



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.07.2017 Patentblatt 2017/29

(51) Int Cl.:
F25J 3/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17020003.4**

(22) Anmeldetag: **02.01.2017**

(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: **14.01.2016 EP 16000084**

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

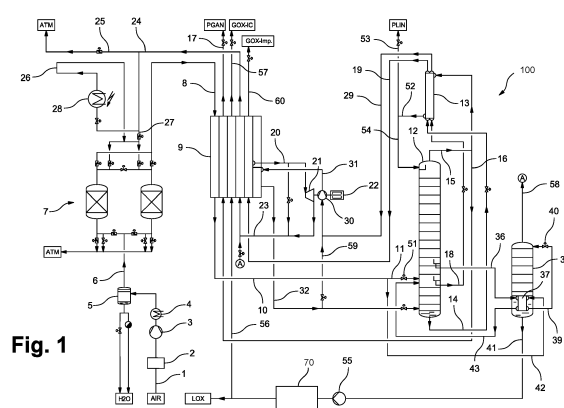
(72) Erfinder:
• **Lochner, Stefan**
85567 Grafing (DE)
• **Spöri, Ralph**
82538 Geretsried (DE)
• **Zimmermann, Christian**
83607 Holzkirchen (DE)

(74) Vertreter: **Zahn, Christoph**
Linde AG
Patente und Marken
Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14
82049 Pullach (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR GEWINNUNG EINES LUFTPRODUKTS IN EINER LUFTZERLEGUNGSANLAGE UND LUFTZERLEGUNGSANLAGE**

(57) Es wird ein Verfahren zur Gewinnung eines Luftprodukts (GOX-IC) mittels einer Luftzerlegungsanlage (100) mit einem Destillationssäulensystem (12, 38) und einem Tanksystem (70) mit einem ersten Tank (71) und einem zweiten Tank (72) vorgeschlagen, bei dem dem Destillationssäulensystem (12, 38) eine tiefkalte Flüssigkeit (41) entnommen, zumindest zum Teil in dem Tanksystem (70) gespeichert, und danach zumindest zum Teil als das Luftprodukt (GOX-IC) verwendet wird, wobei die tiefkalte Flüssigkeit (41) während eines ersten Zeitraums dem ersten Tank (71) und nicht dem zweiten Tank (72) und während eines zweiten Zeitraums dem zweiten Tank (72) und nicht dem ersten Tank (71) zugeführt und während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank (72) und nicht dem ersten Tank (71) und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank (71) und nicht dem zweiten Tank (71) entnommen wird. Es ist vorgesehen, dass als das Tanksystem (70) ein Tanksystem (70) mit einem zusätzlichen dritten Tank (73) verwendet wird, und dass die tiefkalte Flüssigkeit (41), die während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank (72) und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank (71) entnommen wird, zumindest teilweise unerwärmt in den dritten Tank (73) überführt wird, wobei nd das Luftprodukt zumindest teilweise unter Verwendung der unerwärmt in den dritten Tank (73) überführten tiefkalten Flüssigkeit oder eines Teils hiervon bereitgestellt wird, wobei die zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) verwendete tiefkalte Flüssigkeit in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank (73) entnommen, verdampft oder in den überkritischen

Zustand überführt und aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleitet wird, und/oder wobei die zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) verwendete tiefkalte Flüssigkeit in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank (73) entnommen und in flüssigem Zustand in einem vierten Tank (76) gespeichert wird. Eine Luftzerlegungsanlage (100) ist ebenfalls Gegenstand der Erfindung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung eines Luftprodukts in einer Luftzerlegungsanlage und eine zur Durchführung eines derartigen Verfahrens eingerichtete Luftzerlegungsanlage.

Stand der Technik

[0002] 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.

[0003] Für eine Reihe industrieller Anwendungen wird Drucksauerstoff benötigt, zu dessen Gewinnung Luftzerlegungsanlagen mit sogenannter Innenverdichtung zum Einsatz kommen können. Entsprechende Luftzerlegungsanlagen sind beispielsweise ebenfalls bei Häring beschrieben und unter Bezugnahme auf die dortige Figur 2.3A erläutert. In derartigen Luftzerlegungsanlagen wird eine tiefkalte Flüssigkeit, insbesondere Flüssigsauerstoff, in tiefkaltem Zustand flüssig auf Druck gebracht, gegen einen Wärmeträger verdampft, und schließlich als gasförmiges Druckprodukt abgegeben. Die Innenverdichtung hat, unter anderem, energetische Vorteile im Vergleich zu einer nachträglichen Verdichtung eines bereits gasförmig vorliegenden Produkts.

[0004] Bei überkritischem Druck findet dabei kein Phasenübergang im eigentlichen Sinne statt, die tiefkalte Flüssigkeit wird stattdessen aus dem flüssigen Zustand in einen überkritischen Zustand gebracht. Hierfür wird auch der Begriff "Pseudoverdampfung" oder "Entflüssigung" verwendet. Gegen die aus dem flüssigen Zustand in den überkritischen Zustand gebrachte tiefkalte Flüssigkeit wird der unter hohem Druck stehende Wärmeträger verflüssigt (oder ggf. einer "Pseudoverflüssigung" unterworfen, wenn er unter überkritischem Druck steht). Der Wärmeträger wird häufig durch einen Teil der der Luftzerlegungsanlage zugeführten Luft gebildet.

[0005] Die vorstehenden Erläuterungen gelten in entsprechender Weise auch für andere Luftprodukte wie beispielsweise Stickstoff oder Argon, die ebenfalls unter Verwendung der Innenverdichtung in gasförmigem oder überkritischem Zustand erhalten werden können und zuvor als tiefkalte Flüssigkeiten vorliegen.

[0006] Zur Erhöhung des Drucks von Luftprodukten in Luftzerlegungsanlagen ist die sogenannte Druckaufbauverdichtung bekannt und beispielsweise in der DE 676 616 C und der EP 0 464 630 A1 beschrieben. Wie beispielsweise in der US 6 295 840 B1 offenbart, kann ein Luftprodukt auch mittels eines Teilstroms verdichteter Einsatzluft in einem Tanksystem gespeichert und dort auf Druck gebracht werden.

[0007] Es besteht der Bedarf nach verbesserten Möglichkeiten zur Erzeugung von entsprechenden Luftprodukten in Luftzerlegungsanlagen, insbesondere in Luft-

zerlegungsanlagen mit den erläuterten Tanksystemen.

Offenbarung der Erfindung

[0008] Die vorliegende Erfindung schlägt vor diesem Hintergrund ein Verfahren zur Gewinnung eines Luftprodukts in einer Luftzerlegungsanlage und eine zur Durchführung eines derartigen Verfahrens eingerichtete Luftzerlegungsanlage mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vor. Bevorzugte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0009] Die vorliegende Anmeldung verwendet zur Charakterisierung von Drücken und Temperaturen die Begriffe "Druckniveau" und "Temperaturniveau", wodurch zum Ausdruck gebracht werden soll, dass 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 Druckverluste oder zu erwartende Druckverluste, beispielsweise aufgrund von Abkühlungseffekten oder Leitungsverlusten, ein. Entsprechendes gilt für Temperaturniveaus. Bei den hier in bar angegebenen Druckniveaus handelt es sich um Absolutdrücke.

Vorteile der Erfindung

[0010] Die vorliegende Erfindung schlägt ein Verfahren zur Gewinnung eines Luftprodukts mittels einer Luftzerlegungsanlage mit einem Destillationssäulensystem und einem Tanksystem mit einem ersten Tank und einem zweiten Tank vor.

