



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

 Anmeldenummer: **86890288.3**

 Int. Cl. 4: **F 25 J 1/00**
F 17 C 9/02

 Anmeldetag: **23.10.86**

 Priorität: **08.11.85 AT 3259/85**

 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.05.87 Patentblatt 87/20

 Benannte Vertragsstaaten: **DE FR GB IT SE**

 Anmelder: **VOEST-ALPINE Aktiengesellschaft**
Friedrichstrasse 4
A-1011 Wien (AT)

 Erfinder: **Faltejssek, Karl, Dipl.-Ing.**
Lüfteneggerstrasse 6
A-4020 Linz (AT)

Wawrina, Rainer
Leitergraben 39
A-4060 Leonding (AT)

 Vertreter: **Haffner, Thomas M., Dr. et al**
Patentanwaltskanzlei Dipl.-Ing. Adolf Kretschmer Dr.
Thomas M. Haffner Schottengasse 3a
A-1014 Wien (AT)

Verfahren zur Speicherung von Gasen.

 Verfahren zur Speicherung von Gasen, insbesondere Sauerstoff, durch Verflüssigung, wobei das Gas zuerst in einem Kompressor (2) verdichtet wird, worauf ein Teil des Druckgases schrittweise in Entspannungsturbinen (11, 14) auf Atmosphärendruck auf eine Temperatur über der Verflüssigungstemperatur entspannt wird. Das entspannte Gas wird über Wärmetauscher (19, 18, 17, 13, 12, 9, 7) dem Kompressor (2) rückgeführt und zur Abkühlung des nicht entspannten Druckgases verwendet. Das abgekühlte Druckgas wird schrittweise in Trenngefäßen (20, 22, 27) entspannt und verflüssigt und der flüssige Gasanteil in einen Druckflüssigkeitsspeicher (24) oder in einen drucklosen Flüssigkeitsspeicher (28) eingespeist.

Der Abgabe von Drucksauerstoff an einen Verbraucher erfolgt durch Verdampfung (33) von flüssigem Drucksauerstoff aus dem Druckspeicher (24), der aus dem drucklosen Flüssigkeitsspeicher (28) gespeist werden kann.

Anwendung des Verfahrens in einer Anlage zur Gewinnung und Speicherung von Gasen, insbesondere Sauerstoff, bei welcher die Verflüssigung zur Speicherung des Gases bei Verringerung der Druckgasentnahme und/oder als Reserve zur Deckung eines Spitzenbedarfes oder des Bedarfes bei Anfall des Luftzerlegers (1) eingesetzt wird.

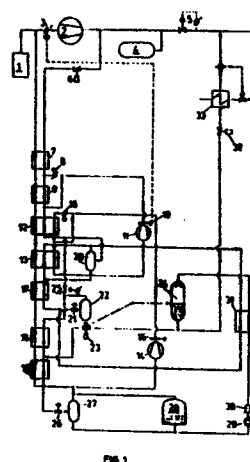


Fig. 1

Beschreibung

Verfahren zur Speicherung von Gasen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Speicherung von Gasen, insbesondere Sauerstoff, durch Verflüssigung, wobei das Gas zuerst verdichtet wird und nach der Entspannung eines Teiles des Gases dieser Teil zu einem Wärmetauscher zur Kühlung des restlichen Druckgases verwendet wird, worauf das abgekühlte Druckgas teilweise verflüssigt und entspannt wird, sowie auf eine Anwendung dieses Verfahrens in einer Anlage zur Gewinnung und Speicherung von Gasen.

Im Rahmen der Herstellung von reinen Gasen ist es bekannt, die Luftzerlegung durch selektiv wirkende Adsorptionsmittel und/oder durch Tieftemperaturrektifikation vorzunehmen. Bei Luftzerlegung durch Anwendung von Molekularsieben läßt sich Drucksauerstoff ohne weiteres gewinnen. Unter Verwendung von sauerstoffzurückhaltenden Molekularsieben läßt sich auch Sauerstoff in relativ großer Reinheit abziehen, wobei dieser Sauerstoff in mehr oder minder aufwendigen Verfahren von den Molekularsieben desorbiert werden muß. Da Sauerstoff von den meisten Verbrauchern nur als Drucksauerstoff verwendet werden kann, ist es bei derartigen Anlagen in der Regel notwendig einen Sauerstoffverdichter nachzuschalten, welcher den verdichteten Sauerstoff eines Teiles in einen Speicher fördert und anderen Teiles je nach Bedarf an den Sauerstoffverbraucher abgibt. Die bei kontinuierlichen Anlagen anfallenden verdichteten Sauerstoffmengen stimmen nicht notwendiger Weise mit dem momentanen Bedarf überein und bei stark schwankendem Bedarf müßten relativ großbauende und großvolumige Druckgasspeicher für Sauerstoff herangezogen werden. Vor allen Dingen für längere und unvorhergesehene Unterbrechungen der Sauerstoffabnahme läßt sich die kontinuierliche Betriebsweise einer Einrichtung zur Erzeugung von Drucksauerstoff nicht ohne weiteres in ökonomischer Weise aufrechterhalten. Sobald nämlich die zur Verfügung stehenden Druckgasspeicher den Zulassungsdruck erreicht haben, muß bei den bekannten Einrichtungen über Abblaseeinrichtungen der aufwendig getrennte Drucksauerstoff wiederum in die Atmosphäre abgeleitet werden, wobei zusätzlich der Sauerstoffverdichter aufgrund eines üblicherweise vorgesehenen Pumpgrenzverhältnisses im Umlaufbetrieb weiterfährt. In diesem Umlaufbetrieb ist die Leistungsaufnahme des Sauerstoffverdichters nahezu unverändert und es wird ein großer Anteil der Antriebsenergie auf diese Weise vernichtet. Durch das Abblasen von Sauerstoff wird auch die zuvor aufgewendete Energie für das Trennen von Sauerstoff aus Luft wiederum zur Gänze vernichtet.

