



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.02.2020 Patentblatt 2020/09

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

(21) Anmeldenummer: **18020398.6**

(22) Anmeldetag: **22.08.2018**

(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:
KH MA MD TN

(72) Erfinder: **Lochner, Stefan**
85567 Grafing (DE)

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

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

(54) **LUFTZERLEGUNGSANLAGE, VERFAHREN ZUR TIEFTEMPERATURZERLEGUNG VON LUFT UND VERFAHREN ZUR ERSTELLUNG EINER LUFTZERLEGUNGSANLAGE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Luftzerlegungsanlage (100-700) mit vier Trenneinheiten (1-4) in Form einer Hochdrucksäule (1), eines Fußabschnitts (2) einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, des Kopfabschnitts (3) der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule (4), wobei die vier Trenneinheiten (1-4) zumindest zum Teil mittels Leitungen (6) miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren weiteren Apparaten (7, 8) verbunden sind, wobei die Leitungen (6) eine oder mehrere erste Leitungen und mehrere zweite Leitungen umfassen, wobei die eine oder die mehreren ersten Leitungen eine oder mehrere Leitungen, die in einem Kopfbereich des Fußabschnitts (2) der Niederdrucksäule

münden, und/oder eine Leitung, die in einem Gasraum eines Kopfkondensators (5a) der Argongewinnungssäule (4) mündet, ist oder sind. Es ist vorgesehen, dass vertikal verlaufende Abschnitte der zweiten Leitungen zumindest zum Teil in einer Coldbox (20a, 40, 40a) untergebracht sind, die als Säulencoldbox (20a), in der der Kopfabschnitt (3) der Niederdrucksäule angeordnet ist, oder als separate Leitungscoldbox (40, 40a), in der keine der vier Trenneinheiten (1-4) angeordnet ist, ausgebildet ist. Ein entsprechendes Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und ein Verfahren zur Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage (100-700) sind ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

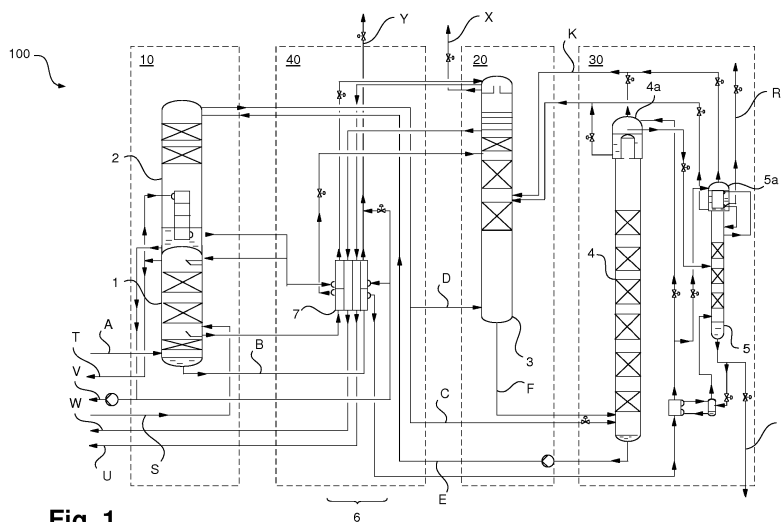


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Luftzerlegungsanlage, ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mittels einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage und ein Verfahren zur Erstellung einer entsprechenden 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] Luftzerlegungsanlagen weisen Rektifikations-säulensysteme auf, die als Zweisäulensysteme, insbesondere als klassische Linde-Doppelsäulensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensysteme ausgebildet sein können. Neben den Rektifikationssäulen zur Gewinnung von Stickstoff und/oder Sauerstoff in flüssigem und/oder gasförmigem Zustand, also den Rektifikationssäulen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, können Rektifikationssäulen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere von Argon, vorgesehen sein.

[0004] Die Rektifikationssäulen der genannten Rektifikationssäulensysteme werden auf unterschiedlichen Druckniveaus betrieben. Bekannte Doppelsäulensysteme weisen eine sogenannte Hochdrucksäule (auch als Drucksäule, Mitteldrucksäule oder untere Säule bezeichnet) und eine sogenannte Niederdrucksäule (auch als obere Säule bezeichnet) auf. Die Hochdrucksäule wird typischerweise auf einem Druckniveau von 4 bis 7 bar, insbesondere ca. 5,3 bar, betrieben. Die Niederdrucksäule wird auf einem Druckniveau von typischerweise 1 bis 2 bar, insbesondere ca. 1,4 bar, betrieben. In bestimmten Fällen können in der Niederdrucksäule auch höhere Druckniveaus eingesetzt werden. Bei den hier und nachfolgend angegebenen Drücken handelt es sich um Absolutdrücke am Kopf der jeweils angegebenen Säulen.

[0005] In bekannten Verfahren und Anlagen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft wird in einem unteren Bereich der Hochdrucksäule eine an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte Flüssigkeit gebildet und aus der Hochdrucksäule abgezogen. Diese Flüssigkeit, die insbesondere auch Argon enthält, wird zumindest zum Teil in die Niederdrucksäule eingespeist und dort weiter aufgetrennt. Sie kann vor der Einspeisung in die Niederdrucksäule zumindest teilweise verdampft werden, wobei ggf. verdampfte und unverdampfte Anteile an unterschiedlichen Positionen in die Niederdrucksäule eingespeist werden können.

[0006] Die vorliegende Erfindung geht von einem Verfahren bzw. einer entsprechenden Anlage aus, in dem bzw. der eine Hoch- und eine Niederdrucksäule verwendet wird. Die Niederdrucksäule ist im Rahmen der vor-

liegenden Erfindung jedoch nicht einteilig ausgebildet, sondern in einen ersten Abschnitt und einen zweiten Abschnitt unterteilt, wobei der erste und der zweite Abschnitt an unterschiedlichen Positionen der Luftzerlegungsanlage und in unterschiedlichen Höhen angeordnet sind und insbesondere in Draufsicht auf eine Säulenlängsachse nicht aufeinander projizieren. Der erste und der zweite Abschnitt der Niederdrucksäule werden jedoch im Rahmen der vorliegenden Erfindung auf einem gemeinsamen Druckniveau betrieben. Die im Rahmen der vorliegenden Erfindung eingesetzte, in zwei Abschnitte unterteilte Niederdrucksäule unterscheidet sich damit von ebenfalls bekannten Anordnungen, bei denen neben der Hoch- und der Niederdrucksäule eine weitere Säule zur Trennung von Stickstoff und Sauerstoff bereitgestellt ist, welche jedoch auf einem Druckniveau betrieben wird, das zwischen den Druckniveaus liegt, auf denen die Hochdrucksäule und die Niederdrucksäule betrieben werden.

[0007] Zur Argongewinnung können Luftzerlegungsanlagen mit Roh- und Reinargonsäulen eingesetzt werden. Ein Beispiel ist bei Häring (s.o.) in Figur 2.3A veranschaulicht und ab Seite 26 im Abschnitt "Rectification in the Low-pressure, Crude and Pure Argon Column" sowie ab Seite 29 im Abschnitt "Cryogenic Production of Pure Argon" beschrieben. Wie dort erläutert, reichert sich Argon in entsprechenden Anlagen in einer bestimmten Höhe in der Niederdrucksäule an. An dieser oder an einer anderen günstigen Stelle, ggf. auch unterhalb des Argonmaximums, kann aus der Niederdrucksäule an Argon angereichertes Gas mit einer Argonkonzentration von typischerweise 5 bis 15 Molprozent abgezogen und in die Rohargonsäule überführt werden. Ein entsprechendes Gas enthält typischerweise ca 0,05 bis 100 ppm Stickstoff und ansonsten im Wesentlichen Sauerstoff. Es sei ausdrücklich betont, dass die angegebenen Werte für das aus der Niederdrucksäule abgezogene Gas lediglich typische Beispielwerte darstellen.

[0008] Die Rohargonsäule dient im Wesentlichen dazu, den Sauerstoff aus dem aus der Niederdrucksäule abgezogenen Gas abzutrennen. Der in der Rohargonsäule abgetrennte Sauerstoff bzw. ein entsprechendes sauerstoffreiches Fluid kann flüssig in die Niederdrucksäule zurückgeführt werden. Der Sauerstoff bzw. das sauerstoffreiche Fluid wird dabei typischerweise mehrere theoretische oder praktische Böden unterhalb der Einspeisestelle für die aus der Hochdrucksäule abgezogene, an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte und ggf. zumindest teilweise verdampfte Flüssigkeit in die Niederdrucksäule eingespeist. Eine bei der Trennung in der Rohargonsäule verbleibende gasförmige Fraktion, die im Wesentlichen Argon und Stickstoff enthält, wird in der Reinargonsäule unter Erhalt von Reinargon weiter aufgetrennt. Die Roh- und die Reinargonsäule weisen Kopfkondensatoren auf, die insbesondere mit einem Teil der aus der Hochdrucksäule abgezogenen, an Sauerstoff angereicherten und an Stickstoff abgereicherten Flüssigkeit gekühlt werden können, welche

bei dieser Kühlung teilweise verdampft. Auch andere Fluide können zur Kühlung eingesetzt werden.

