



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.06.2016 Patentblatt 2016/26

(51) Int Cl.:
F25J 1/00^(2006.01) F25J 1/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15003246.4**

(22) Anmeldetag: **14.11.2015**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: **09.12.2014 EP 14004152**

(71) Anmelder:
• **Linde Aktiengesellschaft**
80331 München (DE)

• **Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH**
47059 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Alekseev, Alexander**
82515 Wolfratshausen (DE)
• **Stiller, Christoph**
82256 Fürstenfeldbruck (DE)
• **Stöver, Brian**
45665 Recklinghausen (DE)

(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Legal Services Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(54) **VERFAHREN UND KOMBINATIONSANLAGE ZUM SPEICHERN UND RÜCKGEWINNEN VON ENERGIE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Speicherung und Rückgewinnung von Energie unter Verwendung einer Kombinationsanlage (100), die eine Gasbehandlungseinheit (110) und eine Energieerzeugungseinheit (120) umfasst, wobei in einem ersten Betriebsmodus aus verdichtetem Einsatzgas, das in einem Wärmetauschsystem (10) abgekühlt wird, ein tiefkaltes Gasverflüssigungsprodukt erzeugt und unter Verwendung des Gasverflüssigungsprodukts eine Speicherflüssigkeit bereitgestellt wird, und in einem zweiten Betriebsmodus unter Verwendung der Speicherflüssigkeit eine tiefkalte Prozessflüssigkeit bereitgestellt wird, die in dem Wärmetauschsystem (10) unter Erhalt eines Druckfluids erwärmt wird, das in der Energieerzeugungseinheit (120) arbeitsleistend entspannt wird. Dabei ist vorgesehen, dass das verdichtete Einsatzgas in einer ersten Wärmetauscheinheit (11) des Wärmetauschsystems (10) in dem ersten Betriebsmodus im Gegenstrom zu einem Wärmeüberträgerfluid abgekühlt und die Prozessflüssigkeit in der ersten Wärmetauscheinheit (11) in dem zweiten Betriebsmodus im Gegenstrom zu dem Wärmeüberträgerfluid erwärmt wird, und das Wärmeüberträgerfluid

zumindest zum Teil mittels wenigstens zweier weiterer Wärmetauscheinheiten (16, 18) des Wärmetauschsystems (10), die auf unterschiedlichen Temperaturen sowie jeweils mit wenigstens einem organischen Kältemittel betrieben werden, in dem ersten Betriebsmodus abgekühlt und in dem zweiten Betriebsmodus erwärmt wird. Die Richtungen, in denen das Wärmeüberträgerfluid und das Einsatzgas in dem ersten Betriebsmodus durch die erste Wärmetauscheinheit (11) geführt werden, sind entgegengesetzt zu den Richtungen, in denen das Wärmeüberträgerfluid und die Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus durch diese geführt werden und das Wärmeüberträgerfluid und das verdichtete Einsatzgas werden jeweils auf ersten Druckniveaus und das Wärmeüberträgerfluid und die Prozessflüssigkeit auf zweiten Druckniveaus durch die Wärmetauscheinheit (11) geführt, wobei die ersten Druckniveaus um mindestens 5 bar oberhalb der zweiten liegen. Eine entsprechende Kombinationsanlage (100) ist ebenfalls Gegenstand der Erfindung.

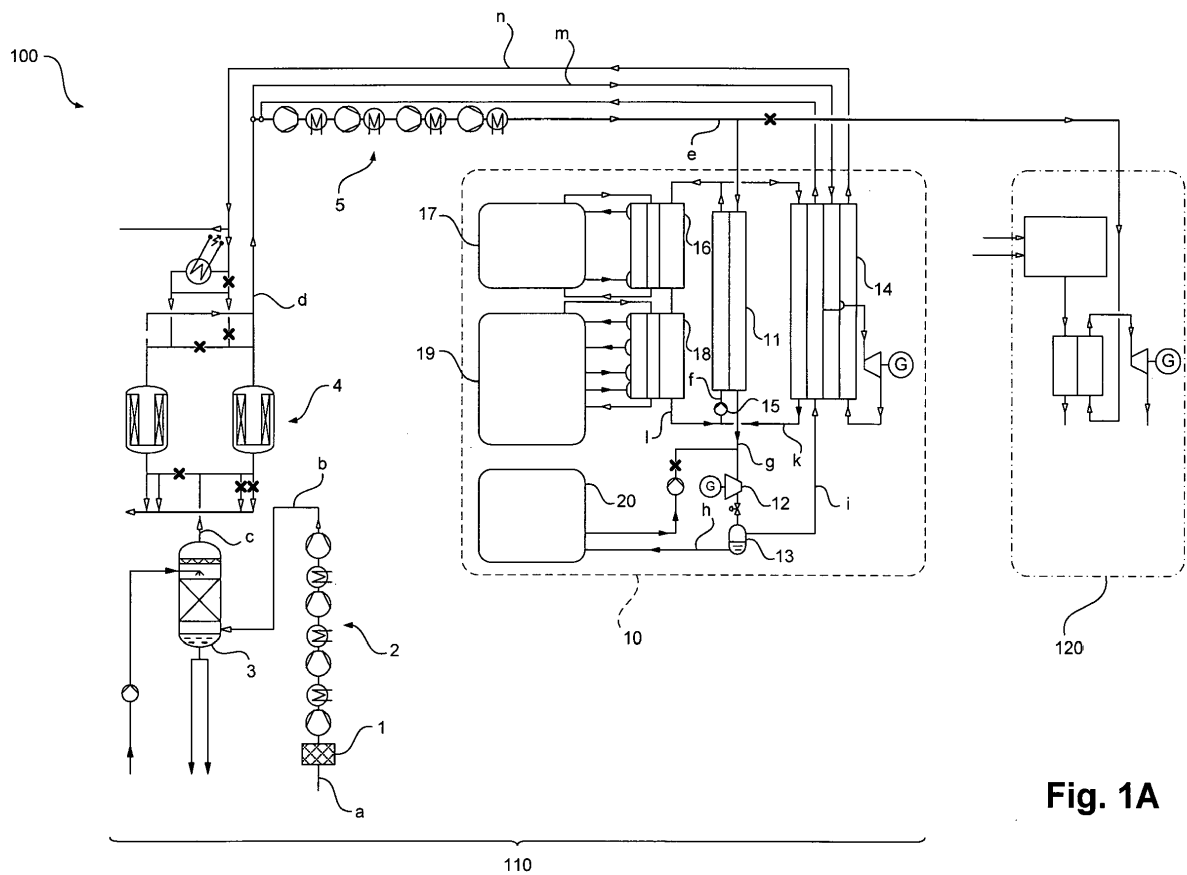


Fig. 1A

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Kombinationsanlage zum Speichern und Rückgewinnen von Energie, insbesondere elektrischer Energie, gemäß den Oberbegriffen der jeweiligen unabhängigen Patentansprüche.

Stand der Technik

[0002] Beispielsweise aus der DE 31 39 567 A1 und der EP 1 989 400 A1 ist bekannt, Flüssigluft oder Flüssigstickstoff, also tiefkalte Luftverflüssigungsprodukte, zur Netzregelung und Bereitstellung von Regelleistung in Stromnetzen zu verwenden.

[0003] Zu Billigstromzeiten oder Stromüberschusszeiten, in denen Strom kostengünstig zur Verfügung steht, wird dabei verdichtete Einsatzluft in einer Luftzerlegungsanlage mit einem integrierten Verflüssiger oder in einer dezidierten Luftverflüssigungsanlage, hier allgemein, wie unten erläutert, auch als Luftbehandlungseinheit bezeichnet, insgesamt oder teilweise zu einem derartigen tiefkalten Luftverflüssigungsprodukt verflüssigt. Das tiefkalte Luftverflüssigungsprodukt wird als tiefkalte Speicherflüssigkeit in einem Speichersystem mit Tieftemperaturtanks gespeichert. In dem Speichersystem können neben dem tiefkalten Luftverflüssigungsprodukt auch weitere tiefkalte Fluide gespeichert werden. Dieser Betriebsmodus erfolgt in einem Zeitraum, der hier als Energiespeicherzeitraum bezeichnet wird.

[0004] Zu Spitzenlastzeiten wird aus der tiefkalten Speicherflüssigkeit eine tiefkalte Prozessflüssigkeit gebildet, die ebenfalls noch weitere tiefkalte Fluide umfassen kann. Die tiefkalte Prozessflüssigkeit wird, ggf. nach Druckerhöhung mittels einer Pumpe, bis auf etwa Umgebungstemperatur oder höher angewärmt und damit in einen gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt. Ein dabei erhaltener Druckstrom wird in einer Energiegewinnungseinheit in einer oder mehreren Entspannungsturbinen mit Zwischenerwärmung bis auf Umgebungsdruck entspannt. Die freiwerdende mechanische Leistung wird in einem oder mehreren Generatoren der Energiegewinnungseinheit in elektrische Energie umgewandelt und in ein elektrisches Netz eingespeist. Dieser Betriebsmodus erfolgt in einem Zeitraum, der hier als Energierückgewinnungszeitraum bezeichnet wird.

[0005] Die beim Überführen der tiefkalten Prozessflüssigkeit in den gasförmigen oder überkritischen Zustand während des Energierückgewinnungszeitraums freiwerdende Kälte kann gespeichert und während des Energiespeicherzeitraums zur Bereitstellung von Kälte zur Gewinnung des Luftverflüssigungsprodukts eingesetzt werden. So ist aus der WO 2014/026738 A2 bekannt, die zur Gewinnung des Luftverflüssigungsprodukts verwendete verdichtete Einsatzluft in dem Energiespeicherzeitraum im Gegenstrom zu zwei abgekühlten organischen Kältemitteln auf zwei unterschiedlichen Temperaturniveaus abzukühlen und in dem Energierückgewinnungs-

zeitraum die erläuterte tiefkalte Prozessflüssigkeit gegen die dann erwärmten Kältemittel zu erwärmen, wodurch die Kältemittel wieder abgekühlt werden.

[0006] Es sind auch Druckluftspeicherkraftwerke bekannt, in denen Luft jedoch nicht verflüssigt, sondern in einem Verdichter verdichtet und in einer unterirdischen Kaverne gespeichert wird. In Zeiten hoher Stromnachfrage wird die Druckluft aus der Kaverne in die Brennkammer einer Gasturbine geleitet. Gleichzeitig wird der Gasturbine über eine Gasleitung Brennstoff, beispielsweise Erdgas, zugeführt und in der durch die Druckluft gebildeten Atmosphäre verbrannt. Das gebildete Abgas wird in der Gasturbine entspannt, wodurch Energie erzeugt wird. Die vorliegende Erfindung ist ferner von Verfahren und Vorrichtungen zu unterscheiden, bei denen ein sauerstoffreiches Fluid zur Unterstützung von Oxidationsreaktionen in eine Gasturbine eingeleitet wird. Entsprechende Verfahren und Vorrichtungen arbeiten mit Luftverflüssigungsprodukten, welche mehr als 40 Molprozent Sauerstoff enthalten.

[0007] Die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zum Speichern und Rückgewinnen von Energie, insbesondere elektrischer Energie, erweisen sich häufig als nicht ausreichend effizient. Ferner werden hier als organische Kältemittel brennbare Fluide wie Kohlenwasserstoffe, Alkohole etc. eingesetzt. Bei dem aus der WO 2014/026738 A2 bekannten Verfahren werden diese und die verdichtete Einsatzluft bzw. die tiefkalte Prozessflüssigkeit jeweils durch voneinander getrennte Wärmetauscherpassagen eines oder mehrerer gemeinsamer Gegenstromwärmetauscher geführt. Da entsprechende brennbare Fluide aber bei Leckagen mit sauerstoffhaltigen Fluiden in Kontakt kommen können, sind aufwendige Sicherheitsmaßnahmen erforderlich.

[0008] Aus der US 6 295 837 B1 ist zwar grundsätzlich bekannt, ein Inertgas (beispielsweise Stickstoff oder ein Edelgas wie Argon) als Kältemittel in einem Kältekreislauf zu verwenden. Allerdings wird hier kontinuierlich Kälte von Flüssigerdgas über einen entsprechenden Kältekreislauf mittels Wärmetauschern auf einen in oder stromauf einer Luftzerlegungsanlage abzukühlenden und zu verdichtenden Strom übertragen und das Erdgas im Zuge dessen verdampft. Hierdurch ist die US 6 295 837 B1, wie dort auch explizit erwähnt, spezifisch auf Kombi-Prozesse mit integrierter Vergasung (engl. Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC) zugeschnitten, wo kontinuierlich Stickstoff und Sauerstoff bei hohem Druck, typischerweise mehr als 10 bar, benötigt werden und gleichzeitig das verdampfte Erdgas als Sekundärbrennstoff zur Wärmerückgewinnung genutzt werden kann. Für ein Verfahren zur Speicherung und Rückgewinnung von Energie eignet sich das in der US 6 295 837 B1 vorgeschlagene Verfahren nicht, weil es nur eine Kälteübertragung in einer Richtung vorsieht. Dies gilt auch für ein Verfahren, das in der US 3 058 314 A offenbart ist.

[0009] Auch aus der US 2014/0245756 A1 sind kryogene Energiespeichersysteme sowie Verfahren zur Speicherung von Kälteenergie und deren Wiederver-

wendung offenbart.

