen Medium in dem genannten dritten Wärmetauscher geleitet werden. Es ist auch möglich, einen weiteren Teil in den zweiten Wärmetauscher gemäß Option 1 zu leiten und somit die Optionen 1 und 2 zu kombinieren.

[0015] In einer Ausgestaltung kann das erste Zwischenwärmeträgermedium zumindest zum Teil in Wärmetausch mit dem ersten Wärmeträgermedium bzw. dem Wasserbad des SCVs treten. Auf diese Weise kann überschüssige Wärme an das Wasserbad bzw. das erste Wärmeträgermedium abgegeben werden, um die Ausgangstemperatur wirksam zu kontrollieren.

[0016] Das erste Zwischenwärmeträgermedium, beispielsweise Wasser, wird über eine Pumpe durch den dritten Wärmetauscher gepumpt, wobei ein Verdampfen des Wassers möglichst vermieden werden soll. Bei Einsatz eines SCV kann der dritte Wärmetauscher außerhalb des Wasserbades, prinzipiell aber auch innerhalb des Wasserbades angeordnet sein. Aufgrund des Wärmetausches mit dem ersten Zwischenwärmeträgermedium wird bei dieser Option 2 folglich die Brennkammer gekühlt.

[0017] Bei der Option 2 kann, wie bereits ausgeführt, als erstes Zwischenträgermedium eine Flüssigkeit wie Wasser verwendet werden, die durch den dritten Wärmetauscher gepumpt wird, oder ein Gas wie verdampftes Wasser verwendet werden, das durch den dritten Wärmetauscher (in natürlicher Weise) zirkuliert oder mittels einer Pumpe gepumpt wird. Die Temperatur des ersten Zwischenwärmeträgermedium kann kontrolliert oder geregelt werden. Hierzu kann kühleres Wasser von dem Wasserbad bzw. allgemeiner kühleres erstes Wärmeträgermedium eingesetzt werden, das in das Zwischenwärmeträgermedium (bspw. ebenfalls Wasser) geleitet wird, oder warmes Wasser oder Wasserdampf (im Falle von Wasser als Zwischenwärmeträgermedium) können in das Wasserbad bzw. allgemeiner das erste Wärmeträgermedium geleitet werden.

[0018] Bei einer dritten Option ("Option 3), bei der das

weitere Erwärmen mittels indirektem Wärmetausch erfolgt, tritt das verdampfte kryogene Medium über einen vierten Wärmetauscher in Wärmetausch mit einem zweiten Zwischenwärmeträgermedium, wobei das zweite Zwischenwärmeträgermedium über einen fünften Wärmetauscher in Wärmetausch mit dem mindestens einen Strom vom Rauchgas tritt, wobei der fünfte Wärmetauscher in dem mindestens einen Strom von Rauchgas angeordnet ist. Diese Option ähnelt somit der Option 1, wobei statt eines direkten Wärmetausches ein indirekter Wärmetausch vorgenommen wird. Das zweite Zwischenwärmeträgermedium kann dem heißen Abgas/Rauchgas Wärme entziehen. Somit kann der Prozess effektiv geführt werden.

[0019] Als zweites Zwischenwärmeträgermedium kann wiederum eine Flüssigkeit wie Wasser verwendet werden, die durch den vierten Wärmetauscher gepumpt wird, oder ein Gas wie verdampftes Wasser, das durch den vierten Wärmetauscher (auf natürliche Weise) zirkuliert oder mittels einer Pumpe gepumpt wird. Wiederum kann die Temperatur des zweiten Zwischenwärmeträgermedium kontrolliert oder geregelt werden. Hierzu kann überschüssige Wärme an das erste Wärmeträgermedium bzw. das Wasserbad eines SCVs abgegeben werden. Alternativ oder zusätzlich kann eine Sprühdüse eingesetzt werden, um ein Kühlmittel, optional erstes Wärmeträgermedium in den mindestens einen Strom von Rauchgas zu leiten, um die auf das zweite Zwischenwärmeträgermedium übertragene Wärme zu kontrollieren. Da das erste Wärmeträgermedium bzw. das Wasserbad eines SCVs die primäre Wärmesenke der Rauchgasströme darstellt, beeinflussen die genannten Temperatursteuermechanismen nicht die Gesamtwirksamkeit der Verdampfung des flüssigen kryogenen Medium.

[0020] Bei einer vierten Option ("Option 4"), bei der das weitere Erwärmen bzw. Überhitzen mittels indirektem Wärmetausch erfolgt, wird ein sechster Wärmetauscher verwendet, der ein Doppelmantelrohr aufweist, wobei durch das innere Rohr des Doppelmantelrohres geführtes verdampftes kryogenes Medium in Wärmetausch mit einem dritten Zwischenwärmeträgermedium tritt, das durch das äußere Rohr des Doppelmantelrohres geführt wird, wobei der sechste Wärmetauscher in dem mindestens einen Strom von Rauchgas angeordnet ist. Das dritte Zwischenwärmeträgermedium kann dem heißen Abgas/Rauchgas hinter dem Austritt aus dem Brenner Wärme entziehen. Diese Option 4 ähnelt somit der Option 3, wobei hier ein spezieller Wärmetauscher mit einem Doppelmantelrohr verwendet wird.

[0021] Als drittes Zwischenwärmeträgermedium kann bei Option 4 erstes Wärmeträgermedium bzw. Wasser aus dem Wasserbad eines SCVs verwendet werden, das durch den sechsten Wärmetauscher, insbesondere durch das äußere Rohr des Doppelmantelrohres, gepumpt wird. Selbstverständlich ist es auch möglich, Wasser oder ein anderes drittes Zwischenwärmeträgermedium aus einem anderen Vorratsbehälter zu verwenden. Wiederum kann die Temperatur des dritten Zwischen-

wärmeträgermedium wie bei Option 3 kontrolliert oder geregelt werden. Außerdem kann die Temperatur auch über die Flussrate des durch den sechsten Wärmetauscher gepumpten dritten Zwischenwärmeträgermedium eingestellt werden.

[0022] Bei Option 4 kann insbesondere der Druck im inneren und/oder im äußeren Rohr des Doppelmantelrohres des sechsten Wärmetauschers gemessen werden. Auf diese Weise kann beispielsweise ein Schaden oder Leck im äußeren Rohr mittels eines Druckabfalles in diesem äußeren Rohr, durch dass das dritte Zwischenwärmeträgermedium gepumpt wird, detektiert werden. Sollte ein solcher Schaden im inneren Rohr, durch das das verdampfte kryogene Medium geführt wird, auftreten, würde der Druck im äußeren Rohr ansteigen, sodass auf diese Weise ein Schaden des inneren Rohres detektiert werden kann.

[0023] Wie bereits mehrfach ausgeführt, ist es zweckmäßig, für die Erfindung einen SCV einzusetzen, der ein Wasserbad in einem Tank aufweist, wobei die Hauptkomponenten, insbesondere der erste Wärmetauscher sowie die Auslassöffnungen für das Rauchgas, in diesem Tank angeordnet sind. Weiterhin können die Hauptkomponenten des Brenners in dem Tank angeordnet sein. Der Brenner weist in der Regel eine Brennkammer auf, in der ein Brennstoff mit sauerstoffhaltigem Gas verbrannt wird. Das entstehende Rauchgas wird üblicherweise mittels des Ventilators, der zur (weiteren) Luftzufuhr bei der Verbrennung dient bzw. dienen kann, in ein Verteilerrohr geleitet, das durch einen Teil des Tanks führt und an dem Auslassöffnungen für das Rauchgas vorhanden sind, durch die das Rauchgas in das Wasserbad einströmt. Bei dieser Ausführungsform kann insbesondere in dem mit Wasser gefüllten Bereich des Tanks zumindest ein Teil des zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenners, insbesondere nämlich die Brennkammer und das Verteilerrohr, angeordnet sein und/oder jeweils zumindest zum Teil sämtliche genannten Wärmetauscher. Wie anhand der Ausführungsbeispiele noch näher erläutert, kann es zweckmäßig sein, beispielsweise den dritten Wärmetauscher und den vierten Wärmetauscher außerhalb des mit Wasser gefüllten Bereiches des Tanks anzuordnen.