[0009] Grundsätzlich kann in entsprechenden Anlagen auch auf eine Reinargonsäule verzichtet werden, wobei hier typischerweise sichergestellt wird, dass der Stickstoffgehalt am Argonübergang unter 1 ppm liegt. Dies ist jedoch keine zwingende Voraussetzung. Argon gleicher Qualität wie aus einer herkömmlichen Reinargonsäule wird in diesem Fall aus der Rohargonsäule bzw. einer vergleichbaren Säule typischerweise etwas weiter unterhalb als das herkömmlicherweise in die Reinargonsäule überführte Fluid abgezogen, wobei die Böden im Abschnitt zwischen dem Rohargonkondensator, also dem Kopfkondensator der Rohargonsäule, und einem entsprechenden Abzug insbesondere als Sperrböden für Stickstoff dienen. Die vorliegende Erfindung kann mit einer derartigen Anordnung ohne Reinargonsäule zum Einsatz kommen. Da die Rohargonsäule bzw. eine vergleichbare Säule in einer derartigen Anordnung bereits zur Reinargongewinnung und nicht zur Rohargongewinnung dient, wird nachfolgend auch von einer "Argongewinnungssäule" gesprochen. Bei einer Argongewinnungssäule kann es sich um eine herkömmliche Rohargonsäule (die mit oder ohne Reinargonsäule eingesetzt wird) oder um eine entsprechende zur Reinargongewinnung modifizierte Rohargonsäule handeln. Bei der Erstellung von Luftzerlegungsanlagen, die zur Argongewinnung eingerichtet sind, ergeben sich Probleme aufgrund der Dimensionen der verwendeten Säulen. Ein Doppelsäulensystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung herkömmlicher Art kann eine Höhe von beinahe 75 m erreichen. Entsprechende Luftzerlegungsanlagen sind daher kaum mehr vorfertigbar, weil die jeweiligen Komponentengruppen in der Regel nicht mehr über längere Strecken transportiert werden können. Dies bedeutet, dass sie am jeweiligen Zielort erstellt werden müssen. Dies ist aus unterschiedlichen Gründen nachteilig, unter anderem deshalb, weil entsprechendes Personal am Zielort entweder nicht verfügbar oder teuer ist. Der Aufwand zur Erstellung entsprechender Luftzerlegungsanlagen erhöht sich damit signifikant.

[0010] Wünschenswert ist hingegen die weitgehend modularisierte Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage am Fertigungsort. Die einzelnen Komponenten werden dort vorzugsweise bereits in den entsprechenden Coldboxen untergebracht und müssen am Zielort nur noch miteinander verbunden werden. Hierfür können vorteilhafterweise ebenfalls Module, sogenannte Piping Skids, eingesetzt werden.

Offenbarung der Erfindung

[0011] Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Erfindung eine Luftzerlegungsanlage, ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mittels einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage und ein Verfahren zur Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vor.

Bevorzugte Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0012] Vor der Erläuterung der Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden einige Grundlagen der vorliegenden Erfindung näher erläutert und nachfolgend verwendete Begriffe definiert.

[0013] Die in einer Luftzerlegungsanlage eingesetzten Vorrichtungen sind in der zitierten Fachliteratur, beispielsweise bei Häring (s.o.) in Abschnitt 2.2.5.6, "Apparatus", beschrieben. Sofern die nachfolgenden Definitionen nicht hiervon abweichen, wird daher zum Sprachgebrauch, der im Rahmen der vorliegenden Anmeldung verwendet wird, ausdrücklich auf die zitierte Fachliteratur verwiesen.

[0014] Flüssigkeiten und Gase können im hier verwendeten Sprachgebrauch reich oder arm an einer oder an mehreren Komponenten sein, wobei "reich" für einen Gehalt von wenigstens 50%, 75%, 90%, 95%, 99%, 99,5%, 99,9% oder 99,99% und "arm" für einen Gehalt von höchstens 50%, 25%, 10%, 5%, 1%, 0,1% oder 0,01% auf Mol-, Gewichts- oder Volumenbasis stehen kann. Der Begriff "überwiegend" kann der Definition von "reich" entsprechen. Flüssigkeiten und Gase können ferner angereichert oder abgereichert an einer oder mehreren Komponenten sein, wobei sich diese Begriffe auf einen Gehalt in einer Ausgangsflüssigkeit oder einem Ausgangsgas beziehen, aus der oder dem die Flüssigkeit oder das Gas gewonnen wurde. Die Flüssigkeit oder das Gas ist "angereichert", wenn diese oder dieses zumindest den 1,1-fachen, 1,5-fachen, 2-fachen, 5-fachen, 10-fachen 100-fachen oder 1.000-fachen Gehalt, und "abgereichert", wenn diese oder dieses höchstens den 0,9-fachen, 0,5-fachen, 0,1-fachen, 0,01-fachen oder 0,001-fachen Gehalt einer entsprechenden Komponente, bezogen auf die Ausgangsflüssigkeit oder das Ausgangsgas enthält. Ist hier beispielsweise von "Sauerstoff", "Stickstoff" oder "Argon" die Rede, sei hierunter auch eine Flüssigkeit oder ein Gas verstanden, die bzw. das reich an Sauerstoff oder Stickstoff ist, jedoch nicht notwendigerweise ausschließlich hieraus bestehen muss.

[0015] Die vorliegende Anmeldung verwendet zur Charakterisierung von Drücken und Temperaturen die Begriffe "Druckniveau" und "Temperaturniveau", wodurch zum Ausdruck gebracht werden soll, dass entsprechende Drücke und Temperaturen in einer entsprechenden Anlage nicht in Form exakter Druck- bzw. Temperaturwerte verwendet werden müssen, um das erfinderische Konzept zu verwirklichen. Jedoch bewegen sich derartige Drücke und Temperaturen typischerweise in bestimmten Bereichen, die beispielsweise $\pm 1\%$, 5%, 10%, 20% oder sogar 50% um einen Mittelwert liegen. Entsprechende Druckniveaus und Temperaturniveaus können dabei in disjunkten Bereichen liegen oder in Bereichen, die einander überlappen. Insbesondere schließen beispielsweise Druckniveaus unvermeidliche oder zu erwartende Druckverluste ein. Entsprechendes gilt für Temperaturniveaus. Bei den hier in bar angegebenen

Druckniveaus handelt es sich um Absolutdrücke.

[0016] Die Hochdrucksäule und die Niederdrucksäule (bzw. im Rahmen der vorliegenden Erfindung deren erster Abschnitt) einer Luftzerlegungsanlage stehen über einen sogenannten "Hauptkondensator" in wärmetauschender Verbindung. Der Hauptkondensator kann insbesondere in einem unteren (Sumpf-)Bereich der Niederdrucksäule (bzw. hiervon deren erstem Abschnitt) angeordnet sein. In diesem Fall handelt es sich um einen sogenannten innenliegenden Hauptkondensator und der Verdampfungsraum des Hauptkondensators ist zugleich der Innenraum der Niederdrucksäule (bzw. von deren erstem Abschnitt). Der Hauptkondensator kann jedoch grundsätzlich, also sogenannter außenliegender Hauptkondensator, außerhalb des Innenraums der Hochdrucksäule angeordnet sein.

[0017] Ein Rektifikationssäulensystem einer Luftzerlegungsanlage ist in einer oder mehreren Coldboxen angeordnet. Unter einer "Coldbox" wird hier eine isolierende Umhüllung verstanden, die einen wärmeisolierten Innenraum bis auf Durchführungen für Leitungen und dergleichen vollständig mit Außenwänden umfasst. In dem Innenraum sind zu isolierende Anlagenteile angeordnet, beispielsweise ein oder mehrere Rektifikationssäulen und/oder Wärmetauscher. Die isolierende Wirkung kann durch entsprechende Ausgestaltung der Außenwände und/oder durch die Befüllung des Zwischenraums zwischen Anlagenteilen und Außenwänden mit einem Isoliermaterial bewirkt werden. Bei der letzteren Variante wird vorzugsweise ein pulverförmiges Material wie zum Beispiel Perlit verwendet. Sowohl das Rektifikationssäulensystem einer Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft als auch der Hauptwärmetauscher und weitere kalte Anlagenteile wie Rohrleitungen, Ventile und Instrumentierung sind typischerweise von einer oder mehreren Coldboxen umschlossen. Die Außenmaße der Coldbox bestimmen üblicherweise die Transportmaße.

[0018] Ein "Hauptwärmetauscher" einer Luftzerlegungsanlage dient zur Abkühlung von Einsatzluft in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Rektifikationssäulensystem. Er kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, beispielsweise aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscherblöcken. Separate Wärmetauscher, die speziell der Verdampfung oder Pseudoverdampfung eines einzigen flüssigen oder überkritischen Fluids dienen, ohne Anwärmung und/oder Verdampfung eines weiteren Fluids, gehören nicht zum Hauptwärmetauscher.

