



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 017 488.8**

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

(22) Anmeldetag: **04.09.2012**

(43) Offenlegungstag: **06.03.2014**

(71) Anmelder:

Linde Aktiengesellschaft, 80331, München, DE

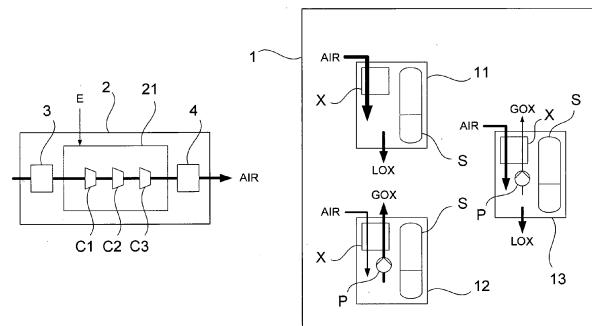
(72) Erfinder:

Lochner, Stefan, 85567, Grafing, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage, Luftzerlegungsanlage und zugehöriges Betriebsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage, bei dem auf Grundlage wenigstens einer Produktvorgabe aus einem Modulsatz (1) von Luftzerlegungsmodulen (11, 12, 13) mit unterschiedlichen Druckluftanforderungen ein Luftzerlegungsmodul (11, 12, 13) ausgewählt und zumindest mit einem Verdichtermodul (2), das die Druckluftanforderungen aller Luftzerlegungsmodulen (11, 12, 13) des Modulsatzes (1) von Luftzerlegungsmodulen (11, 12, 13) erfüllen kann, gekoppelt wird. Eine entsprechend erstellte Luftzerlegungsanlage und ein zugehöriges Betriebsverfahren sind ebenfalls Gegenstand der Erfindung.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage, eine mittels eines derartigen Verfahrens erstellte Luftzerlegungsanlage und ein zugehöriges Betriebsverfahren.

Stand der Technik

[0002] Die Herstellung von Sauerstoff und Stickstoff bzw. entsprechender sauerstoff- und stickstoffreicher Gemische erfolgt üblicherweise durch Tieftemperaturrektifikation von Luft in Luftzerlegungsanlagen (LZA) mit an sich bekannten Destillationssäulensystemen. Diese können als Zweisäulensysteme, insbesondere als klassische Doppelsäulensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensysteme ausgebildet sein. Zusätzlich können auch Vorrichtungen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein.

[0003] Entsprechende Verfahren und Vorrichtungen sind beispielsweise bekannt aus Hausen, Helmuth; Linde, Hermann: Tieftemperaturtechnik – Erzeugung sehr tiefer Temperaturen, Gasverflüssigung und Zerlegung von Gasgemischen. 2. Aufl. Berlin: Springer, 1985 und Kerry, Frank G.: Industrial Gas Handbook – Gas Separation and Purification. Boca Raton: CRC Press, 2006.

[0004] Doppelsäulensysteme umfassen eine Hochdrucksäule und einer Niederdrucksäule zur Trennung von Sauerstoff und Stickstoff. Die Hochdrucksäule arbeitet bei einem Betriebsdruck von beispielsweise 5 bis 7 bar, die Niederdrucksäule bei einem Betriebsdruck von beispielsweise 1 bis 2 bar. Hierbei, und bei den nachfolgend angegebenen Drücken, handelt es sich um Absolutdrücke. Hochdrucksäule und Niederdrucksäule können auch zumindest teilweise baulich voneinander getrennt sein. Es handelt sich in diesem Fall um die erwähnten Zweisäulensysteme.

[0005] Sind Drei- oder Mehrsäulensysteme zur Trennung von Sauerstoff und Stickstoff vorgesehen, wird im Rahmen dieser Anmeldung die Säule mit dem jeweils höchsten Betriebsdruck als "Hochdrucksäule" bezeichnet. Die Säule, der ein flüssiger sauerstoffreicher Strom mit beispielsweise mehr als 99 mol-% Sauerstoff entnommen werden kann, wird im Sprachgebrauch dieser Anmeldung dann als "Niederdrucksäule" bezeichnet.

[0006] In der vorliegenden Anmeldung werden Stoffe und Stoffgemische auch als "Ströme" und "Fraktionen" bezeichnet. Ein Strom wird üblicherweise als Fluid in einer hierfür eingerichteten Leitung geführt. Eine Fraktion bezeichnet üblicherweise einen aus einem Ausgangsgemisch abgetrennten Anteil eines

Ausgangsgemischs. Eine Fraktion kann jederzeit einen entsprechenden Strom bilden, wenn sie entsprechend geführt wird. Ein Strom kann umgekehrt beispielsweise zur Bereitstellung eines Ausgangsgemischs dienen, aus welchem eine Fraktion abgetrennt werden kann.

[0007] Ein Strom oder eine Fraktion kann reich oder arm an einer oder an mehreren enthaltenen Komponenten sein, wobei "reich" für einen Anteil von mehr als 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 99%, 99,5% oder 99,9% und "arm" für einen Anteil von weniger als 25%, 20%, 15%, 10%, 5%, 1%, 0,5% oder 0,1%, jeweils auf molarer, Gewichts- und/oder Volumenbasis, stehen kann. Eine Fraktion oder ein durch diese gebildeter Strom kann ferner bezüglich einer Komponente gegenüber einem Ausgangsgemisch angereichert oder abgereichert sein, wobei "angereichert" für wenigstens den 1,5-fachen, 2-fachen, 3-fachen, 5-fachen, 10-fachen oder 100-fachen Gehalt und "abgereichert" für höchstens den 0,75-fachen, 0,5-fachen, 0,25-fachen, 0,1-fachen oder 0,01-fachen Gehalt, jeweils bezogen auf den entsprechenden Gehalt im jeweiligen Ausgangsgemisch, stehen kann. Die Begriffe "angereichert" und "abgereichert" umfassen auch Wertebereiche, beispielsweise mit den genannten Werten als Ober- und Untergrenzen.

[0008] Die Anforderungen industrieller Verbraucher an LZA unterscheiden sich mitunter beträchtlich. So sind in bestimmten Einsatzszenarien ausgesprochene Gasanlagen erforderlich, in denen bevorzugt oder ausschließlich gasförmige Produkte, beispielsweise Sauerstoff und/oder Stickstoff in unterschiedlichen Reinheitsgraden und mit unterschiedlichen Drücken, gewonnen werden können. Andere Anwendungen erfordern hingegen Flüssigprodukte und damit ausgesprochene Flüssiganlagen. In wieder anderen Szenarien ist die Produktion sowohl flüssiger als auch gasförmiger Produkte, gegebenenfalls in variablen Anteilen und Reinheiten, erwünscht.

