



(10) **AT 15552 U1 2017-12-15**

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 231/2016
 (22) Anmeldetag: 18.02.2016
 (24) Beginn der Schutzdauer: 15.12.2017
 (45) Veröffentlicht am: 15.12.2017

(51) Int. Cl.: **F01K 27/00** (2006.01)
F17C 7/04 (2006.01)
F17C 9/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 AT 506779 A1
 US 5461858 A

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
 SaSu Energiesysteme GmbH
 22529 Hamburg (DE)

(74) Vertreter:
 Haffner und Keschmann Patentanwälte GmbH
 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Nutzbarmachung von in tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherter Energie**

(57) Bei einem Verfahren zur Nutzbarmachung von in tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherter Energie, bei dem das in einem Tank (41) gespeicherte verflüssigte Gas regasifiziert wird und aus dem regasifizierten Gas freiwerdende Energie in elektrische Energie umgewandelt und elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt wird, ist vorgesehen, dass die Umwandlung der freiwerdenden Energie in elektrische Energie folgende Schritte umfasst:

- Antreiben einer Druckerhöhungsvorrichtung mit Hilfe des Drucks des regasifizierten Gases,
- Verwenden der Druckerhöhungsvorrichtung, um ein flüssiges Medium, beispielsweise Wasser zu verdichten und in eine Turbine (94) zu pressen, wo dieses entspannt wird,
- Antreiben eines elektrischen Generators (95) mit Hilfe der Turbine (94), um elektrische Energie zu erhalten.

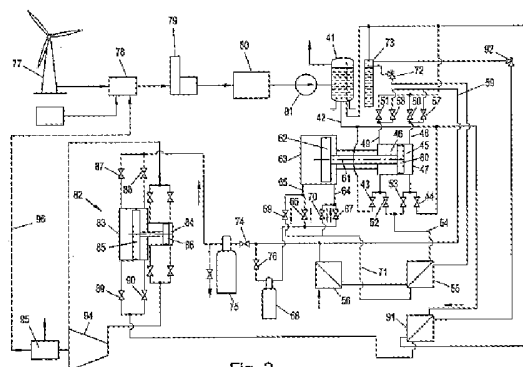


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nutzbarmachung von in tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherter Energie, bei dem das in einem Tank gespeicherte verflüssigte Gas regasifiziert wird und aus dem regasifizierten Gas freiwerdende Energie in elektrische Energie umgewandelt und elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt wird.

[0002] Die Erfindung betrifft weiters eine Vorrichtung zur Nutzbarmachung von in tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherter Energie, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, umfassend einen Tank zur Speicherung des verflüssigten Gases, eine an den Tank angeschlossene Regasifizierungseinrichtung zum Regasifizieren des verflüssigten Gases, einen Energiewandler zum Umwandeln der durch das Regasifizieren freiwerdenden Energie in elektrische Energie, wobei die vom Energiewandler gelieferte elektrische Energie elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt ist.

[0003] Bei mit regenerativer Energie betriebenen Energiewandler, wie z.B. bei mit Windenergie, Sonnenenergie oder der Gezeitenenergie angetriebenen Energiewandlern besteht das Problem, 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 elektrische Beleuchtungskörper eingeschaltet werden. Bei Energiequellen, welche zu allem Überfluss in ihrer Leistung nicht ohne weiteres vorhersagbar sind, und insbesondere bei der Nutzung von Windenergie, werden diese Nachteile bei der Verwendung von regenerativen Energiequellen besonders deutlich.

[0004] Zum Zwecke der Vergleichmäßigung bzw. Glättung der elektrischen Ausgangsleistung derartiger mit regenerativer Energie betriebener Energiewandler wurde bereits vorgeschlagen, die in Zeiten geringeren Bedarfs anfallende Energie entsprechend zu speichern. Die Energie kann z.B. in Form eines verflüssigten Gases gespeichert werden, wie dies in der AT 506779 B beschrieben ist. Zu diesem Zweck wird die vom Energiewandler gelieferte elektrische Energie dazu verwendet, um ein Gas zu verflüssigen. Das Gas wird in verflüssigter Form gespeichert und kann mit vergleichsweise einfachen Einrichtungen bei Bedarf regasifiziert werden, wobei die durch die Volumenvergrößerung bei der Regasifizierung entstehende frei werdende Energie in einfacher und konventioneller Weise wiederum in elektrische Energie umgewandelt werden und elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt werden kann. Das Verfahren eignet sich bevorzugt für die Verwendung von Luft oder Bestandteilen davon, wie z.B. Stickstoff, oder anderen Gasen, wie z.B. Methan, als Speichermedium.

[0005] Der erzielte Wirkungsgrad des in der AT 506779 B beschriebenen Verfahrens hat sich jedoch als unbefriedigend herausgestellt. Hinzu kommt, dass man bei dem in der AT 506779 B beschriebenen und bei anderen ähnlichen Verfahren davon ausging, dass im Augenblick der Luftverflüssigung Strom derart zur Verfügung steht, dass der Betrieb des Luftverflüssigers oder Luftzerlegers am optimalen Punkt erfolgen kann. Das erscheint jedoch unrealistisch. Betrachtet man die Berechnung des Wirkungsgrades genauer, geht man stets vom fälschlich angewendeten Verhältnis gespeicherter Strom zu in das Netz eingespeister Strom aus, statt das realistische Verhältnis von am Windrad/Photovoltaikpaneel erzeugtem zu dem in das Netz eingespeisten Strom zu berechnen. Eine Speicherung im Wege der Verflüssigung ist nur dann sinnvoll, wenn ein elektrischer Wirkungsgrad erreicht wird, der weit über 50% liegt. Hierzu sind, außer dem Pumpspeicherwerk und deren Modifikationen bisher keine Lösungen bekannt. Das Pumpspeicherwerk hat den Nachteil, dass es an genaue geologische Bedingungen gebunden ist, die nur begrenzt vorhanden sind.

[0006] Mit der Erfindung soll daher ein Verfahren zur Speicherung und bedarfsabhängigen Abgabe der von einem mit regenerativer Energie betriebenen Energiewandler erzeugten elektrischen Energie geschaffen werden, welches sich durch einen höheren Wirkungsgrad auszeichnet.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung gemäß einem ersten Aspekt sieht die Erfindung ein Verfahren zur Nutzbarmachung von in tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherter Energie vor, bei dem das in einem Tank gespeicherte verflüssigte Gas regasifiziert wird und aus dem regasifizierten Gas freiwerdende Energie in elektrische Energie umgewandelt und elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt wird, wobei die Umwandlung der freiwerdenden Energie in elektrische Energie folgende Schritte umfasst:

- [0008]** - Antreiben einer Druckerhöhungsvorrichtung mit Hilfe des Drucks des regasifizierten Gases,
- [0009]** - Verwenden der Druckerhöhungsvorrichtung, um ein flüssiges Medium, beispielsweise Wasser zu verdichten und in eine Turbine zu pressen,
- [0010]** - Antreiben eines elektrischen Generators mit Hilfe der Turbine, um elektrische Energie zu erhalten.

[0011] Weiters sieht die Erfindung gemäß einem zweiten Aspekt ein Verfahren zur bedarfsabhängigen Regelung und Abgabe der elektrischen Ausgangsleistung eines mit regenerativer Energie betriebenen Energiewandlers, insbesondere elektrischen Generators, vor, wobei ein Gas, insbesondere Luft, in einer mit dem Energiewandler gekoppelten Vorrichtung verflüssigt wird, das verflüssigte Gas vorzugsweise drucklos in einem Tank gespeichert wird und das verflüssigte Gas bei Bedarf regasifiziert und aus dem Gas freiwerdende Energie in elektrische Energie umgewandelt und elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt wird, wobei die Umwandlung der freiwerdenden Energie in elektrische Energie folgende Schritte umfasst:

- [0012]** - Antreiben einer Druckerhöhungsvorrichtung mit Hilfe des Drucks des regasifizierten Gases,
- [0013]** - Verwenden der Druckerhöhungsvorrichtung, um ein flüssiges Medium, beispielsweise Wasser zu verdichten und in eine Turbine zu pressen,
- [0014]** - Antreiben eines elektrischen Generators mit Hilfe der Turbine, um elektrische Energie zu erhalten.

[0015] Der durch die Regasifizierung entstandene Gasdruck von z.B. > 200 bar, wird im Bedarfsfall über eine Turbine entspannt. Es erfolgt jedoch abweichend von der AT 506779 B keine direkte Entspannung, sondern eine indirekte Nutzung der aus dem Gas frei werdenden Energie. Mit dem Gasdruck wird eine Druckerhöhungsvorrichtung, wie z.B. ein Kolben angetrieben, der statt Gas ein flüssiges Medium, beispielsweise Wasser in eine Expansionsmaschine, wie z.B. eine Turbine, drückt.

[0016] Die Expansionsmaschine ist mit einem Generator gekoppelt, so dass bedarfsgerecht Strom erzeugt wird.