[0019] Bei einem "Unterkühler" oder "Unterkühlungsgegenströmer" handelt es sich im hier verwendeten Sprachgebrauch um einen Wärmetauscher, durch den gasförmige und flüssige Stoffströme in einer Luftzerlegungsanlage einem Wärmeaustausch miteinander unterworfen werden, welche dem Rektifikationssäulensystem entnommen und nach dem Wärmetausch zumindest teilweise in das Rektifikationssäulensystem zurückgeführt werden.

[0020] Die relativen räumlichen Begriffe "oben", "unten", "über", "unter", "oberhalb", "unterhalb", "neben", "nebeneinander", "vertikal", "horizontal" etc. beziehen sich hier auf die räumliche Ausrichtung der Rektifikationssäulen einer Luftzerlegungsanlage im Normalbetrieb. Unter einer Anordnung zweier Rektifikationssäulen oder anderer Komponenten "übereinander" wird hier verstanden, dass das sich obere Ende des unteren der beiden Apparateile auf niedrigerer oder gleicher geodätischer Höhe befindet wie das untere Ende der oberen der beiden Apparateile und sich die Projektionen der beiden Apparateile in einer horizontalen Ebene überschneiden. Insbesondere sind die beiden Apparateile genau übereinander angeordnet, das heißt die Achsen der beiden Apparateile verlaufen auf derselben vertikalen Geraden. Die Achsen der beiden Apparateile müssen jedoch nicht genau senkrecht übereinander liegen, sondern können auch gegeneinander versetzt sein, insbesondere wenn einer der beiden Apparateile, beispielsweise eine Rektifikationssäule oder ein Säulenteil mit geringerem Durchmesser, denselben Abstand zum Blechmantel einer Coldbox aufweisen soll wie ein anderer mit größerem Durchmesser.

25 Vorteile der Erfindung

[0021] Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass eine gezielte Anordnung unterschiedlicher Rektifikationskolonnen bzw. von Abschnitten entsprechender Rektifikationskolonnen in unterschiedlichen Coldboxen und insbesondere ihre vorteilhafte Dimensionierung und/oder Unterteilung es in bestimmten Fällen erlaubt, entsprechende Coldboxen mit den darin enthaltenen Rektifikationskolonnen bzw. den jeweils enthaltenen Abschnitten von Rektifikationskolonnen (nachfolgend allgemeiner auch als "Trenneinheiten" bezeichnet) vorzufertigen und diese in vorgefertigtem Zustand zum Erstellungsort einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage zu transportieren. In bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann eine vollständige Vorfertigung entsprechender Einheiten erfolgen; es ist jedoch in anderen Ausgestaltungen auch möglich, nur den Teil der Coldboxen, die mit entsprechenden Transportabmessungen bereitgestellt werden können, vorzufertigen und diese zum Erstellungsort zu transportieren, wohingegen weitere Komponenten einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage vor Ort gefertigt werden. Beliebige Kombinationen aus Vorfertigung und Vor-Ort-Fertigung sind möglich. Ein besonderer Vorteil im Rahmen der vorliegenden Erfindung ergibt sich durch vorteilhafte Anordnungsmöglichkeiten für einen Teil der Leitungen einer entsprechenden Anlage.

[0022] Insgesamt schlägt die vorliegende Erfindung dabei eine Luftzerlegungsanlage mit vier Trenneinheiten in Form einer Hochdrucksäule (erste Trenneinheit), eines Fußabschnitts einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule (zweite Trenneinheit), des Kopfabschnitts der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule (dritte

Trenneinheit) und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule (vierte Trenneinheit) vor, wobei die vier Trenneinheiten zumindest zum Teil mittels Leitungen miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren weiteren Apparaten verbunden sind.

[0023] Die Argongewinnungssäule kann insbesondere als herkömmliche Rohargonsäule ausgebildet sein, in welchem Fall ihr ein im üblichen Sprachgebrauch als Rohargon bezeichnetes Komponentengemisch entnommen wird. Es kann sich bei der Argongewinnungssäule aber auch um eine modifizierte Rohargonsäule handeln, der zwar Fluid aus einem oder beiden Teilen der Niederdrucksäule zugeführt, aber direkt Reinargon entnommen wird. In ersterem Fall ist typischerweise zusätzlich eine Reinargonsäule vorhanden, im zweiten Fall nicht. Bei den weiteren Apparaten kann es sich insbesondere um einen Hauptwärmetauscher der Luftzerlegungsanlage und einen Unterkühlungsgegenströmer handeln. Die vier Trenneinheiten können auch beispielsweise mittels entsprechender Leitungen über einen solchen weiteren Apparat wie einen Unterkühlungsgegenströmer miteinander verbunden sein.

[0024] Unter einer "zweiteilig ausgebildeten" Niederdrucksäule sei hierbei insbesondere eine entsprechende Rektifikationssäule verstanden, bei der zwei Abschnitte räumlich voneinander getrennt anordenbar sind. In Draufsicht projizieren entsprechende Abschnitte einer zweiteilig ausgebildeten Rektifikationssäule nicht oder nicht vollständig aufeinander und entsprechende Abschnitte sind insbesondere auch nicht in einer gemeinsamen Außenhülle angeordnet. Der Begriff "zweiteilig ausgebildet" grenzt entsprechende Konfigurationen damit von baulichen Einheiten ab, in denen Komponenten dauerhaft (d.h. nicht nur über Leitungen) baulich miteinander verbunden und nicht getrennt voneinander anordenbar sind, wie im vorliegenden Fall bezüglich der Argongewinnungssäule der Fall.

[0025] Mit "Fußabschnitt" und "Kopfabschnitt" werden hier jeweils die Abschnitte einer zweiteilig ausgebildeten Rektifikationssäule bezeichnet, die in ihrer Funktion, insbesondere hinsichtlich der dort anfallenden Fraktionen bzw. Stoffströme, den untersten bzw. obersten Abschnitten herkömmlicher, einteilig ausgebildeter Rektifikationssäulen entsprechen. Ein Fußabschnitt weist beispielsweise einen Sumpfbehälter auf, ein Kopfabschnitt weist beispielsweise einen Kopfkondensator auf. Der Kopfabschnitt ist damit der Teil einer entsprechenden Rektifikationssäule, der mit einem entsprechenden Kopfkondensator verbunden ist, und in welchem ein Rücklauf auf die entsprechende Rektifikationssäule aufgegeben wird. In einer einteilig ausgebildeten Niederdrucksäule bekannter Luftzerlegungsanlagen wird im Sumpf eine sauerstoffreiche Flüssigfraktion gewonnen, die als Sauerstoffprodukt abgezogen werden kann. Dies erfolgt damit auch im Sumpf eines Fußabschnitts einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule. Der Fußabschnitt der zweiteiligen Niederdrucksäule wird daher auch als "Sauerstoffabschnitt" bezeichnet. Am Kopf einer einteilig aus-

gebildeten Niederdrucksäule bekannter Luftzerlegungsanlagen kann entsprechend ein gasförmiges Stickstoffprodukt abgezogen werden, gleiches gilt für den oberen Teil eines Kopfabschnitts einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule. Die Abschnitte einer "zweiteilig ausgebildeten" Rektifikationssäule (Fuß- und Kopfabschnitt) sind mittels Leitungen und ggf. Pumpen miteinander verbunden, um auf diese Weise einen Betrieb, wie er auch mit einer einteiligen Säule möglich ist, darzustellen.

[0026] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird dabei zwischen den Leitungen hinsichtlich ihrer Anordnung in einer Coldbox unterschieden, wie nachfolgend erläutert. Die Leitungen umfassen eine oder mehrere erste Leitungen und mehrere zweite Leitungen, wobei die Begriffe "erste" und "zweite" Leitungen hier lediglich zur Unterscheidung entsprechender Leitungen hinsichtlich der erwähnten Anordnung verwendet werden. Die eine oder die mehreren ersten Leitungen ist oder sind eine oder mehrere Leitungen, die in einem Kopfbereich des Fußabschnitts der Niederdrucksäule münden und insbesondere Gas aus dem Kopfbereich des Fußabschnitts der Niederdrucksäule in einen unteren Bereich des Kopfabschnitts der Niederdrucksäule und/oder der Argongewinnungssäule transportieren, und/oder eine Leitung, die in einem Gasraum eines Verdampfungsraums eines Kopfkondensators der Argongewinnungssäule mündet, und die insbesondere entsprechendes Gas in einen mittleren Bereich des Kopfabschnitts der Niederdrucksäule transportiert. Die zweiten Leitungen umfassen insbesondere sämtliche oder einen Teil der oben erwähnten Leitungen, welche nicht die ersten Leitungen darstellen. Es handelt sich hierbei insbesondere um Gasleitungen, die mit dem Kopfabschnitt der Niederdrucksäule verbunden sind, und Flüssigleitungen von und zu einem vorhandenen Unterkühlungsgegenströmer. Falls vorhanden, weist die Reinargonsäule ferner eine Vielzahl von Leitungen mit einer entsprechenden Anzahl von Regelventilen für die Aufkocher und eine Kondensatorregelung auf. Auch diese können "zweite Leitungen" im hier verwendeten Sinne sein, ebenso wie Leitungen für eine ggf. vorhandene Argontransportpumpe.

