



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.02.2008 Patentblatt 2008/09

(51) Int Cl.:
F17C 5/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07114847.2**

(22) Anmeldetag: **23.08.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **24.08.2006 DE 102006039616**

(71) Anmelder: **Otten, Eberhard**
47249 Duisburg (DE)

(72) Erfinder: **Otten, Eberhard**
47249 Duisburg (DE)

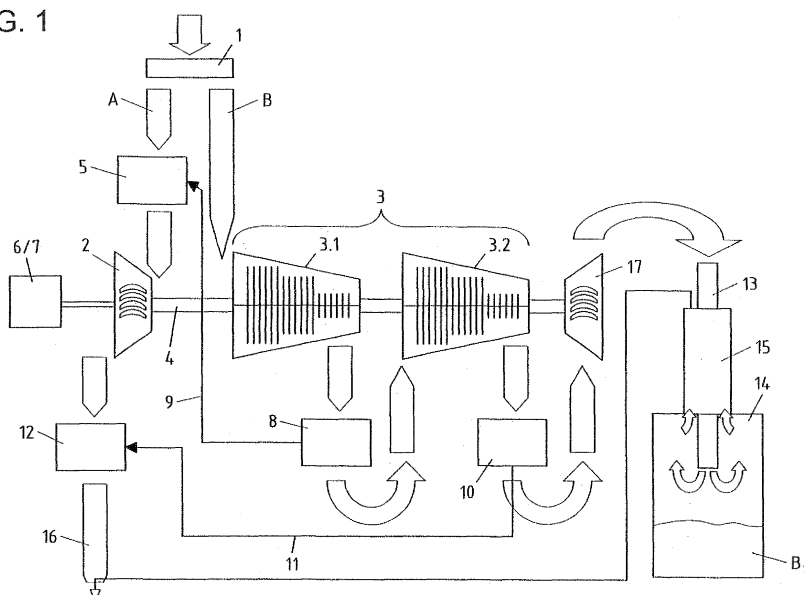
(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- und Rechtsanwälte
Bleichstrasse 14
40211 Düsseldorf (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Speicherung von Brenngas, insbesondere von Erdgas**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Speicherung von Brenngas, insbesondere Erdgas, umfassend eine Teilungsvorrichtung (1) zur Teilung von verdichtetem, mittels einer Versorgungsleitung zugeführten Brenngas, insbesondere Erdgas, in einen ersten Gasteilstrom (A) und mindestens einen zweiten Gasteilstrom (B), mindestens eine Arbeitsmaschine (2), insbesondere eine Entspannungsturbine, zur Entspannung des ersten Gasteilstromes (A), mindestens einen Verdichter (3) zur Verdichtung des zweiten Gasteilstromes (B), wobei der Verdichter durch

die mindestens eine Arbeitsmaschine (2) angetrieben wird, mindestens einen Wärmetauscher (5), der Wärme, die im zweiten Gasteilstrom (B) durch dessen Verdichtung entsteht, auf den ersten Gasteilstrom (A) vor dessen Entspannung in der mindestens einen Arbeitsmaschine (2) überträgt, mindestens eine Entspannungsvorrichtung (13) zur Entspannung und zumindest teilweisen Verflüssigung des verdichteten, durch Wärmeabfuhr gekühlten zweiten Gasteilstromes (B), und mindestens einen wärmeisolierten Behälter (14) zur Speicherung von mittels der Entspannungsvorrichtung verflüssigtem Brenngas (B_f).

FIG. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Speicherung von Brenngas, insbesondere Methan (Erdgas).

[0002] Der Erdgasbedarf privater und industrieller Verbraucher ist durch saisonale und tageszeitliche Schwankungen geprägt. Zum Ausgleich der Verbrauchsschwankungen werden Erdgasspeicher betrieben. Zur Abdeckung des Spitzenverbrauchs, insbesondere zur Abdeckung des hohen Erdgasbedarfs für Heizzwecke bei tiefen Wintertemperaturen werden in Gastransportnetzen kommunaler Gasversorger entsprechend hohe Kapazitäten bereitgestellt. Neben großen unterirdischen Erdgasspeichern sind Einrichtungen zum Abpuffern von Verbrauchsspitzen wie Röhrenspeicher und Druckkugelbehälter bekannt. Die Kapazitäten der zuletzt genannten Gasspeicher sind allerdings auf mehrere Stunden Einspeicher- bzw. Ausspeicherzeit begrenzt und deshalb nur zum Ausgleich von tageszeitlichen Verbrauchsschwankungen geeignet. Zudem sind die spezifischen Investitionskosten solcher Gasspeicher hoch. Die Belieferung mit Erdgas ist deshalb mit einem relativ hohen Transport- bzw. Leistungspreis belastet. Ferner haben herkömmliche Gasspeicher relative große Bauvolumina und somit einen hohen Platzbedarf.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung anzugeben, die eine kostengünstigere Gasversorgung, insbesondere Erdgasversorgung ermöglichen. Insbesondere liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, die eine platzsparende Gasspeicherung ermöglichen.