[0010] Die vorliegende Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, ein effizientes und sicherheitstechnisch einfacheres Verfahren zum Speichern und Rückgewinnen von Energie, beispielsweise unter Verwendung eines Luftverflüssigungsprodukts, bereitzustellen.

Offenbarung der Erfindung

[0011] Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Speichern und Rückgewinnen von Energie und eine entsprechende Kombinationsanlage mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vor. Bevorzugte Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0012] Vor der Erläuterung der im Rahmen der vorliegenden Erfindung erzielbaren Vorteile werden deren technische Grundlagen und einige in dieser Anmeldung verwendete Begriffe näher erläutert.

[0013] Unter einer "Energiegewinnungseinheit" wird hier eine Anlage oder ein Anlagenteil verstanden, die bzw. der zur Erzeugung von elektrischer Energie eingerichtet ist. Eine Energiegewinnungseinheit umfasst dabei im Rahmen der vorliegenden Erfindung zumindest eine Entspannungsturbine, die vorteilhafterweise mit zumindest einem elektrischen Generator gekoppelt ist. Eine mit zumindest einem elektrischen Generator gekoppelte Entspannungsmaschine wird üblicherweise auch als "Generatorturbine" bezeichnet. Die bei der Entspannung eines Druckfluids in der zumindest einen Entspannungsturbine bzw. Generatorturbine freiwerdende mechanische Leistung kann in der Energiegewinnungseinheit in elektrische Energie umgesetzt werden.

[0014] Die Herstellung von Luftprodukten in flüssigem oder gasförmigem Zustand durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in Luftzerlegungsanlagen ist bekannt und beispielsweise bei H.-W. Häring (Hrsg.), Industrial Gases Processing, Wiley-VCH, 2006, insbesondere Abschnitt 2.2.5, "Cryogenic Rectification", beschrieben. Luftzerlegungsanlagen weisen Destillationssäulensysteme auf, die beispielsweise als Zweisäulensysteme, insbesondere als klassische Linde-Doppelsäulensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensysteme ausgebildet sein können. Neben den Destillationssäulen zur Gewinnung von Stickstoff und/oder Sauerstoff in flüssigem und/oder gasförmigem Zustand (beispielsweise flüssigem Sauerstoff, LOX, gasförmigem Sauerstoff, GOX, flüssigem Stickstoff, LIN und/oder gasförmigem Stickstoff, GAN), also den Destillationssäulen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, können Destillationssäulen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein.

[0015] Die vorliegende Erfindung kann die Gewinnung eines Luftverflüssigungsprodukts unter Verwendung von verdichteter Einsatzluft umfassen. Die hierzu verwendeten Anlagenkomponenten können unter dem Begriff "Luftbehandlungseinheit" zusammengefasst werden.

Hierunter wird im Sprachgebrauch der vorliegenden Anmeldung eine Anlage verstanden, die zur Gewinnung wenigstens eines Luftverflüssigungsprodukts unter Verwendung von verdichteter Einsatzluft eingerichtet ist. Ausreichend für eine Luftbehandlungseinheit zum Einsatz in der vorliegenden Erfindung ist es, dass durch diese ein entsprechendes tiefkaltes Luftverflüssigungsprodukt erhalten werden kann, das als Speicherflüssigkeit verwendbar und in ein Speichersystem überführbar ist. Hierbei kann es sich um eine Luftzerlegungsanlage handeln, wie sie oben erläutert ist, aber auch lediglich um eine reine "Luftverflüssigungsanlage", die kein Destillationssäulensystem aufweist. Im Übrigen kann der Aufbau einer Luftverflüssigungsanlage dem einer Luftzerlegungsanlage mit der Abgabe eines Luftverflüssigungsprodukts entsprechen. Selbstverständlich kann auch in einer Luftzerlegungsanlage Flüssiglufte als Luftverflüssigungsprodukt erzeugt werden. Da erfindungsgemäß auch ein anderes Gas als Luft verwendet werden kann, wird eine entsprechende Anlage hier auch allgemeiner als "Gasbehandlungseinheit" bezeichnet.

[0016] Die Bereitstellung der verdichteten Einsatzluft, aus der in entsprechenden Luftbehandlungseinheiten das Luftverflüssigungsprodukt erzeugt wird, kann in einem bekannten Haupt(luft)verdichter mit Nachverdichter oder jeder anderen zur Verdichtung von Luft eingerichteten Vorrichtung erfolgen, wie sie auch in herkömmlichen Luftzerlegungsanlagen zum Einsatz kommen kann. Zu Details sei auf die bezüglich Luftzerlegungsanlagen zitierte Literatur verwiesen.

[0017] Ein "Luftprodukt" ist jedes Produkt, das zumindest durch Verdichten und Abkühlen von Luft und insbesondere, jedoch nicht notwendigerweise, durch eine anschließende Tieftemperaturrektifikation hergestellt werden kann. Insbesondere kann es sich hierbei um flüssigen oder gasförmigen Sauerstoff (LOX, GOX), flüssigen oder gasförmigen Stickstoff (LIN, GAN), flüssiges oder gasförmiges Argon (LAR, GAR), flüssiges oder gasförmiges Xenon, flüssiges oder gasförmiges Krypton, flüssiges oder gasförmiges Neon, flüssiges oder gasförmiges Helium usw. handeln, aber auch beispielsweise um Flüssiglufte (LAIR). Die Begriffe "Sauerstoff", "Stickstoff" usw. bezeichnen dabei jeweils auch tiefkalte Flüssigkeiten oder Gase, die die jeweils genannte Luftkomponente in einer Menge aufweisen, die oberhalb jener atmosphärischer Luft liegt. Es muss sich also nicht um reine Flüssigkeiten oder Gase mit hohen Gehalten handeln. Entsprechend wird hier unter einem "Luftverflüssigungsprodukt" ein entsprechendes flüssiges Produkt bei tiefer Temperatur verstanden. Entsprechendes gilt auch für ein "Gasprodukt" bzw. "Gasverflüssigungsprodukt", das nicht oder nicht nur aus Luft sondern auch aus einem anderen Gas hergestellt werden kann.

[0018] Ein "Wärmetauscher" dient zur indirekten Übertragung von Wärme zwischen zumindest zwei z.B. im Gegenstrom zueinander geführten Strömen, beispielsweise einem warmen Druckluftstrom und einem oder

mehreren kalten Strömen oder einem tiefkalten flüssigen Luftprodukt und einem oder mehreren warmen Strömen. Typischerweise werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung Gegenstromwärmetauscher eingesetzt. Ein Wärmetauscher kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, z.B. aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscherblöcken. Es handelt sich in diesem Fall um einen Plattenwärmetauscher (engl. Plate Fin Heat Exchanger). Ein derartiger Wärmetauscher, beispielsweise auch der "Hauptwärmetauscher" einer Luftbehandlungsanlage, durch den der Hauptanteil der abzukühlenden bzw. zu erwärmenden Fluide abgekühlt bzw. erwärmt wird, weist "Passagen" auf, die als voneinander getrennte Fluidkanäle mit Wärmeaustauschflächen ausgebildet und parallel und durch andere Passagen getrennt, zu "Passagengruppen" zusammengeschlossen sind. Eine "Wärmetauscheinheit" kann einen oder mehrere Wärmetauscherblöcke oder -abschnitte aufweisen.

[0019] Die vorliegende Anmeldung verwendet zur Charakterisierung von Drücken und Temperaturen die Begriffe "Druckniveau" und "Temperaturniveau", wodurch zum Ausdruck gebracht werden soll, dass entsprechende Drücke und Temperaturen in einer entsprechenden Anlage nicht in Form exakter Druck- bzw. Temperaturwerte verwendet werden müssen, um das erfinderische Konzept zu verwirklichen. Jedoch bewegen sich derartige Drücke und Temperaturen typischerweise in bestimmten Bereichen, die beispielsweise $\pm 1\%$, 5% , 10% , 20% oder sogar 50% um einen Mittelwert liegen. Entsprechende Druckniveaus und Temperaturniveaus können dabei in disjunkten Bereichen liegen oder in Bereichen, die einander überlappen. Insbesondere schließen beispielsweise Druckniveaus unvermeidliche oder zu erwartende Druckverluste, beispielsweise aufgrund von Abkühlungseffekten, ein. Entsprechendes gilt für Temperaturniveaus. Bei den hier in bar angegebenen Druckniveaus handelt es sich um Absolutdrücke.

Vorteile der Erfindung

[0020] Die vorliegende Erfindung wurde zuvor und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf Luft als Arbeitsmedium beschrieben. Sie eignet sich jedoch auch zur Verwendung mit anderen, in ähnlicher Weise verflüssigbaren Medien, beispielsweise Stickstoff, Sauerstoff, Argon und Mischungen aus diesen Gasen.

[0021] Die vorliegende Erfindung geht von einem Verfahren zur Speicherung und Rückgewinnung von Energie unter Verwendung einer Kombinationsanlage aus, die eine Gasbehandlungseinheit und eine Energieerzeugungseinheit umfasst. Wie grundsätzlich bekannt, kann in einer entsprechenden Kombinationsanlage in einem ersten Betriebsmodus aus verdichtetem Einsatzgas, das in einem Wärmetauschsystem der Gasbehandlungseinheit abgekühlt wird, ein tiefkaltes Gasverflüssigungsprodukt erzeugt und unter Verwendung des Gasverflüssi-

gungsprodukts eine Speicherflüssigkeit bereitgestellt werden. Wird als verdichtetes Einsatzgas verdichtete Einsatzluft verwendet, handelt es sich bei der Gasbehandlungseinheit um eine Luftbehandlungseinheit. Die Erfindung ist jedoch, wie erwähnt, nicht auf die Verwendung von Luft beschränkt. Bei der Speicherflüssigkeit kann es sich, wie bereits erwähnt, beispielsweise um ein entsprechendes Flüssiggas handeln. Bei der Verwendung von verdichteter Einsatzluft als verdichtetem Einsatzgas handelt es sich insbesondere um Flüssigluft und/oder jedes andere flüssige Luftprodukt, das aus entsprechend verdichteter Einsatzluft gebildet werden kann.

[0022] Ferner umfasst ein derartiges Verfahren, in einem zweiten Betriebsmodus unter Verwendung der Speicherflüssigkeit eine tiefkalte Prozessflüssigkeit bereitzustellen, die in dem Wärmetauschsystem unter Erhalt eines Druckfluids erwärmt wird, das anschließend in der Energieerzeugungseinheit, beispielsweise dort einer Generatorturbine, arbeitsleistend entspannt wird. Der zweite Betriebsmodus kann sich beispielsweise direkt an den ersten Betriebsmodus anschließen, es können jedoch auch weitere Betriebsmodi zwischen dem ersten und dem zweiten Betriebsmodus vorgesehen sein. Insofern entspricht das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren dem Stand der Technik, in dem aus Luft ein flüssiges Luftprodukt erzeugt, gespeichert und später zu einem entsprechenden Druckfluid verdampft wird.

[0023] Ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung davon die Rede, dass "unter Verwendung des Gasverflüssigungsprodukts eine Speicherflüssigkeit bereitgestellt wird", sei darunter verstanden, dass die Speicherflüssigkeit nicht ausschließlich aus dem Gasverflüssigungsprodukt gebildet werden muss, auch beispielsweise externe, tiefkalte Verflüssigungsprodukte oder andere Ströme können bereitgestellt, d.h. beispielsweise in ein entsprechendes Speichersystem eingespeist werden. Entsprechend soll die Formulierung, dass "unter Verwendung der Speicherflüssigkeit eine tiefkalte Prozessflüssigkeit bereitgestellt wird", umfassen, dass die tiefkalte Prozessflüssigkeit auch unter Verwendung zusätzlicher, auch beispielsweise externer, tiefkalter Verflüssigungsprodukte oder anderer Ströme bereitgestellt werden kann.

[0024] Die Erfindung sieht vor, das verdichtete Einsatzgas in einer ersten Wärmetauscheinheit des Wärmetauschsystems in dem ersten Betriebsmodus im Gegenstrom zu einem Wärmeüberträgerfluid abzukühlen und die Prozessflüssigkeit in der ersten Wärmetauscheinheit in dem zweiten Betriebsmodus im Gegenstrom zu dem Wärmeüberträgerfluid zu erwärmen. Die Verwendung eines Wärmeüberträgerfluids hat im Rahmen der vorliegenden Erfindung den besonderen Vorteil, dass zusätzliche organische Kältemittel, die, wie erwähnt, brennbare Kohlenwasserstoffe enthalten können, nicht durch denselben Wärmetauscher geführt werden wie das verdichtete Einsatzgas bzw. die Prozessflüssigkeit und daher nicht bei Leckagen mit Sauerstoff in Kontakt kommen können, der ggf. in dem verdichteten Einsatzgas bzw. der Prozessflüssigkeit enthalten ist.

Hierzu ist das verwendete Wärmeüberträgerfluid vorzugsweise frei von oder arm an brandfördernden und brennbaren Komponenten, insbesondere sauerstofffrei im unten erläuterten Sinn. Das Wärmeüberträgerfluid ist also vorteilhafterweise insgesamt weder brandfördernd noch selbst brennbar, wobei unter "brandfördernd" eine Eigenschaft eines Fluids verstanden wird, unter den in einem entsprechenden Wärmetauscher herrschenden Bedingungen eine Verbrennung auch unter Abwesenheit von Luftsauerstoff zu unterhalten.