[0011] Dem Destillationssäulensystem wird im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens eine tiefkalte Flüssigkeit, beispielsweise Reinsauerstoff oder eines der zuvor erläuterten anderen Luftprodukte, entnommen und zumindest zum Teil in flüssiger Form in dem Tanksystem gespeichert. Nach einer Entnahme aus dem Tanksystem kann die tiefkalte Flüssigkeit als das Luftprodukt verwendet werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kommt dabei ein Tanksystem mit einem ersten und einem zweiten Tank zum Einsatz, die im Wechselbetrieb mit der tiefkalten Flüssigkeit beschickt werden. Mit anderen Worten wird die tiefkalte Flüssigkeit während eines ersten Zeitraums dem ersten Tank und nicht dem zweiten Tank und während eines zweiten Zeitraums dem zweiten Tank und nicht dem ersten Tank zugeführt. Der Wechselbetrieb umfasst ferner, dass während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank und nicht dem ersten Tank und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank und

nicht dem zweiten Tank die tiefkalte Flüssigkeit entnommen wird. Es kann auch vorgesehen sein, mehr als zwei Tanks zu verwenden, die einem entsprechenden Zyklus unterworfen werden. Diese umfassen jedoch immer einen ersten und einen zweiten Tank und eine entsprechende Zuführung bzw. Entnahme in einem ersten bzw. zweiten Zeitraum.

[0012] Durch die Verwendung eines entsprechenden Tanksystems wird es möglich, in einem Innenverdichtungsverfahren ein Produkt mit einer spezifizierten Reinheit bereitzustellen, weil das Verfahren die Verwendung von nicht kontinuierlich durchführbaren Analyseverfahren erlaubt. In herkömmlichen Innenverdichtungsverfahren, bei denen die Druckerhöhung mittels Pumpen erfolgt, ist dies nicht möglich, da hier der Pumpenabstrom kontinuierlich direkt der Erwärmung zugeführt wird. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens kann beispielsweise nach dem ersten Zeitraum die in dem ersten Tank und nach dem zweiten Zeitraum die in dem zweiten Tank gespeicherte tiefkalte Flüssigkeit auf ihre Reinheit hin überprüft werden. Entspricht diese Reinheit einem Vorgabewert, wird die tiefkalte Flüssigkeit als das Luftprodukt bereitgestellt. Entspricht die Reinheit nicht dem Vorgabewert, kann eine entsprechende tiefkalte Flüssigkeit verworfen oder, vorteilhafterweise, in das Destillationsssäulensystem zurückgeführt werden.

[0013] Bei einem derartigen Wechselbetrieb ergeben sich jedoch, insbesondere bei der Umschaltung zwischen den Tanks, d.h. zwischen dem ersten Zeitraum und dem zweiten Zeitraum bzw. dem zweiten Zeitraum und dem ersten Zeitraum, oder wenn der Tankinhalt beispielsweise aufgrund einer nicht ausreichenden Reinheit nicht als das Luftprodukt bereitgestellt werden kann, Unterbrechungen in der Bereitstellung der tiefkalten Flüssigkeit aus dem Tanksystem, die sich letztlich in einer diskontinuierlichen Produktion des Luftprodukts niederschlagen. Hierdurch können sich Probleme bei den an eine entsprechende Luftzerlegungsanlage angebotenen Verbrauchern, die nicht ausreichend versorgt werden, aber auch nachteilige Effekte in einer ggf. zur Erwärmung der tiefkalten Flüssigkeit eingesetzten Einrichtung, beispielsweise dem Hauptwärmetauscher der Luftzerlegungsanlage, ergeben.

[0014] Die vorliegende Erfindung schlägt daher vor, als das Tanksystem ein Tanksystem mit einem zusätzlichen dritten Tank zu verwenden, wobei die tiefkalte Flüssigkeit, die während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank entnommen wird, zumindest teilweise (und insbesondere zumindest zeitweise) unerwärmt in den dritten Tank überführt wird. Es kann in diesem Zusammenhang also auch vorgesehen sein, nur einen Teil der tiefkalten Flüssigkeit, die während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank entnommen wird, unerwärmt in den dritten Tank zu überführen und einen weiteren Teil der tiefkalten Flüssigkeit direkt, wie nachfolgend erläutert, über einen Bypass als Luftprodukt bereitzustellen oder in anderer Form

zu verwenden. Der dritte Tank dient dabei als Vorlage- bzw. Pufferspeicher, der mit einer geeigneten Menge an tiefkalter Flüssigkeit befüllt wird, die zur Überbrückung der zuvor erläuterten Zeiträume ausreicht.

[0015] Eine Überführung in den dritten Tank ist "unerwärmt", wenn die tiefkalte Flüssigkeit, die während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank entnommen wird, auf dem Entnahmetemperaturniveau aus dem zweiten bzw. ersten Tank in den dritten Tank überführt wird. Dies ist der Fall, wenn die tiefkalte Flüssigkeit keinen aktiv temperaturerhöhenden Maßnahmen bzw. keiner Erwärmung unterworfen wird. Die tiefkalte Flüssigkeit wird also insbesondere durch keinen Wärmetauscher, Heizer, Gegenströmer usw. zur Erwärmung geführt. Wie oben zum Begriff des "Temperaturniveaus" bereits erläutert, schließt dies jedoch nicht aus, dass durch unvermeidliche Wärmeeinträge eine gewisse, jedoch nicht aktiv vorgenommene, Erwärmung erfolgt. Der Begriff "Temperaturniveau", berücksichtigt dies, so dass das erwähnte Entnahmetemperaturniveau dennoch im genannten Umfang unterhalb eines Einspeisetemperaturniveaus in den dritten Tank liegen kann. Die unerwärmte Überführung in den dritten Tank erfolgt insbesondere deshalb, um Verdampfungsverluste zu vermeiden.

[0016] Erfindungsgemäß wird also die tiefkalte Flüssigkeit, die in dem ersten bzw. dem zweiten Tank gespeichert ist, nicht mehr oder nicht ausschließlich hieraus ausgeleitet und als das Luftprodukt verwendet. Das Luftprodukt wird vielmehr zumindest teilweise unter Verwendung der unerwärmt in den dritten Tank überführten tiefkalten Flüssigkeit oder eines Teils hiervon bereitgestellt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können dabei aber auch, wie erwähnt, Bypassleitungen vorgesehen sein, die eine Ausleitung aus dem ersten bzw. zweiten Tank ermöglichen, so dass das Luftprodukt auch teilweise unter Verwendung der dort gespeicherten, aber nicht in den dritten Tank überführten tiefkalten Flüssigkeit bereitgestellt werden kann. Auf diese Weise kann, beispielsweise wenn der dritte Tank vollständig gefüllt und eine ausreichende Reinheit sichergestellt ist, auch eine direkte Entnahme aus dem ersten oder dem zweiten Tank erfolgen. Es kann ferner vorgesehen sein, dass nicht die gesamte tiefkalte Flüssigkeit, die unerwärmt in den dritten Tank überführt wurde, zur Bereitstellung des Luftprodukts verwendet wird. Ein Teil der unerwärmt in den dritten Tank überführten tiefkalten Flüssigkeit kann flüssig aus dem dritten Tank entnommen und auf andere Weise genutzt werden. Ebenso ist es möglich, dass beispielsweise der in den jeweiligen Tanks verdampfte Anteil der tiefkalten Flüssigkeit nicht zur Bereitstellung des Luftprodukts verwendet wird.

[0017] Erfindungsgemäß ist außerdem vorgesehen, dass die zur Bereitstellung des Luftprodukts verwendete tiefkalte Flüssigkeit aus dem dritten Tank in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank entnommen, verdampft oder aus dem flüssigen in den überkritischen Zustand überführt und aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet

wird, und/oder dass die zur Bereitstellung des Luftprodukts verwendete tiefkalte Flüssigkeit in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank entnommen und in flüssigem Zustand in einem vierten Tank flüssig gespeichert wird.