[0024] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens, wobei die mit den verschiedenen Verfahren, insbesondere mit den verschiedenen Verfahrensoptionen (Option 1 bis Option 4), beschriebenen Merkmale auch für die beanspruchte Vorrichtung gültig sind. Insofern sei auf eine detaillierte Beschreibung der entsprechenden Vorrichtungsmerkmale hier verzichtet, um Wiederholungen zu vermeiden.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0025]

Figur 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel ei-

ner erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Verdampfen und Überhitzen eines kryogenen Mediums gemäß Option 1,

Figur 2 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Verdampfen und Überhitzen eines kryogenen Mediums gemäß Option 2,

Figur 3 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Verdampfen und Überhitzen eines kryogenen Mediums gemäß Option 3,

Figur 4 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Verdampfen und Überhitzen eines kryogenen Mediums gemäß Option 4,

Figur 5 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Verdampfen und Überhitzen eines kryogenen Mediums gemäß Optionen 1 und 2 und

Figur 6 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Verdampfen und Überhitzen eines kryogenen Mediums gemäß Optionen 3 und 4.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0026] Die Figuren werden übergreifend beschrieben, gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche oder funktionsgleiche Elemente. Wenngleich die Figuren 1 bis 4 vier verschiedene mögliche Optionen zur Durchführung der Erfindung veranschaulichen, sei darauf hingewiesen, dass verschiedene Kombinationen der gezeigten Optionen möglich sind, wie sie beispielhaft in den Figuren 5 und 6 gezeigt sind. Prinzipiell können auch alle vier Optionen gemeinsam realisiert sein. Hierzu ist lediglich der Strom des verdampften kryogenen Mediums 108 über entsprechende Bypass-Ventile wenigstens zum Teil in die zu den jeweiligen Optionen gehörigen Wärmetauscher zu leiten. Auch wenn einzelne Kombinationen der nachfolgenden Ausführungsbeispiele nicht explizit beschrieben sind, sollen sie dennoch zur Offenbarung der vorliegenden Patentanmeldung gehören.

[0027] Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel zur Durchführung eines Verfahrens gemäß der oben beschriebenen Option 1. 130 bezeichnet einen Tank, der mit einem ersten Wärmeträgermedium 100 gefüllt ist. Die Füllhöhe reicht üblicherweise bis zur durchgezogenen

oberen horizontalen Linie, kann jedoch auch bis zur oberen gestrichelten horizontalen Linie (100') reichen. Entsprechend sind mehr oder weniger Komponenten der Vorrichtung im Bad des ersten Wärmeträgermedium 100. Im Falle des eingangs beschriebenen SCV, Submerged Combustion Vaporizer, handelt es sich um ein Wasserbad in einem Tank 130. Der Einfachheit halber soll im Folgenden ohne Beschränkung der Allgemeinheit dieser Fall betrachtet werden. Das Wasserbad 100 wird von einem Brenner oder allgemeiner von einer Brenneinrichtung 104 beheizt. 104 kann beispielsweise die Brennkammer des Brenners bzw. der Brenneinrichtung bezeichnen. Eine sich in eine gewisse Tiefe des Tanks 130 erstreckende

[0028] Rauchgasleitung dient als Verteilerrohr 111, durch das Rauchgas 103 in Pfeilrichtung strömt und das Ausgangsöffnungen aufweist, durch die Rauchgas 103 austritt, um sich in Pfeilrichtung im Inneren des Tanks 130 auszubreiten. Das Rauchgas kann anschließend über einen Kamin 106 den Tank 130 verlassen. Der Brenner 104 wird mit Verbrennungsluft 101 und einem Brenngas 102 versorgt. Das durch Verbrennung entstehende Abgas/Rauchgas erwärmt das Wasserbad 100. Ein verflüssigtes bzw. flüssiges kryogenes Medium bzw. Fluid 107 wird über eine Leitung in einen ersten Wärmetauscher 105 geführt, der sich im Wasserbad 100 befindet. Durch Wärmetausch des flüssigen kryogenen Medium 107 mit dem Wasserbad 100 wird das flüssige kryogene Medium 107 verdampft und in der Regel bereits etwas überhitzt. Das verdampfte kryogene Medium 108 wird aus dem Wärmetauscher 105 herausgeleitet. Um die Temperatur des verdampften kryogenen Medium 108 weiter zu erhöhen, ohne die Prozesseffektivität zu verringern, wird erfindungsgemäß die vorhandene durch die Verbrennung des Brenngases entstehende Wärme weiter genutzt, ohne hierdurch die Temperatur des Wasserbades zu beeinflussen.

[0029] Gemäß Option 1 wird das verdampfte kryogene Medium 108 in einen zweiten Wärmetauscher 110 geleitet, wobei wie in Figur 1 schematisch dargestellt der zweite Wärmetauscher 110 in dem mindestens einen Strom von Rauchgas 103, hier beispielhaft im Verteilerrohr 111, angeordnet ist. Hierdurch kann die Wärme des Rauchgases effektiv genutzt werden, um durch direkten Wärmetausch mit dem im Verteilerrohr 111 strömenden Rauchgas das kryogene Medium 108 zu überhitzen (109).

[0030] Gemäß einer weiteren Option (Option 2) wird die weitere Erwärmung bzw. Überhitzung mittels indirektem Wärmetausch vorgenommen. Option 2 ist in Figur 2 schematisch dargestellt. Das verdampfte kryogene Medium 108 tritt in gleicher Weise wie im Zusammenhang mit Option 1 erläutert aus dem ersten Wärmetauscher 105 und wird in einen dritten Wärmetauscher 112 geleitet um dort über ein erstes Zwischenwärmträgermedium 113, 114 Wärme zu tauschen und anschließend im überhitzten Zustand den Wärmetauscher 112 als überhitztes kryogenes Medium 109 zu verlassen. Gemäß Option 2

wird für diesen indirekten Wärmetausch die Wärme genutzt, die der Brenner 104 bzw. die Komponente dieses Brenners bzw. der Brenneinrichtung 104 aufgrund der Verbrennung des Brenngases 102 und der guten Wärmeleitfähigkeit der üblicherweise metallischen Komponenten des Brenners 104 aufweist. Die Wärmeübertragung auf das Zwischenträgermedium 113, 114 kann mittels eines oder mehrerer weiterer Wärmetauscher erfolgen, die zumindest zum Teil mit zumindest einem Teil einer Innenwand (vgl. Figur 5) und/oder Außenwand des Brenners 104, insbesondere der Brennkammer, wärmeleitend verbunden sind. Dieser eine oder diese mehreren Wärmetauscher können auch als siebter Wärmetauscher bezeichnet sein. Die Durchnummerierung der Wärmetauscher erfolgt naturgemäß zur besseren Unterscheidbarkeit der einzelnen Wärmetauscher. Dieser siebte Wärmetauscher kann beispielsweise spiralförmig sich über die Brennkammer des Brenners 104 erstrecken, wodurch die Brennkammer gekühlt und das erste Zwischenwärmträgermedium 113, 114 erwärmt wird. Das entsprechend erwärmte Zwischenwärmträgermedium 114 wird dem dritten Wärmetauscher 112 zugeführt, in dem es das verdampfte kryogene Medium 108 erhitzt bzw. überhitzt. Hierdurch abgekühltes erstes Zwischenwärmträgermedium 113 wird anschließend wieder dem siebten Wärmetauscher (hier nicht gesondert dargestellt) zugeführt. In einer anderen Ausgestaltung erstreckt sich der dritte Wärmetauscher 112 in einem Teil über zumindest einen Teil einer Innenwand/Außenwand des Brenners 104, um in dessen Leitungen zirkulierenden erstes Zwischenwärmträgermedium 113 zu erhitzen, welches anschließend an einer anderen Stelle in Wärmetausch mit dem verdampften kryogenen Medium 108 tritt.