[0025] Ferner sieht die vorliegende Erfindung vor, dass das Wärmeüberträgerfluid zumindest zum Teil mittels wenigstens zweier weiterer, auf unterschiedlichen Temperaturniveaus und mit jeweils wenigstens einem organischen Kältemittel betriebener Wärmetauscheinheiten des Wärmetauschsystems in dem ersten Betriebsmodus abgekühlt und in dem zweiten Betriebsmodus erwärmt wird. Der hier als "erster Betriebsmodus" bezeichnete Betriebsmodus ist der bereits erwähnte Betriebsmodus in dem Energiespeicherzeitraum, den eine entsprechende Kombinationsanlage in Stromüberschusszeiten durchführt, wenn ausreichend günstige elektrische Energie zur Verdichtung von Gas und Bereitstellung eines Gasverflüssigungsprodukts bereitsteht. Entsprechend bezeichnet der "zweite Betriebsmodus" den Betriebsmodus in dem Energierückgewinnungszeitraum, also in Strommangelphasen, in denen unter Verwendung des in dem ersten Betriebsmodus erzeugten Gasverflüssigungsprodukts ein entsprechendes Druckfluid erzeugt wird.

[0026] Ferner sieht die Erfindung vor, dass die Richtungen, in denen das Wärmeüberträgerfluid und das Einsatzgas in dem ersten Betriebsmodus durch die erste Wärmetauscheinheit geführt werden, entgegengesetzt zu den Richtungen sind, in denen das Wärmeüberträgerfluid und die Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus durch die erste Wärmetauscheinheit geführt werden. Dies erlaubt es, jeweils die Temperaturprofile, gemäß denen eine Abkühlung bzw. Erwärmung entsprechender Fluide erfolgt, eng aneinander zu legen, weil das Wärmeüberträgerfluid und das Einsatzgas, die im Gegenstrom zueinander durch die erste Wärmetauscheinheit strömen, jeweils mit der geringsten möglichen Temperaturdifferenz durch diese geführt werden können.

[0027] Die Erfindung sieht ferner vor, dass das Wärmeüberträgerfluid und das verdichtete Einsatzgas in dem ersten Betriebsmodus jeweils auf ersten Druckniveaus und das Wärmeüberträgerfluid und die Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus jeweils auf zweiten Druckniveaus durch die erste Wärmetauscheinheit geführt werden, wobei die ersten Druckniveaus um mindestens 5 bar oberhalb der zweiten liegen. Mit anderen Worten sind die Betriebsdrücke des Wärmeüberträgerfluids in dem ersten und zweiten Betriebsmodus unterschiedlich. Hierzu kann eine Druckregelvorrichtung vorgesehen sein. Der Druck des Wärmeüberträgerfluids richtet sich dabei jeweils nach dem Druck des Einsatz-

gases bzw. der Prozessflüssigkeit in der ersten Wärmetauscheinheit, so dass auch aus diesem Grund eine besonders effektive Wärmeübertragung möglich ist.

[0028] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die ersten Druckniveaus, d.h. das erste Druckniveau, auf dem das das Wärmeüberträgerfluid in dem ersten Betriebsmodus durch die erste Wärmetauscheinheit geführt wird, und das erste Druckniveau, auf dem das verdichtete Einsatzgas in dem ersten Betriebsmodus durch die Wärmetauscheinheit geführt wird, in etwa gleich sind. Dies gilt auch für die zweiten Druckniveaus, d.h. das zweite Druckniveau, auf dem das Wärmeüberträgerfluid in dem zweiten Betriebsmodus durch die erste Wärmetauscheinheit geführt wird, und das zweite Druckniveau, auf dem die Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus durch die erste Wärmetauscheinheit geführt wird. "In etwa gleich" sind die Druckniveaus beispielsweise dann, wenn sie um nicht mehr als 20% voneinander abweichen, insbesondere um nicht mehr als 10%, nicht mehr als 5% oder nicht mehr als 1%. "In etwa" gleiche Druckniveaus schließen auch identische Druckniveaus ein. Bei derartigen, "in etwa gleichen" Druckniveaus ist die erwähnte, besonders effektive Wärmeübertragung möglich. Es müssen jedoch nicht exakt dieselben Drücke verwendet werden.

Die ersten Druckniveaus des ersten Betriebsmodus liegen vorteilhafterweise bei 50 bis 120 bar und/oder die zweiten Druckniveaus des zweiten Betriebsmodus liegen vorteilhafterweise bei 40 bis 60 bar. Wie erwähnt, beträgt der Druckunterschied mindestens 5 bar, die ersten Druckniveaus können aber auch 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70 oder 80 bar oberhalb der zweiten Druckniveaus liegen.

[0029] Die vorliegende Erfindung sieht also vor, zusätzlich zu der Speicherflüssigkeit, die unter Verwendung des verdichteten Einsatzgases bereitgestellt und in dem ersten Betriebsmodus gespeichert und in dem zweiten Betriebsmodus verdampft wird, weitere Kältespeicherfluide in Form der organischen Kältemittel vorzusehen. Die wenigstens zwei weiteren Kältespeicherfluide, also die organischen Kältemittel, sind dabei vorzugsweise zum Speichern von Kälte auf unterschiedlichen Temperaturniveaus eingerichtet, besitzen also beispielsweise unterschiedliche Siedepunkte, die sie für den Einsatz bei unterschiedlichen Temperaturen geeignet machen. Auf diese Weise wird die Abkühlung des verdichteten Einsatzgases in dem ersten Betriebsmodus besonders effizient. Entsprechendes gilt für die Erwärmung der tiefkalten Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus. Insgesamt erlaubt die vorliegende Erfindung durch die Verwendung insgesamt mindestens dreier Kältespeicherfluide, nämlich des aus dem verdichteten Einsatzgas gebildeten Gasverflüssigungsprodukts, unter dessen Verwendung eine Speicherflüssigkeit bereitgestellt wird, und der wenigstens zwei organischen Kältemittel, beispielsweise Kohlenwasserstoffen, einen besonders effizienten Betrieb.

[0030] Auch aus der US 2014/0245756 A1 sind, wie

erwähnt, kryogene Energiespeichersysteme und Verfahren zur Speicherung von Kälteenergie und deren Wiederverwendung offenbart. Gemäß dieser Schrift kann in einem ersten Betriebsmodus verdichtete Luft in einer Coldbox abgekühlt werden, wodurch ein tiefkaltes Luftverflüssigungsprodukt erzeugt wird, das in einem Speichertank gespeichert werden kann. Das Luftverflüssigungsprodukt kann in einem zweiten Betriebsmodus in einem gesonderten Verdampfer unter Erhalt von Druckluft erwärmt werden, welche in Turbinen arbeitsleistend entspannt wird. Zwischen der Coldbox und dem gesonderten Verdampfer ist ein Kältekreislauf mit einem Wärmeüberträgerfluid vorgesehen. Das Wärmeüberträgerfluid kühlt damit in dem ersten Betriebsmodus die verdichtete Luft in einer ersten Wärmetauscheinheit, nämlich der Coldbox, im Gegenstrom zu einem Wärmeüberträgerfluid ab, und der gesonderte Verdampfer erwärmt das Luftverflüssigungsprodukt in dem zweiten Betriebsmodus im Gegenstrom zu dem Wärmeüberträgerfluid mittels des Wärmeüberträgerfluids.

[0031] Im Gegensatz dazu wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung dieselbe Wärmetauscheinheit für das Abkühlen des verdichteten Einsatzgases und das Erwärmen der tiefkalten Prozessflüssigkeit verwendet. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass im Rahmen der vorliegenden Erfindung wenigstens zwei weitere Wärmetauscheinheiten, die auf unterschiedlichen Temperaturniveaus sowie jeweils mit wenigstens einem organischen Kältemittel betrieben werden, zum Abkühlen des Wärmeüberträgerfluids in dem ersten Betriebsmodus und das Erwärmen des Wärmeüberträgerfluids in dem zweiten Betriebsmodus verwendet werden. In der zitierten Schrift ist dies nicht der Fall. Kältemittel, die den organischen Kältemitteln der vorliegenden Erfindung entsprechen würden, sind dort nicht vorhanden, ebenso wenig wie die entsprechenden weiteren Wärmetauscheinheiten. Das Wärmeüberträgerfluid wird in der zitierten Schrift in einer Wärmetauscheinheit (nämlich dem separaten Verdampfer) abgekühlt und in einer anderen Wärmetauscheinheit (nämlich der Coldbox) erwärmt. Das weitere Merkmal der vorliegenden Erfindung, nämlich dass die Richtungen, in denen das Wärmeüberträgerfluid und das Einsatzgas in dem ersten Betriebsmodus durch die erste Wärmetauscheinheit geführt werden, entgegengesetzt zu den Richtungen sind, in denen das Wärmeüberträgerfluid und die Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus durch diese geführt werden, ist ebenfalls nicht in der zitierten Schrift offenbart, weil unter anderem schon nicht offenbart ist, dass in beiden genannten Fällen dieselbe Wärmetauscheinheit verwendet wird. Entsprechendes gilt für die erfindungsgemäß verwendeten Druckniveaus.

[0032] Durch die erläuterten Merkmale, insbesondere deren Kombination, werden die vorstehend benannten und nachfolgend erzielten Vorteile gegenüber dem Stand der Technik, beispielsweise in Form der US 2014/0245756 A1 erzielt.

[0033] Wie bereits erläutert, wird vorteilhafterweise als

das Wärmeüberträgerfluid ein sauerstofffreies oder im Wesentlichen sauerstofffreies Gasgemisch verwendet. Es versteht sich, dass ein entsprechend "sauerstofffreies" Gasgemisch auch Restgehalte an Sauerstoff, beispielsweise 1%, 0,5%, 0,1% oder 0,01 % Sauerstoff oder weniger, enthalten kann. Entsprechend geringe Sauerstoffgehalte verringern das Risiko einer Entflammung bei Kontakt mit einem entflammbaren organischen Kältemittel in ausreichender Weise.

[0034] Vorteilhafterweise wird als das Wärmeüberträgerfluid ein überwiegend Stickstoff, Neon, Helium und/oder Argon enthaltendes Fluid verwendet. Dieses eignet sich besonders, weil es durch die Verwendung eines entsprechenden Fluids möglich ist, Temperaturprofile in den verwendeten Wärmetauschern besonders eng zu legen und thermodynamische Verluste zu minimieren. Ein Beispiel hierfür ist in der beigefügten Figur 5 veranschaulicht.

[0035] Vorteilhafterweise wird dabei das Wärmeüberträgerfluid beim Abkühlen des verdichteten Einsatzgases zumindest teilweise verdampft und beim Erwärmen der Prozessflüssigkeit zumindest zum Teil verflüssigt. Die vorliegende Erfindung bezieht sich aber explizit nicht auf Verfahren, in denen entsprechende Wärmeüberträgerfluide entspannt und rückverdichtet werden, um damit Kälte zu generieren. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird ein entsprechendes Wärmeüberträgerfluid vorzugsweise in einem Kreislauf geführt, in dem ein maximaler Druckunterschied von höchstens 5 bar, insbesondere höchstens 1 bar, 0,5 bar oder weniger, auftritt. Die Kältegewinnung erfolgt damit nicht unter Verwendung des Wärmeüberträgerfluids selbst, dieses dient lediglich zur Wärmeübertragung, wird also nicht kälteleistend entspannt und/oder rückverdichtet.

[0036] Vorteilhafterweise umfassen die wenigstens zwei weiteren Wärmetauscheinheiten eine zweite Wärmetauscheinheit, die mit einem ersten organischen Kältemittel betrieben wird, das zwischen zwei Speicherbehältern transferiert wird. Eine entsprechende zweite Wärmetauscheinheit kann dabei, gegenüber einer dritten Wärmetauscheinheit, wie sie nachfolgend erläutert wird, für einen Betrieb bei höheren Temperaturen eingerichtet sein und mit einem entsprechenden organischen Kältemittel betrieben werden. Dieses wird zwischen den zwei Speicherbehältern transferiert, wie erwähnt, von denen einer als "warmer" und einer als "kalter" Speicherbehälter ausgebildet ist. Entsprechende Speicherbehälter sind vorzugsweise als isolierte Tanks ausgebildet. Zur Abkühlung des verdichteten Einsatzgases in dem ersten Betriebsmodus wird dabei das erste organische Kältemittel aus dem "kalten" Speicherbehälter durch die zweite Wärmetauscheinheit geführt, wo sie das Wärmeüberträgerfluid abkühlt, und anschließend in den "warmen" Speicherbehälter transferiert. Entsprechend erfolgt ein Transfer umgekehrt bei einer Erwärmung der tiefkalten Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus.

[0037] Insbesondere eignen sich als organische Kältemittel für vergleichsweise höhere Temperaturen halo-

genierte oder nichthalogenierte Alkane oder Alkene, Alkohole und/oder Aromaten, wie sie grundsätzlich bekannt sind. Beispielsweise können halogenierte oder nicht halogenierte Alkane oder Alkene wie Ethan, Ethylen, Propan, Propylen, Butan, Pentan, Hexan und gegebenenfalls auch höhere Kohlenwasserstoffe verwendet werden. Halogenierte Kohlenwasserstoffe sind insbesondere fluoriert und/oder chloriert. Als das erste organische Kältemittel eignen sich ferner Alkohole wie Methanol, Ethanol, Propanol, Butanol, Pentanol, Hexanol und weitere Alkohole und Aromaten wie beispielsweise Toluol.