[0004] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen bzw. durch eine Vorrichtung mit den in Anspruch 10 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0005] Die Erfindung schlägt ein Verfahren zur Speicherung von Brenngas, insbesondere Erdgas (Methan) vor,

bei dem verdichtetes, mittels einer Versorgungsleitung zugeführtes Brenngas, insbesondere Erdgas, mittels einer Teilungsvorrichtung in einen ersten Gasteilstrom und mindestens einen zweiten Gasteilstrom geteilt wird, bei dem der erste Gasteilstrom mittels mindestens einer Arbeitsmaschine, insbesondere einer Entspannungsturbine, entspannt wird, wobei der erste Gasteilstrom zuvor mittels mindestens eines Wärmetauschers soweit erwärmt wird, dass dieser Gasteilstrom nach der Entspannung in der mindestens einen Arbeitsmaschine eine Temperatur noch oberhalb von 5°C, vorzugsweise größer/gleich 8°C aufweist,

bei dem der zweite Gasteilstrom mittels mindestens eines durch die mindestens eine Arbeitsmaschine angetriebenen Verdichters verdichtet wird, wobei Wärme, die im zweiten Gasteilstrom durch dessen Verdichtung entsteht, abgeführt und zur Erwärmung des ersten Gasteilstromes in dem mindestens einen Wärmetauscher ge-

nutzt wird,

bei dem der verdichtete, durch Wärmeabfuhr gekühlte zweite Gasteilstrom soweit entspannt wird, dass mindestens 10 %, vorzugsweise mehr als 50 % des zweiten Gasteilstromes in flüssigem Zustand anfallen, und bei dem das so verflüssigte Brenngas in mindestens einem wärmeisolierten Behälter gespeichert wird.

[0006] Nach der Entspannung in der mindestens einen Arbeitsmaschine wird der erste Gasteilstrom vorzugsweise in ein kommunales Versorgungsnetz eingeleitet.

[0007] Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst dementsprechend

eine Teilungsvorrichtung zur Teilung von verdichtetem, mittels einer Versorgungsleitung zugeführten Brenngas, insbesondere Erdgas, in einen ersten Gasteilstrom und mindestens einen zweiten Gasteilstrom, mindestens eine Arbeitsmaschine, insbesondere eine Entspannungsturbine, zur Entspannung des ersten Gasteilstromes,

mindestens einen Verdichter zur Verdichtung des zweiten Gasteilstromes, wobei der Verdichter durch die mindestens eine Arbeitsmaschine angetrieben wird, mindestens einen Wärmetauscher, der Wärme, die im zweiten Gasteilstrom durch dessen Verdichtung entsteht, auf den ersten Gasteilstrom vor dessen Entspannung in der mindestens einen Arbeitsmaschine überträgt,

mindestens eine Entspannungsvorrichtung zur Entspannung und zumindest teilweisen Verflüssigung des verdichteten, durch Wärmeabfuhr gekühlten zweiten Gasteilstromes, und mindestens einen wärmeisolierten Behälter zur Speicherung von mittels der Entspannungsvorrichtung verflüssigtem Brenngas.

[0008] Anstelle des Begriffes "Wärmetauscher" kann im vorliegenden Kontext auch der Begriff "Wärmeübertrager" verwendet werden.

[0009] Ein wesentliches Kennzeichen der Erfindung ist die Verwendung eines oder mehrerer Wärmetauscher, um die Wärme, die in dem einen Gasteilstrom bei dessen Verdichtung entsteht, für die Erwärmung des anderen, zu entspannenden Gasteilstromes zu nutzen, und der Antrieb des mindestens einen Verdichters durch die mindestens eine Arbeitsmaschine, mittels welcher besagter Gasteilstrom entspannt wird.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Teil der Druckenergie des verdichteten, über die Versorgungsleitung (Hochdruckleitung) zugeführten Brenngases für die weitere Verdichtung und Verflüssigung eines Gasteilstromes genutzt. Durch die erfindungsgemäße Kopplung des mindestens einen Verdichters mit der mindestens einen den anderen Gasteilstrom entspannenden Arbeitsmaschine (z.B. Entspannungsturbine) muss keine zusätzliche Antriebsenergie zugeführt werden, was wirtschaftlich von Vorteil ist.

[0011] Ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, dass sie keine zusätzliche Wärmeenergie erfordert, welche üblicherweise zur Erwärmung

(Beheizung) von Erdgas bei dessen Entspannung aus einer Hochdruckversorgungsleitung auf Mittel- oder Niederdruck zum Zwecke der weiteren Verteilung erforderlich ist, um eine mögliche Vereisung der Entspannungsanlagen aufgrund des Joule-Thompson Effektes zu verhindern.

[0012] Durch die Verflüssigung des Brenngases (Erdgases) lässt sich eine platzsparende Gasspeicherung erzielen. Während zum Beispiel auf 20 bar verdichtetes Erdgas ca. 5 % des Volumens von Erdgas im Normzustand einnimmt, beansprucht verflüssigtes Erdgas (Methan), das auf -162 °C gekühlt ist, nur ca. 0,17 % des Volumens des Normgases.

[0013] Zur Weiterverwendung wird das bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verflüssigte Brenngas (Methan) erwärmt. Auch lassen sich mit der Erwärmung des Brenngases weitere Verfahren verbinden, für die die Ausnutzung eines besonders niedrigen Temperaturniveaus vorteilhaft ist; hierzu gehören beispielsweise die Zerlegung von Luft, die Herstellung von kristallinem CO₂, sowie die direkte Anwendung von flüssigem Methan, beispielsweise zur Stromerzeugung durch Direkteinspritzung in Diesel-Blockheizkraftwerken oder die Vorkühlung der in Gasturbinen angesaugten Luft.

[0014] Ferner kann mittels eines Sterlingmotors das hohe Temperaturgefälle zwischen verflüssigtem Brenngas (Methan) und üblicher Umgebungstemperatur (Außentemperatur) genutzt werden, um Gasmengen zu verdampfen und weitere Energie zu gewinnen.

[0015] Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass der Gasteilstrom, aus dem Flüssiggas erzeugt werden soll, in mehreren Stufen verdichtet und zwischen den Verdichtungsstufen gekühlt wird. Auf diese Weise lässt sich der Wirkungsgrad des Verdichtungsprozesses verbessern.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der verdichtete und gekühlte Gasteilstrom vor seiner zur Verflüssigung führenden Entspannung in einer weiteren Arbeitsmaschine, insbesondere einer weiteren Entspannungsturbine teilentspannt wird. Die in dieser weiteren Arbeitsmaschine (Entspannungsturbine) erzeugte Leistung wird dabei vorzugsweise zum Antrieb des Verdichters, eines Generators und/oder einer weiteren Maschine genutzt.