[0017] Das flüssige Medium, beispielsweise Wasser, wird durch die Expansionsmaschine bevorzugt auf Atmosphärendruck entspannt, wobei eine bevorzugte Ausführung des Verfahrens vorsieht, dass das in der Expansionsmaschine entspannte flüssige Medium, beispielsweise Wasser, der Druckerhöhungsvorrichtung rückgeführt wird. Das rückgeführte flüssige Medium wird in der Druckerhöhungsvorrichtung dann wieder verdichtet. Das flüssige Medium wird somit im Kreislauf geführt.

[0018] Zum Antreiben der Druckerhöhungsvorrichtung wird das regasifizierte, unter Hochdruck stehende Gas bevorzugt einer Antriebskammer, wie z.B. einem Antriebszylinder der Druckerhöhungsvorrichtung zugeführt, wobei das in der Antriebskammer befindliche Gas vorzugsweise einen Kolben antreibt, der ein auf das flüssige Medium wirkendes Druckerhöhungsmittel antreibt oder mit diesem gekoppelt ist. Die Druckerhöhungsmittel können wiederum einen Kolben einer Kolbenpumpe umfassen.

[0019] Die Druckerhöhungsvorrichtung weist somit bevorzugt ein von dem Hochdruckgas beaufschlagtes Antriebselement, wie z.B. einen Kolben, und auf das flüssige Medium wirkende Druckerhöhungsmittel auf, wobei das Antriebselement die Druckerhöhungsmittel antreibt.

[0020] Nach dem Austritt des Hochdruckgases aus der Druckerhöhungsvorrichtung wird das Gas bevorzugt durch einen Wärmeübertrager geleitet. Am Austritt bleibt hierbei bevorzugt ein Restdruck des Gases erhalten, der im Ts-Diagramm links vom kritischen Punkt liegt. Im Wärmeübertrager wird das Gas vorzugsweise bei konstantem Druck (vorzugsweise links des kritischen Punkts im Ts-Diagramm) gekühlt, sodass ein Teil des Gases verflüssigt wird.

[0021] Weiters ist es vorteilhaft, wenn das im Wärmeübertrager gekühlte Gas über eine Drosselstelle in den Tank entspannt wird. Dabei wird das Gas unter Ausnutzung des Joule-Thomson-Effektes in den Tank verflüssigt und steht dem Regasifizierungsprozess wieder zur Verfügung.

[0022] Das Verfahren gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung erlaubt es, den Netzbedarf von der direkten Erzeugung am Windrad bzw. der Photovoltaikanlage oder dgl. abzukoppeln und das Netz ausschließlich aus dem Flüssiggasspeicher zu versorgen. Ist die Leistung am mit regenerativer Energie betriebenen Energiewandler, wie z.B. am Windrad zu gering, wird der Verflüssiger im Stand-by-Betrieb gefahren. Steigt der erzeugte Strom am Energiewandler über den möglichen Wirkungsgrad, wird der Verflüssiger zugeschaltet. Voraussetzung dafür ist, dass der Wirkungsgrad eine Stromerzeugung erlaubt, welche die Verluste überschreitet.

[0023] Weiters erlaubt das Verfahren zur Nutzbarmachung von in tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherter Energie eine kostengünstige Speicherung der Energie in Form von verflüssigtem Gas und eine bedarfsorientierte Umwandlung der darin gespeicherten Energie in elektrische Energie.

[0024] Das flüssige Gas kann beispielsweise zur Stromerzeugung in einem Kraftfahrzeug verwendet werden. Im Fahrzeug befindet sich ein vakuumisolierter Niederdrucktank, in den die Flüssigkeit getankt wird. Bei Bedarf kann die Flüssigkeit regasifiziert und eine Energieumwandlung in elektrische Energie vorgenommen werden.

[0025] Das Fahrzeug fährt wie üblich mit einer Batterie, die klein aber leistungsstark sein kann. Über die Batterie wird der Fahrzyklus abgebildet. Sind Spannung und Stromstärke in der Batterie auf einen unteren Grenzwert abgesunken, springt die Stromerzeugung auf Grundlage des verflüssigten Gases an und lädt die Batterie während der Fahrt oder auch im Stehen auf. Eine anderweitige stationäre Aufladung der Batterie ist nicht mehr erforderlich, da der Ladevorgang während der Fahrt erfolgt. Als „Abgas“ wird Luft abgegeben.

[0026] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Nutzbarmachung von in tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherter potentieller Energie, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung, umfassend einen Tank zur Speicherung des verflüssigten Gases, eine an den Tank angeschlossene Regasifizierungseinrichtung zum Regasifizieren des verflüssigten Gases, einen Energiewandler zum Umwandeln der durch das Regasifizieren freiwerdenden Energie in elektrische Energie, wobei die vom Energiewandler gelieferte elektrische Energie elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt ist, wobei der Energiewandler eine Druckerhöhungsvorrichtung umfasst, die mit dem Druck des regasifizierten Gases antreibbar ist, wobei die Druckerhöhungsvorrichtung angeordnet ist, um ein der Druckerhöhungsvorrichtung zugeführtes flüssiges Medium, beispielsweise Wasser, zu verdichten, wobei der Energiewandler weiters eine Expansionsmaschine, insbesondere Turbine, umfasst, mit welcher die Druckerhöhungsvorrichtung verbunden ist, um der Expansionsmaschine das verdichtete flüssige Medium zuzuführen, und wobei der Energiewandler weiters einen elektrischen Generator umfasst, der von der Expansionsmaschine antreibbar ist.

[0027] Bevorzugt ist die Druckerhöhungsvorrichtung als Pumpe, insbesondere Kolbenpumpe ausgebildet.

[0028] Bevorzugt ist die Expansionsmaschine über eine Rückführungsleitung mit der Druckerhöhungsvorrichtung verbunden, um das in der Expansionsmaschine entspannte flüssige Medium, beispielsweise Wasser, der Druckerhöhungsvorrichtung vorzugsweise durch den Zulauf über die geodätische Höhe rückzuführen.

[0029] Bevorzugt ist die Antriebsseite der Druckerhöhungsvorrichtung mit einem Wärmeübertrager verbunden, um das eine Antriebskammer der Druckerhöhungsvorrichtung verlassende Gas durch den Wärmeübertrager zu leiten.

[0030] Bevorzugt ist der Wärmeübertrager über eine Drosselstelle mit dem Tank verbunden, um das im Wärmeübertrager abgekühlte Gas dem Tank zuzuführen.

[0031] Die oben beschriebene Vorrichtung zur Nutzbarmachung von in verflüssigtem Gas gespeicherter Energie kann in folgendem Zusammenhang besonders vorteilhaft zum Einsatz gelangen, nämlich bei einer Vorrichtung zur bedarfsabhängigen Regelung und Abgabe der elektrischen Ausgangsleistung eines mit regenerativer Energie betriebenen Energiewandlers, insbesondere elektrischen Generators, umfassend eine mit dem Energiewandler gekoppelte Gasverflüssigungsvorrichtung, einen Tank zur Speicherung des verflüssigten Gases und die Vorrichtung zur Umwandlung der im tiefkalt verflüssigten Gas gespeicherten Energie in elektrische Energie.

[0032] Tiefkalt verflüssigte Gase gewinnen immer mehr an Bedeutung. Sie werden bei geringem Druck transportiert und gelagert. Die Verwendung verlangt in der Regel die Überführung vom flüssigen Zustand in die Gasphase. Zur weiteren Verwendung im Hochdruckbereich lagert man das Produkt am Ort der Verwendung in Niederdrucktanks (z.B. max. 37 bar) und regasifiziert anschließend das tiefkalt verflüssigte Gas. Dazu wird es in Verdampfer verbracht, in denen unter Zuführung von Energie die Verdampfung erfolgt. Die Hochdruckphase setzt bisher Hochdruckpumpen für kryogene Flüssigkeiten voraus, welche die Flüssigkeiten in den Verdampfer drücken. Die Pumpe führt mit dem Verdampfer die Kompressions- und Verdampfungsenergie zu.

[0033] Alternativ kann die Kompression mit einem Kompressor erfolgen. Dazu wird die Flüssigkeit vor der Kompression im Verdampfer bei Tankdruck in die Gasphase überführt und anschließend mit dem Kompressor komprimiert.

[0034] Bei beiden Verfahrensweisen handelt es sich um energieintensive Prozesse, die wartungsaufwändige Maschinen mit hohen Investitionskosten voraussetzen. Bisher war diese Anwendung auf wenige Anlagen begrenzt, die in ihrer Gesamtheit volkswirtschaftlich unbedeutend sind. Bei verstärkter Marktpenetration der Erdgasbetankung (diese erfolgt bisher mit konventionellen Kompressoren) müssen neue Lösungen der Gasversorgung gefunden werden. Bei Kompressoren muss die Kompressionsenergie zur Gänze über das Stromnetz zugeführt werden und die versorgenden Gasleitungen müssen die erforderliche Ergiebigkeit haben. Beides ist nur bedingt vorhanden.