[0018] Der vierte Tank kann Teil des Tanksystems mit dem ersten bis dritten Tank sein, er kann jedoch auch separat, beispielsweise als Teil eines weiteren Tanksystems, bereitgestellt sein. Der vierte Tank kann sich innerhalb der Luftzerlegungsanlage, beispielsweise innerhalb einer Coldbox, oder innerhalb einer thermisch isolierenden Außenhülle, die außerdem den ersten bis dritten Tank einschließt, befinden. Der vierte Tank kann jedoch auch außerhalb der Luftzerlegungsanlage angeordnet sein. Bei dem Luftprodukt kann es sich somit im Rahmen der vorliegenden Erfindung um ein gasförmiges oder in überkritischem Zustand vorliegendes Luftprodukt und/oder um ein flüssiges Luftprodukt handeln. Wie das flüssige Luftprodukt kann auch das gasförmige Luftprodukt innerhalb oder außerhalb der Luftzerlegungsanlage, insbesondere in einem entsprechenden Gastank, gespeichert werden.

Vorteilhafterweise wird die tiefkalte Flüssigkeit dem Destillationssäulensystem der Luftzerlegungsanlage auf einem Druckniveau entnommen, auf dem auch eine entsprechende Säule des Destillationssäulensystems, insbesondere eine Reinsauerstoffsäule, nachfolgend auch als "zweite Trennsäule" bezeichnet, betrieben wird. Die tiefkalte Flüssigkeit wird dem ersten Tank und dem zweiten Tank des Tanksystems auf einem Druckniveau zugeführt, das hier als "erstes" Druckniveau bezeichnet wird. Das erste Druckniveau kann dem Druckniveau entsprechen, auf dem die tiefkalte Flüssigkeit dem Destillationssäulensystem entnommen wurde, wenn zwischen der Trennsäule und dem ersten bzw. zweiten Tank keine druckbeeinflussenden Vorrichtungen wie Pumpen angeordnet sind. Wird beispielsweise eine entsprechende Pumpe verwendet, kann das erste Druckniveau auch oberhalb des Druckniveaus der Trennsäule liegen. Dem dritten Tank des Tanksystems wird die tiefkalte Flüssigkeit auf einem zweiten, höheren Druckniveau (Speicherdruck) zugeführt, das sich insbesondere danach richten kann, auf welchem Druck (Produktdruck) das Luftprodukt bereitgestellt werden soll. Der Speicherdruck liegt vorteilhafterweise etwas oberhalb des Produktdrucks, so dass eine Ausleitung auch ohne zusätzliche Pumpen oder Verdichter möglich ist. Das zweite Druckniveau kann insbesondere dadurch erzielt werden, dass in dem ersten und/oder dem zweiten Tank eine Druckaufbauverdampfung vorgenommen wird.

[0019] Die vorliegende Erfindung kombiniert durch die Verwendung des erläuterten Tanksystems und einer Druckerhöhung die Vorteile eines herkömmlichen Innenverdichtungsverfahrens, nämlich die kontinuierliche Herstellung des Luftprodukts, mit den Vorteilen einer verbesserten Analysemöglichkeit. Durch diese verbesserte Analysemöglichkeit kann zu jedem Zeitpunkt eine hohe Reinheit des Luftprodukts garantiert und dokumentiert werden.

[0020] Nach der Entnahme der tiefkalten Flüssigkeit aus dem dritten Tank (bzw. über die genannten Bypassleitungen aus dem ersten und dem zweiten Tank) kann diese, wie erwähnt, insbesondere verdampft oder aus dem flüssigen in den überkritischen Zustand überführt werden, wenn ein gasförmiges oder in überkritischem Zustand vorliegendes Luftprodukt hergestellt werden soll. Die Verdampfung oder Überführung in den überkritischen Zustand (nachfolgend wird der Einfachheit halber für beide Fälle der Begriff "Verdampfung" verwendet) kann innerhalb der verwendeten Luftzerlegungsanlage, beispielsweise unter Verwendung von deren Hauptwärmetauscher, erfolgen. Für Fälle, in denen die Luftzerlegungsanlage nicht verfügbar ist, kann auch ein Backupsystem mit einem Notversorgungsverdampfer, der Verdampfungswärme nicht aus der Luftzerlegungsanlage bezieht, verwendet werden. Die tiefkalte Flüssigkeit kann jedoch, wie ebenfalls erwähnt, auch nach der Entnahme aus dem dritten Tank (bzw. über die genannten Bypassleitungen aus dem ersten und dem zweiten Tank) in flüssiger Form aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet, in flüssiger Form, beispielsweise in einem Tank, zu einem Verbraucher transportiert und dort in flüssigem oder (nach Verdampfung) gasförmigem Zustand verwendet werden.

[0021] Vorteilhafterweise liegt das erste Druckniveau, also das Druckniveau, auf dem die tiefkalte Flüssigkeit dem ersten und dem zweiten Tank zugeführt wird, bei ca. 1,3 bis 4 bar. Das zweite Druckniveau liegt, je nach Anforderung, bei 2 bis 100 bar, jedoch oberhalb des ersten Druckniveaus. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann auch eine insbesondere zeitlich flexible Druckerhöhung unter Berücksichtigung der Druckerfordernisse eines Verbrauchers erfolgen.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung kann die tiefkalte Flüssigkeit vor dem Einspeisen in den ersten Tank und in den zweiten Tank unter Verwendung einer Pumpe auf das erste Druckniveau gebracht werden. Die vorliegende Erfindung kombiniert in dieser Ausführungsform die Vorteile herkömmlicher Innenverdichtungsverfahren unter Verwendung entsprechender Pumpen, die jedoch aufgrund der kontinuierlichen Druckerhöhung keine Durchführung diskontinuierlicher Analyseverfahren ermöglichen, mit Verfahren, bei denen alternierend unterschiedliche Tanks beschickt werden.

[0023] Bei den herkömmlichen Verfahren, die unter Verwendung von Tanksystemen mit zwei Tanks durchgeführt werden, erfolgt eine Druckaufbauverdampfung. Bei einer Druckaufbauverdampfung ist aufgrund des für den Druckaufbau benötigten Anteils einer entsprechenden tiefkalten Flüssigkeit ein Produktverlust unvermeidlich. Dieser Produktverlust kann bis zu 10% betragen. Durch eine Verwendung einer Pumpe wird ein derartiger Produktverlust verringert. Die auch hier unvermeidlichen Flashverluste in den Tanks sind mit ca. 5% deutlich geringer als die Verluste aufgrund der Druckaufbauverdampfung. Wenngleich eine entsprechende Pumpe einen zusätzlichen Energiebedarf hat, wiegt die höhere

Produktausbeute diesen zusätzlichen Energiebedarf ggf. auf.

[0024] Die Erfindung entfaltet dabei besondere Vorteile in Luftzerlegungsanlagen, die sehr hohe Reinheitsanforderungen an das jeweilige Luftprodukt, beispielsweise Sauerstoff, haben. Bei derartigen sehr hohen Reinheitsanforderungen können herkömmliche schnelle (Routine-)Analyseverfahren an die Nachweisgrenze kommen, und es müssen sensitivere Analyseverfahren wie die Gaschromatographie zum Einsatz kommen. Entsprechende sensitivere Analyseverfahren benötigen jedoch wesentlich länger zur Messwertermittlung als herkömmliche Verfahren, es muss also eine diskontinuierliche Messung vorgenommen werden.

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren spart zudem Energie gegenüber Verfahren, bei denen eine Verdampfung eines entsprechenden Luftprodukts, beispielsweise Sauerstoff, erst beim Verbraucher erfolgt. Insgesamt lassen sich Energieeinsparungen von etwa 1 kW pro Nm³/h Sauerstoff erzielen.

[0026] Von den mit der vorliegenden Erfindung verbundenen Vorteilen profitieren insbesondere kleinere Luftzerlegungsanlagen, deren Kapazität durch die maximalen Transportabmessungen begrenzt ist. Verbessert man die Effizienz, erhöht sich entsprechend die Ausbeute.

