



(11)

EP 2 405 176 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.01.2012 Patentblatt 2012/02

(51) Int Cl.:
F17C 9/02 (2006.01)

F17C 9/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11450073.9**

(22) Anmeldetag: 09.06.2011

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **09.07.2010 AT 11712010**

(71) Anmelder: **LO Solutions GmbH**
7111 Parndorf (AT)

(72) Erfinder: Hermeling, Werner, Dipl.-Ing.
7100 Neusiedl am See (AT)

(74) Vertreter: **Haffner und Keschmann Patentanwälte OG**
Schottengasse 3a
1014 Wien (AT)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie, insbesondere in einer Hafenanlage

(57) Bei einem Verfahren zur Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie, insbesondere in einer Hafenanlage, wird verflüssigtes Erdgas (LNG) in einem aus Schiffen befüllbaren LNG-Terminal gelagert, von welchem das entstehende Boil-off-Gas abgezogen wird und in einer Verbrennungskraftmaschine (27) unter Erzeugung von Wärme und Strom verbrannt wird, wobei die Wärme an Wärmeverbraucher weitergeleitet wird und die elektrische Energie ins Netz gespeist oder ge-

speichert wird und flüssiges Erdgas aus dem LNG-Terminal verdampft wird und einem Gasversorgungsnetz zugeführt wird, wobei das flüssige Erdgas nach dem Verdampfen komprimiert wird und anschließend über eine Turbine (10, 37) auf Einspeisdruck des Gasversorgungsnetzes entspannt wird, wobei die gewonnene Kälte aus der Verdampfung und der Entspannung Kälteverbrauchern zugeführt wird und die beim Entspannen des Gases über die Turbine (10, 37) gewonnene elektrische Energie ins Netz gespeist oder gespeichert wird. (Fig.4)

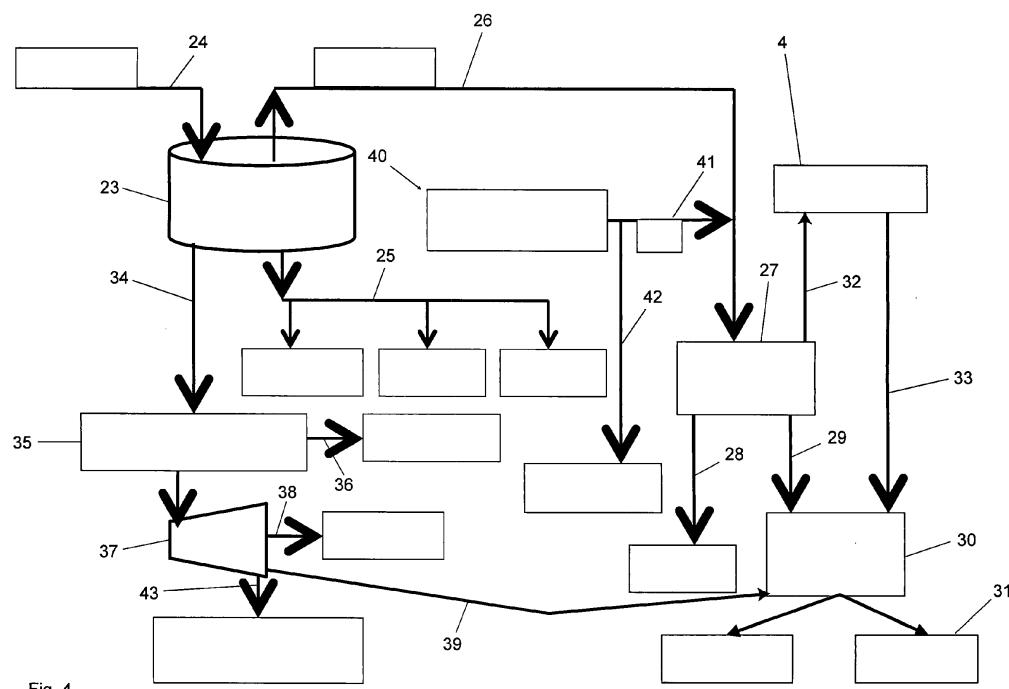


Fig. 4

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie, insbesondere in einer Hafenanlage, wobei verflüssigtes Erdgas (LNG) in einem aus Schiffen befüllbaren LNG-Terminal gelagert wird, von welchem das entstehende Boil-off-Gas abgezogen wird und in einer Verbrennungskraftmaschine unter Erzeugung von Wärme und Strom verbrannt wird, wobei die Wärme an Wärmeverbraucher weitergeleitet wird und die elektrische Energie ins Netz gespeist oder gespeichert wird und flüssiges Erdgas aus dem LNG-Terminal verdampft wird und einem Gasversorgungsnetz zugeführt wird, sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zur Nutzung und insbesondere zur Umwandlung verschiedener Energieformen in elektrische Energie, sind in unterschiedlichen Ausbildungen bekannt geworden. Speziell bei Wasserkraftwerken und insbesondere bei Verfahren und Vorrichtungen zur Nutzung der Windenergie, der Sonnenenergie oder der Gezeitenenergie wird häufig beobachtet, dass die jeweils von äußeren Bedingungen abhängige Erzeugung elektrischer Energie nicht ohne weiteres mit dem jeweiligen Bedarf in Einklang gebracht werden kann. So ist beispielsweise die Energiegewinnung bei Solaranlagen auf Sonnenlicht angewiesen, wobei eine erste Spitze des Energieverbrauchs üblicherweise dann auftritt, wenn nach Sonnenuntergang plötzlich elektrische Beleuchtungskörper eingeschaltet werden.

[0003] Zum Zwecke der Vergleichmäßigung bzw. Glättung der elektrischen Ausgangsleistung derartiger mit regenerativer Energie betriebener Energiewandler wurde bereits vorgeschlagen, die in Zeiten geringerer Bedarfs anfallende Energie entsprechend zu speichern. Elektrische Energie lässt sich zwar prinzipiell in Akkumulatoren speichern. Der für eine derartige Speicherung elektrischer Energie erforderliche Investitionsaufwand und der erforderliche Platzbedarf machen aber derartige Anstrengungen wirtschaftlich nicht vertretbar. Auch erscheint die Berücksichtigung standortbedingter Witterungsverhältnisse durch eine Blattwinkelverstellung der Rotorblätter einer Windkraftanlage nicht geeignet, die jeweils maximal erzeugbare elektrische Energie sinnvoll zu nutzen. Vielmehr wird durch derartige Maßnahmen auf die Produktion elektrischer Energie in Zeiten geringerer Bedarfs verzichtet, obwohl die vorhandene Windenergie eine derartige Produktion begünstigen würde. Um Schwankungen zwischen Energieerzeugung und Energieverbrauch besser ausgleichen zu können, ist es prinzipiell bekannt, Speichermedien einzusetzen, wobei als mechanische Speicher beispielsweise Schwungsmassenspeicher in Betracht kommen. Es wurden auch supraleitende magnetische Energiespeicher, Batteriespeicherungsanlagen sowie chemische Energiespeicher auf Wasserstoffbasis vorgeschlagen.