[0035] Die Alternative ist LNG, tiefkalt verflüssigtes Erdgas. Das verflüssigte Gas wird mit speziellen, isolierten Tankwagen zum Endverbraucher bzw. zur Tankstelle transportiert. Dort wird es in speziellen Tanks gelagert und muss regasifiziert und komprimiert werden. Bisher kann diese Anforderung im Hochdruckbereich nur mit bekannten Hochdruckkolbenpumpen erfüllt werden. Die Kolbenpumpe hat den wesentlichen Nachteil, dass sie nach relativ kurzer Zeit Verschleißerscheinungen hat, womit Gasschlupf auftritt, was beispielsweise bei Methan ökologisch und sicherheitstechnisch äußerst bedenklich ist und hohe Wartungskosten zu planen sind. Zudem benötigt der antreibende Motor Fremdenergie (Strom).

[0036] In den Schriften WO 2007/128023 A1 und WO 2013/182907 A2 sind Verfahren zur Regasifizierung tiefkalt verflüssigter Gase beschrieben, die durch Entlastung bzw. Drosselung in den speichernden Tank eine Fortsetzung des Prozesses ermöglichen. Beide Verfahren benötigen keinen Strom zur Kompression. Die notwendige Rückverflüssigung, jedoch nur eines sehr geringen Teils des regasifizierten Produktes, ist, wie erwähnt, durch Druckentlastung bzw. Drosselung gelöst.

[0037] Bei den bekannten Verfahren zum Regasifizieren von tiefkalt verflüssigtem Gas wird die flüssige Phase des durch Kälte verflüssigten Gases in einem isolierten Tank gelagert. Aus diesem muss es zur Verdampfung in den Hochdruckteil gebracht werden, so dass sich in Abhängigkeit von der Menge des zugeführten Flüssigprodukts, dem Volumen des Verdampfungs-

raumes und der entsprechenden Energiezufuhr der Gasdruck einstellt. Der Tank hat dabei einen wesentlich geringeren Druck als der Verdampfer, in dem Hochdruck herrscht. Beide Systeme müssen daher über eine sogenannte Druckschleuse miteinander verbunden werden. Als Druckschleuse wurde bei den Verfahren gemäß den Schriften WO 2007/128023 A1 und WO 2013/182907 A2 ein Dosierspeicher eingesetzt.

[0038] Nachteilig bei den genannten Verfahren ist, dass ein relativ hoher Energieanteil für die erforderliche Rückverflüssigung eines Teils des regasifizierten Produktes verwendet werden muss.

[0039] Die nachfolgend angeführte, bevorzugte Ausbildung zielt daher darauf ab, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regasifizieren von tiefkalt verflüssigten Gasen zu schaffen, die eine geringere Menge von rückzuverflüssigendem Produkt erfordert und/oder bei denen die für die Rückverflüssigung erforderliche Energie verringert werden kann.

[0040] Zur Lösung dieser Aufgabe ist beim erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt vorgesehen, dass das Regasifizieren des im Tank gespeicherten verflüssigten Gases mittels des folgenden Verfahrens erfolgt.

[0041] Bei einem Verfahren zum Regasifizieren von tiefkalt verflüssigtem Gas, wie z.B. Methan oder Luft, bei dem eine Teilmenge des in einem Tank befindlichen tiefkalt verflüssigten Gases vom Tank über eine Druckschleuse einem Verdampfer zugeführt wird, in dem die Teilmenge verdampft, worauf die verdampfte Gasmenge in einen Hochdruckgasspeicher abgefüllt, in ein Leitungsnetz eingespeist oder einem Energiewandler zur Erzeugung elektrischer Energie zugeführt wird, ist vorgesehen, dass die Druckschleuse zwei Kammern umfasst, die abwechselnd mit einer Teilmenge des tiefkalt verflüssigten Gases aus dem Tank befüllt werden, wobei die mit der Teilmenge befüllte Kammer nach dem jeweiligen Füllvorgang von dem Tank getrennt und mit dem Verdampfer verbunden wird, worauf sich ein Druckausgleich zwischen dem Verdampfer und der mit diesem verbundenen Kammer einstellt, und dass anschließend wenigstens ein Verdrängungskörper derart verlagert wird, dass das in der sich unter Verdampferdruck befindlichen Kammer enthaltene Gas zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, in den Verdampfer verdrängt und die andere Kammer mit einer Teilmenge des tiefkalt verflüssigten Gases aus dem Tank befüllt wird. Dadurch, dass wenigstens ein Verdrängungskörper vorgesehen ist, wird die nach dem Druckausgleich mit dem Verdampfer in der jeweiligen Kammer verbleibende Menge des regasifizierten Produkts in den Speicher gedrückt. Dadurch, dass beim Verlagern des Verdrängungskörpers die in der einen Kammer verbleibende Menge des regasifizierten Produkts ausgepresst und gleichzeitig in der anderen Kammer neues flüssiges Produkt aus dem Tank eingefüllt wird, kann eine einfache und sichere Verfahrensführung gewährleistet werden. Dabei kann der Verdrängungskörper in einem Zylinder verschiebbar geführt sein, wobei der Verdrängungskörper den Zylinder in die zwei Kammern teilt, sodass beide Kammern im gleichen Zylinder verwirklicht sind. Alternativ können die erste und die zweite Kammer jeweils in einem eigenen Zylinder ausgebildet sein, in dem jeweils ein zugehöriger Verdrängungskörper verschiebbar geführt ist. Eine bevorzugte Ausbildung sieht in diesem Zusammenhang vor, dass jeder Kammer ein eigener Verdrängungskörper zugeordnet ist, wobei die Verdrängungskörper zum gleichzeitigen Verdrängen des Gases aus der einen Kammer in den Verdampfer und Befüllen der anderen Kammer mit tiefkalt verflüssigtem Gas aus dem Tank synchron bewegt werden.

[0042] Eine bevorzugte Ausbildung sieht vor, dass die beiden Kammern abwechselnd mit dem Tank und mit dem Verdampfer verbunden werden. Dies bedeutet, dass die eine Kammer zuerst mit dem Tank verbunden und mit flüssigem Produkt aus dem Tank befüllt wird und anschließend vom Tank getrennt und mit dem Verdampfer verbunden wird. Nach dem Druckausgleich mit dem Verdampfer wird die in der Kammer verbliebene Gas- bzw. Flüssigkeitsmenge ausgepresst und es kann der Vorgang von vorn beginnen, d.h. die Kammer kann wieder mit flüssigem Produkt aus dem Tank befüllt werden. Die andere Kammer wird auf analoge Weise ebenfalls abwechselnd mit dem Tank und dem Verdampfer verbunden, wobei die einzelnen Schritte jedoch zeitlich versetzt zur anderen Kammer erfolgen.

[0043] Eine besonders wirtschaftliche Verfahrensführung wird ermöglicht, wenn das verflüssigte Gas bevorzugt unter dem geodätischen Druck von der Kammer in den Verdampfer verbracht wird. Alternativ kann die erforderliche Druckdifferenz auch durch eine Umwälzpumpe aufgebracht oder unterstützt werden. Dabei umfasst das Befüllen der Kammer mit Vorteil die Herstellung eines Druckausgleichs zwischen dem Tank und der Kammer. Um ein Befüllen der Kammer unter dem geodätischen Druck des Tanks zu ermöglichen, ist bevorzugt vorgesehen, dass der Flüssigkeitszulauf in die Kammer tiefer angeordnet ist als der Flüssigkeitsablauf aus dem Tank.

[0044] Bevorzugt erfolgt die Verbringung des Gases von der Kammer in den Verdampfer über einen Wärmetauscher, in welchem dem flüssigen Gas Wärme zugeführt wird. Dabei kann die benötigte Wärme, oder einem Teil davon, einem zu verflüssigenden Gasstrom entzogen werden, um eine Kondensation und Rückführung desselben in den Tank zu ermöglichen.

[0045] Eine besonders energieeffiziente Verfahrensführung wird gewährleistet, wenn, wie dies einer bevorzugten Ausbildung entspricht, der Druck nach dem Druckausgleich zwischen dem Verdampfer und der mit diesem verbundenen Kammer im überkritischen Bereich liegt.

[0046] Die Verlagerung des bzw. der Verdrängungskörper kann grundsätzlich mit beliebigen Antrieben erfolgen, wie z.B. mit einem elektrischen Antrieb. Mit Vorteil erfolgt der Antrieb aber hydraulisch bzw. pneumatisch, insbesondere mit Hilfe eines aus dem Prozess selbst erzeugten Fluids. Bevorzugt wird hierbei so vorgegangen, dass die Verlagerung des bzw. der Verdrängungskörper durch Beaufschlagen mit Gasdruck erfolgt, insbesondere mit Gasdruck aus einem vom Verdampfer gespeisten Hochdruckgaspeicher.