[0027] Wenngleich die erläuterte Druckerhöhung der tiefkalten Flüssigkeit mittels einer Pumpe in bestimmten Fällen vorteilhaft sein kann, kann die vorliegende Erfindung grundsätzlich und mit besonderem Vorteil auch in entsprechenden Tanksystemen mit reiner Druckaufbauverdampfung eingesetzt werden. Auf diese Weise kann vollständig auf eine Pumpe verzichtet werden, was eine kostengünstigere Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage ermöglicht. Der Verzicht auf bewegliche bzw. angetriebene Teile bei einer Druckaufbauverdampfung ermöglicht einen besonders energiesparenden und wartungsarmen Betrieb. Die sich zwangsläufig bei einer Druckaufbauverdampfung ergebenden Verdampfungsverluste fallen insbesondere dann nicht ins Gewicht, wenn ohnehin ein gasförmiges oder in überkritischem Zustand vorliegendes Luftprodukt bereitgestellt werden soll. Auch eine Kombination aus einer Druckerhöhung mittels einer Pumpe und einer zusätzlichen Druckaufbauverdampfung ist möglich.

[0028] Wie bereits erwähnt, eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere zur Bereitstellung hochreiner Luftprodukte, weil eine diskontinuierliche Analyse vor der Erwärmung und Abgabe an die Anlagengrenze möglich ist. Mit anderen Worten wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorteilhafterweise eine Reinheit der tiefkalten Flüssigkeit, die während des ersten Zeitraums dem ersten Tank und während des zweiten Zeitraums dem zweiten Tank zugeführt wird, ermittelt. Für eine entsprechende Analytik können gängige Verfahren zur Reinheitsüberprüfung, beispielsweise spektroskopische Verfahren und/oder die Gaschromatographie, verwendet werden.

[0029] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird dabei vorteilhafterweise die tiefkalte Flüssigkeit nur dann während des ersten Zeitraums aus dem zweiten Tank und in den dritten Tank und während des zweiten Zeitraums aus dem ersten Tank in den dritten Tank überführt, wenn ihre Reinheit einem Vorgabewert entspricht. Der dritte Tank ist damit stets mit tiefkalter Flüssigkeit definierter Reinheit befüllt und kann jederzeit ohne zusätzliche Analytik zur Bereitstellung des Luftprodukts verwendet werden.

[0030] Entspricht die Reinheit der tiefkalten Flüssigkeit den Vorgabewert nicht, kann diese hingegen vorteilhafterweise während des ersten Zeitraums aus dem zweiten Tank und während des zweiten Zeitraums aus dem ersten Tank in das Destillationssäulensystem zurückgeführt werden. Insbesondere in einer derartigen Verfahrensvariante erweist sich die vorliegende Erfindung durch die Verwendung eines dritten Tanks als besonders vorteilhaft, weil eine entsprechende Unterbrechung durch Entnahme der tiefkalten Flüssigkeit aus dem dritten Tank ausgeglichen werden kann. Vorteilhafterweise ist daher vorgesehen, dass in dem dritten Tank eine Menge der tiefkalten Flüssigkeit vorgehalten wird, die zumindest so groß ist wie eine Menge der tiefkalten Flüssigkeit, die in dem ersten Tank und/oder in dem zweiten Tank speicherbar ist, bzw. mindestens so groß ist, dass die Schaltzeiten, während derer aus den ersten beiden Behältern keine Flüssigkeit entnommen werden kann, überbrückt werden, um eine kontinuierliche Entnahme zu ermöglichen. Auf diese Weise lässt sich kontinuierlich tiefkalte Flüssigkeit erwärmen und als Luftprodukt abgeben, auch wenn der Inhalt eines vollständig gefüllten ersten oder zweiten Tanks aufgrund einer nicht einer Vorgabe entsprechenden Reinheit in das Destillationssäulensystem zurückgeführt bzw. verworfen werden muss.

[0031] Insbesondere kommt die vorliegende Erfindung in Luftzerlegungsanlagen zur Herstellung von Reinsauerstoff zum Einsatz. In einer derartigen Luftzerlegungsanlage weist das Destillationssäulensystem eine erste Trennsäule und eine zweite Trennsäule auf. Unter Verwendung der ersten Trennsäule wird ein auf einen ersten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherter Fluidstrom erzeugt, unter Verwendung dessen in der zweiten Trennsäule flüssiger Reinsauerstoff erzeugt wird, der der zweiten Trennsäule zumindest zu einem Teil als die tiefkalte Flüssigkeit entnommen wird. Die vorliegende Erfindung erlaubt durch den Einsatz des dritten Tanks eine kontinuierliche Bereitstellung hochreinen Sauerstoffs.

[0032] Insbesondere kann die Erfindung im Zusammenhang mit dem sogenannten SPECTRA-Verfahren der Anmelderin zum Einsatz kommen, wie es z.B. in der US 2009/107177 A1 beschrieben ist. Die Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt. Ein derartiges Verfahren umfasst, dass unter Verwendung der ersten Trennsäule ferner ein auf einen zweiten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherter Fluidstrom und ein auf einen dritten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherter Fluidstrom erzeugt werden. Der auf den zweiten Sauerstoff-

gehalt an Sauerstoff angereicherte Fluidstrom wird vorteilhafterweise der ersten Trennsäule unterhalb des auf den ersten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherten Fluidstroms entnommen. Er weist daher einen höheren Sauerstoffgehalt auf. Der auf den dritten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherte Fluidstrom wird vorteilhafterweise der ersten Trennsäule aus dessen Sumpf entnommen. Die zwei Fluidströme werden anschließend insbesondere in einem Kopfkondensator der ersten Trennsäule und in einem Hauptwärmetauscher auf unterschiedliche Temperaturen erwärmt, wobei der auf den zweiten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherte, erwärmte Fluidstrom zumindest zu einem Teil in einem mit einer Entspannungsmaschine gekoppelten Verdichter verdichtet, abgekühlt und in die erste Trennsäule zurückgeführt wird. Ein Teil des auf den dritten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherten Fluidstroms wird hingegen zum Antreiben der Entspannungsmaschine verwendet. Zu weiteren Details eines entsprechenden Verfahrens sei auf die beigefügte Figur 1 verwiesen. Ein entsprechendes Verfahren erweist sich als energetisch besonders vorteilhaft.

[0033] Vorteilhafterweise wird für die Erwärmung der tiefkalten Flüssigkeit, die anschließend als das Luftprodukt bereitgestellt wird, ein Hauptwärmetauscher der Luftzerlegungsanlage verwendet. Zusätzlich oder alternativ dazu kann jedoch auch ein gesonderter Verdampfer verwendet werden. Ein entsprechender Verdampfer kann insbesondere auch dann eingesetzt werden, wenn eine Kapazität des Hauptwärmetauschers der Luftzerlegungsanlage nicht ausreicht und/oder wenn zusätzliche Mengen an Luftprodukten bereitgestellt werden sollen, als sie ein entsprechender Hauptwärmetauscher (auch temporär) bereitzustellen in der Lage ist.

[0034] Die vorliegende Erfindung erstreckt sich auch auf eine Luftzerlegungsanlage, die zur Gewinnung eines Luftprodukts eingerichtet ist. Die Luftzerlegungsanlage umfasst ein Destillationssäulensystem und ein Tanksystem mit einem ersten Tank und einem zweiten Tank und weist Merkmale auf, wie sie im entsprechenden Vorrichtungsanspruch angegeben sind..

Vorteilhafterweise ist eine entsprechende Luftzerlegungsanlage zur Durchführung eines Verfahrens eingerichtet, wie es zuvor im Detail erläutert wurde. Auf die entsprechenden Merkmale und Vorteile sei daher an dieser Stelle ausdrücklich verwiesen.

[0035] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert, die bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung veranschaulichen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0036]

Figur 1 zeigt eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Form eines schematischen Anlagendiagramms.