[0017] In einer anderen bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass zumindest ein Teil des verdichteten, gekühlten und zum Zwecke der Verflüssigung entspannten Gasteilstromes zur Kühlung von noch auf höherem Druckniveau befindlichen Gas desselben Gasteilstromes genutzt wird. Vorzugsweise wird dabei der zur Kühlung genutzte Teil des Gasteilstromes anschließend dem entspannten, ersten Gasteilstrom, d.h. dem nicht zu verflüssigenden Gasteilstrom zugegeben.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen,

dass Wärme, die in dem weiter verdichteten Gasteilstrom durch dessen Verdichtung entsteht, mittels mindestens eines Wärmetauschers genutzt wird, um den mittels der Arbeitsmaschine entspannten Gasteilstrom (also den nicht zu verflüssigenden Gasteilstrom) nach dessen Entspannung zu erwärmen.

[0019] Weitere bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0020] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer mehrere Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

15 Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung (Anlage) zur Speicherung von Brenngas, vorzugsweise Methan (Erdgas), und

20 Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung (Anlage) zur Speicherung von Brenngas, vorzugsweise Methan (Erdgas).

25 **[0021]** Die in Fig. 1 skizzierte Vorrichtung umfasst eine Teilungsvorrichtung 1 zur Teilung eines mittels einer Versorgungsleitung (Hochdruckleitung) zugeführten Gasstromes in einen ersten Gasteilstrom A und mindestens einen zweiten Gasteilstrom B. Das in der Hochdruckleitung zur Verfügung stehende Gas weist üblicherweise einen Druck im Bereich von 30 bis 100 bar, beispielsweise ca. 50 bar auf. Die Teilungsvorrichtung 1 besteht beispielsweise aus einem mit einem Stellventil versehenen Rohrleitungsabzweig.

30 **[0022]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst ferner eine Arbeitsmaschine 2 zur Entspannung des ersten Gasteilstromes A und einen Verdichter 3 zur Verdichtung des zweiten Gasteilstromes B, wobei der Verdichter 3 durch die Arbeitsmaschine 2 angetrieben wird. Die Arbeitsmaschine 2 besteht vorzugsweise aus einer Entspannungsturbine, während der Verdichter 3 vorzugsweise als Verdichtungsturbine ausgeführt ist. Die Arbeitsmaschine 2 und der Verdichter 3 sind auf einer gemeinsamen Welle 4 angeordnet.

35 **[0023]** Genauso ist jedoch der Einsatz von Kolbenmotoren und Kolbenverdichtern möglich, insbesondere bei der Verwendung der Vorrichtung für geringere Gasströme.

40 **[0024]** Das Stellventil der Teilungsvorrichtung 1 wird in Abhängigkeit des in der Hochdruckleitung (Ferngasleitung) herrschenden Gasdruckes eingestellt. Der Gasstrom wird vorzugsweise so geteilt, dass 50 bis 70 %, insbesondere ca. 60 % des Gases dem Verdichter 3 zugeführt werden. Das Mengenverhältnis von erstem Gasteilstrom A zu zweitem Gasteilstrom B beträgt beispielsweise ca. 40 % zu 60%.

45 **[0025]** Der Gasteilstrom A wird vor der nahezu isentropen Entspannung in der Entspannungsturbine 2 mit-

tels eines Wärmetauschers 5 soweit erwärmt, dass er nach der nahezu isentropen Entspannung eine Temperatur noch oberhalb von 8°C aufweist. Die bei der Entspannung freigesetzte Arbeit (Drehenergie) wird über die Welle 4 auf die Verdichtungsturbine 3 übertragen. Zudem kann ein Teil der so freigesetzten Arbeit zum Antrieb eines Generators 7 genutzt werden, wobei fehlende Antriebsleistung gegebenenfalls durch einen Motor 6 erzeugt werden kann.

[0026] Der zweite Gasteilstrom B wird in der Verdichtungsturbine 3 auf ca. 100 bar komprimiert, wobei sich das Gas sehr stark erwärmt. Die Temperatur des verdichteten Gasteilstromes B kann bis zu 1000°C betragen. Wärmeenergie, die durch die Verdichtung des zweiten Gasteilstromes B entsteht, wird über einen Wärmetauscher 8 abgeführt und dem Wärmetauscher 5 auf der Niederdruckseite über einen Wasserkreislauf 9 zugeführt. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades des Verdichtungsprozesses ist eine mehrstufige Verdichtung mit jeweiliger Zwischenkühlung vorgesehen. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Verdichter 3 zwei Verdichtungsstufen 3.1, 3.2 auf, wobei zwischen den Verdichtungsstufen 3.1, 3.2 der mit dem Wärmetauscher 5 über den Wasserkreislauf 9 verbundene Wärmetauscher 8 angeordnet ist.

[0027] Am Ende des Verdichters 3 ist ein weiterer Wärmetauscher 10 vorgesehen, mit dem das verdichtete Gas gekühlt wird. Der Wärmetauscher 10 ist über einen Wasserkreislauf 11 mit einem Wärmetauscher 12 verbunden, der hinter der Entspannungsturbine 2 angeordnet ist und der Erwärmung des ersten Gasteilstromes A nach dessen Entspannung dient.

[0028] Der verdichtete und gekühlte zweite Gasteilstrom B wird einer Entspannungsvorrichtung 13 zugeführt und dort auf einen niedrigen Druck entspannt, wobei der größte Teil des Gases (Methans) verflüssigt wird. Das verflüssigte Gas B_f wird in einem oder mehreren wärmeisolierten Behältern 14 gespeichert. Das Speichervolumen dieser Behälter beträgt beispielsweise 600 bis 800 m³. Ein solches Speichervolumen reicht aus, um in einem Gasstadtwerk mittlerer Größe den Gasbedarf für einen strengen Wintertag bzw. den Spitzenbedarf mehrerer Tage abdecken zu können.

