



(11)

EP 1 892 457 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
14.01.2009 Patentblatt 2009/03

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

(21) Anmeldenummer: **07114847.2**(22) Anmeldetag: **23.08.2007****(54) Verfahren und Vorrichtung zur Speicherung von Brenngas, insbesondere von Erdgas**

Method and device for storing fuel gas, in particular natural gas

Procédé et dispositif destinés à l'enregistrement de gaz combustible, en particulier de gaz naturel

(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**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**27.02.2008 Patentblatt 2008/09**

(73) Patentinhaber: **Otten, Eberhard  
47249 Duisburg (DE)**

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

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-03/072991 WO-A-20/05071333  
GB-A- 1 538 477 US-A- 3 735 600  
US-A- 3 857 251 US-A1- 2003 182 947**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Speicherung von Brenngas, insbesondere Methan (Erdgas), sowie sie beispielsweise aus der WO 03/07991 bekannt sind.

**[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 genutzt 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 teilweise 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 Wärme-

energie erfordert, welche üblicherweise zur Erwärmung (Beheizung) von Erdgas bei dessen Entspannung aus einer Hochdruckversorgungsleitung auf Mittel- oder Niederruck 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 Gaspeicherung 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 CO<sub>2</sub>, 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 verdichten 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:

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

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

**[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.

**[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.

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

**[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%.

**[0025]** Der Gasteilstrom A wird vor der nahezu isen-

tropen Entspannung in der Entspannungsturbine 2 mittels 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 m<sup>3</sup>. 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 15 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 20 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 50 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 55 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 re-

lativ 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 Entspannungsvorrichtung 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 Gasmengen 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<sub>f</sub> 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<sub>f</sub>) 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

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

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. 25

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. 30

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. 40

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. 45

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. 50

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<sub>f</sub>). 55

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Entspannungsvorrichtung (13) aus einem oder mehreren Entspannungsventilen gebildet ist. 60

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. 65

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. 70

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.

5

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.

10

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weitere Arbeitsmaschine (17) den Verdichter (3), einen Generator (7) und/oder eine Maschine antriebt.

15

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.

20

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.

25

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.

30

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.

35

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.

40

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (15) so ausgebildet ist, dass nicht verflüssigtes Gas des entspannten zweiten Gasteilstromes (B) im Gegenstrom zu noch auf höherem Druckniveau befindlichen Gas des zweiten Gasteilstromes (B) geführt wird.

45

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.

50

### Claims

20. 1. A method for storing fuel gas, in particular natural gas, in which compressed fuel gas, in particular natural gas, which is supplied by means of a supply line, is divided into a first partial gas stream (A) and at least a second partial gas stream (B) by means of a dividing device, in which the first partial gas stream (A) is expanded by means of at least one work machine (2), in particular an expansion turbine, wherein the first partial gas stream (A) is first heated by means of at least one heat exchanger (5) to the extent that this partial gas stream (A) after the expansion in the at least one work machine (2) has a temperature of still above 5°C, preferably higher than/equal to 8°C, in which the second partial gas stream (B) is compressed by means of at least one compressor (3), which is driven by means of the at least one work machine (2), wherein heat, which is generated in the second partial gas stream (B) by the compression thereof, is dissipated and is used for heating the first partial gas stream (A) in the at least one heat exchanger (5), in which the compressed second partial gas stream (B), which is cooled by means of heat dissipation, is expanded to the extent that at least 10%, preferably more than 50% of the second partial gas stream (B) accumulate in the liquid state and in which the fuel gas (B<sub>1</sub>) liquefied in such a manner is stored in at least one heat-insulated container (14).

25

2. The method according to claim 1, **characterized in that** the compressed second partial gas stream (B), which is cooled by means of heat dissipation, is expanded by means of one or a plurality of expansion turbines and/or expansion valves so that at least 10%, preferably more than 50% of the second partial gas stream (B) accumulate in liquid state.