[0009] Die Kälte kann in entsprechenden Anlagen durch die isentrope Entspannung in Turbinen erzeugt werden. Der Strom durch die Turbinen wird durch Verdichtung erzeugt. Insbesondere dann, wenn Flüssigprodukte, beispielsweise flüssiger Sauerstoff und/oder Stickstoff, entnommen werden, wird dem System eine beträchtliche Kältemenge entzogen. Diese Kältemenge muss der LZA, in der Regel in Form von Verdichterleistung, zusätzlich zugeführt werden.

[0010] Herkömmliche LZA können zur Verdichtung der eingesetzten Luft daher einen Hauptverdichter (Main Air Compressor, MAC) und wenigstens ein Nachverdichter (Booster Air Compressor, BAC) aufweisen. Im MAC wird die insgesamt eingesetzte Luftmenge auf einen ersten Druck, beispielsweise den Betriebsdruck der Hochdrucksäule, verdichtet, im BAC erfolgt eine Nachverdichtung eines Teils hier-

von, abhängig von der erforderlichen Kälteleistung aber auch ggf. beträchtlich mehr, auf einen zweiten, höheren Druck. Die für den MAC erforderliche Verdichterleistung richtet sich in herkömmlichen Anlagen dabei nach der insgesamt eingesetzten Luftmenge, die für den BAC erforderliche Verdichterleistung nach der Menge der auf den zweiten Druck zu verdichtenden Luft, die überwiegend für die zusätzliche Kälteproduktion benötigt wird. Diese Luft wird in der LZA kälteleistend von dem zweiten Druck auf den Betriebsdruck der Hochdrucksäule entspannt, beispielsweise in einer Expansionsturbine.

[0011] Bei Anlagen, die auch Gas durch Innenverdichtung (IV) produzieren, wird der sogenannte Drosselstrom, der hierbei zur Verdampfung verwendet wird, ebenfalls über den BAC erzeugt. Ein derartiger Drosselstrom existiert auch bei reinen Flüssiganlagen, bei IV-Anlagen ist er jedoch entsprechend größer.

[0012] Wenn, wie oben erläutert, der LZA größere Mengen an Flüssigprodukten entnommen werden sollen, steigen die Leistungsanforderungen an den BAC, weil dieser entsprechend größere Mengen auf den zweiten Druck verdichteter Luft liefern muss. Je nach dem geforderten Verhältnis der zu entnehmenden flüssigen und gasförmigen Produkte zueinander (hier auch als "Produktsplits" bezeichnet), gegebenenfalls der erforderlichen Reinheit und dem Gesamtdurchsatz, sind daher für unterschiedliche Anlagen jeweils angepasste MAC/BAC-Kombinationen erforderlich. Wird nachträglich eine höhere Flüssigproduktmenge gefordert, muss ein anderer BAC verwendet werden.

[0013] MAC und BAC müssen in entsprechenden Anlagen daher spezifisch auf die jeweiligen Produkte und deren Produktionsraten ausgelegt werden. Die Erfindung will hier eine Verbesserung schaffen, die insbesondere die Erstellung von LZA mit unterschiedlichen und/oder veränderlichen Produktsplits verbessert.

Offenbarung der Erfindung

[0014] Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Erstellung einer LZA, eine mittels eines derartigen Verfahrens erstellte LZA und ein entsprechendes Betriebsverfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vor. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0015] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass, wenngleich die eigentliche Luftzerlegung in einer LZA in teilweise beträchtlich unterschiedlich

aufgebauten, konfigurierten und/oder betriebenen Luftzerlegungseinheiten erfolgt, die Versorgung dieser Luftzerlegungseinheiten mit verdichteter Luft mit weitgehend standardisierten bzw. modularisierten Verdichtereinheiten erfolgen kann.

[0016] Eine "Luftzerlegungseinheit", die vorteilhaftigerweise als Luftzerlegungsmodul bereitgestellt wird, bezeichnet im Rahmen dieser Anmeldung eine mit verdichteter Luft versorgte Einheit einer LZA, in die verdichtete Luft eingespeist wird. Ein solches Luftzerlegungsmodul ist nur zur Zerlegung dieser verdichtenen Luft, also in der Regel nicht mehr für eine Vorreinigung und/oder eine noch wesentliche Verdichtung derselben, eingerichtet. Eine gewisse Verdichtung von Teilströmen kann jedoch auch noch in dem Luftzerlegungsmodul erfolgen, beispielsweise in mit Expandern gekoppelten Boostern. Ein Luftzerlegungsmodul umfasst zumindest einen Wärmetauscher, darunter den hinlänglich bekannten Hauptwärmetauscher, und das erläuterte Destillationssäulensystem. Je nach Konfiguration können weitere Vorrichtungen, beispielsweise Kondensatorverdampfer, Abscheider, Mischsäulen, Pumpen, Kaltverdichter, Expander und dergleichen umfasst sein. Eine Luftzerlegungseinheit bzw. ein Luftzerlegungsmodul kann beispielsweise auch Vorrichtungen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, umfassen.

[0017] Ein derartiges Luftzerlegungsmodul weist jedoch vorzugsweise selbst keine mit externer Energie angetriebene Maschine zur Verdichtung von Luft auf. Zu diesem Zweck ist vorzugsweise ausschließlich eine Verdichtereinheit vorgesehen und eingerichtet.

[0018] Eine solche "Verdichtereinheit", die vorteilhaftigerweise als Verdichtermodul bereitgestellt wird, ist im Sprachgebrauch dieser Anmeldung eine Einheit, die die Luft für eine Luftzerlegungseinheit bzw. ein Luftzerlegungsmodul in komprimierter Form bereitstellen kann. Sie stellt vorzugsweise die einzige Einheit einer entsprechend erstellten LZA dar, die eine mit externer Energie angetriebene Maschine zur Verdichtung von Luft aufweist. Während in herkömmlichen Anlagen, wie erläutert, hierzu MAC/BAC-Kombinationen zum Einsatz kommen, wird die vorliegende Erfindung vorzugsweise unter Verwendung von Hochdruckverfahren bzw. Hochdruckverdichtern (High Air Pressure, HAP) realisiert, wie unten näher erläutert. Ein Verdichtermodul kann auch geeignete Vorrichtungen zur Aufreinigung der eingesetzten Luft wie Filter und/oder Molekularsiebadsorber umfassen und/oder an diese angebunden werden.

[0019] LZA der eingangs genannten Art weisen regelmäßig auch eine Vorkühlvorrichtung auf, in der die verdichtete Einsatzluft stromaufwärts einer entsprechenden Reinigungsvorrichtung durch direkten

oder indirekten Wärmeaustausch, beispielsweise mit Kühlwasser, abgekühlt wird, um die Verdichtungswärme zu entfernen. Auch eine entsprechende Vor kühlvorrichtung kann von einem erläuterten Verdichtermodul umfasst sein und/oder an dieses angebunden werden.