[0047] Die pneumatische Betätigung erfolgt hierbei bevorzugt über einen gesonderten Kolben. Eine bevorzugte Verfahrensweise sieht in diesem Zusammenhang vor, dass ein Betätigungskolben in einem Betätigungszylinder verschieblich und zur synchronen Bewegung mit dem bzw. den Verdrängungskörper(n) gelagert ist und die Verlagerung des bzw. der Verdrängungskörper durch einseitiges Beaufschlagen des Betätigungskolbens mit dem vorzugsweise im System erzeugten Gasdruck erfolgt, nachdem oder während an der der Beaufschlagung gegenüberliegenden Seite des Betätigungskolbens ein Druckablass erfolgt (ist). Der für die Verschiebung notwendige Gasdruck wird vorzugsweise in einem separaten Speicher bevorratet und bei Bedarf aus dem System gefüllt bzw. in das System abgerufen.

[0048] Der Druckablass erfolgt bevorzugt dadurch, dass das an der der Beaufschlagung gegenüberliegenden Seite des Betätigungskolbens befindliche Gas vorzugsweise bis zur Kondensation gekühlt und anschließend entspannt wird und bei der Entspannung in den Tank als Flüssig- und Flüssig/Gasphase oder nur als Gasphase zurückgeführt wird.

[0049] Eine besonders energieeffiziente Vorgehensweise zur Verflüssigung des Gases im Zusammenhang mit dem Druckablass sieht vor, dass das Gas zu dessen Kühlung und Kondensation über den Wärmetauscher geführt und im Wärmeaustausch mit dem von der Kammer in den Verdampfer geführten Flüssigkeit gekühlt wird, wobei die Kondensation im Wärmetauscher bevorzugt bis zu einem Punkt im T,s-Diagramm vorgenommen wird, der links des kritischen Punktes liegt. Vorteilhaft ist, wenn dabei der Druck konstant bleibt.

[0050] Zur Durchführung des beschriebenen Regasifizierungsverfahrens ist bevorzugt eine Vorrichtung zum Regasifizieren von tiefkalt verflüssigtem Gas vorgesehen, umfassend einen Tank für das tiefkalt verflüssigte Gas, einen Verdampfer und eine zwischen dem Tank und dem Verdampfer angeordnete Druckschleuse, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass die Druckschleuse zwei Kammern umfasst, die abwechselnd mit einer Teilmenge des tiefkalt verflüssigten Gases aus dem Tank befüllbar sind und die nach dem jeweiligen Füllvorgang von dem Tank trennbar und mit dem Verdampfer verbindbar sind, und dass wenigstens ein Verdrängungskörper vorgesehen ist, der zum Verdrängen des in der unter Verdampfendruck befindlichen Kammer enthaltenen Gases in den Verdampfer angeordnet ist.

[0051] Eine bevorzugte Ausbildung (Fig. 1) sieht vor, dass der wenigstens eine Verdrängungskörper als in einem Zylinder verschieblich gelagerter Verdrängungskolben ausgebildet ist.

[0052] Eine weitere bevorzugte Ausbildung sieht vor, dass die beiden Kammern über Absperrorgane jeweils mit dem Tank und mit dem Verdampfer verbunden sind, sodass sie abwechselnd mit dem Tank und mit dem Verdampfer verbunden werden können.

[0053] Mit Vorteil verfügt jede Kammer über einen eigenen Verdrängungskörper, wobei die Verdrängungskörper beider Kammern zu synchroner Bewegung miteinander unauflöslich gekoppelt sind.

[0054] Bevorzugt sind die insbesondere als in einem jeweiligen Zylinder verschiebbar gelagerter Verdrängungskolben ausgebildeten Verdrängungskörper mit einem in einem Betätigungszyylinder verschieblich gelagerten Betätigungskolben zu synchroner Bewegung gekoppelt.

[0055] Zur Betätigung des Betätigungskolbens sieht eine vorteilhafte Ausführung vor, dass wenigstens eine mit Gasdruck beaufschlagbare Leitung in den Betätigungszyylinder mündet, sodass die Verlagerung des bzw. der Verdrängungskörper durch einseitiges Beaufschlagen des Betätigungskolbens mit dem Gasdruck erfolgt.

[0056] Insbesondere sind zwei zu beiden Seiten des Betätigungskolbens in den Betätigungszyylinder mündende, jeweils mit dem Gasdruck beaufschlagbare Leitungen vorgesehen.

[0057] Gemäß einer bevorzugten Ausbildung ist vorgesehen, dass die eine Kammer und den Verdampfer jeweils verbindende Leitung über einen Wärmeübertrager führt.

[0058] Um das Fluid im Tank und in der Druckschleuse in flüssigem Zustand zu halten, ist bevorzugt vorgesehen, dass der Tank und die Kammern der Druckschleuse thermisch isoliert sind.

[0059] Weiters ist das Volumen der Kammern bevorzugt jeweils kleiner als das Volumen des Verdampfers.

[0060] Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass die Reagsifizierungsvorrichtung im Rahmen der Vorrichtung gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung eingesetzt ist.

[0061] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigt

[0062] Fig.1 ein Blockschaltbild einer Regasifizierungsanlage zwecks Druckspeicherung und

[0063] Fig.2 ein Blockschaltbild einer Anlage zur bedarfsabhängigen Regelung und Abgabe der elektrischen Ausgangsleistung eines mit regenerativer Energie betriebenen Energiewandlers.

[0064] Die Anlage gemäß Fig. 1 umfasst einen vakuumisolierten Tank 1, in dem tiefkalt verflüssigtes Gas, wie z.B. Methan oder ein anderes tiefkalt verflüssigtes Gas, gelagert wird. Der Tank 1 ist über eine Leitung 2 und Absperrorgane 3 und 4 wahlweise mit dem Zulauf 5 des Zylinders 6 oder dem Zulauf 7 des Zylinders 8 verbunden. Die Zylinder 6 und 8 sind thermisch isoliert, insbesondere vakuumisoliert. Der Gasrückgang 9 des Zylinders 6 und der Gasrückgang 10 des Zylinders 8 sind jeweils über ein Absperrorgan 11 bzw. 12 mit dem Gasraum des Tanks 1 verbunden. Der Zulauf 5 des Zylinders 6 und der Zulauf 7 des Zylinders 8 sind jeweils über ein Absperrorgan 13 bzw. 14, eine Leitung 15 und einen Wärmetauscher 16 mit einem Verdampfer 17 verbunden. Der Gasrückgang 9 des Zylinders 6 und der Gasrückgang 10 des Zylinders 8 sind jeweils über ein Absperrorgan 18 bzw. 19 und eine Leitung 20 ebenfalls mit dem Verdampfer 17 verbunden.

[0065] Im Zylinder 6 ist ein Verdrängungskolben 21 verschieblich gelagert und im Zylinder 8 ist ein Verdrängungskolben 22 verschieblich gelagert. Die beiden Kolben 21,22 sind mittels einer starren Verbindung auf der Stange 23 miteinander verbunden und somit gemeinsam verschiebbar gelagert. Die äußeren Kammern 25 und 26 der Zylinder 6 und 8 sind im Betrieb ständig miteinander verbunden, was beispielsweise mittels einer axialen Druckausgleichsbohrung 24 erfolgt. Bei den innenliegenden Kammern 27 und 28 der Zylinder 6 und 8 handelt es sich um diejenigen Kammern der Zylinder 6 und 8, die über den Zulauf 5 bzw. 7 mit Fluid aus dem Tank 1 befüllt werden können.

[0066] Zur Betätigung der Verdrängungskolben 21 und 22 in Richtung des Doppelpfeils 30 ist ein Betätigungskolben 40 in einem Zylinder 29 verschiebbar geführt und mit der Stange 23 starr verbunden. Der Zylinder verfügt an seinen gegenüberliegenden Enden über Zu- bzw. Abläufe 30 und 31, über welche Druckmedium auf der einen Seite zugeführt werden kann, während auf der anderen Seite eine Druckentlastung vorgenommen wird. Zur Zufuhr von Druckmedium sind die Zu- bzw. Abläufe 30 und 31 über Absperrorgane 32 und 33 mit einem Druckspeicher 34 verbunden. Zur Druckentlastung sind die Zu- bzw. Abläufe 30 und 31 über Absperrorgane 35 und 36, eine Leitung 37 und den Wärmetauscher 16 mit dem Gasraum des Tanks 1 verbunden.

[0067] An den Verdampfer ist über ein Absperrorgan 38 eine Gasflasche 39 verbunden, welche mit dem im Verdampfer 17 regasifizierten Medium befüllt werden und dann abtransportiert werden kann. Der Druckbehälter 34 kann ebenfalls vom Verdampfer 17 gespeist sein.