30

35

40

45

50

3. The method according to claim 1 or 2,  
**characterized in that** the second partial gas stream (B) is compressed in a plurality of stages and is cooled between the compression stages (3.1, 3.2). 5

4. The method according to one of claims 1 to 3,  
**characterized in that** the compressed second partial gas stream (B), which is cooled by means of heat dissipation, is partially expanded in a further work machine (17), in particular in a further expansion turbine, prior to the expansion, where at least 10%, preferably more than 50% of the second partial gas stream accumulate in liquid state. 10

5. The method according to claim 4,  
**characterized in that** the power of the further work machine (17) generated by the partial expansion of the compressed second partial gas stream (B), which is cooled by means of heat dissipation, is used for driving the compressor (3), a generator (7) and/or a machine. 15

6. The method according to one of claims 1 to 5,  
**characterized in that** at least a part of the compressed second partial gas stream (B), which is cooled by means of heat dissipation and which is then expanded, is used for cooling gas of the second partial gas stream (B), which is still on a higher pressure level. 20

7. The method according to claim 6,  
**characterized in that** the part of the expanded second partial gas stream (B), which is used for cooling gas of the second partial gas stream (B), which is still on a higher pressure level, is added to the expanded first partial gas stream (A). 25

8. The method according to one of claims 1 to 7,  
**characterized in that** heat, which is generated in the second partial gas stream (B) by means of the compression thereof, is used by means of at least one heat exchanger (10, 12) for heating the first partial gas stream (A), which is expanded by means of the work machine (2). 30

9. The method according to one of claims 1 to 8,  
**characterized in that** the compressed fuel gas is divided by means of the dividing device (1) in such a manner that 50% to 70% of the fuel gas are supplied as second partial gas stream (B) to the compressor (3). 35

10. A device for storing fuel gas, in particular natural gas, comprising  
a dividing device (1) for dividing compressed fuel gas, in particular natural gas, which is supplied by means of a supply line, into a first partial gas stream (A) and at least a second partial gas stream (B), 40

at least one work machine (2), in particular an expansion turbine for expanding the first partial gas stream (A), at least one compressor (3) for compressing the second partial gas stream (B), wherein the compressor (3) is driven by means of the at least one work machine (2), at least one heat exchanger (5), which transfers heat, which is generated in the second partial gas stream (B) by the compression thereof, to the first partial gas stream (A) prior to the expansion thereof in the at least one work machine (2), 45

at least one expansion device (13) for expanding and at least partially liquefying the compressed second partial gas stream (B), which is cooled by means of heat dissipation, and  
at least one heat-insulated container (14) for storing the fuel gas ( $B_f$ ), which is liquefied by means of the expansion device. 50

11. The device according to claim 10,  
**characterized in that** the at least one expansion device (13) is formed from one or a plurality of expansion valves. 55

12. The device according to claim 10 or 11,  
**characterized in that** the compressor (3) comprises at least two compression stages (3.1, 3.2), wherein at least one heat exchanger (8), which serves for cooling the second partial gas stream (B), is arranged between the compression stages (3.1, 3.2). 60

13. The device according to one of claims 10 to 12,  
**characterized in that** the work machine (2) for expanding the first partial gas stream (A) and the compressor (3) are mechanically coupled with one another. 65

14. The device according to one of claims 10 to 13,  
**characterized in that** the work machine (2) for expanding the first partial gas stream (A) and the compressor (3) are mechanically coupled with one another by means of a common shaft (4). 70

15. The device according to one of claims 10 to 14,  
**characterized in that** a further work machine (17), in particular a further expansion turbine is arranged downstream of the compressor (3) for partially expanding the compressed second partial gas stream (B), which is cooled by means of heat dissipation. 75

16. The device according to claim 15,  
**characterized in that** the further work machine (17) drives the compressor (3), a generator (7) and/or a machine. 80

17. The device according to claim 15 or 16,  
**characterized in that** the further work machine (17), the compressor (3), the generator (7) and/or the ma- 85

chine are mechanically coupled with one another.

18. The device according to claim 15 or 16, **characterized in that** the further work machine (17), the compressor (3), the generator (7) and/or the machine are mechanically coupled with one another by means of a common shaft (4). 5

19. The device according to one of claims 15 to 18, **characterized in that** at least one heat exchanger (10), which serves for cooling the second partial gas stream (B) and/or for heating the first partial gas stream (A), is arranged between the compressor (3) and the further work machine (17). 10

20. The device according to one of claims 10 to 19, **characterized in that** at least a further heat exchanger (12) is available, which transfers heat, which is generated by means of the compression of the second partial gas stream (B), to the first partial gas stream (A) after the expansion thereof in the work machine (2). 15