Figur 2 zeigt ein Tanksystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Form eines schematischen Anlagendiagramms.

Figur 3 zeigt ein Tanksystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Form eines schematischen Anlagendiagramms.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0037] In den nachfolgenden Figuren sind einander entsprechende Elemente mit identischen Bezugszeichen angegeben und werden der Übersichtlichkeit halber nicht wiederholt erläutert. Die Figuren 2 und 3 zeigen dabei jeweils Tanksysteme, wie sie in einer Luftzerlegungsanlage gemäß Figur 1 bzw. einer abweichend dazu ausgebildeten Luftzerlegungsanlage eingebunden sein können. Die Einbindung des Tanksystems ergibt sich dabei durch die auch in Figur 1 angegebenen Elemente.

[0038] In Figur 1 ist eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung schematisch in Form eines Anlagendiagramms dargestellt. Die Luftzerlegungsanlage ist insgesamt mit 100 bezeichnet.

Atmosphärische Luft 1 (AIR) wird über ein Filter 2 von einem Luftverdichter 3 angesaugt und dort auf einen Absolutdruck von 6 bis 20 bar, vorzugsweise etwa 9 bar, verdichtet. Nach Durchströmen eines Nachkühlers 4 und eines Wasserabscheiders 5 zum Abscheiden von Wasser (H₂O) wird die verdichtete Luft 6 in einer Reinigungsvorrichtung 7 gereinigt, die ein Paar von mit Adsorptionsmaterial, vorzugsweise Molekularsieb, gefüllten Behältern aufweist. Die gereinigte Luft 8 wird in einem Hauptwärmetauscher 9 auf etwa Taupunkt abgekühlt und teilweise verflüssigt. Ein erster Teil 11 der abgekühlten Luft 10 wird über ein Drosselventil 51 in eine erste Trennsäule 12 eingeleitet, die als Einzelsäule ausgebildet ist. Die Einspeisung erfolgt vorzugsweise einige praktische oder theoretische Böden oberhalb des Sumpfs.

[0039] Der Betriebsdruck der ersten Trennsäule 12 beträgt am Kopf 6 bis 20 bar, vorzugsweise etwa 9 bar. Ihr Kopfkondensator 13 wird mit einem Fluidstrom 18 und einem Fluidstrom 14 gekühlt. Der Fluidstrom 18 wird von einer Zwischenstelle einige praktische oder theoretische Böden oberhalb der Luftzuspeisung oder auf gleicher Höhe wie diese, der Fluidstrom 14 vom Sumpf der ersten Trennsäule 12 abgezogen. Der Fluidstrom 18 wurde im Rahmen der obigen Erläuterungen als ein "auf einen zweiten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherter Fluidstrom" und der Fluidstrom 14 als ein "auf einen dritten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherter Fluidstrom" bezeichnet.

[0040] Als Hauptprodukt der ersten Trennsäule 12 wird gasförmiger Stickstoff 15, 16 am Kopf der ersten Trennsäule 12 abgezogen, im Hauptwärmetauscher 9 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich über Leitung 17 als gasförmiges Druckprodukt (PGAN) abgezogen. Weiterer gasförmiger Stickstoff wird durch den

Kopfkondensator 13 geführt. Ein Teil 53 des in dem Kopfkondensator 13 erhaltenen Kondensats 52 kann als Flüssigstickstoffprodukt (PLIN) gewonnen werden; der Rest 54 wird als Rücklauf auf den Kopf der Trennsäule 12 aufgegeben.

[0041] Der Fluidstrom 14 wird im Kopfkondensator 13 unter einem Druck von 2 bis 9 bar, vorzugsweise etwa 4 bar, verdampft und strömt anschließend gasförmig über eine Leitung 19 zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers 9. Aus diesem wird er bei einer Zwischentemperatur in Form des Stroms 20 entnommen und in einer Entspannungsmaschine 21, die im dargestellten Beispiel als Turboexpander ausgebildet ist, arbeitsleistend auf etwa 300 mbar über Atmosphärendruck entspannt. Die Entspannungsmaschine 21 ist mechanisch mit einem (Kalt-)Verdichter 30 und einer Bremsvorrichtung 22 gekoppelt, die im dargestellten Beispiel durch eine Ölbremse gebildet wird. Der entspannte Fluidstrom 23 wird im Hauptwärmetauscher 9 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. Der warme Fluidstrom 24 wird als Fluidstrom 25 in die Atmosphäre (ATM) abgeblasen und/oder als Regeneriergas 26, 27 eingesetzt, gegebenenfalls nach Erwärmung in der Heizeinrichtung 28.

[0042] Der Fluidstrom 18 wird im Kopfkondensator 13 unter einem Druck von 2 bis 9 bar, vorzugsweise etwa 4 bar, verdampft und strömt gasförmig über eine Leitung 29 zu dem Verdichter 30, in dem er auf etwa den Betriebsdruck der ersten Trennsäule 12 rückverdichtet wird. Der rückverdichtete Fluidstrom 31 wird im Hauptwärmetauscher 9 wieder auf Säulentemperatur abgekühlt und schließlich über Leitung 32 der ersten Trennsäule 12 am Sumpf wieder zugeführt. Die erläuterte Behandlung der Fluidströme 14 und 18 entspricht dem bereits erwähnten, sogenannten SPECTRA-Verfahren.

[0043] Ein Fluidstrom 36, zuvor als ein "auf einen ersten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherter Fluidstrom" bezeichnet, der im Wesentlichen frei von schwerer flüchtigen Verunreinigungen ist, wird von einer Zwischenstelle der Trennsäule 12 in flüssigem Zustand abgezogen, die 5 bis 25 theoretische oder praktische Böden oberhalb der Luftzuspeisung angeordnet ist. Der Fluidstrom 36 wird ggf. in einem Sumpfverdampfer 37 einer zweiten Trennsäule 38, die als Reinsauerstoffsäule ausgebildet ist, unterkühlt und anschließend über eine Leitung 39 und ein Drosselventil 40 auf den Kopf der zweiten Trennsäule 38 (am Kopf) beträgt 1,3 bis 4 bar, vorzugsweise etwa 2,5 bar.

[0044] Der Sumpfverdampfer 37 der zweiten Trennsäule 38 wird außerdem mittels eines zweiten Teils 42 der abgekühlten Einsatzluft 10 betrieben. Der Einsatzluftstrom 42 wird dabei mindestens teilweise, beispielsweise vollständig, kondensiert und strömt über eine Leitung 43 zur ersten Trennsäule 12, wo er etwa auf Höhe der Zuspeisung der übrigen Einsatzluft 11 oder in den Kolonnensumpf eingeleitet wird.

[0045] Vom Sumpf der zweiten Trennsäule 38 wird Reinsauerstoff als tiefkalte Flüssigkeit 41 entnommen,

optional mittels einer Pumpe 55 auf einen erhöhten Druck von 2 bis 100 bar, vorzugsweise etwa 12 bar gebracht, und in eine Tankanordnung 70, die in den nachfolgenden Figuren 2 und 3 veranschaulicht ist, eingespeist. Nach einer Zwischenspeicherung in der Tankanordnung 70 wird die tiefkalte Flüssigkeit über eine Leitung 56 zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers 9 geführt, dort unter dem erhöhten Druck verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich über Leitung 57 als gasförmiges Produkt (GOX-IC) gewonnen.

[0046] Ein Kopfgas 58 der zweiten Trennsäule 38 wird dem zuvor erläuterten entspannten zweiten Fluidstrom 23 zugemischt (vgl. Verknüpfung A). Über eine Bypassleitung 59 wird gegebenenfalls ein Teil der Einsatzluft zur Pumpverhütung des Kaltverdichters 30 zu dessen Eintritt geleitet (sogenannte Anti-Surge Control).