Die Erfindung zielt nun darauf ab, bei kontinuierlich produzierenden Luftzerlegungsanlagen eine Speicherung von Gasen ohne nennenswerten energetischen Mehraufwand herbeizuführen, ohne daß hierfür großvolumige Speicher erforderlich wären. Ausgehend von den bekannten Verflüssigungseinrichtungen wird im Rahmen einer Verfahrensweise,

bei welcher auf die Gewinnung von Druckgasen, insbesondere Drucksauerstoff, abgezielt wird, erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß ein Teil des Druckgases nach dem Passieren eines ersten Wärmetauschers in wenigstens einer Entspannungsturbine auf überatmosphärischen Druck entspannt wird, daß dieser teilentspannte Teil des Druckgases in einem Wärmetauscher zur Abkühlung des restlichen Teiles des Druckgases verwendet wird, daß vorzugsweise der teilentspannte Teil des Druckgases in einer weiteren Entspannungsturbine auf etwa Atmosphärendruck entspannt und dabei knapp über die Verflüssigungstemperatur abgekühlt wird und über Wärmetauscher zur Abkühlung des restlichen Teiles des Druckgases zum Kompressor rückgeführt wird, daß das in den Wärmetauschern abgekühlte und teilweise verflüssigte Druckgas in wenigstens einem Trenngefäß in Gas- und Flüssigphase getrennt wird und daß der verflüssigte Anteil nach der Abtrennung vom gasförmigen Anteil in Flüssigkeitsspeichern gespeichert wird. Durch diese Maßnahme kann der unter Druck bereits vorliegende Sauerstoff jederzeit, spätestens aber wenn die Druckspeicher ihren Zulassungsdruck erreicht haben, kurzfristig und ohne mühsames Hochfahren einer zusätzlichen Anlage in flüssigen Sauerstoff übergeführt werden, wodurch eine bedeutende Volumsverringerung eintritt. Dadurch, daß ein kleiner Teil des Druckgases in dem vorgeschlagenen Kreislauf dauernd zirkuliert und durch Kälteerzeugung in den Entspannungsturbinen die Arbeitstemperaturen in den Apparaten aufrecht erhalten wird, kann rasch die Umschaltung von der Herstellung des Druckgases bzw. Drucksauerstoffes auf die Verflüssigung des Gases, insbesondere des Sauerstoffes, umgestellt werden. Diese rasche Umschaltungsmöglichkeit ist hierbei jederzeit gegeben, ohne den Normalbetrieb, bei welchem das Druckgas, insbesondere der Drucksauerstoff, dem Verbraucher zugeführt wird, zu beeinträchtigen.

In besonders vorteilhafter Weise wird im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens so vorgegangen, daß der abgekühlte und teilweise verflüssigte Teil des Druckgases teilweise in einem ersten Trenngefäß in eine flüssige und eine gasförmige Phase getrennt wird, daß beide Phasen aus dem ersten Trenngefäß nach der Abkühlung in wenigstens einem Wärmetauscher in einem zweiten Trenngefäß auf überatmosphärischen Druck entspannt werden und der flüssige Anteil in einen Druckflüssigkeitsspeicher einbringbar ist, daß der gasförmige Anteil aus dem zweiten Trenngefäß sowie der diesem zur Druckhaltung geregelt zugeführte Teil des Druckgases in Wärmetauschern gegen das entspannte Gas aus der zweiten Entspannungsturbine weiter abgekühlt und verflüssigt werden, daß dieser Teil in einem dritten Trenngefäß auf Atmosphärendruck entspannt wird, daß der flüssige Anteil in einen drucklosen Flüssigkeitsspeicher eingebracht wird und daß der gasförmige Anteil zusammen mit dem Gasanteil aus der zweiten Entspannungsturbine dem Kompressor über Wär-