[0004] Als Flüssigerdgas (LNG für engl. liquefied natural gas) wird durch Abkühlung auf -164 bis - 161 °C

(109 K bis 112 K) verflüssigtes Erdgas bezeichnet. Flüssiges Erdgas weist etwa 1/600stel des Volumens von Erdgas in Gasform auf.

[0005] Besonders zu Transport- und Lagerungszwecken hat flüssiges Erdgas große Vorteile. Das Erdgas verliert durch eine derartige Abkühlung seine Eigenschaft der Leitungsgebundenheit und kann somit auf der Straße, der Schiene und auf dem Wasser transportiert werden. Bislang spielte diese Art des Transportes nur eine untergeordnete Rolle, da insbesondere für die aufwendige Verflüssigung etwa 10 bis 25 Prozent des Energieinhaltes des Gases benötigt werden. Liegen die zu überbrückenden Distanzen zwischen Erdgasquelle und Verbraucher unter 2.000 Kilometern, ist der Transport per Erdgaspipeline bzw. als verdichtetes Erdgas (CNG) wirtschaftlicher.

[0006] Der standardmäßige Transportweg wird dabei über Pipelines von der Erdgasförderstätte zu einem speziell angefertigten LNG-Terminal in einem Hafen sicher gestellt. Im LNG-Terminal wird das vorher gasförmige Erdgas zu flüssigem Erdgas verflüssigt. Diese Anlagen sind extrem kosten- und energieintensiv. Anschließend wird das flüssige Erdgas auf Spezialschiffe gepumpt, die zu einem anderen LNG-Terminal fahren und das flüssige Erdgas dort wieder mit den schiffseigenen Ladungspumpen an Land fördern. Die immer größer werdenden Schiffe werden auch als 2G-Tanker bezeichnet. Der Weitertransport erfolgt meistens nach einer Umwandlung in den gasförmigen Zustand per Pipelines zu den Ferngasgesellschaften, überwiegend zu einem Hub.

[0007] Im Jahr 2004 wurden etwa fünf Prozent der Erdgas-Transporte weltweit in Form von Flüssigerdgas durchgeführt. Aufgrund der aktuell hohen Gaspreise und der zu erwartenden weiteren Steigerungen im Zuge der Preisbindung an Erdöl gewinnt diese Transportmöglichkeit für Erdgas jedoch zunehmend an Bedeutung. Aktuell werden bei steigender Tendenz mehr als 25 Prozent des weltweit transportierten Erdgases als flüssiges Erdgas transportiert.

[0008] Trotz der Isolierung der LNG-Tanker führt die langsame Erwärmung der Tanks zum Verdampfen eines Teils der Ladung, dem so genannten "Boil-Off". Damit der Druck im Tank keine unzulässig hohen Werte annimmt, muss das verdampfte Gas entweichen können.

Anstelle eines Abblasens wird dieses Gas energetisch zur Dampferzeugung und schließlich mit zum Vortrieb und zur Stromerzeugung genutzt. LNG-Tanker sind aus diesem Grund überwiegend als Turbinenschiffe für Schweröl- und/oder Erdgasbetrieb ausgeführt. Bei einem Überschuss an Boil-Off-Gas wird die Überproduktion an Dampf im Hilfs- oder Hauptkondensator gegen Seewasser kondensiert, so dass bei keinem normalen Schiffsbetriebszustand Methan (als Erdgashauptbestandteil) in die Atmosphäre abgeblasen werden muss.

Bei Überschreiten dieser Kapazitätsgrenzen der Kondensatoren wird das "Boil Off"-Gas durch einen Mast in die Atmosphäre geblasen oder mit schiffseigenen Verflüssigern rückverflüssigt, um den Tankdruck im zulässi-

gen Bereich zu halten.

[0009] Die Erfindung zielt nun darauf ab, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit welcher ein Maximum an verfügbarer Verflüssigungsenergie und an kalorischer Energie aus dem (flüssigen) Erdgas rückgewonnen werden kann, sodass insgesamt eine wirtschaftlichere Vorrichtung bzw. ein wirtschaftlicheres Verfahren geschaffen wird.

[0010] Zur Lösung dieser Aufgabe wird das erfindungsgemäße Verfahren derart durchgeführt, dass das flüssige Erdgas nach dem Verdampfen komprimiert wird und anschließend über eine Turbine auf Einspeisdruck des Gasversorgungsnetzes entspannt wird, wobei die gewonnene Kälte aus der Verdampfung und der Entspannung Kälteverbrauchern zugeführt wird und die beim Entspannen des Gases über die Turbine gewonnene elektrische Energie ins Netz gespeist oder gespeichert wird. Da in Hafenanlagen immer ein Kältebedarf vorhanden ist, insbesondere für Kühlhallen zur Lagerung von Lebensmitteln oder frisch gefangenem Fisch, kann die durch diese Verfahrensschritte gewonnene Kälte einfach und ökonomisch genutzt werden. Bisher wurde die bei der Regasifizierung anfallende Kälte in diesem Umfeld immer als Abfallprodukt gesehen und einfach an die Atmosphäre abgegeben. Durch die Nutzung dieser Energie kann die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erhöht werden. Dadurch, dass das Gas nach der Regasifizierung über den Einspeisdruck eines Gasversorgungsnetzes komprimiert wird muss das Gas nicht mit Hilfe großer Pumpen in das Gasversorgungsnetz gedrückt werden, sondern kann über eine Turbine entspannt werden, sodass hier zusätzliche elektrische und thermische Energie freigesetzt wird, welche weiterverwendet werden kann.

[0011] Zur Regasifizierung und Komprimierung des Erdgases wird bevorzugt ein zirkuläres, kolbenloses Verfahren angewendet, wie dies bspw. in der W02007/128023 beschrieben ist. Dazu wird in bevorzugter Weise derart vorgegangen, dass das flüssige Erdgas zum Verdampfen und Komprimieren in einen Dosierbehälter verbracht wird und eine dosierte Menge einem Verdampfer zugeführt wird, worauf der Dosierbehälter neu erlich mit flüssigem Gas gefüllt wird und der Druck im zuletzt eingesetzten Verdampfer zum Auspressen des flüssigen Gases aus dem Dosierbehälter in einen weiteren Verdampfer herangezogen wird, wobei zyklisch jeweils voneinander verschiedene Verdampfer aus dem Dosierbehälter beschickt werden und der Druck im Dosierbehälter sowie erforderlichenfalls im jeweils zu befüllenden Verdampfer vor einem neuerlichen Einbringen einer dosierten Menge des verflüssigten Gases abgebaut wird und das Gas anschließend über eine Turbine auf Einspeisdruck eines Gasnetzwerkes entspannt wird. Dadurch sind keine teuren und verschleißanfälligen Pumpen notwendig, sodass das Verfahren im Betrieb weniger Kosten verursacht.