[0038] Wie bereits erwähnt, können die wenigstens zwei weiteren Wärmetauscheinheiten vorteilhafterweise eine dritte Wärmetauscheinheit umfassen, die gegenüber der zweiten Wärmetauscheinheit auf einer niedrigeren Temperatur betrieben wird, vorzugsweise mit einem zweiten organischen Kältemittel, das zwischen zwei Wärmespeicherbehältern transferiert wird, sowie mit einem dritten organischen Kältemittel, das zwischen zwei Speicherbehältern transferiert wird. Zu den Erläuterungen und dem Transfer entsprechender organischer Kältemittel sei auf die obigen Erläuterungen zur zweiten Wärmetauscheinheit verwiesen. Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren in einer vorteilhaften Ausgestaltung umfassen, dass das zweite und das dritte organische Kältemittel ein identisches organisches Kältemittel sind, so dass auf die Bereitstellung unterschiedlicher Kältemittel verzichtet werden kann. Vorteilhafterweise umfasst das zweite und/oder dritte organische Kältemittel im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein halogeniertes oder nichthalogeniertes Alkan oder Alken mit höchstens vier Kohlenstoffatomen, das sich für besonders niedrige Temperaturen eignet.

[0039] Das oder die organischen Kältemittel (das erste, das zweite und/oder das dritte organische Kältemittel) werden dabei im Rahmen der vorliegenden Erfindung in dem ersten Betriebsmodus auf jeweils dasselbe ("obere") Temperaturniveau angewärmt, von dem aus sie im zweiten Betriebsmodus abgekühlt werden. Umgekehrt wird es oder werden sie in dem zweiten Betriebsmodus auf dasselbe ("untere") Temperaturniveau abgekühlt, von dem aus sie im ersten Betriebsmodus angewärmt werden. Wegen unvermeidlicher Verluste ist dabei unter "demselben Temperaturniveau" nicht nur exakt die gleiche Temperatur zu verstehen, sondern ein Temperaturband einer Breite von bis zu beispielsweise 20 °C. Anzustreben ist natürlich ein möglichst geringer Temperaturunterschied zwischen den beiden Betriebsmodi. Durch die verwendeten Wärmetauscheinheiten können die Wärmeaustauschdiagramme des Wärmetauschsystems der Gasbehandlungseinheit besonders günstig gestaltet werden.

[0040] Besonders vorteilhaft ist ein Verfahren, bei dem das erste organische Kältemittel, d.h. das Kältemittel der zweiten Wärmetauscheinheit, in dem ersten Betriebsmodus von einem unteren Temperaturniveau bei -100 bis -30 °C, insbesondere bei -60 bis -40 °C, auf ein oberes

Temperaturniveau bei 0 bis 80 °C, insbesondere bei 20 bis 50 °C, erwärmt, und in dem zweiten Betriebsmodus von dem oberen Temperaturniveau auf das untere Temperaturniveau abgekühlt wird.

[0041] Ferner vorteilhaft ist ein Verfahren, bei dem das zweite organische Kältemittel, d.h. eines der Kältemittel der dritten Wärmetauscheinheit, in dem ersten Betriebsmodus von einem ersten Temperaturniveau bei -200 bis -140 °C, insbesondere bei -196 bis -150 °C, auf ein zweites Temperaturniveau bei -100 bis -30 °C, insbesondere bei -60 bis -40 °C, erwärmt, und in dem zweiten Betriebsmodus von dem zweiten Temperaturniveau auf das erste Temperaturniveau abgekühlt wird.

[0042] Bei dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorteilhafterweise das dritte organische Kältemittel, das ebenfalls ein Kältemittel der dritten Wärmetauscheinheit ist, in dem ersten Betriebsmodus von einem dritten Temperaturniveau bei -200 bis -140 °C, insbesondere bei -196 bis -150 °C, auf ein viertes Temperaturniveau bei -140 bis -60 °C, insbesondere bei -100 bis -60 °C, erwärmt und in dem zweiten Betriebsmodus von dem vierten Temperaturniveau auf das dritte Temperaturniveau abgekühlt.

[0043] Hierbei wird in dem ersten Betriebsmodus vorteilhafterweise das zweite organische Kältemittel auf dem ersten und das dritte organische Kältemittel auf dem dritten Temperaturniveau der dritten Wärmetauscheinheit zugeführt und das zweite organische Kältemittel auf dem zweiten und das dritte organische Kältemittel auf dem vierten Temperaturniveau dieser entnommen. Entsprechend wird vorteilhafterweise in dem zweiten Betriebsmodus das zweite organische Kältemittel auf dem zweiten und das dritte organische Kältemittel auf dem vierten Temperaturniveau der dritten Wärmetauscheinheit zugeführt und das zweite organische Kältemittel auf dem ersten und das dritte organische Kältemittel auf dem dritten Temperaturniveau dieser entnommen.

[0044] Eine entsprechende Kombinationsanlage ist vorteilhafterweise zur Durchführung eines entsprechenden Verfahrens ausgebildet. Das zweite organische Kältemittel wird dabei vorteilhafterweise vollständig, das dritte nur in einem Abschnitt durch die dritte Wärmetauscheinheit geführt. Wie auch unter Bezugnahme auf die beigefügte Figur 5 erläutert, ergeben sich hieraus besonders günstige Temperaturverläufe in der ersten Wärmetauscheinheit.

[0045] Die verwendeten organischen Kältemittel unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung, insbesondere in ihrem Siedepunkt. Sie müssen so ausgewählt werden, dass sie im jeweiligen gesamten Arbeitsbereich flüssig sind. Neben den bereits erwähnten organischen Kältemitteln kommen explizit die in der Tabelle auf Seite 5 der WO 2014/026738 A2 aufgeführten Substanzen für die Verwendung in der Erfindung als erstes, zweites und/oder drittes organisches Kältemittel in Frage.

[0046] Organische Kältemittel können auch die folgenden Kältemittel gemäß der gängigen DuPont-Nomenkla-

tur (vgl. DIN 8960 Abschnitt 6.3.2) sein, nämlich halogenierte und nicht halogenierte Kohlenwasserstoffe mit einem Kohlenstoffatom wie R-10, R-11, R-12, R-12B1, R-12B2, R-13, R-13B1, R-14, R-20, R-21, R-22, R-22B1, R-23, R-30, R-31, R-32, R-40, R-41 und R-50, mit 2 Kohlenstoffatomen wie R-110, R-111, R-112, R-112a, R-113, R-113a, R-114, R-114a, R-115, R-116, R-120, R-122, R-123, R-123a, R-123b, R-124, R-124a, R-125, R-131, R-132, R-133a, R-134, R-134a, R-141, R-141b, R-142, R-142b, R-143, R-143a, R-150, R-150a, R-151, R-152a, R-160 und R-170, mit zwei Kohlenstoffatomen und C-Doppelbindung wie R-1112a, R-1113, R-1114, R-1120, R-1130, R-1132a, R-1140, R-1141 und R-1150, mit 3 Kohlenstoffatomen wie R-211, R-212, R-213, R-214, R-215, R-216, R-216ca, R-217, R-217ba, R-218, R-221, R-222, R-222c, R-223, R-223ca, R-223cb, R-224, R-224ca, R-224cb, R-224cc, R-225, R-225aa, R-225ba, R-225bb, R-225ca, R-225cb, R-225cc, R-225da, R-225ea, R-225eb, R-226, R-226ba, R-226ca, R-226cb, R-226da, R-226ea, R-227ea, R-236fa, R-245cb, R-245fa, R-261, R-261ba, R-262, R-262ca, R-262fa, R-262fb, R-263, R-271, R-271b, R-271d, R-271fb, R-272, R-281 und R-290, mit 3 Kohlenstoffatomen und C-Doppelbindung wie R-1216, R, R-1225ye, R-1225zc, R-1234ye(E), R-1234ye(Z), R-1234yf, R-1234ze, R-1243zf und R-1270, fluoridierte Kohlenwasserstoffe mit 4 oder mehr Kohlenstoffatomen wie R-C316, R-C317 und R-C318, chlor- und fluorfreie Kohlenwasserstoffe mit 4 oder mehr Kohlenstoffatomen wie R-Nr., R-600, R-600a, R-601, R-601a, R-601b, R-610, R-611, R-630 und R-631, zeotrope Gemische von entsprechenden Kältemitteln wie R-401A, R-401 B, R-401C, R-402A, R-402B, R-403A, R-403B, R-404A, R-405A, R-406A, R-407A, R-407B, R-407C, R-407D, R-408A, R-409A, R-409B, R-410A, R-410B, R-411A, R-411B, R-412A, R-413A, R-417A, R-422A, R-422B, R-422C und R-422D, sowie azeotrope Gemische von entsprechenden Kältemitteln wie R-500, R-501, R-502, R-503, R-504, R-505, R-506, R-507[A], R-508[A], R-508B und R-509[A].

[0047] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann vorteilhafterweise eine vierte Wärmetauscheinheit verwendet werden, mittels derer das Wärmeüberträgerfluid in dem ersten Betriebsmodus zum Teil abgekühlt wird, und die mit weiterem verdichtetem Einsatzgas, das kälteleistend entspannt wird, betrieben wird. Auf diese Weise kann insbesondere in dem ersten Betriebsmodus zusätzliche Kälte zur Deckung von Kälteverlusten erzeugt werden, wie es auch bei Luftzerlegungsanlagen, dort in Form eines sogenannten Turbinenstroms, bekannt ist.

[0048] Die vorliegende Erfindung erstreckt sich auch auf eine Kombinationsanlage zur Speicherung und Rückgewinnung von Energie, die sämtliche Mittel aufweist, die sie zur Durchführung eines zuvor erläuterten Verfahrens geeignet machen. Zu Merkmalen und Vorteilen einer entsprechenden Kombinationsanlage sei auf den entsprechenden Patentanspruch und die obigen Erläuterungen ausdrücklich verwiesen.

[0049] Insbesondere ist in einer entsprechenden Kom-

binationsanlage eine dritte Wärmetauscheinheit derart ausgebildet, dass dieser in dem ersten Betriebsmodus das zweite organische Kältemittel auf dem ersten und das dritte organische Kältemittel auf dem dritten Temperaturniveau zugeführt und das zweite organische Kältemittel auf dem zweiten und das dritte organische Kältemittel auf dem vierten Temperaturniveau entnommen werden können und dieser ferner in dem zweiten Betriebsmodus das zweite organische Kältemittel auf dem zweiten und das dritte organische Kältemittel auf dem vierten Temperaturniveau zugeführt und das zweite organische Kältemittel auf dem ersten und das dritte organische Kältemittel auf dem dritten Temperaturniveau entnommen werden können.

[0050] Die Erfindung und bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0051]

Figur 1A veranschaulicht eine Kombinationsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einem ersten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms,

Figur 1B veranschaulicht die Kombinationsanlage gemäß Figur 1A in einem zweiten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms.

Figur 2A veranschaulicht Komponenten eines Wärmetauschsystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in dem ersten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms.

Figur 2B veranschaulicht die Komponenten gemäß Figur 2A in dem zweiten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms.

Figur 3A veranschaulicht Komponenten eines Wärmetauschsystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in dem ersten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms.

Figur 3B veranschaulicht die Komponenten gemäß Figur 3A in dem zweiten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms.

Figur 4A veranschaulicht eine Kombinationsanlage gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in dem ersten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms.

Figur 4B veranschaulicht die Kombinationsanlage gemäß Figur 4A in dem zweiten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms.

Figur 5 veranschaulicht gemäß einer Ausführungsform der Erfindung erzielbare Wärmetauschprofile in einem Diagramm.

[0052] In den Figuren sind einander entsprechende Elemente und Fluidströme mit identischen Bezugszeichen veranschaulicht. In sämtlichen Figuren sind Anlagen bzw. Anlagenkomponenten in unterschiedlichen Betriebsmodi veranschaulicht, die zusätzlich zu den dargestellten Elementen zusätzliche Elemente wie Ventile und Armaturen aufweisen. Entsprechende Ventile und Armaturen sind der Übersichtlichkeit halber nicht veranschaulicht, zur Erläuterung sind jedoch durch Ventile und Armaturen versperrte Fluidpfade bzw. entsprechend inaktivierte Ströme durchkreuzt gezeichnet. Überwiegend oder ausschließlich gasförmig vorliegende Ströme sind in Form nicht ausgefüllter (weißer) Pfeildreiecke, überwiegend oder ausschließlich flüssige Ströme in Form ausgefüllter (schwarzer) Pfeildreiecke veranschaulicht. Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf eine Luftbehandlungseinheit als Gasbehandlungseinheit veranschaulicht.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0053] Figur 1A veranschaulicht eine Kombinationsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einem ersten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms. Die Kombinationsanlage, die in Figur 1B in einem zweiten Betriebsmodus veranschaulicht ist, ist insgesamt mit 100 bezeichnet und umfasst eine Luftbehandlungseinheit 110 und eine Energieerzeugungseinheit 120.