[0020] Vorzugsweise umfasst, wie erläutert, das Verdichtermodul die einzige mit externer Energie angetriebene Maschine zur Verdichtung von Luft einer entsprechend erstellten LZA dar. Unter einer "einzigem Maschine" wird hier beispielsweise ein einstufiger oder mehrstufiger Verdichter verstanden, dessen Stufen alle mit dem gleichen Antrieb verbunden sind, wobei alle Stufen in demselben Gehäuse untergebracht oder mit demselben Getriebe verbunden sind. In diesem Luftverdichter wird vorzugsweise die gesamte Einsatzluft auf einen Druck verdichtet, der beispielsweise deutlich über dem dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule liegt, wie unten erläutert.

[0021] Die Erfindung schlägt ein Verfahren zur Erstellung einer LZA vor, bei dem auf Grundlage wenigstens einer Produktvorgabe, die die LZA erfüllen soll, aus einem bereitgestellten Modulsatz von gegebenenfalls weiter konfigurierbaren Luftzerlegungsmodulen mit unterschiedlichen Druckluftanforderungen ein Luftzerlegungsmodul ausgewählt und mit einem ebenfalls bereitgestellten Verdichtermodul, das die Druckluftanforderungen aller Luftzerlegungs module des Modulsatzes erfüllen kann, gekoppelt wird.

[0022] Eine "Produktvorgabe" stellt eine Anforderung an eine zu erstellende LZA dar, die diese bedienen können muss. Beispielsweise kann eine Produktvorgabe einen zu erzielenden Produktsplit zwischen flüssigen und gasförmigen Sauerstoff- und/oder Stickstoffprodukten und/oder deren erforderlicher Reinheit und/oder eine Vorgabe bezüglich eines Gesamtdurchsatzes der Anlage darstellen. Wie erläutert, richtet sich die Konfiguration einer LZA, und damit eines erfindungsgemäß verwendbaren Luftzerlegungsmoduls, nach den zu erzeugenden Produkten, deren Menge, deren Aggregatzustand und der erforderlichen Reinheit. Diese Produktvorgaben erfordern ihrerseits aufgrund der unterschiedlichen Ausführung der LZA bzw. ihrer Luftzerlegungseinheit oder eines entsprechenden Luftzerlegungsmoduls bei herkömmlichen MAC/BAC-Verfahren jeweils unterschiedlichen Luftpunkten und/oder Luftpunktenverhältnisse bei den unterschiedlichen Drücken. Diese Anforderungen werden im Rahmen dieser Anmeldung als "Druckluftanforderungen" bezeichnet.

[0023] Das erfindungsgemäß verwendete Verdichtermodul kann, wie erläutert, vorzugsweise alle möglichen Druckluftanforderungen aller Luftzerlegungsmodulen eines verwendeten Modulsatzes von Luftzerlegungsmodulen erfüllen. Hierzu sind das Verdichtermodul und die Luftzerlegungsmodule vorteil-

hafterweise so konfiguriert, dass sich hiermit eine LZA erstellen lässt, die mit einem HAP-Verfahren betrieben wird.

[0024] Entsprechende HAP-Verfahren in unterschiedlichen Ausführungsformen und weitere Aspekte sind bekannt aus WO 2007/104449 A1 (entspricht US 2009/188280 A1), DE 10 2007 014 643 A1, EP 2 015 012 A2 (US 2009/064714 A1), DE 20 2009 010 874 U1, WO 2011/110301 A2, EP 2 466 236 A1 (US 2012/131952 A1), EP 2 469 205 A1, US 5 398 514 A, EP 0 504 029 B1 (US 5 329 776 A), EP 0 611 218 B1 (US 5 426 947 A), US 5 475 980 A, WO 2004/099690 A1 (US 2009/078001 A1) und WO 2004/099691 A1 (US 2006/277944 A1).

[0025] In HAP-Verfahren wird die gesamte der LZA zugeführte Luft auf einen Druck oberhalb des erläuterten Betriebsdrucks der Hochdrucksäule verdichtet, der nachfolgend auch als "Einspeisedruck" bezeichnet wird. Bei HAP-Verfahren ist dieser Einspeisedruck, auf den die gesamte der LZA zugeführte Luft verdichtet wird, "deutlich höher" als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule. Dies bedeutet hier, dass die Druckdifferenz zwischen dem Einspeisedruck und dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule nicht nur dem natürlichen Druckabfall durch Leitungen, Wärmetauscher und andere Apparate entspricht, sondern mindestens 1 bar, insbesondere mindestens 3 bar, vorzugsweise mindestens 5 bar beträgt. Die Druckdifferenz zwischen dem Einspeisedruck und dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule beträgt beispielsweise 5 bis 25 bar oder 7 bis 15 bar. Ein entsprechendes Verdichtermodul kann beispielsweise dafür eingerichtet sein, Druckluft mit einem Druck von 11 bis 30 bar, insbesondere von 16 bis 22 bar, bereitzustellen.

[0026] Ein erfindungsgemäßes einsetzbares Verdichtermodul kann entsprechende Druckluftanforderungen bedienen. Die Leistung kann über die externe Energiezufuhr eingestellt werden. Bei geringem oder fehlendem Bedarf an flüssigen Produkten, und damit bei einer Auswahl eines entsprechenden Luftzerlegungsmoduls, kann ein erfindungsgemäßes einsetzbares Verdichtermodul damit auch nur geringere Drücke liefern.

[0027] Wie erläutert, erfordern unterschiedliche Produktvorgaben gegebenenfalls unterschiedliche Anforderungen an die verwendeten Anlagenkonzepte. Im Folgenden werden rein beispielhaft und ohne Einschränkung der Allgemeinheit entsprechende Anlagenkonzepte vorgestellt und erläutert. Hierbei wird insbesondere auf Doppel- bzw. Zweisäulenverfahren Bezug genommen, die Erfindung kann jedoch auch mit anderen Destillationssäulensystemen verwendet werden. Die Verfahren können durch die Auswahl eines entsprechenden Luftzerlegungsmoduls aus ei-

nem Modulsatz und die Anbindung an das verwendbare Verdichtermodul, das alle die Druckluftanforderungen aller Luftzerlegungsmodule des Modulsatzes erfüllen kann, realisiert werden. Die Erfindung ermöglicht daher eine besonders einfache, kostengünstige und rasche Erstellung von Luftzerlegungsanlagen und erlaubt hinsichtlich des Verdichtermoduls eine weitgehende Serienfertigung mit entsprechenden Kostenvorteilen.