[0012] Um mehr Kälte bereitstellen zu können wird bevorzugt derart vorgegangen, dass eine Biogasanlage mit angeschlossener kryogenen Gasreinigung und Verflüs-

sigung zur Verwertung organischer Abfälle verwendet wird, wobei das erzeugte Biogas in einer Verbrennungskraftmaschine unter Erzeugung von Wärme und Strom verbrannt wird, wobei die Wärme an Wärmeverbraucher weitergeleitet wird und die elektrische Energie gespeichert wird und die in der Biogasanlage eingesetzte Kälte zurückgewonnen wird und die Kälte Kälteverbrauchern zugeführt wird. In derartigen Biogasanlagen fällt insbesondere CO_2 als Ausgangsmaterial für Trockeneis an, welches innerhalb der Hafenanlage zu Kühlzwecken auch einfach transportierbar ist. Ein derartiges Verfahren wird bspw. in der österreichischen Patentanmeldung AT508249 gezeigt und beschrieben.

[0013] Um den großen Bedarf an elektrischem Strom in der Hafenanlage zu decken wird das Verfahren bevorzugt derart durchgeführt, dass zusätzlich ein Kraftwerk für erneuerbare Energien, wie Gezeitenkraftwerk, Windkraftwerk, Wasserkraftwerk, etc. Verwendung findet, um zusätzliche elektrische Energie bereit zu stellen.

[0014] Um die elektrischen Energien der einzelnen Erzeuger zu speichern, wird bevorzugt derart vorgegangen, dass ein Gas in einer mit einer elektrischen Energie erzeugenden Vorrichtung gekoppelten Vorrichtung verflüssigt wird, dass das verflüssigte Gas vorzugsweise drucklos gespeichert wird und dass das verflüssigte Gas bei Bedarf, vorzugsweise mit Hilfe eines Kältekreislaufs eines Kälteverbrauchers, regasifiziert und die freiwerdende Energie in elektrische Energie umgewandelt und entweder ins Netz eingespeist wird oder elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt wird. Ein besonders effizientes Verfahren, das auf diesem Prinzip beruht, ist im österreichischen Patent AT506779 beschrieben.

[0015] Das flüssige Erdgas wird im LNG-Terminal in bevorzugter Weise in einem atmosphärischen Tank gelagert. Dadurch, dass der Tank lediglich isoliert, nicht jedoch aktiv gekühlt wird, fällt durch den Wärmeeintrag über die Isolierung jederzeit gleichmäßig Boil-off-gas an, welches in der Verbrennungskraftmaschine verbrannt wird, wobei im Schnitt 33% der Energie in elektrische Energie umgewandelt wird und 67% in kalorische Wärme. Diese elektrische Energie kann gleich zur Versorgung des Bedarfs der Hafenanlage herangezogen werden, oder ebenfalls in Form des verflüssigten Gases für Zeiten des erhöhten Bedarfs vorrätig gehalten werden.

Sollte insgesamt mehr elektrische Energie erzeugt werden als verbraucht wird, so kann diese Energie auch durch Einspeisen in das Stromnetz an Energieanbieter verkauft werden. Das flüssige Erdgas kann jedoch auch wenn nötig dem atmosphärischen Tank entnommen werden und auf der Straße, der Schiene oder auf dem Wasser weitertransportiert werden.

[0016] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie in einer Hafenanlage, wobei das flüssige Erdgas in einem LNG-Terminal in einem atmosphärischen Tank gelagert ist, welchem eine Verbrennungskraftmaschine für das Verbrennen des Boil-off-Gases nachgeschaltet ist und der Verbrennungskraftmaschine ein Energiespeicher für

elektrische Energie nachgeschaltet ist, wobei die Verbrennungskraftmaschine über einen Wärmeleiter mit Wärmeverbrauchern verbunden ist und dem atmosphärischen Tank ein Verdampfer zum Verdampfen des flüssigen Erdgases nachgeschaltet ist, wobei dem Verdampfer eine Turbine zur Erzeugung von Strom nachgeschaltet ist, ist erfundungsgemäß derart weitergebildet, dass die Verdampfungs- bzw. Entspannungskälte über Wärmeleiter zu Kälteverbrauchern transportierbar ist.

[0017] Dadurch, dass in bevorzugter Weise dem atmosphärischen Tank wenigstens zwei Verdampfer unter Zwischenschaltung eines Dosierbehälters nachgeschalten sind, kann das oben erwähnte Verfahren zur zyklischen, kolbenlosen Kompression durchgeführt werden, welches sich insbesondere durch seine Effizienz und Robustheit auszeichnet.

[0018] Dadurch, dass der Verbrennungskraftmaschine eine Biogasanlage mit kryogener Gasreinigung und Gasverflüssigung zur Verwertung organischer Abfälle vorgeschaltet ist, wobei das erzeugte Biogas über Leitungen der Verbrennungskraftmaschine zur Erzeugung von Wärme und Strom zugeführt wird, wobei die Wärme über Wärmeleiter an Wärmeverbraucher weitergeleitet wird und die elektrische Energie gespeichert wird und die in der Biogasanlage gewonnene Kälte Kälteverbrauchern zugeführt wird, kann weitere Kälte, die in der Biogasanlage meist als Trockeneis anfällt und demnach einfach transportabel ist, für Kühlzwecke erhalten werden.

[0019] Es können weitere Kraftwerke dazu dienen den elektrischen Bedarf der Hafenanlage zu decken, wobei bevorzugt vorgesehen ist, dass zusätzlich ein Kraftwerk für erneuerbare Energien, wie Gezeitenkraftwerk, Windkraftwerk, Wasserkraftwerk, etc. dem Energiespeicher vorgeschaltet ist, um die elektrische Energie bereit zu stellen.

[0020] Zur Speicherung der elektrischen Energie wird die Vorrichtung bevorzugt derart weitergebildet, dass eine an eine elektrische Energie erzeugende Vorrichtung gekoppelte Gasverflüssigungsvorrichtung einen Speicherbehälter zur Speicherung des verflüssigten Gases, eine an den Speicherbehälter angeschlossene Regasifizierungseinrichtung zum Regasifizieren des verflüssigten Gases, eine Expansionsmaschine, insbesondere Turbine, zum Entspannen des regasifizierten Gases und einen von der Expansionsmaschine angetriebenen elektrischen Generator aufweist, wobei die vom Generator gelieferte elektrische Energie elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt ist.

[0021] Die Erfindung wird nachfolgend eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigt Fig.1 eine Vorrichtung zur Speicherung von Energie in einer Ausführung, die eine Pumpe erfordert, Fig.2 eine Vorrichtung zur Speicherung von Energie in einer Ausführung, in welcher das Gas kolbenlos und zyklisch ohne Verwendung einer Pumpe komprimiert wird, Fig.3 ein p-H-Diagramm des Arbeitsmediums und Fig.4 eine schematische Hafenanlage.