[0054] In der Luftbehandlungseinheit 110 wird im dargestellten Beispiel Einsatzluft in Form eines Stroms a mittels eines Hauptluftverdichters 2 mit nicht gesondert bezeichneten Zwischenkühlern über ein Filter 1 angesaugt. Die Einsatzluft des Stroms a wird in dem Hauptluftverdichter 2 beispielsweise auf einen Druck von ca. 5 bis 7 bar verdichtet. Ein entsprechend verdichteter Strom, nun mit b bezeichnet, wird einer mit nicht gesondert bezeichneten Kühlwasserströmen betriebenen Kühleinheit 3 zugeführt, wo dem Strom b die zuvor zugeführte Verdichtungswärme entzogen wird. Ein entsprechend abgekühlter Strom, nun mit c bezeichnet, wird in einer adsorptiven Reinigungseinheit 4, die beispielsweise ein Paar mit Molekularsieb gefüllter, nicht gesondert bezeichneter Adsorberbehälter umfassen kann, vom überwiegenden Teil des enthaltenen Wassers und Kohlendioxids befreit. Ein auf diese Weise aufgereinigter Strom, nun mit d bezeichnet, wird einem Nachverdichter 5 zugeführt und in diesem auf einen Druck von beispielsweise ca. 9 bar nachverdichtet. Ein entsprechend nachverdichteter Strom, nun mit e bezeichnet, wird in ein Wärmetauschsystem der Luftbehandlungseinheit, das hier insgesamt mit 10 bezeichnet ist, eingespeist.

[0055] In dem Wärmetauschsystem 10 der Luftbehandlungseinheit 110 wird die verdichtete Einsatzluft des

Stroms e in einer ersten Wärmetauscheinheit 11 gegen einen Strom f eines Wärmeüberträgerfluids unter Erhalt eines entsprechenden abgekühlten Stroms g abgekühlt. Der Strom f und der Strom e liegen dabei jeweils auf Druckniveaus vor, die vorstehend und nachfolgend als "erste" Druckniveaus bezeichnet werden. Der Strom f wird mittels einer nachfolgend erläuterten Pumpe 15 auf sein "erstes" Druckniveau gebracht, der Strom g mittels der erläuterten Verdichtung. Werte für die "ersten" Druckniveaus und mögliche Abweichungen dieser zueinander wurden bereits erläutert. Der abgekühlte Strom g wird im dargestellten Beispiel in einer Generatorturbine 12 und ggf. einem dieser nachgeschalteten, nicht gesondert bezeichneten Entspannungsventil entspannt. Der entsprechend entspannte Strom g wird in einen Abscheiderbehälter 13 überführt, in dessen Sumpf sich eine flüssige Fraktion und an dessen Kopf sich eine gasförmige Fraktion bilden. Die flüssige Fraktion vom Sumpf des Abscheiderbehälters 13 wird in Form des Stroms h in ein Speichersystem 20 überführt, in dem es in dem ersten Betriebsmodus gespeichert wird. Das Speichersystem 20 kann zusätzlich zu dem Strom h, wie bereits oben erwähnt, auch mit weiteren flüssigen tiefkalten Strömen beschickt werden. Dem Speichersystem 20 wird in dem ersten Betriebsmodus im dargestellten Beispiel kein Fluid entnommen.

[0056] Die gasförmige Fraktion vom Kopf des Abscheiderbehälters 13 wird in Form des Stroms i abgezogen und in einer weiteren Wärmetauscheinheit 14, die hier gegenüber den unten erläuterten zweiten und dritten Wärmetauscheinheiten 16 und 18 als vierte Wärmetauscheinheit 14 bezeichnet wird, erwärmt. In der vierten Wärmetauscheinheit 14 kann dabei Kälte des Stroms i auf einen Strom k übertragen werden, der ebenfalls ein Wärmeüberträgerfluid umfasst und mit einem weiteren entsprechenden Strom l zu dem bereits erwähnten Strom f des Wärmeüberträgerfluids vereinigt wird. Durch den Strom f und die Ströme k und l werden zwei Teilkreisläufe eines Wärmeüberträgerfluids gebildet, die mittels der Pumpe 15 angetrieben werden und in dieser, sowie in der ersten Wärmetauscheinheit 11, miteinander verknüpft sind. Es sei, wie bereits zuvor, betont, dass in den erwähnten Teilkreisläufen keine kälteleistende Entspannung eines entsprechenden Wärmeüberträgerfluids erfolgt, dieses dient im Wesentlichen lediglich zur Übertragung von Wärme, nicht jedoch zu deren Erzeugung.

[0057] Der Strom l wird vor der Vereinigung zu dem Strom f und der Einspeisung in den Wärmetauscher 11 mittels der Pumpe 15, bzw. nach der Aufteilung des Stroms f in die Ströme k und l stromab der Wärmetauscheinheit 11, d.h. an deren warmem Ende, durch die bereits erwähnten zwei weiteren Wärmetauscheinheiten 16 und 18, nämlich die zweite Wärmetauscheinheit 16 und die dritte Wärmetauscheinheit 18, geführt, in denen der Strom l jeweils mittels organischer Kältemittel, die jeweils durch Kältemittelleinheiten 17 und 19 bereitgestellt werden, abgekühlt wird. Details zu den Wärmetauscheinheiten 16 und 18 sowie den Kältemittelleinheiten

17 und 19 sind unter Bezugnahme auf die Figuren 2A und 2B bzw. 3A und 3B erläutert.

[0058] Zur Bereitstellung weiterer Kälte kann von der verdichteten Einsatzluft des Stroms d ein Teilstrom m abgezweigt, in dem Wärmetauscher 14 auf eine Zwischentemperatur abgekühlt, in einer nicht gesondert bezeichneten Generatorturbine kälteleistend entspannt und durch den Wärmetauscher 14 zurückgeführt werden. Ein entsprechend zurückgeführter Strom kann beispielsweise in Form des Stroms n als Regeneriergas in der adsorptiven Reinigungseinheit 4 verwendet werden. Der Strom i kann beispielsweise stromauf des Nachverdichters 5 mit dem Strom d vereinigt werden.

[0059] Weitere Komponenten der Luftbehandlungseinheit 110 und Komponenten der Energieerzeugungseinheit 120, die in dem in Figur 1A dargestellten ersten Betriebsmodus nicht in Betrieb ist, werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figur 1B erläutert, in der der zweite Betriebsmodus veranschaulicht ist.

[0060] In Figur 1B ist die Kombinationsanlage 100, die bereits in Figur 1A in dem ersten Betriebsmodus veranschaulicht ist, in dem zweiten Betriebsmodus gezeigt. In dem in Figur 1B veranschaulichten zweiten Betriebsmodus wird der Strom e nicht bereitgestellt, der Hauptverdichter 2 und der Nachverdichter 5 können außer Betrieb sein oder in einem Standbybetrieb betrieben werden. Die adsorptive Reinigungseinrichtung 4 kann während des in Figur 1B veranschaulichten zweiten Betriebsmodus beispielsweise regeneriert werden. Entsprechend wird in der Generatorturbine 12 auch keine abgekühlte, verdichtete Einsatzluft entspannt und kein Fluid in das Speichersystem 20 überführt. Auch der in dem ersten Betriebsmodus gemäß Figur 1A durch den Strom k realisierte Kältemittelkreislauf durch die vierte Wärmetauscheinheit 14 ist hier typischerweise nicht in Betrieb.

[0061] Stattdessen wird in dem zweiten Betriebsmodus gemäß Figur 1B dem Speichersystem 20 Fluid in Form des Stroms o, also eine Speicherflüssigkeit, entnommen und in Form einer tiefkalten Prozessflüssigkeit bereitgestellt. In dem ersten Betriebsmodus gemäß Figur 1A wurde in das Speichersystem ein tiefkaltes Luftverflüssigungsprodukt vom Sumpf des Abscheiderbehälters 13 eingespeist. Der Strom o wird in dem zweiten Betriebsmodus in dem Wärmetauscher 11 erwärmt und verdampft. Der Strom o überträgt dabei seine Kälte auf einen Strom p, der aus demselben Wärmeüberträgerfluid der Ströme f, k und l des ersten Betriebsmodus gemäß Figur 1A gebildet wird, hier jedoch der besseren Unterscheidbarkeit halber abweichend bezeichnet ist. Die Ströme o und p liegen jeweils auf Druckniveaus vor, die vorstehend und nachfolgend als "zweite" Druckniveaus bezeichnet werden. Der Strom o wird mittels einer nicht gesondert bezeichneten Pumpe auf sein "zweites" Druckniveau gebracht, der Strom p weist dieses Druckniveau nach der Führung durch die zweite Wärmetauscheinheit 16 und die dritte Wärmetauscheinheit 18 mittels der erläuterten Pumpe 15 auf. Werte für die "zweiten" Druckniveaus und mögliche Abweichungen dieser zueinander wurden be-

reits erläutert. Ein in dem zweiten Betriebsmodus gemäß Figur 1B durch den Strom p realisierter Kältemittelkreislauf umfasst auch die bereits erwähnten zweiten und dritten Wärmetauscheinheiten 16 und 18 bzw. die zugehörigen Kältemittelleinheiten 17 und 19, die in den nachfolgenden Figuren 2A und 2B bzw. 3A und 3B erläutert sind.

[0062] Durch das Erwärmen und Verdampfen des Stroms o, also der tiefkalten Prozessflüssigkeit, wird ein gasförmiges oder überkritisches Druckfluid in Form des Stroms q bereitgestellt, das der Energieerzeugungseinheit 120 zugeführt wird. In der Energieerzeugungseinheit 120 wird der Strom q beispielsweise arbeitsleistend und unter Erzeugung elektrischer Energie in einer Generatorturbine 121 entspannt. Der Strom q kann zuvor durch einen Wärmetauscher 122 geführt und in diesem mittels eines Abgasstroms einer Brennkammer 123 oder einer Wärmekraftmaschine, in der ein Brennstoff mit Luft oder einem anderen sauerstoffhaltigen Gas verbrannt wird, erwärmt werden.

[0063] In Figur 2A ist die zweite Wärmetauscheinheit 16 mit der zugehörigen Kältemittelleinheit 17 der Anlage 100, wie sie in den Figuren 1A und 1B in dem ersten und zweiten Betriebsmodus gezeigt ist, in dem ersten Betriebsmodus veranschaulicht. Durch die zweite Wärmetauscheinheit 16 wird, wie bereits in Figur 1A veranschaulicht, der Strom l des Wärmeüberträgerfluids geführt. Im Gegenstrom zu dem Strom l wird ein gasförmiger Strom r geführt, der aus einem ersten Kältemittelspeicher 171 ausströmt, in der zweiten Wärmetauscheinheit 16 abgekühlt wird und anschließend in einen zweiten Kältemittelspeicher 172 einströmt. Bei dem gasförmigen Strom r handelt es sich um bei den oben erläuterten Temperaturen nicht kondensierendes Gas, beispielsweise Stickstoff. Der Strom r wird bereitgestellt, indem entsprechendes Gas zunehmend aus dem ersten Kältemittelspeicher 171 verdrängt wird. Hierzu wird dem zweiten Kältemittelspeicher 172 ein organisches Kältemittel mittels einer Pumpe 173 in flüssiger Form entnommen, durch den Wärmetauscher 16 geführt und in den ersten Kältemittelspeicher 171 eingespeist. Ein entsprechender Strom des organischen Kältemittels ist mit s bezeichnet.

[0064] In Figur 2B ist die zweite Wärmetauscheinheit 16 mit der zugehörigen Kältemittelleinheit 17, die in Figur 2A in dem ersten Betriebsmodus gezeigt ist, in dem zweiten Betriebsmodus gezeigt. Wie bereits unter Bezugnahme auf die Figur 1B erläutert, wird hier ein Strom p des Wärmeüberträgerfluids durch die zweite Wärmetauscheinheit 16 geführt. Die Führung eines organischen Kältemittels bzw. eines dieses überlagernden Gases in den Speicherbehältern 171 und 172 erfolgt gegenüber dem ersten Betriebsmodus, der in Figur 2A dargestellt ist, in dem zweiten Betriebsmodus, der in Figur 2B dargestellt ist, in umgekehrter Richtung. Entsprechende Ströme sind daher mit r' und s' veranschaulicht.

[0065] In den Figuren 3A und 3B ist die dritte Wärmetauscheinheit 18 mit der zugehörigen Kältemittelleinheit 19 der Anlage 100, wie sie in den Figuren 1A und 1B in dem ersten und zweiten Betriebsmodus gezeigt ist, in

dem ersten und zweiten Betriebsmodus veranschaulicht. Es werden zwei organische Kältemittelströme, die beispielsweise Propan als Kältemittel umfassen, eingesetzt. Die grundlegende Funktionsweise der Kältemittelleinheit 19 wurde bereits unter Bezugnahme auf die Figuren 2A und 2B erläutert. In dem ersten Betriebsmodus, wie er in Figur 3A veranschaulicht ist, wird dabei ein erster Kältemittelstrom t vollständig durch die dritte Wärmetauscheinheit 18, ein zweiter Kältemittelstrom u nur durch einen Abschnitt dieser dritten Wärmetauscheinheit 18 geführt. Entsprechende Kältemittelspeicher und Pumpen sind hier mit 191 bis 196 bezeichnet. Wiederum sind die in dem zweiten Betriebsmodus, der in Figur 2B veranschaulicht ist, in umgekehrter Richtung geführten Kältemittelströme mit t' und u' bezeichnet. Die jeweils ebenfalls verwendeten gasförmigen Fluidströme sind in den beiden Figuren 2A und 2B mit v und w bzw. v' und w' bezeichnet. Werden in Zwischen den beiden Kältemittelkreisläufen kann in den zwei Betriebsmodi auch Kältemittel ausgetauscht werden, wie mit x und x' veranschaulicht.