[0028] In entsprechenden Luftzerlegungsmodulen wird die verdichtete Luft beispielsweise auf eine Temperatur nahe ihrem Taupunkt abgekühlt und bei entsprechendem Druck in die Hochdrucksäule eingespeist. In einem HAP-Verfahren wird die Luft dabei, weil sie zunächst bei höherem Druck vorliegt, zumindest zum Teil auf den Betriebsdruck der Hochdrucksäule entspannt. In einem Kopfbereich der Hochdrucksäule reichert sich Stickstoff in der Gasphase, in einem Bodenbereich Sauerstoff in der Flüssigphase an.

[0029] Eine aus dem Kopfbereich der Hochdrucksäule entnommene stickstoffreiche Fraktion wird in einem Hauptkondensator gegen eine in einem Bodenbereich der Niederdrucksäule verdampfende sauerstoffreiche Fraktion kondensiert. Diese sauerstoffreiche Fraktion wird aus dem Bodenbereich der Hochdrucksäule entnommen und unter entsprechender Entspannung in die Niederdrucksäule eingespeist. Das erhaltene Kondensat wird teilweise als Rücklauf in die Hochdrucksäule und teilweise, nach Unterkühlung, in einen Kopfbereich der Niederdrucksäule eingespeist. Weitere Anteile können als Flüssigstickstoffprodukte entnommen werden. Aus dem Bodenbereich der Niederdrucksäule kann ein Sauerstoffprodukt, aus dem Kopfbereich können weitere Stickstoffprodukte entnommen werden.

[0030] Beispielsweise kann ein gasförmiges Drucksauerstoffprodukt gewonnen werden, indem ein flüssiger sauerstoffreicher Strom einem Destillationssäulensystem zur Trennung von Sauerstoff und Stickstoff entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht und unter diesem erhöhten Druck durch indirekten Wärmeaustausch verdampft oder, bei überkritischem Druck, pseudoverdampft wird.

[0031] Derartige Verfahren, auch als Innenverdichtungsverfahren bezeichnet, sind beispielsweise bekannt aus DE 830 805 C, DE 901 542 C (US 2 712 738 A und US 2 784 572 A), DE 952 908 C, DE 1 103 363 B (US 3 083 544 A), DE 1 112 997 B (US 3 214 925 A), DE 1 124 529 B, DE 1 117 616 B (US 3 280 574 A), DE 1 226 616 B (US 3 216 206 A), DE 1 229 561 B (US 3 222 878 A), DE 1 199 293 B, DE 1 187 248 B (US 3 371 496 A), DE 1 235 347 B, DE 1 258 882 B (US 3 426 543 A), DE 1 263 037 B (US 3 401 531 A), DE 1 501 722 U (US 3 416 323 A), DE 1 501 723 U (US 3 500 651 A), DE 25 35 132 A1

(US 4 279 631), DE 26 46 690 A1, EP 0 093 448 B1 (US 4 555 256 A), EP 0 384 483 B1 (US 5 036 672 A), EP 0 505 812 B1 (US 5 263 328 A), EP 0 716 280 B1 (US 5 644 934 A), EP 0 842 385 B1 (US 5 953 937 A), EP 0 758 733 B1 (US 5 845 517 A), EP 0 895 045 B1 (US 6 038 885 A), DE 198 03 437 A1, EP 0 949 471 B1 (US 6 185 960 B1), EP 0 955 509 A1 (US 6 196 022 B1), EP 1 031 804 A1 (US 6 314 755 B1), DE 199 09 744 A1, EP 1 067 345 A1 (US 6 336 345 B1), EP 1 074 805 A1 (US 6 332 337 B1), DE 199 54 593 A1, EP 1 134 525 A1 (US 6 477 860 B1), DE 100 13 073 A1, EP 1 139 046 A1, EP 1 146 301 A1, EP 1 150 082 A1, EP 1 213 552 A1, DE 101 15 258 A1, EP 1 284 404 A1 (US 2003/051504 A1), EP 1 308 680 A1 (US 6 612 129 B2), DE 102 13 212 A1, DE 102 13 211 A1, EP 1 357 342 A1 oder DE 102 38 282 A1.

[0032] Die Innenverdichtung des sauerstoffreichen Stroms hat gegenüber der Verdichtung im gasförmigen Zustand unter anderem den Vorteil geringerer Apparatekosten. Die Erwärmung und Verdampfung des flüssigen sauerstoffreichen Stroms erfolgt durch Wärmetausch gegen einen Teil der eingesetzten Luft. In entsprechenden Anlagen sind jedoch entweder signifikant höhere Drücke zumindest eines Teils der eingesetzten Luft oder größere Luftmengen erforderlich als für die Erwärmung von gasförmigen Strömen. Die Anforderungen an die Verdichter erhöhen sich hierdurch signifikant.

[0033] Ein erfindungsgemäß zur Erstellung einer LZA verwendbares Verdichtermodul kann jedoch diese Druckluftanforderungen bedienen, eine aufwendige Bereitstellung einer spezifisch angepassten MAC/BAC-Kombination ist nicht erforderlich. Dies gilt selbst dann, wenn ein Teil des flüssigen sauerstoffreichen Stroms der Anlage in flüssiger Form entnommen wird, und bei einer Veränderung eines Produkt-splits.

[0034] Außerdem kann ein Luftzerlegungsmodul beispielsweise zur Innenverdichtung von Stickstoff eingerichtet sein, bei der ein flüssiger stickstoffreicher Strom aus dem Destilliersäulensystem entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht, unter diesem erhöhten Druck im Hauptwärmetauscher verdampft oder pseudoverdampft, auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als gasförmiger Stickstoffproduktstrom abgezogen wird.

[0035] Auch können LZA mit sogenannten Mischsäulen eingesetzt werden, wie sie beispielsweise in EP 0 531 182 A1, EP 0 697 576 A1, EP 0 698 772 A1, EP 1 139 046 A1, DE 101 39 727 A1, DE 102 28 111 A1, DE 199 51 521 A1 und US 5 490 391 A näher erläutert sind. In derarti-

gen LZA kann ein gasförmiges Drucksauerstoffprodukt mit geringerem Energieaufwand, aber mit geringerem Reinheitsgrad gewonnen werden. Ein erfindungsgemäß zur Erstellung einer LZA verwendbares Verdichtermodul kann auch die dort vorliegenden Druckluftanforderungen bedienen.

[0036] Die vorliegende Erfindung ermöglicht damit eine vereinfachte Erstellung entsprechender LZA, beispielsweise von LZA mit Innenverdichtung, insbesondere von LZA, denen flüssige und gasförmige Produkte entnommen werden.