[0022] In der Zeichnung ist mit 1 ein Windgenerator bezeichnet, wobei die vom Generator erzeugte elektrische Energie über die elektrische Leitung 2 in das Netz eingespeist werden kann. Sobald der Bedarf an elektrischer Energie, welche über die Leitung 2 in das Netz eingespeist wird, unter der jeweils erzeugten Energie liegt, kann über eine elektrische Leitung 3 Strom einer Luftverflüssigungsanlage 4 zugeführt werden, wobei die verflüssigte Luft in einen kryogenen Tank 5 gelangt. Zur

5 Regasifikation wird die drucklos gespeicherte verflüssigte Luft über eine Leitung 6 einem Verdampfer 7 zugeführt, wobei durch die Volumszunahme bei der Verdampfung ein entsprechendes Druckgas über die Leitung 8 einem Zwischenspeicher 9 zur Vergleichmäßigung des Drucks 10 zugeführt wird und über eine Turbine 10 geleitet wird, welche mit einem Generator 11 gekoppelt ist. Die im Generator 11 erzeugte elektrische Energie kann wiederum über die Leitung 12 in das Netz gespeist werden, wenn zusätzlich und ggf. die Produktion des Windkraftwerks 1 15 übersteigende Bedarfsszenarien ermittelt werden, so dass zusätzlich zu dem über die Leitung 2 in das Netz gespeisten Strom auch über die Leitung 12 Strom in das Netz gespeist werden kann. In einem Abscheider 13 werden die flüssigen Gasanteile abgetrennt und die flüssige 20 Phase dem Tank und die Gasphase dem Verflüssiger rückgeführt. Zu diesem Zweck und zu dem Zweck flüssiges Gas in den Verdampfer zu pressen ist eine Pumpe 14 notwendig.

[0023] In Fig. 2 wird ein Ausführungsbeispiel gezeigt, 30 bei welchem keine Pumpe 14 notwendig ist. Die übrigen Bezugszeichen wurden beibehalten. Hier gelangt das flüssige Gas in einen Dosierbehälter 15, der in weiterer Folge abwechselnd die zwei nachgeschalteten Verdampfer 7 und 7' beschickt. In den Verdampfern 7, 7'

25 wird die Luft auf 70 bar überhitzt und ist überkritisch bei Temperaturen, welche weit unter der Umgebungstemperatur liegen. Die jeweiligen Temperaturen liegen auf einem p-H-Diagramm rechts des kritischen Punktes. Ausgehend von diesem Zustand wird im Anschluss auf 35 40 bar über die Turbine 10 entspannt, welche mit dem Generator 11 gekoppelt ist, sodass über die Leitung 12 Strom ins Stromnetz freigegeben werden kann. Durch die Entspannung fällt die Temperatur, wobei zur besseren Nutzung dieser Energie der Abluftstrom durch den

40 Verdampfer 7, 7' geleitet wird, der als Kühler dient. Die Kühlung erfolgt mit flüssiger Luft, die durch den Drosselprozess im Abscheider 13 und der Luftverflüssigungsanlage 4 entstanden ist. Auf Grund der Druckdifferenz strömt das Gas nach der Turbine 10 in den jeweils anderen Verdampfer 7', 7, wobei die überkritische Luft weiter abgekühlt wird und ein Zustandspunkt links des kritischen Punktes auf dem p-H-Diagramm erreicht wird. 45

[0024] Der Dosierbehälter 15 wird dabei über die Leitung 16 in den Abscheider 13 auf Tankdruck, welcher bei 50 55 1-2 bar liegt, entspannt, wobei die flüssige Phase dem Tank und die Gasphase dem Verflüssiger wieder zugeführt wird. Diesmal ist keine Pumpe 14 notwendig, da die Gasphase von der Luftverflüssigungsanlage 4 ange-

saugt wird. Dies ist die Voraussetzung für einen weitere Befüllung des Dosierbehälters. Ebenso wird die überkritische Luft nach der Abkühlung über die Turbine aus dem Verdampfer 7, 7', über den Abscheider 13 gedrosselt. Das anfallende Gas wird in die Luftverflüssigungsanlage 4 geleitet und die dadurch fehlende Menge in der flüssigen Phase wird aus dem kryogenen Tank 5, in welchem verflüssigtes Gas vorrätig ist, welcher Tank durch die Luftverflüssigungsanlage gespeist ist, nachgefüllt. Aus dem Abscheider 13 kann über die Leitung 17 auch der Dosierbehälter wieder mit flüssigem Gas gefüllt werden.

[0025] Dadurch, dass die über die Turbine entspannte Luft den Verdampfern 7, 7' als Kühlung wieder rückgeführt wird, herrscht dort die größte Temperaturdifferenz.

[0026] Fig. 3 zeigt ein p-H-Diagramm des arbeitenden Gases. Im Verdampfer 7, 7' befindet sich das Gas auf 100 bar überhitzt und ist überkritisch rechts des kritischen Punktes 18 auf dem Punkt 19, wobei die Temperatur weit unter der Umgebungstemperatur liegt. Im nächsten Schritt wird das Gas über die Turbine 13 auf 40 bar entspannt und erreicht den Punkt 20 bei gleichzeitigem Verlust an Temperatur. Das Gas wird im Anschluss weiter mittels flüssiger Luft, welche aus dem Drosselprozess entstanden ist, und der entspannten Luft über die Turbine abgekühlt bis ein Punkt 21 links des kritischen Punktes auf dem p-H-Diagramm erreicht wird. Bei dem Drosselprozess im Abscheider 13 fällt der Gasdruck auf Punkt 22. Beim Rückführen des flüssigen Gases fällt die Temperatur des Gases, wobei es sich an diesem Punkt im p-H-Diagramm auf Punkt 23 befindet, und wird anschließend wieder in den Dosierbehälter 15 geleitet.

[0027] Die Rückverflüssigung ist also prinzipiell zweimal in dem Prozess möglich. Einmal im Bereich des überhitzen Dampfes, von Punkt 20 zu Punkt 21 im p-H-Diagramm, wobei die Temperaturdifferenz sehr gering ist, die Wärmeaustauschflächen aber sehr groß sind. Ein zweites Mal ist die Rückverflüssigung nach dem Kühlen mit flüssigem Produkt im überkritischen Bereich möglich. Es wird hiermit versucht möglichst weit auf die linke Seite des kritischen Punktes zu kommen (Punkt 21), wobei ab dem Punkt 21 in Fig. 3 auf einen Druck nahe dem Umgebungsdruck gedrosselt werden kann (Punkt 22). Dabei fällt zwangsläufig der größte Anteil der flüssigen Phase aus und es entsteht der kleinste Anteil an Gas. Diese zweite Drosselung macht dieses Verfahren besonders wirtschaftlich.

[0028] Auf die gleiche Weise wird das flüssige Erdgas zyklisch und kolbenlos verdampft, komprimiert und über eine Turbine in ein Gasversorgungsnetz entspannt, wobei hier zusätzlich auch die Entspannungskälte in der Hafenanlage verwertet werden kann.