[0029] Die Entspannungsvorrichtung 13 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus mindestens einem Entspannungsventil gebildet. Ein Teil des zweiten Gasteilstromes B liegt nach der Durchströmung der Entspannungsvorrichtung 13 noch in gasförmigem Zustand vor und wird zur weiteren Abkühlung von noch auf höherem Druckniveau befindlichen Gas des zweiten Gasteilstromes B genutzt. Hierzu ist die Entspannungsvorrichtung 13 mit einer Kühlvorrichtung (Wärmetauschereinrichtung) 15 versehen, in der nicht verflüssigtes Gas des entspannten zweiten Gasteilstromes B im Gegenstrom zu dem noch auf höherem Druckniveau befindlichen Gas geführt wird. Anschließend wird dieser zur Kühlung genutzte Teil des entspannten zweiten Gasteilstromes B vorzugsweise dem entspannten ersten Gasteilstrom A

zugegeben. Hierzu ist die Kühlvorrichtung 15 an einer Rohrleitung 16 angeschlossen, welche den entspannten ersten Gasteilstrom A leitet, so dass nicht verflüssigtes Gas des entspannten zweiten Gasteilstromes B dem entspannten ersten Gasteilstrom A zugeführt wird.

[0030] Dem Entspannungsventil 13 ist vorzugsweise eine Entspannungsturbine 17 vorgeschaltet, um dem verdichteten zweiten Gasstrom B weitere Enthalpie zu entziehen. Die weitere Entspannungsturbine 17 kann - wie dargestellt - entweder auf der gleichen Welle 4 angeordnet sein, um ihre Energie in der Gesamtenergiebilanz der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu integrieren, oder sie kann über eine andere Welle einen Generator antreiben.

[0031] Durch eine Trennung der Anlagenteile zur Herstellung von verflüssigtem Gas (Erdgas) einerseits und zur drucklosen Speicherung des verflüssigten Gases in einem wärmeisolierten Behälter 14 andererseits kann die erfindungsgemäße Vorrichtung (Anlage) hinsichtlich ihrer Bevorratungskapazität beliebig erweitert werden.

[0032] In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Die in Fig. 2 skizzierte Vorrichtung umfasst wiederum eine Teilungsvorrichtung 1 zur Teilung eines mittels einer Versorgungsleitung (Hochdruckleitung) zugeführten Gasstromes in einen ersten Gasteilstrom A und mindestens einen zweiten Gasteilstrom B. Die Teilungsvorrichtung 1 umfasst eine Gabelung (Rohrleitungsabzweig), wobei in den dort abzweigenden Hochdruckleitungen 21, 22 jeweils ein Ventil 1.1, 1.2 integriert ist. Den Ventilen 1.1 und 1.2 ist eine gemeinsame Stelleinrichtung 1.3 zugeordnet.

[0033] Die Vorrichtung weist mehrere Turbinenkompressoren 23 auf, die auch als Turbo-Kompressorsatz bezeichnet werden. Jeder Turbinenkompressor (Turbo-Kompressorsatz) 23 umfasst einen Kompressor 3.1, 3.2, 3.3 bzw. 3.4 und eine Turbine (Entspannungsturbine) 2.1, 2.2, 2.3 bzw. 2.4, die miteinander mechanisch gekoppelt sind. In Fig. 2 sind beispielhaft vier Turbinenkompressoren 23 hintereinandergeschaltet.

[0034] Der Gasteilstrom A wird in den Turbinen 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 der Turbo-Kompressorsätze 23 stufenweise entspannt. Bevor der Gasteilstrom A in die Turbine des jeweiligen Turbo-Kompressorsatzes strömt, wird er zunächst mittels eines vorgeschalteten Wärmetauschers 5.1, 5.2, 5.3 bzw. 5.4 erwärmt. Das Bauvolumen der Turbinen 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 nimmt dabei in Strömungsrichtung des zu entspannenden Gases zu. Das zu entspannende Gas durchströmt die Turbinen also von der einer relativ kompakten Turbine 2.1 zu einer relativ großvolumigen Turbine 2.4.

[0035] Der Gasteilstrom B wird dagegen in den Kompressoren 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 der Turbo-Kompressorsätze 23 stufenweise verdichtet. Das Bauvolumen der Kompressoren 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 nimmt in Strömungsrichtung des zu verdichtenden Gases ab. Das zu verdichtende Gas durchströmt die Kompressoren also von einem relativ großvolumigen Kompressor 3.1 zu einem relativ

kompakten Kompressor 3.4.

[0036] Die Temperatur bzw. Wärmeenergie des Gasteilstroms B nimmt aufgrund der Verdichtung zu. Ein Teil der Wärme, die im Gasteilstrom B durch dessen Verdichtung entsteht, wird mittels Wärmetauschern 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 abgeführt und zur Erwärmung des Gasteilstromes A in den Wärmetauschern 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 genutzt. Hierzu ist jedem der Kompressoren 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ein Wärmetauscher 8.1, 8.2, 8.3 bzw. 8.4 nachgeschaltet, dessen Wärme an einen der Wärmetauscher 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 abgegeben wird, welcher einer der Turbinen 2.1, 2.2, 2.3 bzw. 2.4 vorgeschaltet ist und der Erwärmung des zu entspannenden Gasteilstroms A dient.