[0047] Bei Bedarf kann der Luftzerlegungsanlage 10 stromauf und/oder stromab der Pumpe 55 flüssiger Sauerstoff als Flüssigfraktion entnommen werden (in der Zeichnung mit LOX bezeichnet). Zusätzlich kann eine externe Flüssigkeit, beispielsweise flüssiges Argon, flüssiger Stickstoff oder flüssiger Sauerstoff, auch aus einem Flüssigtank, in dem Hauptwärmetauscher 9 in indirektem Wärmeaustausch mit der Einsatzluft verdampft werden (in der Zeichnung nicht dargestellt).

[0048] In Figur 2 ist ein Tanksystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung, das in einer Luftzerlegungsanlage 100, wie sie in Figur 1 veranschaulicht ist, eingesetzt werden kann, in Form eines schematischen Anlagendiagramms veranschaulicht und insgesamt mit 70 bezeichnet.

[0049] Mittels der bereits unter Bezugnahme auf Figur 1 erläuterten Pumpe 55 wird die tiefkalte Flüssigkeit des Fluidstroms 41 von einem ersten Druckniveau auf ein zweites Druckniveau gebracht. Das erste Druckniveau kann insbesondere einem Druckniveau entsprechen, auf dem eine zweite Trennsäule 38 (Reinsauerstoffsäule) einer Luftzerlegungsanlage 100, wie sie in Figur 1 gezeigt ist, betrieben werden kann. Das zweite Druckniveau beträgt beispielsweise 2 bis 100 bar.

[0050] Der druckerhöhte Fluidstrom 41 wird einem ersten Tank 71 oder einem zweiten Tank 72 zugeführt. Wie mehrfach erläutert, werden die Tanks 71 und 72 alternativ zueinander mit der tiefkalten Flüssigkeit des Fluidstroms 41 beschickt, d.h. während eines ersten Zeitraums wird die tiefkalte Flüssigkeit des Fluidstroms 41 dem ersten Tank 71 und nicht dem zweiten Tank 72 und während eines zweiten Zeitraums dem zweiten Tank 72 und nicht dem ersten Tank 71 zugeführt. Zur Ansteuerung entsprechend eingesetzter Ventile 71a und 72a kann beispielsweise eine Tanksteuerung 80 vorgesehen sein.

[0051] Wie ebenfalls mehrfach erläutert, wird stets dem Tank 71, 72, dem momentan keine tiefkalte Flüssigkeit des Fluidstroms 41 zugeführt wird, tiefkalte Flüssigkeit entnommen. Diese wird unerwärmt in einen dritten Tank 73 überführt. Wie bereits erläutert, kann, beispielsweise bei vollständiger Befüllung des dritten Tanks

73 auch vorgesehen sein, wie hier mittels einer Leitung 74 veranschaulicht, entsprechendes Fluid direkt weiter zu leiten und einer Erwärmung zuzuführen. Die Erwärmung des Fluids kann, wie ebenfalls erwähnt, beispielsweise in einem Hauptwärmetauscher 9 einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage, beispielsweise der Luftzerlegungsanlage 100 gemäß Figur 1, und/oder in einem zusätzlichen Verdampfer 90 erfolgen.

[0052] Figur 3 veranschaulicht ein Tanksystem gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in Form eines schematischen Anlagendiagramms. Auch das Tanksystem der Figur 3 ist mit 70 bezeichnet. Das Tanksystem 70, das in Figur 3 veranschaulicht ist, ist mit einer Druckaufbauverdampfungseinrichtung 75 ausgestattet. Eine Pumpe 55 wie in dem Tanksystem 70 gemäß Figur 2 bzw. in der Luftzerlegungsanlage 100 gemäß Figur 1 ist hier optional vorgesehen. Bei einer Druckaufbauverdampfung wird eine entsprechende Pumpe 55 regelmäßig weggelassen und die tiefkalte Flüssigkeit des Stroms 41 wird auf dem Destillationsdruck in der Reinsauerstoffsäule 38, der hier dem "ersten Druckniveau" entspricht, in die Tanks 71 bzw. 72 eingespeist. In der Druckaufbauverdampfungseinrichtung 75 wird ein flüssig den Tanks 71 bzw. 72 entnommener Anteil der tiefkalten Flüssigkeit des Stroms 41 verdampft. Das verdampfte und unter einem erhöhten Druck vorliegende Gas wird einem Kopfraum der Tanks 71 bzw. 72 zugeführt. Auf diese Weise lässt sich die Pumpe 55 einsparen und es kann ausschließlich eine Druckaufbauverdampfung zum Einsatz kommen.

[0053] Wie hier dargestellt, kann die zur Bereitstellung des flüssigen Luftprodukts verwendete tiefkalte Flüssigkeit in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank 73 entnommen und im Hauptwärmetauscher 9 und/oder in dem zusätzlichen Verdampfer 90 verdampft oder aus dem flüssigen in den überkritischen Zustand überführt und aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet werden. Die zur Bereitstellung des flüssigen Luftprodukts verwendete tiefkalte Flüssigkeit kann jedoch auch in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank 73 entnommen und in einem vierten Tank 76 bis zur Verwendung flüssig gespeichert werden. Details wurden bereits erläutert. Auch weitere Entnahmen stromauf und/oder stromab des dritten Tanks 73 sind möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung eines Luftprodukts (GOX-IC) mittels einer Luftzerlegungsanlage (100) mit einem Destillationssäulensystem (12, 38) und einem Tanksystem (70) mit einem ersten Tank (71) und einem zweiten Tank (72), bei dem dem Destillationssäulensystem (12, 38) eine tiefkalte Flüssigkeit (41) entnommen, zumindest zum Teil in dem Tanksystem (70) gespeichert, und danach zumindest zum Teil als das Luftprodukt (GOX-IC) verwendet wird, wobei die tiefkalte Flüssigkeit (41) während eines

ersten Zeitraums dem ersten Tank (71) und nicht dem zweiten Tank (72) und während eines zweiten Zeitraums dem zweiten Tank (72) und nicht dem ersten Tank (71) zugeführt und während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank (72) und nicht dem ersten Tank (71) und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank (71) und nicht dem zweiten Tank (71) entnommen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** als das Tanksystem (70) ein Tanksystem (70) mit einem zusätzlichen dritten Tank (73) verwendet wird, und dass die tiefkalte Flüssigkeit (41), die während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank (72) und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank (71) entnommen wird, zumindest teilweise unerwärmt in den dritten Tank (73) überführt wird, und dass das Luftprodukt zumindest teilweise unter Verwendung der unerwärmt in den dritten Tank (73) überführten tiefkalten Flüssigkeit oder eines Teils hiervon bereitgestellt wird, wobei die zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) verwendete tiefkalte Flüssigkeit aus dem dritten Tank (73) in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank (73) entnommen, verdampft oder aus dem flüssigen in den überkritischen Zustand überführt und aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleitet wird, und/oder wobei die zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) verwendete tiefkalte Flüssigkeit aus dem dritten Tank (73) in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank (73) entnommen und in flüssigem Zustand in einem vierten Tank (76) gespeichert wird.