[0037] Ein Grundgedanke der vorliegenden Erfindung ist, mit anderen Worten und wie zuvor bereits erläutert, die Erstellung einer Luftzerlegungsanlage mit einem standardisierten bzw. modularisierten Verdichtermodul. Dieses Verdichtermodul ermöglicht es, in beliebigen Luftzerlegungsanlagen jeweils nahezu beliebig unterschiedliche Produktsplits bereitzustellen. Es ist nicht nur auf eng definierte Produktvorgaben oder Anlagentypen beschränkt sondern, als HAP-Modul, für Anlagen mit unterschiedlichsten Anforderungen ohne aufwendige Anpassung einsetzbar. Die erfindungsgemäße Lösung stellt damit ein Verfahren zur Erstellung von universell einsetzbaren Verdichtern für verschiedene Luftzerlegungsanlagen zur Verfügung. Ein identischer, jedoch unterschiedlich ansteuerbarer Verdichter kann für unterschiedliche Anlagen entsprechend der Produktvorgaben eingesetzt werden. Die erstellten Luftzerlegungsanlagen sind gleichwohl individuell an die jeweiligen Anforderungen anpassbar. Eine Anpassung ist möglich, weil das Verdichtermodul einen breiten Bereich an Druckluftanforderungen abdecken kann.

[0038] Wie eingangs erwähnt, muss beispielsweise für Drücke unterhalb des kritischen Punkts, wie sie in einem flüssigen Sauerstoffprodukt nach der Innenverdichtung vorliegen, der Druck der zur Erwärmung verwendeten Luft signifikant höher sein als für die Erwärmung eines gasförmigen Stroms, um einen effizienten Wärmetausch sicherzustellen. Dies bedeutet aber gleichzeitig, dass auch die Menge der zur Erwärmung verwendeten Luft entsprechend an die Menge des flüssigen Sauerstoffprodukts nach der Innenverdichtung angepasst werden muss. Herkömmlicherweise sind die verwendeten Nachverdichter, die zur Bereitstellung der höher verdichteten Einsatzluft vorgesehen sind, aber stets auf einen bestimmten Durchsatz angepasst und spezifisch hierfür ausgewählt. Eine Veränderung der Mengen an zu Drucksauerstoff ist damit nur schwer möglich, weil der verwendete Nachverdichter ausgetauscht werden muss.

[0039] In herkömmlichen Luftzerlegungsanlagen definieren letztlich die insgesamt erzeugten Produktmengen die erforderliche Kapazität und Leistungsfähigkeit des Hauptverdichters, weil dieser die Gesamtmenge der erforderlichen Einsatzluft liefern können

muss. Die erforderliche Leistungsfähigkeit des Nachverdichters definiert sich hingegen im Wesentlichen über die Innenverdichtung, d. h. die dort umgesetzten Sauerstoffmengen und vorliegenden Sauerstoffdrücke, aber auch ggf. über andere der Anlage entnommene Flüssigprodukte. Hierauf müssen herkömmlicherweise ein Verdichter oder eine MAC/BAC-Kombination abgestimmt werden. Die Erfindung ermöglicht hingegen eine weitgehende Modularisierung ohne aufwendige Anpassung.

[0040] Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung ist die Verwendung eines HAP-Verfahrens anstatt des MAC/BAC-Verfahrens. Dies ermöglicht die Verwendung eines einzigen Verdichtermoduls (gewissermaßen in Form eines höher verdichtenden MAC), das die gesamte Energie aufbringt, die herkömmlicherweise von MAC und BAC aufgebracht wird. Bis zu einem bestimmten Verhältnis von flüssigen zu gasförmigen Produkten als Produktanforderung verdichtet dieses Verdichtermodul nur die Prozessluft. Die Leistungsaufnahme variiert entsprechend dem verwendeten Enddruck. Idealerweise überschreitet dieser 23 bar nicht, in Einzelfällen kann, mit zusätzlichen Kosten, aber auch ein höherer Druck verwendet werden.

[0041] Bei höheren Verhältnissen von flüssigen zu gasförmigen Produkten als Produktanforderung, ausgedrückt beispielsweise als entsprechender LIQ-Wert ($LIQ = 1,08 \times \text{Flüssigsauerstoff} + \text{Flüssigstickstoff} + 0,92 \times \text{Flüssigargon}$) von mehr als 0,3 bis 0,4, wird über das Verdichtermodul eine zusätzliche Luftmenge verdichtet. Diese zusätzliche Luftmenge wird über eine Turbine im Luftzerlegermodul kälteleistend entspannt, so dass die zusätzliche Kälteanforderung aufgrund der erhöhten Produktanforderung bezüglich flüssiger Produkte gedeckt werden kann. Hierdurch wird die Prozessluftanforderung gewissermaßen entkoppelt. Hierdurch können Produktanforderungen, ausgedrückt beispielsweise als LIQ-Werte, von bis zu 1,5 bedient werden. Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch umfassen, Stickstoff aus der Hochdrucksäule zu entspannen.

[0042] Mit einunddemselben Verdichtermodul können in einer erfindungsgemäß erstellten LZA beispielsweise bei Verwendung eines ersten Luftzerlegungsmoduls 6.400 Nm³/h gasförmiger, innenverdichteter Sauerstoff (GOX IC) mit 30 bar, 3.000 Nm³/h Flüssigsauerstoff (LOX), 7.400 Nm³/h Flüssigstickstoff (LIN) und 350 Nm³/h Flüssigargon (LAR), oder aber bei Verwendung eines zweiten, anderen Luftzerlegungsmoduls 9.500 Nm³/h GOX IC mit 25 bar, 3.200 Nm³/h LOX, 2.600 Nm³/h LIN und 450 Nm³/h LAR erzeugt werden. Das Verdichtermodul verdichtet dabei ca. 76.000 Nm³/h Luft auf 21 bar. Bei einem niedrigeren Verdichterdruck von ca. 17 bar kann beispielsweise ein drittes, nochmals unterschiedliches Luftzerlegungsmodul 15.200 Nm³/h GOX IC bei 30

bara liefern. Die Einheit Nm^3/h bezeichnet Normkubikmeter pro Stunde.

[0043] Die erfindungsgemäß erstellten LZA können beispielsweise 100 bis 400 Tagestonnen flüssigen Sauerstoffs und Stickstoffs (Summenparameter) und/oder 0 bis 16000 Nm^3/h Drucksauerstoff bei 15 bis 30 bar in unterschiedlichen Produktsplits bei einer Gesamtluftmenge von 83000 Nm^3/h als Produktanforderungen bedienen. Hierdurch kann mit nur einem standardisierten Verdichtermodul ein sehr breites Produktportfolio abgedeckt werden. Die Erfindung kann auch seitens der Luftzerlegungsmodul eine gewisse Anpassung an das Verdichtermodul umfassen.