[0037] Es ist zu erkennen, dass die Wärmetauscher 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 und 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 gruppenweise mehrere Kreisläufe bilden. In dem gezeigten Beispiel sind je vier der acht Wärmetauscher zu zwei Kreisläufen verbunden. Der dem letzten Kompressor 3.4 in der Reihe der Kompressoren nachgeschaltete Wärmetauscher 8.4 ist dabei mit dem Wärmetauscher 5.2 verbunden, welcher der zweiten Turbine 2.2 in der Reihe der Turbinen vorgeschaltet ist. Dementsprechend ist der dem vorletzten Kompressor 3.3 in der Reihe der Kompressoren nachgeschaltete Wärmetauscher 8.3 mit dem Wärmetauscher 5.1 verbunden, welcher der ersten Turbine 2.1 vorgeschaltet ist.

[0038] Den den Kompressoren nachgeschalteten Wärmetauschern 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 ist je eine Drossel (Drosselventil) 19.1, 19.2, 19.3 bzw. 19.4 nachgeschaltet. Mittels der jeweiligen Drossel 19.1, 19.2, 19.3 bzw. 19.4 wird dem verdichteten Gasteilstrom B bei Bedarf Enthalpie entzogen, was zu einer Erhöhung der Temperatur des verdichteten Gasteilstroms B und somit zu höheren Temperaturen in den den Turbinen 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 vorgeschalteten Wärmetauschern 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 führt.

[0039] Der verdichtete, durch Wärmeabfuhr gekühlte Gasteilstrom B wird mittels einer Entspannungsturbine 17 auf einen Druck entspannt, der in einem Bereich größer 20 bar liegt. Die Temperatur des so entspannten Gasteilstroms B liegt im Bereich von ca. 5 bis 8°C. Der Entspannungsturbine 17 ist eine Drossel 19 und ein Flüssigkeitsabscheider 20 zum Durchfahren des Wassertaupunktes nachgeschaltet. Auf den Flüssigkeitsabscheider 20 folgt ein Wärmetauscher 15', mit dem dem Gasteilstrom B weitere Wärme entzogen. Die Temperatur des Gasteilstroms B liegt nach dem Wärmetauscher 15' kurz vor dem Taupunkt von Methan.

[0040] Der verdichtete, durch Wärmeabfuhr gekühlte Gasteilstrom B wird soweit entspannt, dass mindestens 10 bis 30 %, vorzugsweise mehr als 50 % des zweiten Gasteilstromes B in flüssigem Zustand anfallen. Die Verflüssigung erfolgt mehrstufig, beispielsweise zweistufig. In einer ersten Entspannungsvorrichtung 13', umfassend ein Wärmetauscherrohr, einen Druckbehälter (Kessel) 14' und mindestens eine Drossel 13.1, liegt das entspannte Gas mit einem Druck im Bereich von 10 - 30 bar vor. Das Gas wird dann von der ersten Entspannungs-

vorrichtung 13' in eine zweite Entspannungsvorrichtung 13" entspannt, die ebenfalls ein Wärmetauscherrohr, einen Kessel (Behälter) 14" und mindestens eine Drossel 13.2 umfasst. In dem Kessel 14" hat das entspannte Gas einen Druck von ca. 1 bar.

[0041] Die beim Entspannen nicht verflüssigten Gas-mengen werden mittels mindestens einer Drossel 18 auf ein gemeinsames Druckniveau gebracht und dem Wärmetauscher 15' zugeführt, wo sie dem Gasteilstrom B - wie oben erwähnt - weitere Wärme entziehen. In einer dem Wärmetauscher 15' nachgeschalteten Verdichtungsturbine 3.5, welche mit der Entspannungsturbine 17 mechanisch gekoppelt ist, werden die nicht verflüssigten Gasmengen verdichtet, so dass sie das Druckniveau eines nachgeschalteten Verteilungsnetzes aufweisen, in welches auch der entspannte Gasteilstrom A eingespeist wird. Das verflüssigte Brenngas B_f wird schließlich aus dem Kessel (Behälter) 14" abgeleitet.

[0042] Die Ausführung der Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Beispiele beschränkt. Vielmehr sind eine Vielzahl von Varianten möglich, die auch bei abweichender Gestaltung von der in den beiliegenden Ansprüchen angegebenen Erfindung Gebrauch machen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Speicherung von Brenngas, insbesondere Erdgas, bei dem verdichtetes, mittels einer Versorgungsleitung zugeführtes Brenngas, insbesondere Erdgas, mittels einer Teilungsvorrichtung in einen ersten Gasteilstrom (A) und mindestens einen zweiten Gasteilstrom (B) geteilt wird, bei dem der erste Gasteilstrom (A) mittels mindestens einer Arbeitsmaschine (2), insbesondere einer Entspannungsturbine, entspannt wird, wobei der erste Gasteilstrom (A) zuvor mittels mindestens eines Wärmetauschers (5) soweit erwärmt wird, dass dieser Gasteilstrom (A) nach der Entspannung in der mindestens einen Arbeitsmaschine (2) eine Temperatur noch oberhalb von 5°C, vorzugsweise größer/gleich 8°C aufweist, bei dem der zweite Gasteilstrom (B) mittels mindestens eines durch die mindestens eine Arbeitsmaschine (2) angetriebenen Verdichters (3) verdichtet wird, wobei Wärme, die im zweiten Gasteilstrom (B) durch dessen Verdichtung entsteht, abgeführt und zur Erwärmung des ersten Gasteilstromes (A) in dem mindestens einen Wärmetauscher (5) genutzt wird, bei dem der verdichtete, durch Wärmeabfuhr gekühlte zweite Gasteilstrom (B) soweit entspannt wird, dass mindestens 10 %, vorzugsweise mehr als 50 % des zweiten Gasteilstromes (B) in flüssigem Zustand anfallen, und bei dem das so verflüssigte Brenngas (B_f) in minde-