[0031] Figur 2 zeigt schematisch anhand der oben erwähnten unterschiedlichen Wasserstände des Wasserbades 100, dass der dritte Wärmetauscher 112 außerhalb des Wasserbades 100 liegen kann. Es ist jedoch auch möglich, insbesondere bei entsprechenden Unterbringungsmöglichkeiten, den dritten Wärmetauscher 112 ebenfalls in das Wasserbad 100 einzubringen.

[0032] Figur 3 zeigt schematisch eine Ausführungsform zur Realisierung der oben beschriebenen Option 3 gemäß Erfindung. Wiederum verlässt zunächst verdampft kryogenes Medium 108 den ersten Wärmetauscher 105. Anschließend erfolgt ein indirekter Wärmetausch unter Verwendung eines zweiten Zwischenwärmträgermedium 117, 118. Letzteres wird in einem fünften Wärmetauscher 115 erwärmt, wobei der fünfte Wärmetauscher 115 in dem mindestens einen Strom von Rauchgas 103 angeordnet ist. Insofern sei auf die Erläuterungen in Zusammenhang mit Option 1 verwiesen. Zweites Zwischenwärmträgermedium 117 wird dem fünften Wärmetauscher 115 zugeführt, wodurch es sich erwärmt und den fünften Wärmetauscher 115 in erwärmter Form als Zwischenwärmträgermedium 118 verlässt. In dieser Form wird es dem vierten Wärmetauscher 116 zugeführt, in dem es mit dem verdampften kryogenen

Medium 108 in Wärmetausch tritt, um überhitztes kryogenes Medium 109 zu erzeugen, das den vierten Wärmetauscher 116 verlässt. Die Nummerierung der Zwischenwärmeträgermedien erfolgt wiederum nur aus Gründen der besseren Unterscheidbarkeit bei den einzelnen Optionen.

[0033] Wiederum zeigt der optionale Wasserstand des Wasserbades 100 an, dass der vierte Wärmetauscher 116 prinzipiell außerhalb des Wasserbades 100, aber auch innerhalb des Wasserbades 100' angeordnet sein kann.

[0034] Schließlich zeigt Figur 4 eine Ausführungsform zur Umsetzung der oben beschriebenen Option 4 der Erfindung. Wiederum tritt zunächst verdampft kryogenes Medium 108 aus dem ersten Wärmetauscher 105 aus. Die weitere Erwärmung bzw. Überhitzung erfolgt auch hier mittels indirektem Wärmetausch, also vermittelt eines Zwischenwärmeträgermedium, hier des dritten Zwischenwärmeträgermedium 121, 122. Gemäß Option 4 wird ein sechster Wärmetauscher 119 verwendet, der ein Doppelmantelrohr aufweist, der ein inneres Rohr, in Figur 4 als Element 120 bezeichnet, und ein äußeres Rohr aufweist. Durch das innere Rohr 120 wird das verdampfte kryogene Medium 108 geführt. Es verlässt das innere Rohr 120 als überhitztes kryogenes Medium 109. Die Erwärmung findet über das genannte dritte Zwischenwärmeträgermedium 121, 122 statt, das durch das äußere Rohr des Doppelmantelrohres des sechsten Wärmetauschers 119 geführt/gedrückt wird. Ähnlich wie bei Optionen 1 und 3 ist der sechste Wärmetauscher 119 in dem mindestens einen Strom von Rauchgas 103 angeordnet. Hierdurch kann das dritte Zwischenwärmeträgermedium 122 wirksam durch die dort befindlichen Ströme von Rauchgas erhitzt werden. Das derart erhaltene dritte Zwischenwärmeträgermedium 122 tritt dann in Wärmetausch mit dem verdampften kryogenen Medium 108, das als überhitztes kryogenes Medium 109 den Wärmetauscher 119 verlässt.

[0035] Als drittes Zwischenwärmeträgermedium 121, 122 kann Wasser des Wasserbades 100 verwendet werden (vgl. Figur 6), das unter Druck durch das äußere Rohr des Doppelmantelrohres des sechsten Wärmetauschers 119 gepumpt wird.

[0036] Anhand der folgenden Figuren 5 und 6 seien beispielhaft mögliche Kombinationen und Ausgestaltungen der oben erläuterten vier Optionen 1 bis 4 kurz beschrieben. Während Figur 5 eine Kombination der Optionen 1 und 2 zeigt, zeigt Figur 6 eine Kombination der Optionen 3 und 4. Selbstverständlich sind auch andere Kombinationen oder auch Kombinationen von mehr als zwei Optionen möglich. Da die einzelnen Optionen an sich bereits vorangehend ausführlich beschrieben wurden, kann zur Diskussion der Figuren 5 und 6 auf die obigen Ausführungen verwiesen werden.

[0037] Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einer Kombination der oben beschriebenen Optionen 1 und 2. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche oder zumindest

gleichwirkende Bauteile. Bei dem hier dargestellten SCV, Submerged Combustion Vaporizer, handelt es sich um ein Wasserbad 100 in einem Tank 130. Das Wasserbad 100 wird von einer Brenneinrichtung 104 beheizt. Der Brenner 104 wird mit Verbrennungsluft 101 und einem Brenngas 102 versorgt, um im unteren Teil, der Brennkammer, gemischt und verbrannt zu werden. Verbrennungsluft 101 wird auch dem oberen Teil der Brenneinrichtung 104 zugeführt, wo sie mittels eines Ventilators nach unten Richtung Brennkammer gedrückt wird. Das durch die Verbrennung entstehende Rauchgas 103 wird in das Verteilerrohr 111 geleitet, das sich in eine gewisse Tiefe des Tanks 130 erstreckt und das Ausgangsöffnungen (nicht dargestellt) aufweist, durch die Rauchgas 103 austritt, um sich im Inneren des Tanks 130 auszubreiten und das Wasserbad 100 zu erwärmen.

[0038] Ein verflüssigtes bzw. flüssiges kryogenes Medium bzw. Fluid 107 wird über eine Leitung in einen ersten Wärmetauscher 105 geführt, der sich im Wasserbad 100 befindet. Durch Wärmetausch des flüssigen kryogenen Medium 107 mit dem Wasserbad 100 wird das flüssige kryogene Medium 107 verdampft und in der Regel bereits etwas überhitzt. Das verdampfte kryogene Medium 108 bzw. 108' wird aus dem Wärmetauscher 105 herausgeleitet. Um die Temperatur des verdampften kryogenen Medium 108 bzw. 108' weiter zu erhöhen, ohne die Prozesseffektivität zu verringern, kann das verdampfte kryogene Medium 108 in einen zweiten Wärmetauscher 110 geleitet werden, wobei wie in Figur 5 schematisch dargestellt der zweite Wärmetauscher 110 in dem mindestens einen Strom von Rauchgas 103 im Verteilerrohr 111 angeordnet ist. Hierdurch kann die Wärme des Rauchgases effektiv genutzt werden, um durch direkten Wärmetausch mit dem im Verteilerrohr 111 strömenden Rauchgas 103 das kryogene Medium 108 zu überhitzen, das als Medium 109 den SCV verlässt.

[0039] Alternativ zu Option 1 kann die Überhitzung des Medium 108' gemäß Option 2 erfolgen. Es ist auch möglich, einen Teil des verdampften Medium gemäß Option 1 und einen anderen Teil gemäß Option 2 weiter zu überhitzen. Zusätzlich zur Option 1 kann auch eine weitergehende Überhitzung zumindest eines Teils des Medium 109 als Medium 108' gemäß Option 2 vorgenommen werden. Hierfür werden die betreffenden Leitungen mit Mehrfachventilen entsprechend verschaltet.