[0044] Die Wahl eines Hochdruckverfahrens mit verschiedenen Kältekreisläufen und Coldboxkapazitäten im Luftzerlegermodul erlaubt damit, mit anderen Worten, die Verwendung ein und desselben Verdichtermoduls, solange der Gesamtenergiebedarf des Produktsplits gleich bleibt und/oder eine entsprechende Anpassung möglich ist.

[0045] Eine erfindungsgemäß erstellte LZA zeichnet sich durch ein erläutertes Verdichtermodul aus, das sich grundsätzlich auch für andere Luftzerlegungsmodul verwenden lässt. Ein entsprechender Austausch von Luftzerlegungsmodulen, beispielsweise zur Bereitstellung unterschiedlicher Produktsplits, ist damit ohne weiteres möglich. In gleicher Weise kann ein Verdichtermodul ausgetauscht werden. Hierdurch ergeben sich insgesamt auch bezüglich der erstellten LZA die erläuterten Vorteile, auf die daher ausdrücklich verwiesen werden kann.

[0046] Das Verdichtermodul liefert erfindungsgemäß eine Luftmenge, die unterschiedlichste Luftzerlegungsmodul bedienen kann. Über ein Betriebsverfahren für eine erfindungsgemäß erstellte LZA kann der Druckluftbedarf des verwendeten Luftzerlegungsmoduls zusätzlich in gewissem Umfang derart gesteuert werden, dass der Druckluftbedarf der durch das Verdichtermodul bereitstellbaren Luftmenge entspricht. Gegebenenfalls können auch die Produktanforderungen angepasst werden. Dies erweist sich jedoch als sehr viel praktischer und kostengünstiger als die herkömmlicherweise erforderliche Anpassung des Verdichters und erfordert keine nennenswerten Umbauten.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0047] Weitere Details der Erfindung sind in der beigefügten Figur dargestellt und werden unter Bezugnahme auf die Figur näher erläutert.

[0048] **Fig. 1** veranschaulicht Aspekte von Ausführungsformen der Erfindung.

Ausführungsformen der Erfindung

[0049] In **Fig. 1** ist ein Modulsatz **1** schematisch gezeigt, der mehrere, im dargestellten Beispiel drei, Luftzerlegungsmodul **11**, **12** und **13** umfasst. Die Erfindung ist jedoch nicht auf drei Luftzerlegungsmodul **11**, **12** und **13** oder die Luftzerlegungsmodul in der dargestellten Konfiguration beschränkt, sondern kann mit allen Luftzerlegungsmodulen verwendet werden, die durch ein Verdichtermodul versorgt werden können.

[0050] Die Luftzerlegungsmodul **11**, **12** und **13** sind stark schematisiert dargestellt. Als gemeinsame Komponenten sind ein Destillationssäulensystem **S** und ein Hauptwärmetauscher **X** dargestellt. Auf die Darstellung vorhandener Leitungen, Vorrichtungen wie beispielsweise Kondensatorverdampfer, Abscheider, Mischsäulen, Pumpen, Kaltverdichter, Expander und dergleichen wurde verzichtet. Entsprechende Luftzerlegungsmodul **11**, **12** und **13** können auch Vorrichtungen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, umfassen.

[0051] Den Luftzerlegungsmodul **11**, **12** und **13** wird, wie durch entsprechende Pfeile veranschaulicht, jeweils Luft **AIR** zugeführt. Die Dicke der Pfeile entspricht dabei stark schematisiert der Menge und/oder dem Druck der eingespeisten Luft **AIR**.

[0052] Als Produkte der Luftzerlegungsmodul **11**, **12** und **13**, und damit entsprechend erstellter LZA, sind nur gasförmiger Sauerstoff **GOX** und Flüssigsauerstoff **LOX** dargestellt. Die Dicke der entsprechenden Pfeile entspricht dabei der jeweils entnommenen Menge. Die Luftzerlegungsmodul können jedoch jederzeit auch zur Gewinnung von beispielsweise gasförmigem Stickstoff **GAN** und Flüssigstickstoff **LIN** und/oder weiterer gasförmiger und/oder flüssiger Sauerstoff- und Stickstofffraktionen, beispielsweise auch mit unterschiedlichen Reinheiten und/oder unterschiedlichen Drücken, eingerichtet sein. Werden weitere Luftkomponenten, insbesondere die Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, gewonnen, werden auch diese entsprechenden Luftzerlegungsmodul **11**, **12** und **13** in Form von Produkten entnommen.

[0053] Das Luftzerlegungsmodul **11** ist zur Durchführung eines HAP-Verfahrens eingerichtet und für die Flüssigproduktion von **LOX** sowie ggf. auch von weiteren Flüssigprodukten wie Flüssigstickstoff **LIN** und Flüssigargon **LAR** ausgebildet. Dies erfordert vergleichsweise hohe Drücke der eingesetzten Luft **AIR**.

[0054] Das Luftzerlegungsmodul **12** ist nur zur Abgabe gasförmigen Sauerstoffs **GOX** eingerichtet und weist zur Innenverdichtung eine Pumpe **P** auf. Die

Innenverdichtung eines sauerstoffreichen Stroms hat gegenüber der Verdichtung im gasförmigen Zustand wie in dem Luftzerlegungsmodul **12** unter anderem den Vorteil geringerer Apparatekosten. Die Erwärmung und Verdampfung des flüssigen sauerstoffreichen Stroms erfolgt durch Wärmetausch gegen einen Teil der eingesetzten Luft AIR. In dem Luftzerlegungsmodul **12** ist jedoch ein etwas niedrigerer Druck der der eingesetzten Luft erforderlich. Das Luftzerlegungsmodul **12** wird mit einem erläuterten HAP-Verfahren betrieben, wie zuvor erläutert, wobei die auf einen höheren Druck eingespeiste Luft AIR auf den Betriebsdruck einer Hochdrucksäule des Destillationssäulensystems S entspannt wird.

[0055] Das Luftzerlegungsmodul **13** ist in dem dargestellten Beispiel vergleichbar ausgebildet wie das Luftzerlegungsmodul **12**, jedoch auch zur Abgabe eines erheblichen Anteils von flüssigem Sauerstoff LOX und ggf. Flüssigstickstoff LIN eingerichtet. Dies bedingt, wie mehrfach erläutert, aufgrund der hierdurch dem System entnommenen Kältemenge einen erhöhten Druckluftbedarf gegenüber der Anlage **12**.

[0056] Ein ebenfalls dargestelltes Verdichtermodul **2** ist so ausgebildet, dass es sämtliche Druckluftanforderungen der erläuterten Luftzerlegungsmodule **11**, **12** und **13**, sowie weiterer nicht dargestellter Luftzerlegungsmodule erfüllen kann. Die Leistung des Verdichtermoduls **2** wird über die Menge der extern zugeführten Energie E eingestellt.