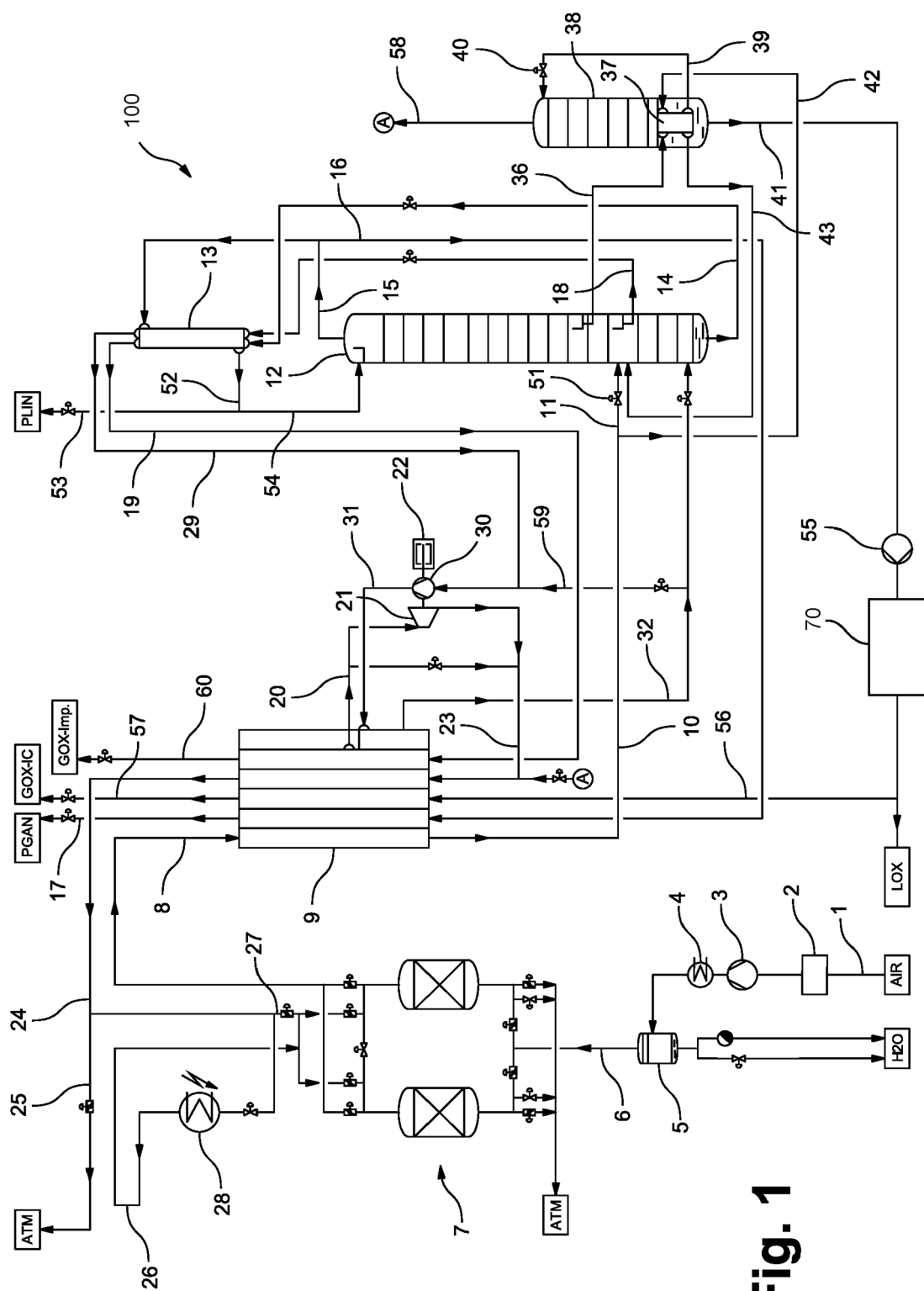
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die tiefkalte Flüssigkeit (41) auf einem ersten Druckniveau dem ersten Tank (71) und dem zweiten Tank (72) zugeführt wird, und/oder bei dem die tiefkalte Flüssigkeit (41) in dem dritten Tank (73) auf einem zweiten, höheren Druckniveau gespeichert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das erste Druckniveau bei 1,3 bis 7 bar und das zweite Druckniveau bei 2 bis 100 bar liegt.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die tiefkalte Flüssigkeit (41) vor dem Einspeisen in den ersten Tank (71) und in den zweiten Tank (72) unter Verwendung einer Pumpe (55) in flüssigem Zustand von dem ersten Druckniveau auf das zweite Druckniveau gebracht wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die tiefkalte Flüssigkeit (41) in dem ersten Tank (71) und dem zweiten Tank (72) einer Druckaufbauverdampfung auf das zweite Druckniveau unterworfen wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem eine Reinheit der tiefkalten Flüssigkeit (41), die während des ersten Zeitraums dem ersten Tank

(71) und während des zweiten Zeitraums dem zweiten Tank (72) zugeführt wird, in dem jeweiligen Tank (71, 72) ermittelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die tiefkalte Flüssigkeit (41) nur dann während des ersten Zeitraums aus dem zweiten Tank (72) in den dritten Tank (73) und während des zweiten Zeitraums aus dem ersten Tank (71) in den dritten Tank (73) überführt wird, wenn ihre Reinheit einem Vorgabewert entspricht. 5
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die tiefkalte Flüssigkeit (41) während des ersten Zeitraums aus dem zweiten Tank (72) und während des zweiten Zeitraums aus dem ersten Tank (71) in das Destillationssäulensystem (12, 38) zurückgeführt wird, wenn ihre Reinheit dem Vorgabewert nicht entspricht. 10
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem in dem dritten Tank (73) eine Menge der tiefkalten Flüssigkeit (41) vorgehalten wird, die zumindest so groß ist wie eine Menge der tiefkalten Flüssigkeit (41), die in dem ersten Tank (71) und/oder in dem zweiten Tank (71) speicherbar ist. 15
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Destillationssäulensystem (12, 38) eine erste Trennsäule (12) und eine zweite Trennsäule (38) umfasst, wobei unter Verwendung der ersten Trennsäule (12) ein auf einen ersten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherter Fluidstrom (36) erzeugt wird, unter Verwendung dessen in der zweiten Trennsäule (38) flüssiger Reinsauerstoff erzeugt wird, der der zweiten Trennsäule (38) zumindest zu einem Teil als die tiefkalte Flüssigkeit (41) entnommen wird. 20
11. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem unter Verwendung der ersten Trennsäule (12) ferner ein auf einen zweiten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherter Fluidstrom (18) und ein auf einen dritten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherter Fluidstrom (14) erzeugt und auf unterschiedliche Temperaturen erwärmt werden, wobei der auf den zweiten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherte, erwärmte Fluidstrom (14) zumindest zu einem Teil in einem mit einer Entspannungsmaschine (21) gekoppelten Verdichter (30) verdichtet, abgekühlt und in die erste Trennsäule (12) zurückgeführt und ein Teil des auf dritten Sauerstoffgehalt an Sauerstoff angereicherten, erwärmten Fluidstroms (14) zum Antreiben der Entspannungsmaschine (21) verwendet wird. 25
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem für die Erwärmung der tiefkalten Flüssigkeit (41) ein Hauptwärmetauscher (9) der Luftzerle-

gungsanlage (100) und/oder ein Verdampfer (80) verwendet werden.

13. Luftzerlegungsanlage (100), die zur Gewinnung eines Luftprodukts (GOX-IC) eingerichtet ist, mit einem Destillationssäulensystem (12, 38) und einem Tanksystem (70) mit einem ersten Tank (71) und einem zweiten Tank (72), Mitteln, die dafür eingerichtet sind, dem Destillationssäulensystem (12, 38) eine tiefkalte Flüssigkeit (41) zu entnehmen, zumindest zum Teil in dem Tanksystem (70) zu speichern, und danach zumindest zum Teil und als das Luftprodukt (GOX-IC) zu verwenden, und mit Mitteln, die dafür eingerichtet sind, die tiefkalte Flüssigkeit (41) während eines ersten Zeitraums dem ersten Tank (71) und nicht dem zweiten Tank (72) und während eines zweiten Zeitraums dem zweiten Tank (72) und nicht dem ersten Tank (71) zuzuführen und während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank (72) und nicht dem ersten Tank (71) und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank (71) und nicht dem zweiten Tank (71) zu entnehmen, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Tanksystem (70) einen zusätzlichen dritten Tank (73) umfasst, und dass Mittel vorgesehen sind, die dafür eingerichtet sind, die tiefkalte Flüssigkeit (41), die während des ersten Zeitraums dem zweiten Tank (72) und während des zweiten Zeitraums dem ersten Tank (71) entnommen wird, zumindest zeitweise und zumindest teilweise unerwärmt in den dritten Tank (73) zu überführen und das Luftprodukt (GOX-IC) zumindest teilweise unter Verwendung der unerwärmt in den dritten Tank (73) überführten tiefkalten Flüssigkeit oder eines Teils hiervon bereitzustellen, wobei Mittel vorgesehen sind, die dafür eingerichtet sind, die zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) verwendete tiefkalte Flüssigkeit aus dem dritten Tank (73) in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank (73) zu entnehmen, zu verdampfen oder aus dem flüssigen in den überkritischen Zustand zu überführen und aus der Luftzerlegungsanlage (100) auszuleiten, und/oder die dafür eingerichtet sind, die zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) verwendete tiefkalte Flüssigkeit aus dem dritten Tank (73) in flüssigem Zustand aus dem dritten Tank (73) zu entnehmen und in einem vierten Tank (76) flüssig zu speichern. 30
14. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 13, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 eingerichtet ist. 35