- stens einem wärmeisolierten Behälter (14) gespeichert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der verdichtete, durch Wärmeabfuhr gekühlte zweite Gasteilstrom (B) mittels eines oder mehrerer Entspannungsturbinen und/oder Entspannungsventile entspannt wird, so dass mindestens 10 %, vorzugsweise mehr als 50 % des zweiten Gasteilstromes (B) in flüssigem Zustand anfallen. 5 10
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Gasteilstrom (B) in mehreren Stufen verdichtet und zwischen den Verdichtungsstufen (3.1, 3.2) gekühlt wird. 15
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass der verdichtete, durch Wärmeabfuhr gekühlte zweite Gasteilstrom (B) vor der Entspannung, bei der mindestens 10 %, vorzugsweise mehr als 50 % des zweiten Gasteilstromes in flüssigem Zustand anfallen, in einer weiteren Arbeitsmaschine (17), insbesondere einer weiteren Entspannungsturbine teilentspannt wird. 20 25
 5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die durch die Teilentspannung des verdichteten, durch Wärmeabfuhr gekühlten zweiten Gasteilstromes (B) erzeugte Leistung der weiteren Arbeitsmaschine (17) zum Antrieb des Verdichters (3), eines Generators (7) und/oder einer Maschine genutzt wird. 30
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil des verdichteten, durch Wärmeabfuhr gekühlten und dann entspannten zweiten Gasteilstromes (B) zur Kühlung von noch auf höherem Druckniveau befindlichen Gas des zweiten Gasteilstromes (B) genutzt wird. 35 40
 7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der zur Kühlung von noch auf höherem Druckniveau befindlichen Gas des zweiten Gasteilstromes (B) genutzte Teil des entspannten zweiten Gasteilstromes (B) dem entspannten ersten Gasteilstrom (A) zugegeben wird. 45 50
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass Wärme, die im zweiten Gasteilstrom (B) durch dessen Verdichtung entsteht, mittels mindestens eines Wärmetauschers (10, 12) genutzt wird, um den mittels der Arbeitsmaschine (2) entspannten ersten Gasteilstrom (A) zu erwärmen. 55
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass das verdichtete Brenngas mittels der Teilungsvorrichtung (1) so geteilt wird, dass 50 % bis 70 % des Brenngases als zweiter Gasteilstrom (B) dem Verdichter (3) zugeführt werden.
 10. Vorrichtung zur Speicherung von Brenngas, insbesondere Erdgas, umfassend eine Teilungsvorrichtung (1) zur Teilung von verdichtetem, mittels einer Versorgungsleitung zugeführten Brenngas, insbesondere Erdgas, in einen ersten Gasteilstrom (A) und mindestens einen zweiten Gasteilstrom (B), mindestens eine Arbeitsmaschine (2), insbesondere eine Entspannungsturbine, zur Entspannung des ersten Gasteilstromes (A), mindestens einen Verdichter (3) zur Verdichtung des zweiten Gasteilstromes (B), wobei der Verdichter (3) durch die mindestens eine Arbeitsmaschine (2) angetrieben wird, mindestens einen Wärmetauscher (5), der Wärme, die im zweiten Gasteilstrom (B) durch dessen Verdichtung entsteht, auf den ersten Gasteilstrom (A) vor dessen Entspannung in der mindestens einen Arbeitsmaschine (2) überträgt, mindestens eine Entspannungsvorrichtung (13) zur Entspannung und zumindest teilweisen Verflüssigung des verdichteten, durch Wärmeabfuhr gekühlten zweiten Gasteilstromes (B), und mindestens einen wärmeisolierten Behälter (14) zur Speicherung von mittels der Entspannungsvorrichtung verflüssigtem Brenngas (B_f)
 11. Vorrichtung nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Entspannungsvorrichtung (13) aus einem oder mehreren Entspannungsventilen gebildet ist. 35
 12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter (3) mindestens zwei Verdichtungsstufen (3.1, 3.2) aufweist, wobei zwischen den Verdichtungsstufen (3.1, 3.2) mindestens ein der Kühlung des zweiten Gasteilstromes (B) dienender Wärmetauscher (8) angeordnet ist. 40
 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsmaschine (2) zur Entspannung des ersten Gasteilstromes (A) und der Verdichter (3) miteinander mechanisch gekoppelt sind. 50
 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsmaschine (2) zur Entspannung des ersten Gasteilstromes (A) und der Verdichter (3) durch eine gemeinsame Welle (4) miteinander mechanisch gekoppelt sind. 55