[0066] Figur 4A veranschaulicht eine Kombinationsanlage gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in dem ersten Betriebsmodus in Form eines Prozessflussdiagramms, wobei hier lediglich das Wärmetauschsystem 10 veranschaulicht ist, dessen Einbindung in die Kombinationsanlage im Wesentlichen gleich wie in der Kombinationsanlage 100 gemäß den Figuren 1A und 1B sein kann. Wieder ist in Figur 4A der erste und in Figur 4B der zweite Betriebsmodus der Kombinationsanlage veranschaulicht.

[0067] Der nachverdichtete Strom e wird gemäß Figur 4A vor oder in dem Wärmetauschsystem 10 in zwei Teilströme aufgeteilt und in der ersten Wärmetauscheinheit 11 sowie der vierten Wärmetauscheinheit 14 abgekühlt. In dem ersten Betriebsmodus der in Figur 4A gezeigten Kombinationsanlage wird allerdings nur durch die erste Wärmetauscheinheit 11 ein Strom f eines Wärmeüberträgerfluids geführt, ein Strom k , wie er in Figur 1A dargestellt ist, existiert also nicht. Der Strom l entspricht gemäß Figur 4A dem Strom f . Der abgekühlte Strom g wird durch Vereinigung der Teilströme des Stroms e gebildet. Der Strom g wird, wie bereits zu Figur 1A erläutert, verflüssigt und gespeichert. Auch die Ströme i und m wurden bereits oben erläutert.

[0068] In Figur 4B ist die Kombinationsanlage, die in Figur 4A in dem ersten Betriebsmodus veranschaulicht ist, in dem zweiten Betriebsmodus gezeigt. Zu hier nicht erläuterten Details sei auf Figur 1B verwiesen. In dem in Figur 4B veranschaulichten zweiten Betriebsmodus wird die vierte Wärmetauscheinheit 14 nicht von einem Teilstrom des verflüssigten Luftprodukts bzw. der hieraus gebildeten Speicherflüssigkeit durchströmt. Lediglich durch die erste Wärmetauscheinheit 11 wird, wie bereits zu Figur 2B erläutert, ein Strom 1 geführt.

[0069] Für die "ersten" Druckniveaus der Ströme f und g und die "zweiten" Druckniveaus der Ströme o und p in den Figuren 4A und 4B gilt das mehrfach Erläuterte.

[0070] In Figur 5 ist ein gemäß einer Ausführungsform der Erfindung erzielbares Wärmeaustauschdiagramm veranschaulicht und insgesamt mit 500 bezeichnet. In dem Diagramm ist eine ausgetauschte Wärme in kW auf der Abszisse und eine Temperatur in K auf der Ordinate aufgetragen.

[0071] Mit 501 ist ein Wärmeaustauschprofil für die verdichtete Einsatzluft, mit 502 ein Wärmeaustauschprofil für die aus dem verflüssigten Luftprodukt gebildete Speicherflüssigkeit und mit 503 und 504 sind Wärmeaustauschprofile für das Wärmeüberträgerfluid veranschaulicht. Aus dem Wärmeaustauschdiagramm 500 wird ersichtlich, dass die Erfindung eine besonders enge Führung der Wärmeaustauschprofile 501 und 503 bzw. 503 und 504 ermöglicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Speicherung und Rückgewinnung von Energie unter Verwendung einer Kombinationsanlage (100), die eine Gasbehandlungseinheit (110) und eine Energieerzeugungseinheit (120) umfasst, wobei

- in einem ersten Betriebsmodus aus verdichtetem Einsatzgas, das in einem Wärmetauschsystem (10) der Gasbehandlungseinheit (110) abgekühlt wird, ein tiefkaltes Gasverflüssigungsprodukt erzeugt und unter Verwendung des Gasverflüssigungsprodukts eine Speicherflüssigkeit bereitgestellt wird,
- in einem zweiten Betriebsmodus unter Verwendung der Speicherflüssigkeit eine tiefkalte Prozessflüssigkeit bereitgestellt wird, die in dem Wärmetauschsystem (10) unter Erhalt eines Druckfluids erwärmt wird, das in der Energieerzeugungseinheit (120) arbeitsleistend entspannt wird,
- das verdichtete Einsatzgas in einer ersten Wärmetauscheinheit (11) des Wärmetauschsystems (10) in dem ersten Betriebsmodus im Gegenstrom zu einem Wärmeüberträgerfluid abgekühlt und die Prozessflüssigkeit in der ersten Wärmetauscheinheit (11) in dem zweiten Betriebsmodus im Gegenstrom zu dem Wärmeüberträgerfluid erwärmt wird,
- das Wärmeüberträgerfluid zumindest zum Teil mittels wenigstens zweier weiterer Wärmetauscheinheiten (16, 18) des Wärmetauschsystems (10), die auf unterschiedlichen Temperaturniveaus sowie jeweils mit wenigstens einem organischen Kältemittel betrieben werden, in dem ersten Betriebsmodus abgekühlt und in dem zweiten Betriebsmodus erwärmt wird,
- die Richtungen, in denen das Wärmeüberträgerfluid und das Einsatzgas in dem ersten Betriebsmodus durch die erste Wärmetauschein-

- heit (11) geführt werden, entgegengesetzt zu den Richtungen sind, in denen das Wärmeüberträgerfluid und die Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus durch diese geführt werden, und
- das Wärmeüberträgerfluid und das verdichtete Einsatzgas in dem ersten Betriebsmodus jeweils auf ersten Druckniveaus und das Wärmeüberträgerfluid und die Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus jeweils auf zweiten Druckniveaus durch die erste Wärmetauscheinheit (11) geführt werden, wobei die ersten Druckniveaus um mindestens 5 bar oberhalb der zweiten liegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als das Wärmeüberträgerfluid ein Fluid verwendet wird, das frei von oder arm an brandfördernden und brennbaren Komponenten ist.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem als das Wärmeüberträgerfluid ein überwiegend Stickstoff, Neon, Helium und/oder Argon enthaltendes Fluid verwendet wird.
 4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem eine Luftbehandlungseinheit (110) als Gasbehandlungseinheit (110) verwendet wird und in dem ersten Betriebsmodus aus verdichteter Einsatzluft als verdichtetem Einsatzgas, die in dem Wärmetauschesystem (10) der Luftbehandlungseinheit (110) abgekühlt wird, ein tiefkaltes Luftverflüssigungsprodukt als Gasverflüssigungsprodukt erzeugt wird.
 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die ersten Druckniveaus des ersten Betriebsmodus bei 50 bis 120 bar und/oder die zweiten Druckniveaus des zweiten Betriebsmodus bei 40 bis 60 bar liegen.
 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die wenigstens zwei weiteren Wärmetauscheinheiten (16, 18) eine zweite Wärmetauscheinheit (16) umfassen, die mit einem ersten organischen Kältemittel betrieben wird, das zwischen zwei Speicherbehältern (171, 172) transferiert wird.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem als das erste organische Kältemittel ein Fluid verwendet wird, das ein halogeniertes oder nicht halogeniertes Alkan oder Alken, wenigstens einen Alkohol und/oder wenigstens einen Aromaten enthält.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, bei dem die wenigstens zwei weiteren Wärmetauscheinheiten (16, 18) eine dritte Wärmetauscheinheit (18) umfassen, die mit einem zweiten organischen Kältemittel betrieben wird, das zwischen zwei Speicherbehältern (191, 192) transferiert wird, und die ferner mit einem dritten organischen Kältemittel betrieben wird, das zwischen zwei Speicherbehältern (194, 195) transferiert wird.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das zweite organische Kältemittel in dem ersten Betriebsmodus von einem ersten Temperaturniveau bei -200 bis -140 °C, insbesondere bei -196 bis -150 °C, auf ein zweites Temperaturniveau bei -100 bis -30 °C, insbesondere bei -60 bis -40 °C, erwärmt, und in dem zweiten Betriebsmodus von dem zweiten Temperaturniveau auf das erste Temperaturniveau abgekühlt wird.
 10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem das dritte organische Kältemittel in dem ersten Betriebsmodus von einem dritten Temperaturniveau bei -200 bis -140 °C, insbesondere bei -196 bis -150 °C, auf ein viertes Temperaturniveau bei -140 bis -60 °C, insbesondere bei -100 bis -60 °C, erwärmt und in dem zweiten Betriebsmodus von dem vierten Temperaturniveau auf das dritte Temperaturniveau abgekühlt wird.
 11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem in dem ersten Betriebsmodus das zweite organische Kältemittel auf dem ersten und das dritte organische Kältemittel auf dem dritten Temperaturniveau der zweiten Wärmetauscheinheit (16) zugeführt und das zweite organische Kältemittel auf dem zweiten und das dritte organische Kältemittel auf dem vierten Temperaturniveau dieser entnommen wird und/oder bei dem in dem zweiten Betriebsmodus das zweite organische Kältemittel auf dem zweiten und das dritte organische Kältemittel auf dem vierten Temperaturniveau der zweiten Wärmetauscheinheit (16) zugeführt und das zweite organische Kältemittel auf dem ersten und das dritte organische Kältemittel auf dem dritten Temperaturniveau dieser entnommen wird.
 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem als das zweite und das dritte organische Kältemittel ein identisches Fluid verwendet wird.
 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, bei dem das zweite und/oder dritte organische Kältemittel ein Fluid verwendet wird, das ein halogeniertes oder nicht halogeniertes Alkan oder Alken mit höchstens vier Kohlenstoffatomen enthält.
 14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem eine vierte Wärmetauscheinheit (14) verwendet wird, mittels derer das Wärmeüberträgerfluid in dem ersten Betriebsmodus zum Teil abgekühlt wird, und die mit weiterem verdichtetem Einsatzgas, das kälteleistend entspannt wird, betrieben wird.

15. Kombinationsanlage (100) zur Speicherung und Rückgewinnung von Energie, mit einer Gasbehandlungseinheit (110) und einer Energieerzeugungseinheit (120), wobei die Kombinationsanlage (100) Mittel aufweist, die dafür eingerichtet sind,

5

- in einem ersten Betriebsmodus aus verdichtetem Einsatzgas, das in einem Wärmetauschsystem (10) der Gasbehandlungseinheit (110) abgekühlt wird, ein tiefkaltes Gasverflüssigungsprodukt zu erzeugen und unter Verwendung des Gasverflüssigungsprodukts eine Speicherflüssigkeit bereitzustellen, 10
- in einem zweiten Betriebsmodus unter Verwendung der Speicherflüssigkeit eine tiefkalte Prozessflüssigkeit bereitzustellen, diese in dem Wärmetauschsystem (10) unter Erhalt eines Druckfluids zu erwärmen, und das Druckfluid in der Energieerzeugungseinheit (120) arbeitsleistend zu entspannen, 15 20
- das verdichtete Einsatzgas in einer ersten Wärmetauscheinheit (11) des Wärmetauschsystems (10) in dem ersten Betriebsmodus im Gegenstrom zu einem Wärmeüberträgerfluid abzukühlen und die Prozessflüssigkeit in der ersten Wärmetauscheinheit (11) in dem zweiten Betriebsmodus im Gegenstrom zu dem Wärmeüberträgerfluid zu erwärmen, 25
- das Wärmeüberträgerfluid zumindest zum Teil mittels wenigstens zweier weiterer Wärmetauscheinheiten (16, 18) des Wärmetauschsystems (10), die auf unterschiedlichen Temperaturen sowie mit jeweils wenigstens einem organischen Kältemittel betrieben werden, in dem ersten Betriebsmodus abzukühlen und in dem zweiten Betriebsmodus zu erwärmen 30 35
- die Richtungen, in denen das Wärmeüberträgerfluid und das Einsatzgas in dem ersten Betriebsmodus durch die erste Wärmetauscheinheit (11) geführt werden, entgegengesetzt zu den Richtungen, in denen das Wärmeüberträgerfluid und die Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus durch diese geführt werden, einzustellen, und 40
- das Wärmeüberträgerfluid und das verdichtete Einsatzgas in dem ersten Betriebsmodus jeweils auf ersten Druckniveaus und das Wärmeüberträgerfluid und die Prozessflüssigkeit in dem zweiten Betriebsmodus jeweils auf zweiten Druckniveaus durch die erste Wärmetauscheinheit (11) zu führen, wobei die ersten Druckniveaus um mindestens 5 bar oberhalb der zweiten liegen. 45 50