[0027] Grundsätzlich ist eine Luftzerlegungsanlage mit kryogenen Trenneinheiten der bisher erläuterten Art, jedoch im Gegensatz zur vorliegenden Erfindung mit einer zweiteilig ausgebildeten Rohargonsäule, aus der EP 2 965 029 B1 bekannt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde jedoch erkannt, dass eine Vorfertigung von entsprechenden Coldboxen auch ohne die Zweiteilung einer Argongewinnungssäule wie einer Rohargonsäule und den damit verbundenen zusätzlichen apparativen Aufwand, insbesondere der Bereitstellung von Pumpen zur Überführung von Fluid zwischen den Abschnitten der einer solchen Rohargonsäule, möglich ist. Auch die vorliegende Erfindung erlaubt in ihren nachfolgend erläuterten unterschiedlichen vorteilhaften Ausgestaltungen eine teilweise oder vollständige Vorfertigung von Komponenten einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage, ohne dass hierbei eine Zweiteilung der

Rohargonsäule erforderlich wäre.

[0028] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass vertikal verlaufende Abschnitte der zweiten Leitungen zumindest zum Teil in einer Coldbox untergebracht sind, die als Säulencoldbox, in der der Kopfabschnitt der Niederdrucksäule angeordnet ist, oder als separate Leitungscoldbox, in der keine der erwähnten vier Trenneinheiten (aber ggf. eine weitere Trenneinheit wie unten erläutert) angeordnet ist, ausgebildet ist. Der Begriff "Säulencoldbox" wird hier verwendet, um eine Coldbox zu charakterisieren, die zumindest eine der erwähnten Trenneinheiten aufweist. Eine "Leitungscoldbox" dient hingegen vorzugsweise zur Aufnahme entsprechender Leitungen, kann aber auch eine weitere Trenneinheit in Form einer Reinargonsäule aufweisen, wie unten erläutert.

[0029] Die beiden Alternativen der vorliegenden Erfindung sind durch die gemeinsame erfinderische Idee miteinander verbunden, dass auch in einer Anlage mit einer einteiligen Argongewinnungssäule wie einer Rohargonsäule eine besonders vorteilhafte Anordnung entsprechender Komponenten erzielt werden kann, wobei sich die vorliegende Erfindung gemäß der ersten Alternative insbesondere die geringeren Dimensionen eines Kopfabschnitts einer Niederdrucksäule zunutze macht, die hierzu packungsmäßig entsprechend angepasst werden kann, wodurch die zweiten Leitungen bzw. deren genannte Abschnitte in einer entsprechenden Säulencoldbox untergebracht werden können. Auch eine Unterbringung der zweiten Leitungen bzw. von deren Abschnitten in einer separaten Verrohrungscoldbox führt zu den erfindungsgemäß erzielbaren Vorteilen. Durch die Bereitstellung der zweiten Leitungen bzw. von deren genannten Abschnitten in einer separaten Coldbox, also der Verwendung einer Leitungscoldbox, lässt sich ggf. ein größerer Teil der Montagearbeit von der Baustelle in die Werkstatt verlagern, da ggf. die erwähnte Säulencoldbox mit den zusätzlich aufgenommenen Leitungsabschnitten nicht mehr transportabel ist.

[0030] Wie erwähnt, sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung die zweiten Leitungen bzw. deren erwähnte Abschnitte zumindest zum Teil in einer entsprechenden Coldbox untergebracht. Auch ein oder mehrere vertikal verlaufende Abschnitte der ersten Leitung oder der mehreren ersten Leitungen kann oder können jedoch in der Coldbox untergebracht sein, in der die vertikal verlaufenden Abschnitte der zweiten Leitungen zumindest zum Teil untergebracht sind, wenn dieses beispielsweise aus Gründen der Fertigung vorteilhaft ist.

[0031] Wird die separate Leitungscoldbox bereitgestellt ist, können Trenneinheiten und weitere Apparate im Rahmen der vorliegenden Erfindung in unterschiedlicher Weise angeordnet sein, beispielsweise um eine Transportibilität oder Vorfertigbarkeit sicherzustellen oder, falls diese nicht möglich sind, eine vorteilhafte Fertigung auf der Baustelle und/oder eine besonders platzsparende Anordnung und/oder eine Reduktion von Leitungslängen und des damit verbundenen Fertigungsaufwands zu ermöglichen.

[0032] So kann neben der separaten Leitungscoldbox eine gemeinsame Säulencoldbox bereitgestellt sein, in der sämtliche der vier Trenneinheiten aufgenommen sind. Eine derartige gemeinsame Säulencoldbox ist typischerweise nicht transportabel und wird daher vorteilhafterweise auf der Baustelle gefertigt. Da im Rahmen dieser Ausgestaltung jedoch die separate Leitungscoldbox bereitgestellt ist, kann der Aufwand der Verrohrung auf der Baustelle durch eine entsprechende Vorfertigung dennoch deutlich reduziert werden. In diesem Zusammenhang kann insbesondere auch eine weitere Instrumentierung, also insbesondere Temperatur-, Druck- und Mengenmessenrichtungen wie auch Analysestellen, mit entsprechenden Vorteilen in diese Leitungscoldbox verlegt werden.

[0033] Die Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung, in der sämtliche vier Trenneinheiten in einer gemeinsamen Säulencoldbox angeordnet sind, kann in einer besonders bevorzugten Ausführungsform, die nachfolgend erläutert wird, insbesondere zu einer Reduzierung des Stahlbauaufwands durch die optimierte Oberfläche einer gemeinsamen Außenhülle sämtlicher Komponenten führen.

[0034] Die Trenneinheiten werden in dieser Ausgestaltung vorzugsweise derart angeordnet, dass, wie insoweit in der Fachwelt üblich, ihre Längsachsen parallel zueinander liegen. Die Längsachsen verlaufen dabei in der Richtung einer maximalen Erstreckung der Trenneinheiten. Die Längsachsen können mit Mittelachsen der Trenneinheiten zusammenfallen; entsprechende Trenneinheiten können jedoch auch asymmetrisch aufgebaut sein. Die Trenneinheiten können jedoch im Sinne der vorstehenden Erläuterungen in unterschiedlichen Höhen angeordnet werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind insbesondere die Hochdrucksäule und der Fußabschnitt der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule dauerhaft miteinander verbunden, wobei insbesondere deren Säulenmäntel miteinander verschweißt sind. Da typischerweise die Hochdrucksäule einen geringeren Durchmesser als die Niederdrucksäule aufweist, wird typischerweise keine Unterbringung in einem gemeinsamen Säulenmantel vorgesehen; der Säulenmantel der Hochdrucksäule wird unterseitig des Säulenmantels des Fußabschnitts der Niederdrucksäule an diesen angebracht.

[0035] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, die Leitungscoldbox und die Säulencoldbox mit den vier Trenneinheiten in Projektion auf eine Grundrissebene, die senkrecht zu den Längsachsen der Trenneinheiten liegt, derart in vier Quadranten anzuordnen, dass in einem ersten der Quadranten zumindest der überwiegende Teil der Hochdrucksäule und des Fußabschnitts der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule übereinander, in einem zweiten der Quadranten zumindest der überwiegende Teil des Kopfabschnitts der Niederdrucksäule, in einem dritten der Quadranten zumindest der überwiegende Teil der Argongewinnungssäule und in einem vierten der vier Quadranten die Leitungs-

coldbox angeordnet sind. Die genannten Trenneinheiten sind dabei in ihren jeweiligen Quadranten von der gemeinsamen Säulencoldbox umgeben.

[0036] Ist hier von einer Grundrissebene die Rede, sei darunter eine Ebene verstanden, auf die die genannten Elemente projizierbar sind. Nicht in sämtlichen Ebenen senkrecht zu den Längsachsen der Trenneinheiten müssen alle Komponenten geschnitten werden bzw. vorhanden sein; dies ist insbesondere dann nicht der Fall, wenn unterschiedliche Trenneinheiten unterschiedliche Höhen aufweisen und daher sich nicht über die gesamte Höhe erstrecken, oder, wie im Fall der Hochdrucksäule und des Fußabschnitts der Niederdrucksäule, diese Elemente übereinander angeordnet sind. In der Projektion auf die Grundrissebene finden sich jedoch alle, auch ggf. übereinanderliegende, Elemente. Eine "Projektion auf die Grundrissebene" entspricht einer Draufsicht entlang den erwähnten Längsachsen.

[0037] Ist hier von "Quadranten" in einer entsprechenden Ebene die Rede, handelt es sich um durch gedachte, einander senkrecht in der Ebene schneidende Linien voneinander getrennte Bereiche. Diese müssen nicht in Form baulich getrennter Abteilungen ausgebildet sein. Die jeweiligen Trenneinheiten können ihren jeweils zugeordneten Quadranten auch überragen oder nur einen Teil eines entsprechenden Quadranten einnehmen. Dies wird im Rahmen dieser Beschreibung dadurch ausgedrückt, dass von den jeweils angegebenen Elementen "zumindest der überwiegende Teil" in einem entsprechenden Quadranten angeordnet ist. Dieser zumindest überwiegende Teil umfasst insbesondere mehr als 75%, 80% oder 90% der jeweiligen Grundfläche.