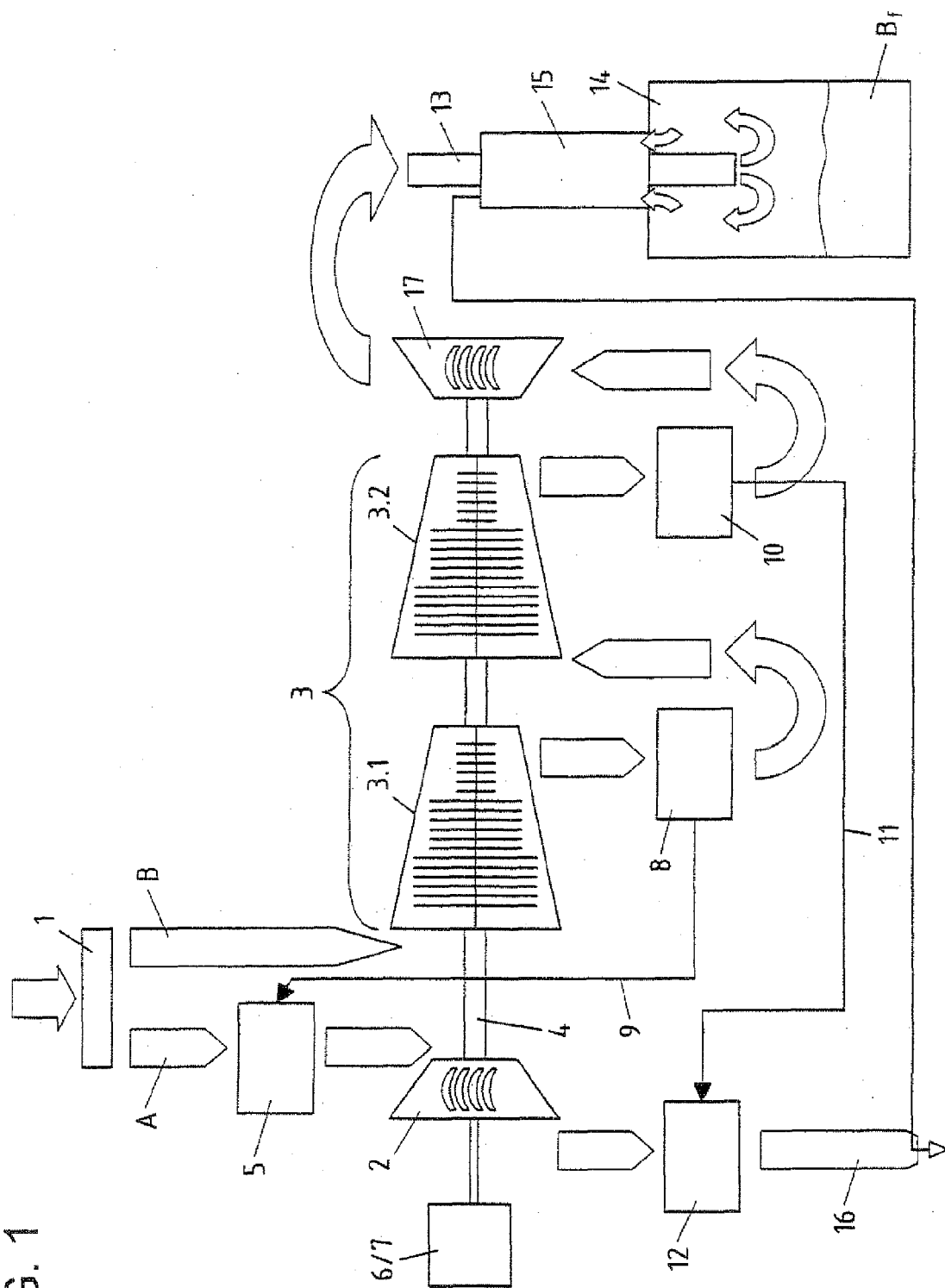
sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass dem Verdichter (3) eine weitere Arbeitsmaschine (17), insbesondere eine weitere Entspannungsturbine, zur Teilentspannung des verdichteten, durch Wärmeabfuhr gekühlten zweiten Gasteilstromes (B) nachgeordnet ist. 5
16. Vorrichtung nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Arbeitsmaschine (17) den Verdichter (3), einen Generator (7) und/oder eine Maschine antreibt. 10
17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Arbeitsmaschine (17), der Verdichter (3), der Generator (7) und/oder die Maschine miteinander mechanisch gekoppelt sind. 15
18. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Arbeitsmaschine (17), der Verdichter (3), der Generator (7) und/oder die Maschine durch eine gemeinsame Welle (4) miteinander mechanisch gekoppelt sind. 20
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Verdichter (3) und der weiteren Arbeitsmaschine (17) mindestens ein der Kühlung des zweiten Gasteilstromes (B) und/oder der Erwärmung des ersten Gasteilstromes (A) dienender Wärmetauscher (10) angeordnet ist. 25
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein weiterer Wärmetauscher (12) vorhanden ist, der Wärme, die durch die Verdichtung des zweiten Gasteilstromes (B) entsteht, auf den ersten Gasteilstrom (A) nach dessen Entspannung in der Arbeitsmaschine (2) überträgt. 30
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass die Entspannungsvorrichtung (13), mittels welcher der verdichtete, durch Wärmeabfuhr gekühlte zweite Gasteilstrom (B) teilweise verflüssigt wird, mit einer Kühlvorrichtung (15) versehen ist, in der nicht verflüssigtes Gas des entspannten zweiten Gasteilstromes (B) zur Kühlung von noch auf höherem Druckniveau befindlichen Gas des zweiten Gasteilstromes (B) genutzt wird. 35
22. Vorrichtung nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (15) so ausgebildet ist, dass nicht verflüssigtes Gas des entspannten zweiten Gasteilstromes (B) im 40

Gegenstrom zu noch auf höherem Druckniveau befindlichen Gas des zweiten Gasteilstromes (B) geführt wird.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (15) mit einer Rohrleitung (16), welche den entspannten ersten Gasteilstrom (A) leitet, verbunden ist, so dass nicht verflüssigtes Gas des entspannten zweiten Gasteilstromes (B) dem entspannten ersten Gasteilstrom (A) zugeführt wird. 45