[0057] Das Verdichtermodul **2** stellt die einzige mit externer Energie angetriebene Maschine zur Verdichtung von Luft einer entsprechend erstellten LZA dar. Es weist im dargestellten Beispiel einen dreistufigen Verdichter **21** mit drei Verdichterstufen C1, C2 und C3 auf. Diese Anzahl stellt jedoch nur ein Beispiel dar, in realen Anwendungsfällen sind beispielsweise Verdichter mit fünf Verdichterstufen C1–C5 üblich.

[0058] Die Verdichterstufen C1, C2 und C3 können alle mit dem gleichen Antrieb (nicht dargestellt) verbunden sein und in demselben Gehäuse untergebracht oder mit demselben Getriebe verbunden sein. In diesem Verdichtermodul **2** wird vorzugsweise die gesamte Einsatzluft auf einen Druck verdichtet, der beispielsweise deutlich über dem dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule des Destillationssäulensystems S der Luftzerlegungsmodule **11**, **12** und **13** liegt. Auch Einrichtungen zur Zwischen- und Nachkühlung und weitere Einrichtungen **4** und **5**, beispielsweise Kühl- und Reinigungseinrichtungen können vorgesehen sein.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2007/104449 A1 [0024]
- US 2009/188280 A1 [0024]
- DE 102007014643 A1 [0024]
- EP 2015012 A2 [0024]
- US 2009/064714 A1 [0024]
- DE 202009010874 U1 [0024]
- WO 2011/110301 A2 [0024]
- EP 2466236 A1 [0024]
- US 2012/131952 A1 [0024]
- EP 2469205 A1 [0024]
- US 5398514 A [0024]
- EP 0504029 B1 [0024]
- US 5329776 A [0024]
- EP 0611218 B1 [0024]
- US 5426947 A [0024]
- US 5475980 A [0024]
- WO 2004/099690 A1 [0024]
- US 2009/078001 A1 [0024]
- WO 2004/099691 A1 [0024]
- US 2006/277944 A1 [0024]
- DE 830805 C [0031]
- DE 901542 C [0031]
- US 2712738 A [0031]
- US 2784572 A [0031]
- DE 952908 C [0031]
- DE 1103363 B [0031]
- US 3083544 A [0031]
- DE 1112997 B [0031]
- US 3214925 A [0031]
- DE 1124529 B [0031]
- DE 1117616 B [0031]
- US 3280574 A [0031]
- DE 1226616 B [0031]
- US 3216206 A [0031]
- DE 1229561 B [0031]
- US 3222878 A [0031]
- DE 1199293 B [0031]
- DE 1187248 B [0031]
- US 3371496 A [0031]
- DE 1235347 B [0031]
- DE 1258882 B [0031]
- US 3426543 A [0031]
- DE 1263037 B [0031]
- US 3401531 A [0031]
- DE 1501722 U [0031]
- US 3416323 A [0031]
- DE 1501723 U [0031]
- US 3500651 A [0031]
- DE 2535132 A1 [0031]
- US 4279631 [0031]
- DE 2646690 A1 [0031]
- EP 0093448 B1 [0031]
- US 4555256 A [0031]
- EP 0384483 B1 [0031]
- US 5036672 A [0031]
- EP 0505812 B1 [0031]
- US 5263328 A [0031]
- EP 0716280 B1 [0031]
- US 5644934 A [0031]
- EP 0842385 B1 [0031]
- US 5953937 A [0031]
- EP 0758733 B1 [0031]
- US 5845517 A [0031]
- EP 0895045 B1 [0031]
- US 6038885 A [0031]
- DE 19803437 A1 [0031]
- EP 0949471 B1 [0031]
- US 6185960 B1 [0031]
- EP 0955509 A1 [0031]
- US 6196022 B1 [0031]
- EP 1031804 A1 [0031]
- US 6314755 B1 [0031]
- DE 19909744 A1 [0031]
- EP 1067345 A1 [0031]
- US 6336345 B1 [0031]
- EP 1074805 A1 [0031]
- US 6332337 B1 [0031]
- DE 19954593 A1 [0031]
- EP 1134525 A1 [0031]
- US 6477860 B1 [0031]
- DE 10013073 A1 [0031]
- EP 1139046 A1 [0031, 0035]
- EP 1146301 A1 [0031]
- EP 1150082 A1 [0031]
- EP 1213552 A1 [0031]
- DE 10115258 A1 [0031]
- EP 1284404 A1 [0031]
- US 2003/051504 A1 [0031]
- EP 1308680 A1 [0031]
- US 6612129 B2 [0031]
- DE 10213212 A1 [0031]
- DE 10213211 A1 [0031]
- EP 1357342 A1 [0031]
- DE 10238282 A1 [0031]
- EP 0531182 A1 [0035]
- EP 0697576 A1 [0035]
- EP 0698772 A1 [0035]
- DE 10139727 A1 [0035]
- DE 10228111 A1 [0035]
- DE 19951521 A1 [0035]
- US 5490391 A [0035]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Hausen, Helmuth; Linde, Hermann: Tieftemperaturtechnik – Erzeugung sehr tiefer Temperaturen, Gasverflüssigung und Zerlegung von Gasgemischen. 2. Aufl. Berlin: Springer, 1985 [0003]
- Kerry, Frank G.: Industrial Gas Handbook – Gas Separation and Purification. Boca Raton: CRC Press, 2006 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage, bei dem auf Grundlage wenigstens einer Produktvorgabe aus einem Modulsatz (1) von Luftzerlegungsmodulen (11, 12, 13) mit unterschiedlichen Druckluftanforderungen ein Luftzerlegungsmodul (11, 12, 13) ausgewählt und zumindest mit einem Verdichtermodul (2), das die Druckluftanforderungen aller Luftzerlegungsmodule (11, 12, 13) des Modulsatzes (1) von Luftzerlegungsmodulen (11, 12, 13) erfüllen kann, gekoppelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem jedes der Luftzerlegungsmodule (11, 12, 13) des Modulsatzes (1) von Luftzerlegungsmodulen (11, 12, 13) ein Destillationssäulensystem (S) mit einer bei einem Betriebsdruck betreibbaren Hochdrucksäule aufweist, wobei das Verdichtermodul (2) Druckluft (AIR) mit einem Druck bereitstellen kann, die oberhalb des Betriebsdrucks der Hochdrucksäule liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Betriebsdruck der Hochdrucksäule 4 bis 8 bar abs., insbesondere 5 bis 8 bar abs., beträgt und das Verdichtermodul (2) dafür eingerichtet ist, Druckluft (AIR) mit einem Druck von 11 bis 30 bar abs, insbesondere von 16 bis 22 bar abs. bereitzustellen.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Verdichtermodul dafür eingerichtet ist, eine Luftmenge von 8.000 bis 400.000 Normkubikmetern pro Stunde bereitzustellen.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem nur das Verdichtermodul (2) eine mit externer Energie (E) angetriebene Maschine (21, 22, 23) zur Verdichtung von Luft (AIR) aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem zumindest zwei der Luftzerlegungsmodulen (11, 12, 13) dafür eingerichtet sind, unterschiedliche und/oder variable Anteile flüssiger und gasförmiger Stickstoff- und/oder Sauerstoffprodukte (LOX, GOX) bereitzustellen.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem zumindest eines der Luftzerlegungsmodulen (11, 12, 13) zur Innenverdichtung eines sauerstoffreichen Stroms eingerichtet ist.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem zumindest das Verdichtermodul (2) eine Kühl- und/oder Reinigungsvorrichtung (3, 4) zur Kühlung und/oder Reinigung von Luft (AIR) aufweist.