[0068] Die Funktionsweise der in Fig. 1 dargestellten Regasifizierungsanlage ist nun wie folgt. Aus dem vakuumisolierten Tank 1 fließt allein durch den geodätischen Druck das verflüssigte Gas in die Kammer 27. Dazu wird das Absperrorgan 3 geöffnet und durch Öffnen des Absperrorgans 11 eine Verbindung zum Gasraum des Tanks 1 hergestellt (Gasrückgang). Ist die Kammer 27 gefüllt und das eventuell entstehende Gas aus der Kammer 27 in den Tank 1 abgeströmt, wird die Kammer 27 durch Schließen der Absperrorgane 3 und 11 vom Tank 1 getrennt. Nun wird die Verbindung zum Verdampfer 17 durch Öffnen des Absperrorgans 13 hergestellt. Auch hier besteht durch Öffnen des Absperrorgans 18 ein Gasrückgang vom Verdampferaustritt über die Leitung 20 zum Gasrückgang 9 der Kammer 27, die einen Druckausgleich herstellt und die zügige Entleerung der Kammer 27 durch den geodätischen Druck ermöglicht.

[0069] Zwischen Kammer 27 und Verdampfer 17 ist ein Wärmeübertrager 16 in Reihe zwischengeschaltet. Das Produkt fließt durch den geodätischen Druck aus der Kammer 27 zuerst in den dem Verdampfer 17 vorgelagerten Wärmeübertrager 16. Dieser liegt unter der Kammer 27, aber über dem Verdampfer 17. Daher fließt die Flüssigkeit einzig durch den geodätischen Druck in den Wärmeübertrager 16 und füllt diesen. Überschüssiges Produkt strömt durch diesen hindurch in den darunter liegenden Verdampfer 17. Dort kommt es zu einer schlagartigen Verdampfung, so dass das Produkt so lange nachströmen kann, bis die Kammer 27 geleert ist.

[0070] In der Kammer 27 stellt sich der gleiche Druck ein wie im Verdampfer 17. In der Kammer 27 befindet sich die Kolbenstange 23, auf der sich die Kolben 21, 40 und 22 befinden. Es wird vorausgesetzt, dass sich der Kolben 21 in Endstellung auf der einen Kammerseite befindet. Der Kolben 21 wird vom Kolben 40 angetrieben, der auf der anderen Seite ebenfalls einen Kolben 22 mit gleicher Funktion bewegt. Der Kolben 40 wird mit dem Gasdruck aus dem Gasspeicher 34 beaufschlagt, sodass der Kolben 40 durch dessen Gasdruck bewegt wird. Der Kolben 40 weist eine größere Angriffsfläche auf als die Kolben 21 und 22 und drückt die Kolben 21 und 22 bis an die andere Kammerwand, wodurch das Gas aus der Kammer 27 in den Verdampfer 17 gedrückt wird, bis die Kammer 27 auf dieser Seite drucklos ist. Während die eine Kammer 27 entleert wird, wird die andere Kammer 28 bei geöffneten Absperrorganen 4 und 12 mit Medium aus dem Tank 1 gefüllt.

[0071] Zur Bewegung des Kolbens 40 muss die der Druckbeaufschlagung durch das Gas aus dem Gasspeicher 34 gegenüberliegenden Seite des Zylinders 29 druckentlastet werden. Zu diesem Zweck wird der Druck auf dieser Seite des Zylinders 29 stoffdatenabhängig abgesenkt, wobei bei Methan eine Absenkung auf vorzugsweise 100 bar vorgenommen wird. Die zu entlastende Kammer des Zylinders 29 wird daher durch Öffnen des Absperrorgans 36 mit dem Gasraum des Tanks 1 in Verbindung gesetzt, sodass das Gas durch Drosselung oder eine Entspannungsmaschine in der verbindenden Leitung 37 bis auf den vorgegebenen Druck absinkt. Der Druck stellt sich durch einen dem Tank 1 vorgeschalteten, nicht dargestellten Überströmer ein. Bevor das Gas den Überströmer erreicht, durchströmt es den Wärmeübertrager 16 und wird dort mit der auf Siedetemperatur stehenden Flüssigkeit des Tanks 1 gekühlt. Die Gastemperatur sinkt im Wärmeübertrager 16 unter die kritische Temperatur und das Gas kondensiert. Am Überströmer steht Flüssigkeit unter sehr hohem Druck an. Der Druck wird durch Öffnen des Überströmers auf den eingestellten Druck durch Entspannung in den Tank abgebaut, wobei

durch die Drosselung Flüssigkeit und Gasphase oder nur Flüssigkeit anfallen. In den Tank 1 gelangt verflüssigtes Gas und eventuell etwas Gas. Der Druck steigt nicht an, da vorher Flüssigkeit aus dem Tank 1 in die Kammer 28 floss und der Flüssigkeitsspiegel gesenkt wurde.

[0072] Der beschriebene Vorgang wird nun wiederholt, indem die Kammer 28, die mit flüssigem Medium aus dem Tank 1 befüllt wurde, mit dem Verdampfer 17 verbunden wird.

[0073] Die Anlage gemäß Fig. 2 umfasst einen vakuumisolierten Tank 41, in dem tiefkalt verflüssigtes Gas, wie z.B. Methan oder ein anderes tiefkalt verflüssigtes Gas, gelagert wird. Der Tank 41 ist über eine Leitung 42 und Absperrorgane 43 und 44 wahlweise mit der Kammer 45 oder der Kammer 46 des Zylinders 47 verbunden. Der Zylinder 47 ist thermisch isoliert, insbesondere vakuumisoliert. Der Gasrückgang 48 der Kammer 45 und der Gasrückgang 49 der Kammer 46 sind jeweils über ein Absperrorgan 50 bzw. 51 mit dem Gasraum des Tanks 41 verbunden. Der Zulauf der Kammer 45 und der Kammer 46 sind jeweils über ein Absperrorgan 52 bzw. 53, eine Leitung 54 und einen Wärmetauscher 55 mit einem Verdampfer 56 verbunden. Der Gasrückgang 48 der Kammer 45 und der Gasrückgang 49 der Kammer 46 sind jeweils über ein Absperrorgan 57 bzw. 58 und eine Leitung 59 ebenfalls mit dem Verdampfer 56 verbunden.

[0074] Im Zylinder 47 ist ein Verdrängungskolben 60 verschieblich gelagert. Der Kolben 60 ist mittels einer starren Verbindung auf der Stange 61 mit einem Betätigungskolben 62 verbunden, der in einem Zylinder 63 verschiebbar geführt ist. Der Zylinder 63 verfügt an seinen gegenüberliegenden Enden über Zu- bzw. Abläufe 64 und 65, über welche Druckmedium auf der einen Seite zugeführt werden kann, während auf der anderen Seite eine Druckentlastung vorgenommen wird. Zur Zufuhr von Druckmedium sind die Zu- bzw. Abläufe 64 und 65 über Absperrorgane 66 und 67 mit einem Druckspeicher 68 verbunden. Zur Druckentlastung sind die Zu- bzw. Abläufe 64 und 65 über Absperrorgane 69 und 70, eine Leitung 71 und den Wärmetauscher 55 mit dem Überstromventil 72 verbunden, wo das Gas auf Tankdruck (Zwischentank 73, der mit dem Tank 41 in Verbindung steht) entspannt wird.

[0075] An den Verdampfer 56 ist über ein Absperrorgan 74 ein Druckspeicher 75 verbunden, welche mit dem im Verdampfer 56 regasifizierten Medium befüllt werden und dann abtransportiert werden kann. Der Druckbehälter 68 kann über ein Absperrorgan 76 ebenfalls vom Verdampfer 56 gespeist sein.

[0076] Die Funktionsweise der in Fig. 2 dargestellten Regasifizierungsanlage ist nun wie folgt. Aus dem vakuumisolierten Tank 41 fließt allein durch den geodätischen Druck das verflüssigte Gas in die Kammer 46. Dazu wird das Absperrorgan 43 geöffnet und durch Öffnen des Absperrorgans 51 eine Verbindung zum Gasraum des Tanks 41 hergestellt (Gasrückgang). Ist die Kammer 46 gefüllt und das eventuell entstehende Gas aus der Kammer 46 in den Tank 41 abgeströmt, wird die Kammer 46 durch Schließen der Absperrorgane 43 und 51 vom Tank 41 getrennt. Nun wird die Verbindung zum Verdampfer 56 durch Öffnen des Absperrorgans 52 hergestellt. Auch hier besteht durch Öffnen des Absperrorgans 58 ein Gasrückgang vom Verdampferaustritt über die Leitung 59 zum Gasrückgang 49 der Kammer 46, die einen Druckausgleich herstellt und die zügige Entleerung der Kammer 46 durch den geodätischen Druck ermöglicht.