21. The device according to one of claims 10 to 20, **characterized in that** the expansion device (13), by means of which the compressed second partial gas stream (B), which is cooled by means of heat dissipation, is partially liquefied, is provided with a cooling device (15), in which non-liquefied gas of the expanded second partial gas stream (B) is used for cooling gas of the second partial gas stream (B), which is still on a higher pressure level. 25

22. The device according to claim 21, **characterized in that** the cooling device (15) is embodied in such a manner that non-liquefied gas of the expanded second partial gas stream (B) is guided in counter current to gas of the second partial gas stream (B), which is still on a higher pressure level. 30

23. The device according to claim 21 or 22, **characterized in that** the cooling device (15) is connected to a tube (16), which guides the expanded first partial gas stream (A) so that non-liquefied gas of the expanded second partial gas stream (B) is supplied to the expanded first partial gas stream (A). 40

détendu à l'aide d'au moins une machine de travail (2), en particulier une turbine de détente, où le premier courant partiel de gaz (A) est chauffé à l'aide d'au moins un échangeur de chaleur (5) de sorte que ce courant partiel de gaz (A) présente après la détente dans la au moins une machine de travail (2), une température encore supérieure à 5°C, de préférence supérieure ou égale à 8°C, dans lequel le deuxième courant partiel de gaz (B) est comprimé à l'aide d'au moins un compresseur (3) entraîné par la au moins une machine de travail (2), où la chaleur, qui se forme dans le deuxième courant partiel de gaz (B) par cette compression, est extraite et utilisée pour le chauffage du premier courant partiel de gaz (A) dans le au moins un échangeur de chaleur, dans lequel le deuxième courant partiel de gaz (B) comprimé, refroidi par l'extraction de chaleur, est détendu dans la mesure où au moins 10%, de préférence plus de 50% du deuxième courant partiel de gaz (B) se trouve à l'état liquide, et dans lequel le gaz combustible (B<sub>f</sub>) ainsi liquéfié est accumulé dans au moins un récipient isolé thermiquement (14) .

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le deuxième courant partiel de gaz (B) comprimé, refroidi par extraction de la chaleur, est détendu à l'aide d'une ou de plusieurs turbines de détente et/ou soupapes de détente, de sorte qu'au moins 10%, de préférence plus de 50% du deuxième courant partiel de gaz (B) se trouve à l'état liquide. 35

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le deuxième courant partiel de gaz (B) est comprimé en plusieurs étapes et refroidi entre les étapes de compression (3.1, 3.2). 40

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le deuxième courant partiel de gaz (B) comprimé, refroidi par extraction de la chaleur, est partiellement détendu dans une autre machine de travail (17), en particulier une autre turbine de détente, avant la détente dans laquelle au moins 10%, de préférence plus de 50% du deuxième courant partiel de gaz se trouve à l'état liquide. 45

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la puissance de l'autre machine de travail (17), produite par la détente partielle du deuxième courant partiel de gaz (B) comprimé, refroidi par extraction de chaleur, est utilisée pour le fonctionnement du compresseur (3), un générateur (7) et/ou une machine. 50

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'au moins une partie du deuxième courant partiel de gaz (B) comprimé, re-** 55

## Revendications

1. Procédé d'accumulation de gaz combustible, en particulier de gaz naturel, dans lequel le gaz combustible, en particulier le gaz naturel, comprimé, alimenté avec une conduite d'alimentation, est divisé à l'aide d'un dispositif de division en un premier courant partiel de gaz (A) et au moins un deuxième courant partiel de gaz (B), dans lequel le premier courant partiel de gaz (A) est

froidi par extraction de chaleur, puis détendu, est utilisée pour le refroidissement du gaz se trouvant encore à un niveau élevé de pression du deuxième courant partiel de gaz (B).

5

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la partie utilisée pour le refroidissement du gaz se trouvant encore à un niveau élevé de pression du deuxième courant partiel de gaz (B), du deuxième courant partiel de gaz (B) détendu, est ajoutée au premier courant partiel de gaz (A) détendu.

10

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la chaleur, qui se forme dans le deuxième courant partiel de gaz (B) par sa compression, est utilisée à l'aide d'au moins un échangeur de chaleur (10, 12) pour chauffer le premier courant partiel de gaz (A) détendu à l'aide de la machine de travail (2).