[0040] Bei Option 2 wird die weitere Erwärmung bzw. Überhitzung mittels indirektem Wärmetausch vorgenommen. Das verdampfte kryogene Medium 108' bzw. das bereits gemäß Option 1 überhitzte Medium 109 tritt als Medium 108' in einen dritten Wärmetauscher 112 ein, um dort über ein erstes Zwischenwärmeträgermedium 113, 114 Wärme aufzunehmen und anschließend im weiter überhitzten Zustand den Wärmetauscher 112 als überhitztes kryogenes Medium 109' zu verlassen. Gemäß Option 2 wird für diesen indirekten Wärmetausch die Wärme genutzt, die die Brenneinrichtung 104 aufgrund der Verbrennung des Brenngases 102 und der guten Wärmeleitfähigkeit der üblicherweise metallischen

Komponenten der Brenneinrichtung 104 aufweist. Die Wärmeübertragung auf das Zwischenträgermedium 113, 114 kann mittels eines oder mehrerer weiterer Wärmetauscher bzw. -leitungen erfolgen, die - wie in Figur 5 dargestellt - zumindest zum Teil mit zumindest einem Teil einer Innenwand der Brennkammer der Brenneinrichtung 104 wärmeleitend verbunden sind. Diese Wärmetauscherleitung kann sich beispielsweise spiralförmig über das Innere der Brennkammer erstrecken, wodurch die Brennkammer gekühlt und das erste Zwischenwärmeträgermedium 113, 114 erwärmt wird.

[0041] Das entsprechend erwärmte Zwischenwärmeträgermedium 114 wird dem dritten Wärmetauscher 112 zugeführt, in dem es das verdampfte kryogene Medium 108' erhitzt bzw. überhitzt, das als überhitztes Medium 109' den SCV verlässt.

[0042] Figur 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einer Kombination der oben beschriebenen Optionen 3 und 4 in einem SCV gemäß Figur 5. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche oder zumindest gleichwirkende Bauteile.

[0043] Wiederum verlässt zunächst verdampftes kryogenes Medium 108 den ersten Wärmetauscher 105. Anschließend kann ein indirekter Wärmetausch unter Verwendung eines zweiten Zwischenwärmeträgermedium 117, 118 erfolgen. Letzteres wird in einem fünften Wärmetauscher 115 erwärmt, wobei der fünfte Wärmetauscher 115 in dem mindestens einen Strom von Rauchgas 103 angeordnet ist. Insofern sei auf die Erläuterungen in Zusammenhang mit Option 1 verwiesen. Das erwärmte Zwischenwärmeträgermedium 118 wird es dem vierten Wärmetauscher 116 zugeführt, in dem es mit dem verdampften kryogenen Medium 108 in Wärmetausch tritt, um überhitztes kryogenes Medium 109 zu erzeugen, das den vierten Wärmetauscher 116 verlässt. Die Temperatur des Zwischenwärmeträgermedium 118 kann kontrolliert werden, indem eine Pumpe 150 und eine Sprühdüse 151 verwendet werden, um ein Kühlmittel, hier Wasser aus dem Wasserbad 100, in den Strom von Rauchgas 103 zu düsen und somit die Rauchgastemperatur abzusenken.

[0044] Alternativ zu Option 3 kann die Überhitzung des Medium 108' gemäß Option 4 erfolgen. Es ist auch möglich, einen Teil des verdampften Medium gemäß Option 3 und einen anderen Teil gemäß Option 4 weiter zu überhitzen. Zusätzlich zur Option 4 kann auch eine weitergehende Überhitzung zumindest eines Teils des Medium 109' als Medium 108 gemäß Option 3 vorgenommen werden. Hierfür werden die betreffenden Leitungen mit Mehrfachventilen entsprechend verschaltet.

[0045] Gemäß Option 4 tritt zunächst verdampftes kryogenes Medium 108' aus dem ersten Wärmetauscher 105 aus. Die weitere Erwärmung bzw. Überhitzung erfolgt auch hier mittels indirektem Wärmetausch, also vermittle des dritten Zwischenwärmeträgermedium 121, 122. Gemäß Option 4 wird ein sechster Wärmetauscher 119 verwendet, der ein Doppelmantelrohr aufweist, der ein inneres Rohr und ein äußeres Rohr aufweist. Durch

das innere Rohr wird das verdampfte kryogene Medium 108' geführt. Es verlässt das innere Rohr als überhitztes kryogenes Medium 109'. Die Erwärmung findet über das genannte dritte Zwischenwärmeträgermedium 121, 122 statt, das durch das äußere Rohr des Doppelmantelrohres des sechsten Wärmetauschers 119 geführt/gepumpt wird. Der sechste Wärmetauscher 119 ist in dem Strom von Rauchgas 103 angeordnet. Hierdurch kann das dritte Zwischenwärmeträgermedium 122 wirksam durch das Rauchgas 103 erhitzt werden. Das derart erhitzte dritte Zwischenwärmeträgermedium 122 tritt dann in Wärmetausch mit dem verdampften kryogenen Medium 108', das als überhitztes kryogenes Medium 109' den Wärmetauscher 119 verlässt.

[0046] Als drittes Zwischenwärmeträgermedium 121, 122 kann Wasser des Wasserbades 100 verwendet werden, das mittels einer Pumpe 140 unter Druck durch das äußere Rohr des Doppelmantelrohres des sechsten Wärmetauschers 119 gepumpt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verdampfen eines flüssigen kryogenen Medium (107) und Erwärmen des verdampften kryogenen Medium (108), wobei das kryogene Medium in einem ersten Wärmetauscher (105) mit einem ersten Wärmeträgermedium (100) in Wärmetausch tritt und verdampft wird, wobei das erste Wärmeträgermedium (100) seinerseits mittels mindestens eines Stromes von Rauchgas (103) erwärmt wird, und wobei das verdampfte kryogene Medium (108) zumindest zum Teil durch Wärmetausch mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) und/oder mit einem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Brenner (104) weiter erwärmt wird und/oder wobei das verdampfte kryogene Medium (108) zumindest zum Teil durch Wärmetausch mit einem Zwischenwärmeträgermedium weiter erwärmt wird, wobei das Zwischenwärmeträgermedium durch Wärmetausch mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) und/oder mit dem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Brenner (104) erwärmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das weitere Erwärmen mittels Wärmetausch mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) und/oder mit dem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Brenner (104) erfolgt, wobei hierzu das verdampfte kryogene Medium (108) in einem zweiten Wärmetauscher (110) mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) und/oder mit dem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Brenner (104) in Wärmetausch tritt, wobei der zweite Wärmetauscher (110) in dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) und/oder an dem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Bren-