[0029] In Fig. 4 ist ein atmosphärischer Tank mit 23 bezeichnet, wobei eine Leitung 24 angedeutet ist, mit welcher das flüssige Erdgas aus Transportschiffen abgesaugt werden kann. Über die Leitung 25 kann das flüssige Erdgas auf weitere Fortbewegungsmittel verladen werden. Durch den Wärmeeintrag über die Isolierung des atmosphärischen Tanks 23 fällt in dem Tank 23 Boil-off

Gas an, welches über eine Leitung 26 einer Verbrennungskraftmaschine 27 zugeführt wird. Die in der Verbrennungskraftmaschine 27 anfallende Wärme wird über eine Leitung 28 an Wärmeverbraucher geleitet. Der in

5 der Verbrennungskraftmaschine 27 erzeugte Strom wird über eine Leitung 29 an einen Transformator 30 geleitet und von dort entweder in ein Stromnetz 31 eingespeist und verkauft oder verwendet, um den Bedarf der Hafen-10 anlage zu decken. Andernfalls kann der Strom über eine Leitung 32 der Luftverflüssigungsanlage 4 zugeführt werden, um die Energie für Zeiten größeren Bedarfs zu speichern. Die bei der Regasifizierung freigesetzte Energie kann über eine Leitung 33 wieder dem Transformator 30 zugeführt werden.

[0030] Das flüssige Erdgas wird aus dem Tank 23 über eine Leitung 34 entnommen und dem oben beschriebenen Verfahren der zyklischen, kolbenlosen Kompression unterworfen, wobei die dafür notwendige Vorrichtung mit 35 bezeichnet ist. Die Verdampfungskälte wird über die

20 Leitung 36 den Kälteverbrauchern zugeführt. Mit 37 ist eine Turbine bezeichnet, über welche das komprimierte Gas entspannt wird, wobei hier einerseits die Entspannungskälte über eine Leitung 38 den Kälteverbrauchern zugeführt wird und der erzeugte Strom über die Leitung 25 39 entweder dem Transformator 30 zugeführt wird oder der Luftverflüssigungsanlage 4. Mit 43 ist die Leitung bezeichnet, über welche das Erdgas in das Gasnetz eingespeist wird.

[0031] Mit 40 ist eine Biogasanlage zur Verwertung 30 organischer Abfälle bezeichnet, wobei in dieser als Endprodukt bspw. Biomethan und CO₂ in Form von Trockeneis anfällt. Das Biomethan wird über die Leitung 41 der Verbrennungskraftmaschine 27 zur Verbrennung zugeführt. Über die Leitung bzw. den Weg 42 wird die Kälte 35 bzw. das Trockeneis den Kälteverbrauchern zugeführt.

Patentansprüche

- 40 1. Verfahren zur Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie, insbesondere in einer Hafen- anlage, wobei verflüssigtes Erdgas (LNG) in einem aus Schiffen befüllbaren LNG-Terminal gelagert wird, von welchem das entstehende Boil-off-Gas ab-45 gezogen wird und in einer Verbrennungskraftmaschine unter Erzeugung von Wärme und Strom verbrannt wird, wobei die Wärme an Wärmeverbraucher weitergeleitet wird und die elektrische Energie ins Netz gespeist oder gespeichert wird und flüssiges Erdgas aus dem LNG-Terminal verdampft wird und einem Gasversorgungsnetz zugeführt wird, **da-50 durch gekennzeichnet, dass** das flüssige Erdgas nach dem Verdampfen komprimiert wird und anschließend über eine Turbine (10, 37) auf Einspeis- druck des Gasversorgungsnetzes entspannt wird, wobei die gewonnene Kälte aus der Verdampfung und der Entspannung Kälteverbrauchern zugeführt wird und beim Entspannen des Gases über die 55

- Turbine (10, 37) gewonnene elektrische Energie ins Netz gespeist oder gespeichert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das flüssige Erdgas zum Verdampfen und Komprimieren in einen Dosierbehälter (15) verbracht wird und eine dosierte Menge einem Verdampfer zugeführt wird, worauf der Dosierbehälter (15) neuerlich mit flüssigem Gas gefüllt wird und der Druck im zuletzt eingesetzten Verdampfer (7, 7') zum Auspressen des flüssigen Gases aus dem Dosierbehälter (15) in einen weiteren Verdampfer (7, 7') herangezogen wird, wobei zyklisch jeweils von einander verschiedene Verdampfer (7, 7') aus dem Dosierbehälter (15) beschickt werden und der Druck im Dosierbehälter (15) sowie erforderlichenfalls im jeweils zu befüllenden Verdampfer (7, 7') vor einem neuerlichen Einbringen einer dosierten Menge des verflüssigten Gases abgebaut wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Biogasanlage (40) mit angeschlossener kryogenen Gasreinigung und Verflüssigung zur Verwertung organischer Abfälle verwendet wird, wobei das erzeugte Biogas in einer Verbrennungskraftmaschine (27) unter Erzeugung von Wärme und Strom verbrannt wird, wobei die Wärme an Wärmeverbraucher weitergeleitet wird und die elektrische Energie gespeichert wird und die in der Biogasanlage (40) eingesetzte Kälte zurückgewonnen wird und die Kälte Kälteverbrauchern zugeführt wird. 10
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich ein Kraftwerk für erneuerbare Energien, wie Gezeitenkraftwerk, Windkraftwerk, Wasserkraftwerk, etc. Verwendung findet, um zusätzliche elektrische Energie bereit zu stellen. 15
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gas in einer mit einer elektrischen Energie erzeugenden Vorrichtung gekoppelten Vorrichtung verflüssigt wird, dass das verflüssigte Gas vorzugsweise drucklos gespeichert wird und dass das verflüssigte Gas bei Bedarf, vorzugsweise mit Hilfe eines Kältekreislaufs eines Kälteverbrauchers, regasifiziert und die freiwerdende Energie in elektrische Energie umgewandelt und entweder ins Netz eingespeist wird oder elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt wird. 20
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das flüssige Erdgas in einem atmosphärischen Tank (23) im LNG-Terminal gelagert ist. 25
7. Vorrichtung zur Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie in einer Hafenanlage, wobei das flüssige Erdgas in einem LNG-Terminal in einem atmosphärischen Tank gelagert ist, welchem eine Verbrennungskraftmaschine für das Verbrennen des Boil-off-Gases nachgeschaltet ist und der Verbrennungskraftmaschine ein Energiespeicher für elektrische Energie nachgeschaltet ist, wobei die Verbrennungskraftmaschine über einen Wärmeleiter mit Wärmeverbrauchern verbunden ist und dem atmosphärischen Tank ein Verdampfer zum Verdampfen des flüssigen Erdgases nachgeschaltet ist, wobei dem Verdampfer eine Turbine zur Erzeugung von Strom nachgeschaltet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdampfungs- bzw. Entspannungskälte über Wärmeleiter zu Kälteverbrauchern transportierbar ist. 30
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem atmosphärischen Tank (23) wenigstens zwei Verdampfer (7, 7') unter Zwischenschaltung eines Dosierbehälters (15) nachgeschaltet sind. 35
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbrennungskraftmaschine eine Biogasanlage (40) mit kryogener Gasreinigung und Gasverflüssigung zur Verwertung organischer Abfälle vorgeschaltet ist, wobei das erzeugte Biogas über Leitungen der Verbrennungskraftmaschine (27) zur Erzeugung von Wärme und Strom zugeführt wird, wobei die Wärme über Wärmeleiter an Wärmeverbraucher weitergeleitet wird und die elektrische Energie gespeichert wird und die in der Biogasanlage (40) gewonnene Kälte Kälteverbrauchern zugeführt wird. 40
10. Vorrichtung nach Anspruch 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich ein Kraftwerk für erneuerbare Energien, wie Gezeitenkraftwerk, Windkraftwerk, Wasserkraftwerk, etc. dem Energiespeicher vorgeschaltet ist, um die elektrische Energie bereit zu stellen. 45
11. Vorrichtung nach Anspruch 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine an eine elektrische Energie erzeugende Vorrichtung gekoppelte Gasverflüssigungsvorrichtung einen Speicherbehälter zur Speicherung des verflüssigten Gases, eine an den Speicherbehälter angeschlossene Regasifizierungseinrichtung zum Regasifizieren des verflüssigten Gases, eine Expansionsmaschine, insbesondere Turbine (10, 37), zum Entspannen des regasifizierten Gases und einen von der Expansionsmaschine angetriebenen elektrischen Generator aufweist, wobei die vom Generator gelieferte elektrische Energie elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt ist. 50
- 55