metauscher rückgeführt wird. Das erste Trenngefäß dient hierbei hauptsächlich dazu, beim Hochpumpen von Flüssigsauerstoff in den Druckspeichern im Wärmetauscher Gas zur Verfügung zu haben, weil das Anfahren von Wärmetauschern mit einem Gasflüssigkeitsgemisch aufgrund der Möglichkeit eines Teilausgasens, sowie einer Blasenbildung nicht unproblematisch ist. Durch diese Maßnahmen wird eine noch größere Flexibilität erzielt und es wird zusätzlich zu der Möglichkeit, Druckgase zu verflüssigen, die Möglichkeit geschaffen, eine drucklose und eine Speicherung unter Druck vorzunehmen. Diese gleichzeitige drucklose Speicherung gemeinsam mit einer Speicherung unter Druck ermöglicht darüberhinaus eine Vielzahl von zusätzlichen Wärmeaustauschmöglichkeiten, welche die Ökonomie des Verfahrens wesentlich verbessert. Dies gilt insbesondere dann, wenn, wie es einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens entspricht, so vorgegangen wird, daß der Druckflüssigkeitsspeicher über eine Pumpe aus dem drucklosen Flüssigkeitsspeicher gespeist wird und daß die Druckleitung über einen Wärmetauscher geführt wird, in welchem ein Teil des komprimierten gasförmigen Anteiles aus dem ersten Trenngefäß abgekühlt wird, worauf dieser Anteil in das zweite Trenngefäß entspannt wird. Dadurch ist es möglich, die Enthalpiedifferenz zwischen der Flüssigphase im Druckspeicher bzw. im drucklosen Flüssigkeitsspeicher restlos zur Bildung neuer Flüssigkeit zu verwenden. Dadurch, daß aus einem drucklosen Flüssigkeitsspeicher unter Verwendung einer Pumpe in einen Druckflüssigkeitsspeicher gepumpt wird, ist es möglich, eine Erwärmung der Flüssigkeit in Kauf zu nehmen, ohne daß es zu einer Verdampfung kommt. Diese Erwärmung kann im Zuge eines Wärmetauschers vorgenommen werden, wobei gleichzeitig eine Vorverflüssigung von unter Druck befindlichen Gasen vorgenommen werden kann, ohne daß es zu einer Verdampfung der hochgepumpten Flüssigkeit kommt.

In besonders vorteilhafter Weise wird das Verfahren so durchgeführt, daß nach Beladung des Druckflüssigkeitsspeichers auch der flüssige Anteil aus dem zweiten Trenngefäß über einen Wärmetauscher dem dritten Trenngefäß zur Entspannung auf atmosphärischen Druck zugeführt wird, wodurch sich die Ökonomie der Verfahrensweise weiter verbessern läßt.

Vorzugsweise wird aus dem Druckflüssigkeitsspeicher Flüssigkeit unter Druck einem Verdampfer zugeführt und das Druckgas einer Druckgasleitung zugeführt. Auf diese Weise läßt sich insbesondere bei Bedarfsspitzen oder aber bei einer vorübergehenden Abschaltung der Gaszerlegungsanlage zusätzlich rasch Druckgas dem Verbraucher zur Verfügung stellen, ohne daß die Druckgasspeicher, wie sie üblicherweise vorgesehen sind, entsprechend vergrößert werden müßten.

Eine weitere Verbesserung der Energiebilanz läßt sich dadurch erzielen, daß aus dem drucklosen Flüssigkeitsspeicher ausdampfendes Gas mit dem gasförmigen Anteil des dritten Trenngefäßes dem Kompressor über Wärmetauscher rückgeführt wird.

Insbesondere diese mehrstufige Verfahrensweise

erlaubt es, auf verschiedenen Druckniveaus flexibel in die Verflüssigung überzugehen.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine flexible Regelung der Umschaltung auf Verflüssigung eines Gasanteiles, insbesondere des Sauerstoffes, dadurch erzielbar, daß die Regelung der ersten Entspannungsturbine zur Regelung der Erzeugung des flüssigen Anteiles in Abhängigkeit von der Stellung der Drossel vor dem Kompressor erfolgt. Für eine derartige Regelung ist es Voraussetzung, daß die Regelung des Kompressors bzw. Verdichters der Gaszerlegungsanlage immer im Regeleingriff bleibt. Der Verdichter weist zu diesem Zweck eine Saugdrosselklappe auf, deren Stellung so gewählt werden muß, daß ausgehend von dieser Stellung der Drosselklappe, welche in Abstand von der Volloffenstellung sein muß, eine Regelung immer noch möglich ist. Wenn nun, wie erfindungsgemäß vorgeschlagen wird, der Turbinenregler in Abhängigkeit von der Stellung der Drosselklappe geregelt wird, kann sichergestellt werden, daß die optimale Betriebsweise erzielt wird, bei welcher die Drosselklappe des Verdichters nahe ihrer Volloffenstellung arbeitet. Auf diese Weise wird weitgehend unabhängig vom Druckgas- bzw. Drucksauerstoffbedarf das Maximum an Flüssigsauerstofferzeugung erzielt.