55

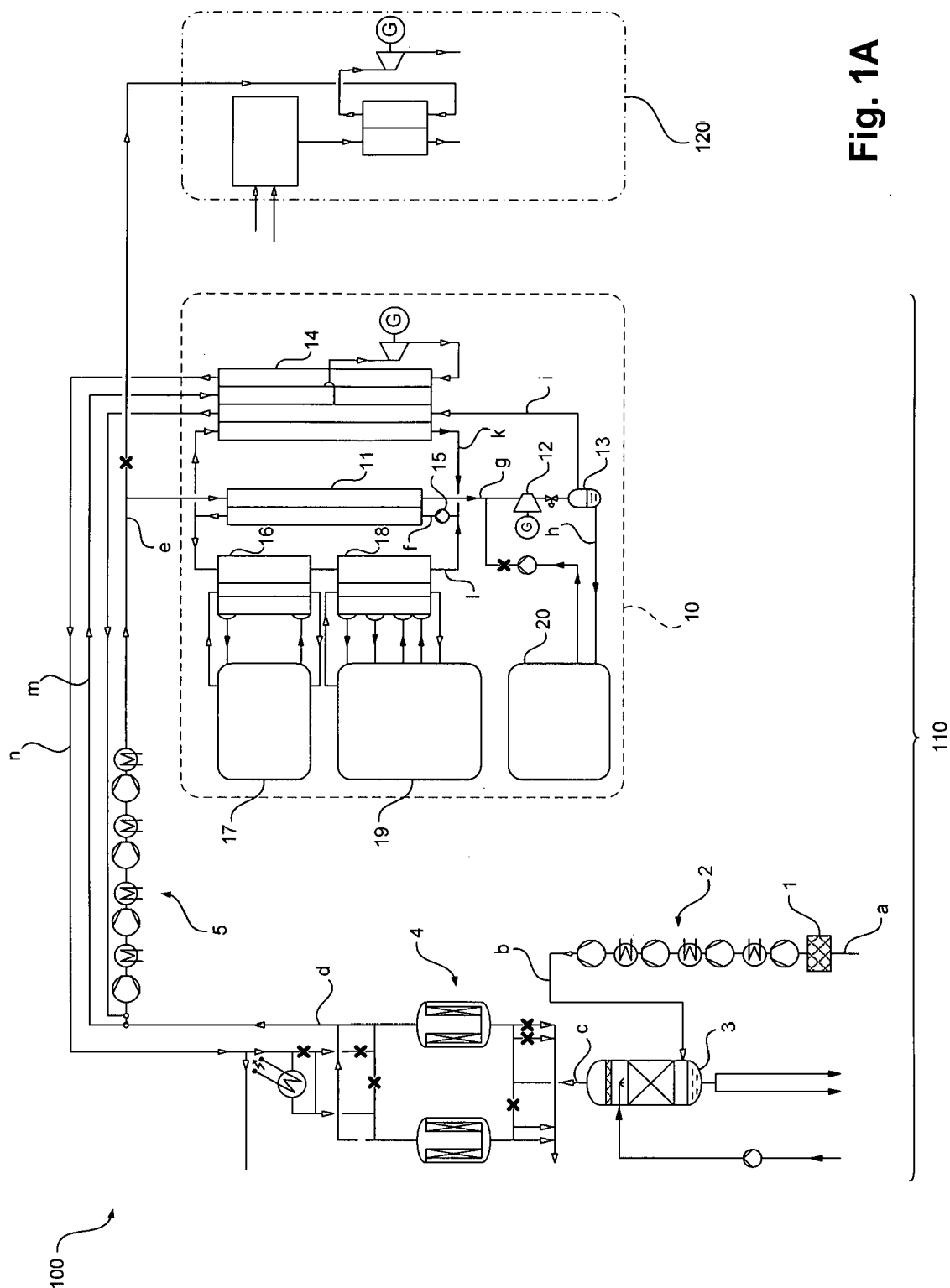


Fig. 1A

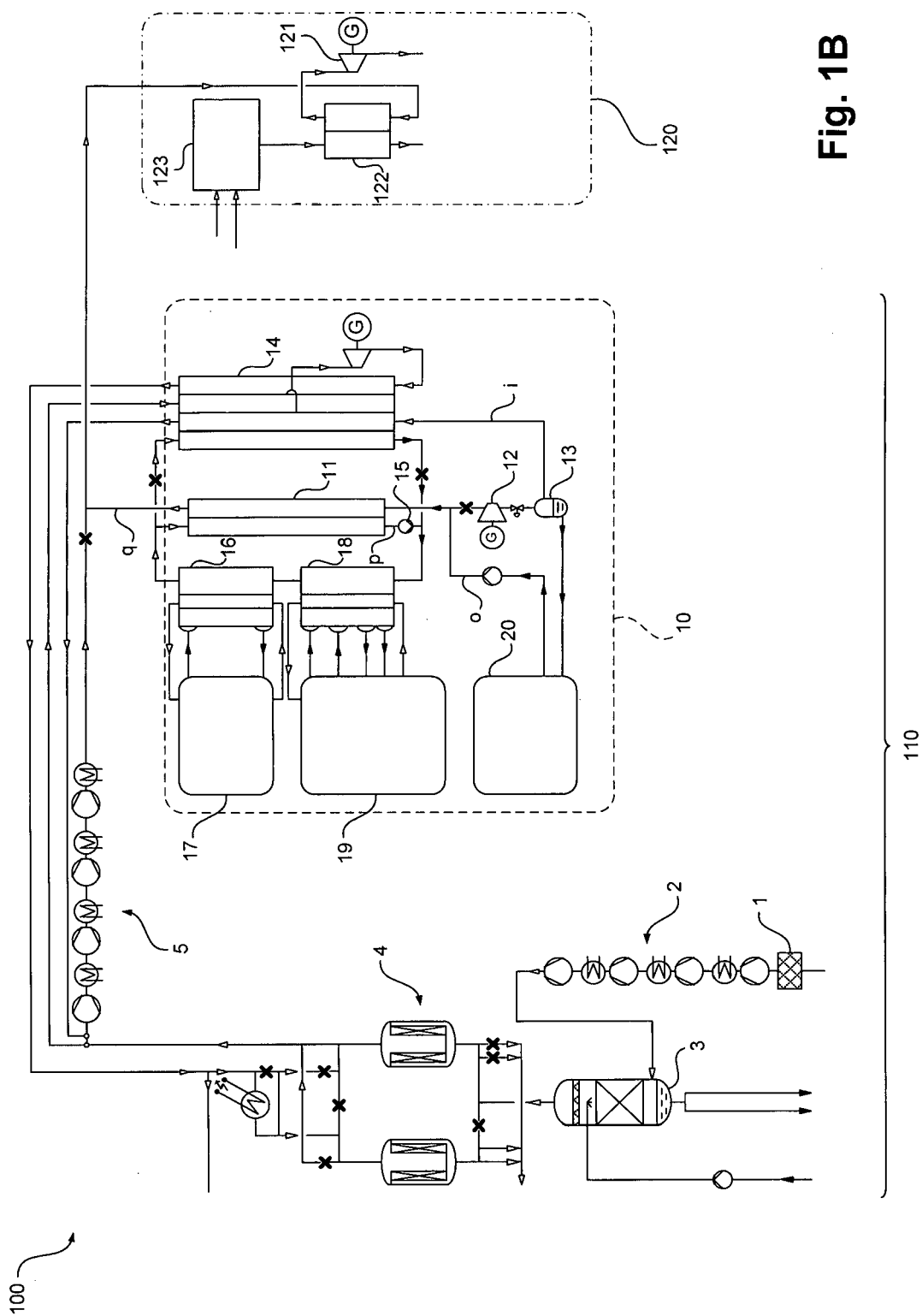


Fig. 1B

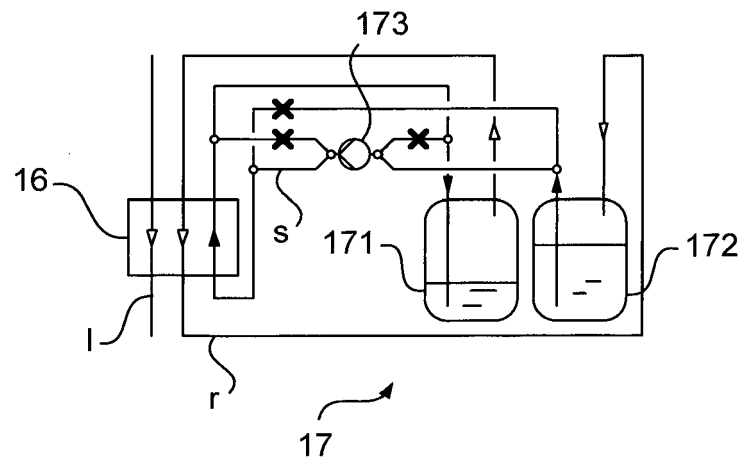


Fig. 2A

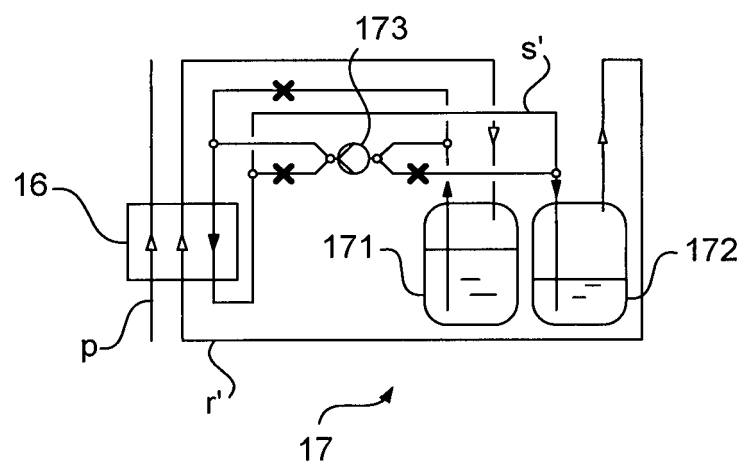
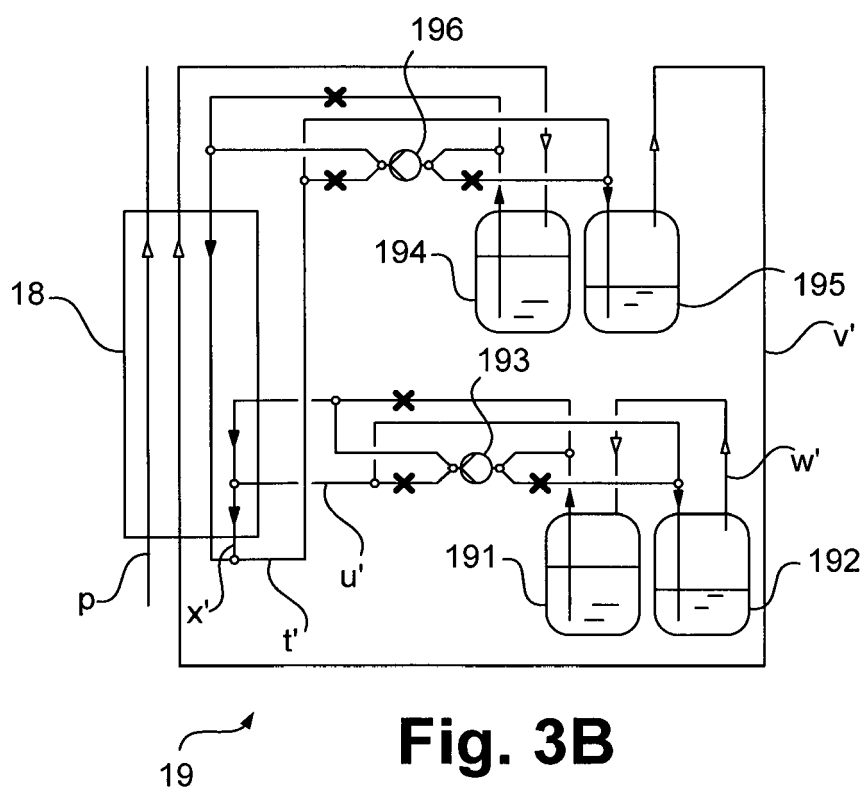
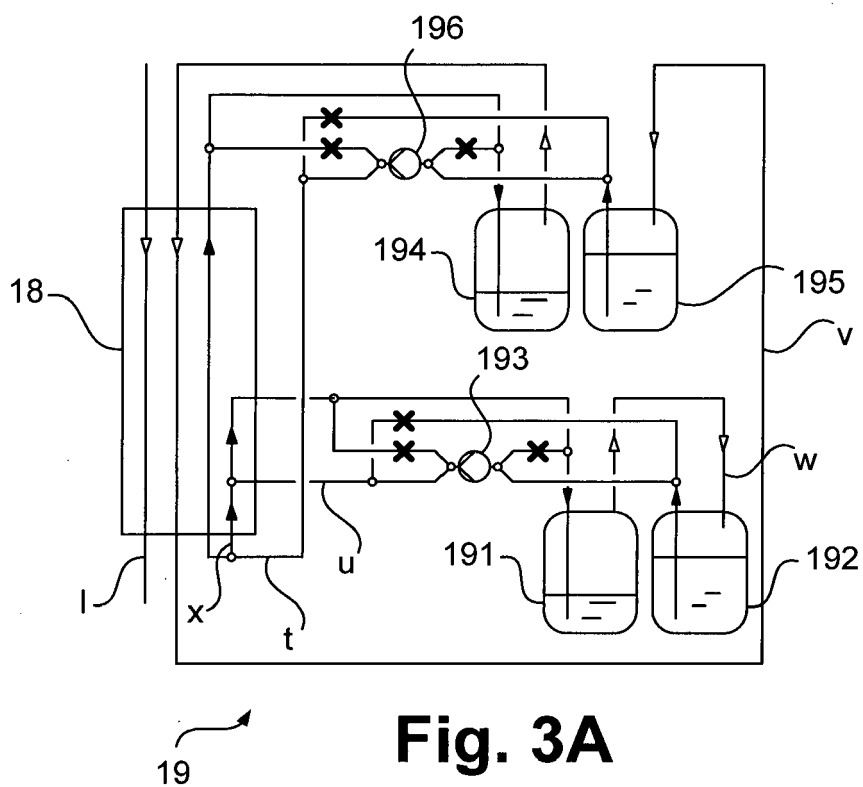