[0077] Zwischen Kammer 46 und Verdampfer 56 ist ein Wärmeübertrager 55 in Reihe zwischengeschaltet. Das Produkt fließt durch den geodätischen Druck aus der Kammer 46 zuerst in den dem Verdampfer 56 vorgelagerten Wärmeübertrager 55. Dieser liegt unter der Kammer 46, aber über dem Verdampfer 56. Daher fließt die Flüssigkeit einzig durch den geodätischen Druck in den Wärmeübertrager 55 und füllt diesen. Überschüssiges Produkt strömt durch diesen hindurch in den darunter liegenden Verdampfer 56. Dort kommt es zu einer schlagartigen Verdampfung, so dass das Produkt so lange nachströmen kann, bis die Kammer 46 geleert ist.

[0078] In der Kammer 46 stellt sich der gleiche Druck ein wie im Verdampfer 56. Im laufenden Prozess muss das ein Druck im überkritischen Bereich sein. Auf der Kolbenstange 61 befinden sich die Kolben 60 und 62. Es wird vorausgesetzt, dass sich der Kolben 60 in Endstellung auf der einen (rechten) Seite des Zylinders 47 befindet. Der Kolben 60 wird vom Betätigungskolben

62 angetrieben. Der Kolben 62 wird mit dem Gasdruck aus dem Gasspeicher 68 beaufschlagt, sodass der Kolben 62 durch dessen Gasdruck bewegt wird. Der Kolben 62 weist eine größere Angriffsfläche auf als der Kolben 60 und drückt den Kolben 60 bis an die andere Wand des Zylinders 47, wodurch das Gas aus der Kammer 46 in den Verdampfer 56 gedrückt wird, bis die Kammer 46 drucklos ist. Während die eine Kammer 46 entleert wird, wird die andere Kammer 45 bei geöffneten Absperrorganen 44 und 50 mit Medium aus dem Tank 41 gefüllt.

[0079] Zur Bewegung des Kolbens 62 muss die der Druckbeaufschlagung durch das Gas aus dem Gasspeicher 68 gegenüberliegenden Seite des Zylinders 63 druckentlastet werden. Zu diesem Zweck wird der Druck auf dieser Seite des Zylinders 63 stoffdatenabhängig abgesenkt, wobei bei Methan eine Absenkung auf vorzugsweise 100 bar vorgenommen wird. Der Druck bewegt sich auf einer Isobaren, die in keinem Zustand den Dampfraum des Gases erreicht. Die zu entlastende Kammer des Zylinders 63 wird daher durch Öffnen des Absperrorgans 69 bzw. 70 über die Leitung 71 mit dem Gasraum des Tanks 41 in Verbindung gesetzt, sodass das Gas durch Drosselung oder eine Entspannungsmaschine in der verbindenden Leitung bis auf den vorgegebenen Druck absinkt. Der Druck stellt sich durch einen dem Tank 41 vorgeschalteten Überströmer 72 ein. Bevor das Gas den Überströmer 72 erreicht, durchströmt es den Wärmeübertrager 55 und wird dort mit der auf Siedetemperatur stehenden Flüssigkeit des Tanks 41 gekühlt. Die Gastemperatur sinkt im Wärmeübertrager 55 unter die kritische Temperatur und das Gas kondensiert. Am Überströmer 72 steht Flüssigkeit unter sehr hohem Druck an. Der Druck wird durch Öffnen des Überströmers 72 auf den eingestellten Druck durch Entspannung in den Tank 41 abgebaut, wobei durch die Drosselung Flüssigkeit und Gasphase oder nur Flüssigkeit anfallen. In den Tank 41 gelangt verflüssigtes Gas und eventuell etwas Gas. Der Druck steigt nicht an, da vorher Flüssigkeit aus dem Tank 41 in die Kammer 45 floss und der Flüssigkeitsspiegel gesenkt wurde.

[0080] Der beschriebene Vorgang wird nun wiederholt, indem die Kammer 45, die mit flüssigem Medium aus dem Tank 41 befüllt wurde, mit dem Verdampfer 56 verbunden wird.

[0081] Bis hierher entspricht das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 im Wesentlichen dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1. Anhand der Fig. 2 soll nun gezeigt werden, dass das oben beschriebene Regasifizierungsverfahren im Rahmen einer Anlage zur bedarfsabhängigen Regelung und Abgabe der elektrischen Ausgangsleistung eines mit regenerativer Energie betriebenen Energiewandlers genutzt werden kann. Zu diesem Zweck ist ein Energiewandler als Windkraftanlage 77 vorgesehen. Der von der Windkraftanlage 77 erzeugte Strom wird einer Einrichtung 78 zugeführt, die in der Lage ist zwischen verschiedenen Stromquellen hin- und herzuschalten oder diese zusammenzuschalten, um eine Luftverflüssigungsanlage oder einen Luftzerleger 79 mit Strom zu versorgen. Die Anlage 79 verflüssigt nun beispielweise die Umgebungsluft, wobei das Flüssigprodukt in einem atmosphärischen Tank 80 gelagert wird. Von dort gelangt das Flüssigprodukt über eine Pumpe 81 in den Niederdrucktank 41.

[0082] In Zeiten eines Angebotsüberschusses an Strom wird der von der Windkraftanlage 77 erzeugte Strom für den Betrieb der Luftverflüssigungsanlage 79 verwendet. Die im Flüssigprodukt gespeicherte Energie kann bei Bedarf wiedergewonnen werden, indem das verflüssigte Gas regasifiziert wird, was mit dem oben beschriebenen Verfahren erfolgen kann. Das so erzeugte Hochdruckgas wird im Gasspeicher, wie z.B. in Gasflaschen 75 gespeichert. Wie nachfolgend beschrieben, kann die durch die Regasifizierung freigewordene Energie wie folgt in elektrische Energie umgewandelt werden:

- [0083]** - Antreiben einer Druckerhöhungsvorrichtung mit Hilfe des Drucks des regasifizierten Gases,
- [0084]** - Verwenden der Druckerhöhungsvorrichtung, um ein flüssiges Medium, beispielsweise Wasser zu verdichten und in eine Turbine zu pressen, wo dieses entspannt wird,
- [0085]** - Antreiben eines elektrischen Generators mit Hilfe der Turbine, um elektrische Energie zu erhalten.

[0086] Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 umfasst die Druckerhöhungsvorrichtung eine

Druckschleuse 82, die auf der einen Seite einen Zylinder 83 und auf der andern Seite einen Zylinder 84 mit kleinerem Querschnitt umfasst. Im Zylinder 83 und im Zylinder 84 ist jeweils ein Kolben 85,86 verschiebbar geführt, wobei die beiden Kolben 85,86 starr miteinander gekoppelt sind. Auf der Seite mit dem größeren Kolbendurchmesser wird die Druckschleuse durch Öffnen des Absperrorgans 87 bzw. 88 mit dem Gas aus dem Gasspeicher 75 beaufschlagt. Die Druckentlastung der jeweils gegenüberliegenden Seite des Zylinders 83 erfolgt über das Absperrorgan 89 bzw. 90, den Wärmeüberträger 91 und das Überströmventil 92 auf Tankdruck des Tanks 41 bzw. 73.

[0087] Die kleinere Seite der Druckschleuse 82, d.h. die Kammern des Zylinders 84 werden abwechselnd mit einer Flüssigkeit, vorzugsweise Wasser, gefüllt. Dieses Wasser wird mit dem Gasdruck in die Turbine 94 gepresst, die an einen Generator 95 gekoppelt ist. Der Generator erzeugt den Strom für den Netzbedarf. Während sich der Kolben 86 in eine Richtung bewegt, wird die Flüssigkeit bzw. das Wasser in die Turbine 94 gedrückt und auf der Kolbenrückseite strömt Wasser nach. Der Gasdruck und folglich der Druck am kleineren Kolben 86 wird durch den Kolben 85 des großen Zylinders 83 bereitgestellt. Damit dieser sich bewegt, wird der Gasdruck an der anderen Kolbenseite abgesenkt, sodass der sich einstellende Differenzdruck den Zulaufdruck zur Turbine 94 definiert.

[0088] Der Prozess wird durch Absperrarmaturen gesteuert. Durch deren Öffnung wird die jeweilige Zylinderkammer mit vorteilhafter Weise drucklosem Wasser gefüllt, bzw. die druckgasführende Seite auf einen niederen Druck abgesenkt. Der Druck sollte im TS - Diagramm links des kritischen Punktes liegen. Das abströmende Gas wird in den Wärmeüberträger 91 geleitet, wo es unter die kritische Temperatur gekühlt wird, sodass ein Teil des Gases kondensiert. Im Überströmventil 92 erfolgt die Entspannung auf Tankdruck. Der Gasanteile beschreibt den möglichen Wirkungsgrad des Verfahrens.

[0089] Bezüglich der Prozesssteuerung besteht der Energiespeicherprozess aus zwei von einander völlig unabhängig arbeitenden Kreisläufen. Der eine ist der Gasverflüssigungsprozess. Bei diesem wird der volatil anfallende Strom des Windrades oder einer Photovoltaikanlage im Verflüssiger 79 zur Gänze zur Gasverflüssigung genutzt. Das verflüssigte Gas ist das Speichermedium und wird in entsprechenden Tanks bevorratet. Im Fall des Strombedarfes des zu versorgenden Netzes wird Flüssigkeit aus diesem Speicher entnommen und der Regasifizierung zugeführt, damit mit diesem Gas die stromerzeugende Turbine 94, gekoppelt mit dem Generator 95, angetrieben werden kann und das Stromnetz bedarfsgerecht versorgt.