[0038] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können der erste bis vierte Quadrant in der Grundrissebene insbesondere in Uhrzeigerrichtung um einen Mittelpunkt herum angeordnet sein. Anders ausgedrückt können die Quadranten, in denen die Trenneinheiten angeordnet sind bzw. ihre gemeinsame Säulencoldbox angeordnet ist, in drei aneinander angrenzenden Vierteln der Grundrissebene liegen und die Leitungscoldbox kann in dem verbleibenden Viertel angeordnet werden.

[0039] Insbesondere können die Leitungscoldbox und die gemeinsame Säulencoldbox mit den Trenneinheiten in der Projektion auf die Grundrissebene innerhalb eines Rechtecks mit vier Seitenlinien angeordnet sein, welches einen Teilbereich jedes der Quadranten einschließt, wobei der Teilbereich des ersten und zweiten Quadranten an einer ersten, der Teilbereich des zweiten und dritten Quadranten an einer zweiten, der Teilbereich des dritten und vierten Quadranten an einer dritten und der Teilbereich des vierten und ersten Quadranten an einer vierten der Seitenlinien anliegen. Eine erste in der Grundrissebene liegende Trennlinie, auf deren linker Seite der erste und der zweite Quadrant und auf deren rechter Seite der dritte und vierte Quadrant angeordnet sind, liegt dabei zwischen und parallel zu der ersten und der dritten Seitenlinie und eine zweite in der Grundrissebene verlaufende Trennlinie, die senkrecht zu der ersten Trennlinie

steht und auf deren linker Seite der zweite und dritte Quadrant und auf deren rechter Seite der vierte und erste Quadrant liegen, liegt zwischen und parallel zu der zweiten und der vierten Seitenlinie. Das Rechteck kann in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung insbesondere auch quadratisch ausgebildet sein.

[0040] In der soeben erläuterten Ausgestaltung sind die Trenneinheiten in ihren jeweiligen Quadranten und die umgebende Säulencoldbox in L-Form angeordnet, wobei die Leitungscoldbox in einem Innenwinkel des L angeordnet ist. Insbesondere können die Leitungscoldbox und die Trenneinheiten bzw. ihre gemeinsame Säulencoldbox mit einer gemeinsamen Außenhülle umgeben werden, deren Projektion auf die Grundrissebene zumindest in einem Abschnitt von dem Rechteck mit den vier Seitenlinien begrenzt ist. Es ist insbesondere jedoch auch möglich, nur die Trenneinheiten mit einer gemeinsamen Außenhülle in Form ihrer Säulencoldbox zu umgeben, deren Projektion auf die Grundrissebene dann zumindest in einem Abschnitt L-förmig ausgebildet ist, wobei in einem Innenwinkel dieses L außerhalb der Außenhülle dann die Leitungscoldbox angeordnet ist.

[0041] In einer erfindungsgemäß ausgebildeten Luftzerlegungsanlage können die Trenneinheiten also ohne das die Leitungscoldbox zusammen in einer Säulencoldbox angeordnet sein, welche in der Projektion auf die Grundrissebene in dem vierten Quadranten eine Ausparung aufweist, in welcher in der Projektion auf die Grundrissebene die Leitungscoldbox angeordnet ist. Auch die Leitungscoldbox kann in der Projektion auf die Grundrissebene einen rechteckigen Querschnitt aufweisen und an der dritten und der vierten Seitenlinie anliegen. Je nach Anschlussbedarf können entsprechende Seitenflächen geöffnet oder verschlossen sein.

[0042] In einer weiteren Ausgestaltung ist neben der separaten Leitungscoldbox eine gemeinsame Säulencoldbox bereitgestellt, in der die Hochdrucksäule, der Fußabschnitt der Niederdrucksäule und genau eine weitere der vier Trenneinheiten aufgenommen sind, wobei eine weitere Säulencoldbox bereitgestellt ist, in der die verbleibende der vier Trenneinheiten aufgenommen ist. Diese weitere Säulencoldbox kann insbesondere vorgefertigt werden.

[0043] Neben der separaten Leitungscoldbox kann aber in einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann aber auch eine gemeinsame Säulencoldbox bereitgestellt sein, in der (nur) die Hochdrucksäule und der Fußabschnitt der Niederdrucksäule, vorzugsweise in einem gemeinsamen Säulenmantel oder in miteinander verbundenen separaten Säulenmänteln, aufgenommen sind, wobei eine weitere gemeinsame Säulencoldbox bereitgestellt ist, in der die beiden verbleibenden der vier Trenneinheiten aufgenommen sind.

[0044] Anstelle der weiteren gemeinsamen Säulencoldbox können aber auch zwei separate Säulencoldboxen verwendet werden. Es kann also neben der separaten Leitungscoldbox eine gemeinsame Säulencoldbox bereitgestellt sein, in der (nur) die Hochdrucksäule und

der Fußabschnitt der Niederdrucksäule, insbesondere in der erwähnten Verbindung miteinander, aufgenommen sind, wobei in diesem Fall zwei weitere Säulencoldboxen bereitgestellt sind, in denen jeweils eine der beiden verbleibenden vier Trenneinheiten aufgenommen sind. Die jeweilige Ausgestaltung richtet sich insbesondere, wie erwähnt, nach der Vorfertigbarkeit und Transportierbarkeit und den verfügbaren Transportmöglichkeiten.

[0045] In allen Fällen sind der Fußabschnitt der Niederdrucksäule und der Kopfabschnitt der Niederdrucksäule vorzugsweise auf unterschiedlichen geodätischen Höhen und im erläuterten Sinne nebeneinander angeordnet. Insbesondere befindet sich ein tiefster Punkt in einem Säuleninnenraum des Fußabschnitts der Niederdrucksäule oberhalb eines tiefsten Punkts in einem Säuleninnenraum des Kopfabschnitts der Niederdrucksäule. Die geodätischen Höhen, in denen der tiefste Punkt im Säuleninnenraum des Fußabschnitts der Niederdrucksäule einerseits und der tiefste Punkt im Säuleninnenraum des Kopfabschnitts der Niederdrucksäule andererseits angeordnet sind, unterscheiden sich insbesondere stärker als die geodätischen Höhen, in denen der tiefste Punkt im Säuleninnenraum der Hochdrucksäule einerseits und der tiefste Punkt im Säuleninnenraum des Kopfabschnitts der Niederdrucksäule andererseits angeordnet sind. Die Anordnung erreicht dadurch insgesamt eine geringere Bauhöhe als in herkömmlichen Fällen.

[0046] In der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Luftzerlegungsanlage können eine Rohargonsäule als die Argongewinnungssäule und eine Reinargonsäule als eine fünfte Trenneinheit bereitgestellt sein, wobei die Reinargonsäule in der Leitungscoldbox oder in jener der Säulencoldboxen aufgenommen sein kann, in der Rohargonsäule (insbesondere die Rohargonsäule und keine weitere der Trenneinheiten) aufgenommen ist. In beiden Fällen ergibt sich durch die geringe Baugröße der Reinargonsäule, die daher ggf. in einer entsprechenden Coldbox unterbringbar ist, eine besonders vorteilhafte Platzausnutzung. Insbesondere dann, wenn durch die Anordnung einer Reinargonsäule in einer gemeinsamen Säulencoldboxen mit der Rohargonsäule diese nicht mehr transportierbar wäre oder sich eine entsprechende Säulencoldboxen als vorgefertigte Einheit auch ohne Reinargonsäule nicht mehr transportieren lässt, wird die Reinargonsäule vorteilhafterweise in der separaten Leitungscoldbox untergebracht, da man auf diese Weise den Vorfertigungsgrad erhöhen kann. Wie erwähnt, kann die vorliegende Erfindung jedoch auch eine Reinargongewinnung ohne separate Reinargonsäule vorsehen. In diesem Fall ist die Argongewinnungssäule in der erläuterten Weise modifiziert und dient zur direkten Gewinnung von Reinargon mit einem Gehalt von 100 bis 0,1 ppm Stickstoff und Sauerstoff. In jedem Fall wird die Argongewinnungssäule mit Fluid aus dem Fuß- oder Kopfabschnitt der Niederdrucksäule auf einem entsprechenden Druckniveau gespeist.

[0047] In der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Luftzerlegungsanlage kann auch eine zur Anreicherung oder

Gewinnung eines Krypton/Xenon- oder Helium/Neon-Gemischs eingerichtete Trenneinheit als fünfte Trenneinheit bereitgestellt sein, wobei diese fünfte Trenneinheit in der Leitungscoldbox oder in jener der Säulencoldboxen aufgenommen sein kann, in der Rohargonsäule (insbesondere die Rohargonsäule und keine weitere der Trenneinheiten) aufgenommen ist. Die Vorteile ähneln jenen bei einer entsprechenden Anordnung einer Reinargonsäule.