ner (104) angeordnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das weitere Erwärmen mittels Wärmetausch mit einem Zwischenwärmeträgermedium erfolgt, wobei hierzu das verdampfte kryogene Medium (108) in einem dritten Wärmetauscher (112) mit einem ersten Zwischenwärmeträgermedium (113, 114) in Wärmetausch tritt, wobei das erste Zwischenwärmeträgermedium (113, 114) Wärme von dem zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenner (104) aufnimmt, wobei insbesondere zumindest ein weiterer Wärmetauscher, der das erste Zwischenwärmeträgermedium (113, 114) enthält, und/oder der dritte Wärmetauscher (112) zumindest zum Teil mit zumindest einem Teil einer Innenwand und/oder Außenwand des Brenners (104) wärmeleitend verbunden ist. 5
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das erste Zwischenwärmeträgermedium (113, 114) zumindest zum Teil in Wärmetausch mit dem ersten Wärmeträgermedium (100) tritt. 10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 4, wobei als erstes Zwischenwärmeträgermedium (113, 114) eine Flüssigkeit wie Wasser verwendet wird, die durch den dritten Wärmetauscher (112) gepumpt wird, oder wobei ein Gas wie verdampftes Wasser verwendet wird, das durch den dritten Wärmetauscher zirkuliert oder mittels einer Pumpe gepumpt wird, und/oder wobei die Temperatur des ersten Zwischenwärmeträgermedium (113, 114) kontrolliert oder geregelt wird. 15
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das weitere Erwärmen mittels Wärmetausch mit einem Zwischenwärmeträgermedium erfolgt, wobei hierzu das verdampfte kryogene Medium (108) über einen vierten Wärmetauscher (116) in Wärmetausch mit einem zweiten Zwischenwärmeträgermedium (117, 118) tritt, wobei das zweite Zwischenwärmeträgermedium (117, 118) über einen fünften Wärmetauscher (115) in Wärmetausch mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) tritt, wobei der fünfte Wärmetauscher (115) in dem mindestens einen Strom von Rauchgas angeordnet ist. 20
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei als zweites Zwischenwärmeträgermedium (117, 118) eine Flüssigkeit wie Wasser verwendet wird, die durch den vierten Wärmetauscher (116) gepumpt wird, oder ein Gas wie verdampftes Wasser verwendet wird, das durch den vierten Wärmetauscher (116) zirkuliert oder mittels einer Pumpe gepumpt wird. 25
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei die Tem-

peratur des zweiten Zwischenwärmeträgermedium (117, 118) kontrolliert oder geregelt wird, wobei insbesondere hierzu eine Sprühdüse (151) eingesetzt wird, um ein Kühlmittel, optional erstes Wärmeträgermedium (100) in den mindestens einen Strom von Rauchgas (103) zu düsen.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das weitere Erwärmen mittels Wärmetausch mit einem Zwischenwärmeträgermedium erfolgt, wobei hierzu ein sechster Wärmetauscher (119) verwendet wird, der ein Doppelmantelrohr aufweist, wobei durch das innere Rohr (120) des Doppelmantelrohres geführtes verdampftes kryogenes Medium (108) in Wärmetausch mit einem dritten Zwischenwärmeträgermedium (121, 122) tritt, das durch das äußere Rohr des Doppelmantelrohres geführt wird, wobei der sechste Wärmetauscher (119) in dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) angeordnet ist und wobei das dritte Zwischenwärmeträgermedium (121, 122) von dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) erwärmt wird. 30
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei als drittes Zwischenwärmeträgermedium (121, 122) erstes Wärmeträgermedium (100) verwendet wird, das durch den sechsten Wärmetauscher (119) gepumpt wird, und/oder wobei die Temperatur des dritten Zwischenwärmeträgermedium (121, 122) kontrolliert oder geregelt wird, und/oder wobei der Druck im inneren und/oder im äußeren Rohr des Doppelmantelrohres des sechsten Wärmetauschers (119) gemessen wird. 35
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei als erstes Wärmeträgermedium (100) Wasser in einem Tank (130) verwendet wird, wobei insbesondere in dem mit Wasser gefüllten Bereich des Tankes (130) zumindest ein Teil des zur Erzeugung des Rauchgases eingesetzten Brenners (104) und/oder zumindest ein Teil des ersten Wärmetauschers (105) und/oder zumindest ein Teil des zweiten Wärmetauschers (110) und/oder zumindest ein Teil des dritten Wärmetauschers (112) und/oder zumindest ein Teil des vierten Wärmetauschers (116) und/oder zumindest ein Teil des fünften Wärmetauschers (115) und/oder zumindest ein Teil des sechsten Wärmetauschers (119) angeordnet sind. 40
12. Vorrichtung zum Verdampfen eines flüssigen kryogenen Medium (107) und Erwärmen des verdampften kryogenen Medium (108) mit einem ersten Wärmetauscher (105), der eingerichtet ist, damit das flüssige kryogene Medium (107) mit einem ersten Wärmeträgermedium (100) in Wärmetausch tritt und 45

verdampft, und mit einem Brenner (104) zur Erzeugung von Rauchgas (103), wobei das erste Wärmeträgermedium (100) seinerseits mittels mindestens eines Stromes von Rauchgas (103) erwärmt wird, wobei die Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche ausgebildet ist. 5

13. Vorrichtung nach Anspruch 12 mit einem zweiten Wärmetauscher (110), der eingerichtet ist, damit das verdampfte kryogene Medium (108) mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) und/oder mit dem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Brenner (104) in Wärmetausch tritt, wobei der zweite Wärmetauscher (110) in dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) und/oder an dem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Brenner (104) angeordnet ist. 10 15

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13 mit einem dritten Wärmetauscher (112), der eingerichtet ist, damit das verdampfte kryogene Medium (108) mit einem ersten Zwischenwärmeträgermedium (113, 114) in Wärmetausch tritt, wobei das erste Zwischenwärmeträgermedium (113, 114) Wärme von dem zur Erzeugung des Rauchgases (103) eingesetzten Brenner (104) aufnimmt. 20 25

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14 mit einem vierten Wärmetauscher (116), der eingerichtet ist, damit das verdampfte kryogene Medium (108) mit einem zweiten Zwischenwärmeträgermedium (117, 118) in Wärmetausch tritt, und mit einem fünften Wärmetauscher (115), der eingerichtet ist, damit das zweite Zwischenwärmeträgermedium (117, 118) in Wärmetausch mit dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) tritt, 30 35

wobei der fünfte Wärmetauscher (115) in dem mindestens einen Strom von Rauchgas angeordnet ist, und/oder 40

mit einem sechsten Wärmetauscher (119), der ein Doppelmantelrohr aufweist und der derart eingerichtet ist, dass durch das innere Rohr (120) des Doppelmantelrohres geführtes verdampftes kryogene Medium (108) in Wärmetausch mit einem dritten Zwischenwärmeträgermedium (121, 122) tritt, das durch das äußere Rohr des Doppelmantelrohres geführt wird, wobei der sechste Wärmetauscher (119) in dem mindestens einen Strom von Rauchgas (103) angeordnet ist. 45 50