Die erfindungsgemäße Verfahrensweise eignet sich in erster Linie für die Anwendung in einer Anlage zur Gewinnung und Speicherung von Gasen, insbesondere Sauerstoff, bei welcher das Gas nach einem Luftzerleger von einem Kompressor in einen Druckgasspeicher eingebracht wird und bei welcher die teilweise Gasverflüssigung zur Speicherung des Druckgases bei Verringerung der Druckgasentnahme und/oder als Reserve zur Deckung eines Spitzenbedarfes oder des Bedarfes bei Ausfall des Luftzerlegers eingesetzt wird. Gerade im Rahmen einer derartigen Anlage zur Gewinnung und Speicherung von Gasen, insbesondere von Sauerstoff, kann mit relativ geringem Mehraufwand nicht nur eine größere Menge an Druckgas durch Verflüssigung gespeichert werden, sondern auch ohne nennenswerte energetische Zusatzbelastung flüssiger Sauerstoff bzw. flüssiges Gas hergestellt werden. An der Anlage für die Luftzerlegung sind hierbei keinerlei Änderungen erforderlich, und es sind vor allen Dingen, mit Rücksicht auf das Vorhandensein eines Verdichters, keine weiteren Kompressoren erforderlich, welche üblicherweise den größten Energieverbraucher darstellen. Die teilweise Nutzung des ansonsten nutzlos abgeblasenen Sauerstoffes zur Flüssigsauerstoffgewinnung stellt somit eine bedeutende Verbesserung der Ökonomie der Luftzerlegung dar.

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

In dieser zeigen Fig. 1 eine Ausführung mit zwei Entspannungsturbinen und Fig. 2 eine modifizierte Ausbildung mit nur einer Entspannungsturbine.

In Fig. 1 wird gasförmiger Sauerstoff aus einem Luftzerleger 1 von einem Kompressor 2 über eine Drossel 3, die einen leichten Überdruck zwischen dem Luftzerleger 1 und dem Kompressor 2 aufrechterhält, angesaugt und je nach Ladezustand des

Druckgasspeichers 4 auf einen Druck zwischen 20 und 40 bar komprimiert. Bei Bedarf erfolgt die Abgabe des Sauerstoffs über eine Reduzierstation 5 mit Überdruck an einen nicht weiter dargestellten Verbraucher.

Zur Vermeidung eines Überdruckes im Druckgasspeicher 4 bei einem Sinken des Sauerstoffbedarfes und zum Aufbau einer Reserve für einen Spitzenverbrauch oder einen Ausfall des Luftzerlegers 1 wird komprimierter Sauerstoff über ein Ventil 6 mit einem Druck zwischen 20 und 40 bar in eine Verflüssigungsanlage geleitet. In einem ersten Wärmetauscher 7 wird auf etwa 200 K abgekühlt. Über ein Temperaturregelorgan 8, mit dem die Temperatur des Sauerstoffes durch Mischung mit Sauerstoff nach Abkühlung in einem zweiten Wärmetauscher 9 auf eine Temperatur von 177 K eingestellt wird, gelangt ein Teil des komprimierten Sauerstoffs über ein Mengenregelorgan 10, das in Abhängigkeit der Drossel 3 gesteuert wird, in eine erste Entspannungsturbine 11, wo der Sauerstoff auf etwa 6 bar entspannt wird.

Die erste Expansionsturbine 11 ist beispielsweise so dimensioniert, daß sie sowohl mit 40 als auch mit 20 bar Vordruck gefahren werden kann. Der Gegendruck beträgt beispielsweise konstant 6 bar. Die Regelung erfolgt so, daß die Turbinenaustrittstemperaturen konstant gehalten werden. Bei festgelegtem Gegendruck ist hierfür beispielsweise die Temperatur in der Abgasleitung zu ermitteln, bei der in der Turbine - im Abgasdiffusor bei den dort auftretenden hohen Geschwindigkeiten - gerade noch keine Kondensation auftritt. Die bei der Entspannung erreichte Temperatur von etwa 125 K liegt über der Verflüssigungstemperatur des Sauerstoffes bei diesem Druck. Der abgekühlte Sauerstoff wird über Wärmetauscher 12 und 13 zur Abkühlung des nicht entspannten Restgases geführt und gelangt nach einer derartigen Aufwärmung in eine zweite Entspannungsturbine 14 über ein Mengenregelorgan 15. Zur Einstellung einer Temperatur von 155 K ist ein Temperaturregelorgan 16 zur Zumischung von Kaltgas, welches zwischen den Wärmetauschern 12 und 13 entnommen wird, vorgesehen. Der in der zweiten Entspannungsturbine 14 auf nahezu atmosphärischen Druck entspannte, aber weiterhin gasförmige Sauerstoff wird über die Wärmetauscher 19, 18, 17, 13, 12, 9 und 7 vor die Drossel 3 des Kompressors 2 rückgeführt und rezirkuliert.