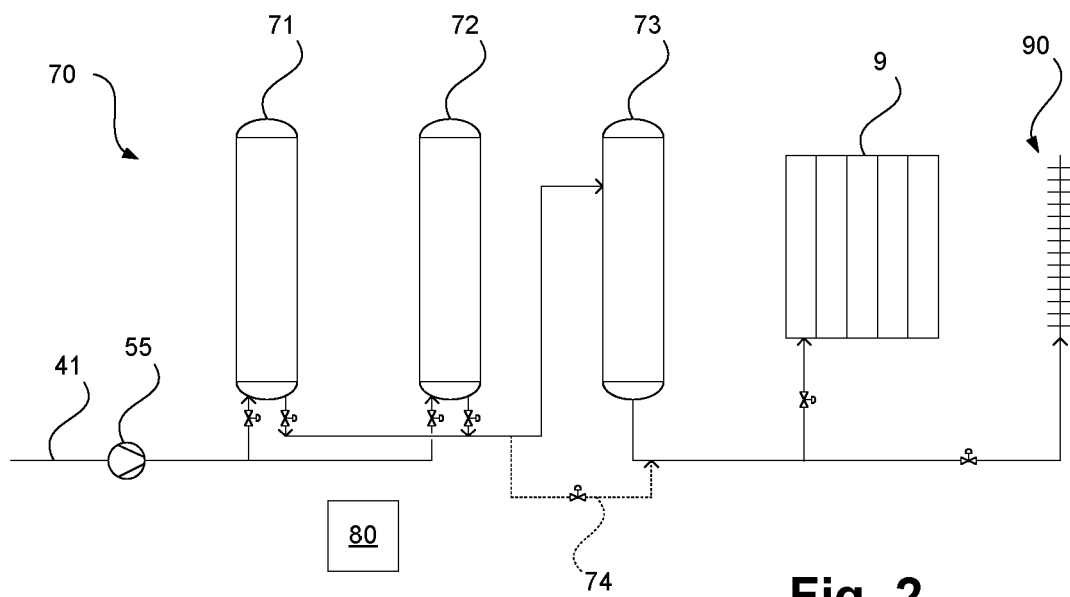


Fig. 2

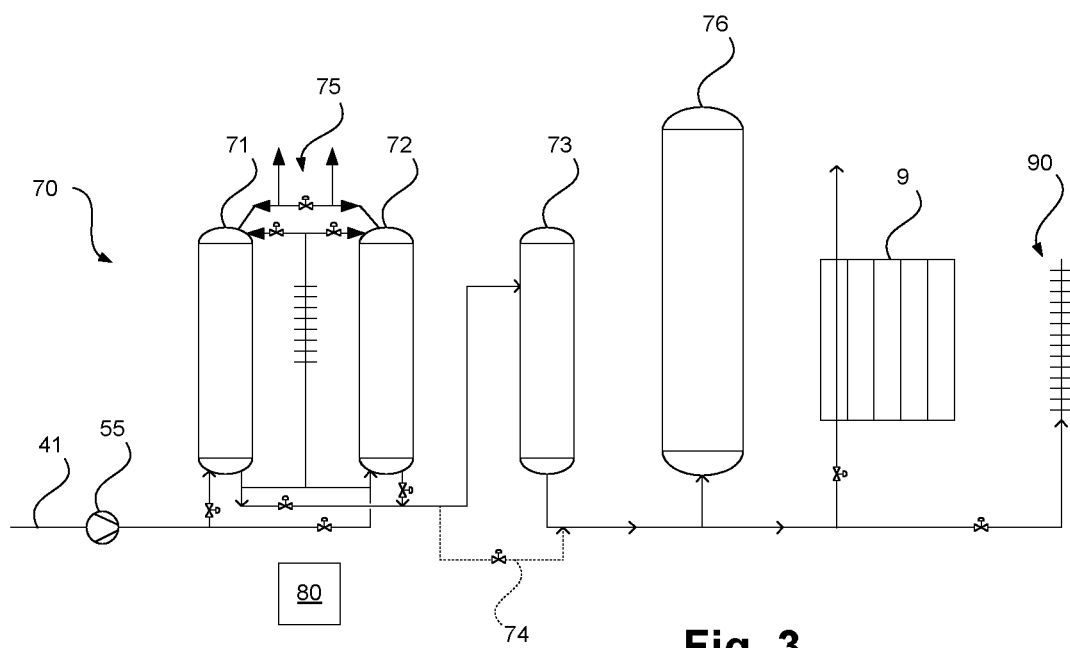


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 17 02 0003

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)
X	WO 2014/173496 A2 (LINDE AG [DE]) 30. Oktober 2014 (2014-10-30) * Seite 12, Zeile 4 - Seite 15, Zeile 18; Abbildung 2 *	1-14	INV. F25J3/04
Y,D	EP 0 464 630 A1 (UNION CARBIDE IND GASES TECH [US]) 8. Januar 1992 (1992-01-08) * Seite 4, Zeile 19 - Zeile 37; Abbildung 1 *	1,13	
Y	US 2009/107177 A1 (LOCHNER STEFAN [DE]) 30. April 2009 (2009-04-30) * Absatz [0059]; Abbildung 1 *	1,13	
A,D	US 6 295 840 B1 (SMITH ARTHUR RAMSDEN [US]) 2. Oktober 2001 (2001-10-02) * Abbildung 1 *	1,13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Juni 2017	Prüfer Schopfer, Georg
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 03.92 (P04C03)

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

EP 17 02 0003

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.

12-06-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014173496 A2	30-10-2014	CN 105229400 A	06-01-2016
		EP 2989400 A2	02-03-2016
		US 2016069611 A1	10-03-2016
		WO 2014173496 A2	30-10-2014
EP 0464630 A1	08-01-1992	BR 9102694 A	04-02-1992
		CA 2045739 A1	28-12-1991
		CN 1058644 A	12-02-1992
		DE 69103347 D1	15-09-1994
		DE 69103347 T2	16-03-1995
		EP 0464630 A1	08-01-1992
		ES 2057671 T3	16-10-1994
		JP H04227459 A	17-08-1992
		US 5148680 A	22-09-1992
US 2009107177 A1	30-04-2009	CN 101424477 A	06-05-2009
		DE 102007051184 A1	30-04-2009
		EP 2053331 A1	29-04-2009
		KR 20090042199 A	29-04-2009
		TW 200936972 A	01-09-2009
		US 2009107177 A1	30-04-2009
US 6295840 B1	02-10-2001	EP 1207363 A1	22-05-2002
		US 6295840 B1	02-10-2001

EPO FORM P0461

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 676616 C [0006]
- EP 0464630 A1 [0006]
- US 6295840 B1 [0006]
- US 2009107177 A1 [0032]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Industrial Gases Processing. Wiley-VCH, 2006
[0002]