FIG. 1



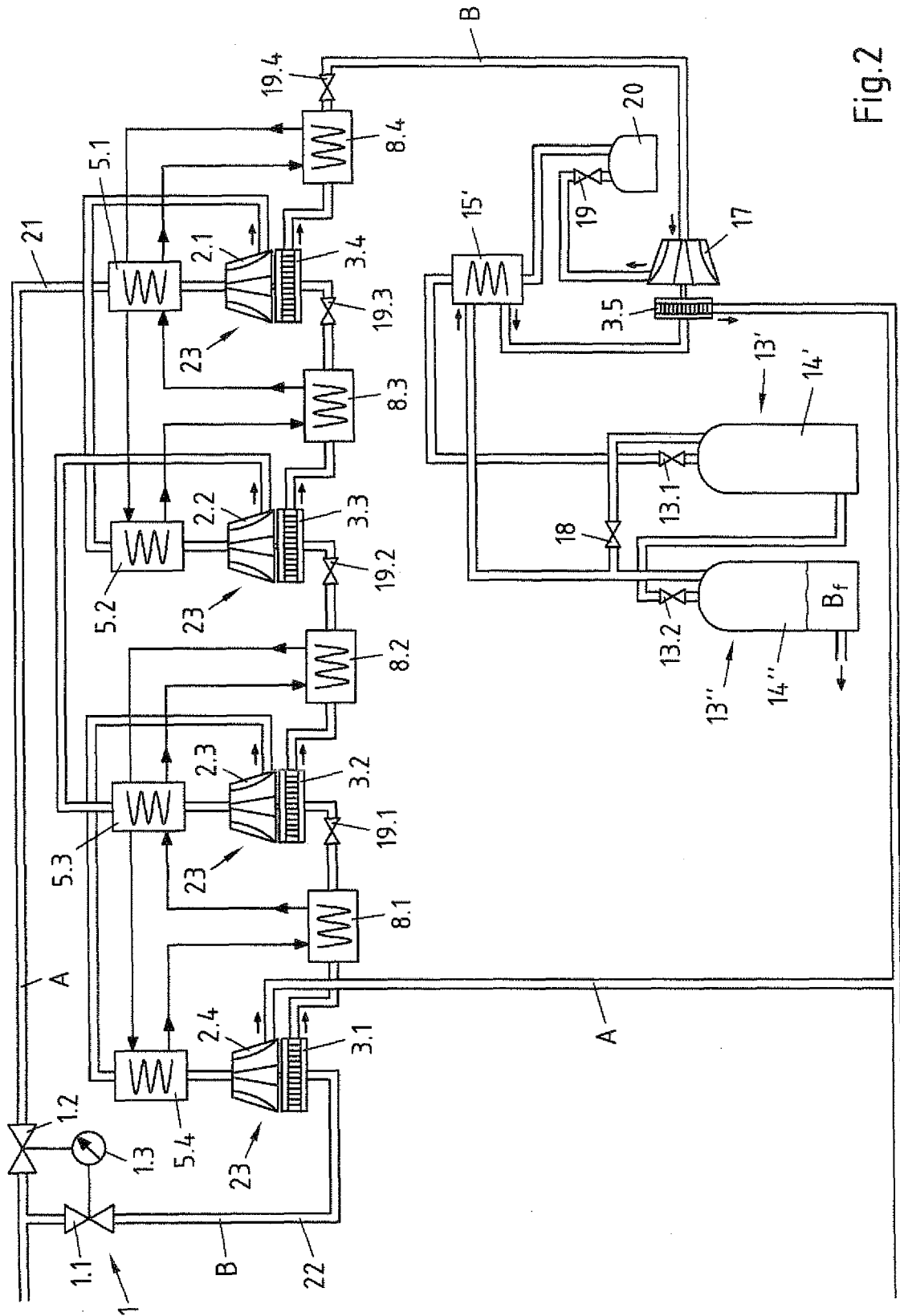


Fig.2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 11 4847

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 03/072991 A (BECHTEL BWXT IDAHO LLC [US]) 4. September 2003 (2003-09-04) * Seite 9, Zeile 19 - Seite 13, Zeile 23 *	1-23	INV. F17C5/02
A	WO 2005/071333 A (HAMWORTHY KSE GAS SYSTEMS AS [NO]; RUMMELHOFF CARL JOERGEN [NO]) 4. August 2005 (2005-08-04) * Seite 5, Zeile 7 - Seite 6, Zeile 3 *	1-23	
A	US 3 735 600 A (DOWDELL S ET AL) 29. Mai 1973 (1973-05-29) * Spalte 11, Zeile 54 - Spalte 18, Zeile 36 *	1-23	
A	US 3 857 251 A (ALLEAUME J) 31. Dezember 1974 (1974-12-31) * Spalte 3, Zeile 9 - Spalte 7, Zeile 3 *	1-23	
A	US 2003/182947 A1 (KIMBLE E LAWRENCE [US] ET AL) 2. Oktober 2003 (2003-10-02) * Absatz [0029] - Absatz [0048] *	1-23	
A	GB 1 538 477 A (GUTEHOFFNUNGSHUETTE STERKRADE) 17. Januar 1979 (1979-01-17) * Seite 1, Zeile 88 - Seite 3, Zeile 21 *	1-23	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F17C
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 30. Oktober 2007	Prüfer Stängl, Gerhard
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	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 07 11 4847

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

30-10-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 03072991 A	04-09-2003	AU 2002346035 A1	09-09-2003
		BR 0215515 A	21-12-2004
		CA 2473185 A1	04-09-2003
		CN 1615415 A	11-05-2005
		EP 1478874 A1	24-11-2004
		HK 1078120 A1	08-06-2007
		JP 2005519153 T	30-06-2005
		MX PA04006605 A	04-10-2004
		NZ 533794 A	22-12-2006
		ZA 200404910 A	04-01-2005
-----	-----	-----	-----
WO 2005071333 A	04-08-2005	NO 323496 B1	29-05-2007
-----	-----	-----	-----
US 3735600 A	29-05-1973	KEINE	
-----	-----	-----	-----
US 3857251 A	31-12-1974	DE 2263055 A1	05-07-1973
		ES 410088 A1	01-12-1975
		FR 2165729 A1	10-08-1973
		GB 1403999 A	28-08-1975
		IT 972507 B	31-05-1974
		JP 48073404 A	03-10-1973
		NL 7217632 A	29-06-1973
		NO 132849 B	06-10-1975
-----	-----	-----	-----
US 2003182947 A1	02-10-2003	KEINE	
-----	-----	-----	-----
GB 1538477 A	17-01-1979	KEINE	
-----	-----	-----	-----

EPO FORM P0461

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