Der nach den Wärmetauschern 7 und 9 nicht entspannte Anteil des komprimierten Sauerstoffes wird im Wärmetauscher 12 gegen den Gasstrom aus den zwei Entspannungsturbinen 11 und 14 weiter abgekühlt, teilweise verflüssigt und in einem ersten Trenngefäß 20 in eine flüssige und eine gasförmige Phase getrennt. Ein Teil des gasförmigen Anteiles aus dem ersten Trenngefäß 20 wird nach Abkühlung im Wärmetauscher 13 zusammen mit dem flüssigen Anteil im Wärmetauscher 17 weiter abgekühlt und über ein Drosselventil 21 in ein zweites Trenngefäß 22 auf einen Druck von 20 bar entspannt. Über eine Umschaltarmatur 23 wird der flüssige Anteil aus dem Trenngefäß 22 in einen Druckflüssigkeitsspeicher 24 eingespeist. Ein Druckregler 25 im Gasweg vor dem ersten Trenngefäß 20 und dem Wärmetauscher 18

übernimmt die Druckregelung des zweiten Trenngefäßes 22 und damit des Druckflüssigkeitsspeichers 24. Mit dem durch den Druckregler 25 gelangenden Gasstrom wird der gasförmige Anteil aus dem zweiten Trenngefäß 22 über die Wärmetauscher 18 und 19 geleitet, wobei im Wärmetauscher 18 der Sauerstoff bereits verflüssigt wird. Über die Umschaltarmatur 23 kann hiebei auch die Zuführung des flüssigen Anteiles aus dem zweiten Trenngefäß 22 in die Leitung zwischen die Wärmetauscher 18 und 19 erfolgen. Der unterkühlte Sauerstoff aus den Wärmetauschern 18 und 19 wird über ein Drosselventil 26 in ein drittes Trenngefäß 27 auf Atmosphärendruck entspannt und der flüssige Anteil in einen drucklosen Flüssigkeitsspeicher 28 eingespeist. Der gasförmige Anteil aus dem dritten Trenngefäß 27 und die Abdampfverluste aus dem drucklosen Flüssigkeitsspeicher 28 werden gemeinsam mit dem gasförmigen Sauerstoff aus der zweiten Entspannungsturbine 14 über die Wärmetauscher zum Kompressor 2 rückgeführt.

Weist der Druckflüssigkeitsspeicher 24 einen ungenügenden Ladezustand auf, so kann über die Pumpe 29 und das Rückschlagventil 30 drucklose Flüssigkeit in den Druckflüssigkeitsspeicher 24 gepumpt werden. Die unter Druck stehende flüssige Phase wird im Wärmetauscher 31 zur Verflüssigung eines Teiles des komprimierten gasförmigen Anteiles aus dem ersten Trenngefäß 20 genutzt, wobei dieser nunmehr verflüssigte Sauerstoff dem flüssigen Sauerstoff vor dem Drosselventil 21 des zweiten Trenngefäßes 22 zugeführt wird.

Bei Bedarf wird flüssiger Sauerstoff aus dem Druckflüssigkeitsspeicher 24 über ein Ventil 32 im Verdampfer 33 verdampft und in die Druckleitung zum Verbraucher eingespeist.

Die getrennt dargestellten Wärmetauscher 9 und 12, 13 und 17 bzw. 18 und 19 werden zweckmäßig in jeweils einem Apparat zusammengefaßt. Es ist grundsätzlich möglich, alle Wärmetauscher in einem Block zusammenzubauen. Zweckmäßigerweise werden wegen den ähnlichen Temperaturen die oben genannten Paarungen vorgenommen, wobei die Wärmetauscher 9 und 12 mit zwei, die anderen mit einem Zwischenabgang ausgebildet werden.

Ist keine Verflüssigung erwünscht, so wird neben dem Abstellen der Expansionsturbinen auch das Abschlußorgan 6 in der Druckgaszuführung geschlossen; die Wärmetauscherkette wird über die Ausdampfverluste des drucklosen Speichers 28 weitgehend kalt gehalten.