9. Luftzerlegungsanlage, die nach einem Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche erstellt wurde, und die ein Verdichtermodul (2) und ein aus einem Modulsatz (1) von Luftzerlegungsmodu-

len (11, 12, 13) mit unterschiedlichen Druckluftanforderungen ausgewähltes Luftzerlegungsmodul (11, 12, 13) aufweist, wobei das Verdichtermodul (2) die Druckluftanforderungen des ausgewählten Luftzerlegungsmoduls (11, 12, 13) und aller anderen Luftzerlegungsmodule (11, 12, 13) des Modulsatzes (1) von Luftzerlegungsmodulen (11, 12, 13) erfüllen kann.

10. Luftzerlegungsanlage nach Anspruch 9, bei der das ausgewählte Luftzerlegungsmodul (11, 12, 13) ein Destillationssäulensystem (S) mit einer Hochdrucksäule aufweist, die dazu eingerichtet ist, mit einem Betriebsdruck betrieben zu werden, wobei das Verdichtermodul (2) dazu eingerichtet ist, Luft (AIR) mit einem Druck von 11 bis 30 bar abs, insbesondere von 16 bis 22 bar abs. bereitzustellen.

11. Verfahren zum Betreiben einer Luftzerlegungsanlage nach Anspruch 9 oder 10, das umfasst, die Druckluftanforderung und/oder die wenigstens eine Produktvorgabe des ausgewählten Luftzerlegungsmoduls (11, 12, 13) durch eine Ansteuerung des Luftzerlegungsmoduls (11, 12, 13) des an den durch das Verdichtermodul (2) bereitstellbare Luftdruck und/oder den durch das Verdichtermodul (2) bereitstellbaren Luftdruck anzupassen.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

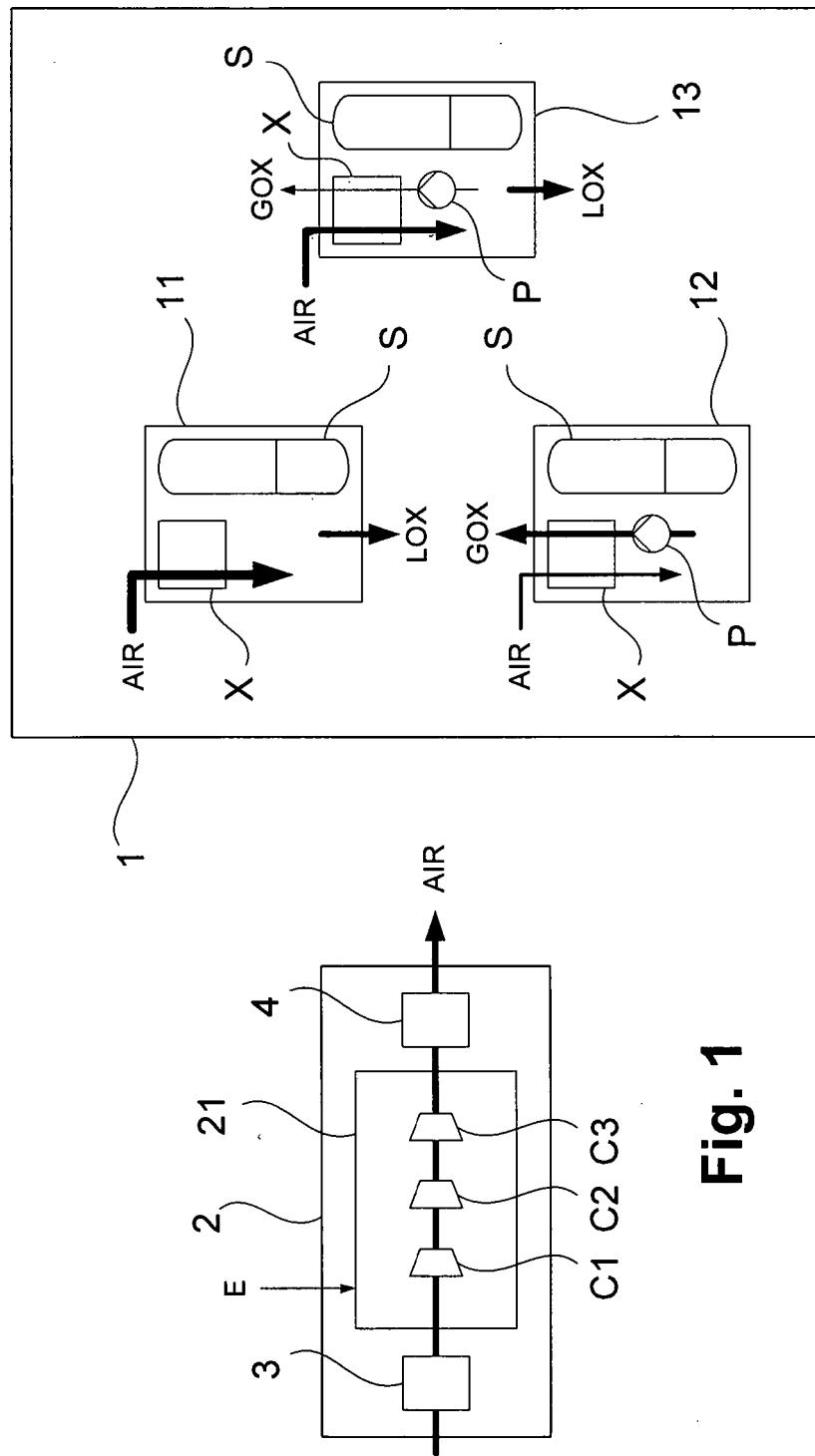


Fig.