[0090] Es ist unwahrscheinlich, dass die Windrad/Photovoltaik- Anlage Strom liefert, der die Fahrweise des Verflüssigers 79 am optimalen Punkt gewährleistet. Wenn der Verflüssiger 79 nicht am optimalen Betriebspunkt arbeitet, ist die Flüssigkeitsausbeute gering, sodass der unter günstigen Bedingungen erreichbare Wirkungsgrad nicht erreicht wird. Um diesen Zustand zu vermeiden, kann an der Turbine 95 der Netzversorgung so viel Strom erzeugt werden, dass Strom für den optimalen Betrieb des Verflüssigers 79 abgezweigt wird (Stromverbindung 96) und ggf. das Netz zu 100% versorgt wird.

[0091] Ist der von der Turbine 95 zu produzierende Strombedarf für den Verflüssiger 79 geringer als der Verlust auf Grund eines schlechten Wirkungsgrades des Verflüssigers 79, kann der Verflüssiger 79 abgeschaltet werden bzw. in den stand-by-Betrieb gehen.

[0092] Beispiel: Der Verflüssiger 79 hat einen Bedarf von 100 Einheiten, der Wirkungsgrad der Verflüssigung liegt bei 80%. Leistet die Turbine 94 100 Einheiten und das Windrad 77 produziert 10 Einheiten, so wird der Verflüssiger in den stand-by-Betrieb gehen. Produziert das Windrad 30 Einheiten, so werden netto 10 Einheiten gespeichert.

Ansprüche

1. Verfahren zur Nutzbarmachung von in tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherter Energie, bei dem das in einem Tank (41) gespeicherte verflüssigte Gas regasifiziert wird und aus dem regasifizierten Gas freiwerdende Energie in elektrische Energie umgewandelt und elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umwandlung der freiwerdenden Energie in elektrische Energie folgende Schritte umfasst:
 - Antreiben einer Druckerhöhungsvorrichtung mit Hilfe des Drucks des regasifizierten Gases,
 - Verwenden der Druckerhöhungsvorrichtung, um ein flüssiges Medium, beispielsweise Wasser zu verdichten und in eine Turbine (94) zu pressen, wo dieses entspannt wird,
 - Antreiben eines elektrischen Generators (95) mit Hilfe der Turbine (94), um elektrische Energie zu erhalten.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Druckerhöhungsvorrichtung eine Kolbenmaschine verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das in der Turbine (94) entspannte flüssige Medium, beispielsweise Wasser, der Druckerhöhungsvorrichtung rückgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das regasifizierte Gas zum Antreiben der Druckerhöhungsvorrichtung einer Antriebskammer der Druckerhöhungsvorrichtung zugeführt wird und das die Antriebskammer verlassende Gas durch einen Wärmeübertrager (91) geleitet wird, in welchem es vorzugsweise bei konstantem Druck (vorzugsweise links des kritischen Punkts im Ts-Diagramm) vorzugsweise bis zur Kondensation, ohne den Dampfbereich zu tangieren, gekühlt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das im Wärmeübertrager (91) gekühlte Gas über eine Drosselstelle in den Tank (41) entspannt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Regasifizieren des im Tank (41) gespeicherten verflüssigten Gases mittels eines Verfahrens zum Regasifizieren von tiefkalt verflüssigtem Gas, wie z.B. Methan oder Luft, durchgeführt wird, bei dem eine Teilmenge des in einem Tank (41) befindlichen tiefkalt verflüssigten Gases vom Tank (41) über eine Druckschleuse einem Verdampfer (56) zugeführt wird, in dem die Teilmenge verdampft, wobei die Druckschleuse zwei Kammern (45,46) umfasst, die abwechselnd mit einer Teilmenge des tiefkalt verflüssigten Gases aus dem Tank (41) befüllt werden, wobei die mit der Teilmenge befüllte Kammer (45, 46) nach dem jeweiligen Füllvorgang von dem Tank (41) getrennt und mit dem Verdampfer (56) verbunden wird, worauf sich ein Druckausgleich zwischen dem Verdampfer (56) und der mit diesem verbundenen Kammer (45,46) einstellt, und wobei anschließend wenigstens ein Verdrängungskörper (60,61,62) derart verlagert wird, dass das in der sich unter Verdampferdruck befindlichen Kammer (45,46) enthaltene Gas zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, in den Verdampfer (56) verdrängt und die andere Kammer (45, 46) mit einer Teilmenge des tiefkalt verflüssigten Gases aus dem Tank (41) befüllt wird.
7. Verfahren zur bedarfsabhängigen Regelung und Abgabe der elektrischen Ausgangsleistung eines mit regenerativer Energie betriebenen Energiewandlers (77), insbesondere elektrischen Generators, wobei ein Gas, beispielsweise Luft, in einer mit dem Energiewandler (77) gekoppelten Vorrichtung verflüssigt wird, das verflüssigte Gas vorzugsweise drucklos in einem Tank (41) gespeichert wird und die im verflüssigten Gas gespeicherte Energie mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 bei Bedarf in elektrische Energie umgewandelt und elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Teil der durch die Umwandlung erhaltenen elektrischen Energie bei Bedarf der Gasverflüssigungsvorrichtung (79) für deren Betrieb zugeführt wird.

9. Vorrichtung zur Nutzbarmachung von in tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherter Energie, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, umfassend einen Tank (41) zur Speicherung des verflüssigten Gases, eine an den Tank angeschlossene Regasifizierungseinrichtung zum Regasifizieren des verflüssigten Gases, einen Energiewandler (77) zum Umwandeln der durch das Regasifizieren freiwerdenden Energie in elektrische Energie, wobei die vom Energiewandler (77) gelieferte elektrische Energie elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Energiewandler (77) eine Druckerhöhungsvorrichtung umfasst, die mit dem Druck des regasifizierten Gases antreibbar ist, wobei die Druckerhöhungsvorrichtung angeordnet ist, um ein der Druckerhöhungsvorrichtung zugeführtes flüssiges Medium, beispielsweise Wasser, zu verdichten, dass der Energiewandler (77) weiters eine Expansionsmaschine (94), insbesondere Turbine, umfasst, mit welcher die Druckerhöhungsvorrichtung verbunden ist, um der Expansionsmaschine (94) das verdichtete flüssige Medium zuzuführen, und dass der Energiewandler (77) weiters einen elektrischen Generator (95) umfasst, der von der Expansionsmaschine (94) antreibbar ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckerhöhungsvorrichtung als Kolbenmaschine ausgebildet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Expansionsmaschine (94) über eine Rückführungsleitung mit der Druckerhöhungsvorrichtung verbunden ist, um das in der Expansionsmaschine (94) entspannte flüssige Medium, beispielsweise Wasser, der Druckerhöhungsvorrichtung rückzuführen.
12. Vorrichtung nach Anspruch 9, 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebsseite der Druckerhöhungsvorrichtung mit einem Wärmeübertrager (91) verbunden ist, um das eine Antriebskammer der Druckerhöhungsvorrichtung verlassende Gas, deren Isobare im Flüssigbereich endet ohne dabei die Dampfzone zu tangieren, durch den Wärmeübertrager (91) zu leiten.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmeübertrager (91) über eine Drosselstelle mit dem Tank (41) verbunden ist, um das im Wärmeübertrager (91) abgekühlte Gas dem Tank (41) zuzuführen.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regasifizierungseinrichtung einen Tank (41) für das tiefkalt verflüssigte Gas, einen Verdampfer (56) und eine zwischen dem Tank (41) und dem Verdampfer (56) angeordnete Druckschleuse umfasst, wobei die Druckschleuse zwei Kammern (45,46) umfasst, die abwechselnd mit einer Teilmenge des tiefkalt verflüssigten Gases aus dem Tank (41) befüllbar sind und die nach dem jeweiligen Füllvorgang von dem Tank (41) trennbar und mit dem Verdampfer (56) verbindbar sind, und dass wenigstens ein Verdrängungskörper (60,61,62) vorgesehen ist, der zum Verdrängen des in der unter Verdampferdruck befindlichen Kammer (45,46) enthaltenen Gases in den Verdampfer (56) angeordnet ist.
15. Vorrichtung zur bedarfsabhängigen Regelung und Abgabe der elektrischen Ausgangsleistung eines mit regenerativer Energie betriebenen Energiewandlers (77), insbesondere elektrischen Generators, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 7 oder 8, umfassend eine mit dem Energiewandler (77) gekoppelte Gasverflüssigungsvorrichtung, einen Tank (41) zur Speicherung des verflüssigten Gases und eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14 zur Umwandlung der im tiefkalt verflüssigtem Gas gespeicherten Energie in elektrische Energie.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Teil der durch die Umwandlung erhaltenen elektrischen Energie bei Bedarf der Gasverflüssigungsvorrichtung für deren Betrieb zuführbar ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