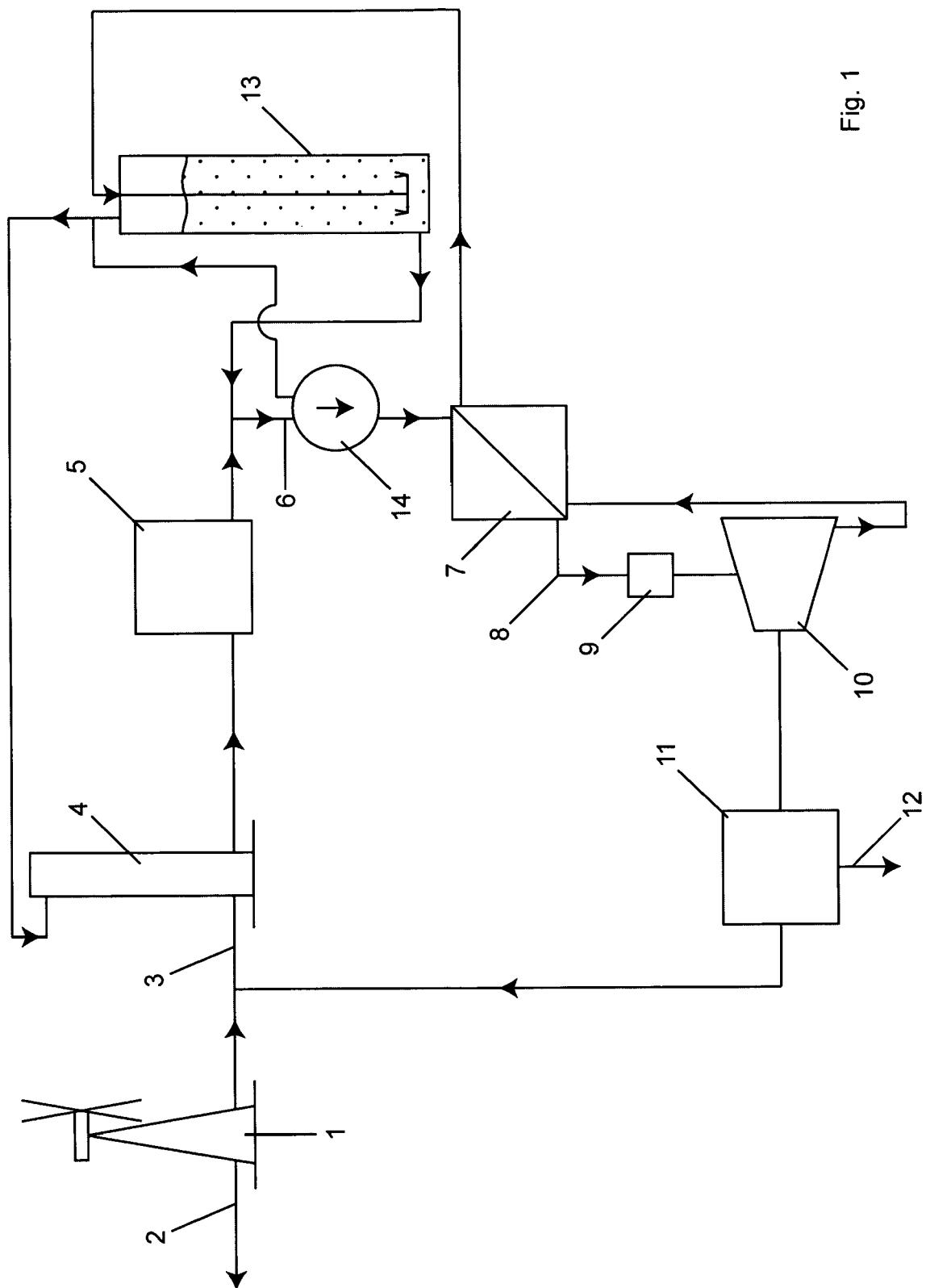


Fig. 1

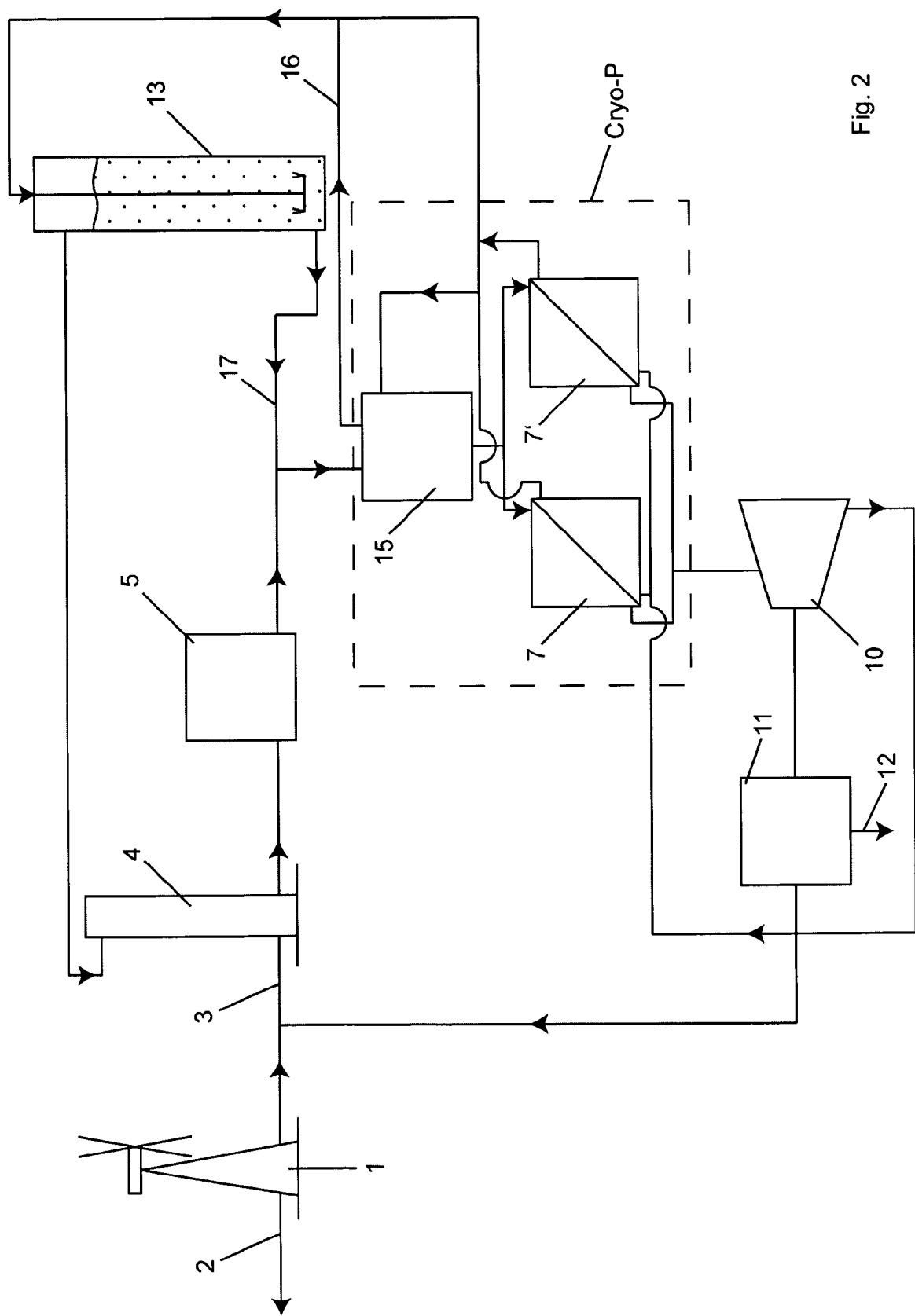


Fig. 2

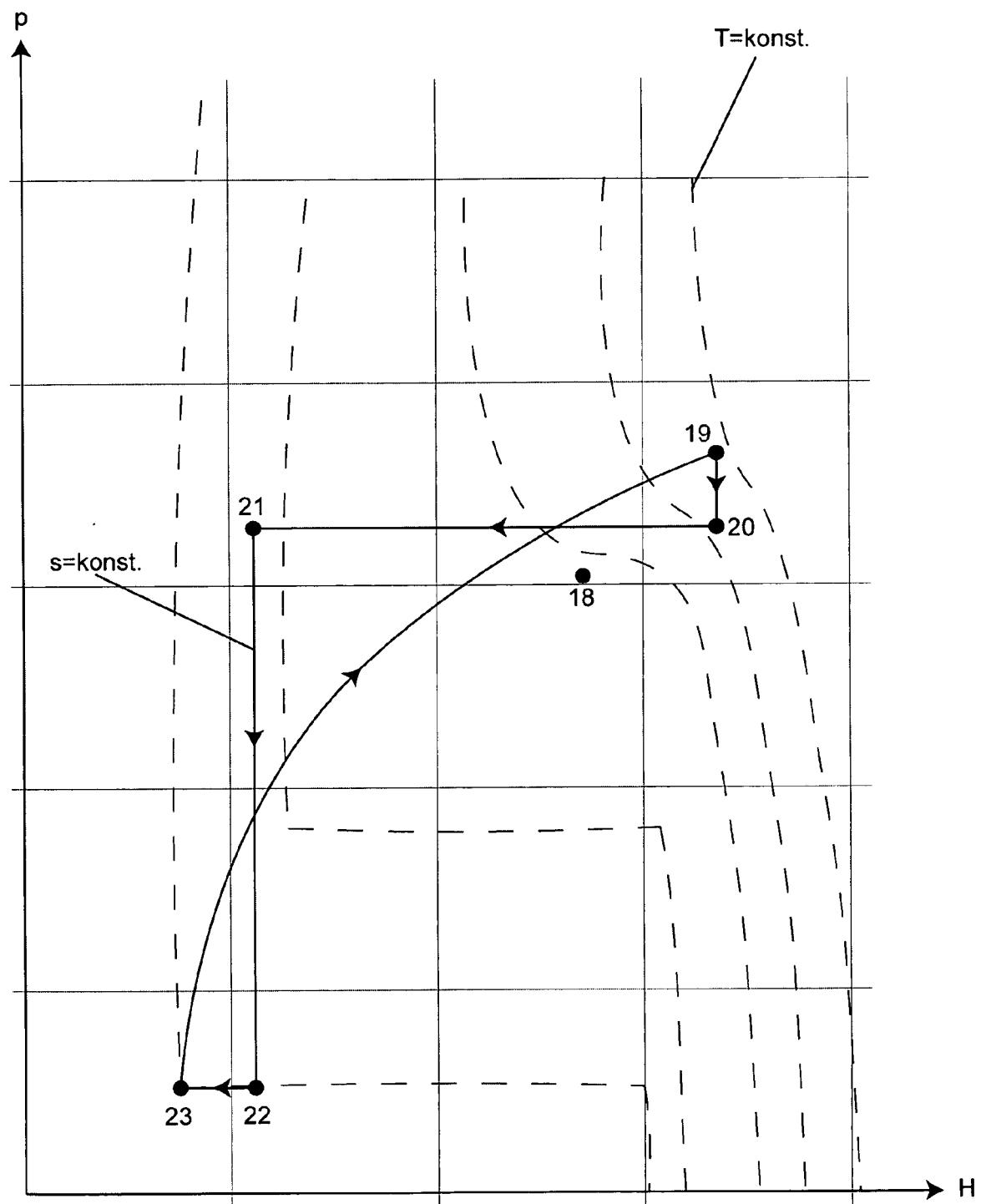


Fig. 3

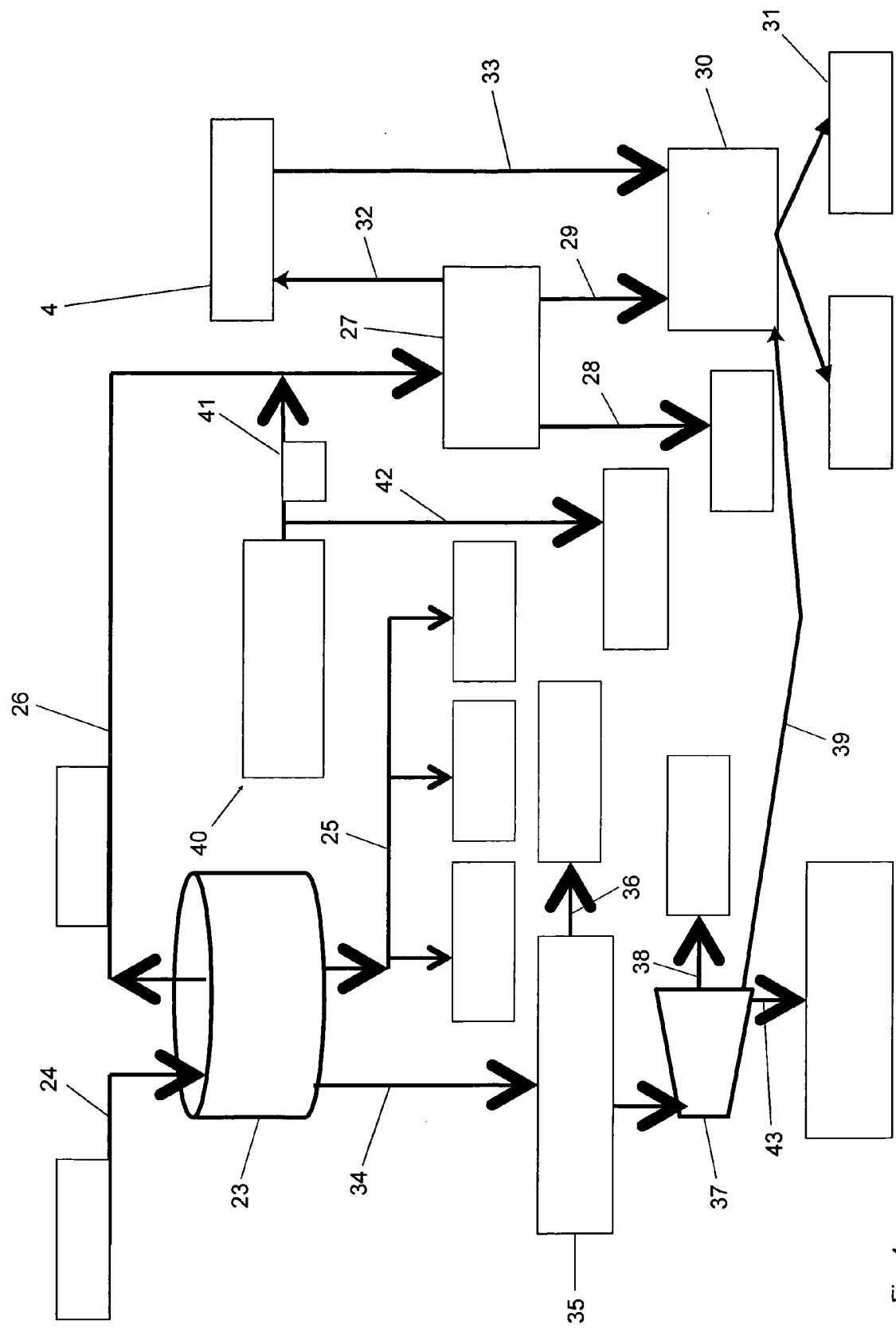


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 45 0073

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 4 995 234 A (KOY RICHARD J [US] ET AL) 26. Februar 1991 (1991-02-26) * das ganze Dokument * -----	1,2,4,5, 7,8,10, 11	INV. F17C9/02 F17C9/04
Y	KR 2009 0072042 A (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 2. Juli 2009 (2009-07-02) * Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 1 * -----	1,2,4,5, 7,8,10, 11	
Y	US 2010/154471 A1 (BROWN ROSS M [US] ET AL) 24. Juni 2010 (2010-06-24) * Absatz [0039] - Absatz [0056] * -----	1,2,4,5, 7,8,10, 11	
Y	EP 1 672 270 A2 (SNECMA [FR]) 21. Juni 2006 (2006-06-21) * Absatz [0038] - Absatz [0088] * -----	1,2,4,5, 7,8,10, 11	
Y	US 2009/100845 A1 (AMIR NADAV [IL] ET AL) 23. April 2009 (2009-04-23) * Absatz [0049] - Absatz [0057] * -----	1,2,4,5, 7,8,10, 11	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC) F17C