55

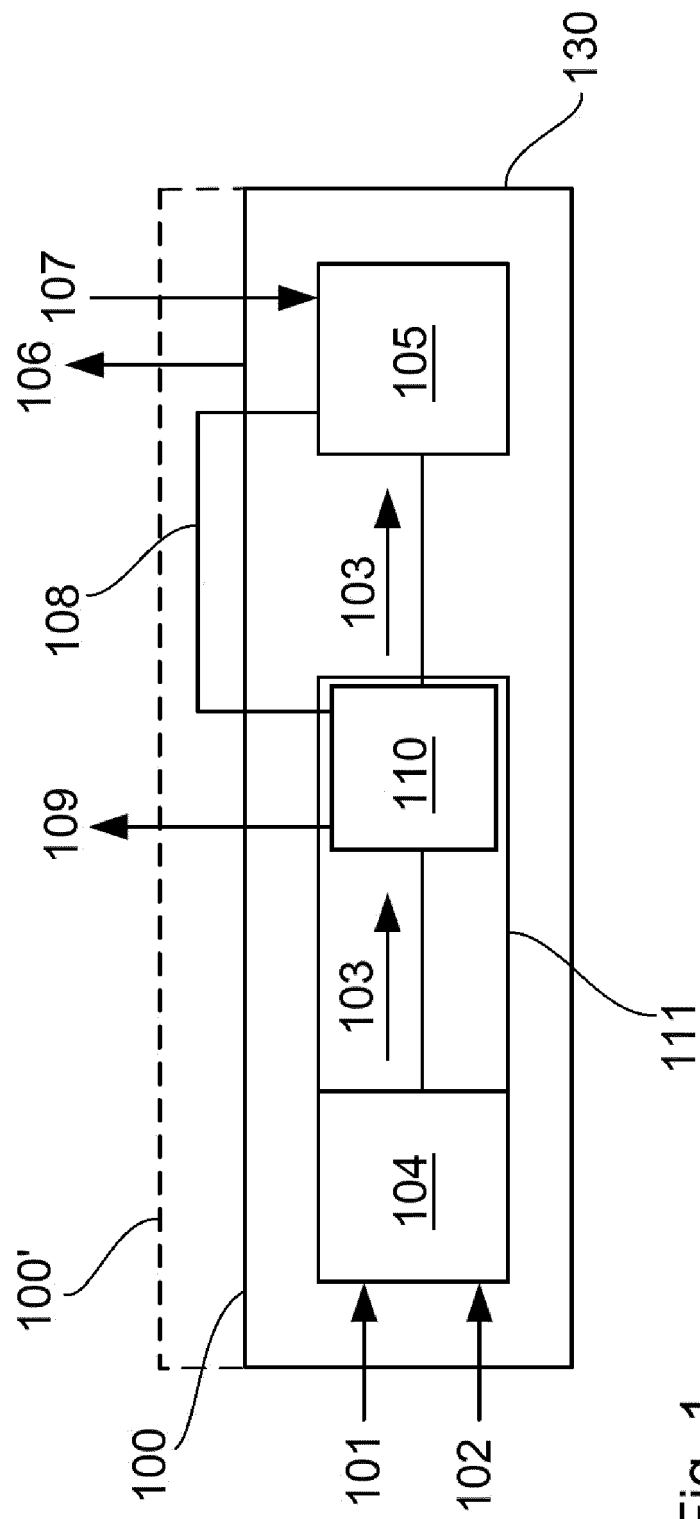


Fig. 1

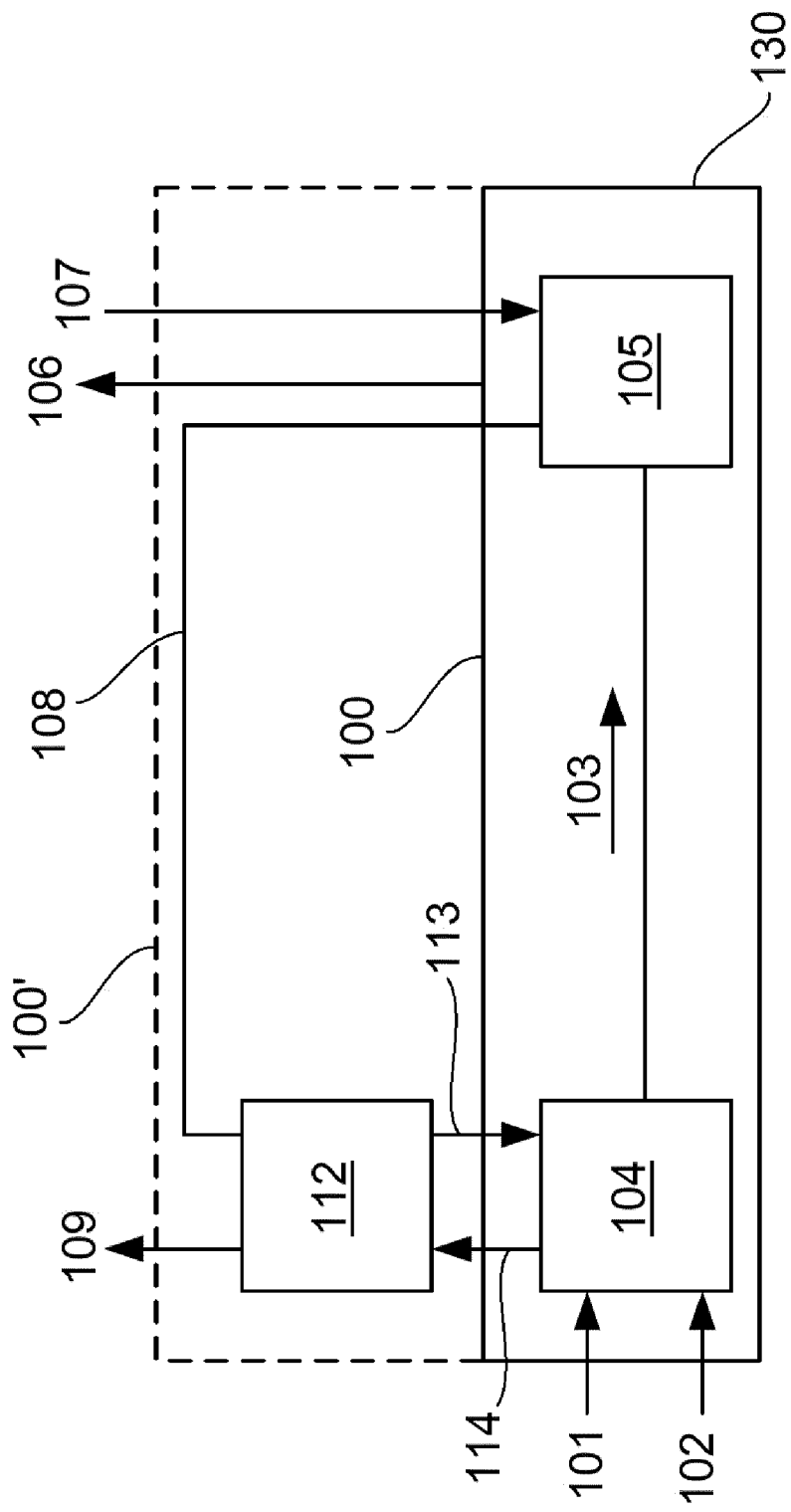


Fig. 2

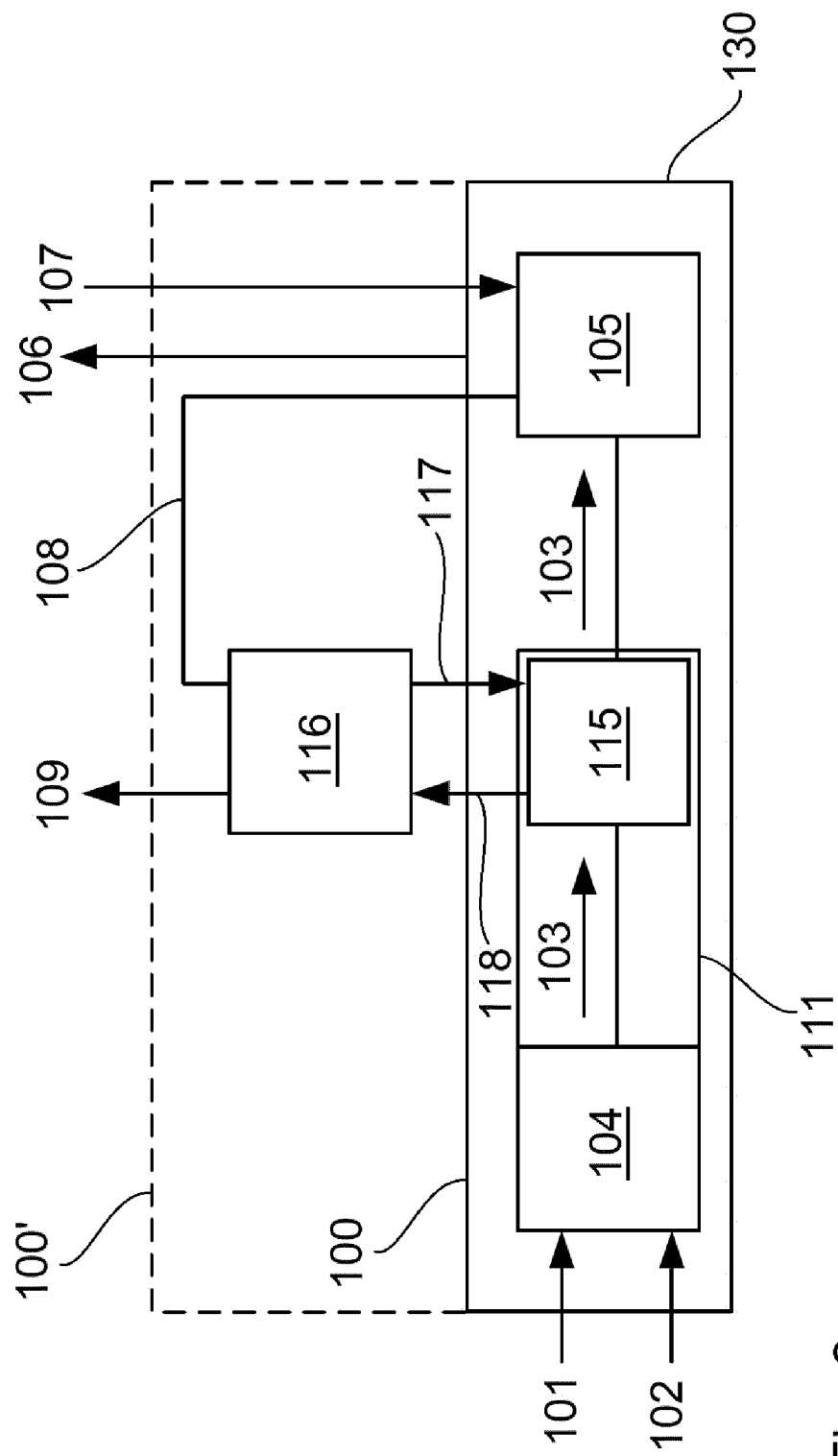


Fig. 3

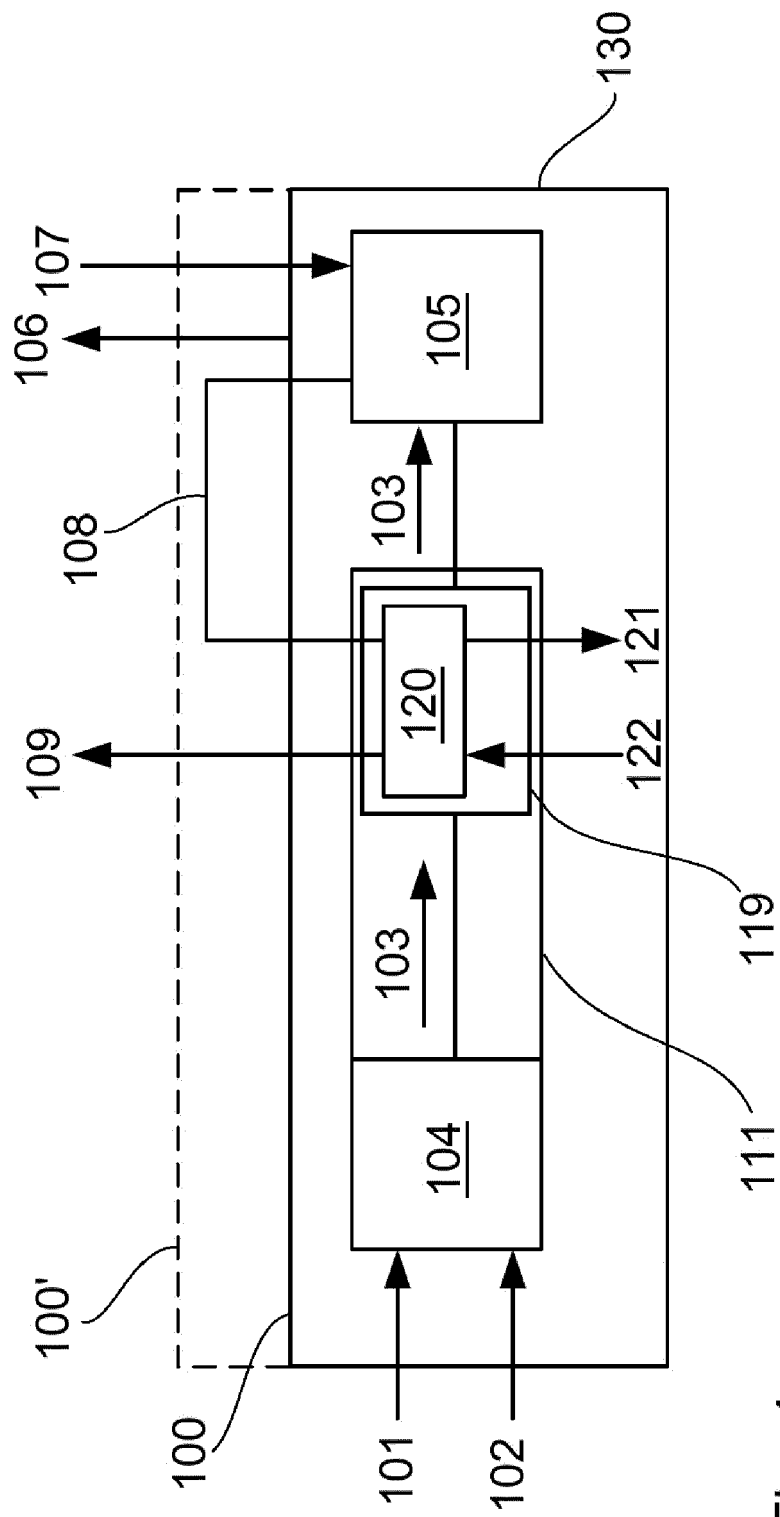


Fig. 4

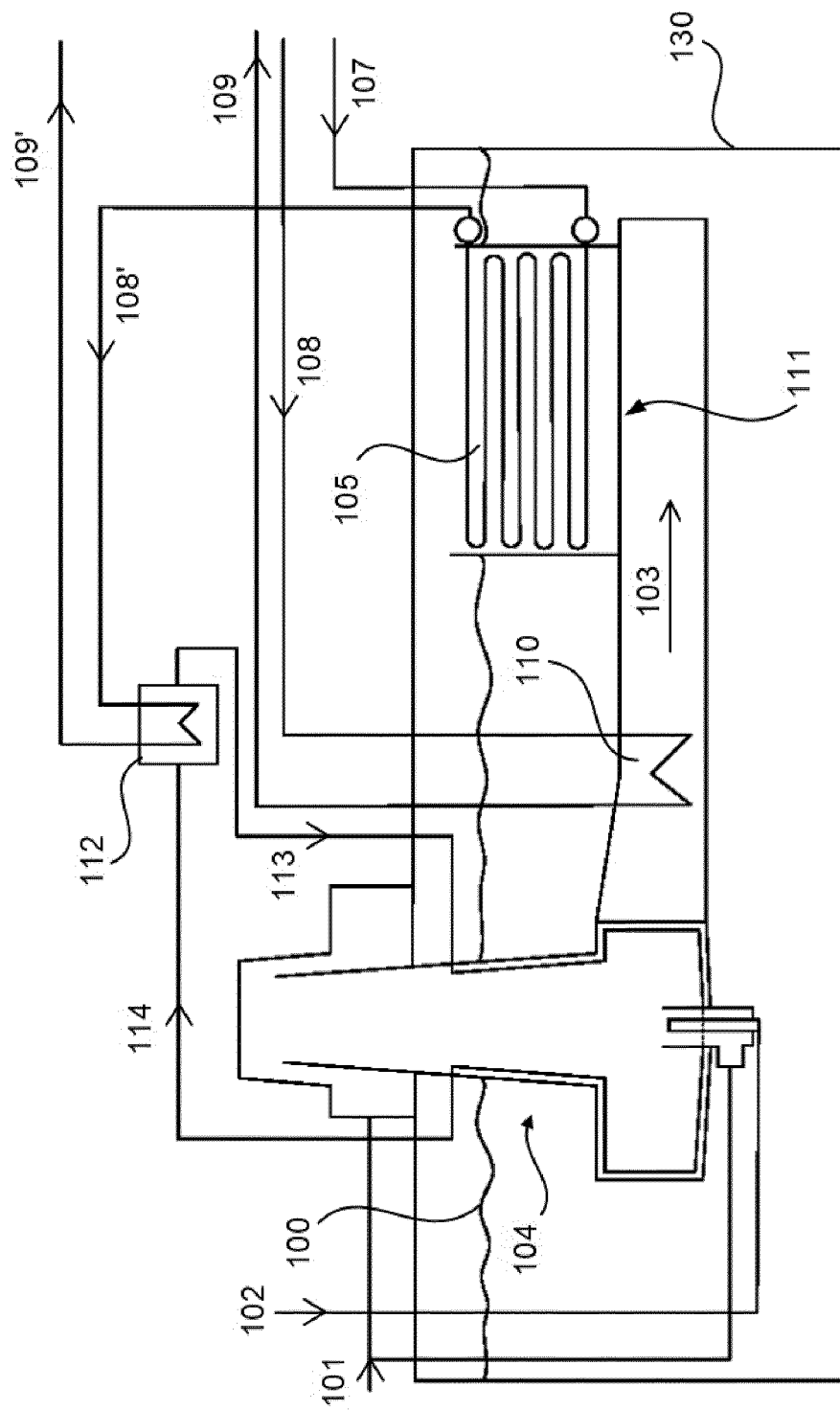


Fig. 5

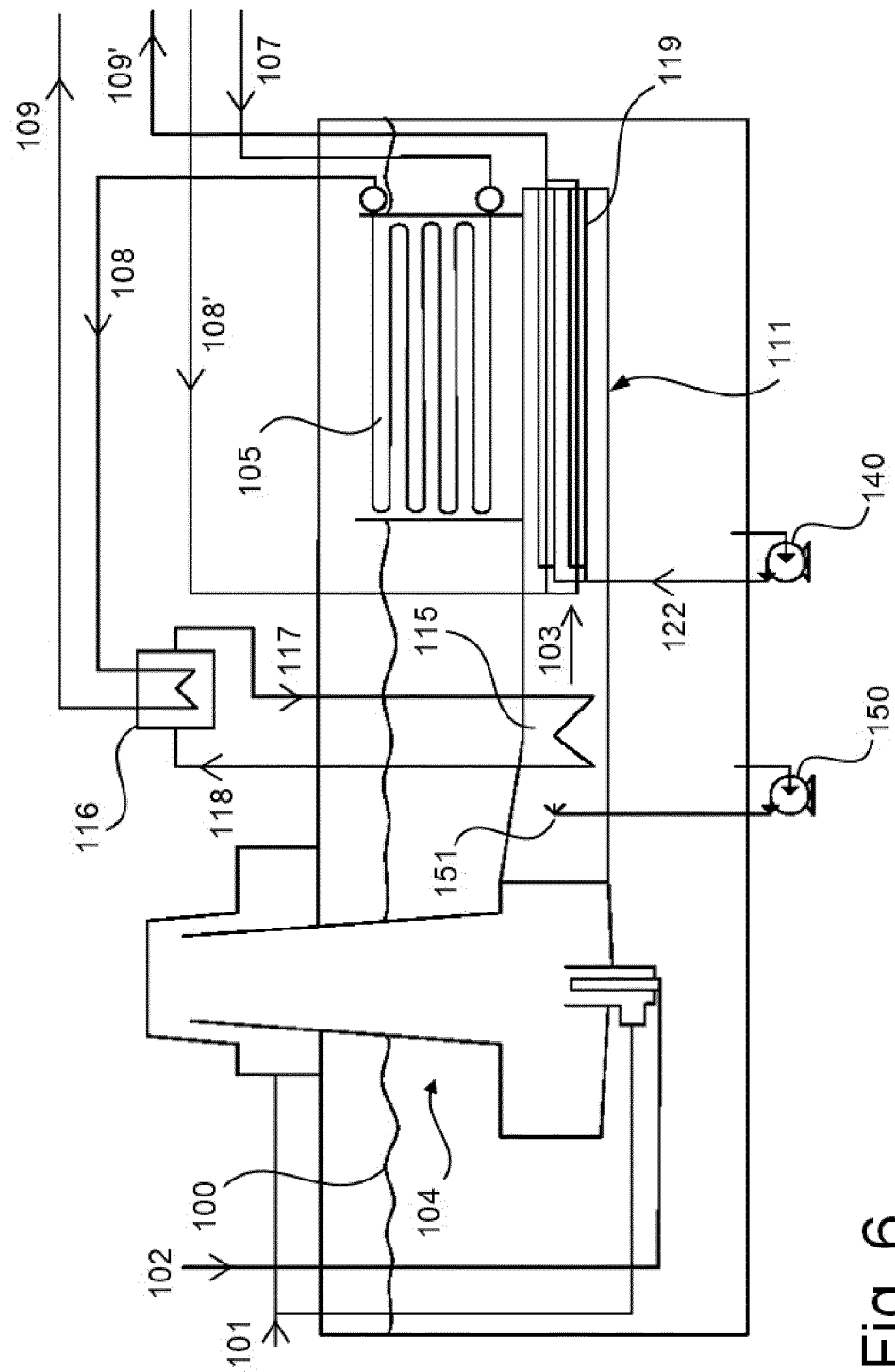


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 02 0020

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 009 387 A1 (FLUOR CORP [US]) 2. April 1980 (1980-04-02)	1-3, 12-14	INV. F22B1/18
A	* Seite 4, Zeile 35 - Seite 7, Zeile 1; Abbildungen 1,2 *	5-11,15	F28D1/02 F28D21/00
X	EP 3 734 027 A1 (SIEMENS AG [DE]) 4. November 2020 (2020-11-04)	1-4, 12-14	
X	US 2020/393085 A1 (GRAEBER CARSTEN [DE] ET AL) 17. Dezember 2020 (2020-12-17)	1-4, 12-14	