15

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le gaz combustible comprimé est divisé à l'aide du dispositif de division (1), de sorte que 50% à 70% du gaz combustible est alimenté comme deuxième courant partiel de gaz (B) au compresseur (3).

20

10. Dispositif d'accumulation de gaz combustible, en particulier de gaz naturel, comprenant un dispositif de division (1) pour la division du gaz combustible, en particulier du gaz naturel, comprimé, amené à l'aide d'une conduite d'alimentation, en un premier courant partiel de gaz (A) et au moins un deuxième courant partiel de gaz (B),  
au moins une machine de travail (2), en particulier une turbine de détente, pour la détente du premier courant partiel de gaz (A),  
au moins un compresseur (3), pour la compression du deuxième courant partiel de gaz (B), où le compresseur (3) est entraîné par la au moins une machine de travail (2),  
au moins un échangeur de chaleur (5), qui transfère la chaleur, qui se forme dans le deuxième courant partiel de gaz (B) par sa compression, vers le premier courant partiel de gaz (A) avant sa détente dans la au moins une machine de travail (2),  
au moins un dispositif de détente (13) pour la détente et la liquéfaction au moins partielle du deuxième courant partiel de gaz (B) comprimé, refroidi par échange de chaleur, et  
au moins un récipient isolé thermiquement (14) pour l'accumulation du gaz combustible liquéfié (B<sub>l</sub>) à l'aide du dispositif de détente.

30

11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le au moins un dispositif de détente (13) est formé d'une ou de plusieurs soupapes de détente.

35

12. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce que** le compresseur (3) présente au moins deux étapes de compression (3.1, 3.2), où entre les étapes de compression (3.1, 3.2), au moins un échangeur de chaleur (8) servant au refroidissement du deuxième courant partiel de gaz (B), est agencé.

40

13. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce que** la machine de travail (2) pour la détente du premier courant partiel de gaz (A) et le condenseur (3) sont couplés mécaniquement l'un à l'autre.

45

14. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 13, **caractérisé en ce que** la machine de travail (2) pour la détente du premier courant partiel de gaz (A) et le compresseur (3) sont couplés mécaniquement l'un à l'autre par un arbre (4) commun.

50

15. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 14, **caractérisé en ce que** le compresseur (3) suit une autre machine de travail (17), en particulier une autre turbine de détente, pour la détente partielle du deuxième courant partiel de gaz (B) comprimé, refroidi par extraction de chaleur.

55

16. Dispositif selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** l'autre machine de travail (17) entraîne le compresseur (3), un générateur (7) et/ou une machine.

17. Dispositif selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** l'autre machine de travail (17) est couplée mécaniquement au compresseur (3), au générateur (7) et/ou à la machine.

18. Dispositif selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** l'autre machine de travail (17) le compresseur (3), le générateur (7) et/ou la machine sont couplés mécaniquement l'un à l'autre avec un arbre (4) commun.

19. Dispositif selon l'une des revendications 15 à 18, **caractérisé en ce qu'**entre le compresseur (3) et l'autre machine de travail (17), est agencé au moins un échangeur de chaleur (10) servant au refroidissement du deuxième courant partiel de gaz (B) et/ou au chauffage du premier courant partiel de gaz (A).

20. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 19, **caractérisé en ce qu'**au moins un autre échangeur de chaleur (12) est présent, et transfère la chaleur, qui se forme par la compression du deuxième courant partiel de gaz (B), au premier courant partiel de gaz (A) après sa détente dans la machine de travail (2).

21. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 20,  
**caractérisé en ce que** le dispositif de détente (13),  
à l'aide duquel le deuxième courant partiel de gaz  
(B) comprimé, refroidi par extraction de chaleur, est  
partiellement liquéfié, est muni d'un dispositif de re- 5  
froidissement (15), dans lequel le gaz non liquéfié  
du deuxième courant partiel de gaz (B) détendu est  
utilisé pour le refroidissement du gaz de trouvant en-  
core à un niveau élevé de pression du deuxième  
courant partiel de gaz (B). 10

22. Dispositif selon la revendication 21, **caractérisé en**  
**ce que** le dispositif de refroidissement (15) est formé  
de sorte que le gaz non liquéfié du deuxième courant  
partiel de gaz (B) détendu est conduit à contre-cou- 15  
rant du gaz se trouvant encore à un niveau élevé de  
pression du deuxième courant partiel de gaz (B).