Y	DE 195 27 882 A1 (HARTMANN JOERG DIPL MATH [DE]) 17. April 1997 (1997-04-17) * Seite 3, Zeile 58 - Seite 4, Zeile 15 * -----	4,5,11	
Y	WO 2007/128023 A1 (HERMELING KATHARINA [AT]; HERMELING WERNER [AT]) 15. November 2007 (2007-11-15) * Seite 5, Zeile 31 - Seite 9, Zeile 7 * -----	2,8	
A	US 4 033 135 A (MANDRIN CHARLES) 5. Juli 1977 (1977-07-05) * Spalte 4, Zeile 43 - Spalte 6, Zeile 15 * -----	1-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 13. September 2011	Prüfer Stängl, Gerhard
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE <p>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</p> <p>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</p>			

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

EP 11 45 0073

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.

13-09-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4995234	A	26-02-1991	AT AU DE EP ES JP JP WO	126861 T 6606990 A 69021859 D1 0446342 A1 2076376 T3 2898092 B2 4502196 T 9105145 A1	15-09-1995 28-04-1991 28-09-1995 18-09-1991 01-11-1995 31-05-1999 16-04-1992 18-04-1991
KR 20090072042	A	02-07-2009		KEINE	
US 2010154471	A1	24-06-2010		KEINE	
EP 1672270	A2	21-06-2006	ES FR JP KR US	2314599 T3 2879720 A1 2006194440 A 20060069346 A 2006222523 A1	16-03-2009 23-06-2006 27-07-2006 21-06-2006 05-10-2006
US 2009100845	A1	23-04-2009	EP WO KR	2217847 A2 2009053800 A2 20100099132 A	18-08-2010 30-04-2009 10-09-2010
DE 19527882	A1	17-04-1997		KEINE	
WO 2007128023	A1	15-11-2007	AT AT DK EP ES PT SI	503579 A4 458919 T 2057381 T3 2057381 A1 2342952 T3 2057381 E 2057381 T1	15-11-2007 15-03-2010 21-06-2010 13-05-2009 19-07-2010 31-05-2010 31-08-2010
US 4033135	A	05-07-1977	GB IT JP JP JP NL	1539077 A 1055134 B 1233834 C 51101219 A 59009800 B 7600308 A	24-01-1979 21-12-1981 17-10-1984 07-09-1976 05-03-1984 10-08-1976

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 2007128023 A [0011]
- AT 506779 [0014]
- AT 508249 [0012]