[0048] Anstelle eine zweigeteilte Rohargonsäule einzusetzen, wie aus dem Stand der Technik bekannt, kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere die Packungsdichte der Argongewinnungssäule vergrößert werden, so dass diese kleiner baubar und daher ggf. gemeinsam mit anderen Trenneinheiten in einer Säulencoldbox bzw. in einer separaten, transportablen Säulencoldbox unterbringbar ist. Insbesondere kann in einer entsprechenden Argongewinnungssäule eine Packungsdichte von mehr als 750 Quadratmeter pro Kubikmeter verwendet werden. Auf diese Weise wird es insbesondere möglich, eine entsprechende Säulencoldbox in transportablen Dimensionen auszubilden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird ferner ein Kopfkondensator der Rohargonsäule vorteilhafterweise derart ausgebildet, dass eine entsprechende Coldbox transportabel wird, also insbesondere mit einem Durchmesser von weniger als 4 Metern.

[0049] Die vorliegende Erfindung erlaubt es, wenigstens einen Teil der Verrohrung in Form der erwähnten Leitungen als eine transportable Einheit zu bauen, wodurch die Arbeiten auf der Baustelle reduziert werden können. Eine erfindungsgemäß ausgebildete Luftzerlegungsanlage kann, wenn eine separate Leitungscoldbox bereitgestellt ist, dabei insbesondere eine separate Hauptwärmetauschercoldbox aufweisen, in welcher der Hauptwärmetauscher der Luftzerlegungsanlage aufgenommen ist, wobei eine der Seitenflächen der Leitungscoldbox einer Seitenfläche der Hauptwärmetauschercoldbox zuweist. Auf diese Weise lassen sich die Verbindungen von dem Hauptwärmetauscher mit den Trenneinheiten und umgekehrt zumindest zum Großteil in der Leitungscoldbox unterbringen und entsprechend vorfertigen.

[0050] Besonders vorteilhaft ist es in dem soeben erläuterten Fall, wenn eine Anordnung derart vorgenommen wird, dass zumindest eine weitere der Seitenflächen der Leitungscoldbox jeweils einer Seitenfläche einer der Säulencoldboxen zuweist. Ist eine Säulencoldbox vorgesehen, die sämtliche der erwähnten vier Trenneinheiten enthält, wird diese dabei insbesondere an der Seitenfläche der Leitungscoldbox angeordnet, die gegenüber der Seitenfläche liegt, die der Hauptwärmetauschercoldbox zuweist. Sind mehrere Säulencoldboxen vorgesehen, werden diese vorteilhafterweise um die Leitungscoldbox verteilt. Beliebige der erläuterten Coldboxen können dabei jeweils an ihren Flächen miteinander verbunden werden, beispielsweise um einen gemeinsamen Transport zu erleichtern oder um Isolationsverluste zu

reduzieren. Insbesondere können Seitenflächen einer Leitungscoldbox und einer Hauptwärmetauschercoldbox parallel zueinander angeordnet sein, wobei auch eine Säulencoldbox für eine oder mehrere Trenneinheiten zwischengeschaltet sein kann.

[0051] Ist in einer erfindungsgemäßen Luftzerlegungsanlage eine separate Leitungscoldbox bereitgestellt, weist diese insbesondere in einer Erstreckungsrichtung eine Größe von weniger als 6 Metern, insbesondere weniger als 4,8 Metern, insbesondere von weniger als 4,2 Metern, auf. Dies ermöglicht einen einfachen Transport unter Berücksichtigung von typischen Durchfahrthöhen von Brücken und dergleichen. Eine entsprechende separate Leitungscoldbox kann insbesondere auch einen Unterkühlungsgegenströmer der Luftzerlegungsanlage aufweisen. Dieser kann in einer entsprechenden Leitungscoldbox besonders platzsparend angeordnet werden. Im Gegensatz zu einer Anordnung in einer Hauptwärmetauschercoldbox, wie sie ebenfalls möglich ist, werden auf diese Weise beide Coldboxen (Leitungs- und Hauptwärmetauschercoldbox) einfacher bzw. überhaupt transportierbar. Die separate Leitungscoldbox kann insbesondere derart ausgestaltet sein, dass sie in einer ersten Richtung parallel zu den vertikal verlaufenden Abschnitten der zweiten Leitungen eine um mindestens den Faktor 1,5 größere Erstreckung aufweist als in den Richtungen vertikal hierzu. Die Erstreckung in der Richtung parallel zu den vertikal verlaufenden Abschnitten der zweiten Leitungen beträgt insbesondere mehr als 20 m und die Erstreckung in den Richtungen senkrecht dazu beispielsweise jeweils 5 m.

[0052] Es sei zu verstehen gegeben, dass die vorliegende Erfindung sich insbesondere auf solche Anordnungen bezieht, in denen die Hochdrucksäule und der Fußabschnitt der Niederdrucksäule eine feste bauliche Einheit miteinander bilden. Insbesondere können die jeweiligen Säulenmäntel miteinander verschweißt sein. Die entsprechenden Trenneinheiten sind also fest und dauerhaft miteinander verbunden. Insbesondere können dabei die Hochdrucksäule und der Fußabschnitt der Niederdrucksäule einen gleichen oder unterschiedlichen Querschnitt aufweisen, wohingegen der Kopfabschnitt der Niederdrucksäule insbesondere mit einem geringeren Querschnitt ausgebildet werden kann, wenn hier eine Packung niedrigerer Dichte verwendet wird. Dies ermöglicht die bereits erwähnte Anordnung des Kopfabschnitts der Niederdrucksäule bis zu einem gewissen Durchmesser in einer Säulencoldbox, die zudem entsprechenden Abschnitte der zweiten Leitungen enthält, in der entsprechenden Ausgestaltung der Erfindung.

[0053] Weil ein entsprechender Kopfabschnitt der Niederdrucksäule typischerweise eine geringere Höhe aufweist als eine Argongewinnungssäule wie eine Rohargonsäule und/oder die gemeinsame Einheit aus Hochdrucksäule und Fußabschnitt der Niederdrucksäule, kann in einer Säulencoldbox ebenfalls der Unterkühlungsgegenströmer angeordnet werden, und zwar vorteilhafterweise unterhalb des Kopfabschnitts der Nieder-

drucksäule. Weist die Niederdrucksäule einen vergleichsweise geringen Durchmesser auf, kann sie insbesondere zusammen mit den erwähnten zweiten Leitungen und dem Unterkühlungsgegenströmer in einer entsprechenden Säulencoldbox angeordnet werden. Bei einem mittleren Durchmesser wird insbesondere der Unterkühlungsgegenströmer mit in der Säulencoldbox angeordnet, die zweiten Leitungen jedoch außerhalb in der Leitungscoldbox. Bei einem größeren Durchmesser der Niederdrucksäule werden hingegen vorteilhafterweise der Unterkühlungsgegenströmer und die zweiten Leitungen in die separate Leitungscoldbox ausgelagert.

[0054] Ist hier zuvor und nachfolgend davon die Rede, dass die vertikal verlaufenden Abschnitte der zweiten Leitungen "zumindest zum Teil" in ihrer jeweiligen Coldbox untergebracht sind, kann es sich hierbei insbesondere um einen überwiegenden Teil entsprechender Abschnitte handeln, also insbesondere zumindest 50%, zumindest 60%, zumindest 80%, zumindest 90% oder zumindest 95% der jeweiligen Länge. Auch weitere Apparate werden, wie erwähnt, in der entsprechenden Coldbox, insbesondere der separaten Leitungscoldbox, untergebracht. Hierbei handelt es sich insbesondere um eine Instrumentierung zur Durchfluss-, Temperatur- und Druckmessung. Entsprechende Vorrichtungen sind soweit möglich vorgefertigt, d.h. von den jeweiligen kryogenen Rohrleitungen sind die Messleitungen durch den Blechmantel der Coldbox nach außen verlegt. Optional werden diese bereits mit an der Box installierten Transmittern verbunden

[0055] Wie bereits erwähnt, ermöglicht es die vorliegende Erfindung, insbesondere auf eine zweiteilige Ausbildung einer Rohargonsäule oder auch einer modifizierten Rohargonsäule zu verzichten. Dies wird insbesondere dadurch gewährleistet, dass in dem Kopfabschnitt der Niederdrucksäule und der Rohargonsäule unterschiedliche Packungsdichten verwendet werden. Hierbei ist es insbesondere vorteilhaft, wenn in einem unteren Bereich des Fußabschnitts der Niederdrucksäule ein erster Packungsbereich mit einer ersten Packungsdichte ausgebildet ist und in der Argongewinnungssäule ein zweiter Packungsbereich mit einer zweiten Packungsdichte ausgebildet ist, wobei die erste Packungsdichte insbesondere weniger als 1000 Quadratmeter pro Kubikmeter und die zweite Packungsdichte mehr als 750 Quadratmeter pro Kubikmeter beträgt. Die zweite Packungsdichte ist dabei zumindest um 250 Quadratmeter pro Kubikmeter größer als die erste Packungsdichte. Mit anderen Worten ist also die Rohargonsäule dichter gepackt als der untere Bereich des Fußabschnitts der Niederdrucksäule und die Rohargonsäule kann daher, wie zuvor erläutert, mit geringerer Höhe ausgebildet werden.