Diese Schaltung kann durch Anordnung von 3 Expansionsturbinen mit jeweils geringerem Druckgefälle thermodynamisch weiter optimiert werden; die Ausbeute an Flüssigkeit steigt dabei an.

Unabhängig vom jeweiligen Gas-Sauerstoffbedarf ist die Flüssigsauerstoffgewinnung bei geringem Energiemehraufwand im Kompressor 2 auch durchgehend möglich.

Bei der Ausbildung nach Fig. 2 wird lediglich eine Expansionsturbine 11 eingesetzt, wobei der Übersichtlichkeit halber die Wärmetauscher 9 und 12 zu einem ersten gemeinsamen und die Wärmetauscher 13 und 17 zu einem zweiten gemeinsamen Wärmetauscher zusammengefaßt sind. Der Verflüssiger 18

ist mit dem Unterkühler 19 zu einem gemeinsamen Bauteil zusammengefaßt. Mit dem Ventil 34 wird der Gegendruck für die Expansionsturbine 11 eingestellt, welcher möglichst gering eingestellt wird. Die verflüssigte Phase wird in einem Vorlagegefäß 35 aufgefangen. Die übrigen wesentlichen Bauteile sind wie in Fig. 1 bezeichnet.

Zwar ist mit einer Turbine nur knapp die Hälfte der Flüssigkeitsausbeute der Ausführung mit zwei Entspannungsturbinen erreichbar. Der geringere Aufwand macht aber auch eine derartige Ausbildung interessant. Daß das realisierbare Druckverhältnis von Expansionsturbinen herkömmlicher Bauart nicht die Entspannung bis auf knapp über Atmosphärendruck erlaubt, erscheint nicht von erheblichem Nachteil, da ein größeres Druckverhältnis die Flüssigkeitsausbeute nicht mehr entscheidend verbessert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Speicherung von Gasen, insbesondere Sauerstoff, durch Verflüssigung, wobei das Gas zuerst verdichtet wird und nach der Entspannung eines Teiles des Gases dieser Teil zu einem Wärmetauscher (7) zur Kühlung des restlichen Druckgases verwendet wird, worauf das abgekühlte Druckgas teilweise verflüssigt und entspannt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des Druckgases nach dem Passieren eines ersten Wärmetauschers (7) in wenigstens einer Entspannungsturbine (11) auf überatmosphärischen Druck entspannt wird, daß dieser teilentspannte Teil des Druckgases in einem Wärmetauscher (12) zur Abkühlung des restlichen Teiles des Druckgases verwendet wird, daß vorzugsweise der teilentspannte Teil des Druckgases in einer weiteren Entspannungsturbine (14) auf etwa Atmosphärendruck entspannt und dabei knapp über die Verflüssigungstemperatur abgekühlt wird und über Wärmetauscher (19, 18, 17, 13, 12, 9, 7) zur Abkühlung des restlichen Teiles des Druckgases zum Kompressor (2) rückgeführt wird, daß das in den Wärmetauschern abgekühlte und teilweise verflüssigte Druckgas in wenigstens einem Trenngefäß (20, 22, 27) in Gas- und Flüssigphase getrennt wird und daß der verflüssigte Anteil nach der Abtrennung vom gasförmigen Anteil in Flüssigkeitsspeichern (24, 28) gespeichert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der abgekühlte und teilweise verflüssigte Teil des Druckgases teilweise in einem ersten Trenngefäß (20) in eine flüssige und eine gasförmige Phase getrennt wird, daß beide Phasen aus dem ersten Trenngefäß (20) nach der Abkühlung in wenigstens einem Wärmetauscher (17) in einem zweiten Trenngefäß (22) auf überatmosphärischen Druck entspannt werden und der flüssige Anteil in einen Druckflüssigkeitsspeicher (24) einbringbar ist, daß der gasförmige Anteil aus dem

zweiten Trenngefäß (22) sowie der diesem zur Druckhaltung geregelt zugeführte Teil des Druckgases in Wärmetauschern (18, 19) gegen das entspannte Gas aus der zweiten Entspannungsturbine (14) weiter abgekühlt und verflüssigt werden, daß dieser Teil in einem dritten Trenngefäß (27) auf Atmosphärendruck entspannt wird, daß der flüssige Anteil in einen drucklosen Flüssigkeitsspeicher (28) eingebracht wird und daß der gasförmige Anteil zusammen mit dem Gasanteil aus der zweiten Entspannungsturbine (14) dem Kompressor (2) über Wärmetauscher (19, 18, 17, 13, 12, 9, 7) rückgeführt wird. (Fig. 1)

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach Beladung des Druckflüssigkeitsspeichers (24) auch der flüssige Anteil aus dem zweiten Trenngefäß (22) über einen Wärmetauscher (19) dem dritten Trenngefäß (27) zur Entspannung auf atmosphärischen Druck zugeführt wird. (Fig. 1)