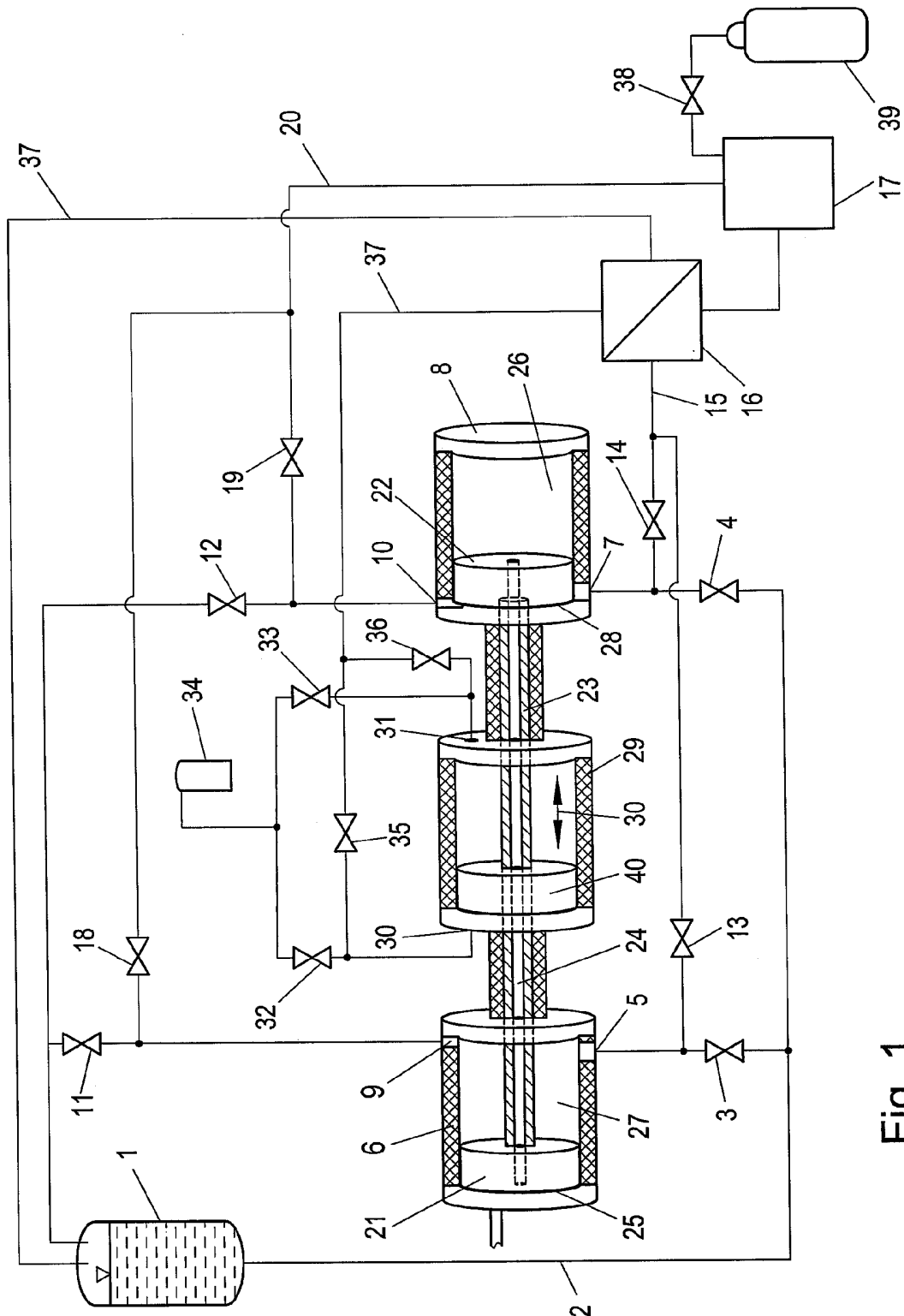
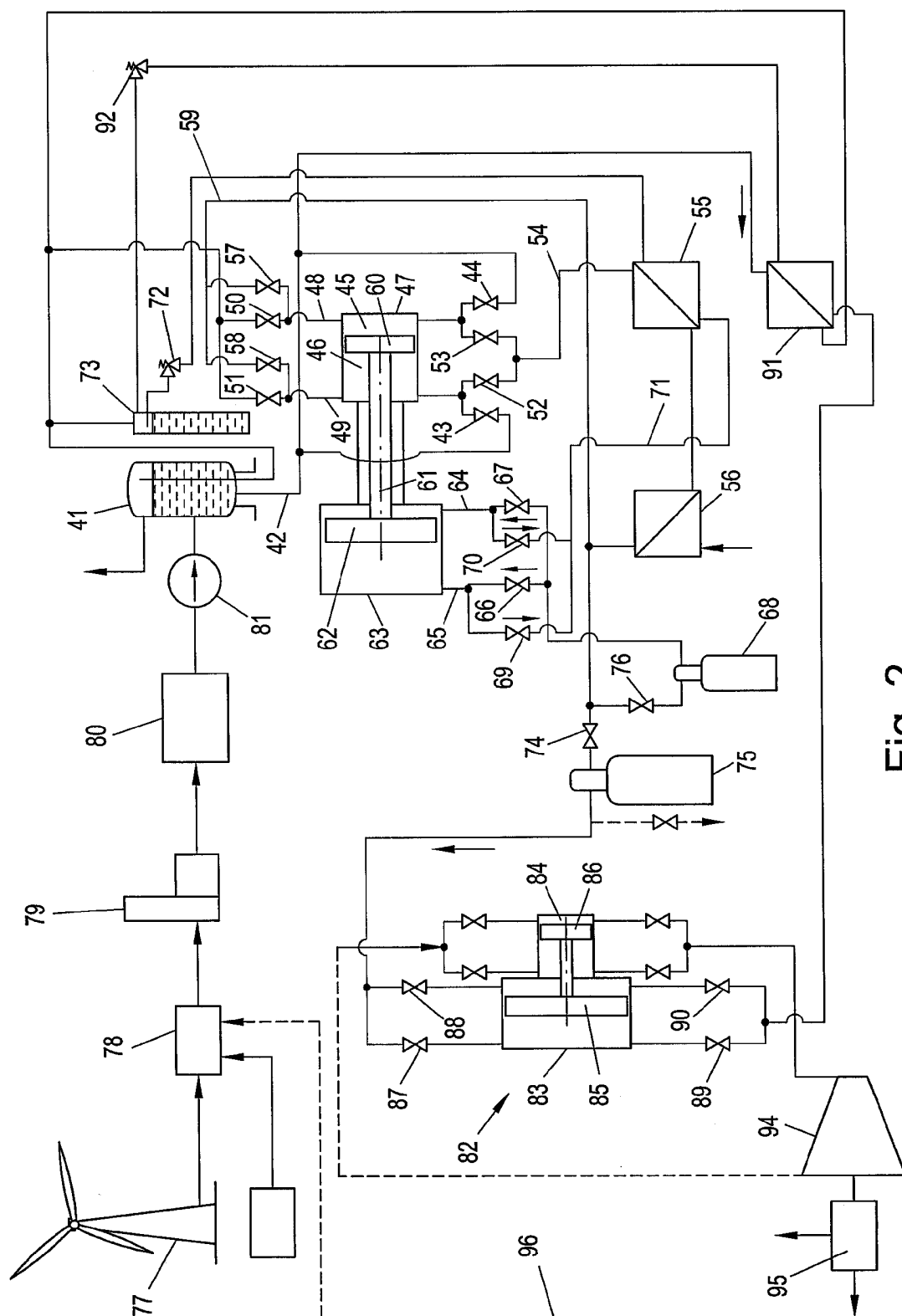


Fig. 1



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
F01K 27/00 (2006.01); **F17C 7/04** (2006.01); **F17C 9/02** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
F01K 27/005 (2013.01); **F17C 7/04** (2013.01); **F17C 9/02** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
F01K, F17C

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPIAP

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **05.01.2017** eingereichten Ansprüchen **1-16** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungs- datum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	AT 506779 A1 (HERMELING) 15. November 2009 (15.11.2009)	1-3, 7, 9-11, 15
A	Zusammenfassung; Fig. 1, 2; Seite 8, Zeile 3 - Seite 9, Zeile 33;	8, 16
Y	US 5461858 A (JOHNSON) 31. Oktober 1995 (31.10.1995)	1-3, 7, 9-11, 15
A	Zusammenfassung; Fig. 1; Spalte 3, Zeilen 31-52;	4
Datum der Beendigung der Recherche: 08.05.2017		
Seite 1 von 1		Prüfer(in): HÖRZER Klaus

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.