[0056] Vorteilhafterweise können zum Fluidtransfer zwischen einem unteren Bereich des Kopfabschnitts der Niederdrucksäule und einem oberen Bereich des Fußabschnitts der Niederdrucksäule eine Transferpumpe oder mehrere parallel angeordnete und/oder redundant bereitgestellte Transferpumpen vorgesehen sein.

Es können beispielsweise drei jeweils 50% der erforderlichen Pumpenleistung liefernde Transferpumpen bereitgestellt sein.

[0057] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, das sich dadurch auszeichnet, dass eine Luftzerlegungsanlage verwendet wird, wie sie zuvor in unterschiedlichen Ausgestaltungen erläutert wurde. In diesem Verfahren wird in die Hochdrucksäule eingespeist. In der Hochdrucksäule wird eine Sumpfflüssigkeit mit einem Sauerstoffgehalt von 30 bis 50 Molprozent gebildet und zumindest teilweise in den Fußabschnitt der Niederdrucksäule überführt. In dem Fußabschnitt der Niederdrucksäule wird ein Kopfgas gebildet und zumindest teilweise in die Argongewinnungssäule und/oder in den Kopfabschnitt der Niederdrucksäule überführt. In der Argongewinnungssäule wird eine Sumpfflüssigkeit gebildet und zumindest teilweise in den Kopfabschnitt der Niederdrucksäule überführt. In dem Kopfabschnitt der Niederdrucksäule wird eine Sumpfflüssigkeit gebildet und in einen unteren Bereich der Rohargonsäule und/oder in einen oberen Bereich des Fußabschnitts der Niederdrucksäule überführt.

[0058] Ein erfindungsgemäß ebenfalls vorgeschlagenes Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage wie zuvor in Ausgestaltungen erläutert umfasst, dass vier Trenneinheiten in Form einer Hochdrucksäule, eines Fußabschnitts einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, eines Kopfabschnitts der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule bereitgestellt und die vier Trenneinheiten zumindest zum Teil mittels Leitungen miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren weiteren Apparaten verbunden werden, wobei die Leitungen eine oder mehrere erste Leitungen und mehrere zweite Leitungen umfassen, wobei die eine oder die mehreren ersten Leitungen eine oder mehrere Leitungen, die in einem Kopfbereich des Fußabschnitts der Niederdrucksäule münden, und/oder eine Leitung, die in einem Gasraum eines Kopfkondensators der Argongewinnungssäule mündet, ist oder sind. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass vertikal verlaufende Abschnitte der zweiten Leitungen zumindest zum Teil in einer Coldbox untergebracht werden, die als Säulencoldbox, in der der Kopfabschnitt der Niederdrucksäule angeordnet ist, oder als separate Leitungscoldbox, in der keine der vier Trenneinheiten angeordnet ist, ausgebildet ist. Wie erwähnt, können auch die ersten Leitungen entsprechend angeordnet sein.

[0059] Die Vorfertigung der im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfasst insbesondere, eine oder mehrere Säulencoldboxen mit den jeweiligen Trenneinheiten und/oder die Leitungscoldbox an einer ersten geographischen Position vorzufertigen, diese zu einer zweiten geographischen Position zu transportieren, und die Luftzerlegungsanlage an der zweiten geographischen Position unter Verwendung der Coldboxen zu erstellen. Beliebige vorfertigte Coldboxen können auf diese Weise erstellt

werden.

[0060] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen näher erläutert, welche bevorzugte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0061]

Figur 1 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in schematischer Teildarstellung.

Figur 2 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in schematischer Teildarstellung.

Figur 3 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in schematischer Teildarstellung.

Figur 3 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in schematischer Teildarstellung.

Figur 5 veranschaulicht Anordnungen von Coldboxen in Luftzerlegungsanlagen gemäß weiterer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Figur 6 veranschaulicht Anordnungen von Coldboxen in Luftzerlegungsanlagen gemäß weiterer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Figur 7 veranschaulicht Anordnungen von Coldboxen in Luftzerlegungsanlagen gemäß weiterer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0062] Figur 1 zeigt ein eine Luftzerlegungsanlage, die für einen Betrieb gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingerichtet ist, in stark vereinfachter Teildarstellung. Die Luftzerlegungsanlage umfasst weitere Komponenten und ist hier stark vereinfacht mit 100 angegeben.

[0063] Die Luftzerlegungsanlage 100 weist eine Hochdrucksäule 1, eine zweiteilig ausgebildete Niederdrucksäule mit einem Fußabschnitt 2 und einem Kopfabschnitt 3, eine einteilig ausgebildete Rohargonsäule 4 und eine Reinargonsäule 5 auf. Die Hochdrucksäule 1, der Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule, der Kopfabschnitt 3 der Niederdrucksäule, die Rohargonsäule 4 und die Reinargonsäule 5 stellen jeweils im hier verwendeten Sprachgebrauch "Trenneinheiten" dar und sind zumindest teilweise mittels Leitungen, die hier zusammengefasst mit 6 angegeben sind, miteinander und mit weiteren Apparaten wie einem Unterkühlungsgegenströmer 7 und

einem hier nicht dargestellten Hauptwärmetauscher verbunden.

[0064] Zur Funktionsweise der veranschaulichten Komponenten der Luftzerlegungsanlage 100, die aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt ist, sei auf die eingangs zitierte Fachliteratur ausdrücklich verwiesen. In der hier veranschaulichten Luftzerlegungsanlage 100 wird Luft in Form eines Stoffstroms A in die Hochdrucksäule 1 eingespeist. Die Luft kann insbesondere mittels eines nicht dargestellten Hauptluftverdichters und optional eines oder mehrerer ebenfalls nicht dargestellter Nachverdichter oder Booster verdichtet und, z.B. adsorptiv, aufgereinigt, sowie in dem nicht dargestellten Hauptwärmetauscher abgekühlt werden. Auch die Verwendung mehrerer verdichteter, aufgereinigter und abgekühlter Luftströme ist bekannt. Diese können teilweise auch in den Fuß- und/oder Kopfabchnitt 2, 3 der Niederdrucksäule eingespeist und ggf. auf ein entsprechendes Druckniveau entspannt oder auf unterschiedlichen Druckniveaus bereitgestellt werden.

[0065] In der hier dargestellten Luftzerlegungsanlage 100 wird in der Hochdrucksäule 1 eine Sumpfflüssigkeit mit einem Sauerstoffgehalt von 30 bis 50 Molprozent gebildet und zumindest teilweise in Form eines Stoffstroms B in den Kopfabchnitt 3 der Niederdrucksäule überführt. Der Stoffstrom B oder Teilströme hiervon können dabei zur Kühlung von Kopfkondensatoren 4a bzw. 5a der Roh- und der Reinargonsäule 4, 5 eingesetzt werden. Alternativ kann auch jedes andere Medium, das zwischen Sumpf und Kopf der Hochdrucksäule 1 abgezogen wird, verwendet werden.

[0066] In dem Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule wird ein Kopfgas gebildet und teilweise in Form eines Stoffstroms C in die Rohargonsäule 4 und teilweise in Form eines Stoffstroms D in den Kopfabchnitt 3 der Niederdrucksäule überführt. In der Rohargonsäule 4 wird eine Sumpfflüssigkeit gebildet und zumindest teilweise in Form eines Stoffstroms E in den Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule überführt. In dem Kopfabchnitt 3 der Niederdrucksäule wird eine Sumpfflüssigkeit gebildet, die hier in Form eines Stoffstroms F in einen unteren Bereich der Rohargonsäule 4 überführt wird. Diese Sumpfflüssigkeit kann dann als Teil des bereits erwähnten Stoffstroms E in den Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule überführt werden. Alternativ ist es auch möglich, den Stoffstrom F direkt in einen oberen Bereich des Fußabschnitts 2 der Niederdrucksäule zu überführen.

[0067] In der hier dargestellten Luftzerlegungsanlage 100 sind die Hochdrucksäule 1, und der Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule in einer Säulencoldbox 10, der Kopfabchnitt 3 der Niederdrucksäule in einer weiteren Säulencoldbox 20 und die Rohargonsäule 4 in einer weiteren Säulencoldbox 30 angeordnet. Vornehmlich zur Aufnahme der Leitungen 6 ist eine separate Leitungscoldbox 40 vorgesehen. Die Leitungen 6 lassen sich dabei in solche Leitungen unterteilen, die zumindest zum Teil mit vertikal verlaufenden Abschnitten in der Leitungscoldbox aufgenommen sind ("zweite Leitungen") und sol-

che, die darin optional angeordnet werden ("erste Leitungen"). Zu den ersten Leitungen zählen jene, die im Kopfbereich des Fußabschnitts 2 der Niederdrucksäule münden, die also die Stoffströme C bzw. D und E führen, und eine Leitung, die Gas aus einem Verdampfungsraum des Kopfkondensators 4a der Rohargonsäule 4 (und ggf. aus einem Verdampfungsraum des Kopfkondensators 5a der Reinargonsäule 5) in den Kopfabchnitt 3 der Niederdrucksäule transportiert, wie hier in Form eines Stoffstroms K veranschaulicht. Die anderen Leitungen zählen zu den "zweiten Leitungen".