A	US 2008/047280 A1 (DUBAR CHRISTOPHER ALFRED TIMOT [AU]) 28. Februar 2008 (2008-02-28)	1-15	
A	US 5 921 090 A (JUREWICZ ROMUALD MARTIN [US] ET AL) 13. Juli 1999 (1999-07-13)	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 3 720 057 A (ARENSON E) 13. März 1973 (1973-03-13)	1-15	F22B F17C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Juli 2023	Prüfer Röberg, Andreas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres 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			

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

EP 23 02 0020

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.

12-07-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0009387 A1	02-04-1980	EP 0009387 A1	02-04-1980
		JP S5554614 A	22-04-1980

EP 3734027 A1	04-11-2020	KEINE	

US 2020393085 A1	17-12-2020	BR 112020010611 A2	10-11-2020
		CN 111727342 A	29-09-2020
		EP 3527869 A1	21-08-2019
		EP 3685094 A1	29-07-2020
		ES 2902937 T3	30-03-2022
		JP 7080324 B2	03-06-2022
		JP 2021509940 A	08-04-2021
		KR 20200120940 A	22-10-2020
		US 2020393085 A1	17-12-2020
		WO 2019158230 A1	22-08-2019

US 2008047280 A1	28-02-2008	KEINE	

US 5921090 A	13-07-1999	CA 2190694 A1	21-05-1997
		DE 69631936 T2	17-03-2005
		EP 0774614 A1	21-05-1997
		US 5598709 A	04-02-1997
		US 5921090 A	13-07-1999

US 3720057 A	13-03-1973	CA 948547 A	04-06-1974
		DE 2218307 A1	26-10-1972
		FR 2133683 A1	01-12-1972
		GB 1334977 A	24-10-1973
		IT 951448 B	30-06-1973
		JP S5137629 B1	16-10-1976
		US 3720057 A	13-03-1973

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2011066939 A1 [0003]