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckflüssigkeitsspeicher (24) über eine Pumpe (29) aus dem drucklosen Flüssigkeitsspeicher (28) gespeist wird und daß die Druckleitung über einen Wärmetauscher (31) geführt wird, in welchem ein Teil des kompromitierten gasförmigen Anteiles aus dem ersten Trenngefäß (20) abgekühlt und verflüssigt wird, worauf dieser Anteil in das zweite Trenngefäß (22) entspannt wird. (Fig. 1)

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Druckflüssigkeitsspeicher (24) Flüssigkeit unter Druck einem Verdampfer (33) zugeführt wird und das Druckgas einer Druckgasleitung zugeführt wird. (Fig. 1)

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem drucklosen Flüssigkeitsspeicher (28) ausdampfendes Gas mit dem gasförmigen Anteil des dritten Trenngefäßes (27) dem Kompressor (2) über Wärmetauscher (19, 18, 17, 13, 12, 9, 7) rückgeführt wird. (Fig. 1)

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung der ersten Entspannungsturbine (11) zur Regelung der Erzeugung des flüssigen Anteiles in Abhängigkeit von der Stellung der Drossel (3) vor dem Kompressor (2) erfolgt. (Fig. 1, 2)

8. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 in einer Anlage zur Gewinnung und Speicherung von Gasen, insbesondere Sauerstoff, bei welcher das Gas nach einem Luftzerleger (1) von einem Kompressor (2) in einen Druckgasspeicher (4) eingebracht wird und bei welcher die Gasverflüssigung zur Speicherung des Druckgases bei Verringerung der Druckgasentnahme und/oder als Reserve zur Deckung eines Spitzenbedarfes oder des Bedarfes bei Ausfall des Luftzerlegers eingesetzt wird.