23. Dispositif selon la revendication 21 ou 22, **caracté- 20**  
**risé en ce que** le dispositif de refroidissement (15)  
est relié à une conduite tubulaire (16), qui conduit le  
premier courant partiel de gaz (A) détendu, de sorte  
que le gaz non liquéfié du deuxième courant partiel 25  
de gaz (B) détendu est conduit est alimenté au pre-  
mier courant partiel de gaz (A) détendu.

30

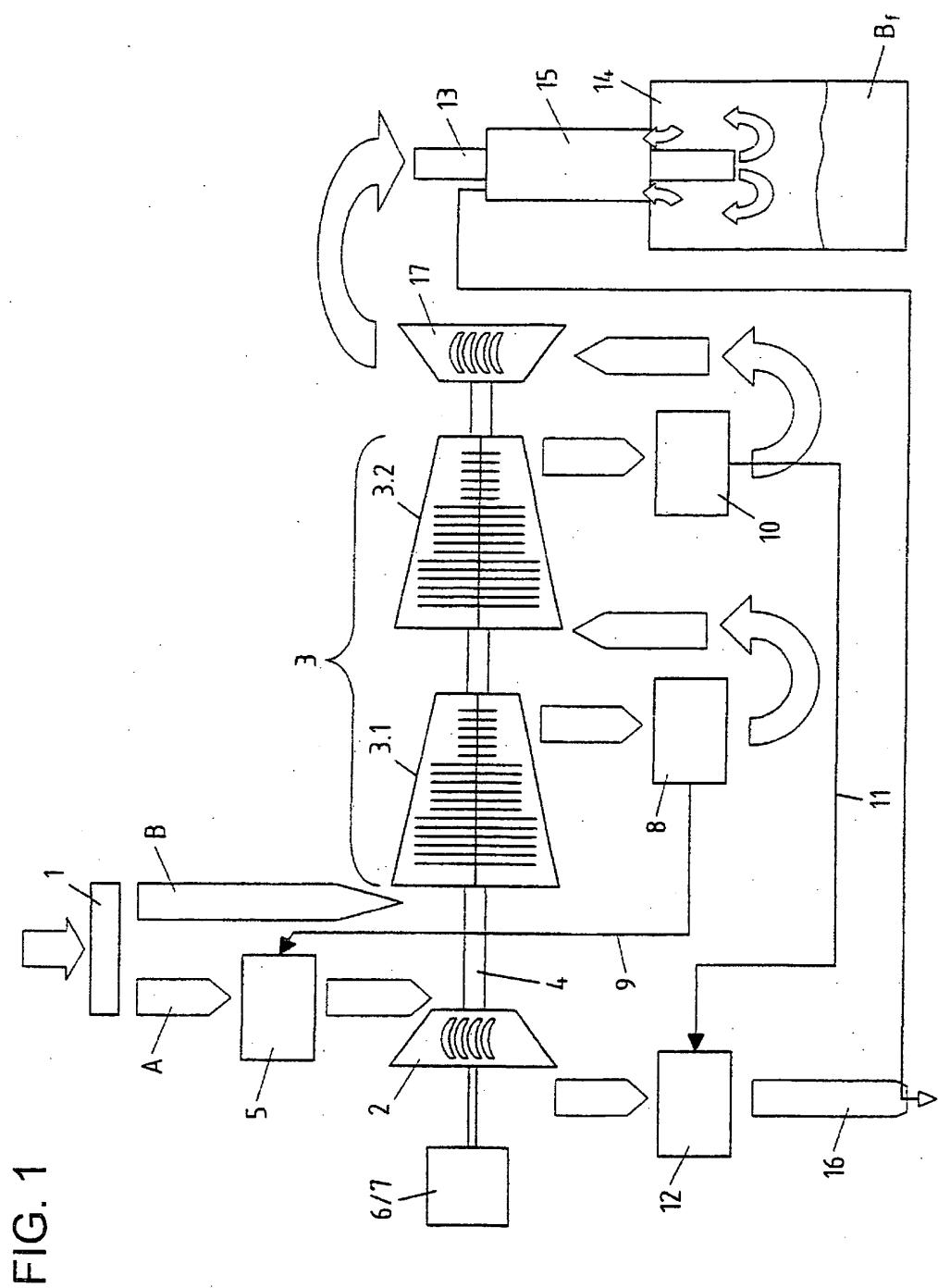
35

40

45

50

55



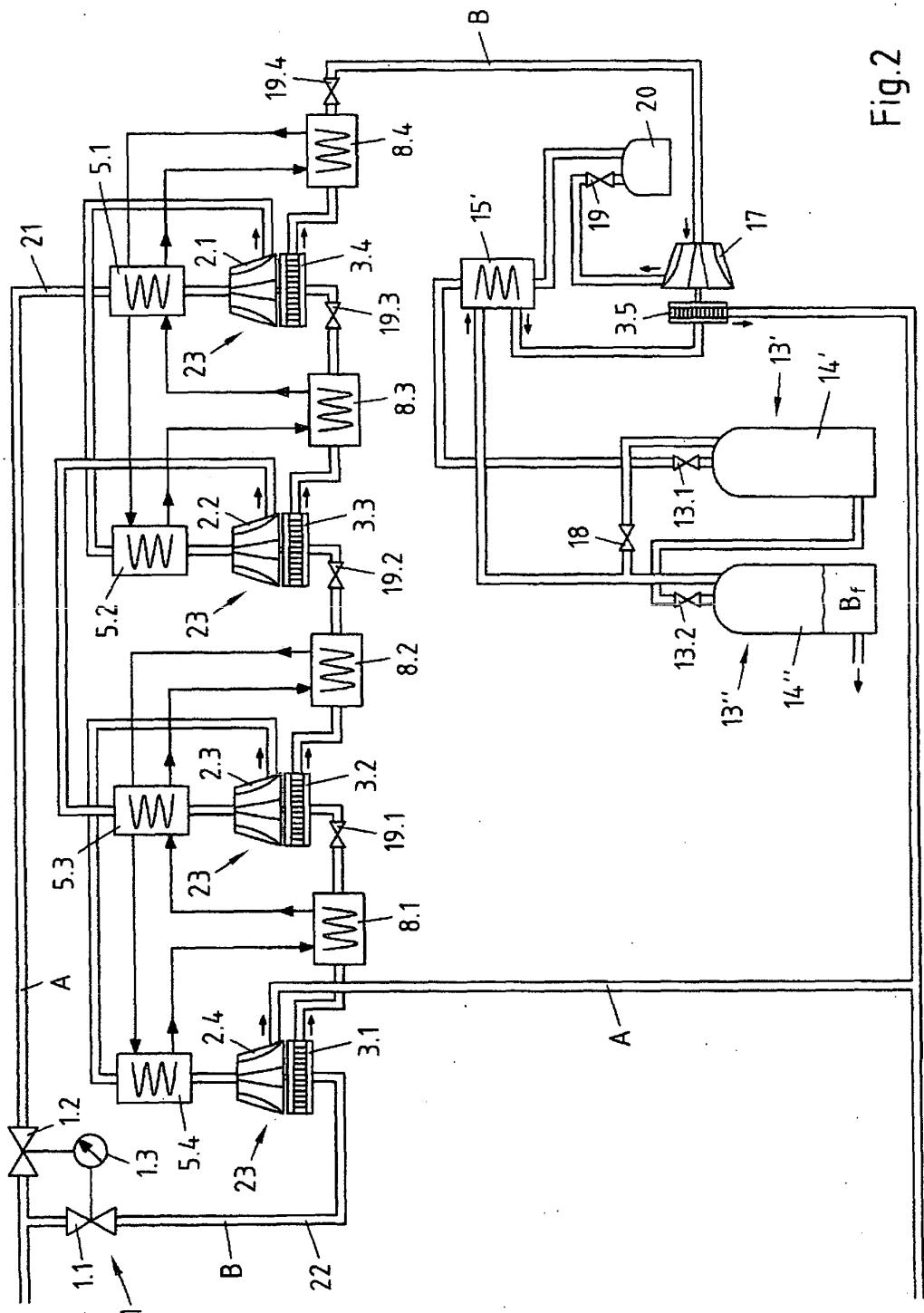


Fig. 2

**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 0307991 A [0001]