Fig. 2B



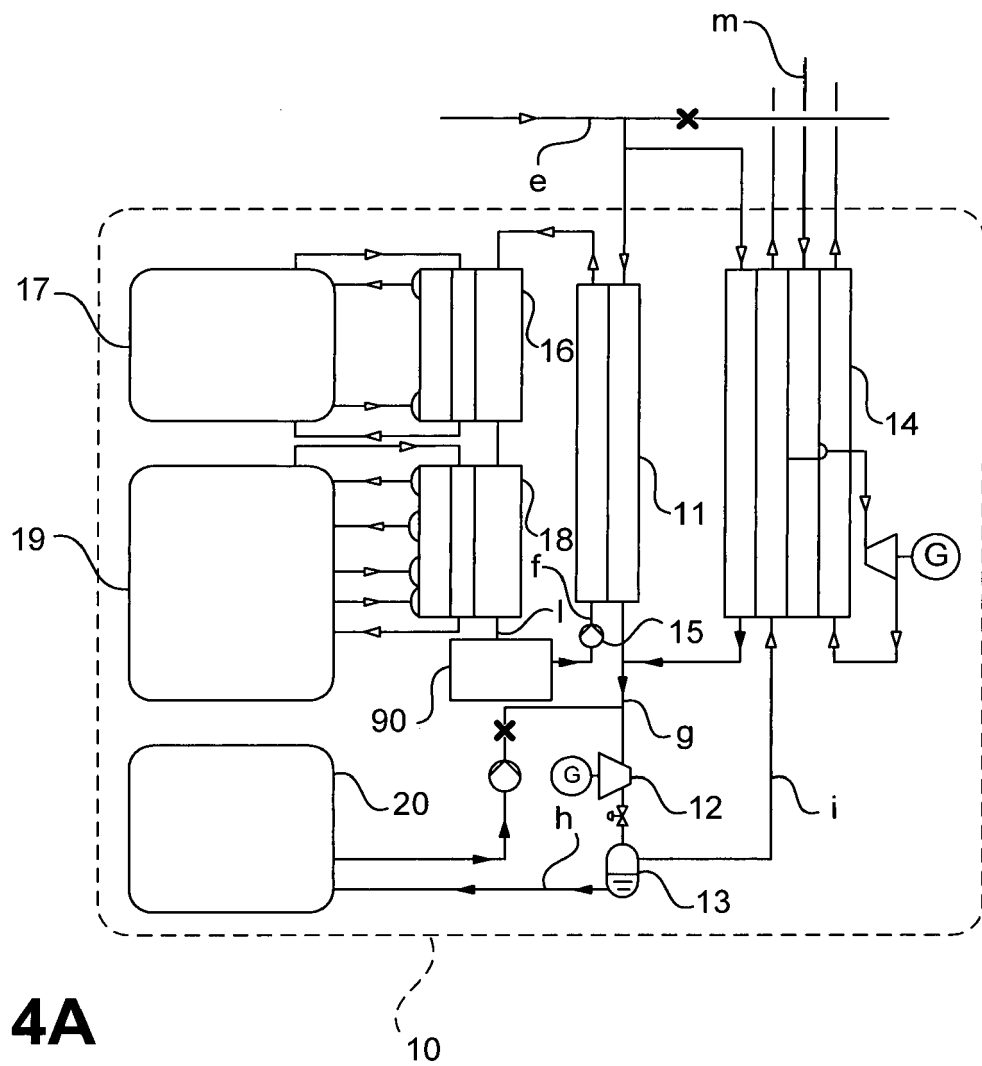
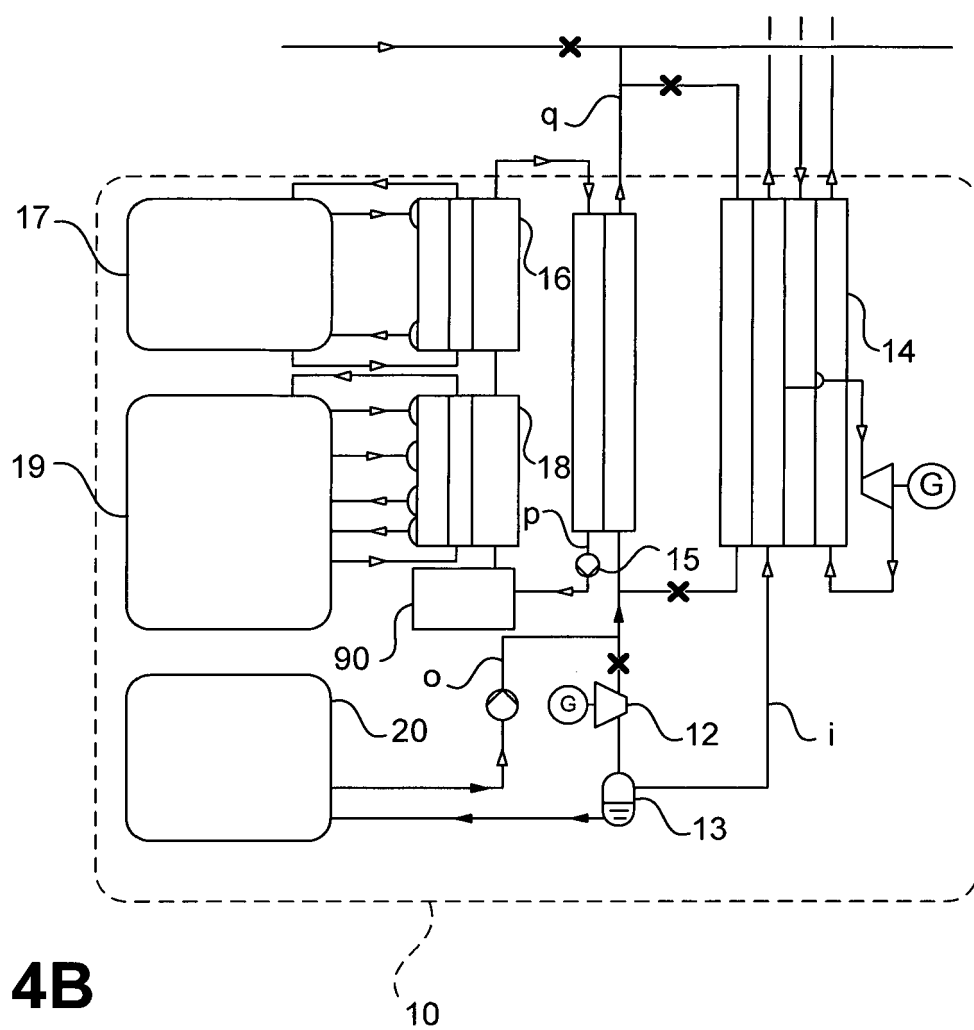


Fig. 4A



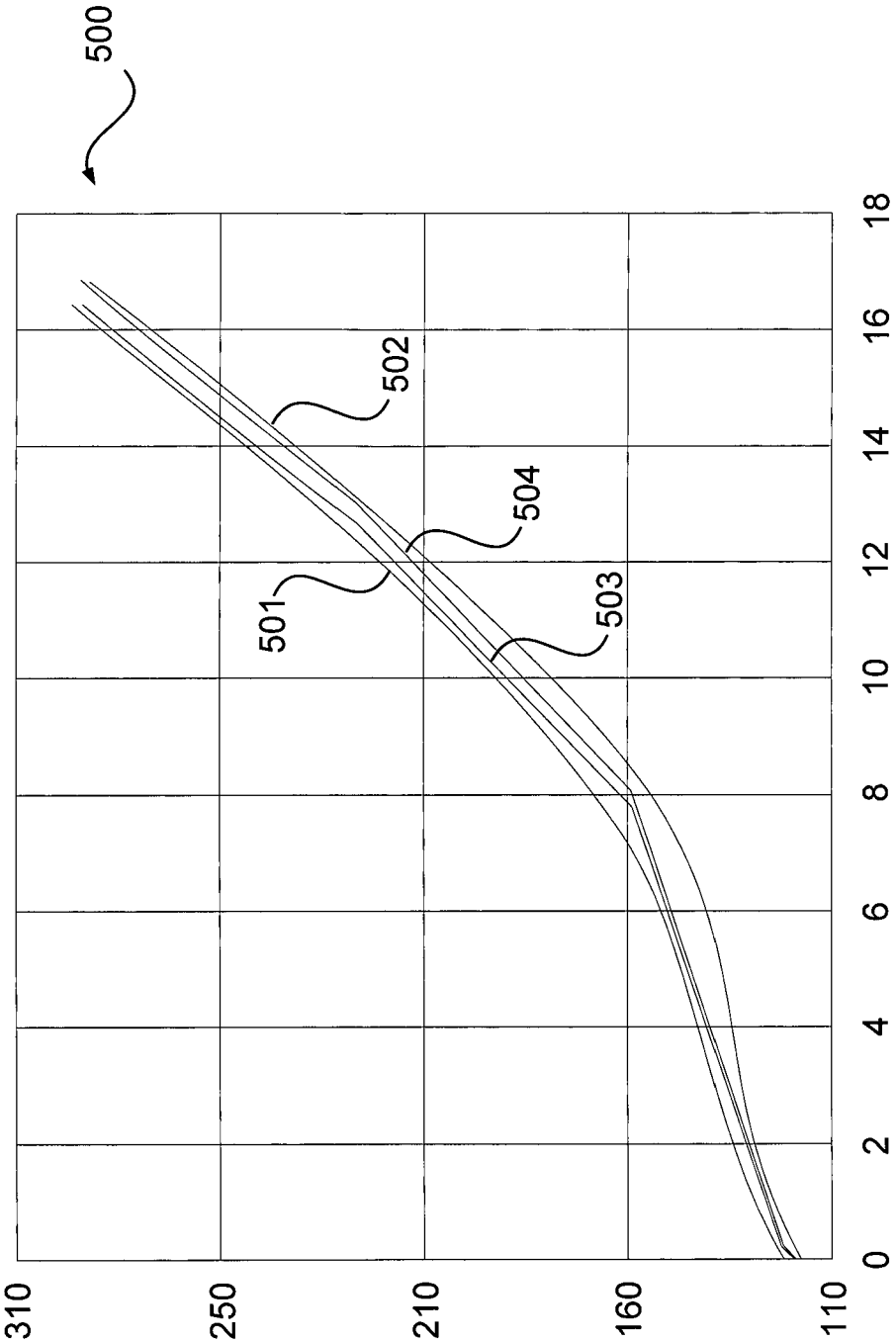


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 00 3246

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	US 2014/245756 A1 (MORGAN ROBERT [GB] ET AL) 4. September 2014 (2014-09-04) * Absätze [0156] - [0165]; Abbildungen 4,5 *	1-15	INV. F25J1/00 F25J1/02
A,D	WO 2014/026738 A2 (LINDE AG [DE]) 20. Februar 2014 (2014-02-20) * Abbildungen 1A,1B,2A,2B *	1-15	
A	DE 197 57 588 A1 (HITACHI LTD [JP]) 2. Juli 1998 (1998-07-02) * Abbildung 1 *	1-15	
A,P	EP 2 835 507 A1 (LINDE AG [DE]; HITACHI POWER EUROPE GMBH [DE]) 11. Februar 2015 (2015-02-11) * Abbildungen 1-5 *	1-15	
A,P	WO 2015/154894 A1 (MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS EUROP GMBH [DE]) 15. Oktober 2015 (2015-10-15) * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A,P	EP 2 835 506 A1 (LINDE AG [DE]) 11. Februar 2015 (2015-02-11) * Abbildungen 1A,1B,2A,2B,3B *	1-15	F25J
A	JP H04 127850 A (CENTRAL RES INST ELECT) 28. April 1992 (1992-04-28) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,15	
A	WO 2014/155108 A2 (HIGHVIEW ENTPR LTD [GB]) 2. Oktober 2014 (2014-10-02) * Abbildungen 5,6 *	1,15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. Mai 2016	Prüfer Göritz, Dirk
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 15 00 3246

5 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.

04-05-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014245756 A1	04-09-2014	CL 2014000481 A1	10-10-2014
		EP 2753861 A2	16-07-2014
		GB 2494400 A	13-03-2013
		US 2014245756 A1	04-09-2014
		WO 2013034908 A2	14-03-2013

WO 2014026738 A2	20-02-2014	EP 2880268 A2	10-06-2015
		US 2015192330 A1	09-07-2015
		WO 2014026738 A2	20-02-2014

DE 19757588 A1	02-07-1998	DE 19757588 A1	02-07-1998
		US 2001004830 A1	28-06-2001

EP 2835507 A1	11-02-2015	EP 2835507 A1	11-02-2015
		WO 2015018505 A2	12-02-2015

WO 2015154894 A1	15-10-2015	DE 102014105237 B3	09-04-2015
		WO 2015154894 A1	15-10-2015

EP 2835506 A1	11-02-2015	KEINE	

JP H04127850 A	28-04-1992	KEINE	

WO 2014155108 A2	02-10-2014	CN 105308404 A	03-02-2016
		EP 2979050 A2	03-02-2016
		GB 2512360 A	01-10-2014
		KR 20150135783 A	03-12-2015
		SG 11201507732V A	29-10-2015
		US 2016047597 A1	18-02-2016
		WO 2014155108 A2	02-10-2014

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

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

- DE 3139567 A1 [0002]
- EP 1989400 A1 [0002]
- WO 2014026738 A2 [0005] [0007] [0045]
- US 6295837 B1 [0008]
- US 3058314 A [0008]
- US 20140245756 A1 [0009] [0030] [0032]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Industrial Gases Processing. Wiley-VCH, 2006
[0014]