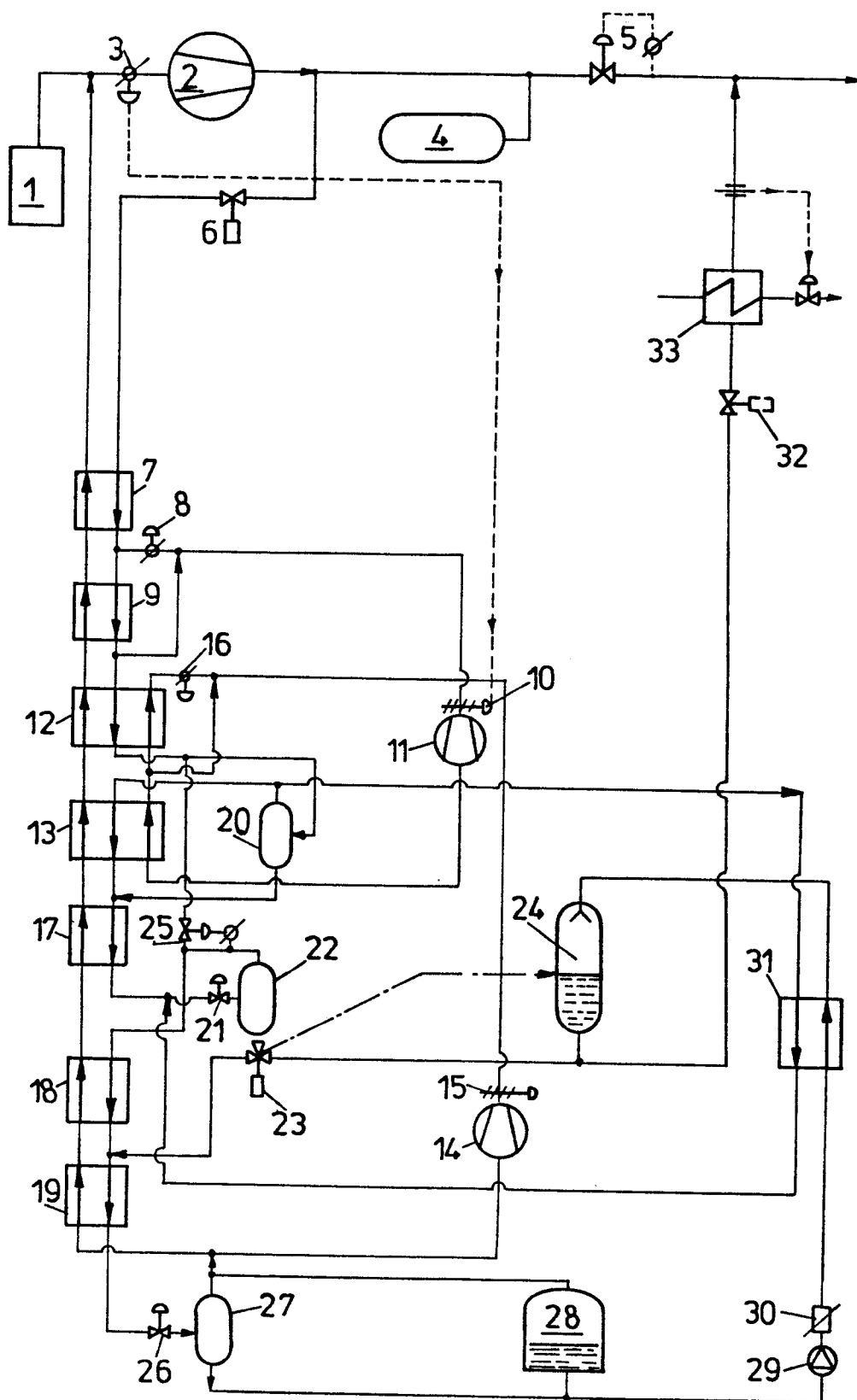


FIG. 1

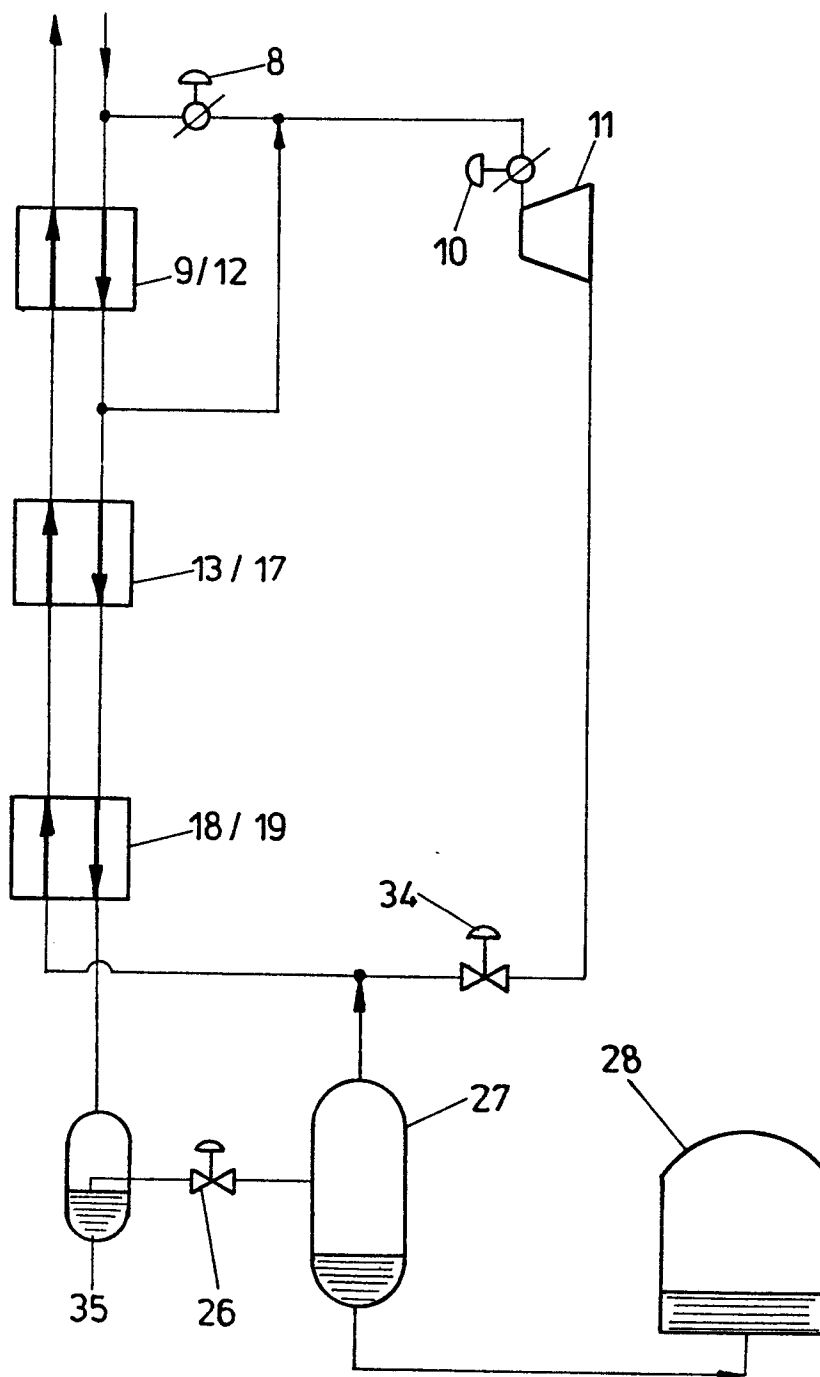


FIG. 2