[0068] Die Reinargonsäule 5 ist hier zusammen mit der Rohargonsäule 4 in der gemeinsamen Säulencoldbox 30 angeordnet. Ein Unterkühlungsgegenströmer 7 ist in der Luftzerlegungsanlage 100 zusammen mit zumindest einem Teil der vertikalen Abschnitte der zweiten Leitungen in der separaten Verrohrungscoldbox 40 angeordnet.

[0069] In die Hochdrucksäule 1 kann Flüssiglufft S eingespeist werden. Als Produkte können gasförmiger Druckstickstoff T aus der Hochdrucksäule 1, gasförmiger Niederdruckstickstoff U aus dem Kopfabchnitt 3 der Niederdrucksäule, innenverdichteter gasförmiger Drucksauerstoff V, sogenannter Unreinstickstoff W, Flüssigstickstoff X, Flüssigsauerstoff Y und Flüssigargon Z bereitgestellt werden. Die gasförmigen Medien werden insbesondere im Hauptwärmetauscher der Luftzerlegungsanlage angewärmt. Aus der Reinargonsäule 5 kann Gas abgezogen und an die Atmosphäre abgegeben werden.

[0070] Figur 2 zeigt eine Luftzerlegungsanlage, die für einen Betrieb gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingerichtet ist, in stark vereinfachter Teildarstellung. Auch diese Luftzerlegungsanlage umfasst weitere Komponenten. Sie ist hier stark vereinfacht mit 200 angegeben. Zu den Komponenten der Luftzerlegungsanlage 200, die hier mit identischen Bezugszeichen wie in Figur 1 veranschaulicht sind, sei ebenfalls auf Fachliteratur sowie auf die Erläuterungen zu Figur 1 verwiesen. Nur die Unterschiede werden nachfolgend erläutert.

[0071] Die Luftzerlegungsanlage 200 unterscheidet sich von der Luftzerlegungsanlage 100 im Wesentlichen dadurch, dass hier zumindest ein Teil der vertikalen Abschnitte der zweiten Leitungen in einer Leitungscoldbox 20a angeordnet ist, in welcher auch der Kopfabchnitt 3 der Niederdrucksäule angeordnet ist. Die Leitungscoldbox 20a enthält im dargestellten Beispiel auch den Unterkühlungsgegenströmer 7. Abweichend zu der Darstellung in Figur 2 kann der Unterkühlungsgegenströmer 7 insbesondere unterhalb des Kopfabchnitts 3 der Niederdrucksäule angeordnet werden. Dies insbesondere ist aufgrund der geringeren Höhe des Kopfabchnitts 3 der Niederdrucksäule im Vergleich zu einem überwiegenden Teil der weiteren Trenneinheiten in der Luftzerlegungsanlage 200 möglich, insbesondere dann, wenn in dem Kopfabchnitt 3 eine geringere Packungsdichte verwendet wird.

[0072] Figur 3 zeigt eine Luftzerlegungsanlage, die für einen Betrieb gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingerichtet ist, in stark vereinfachter Teildarstellung. Auch diese Luftzerlegungsanlage umfasst weitere Komponenten. Sie ist hier stark vereinfacht mit 300 angegeben. Zu den Komponenten der Luftzerlegungsanlage 300, die hier mit identischen Bezugszeichen wie in Figur 1 und 2 veranschaulicht sind, sei ebenfalls auf Fachliteratur sowie auf die Erläuterungen zu Figur 1 und 2 verwiesen. Nur die Unterschiede werden nachfolgend erläutert.

[0073] Die Luftzerlegungsanlage 300 unterscheidet sich von den Luftzerlegungsanlagen 100 und 200 im Wesentlichen dadurch, dass hier die Rohargonsäule 4 alleine in einer Säulencoldbox 30a angeordnet ist, und dass die Reinargonsäule 5 hier in einer vornehmlich zur Aufnahme der erläuterten Abschnitte der zweiten Leitungen bereitgestellten Leitungscoldbox 40a angeordnet ist. Die Leitungscoldbox 40a enthält im dargestellten Beispiel auch den Unterkühlungsgegenströmer 7. Abweichend zu der Darstellung in Figur 3 kann der Unterkühlungsgegenströmer 7 insbesondere unterhalb der Reinargonsäule 5 angeordnet werden. Dies insbesondere ist aufgrund der geringeren Höhe der Reinargonsäule im Vergleich zu dem überwiegenden Teil der anderen Trenneinheiten der Luftzerlegungsanlage 300 möglich.

[0074] Wie in Form der Verknüpfung P veranschaulicht, wird hier der Stoffstrom D' zunächst in den Kopfabschnitt 3 der Niederdrucksäule geführt und ein Teil in Form des Stoffstroms C' aus dieser entnommen und in die Rohargonsäule 4 eingespeist.

[0075] Figur 4 zeigt eine Luftzerlegungsanlage, die für einen Betrieb gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingerichtet ist, in stark vereinfachter Teildarstellung. Auch diese Luftzerlegungsanlage umfasst weitere Komponenten. Sie ist hier stark vereinfacht mit 310 angegeben. Im Gegensatz zur Luftzerlegungsanlage 300 ist hier keine Kombination aus Roh- und Reinargonsäule vorgesehen. Vielmehr ist eine mehrfach erläuterte modifizierte Rohargonsäule 4 vorgesehen, aus der bereits ein Reinargonstrom L entnommen wird. Daher ist hier in der Leitungscoldbox 4a auch keine Reinargonsäule 5 angeordnet.

[0076] Figur 5 veranschaulicht in Ansichten 5a bis 5d Anordnungen von Coldboxen in einer Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Luftzerlegungsanlage kann insbesondere der Luftzerlegungsanlage 100 gemäß Figur 1 entsprechen, eine entsprechende Anordnung kann aber auch bei anderen Luftzerlegungsanlagen als der Luftzerlegungsanlage 100 erfolgen, insbesondere in einer Luftzerlegungsanlage, bei der lediglich eine Argongewinnungssäule anstelle einer Kombination aus Rohargonsäule 4 und Reinargonsäule 5 verwendet wird. In Figur 5 sind jeweils Draufsichten auf Coldboxen 10 bis 40 ohne die jeweiligen Trenneinheiten veranschaulicht, wobei eine weitere Coldbox, die einen Hauptwärmetauscher (in Ansicht 5a mit 8 angegeben und in den anderen Ansich-

ten lediglich aus Gründen der Übersichtlichkeit halber weggelassen) enthält, mit 90 bezeichnet ist. Die Coldbox 90 wurde vorstehend auch als "Hauptwärmetauscher-coldbox" bezeichnet.

[0077] Erste bis vierte Seitenflächen der vierten Coldbox 40 sind mit 41 bis 44 angegeben. Eine erste Säulencoldbox 10 (mit der Hochdrucksäule 1 und dem Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule), eine Leitungscoldbox 40 und die Hauptwärmetauscher-coldbox 90, die den Hauptwärmetauscher 8 der Luftzerlegungsanlage 100 enthält, sind in sämtlichen Ansichten 5a bis 5d derart angeordnet, dass die erste Seitenfläche 41 zu der Hauptwärmetauscher-coldbox 90 und die zweite Seitenfläche 43 zu der Säulencoldbox 10 weist. Eine zweite Säulencoldbox 20 (mit dem Kopfabschnitt 3 der Niederdrucksäule) und eine dritte Säulencoldbox 30 (mit der Argongewinnungssäule) können unterschiedlich angeordnet sein, und zwar derart, dass die dritte Seitenfläche 43 zu der zweiten Säulencoldbox 20 und die vierte Seitenfläche 44 zu der dritten Säulencoldbox 30 weist, wie in Ansicht 5a veranschaulicht, oder dass die dritte Seitenfläche 43 zu der dritten Säulencoldbox 30 und die vierte Seitenfläche 44 zu der zweiten Säulencoldbox 20 weist, wie in Ansicht 5b veranschaulicht, oder dass die dritte Seitenfläche 43 zu der zweiten Säulencoldbox 20 und der dritten Säulencoldbox 30 weist, wie in Ansicht 5c veranschaulicht, oder dass die vierte Seitenfläche 44 zu der zweiten Säulencoldbox 20 und der dritten Säulencoldbox 30 weist, wie in Ansicht 5d veranschaulicht.

[0078] Figur 6 veranschaulicht Anordnungen von Coldboxen in Luftzerlegungsanlagen gemäß weiterer Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Die Luftzerlegungsanlagen sind mit 400 bis 700 bezeichnet und ebenfalls in vereinfachter Draufsicht unter Hinweglassung weiterer essentieller Komponenten veranschaulicht.

[0079] In den Luftzerlegungsanlagen 400 sind sämtliche der Trenneinheiten, nämlich die Hochdrucksäule 1, der Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule, der Kopfabschnitt 3 der Niederdrucksäule und die Rohargonsäule 4 mit der Reinargonsäule 5 in einer gemeinsamen Säulencoldbox, die hier mit 50 angegeben ist, angeordnet. Ferner ist hier die separate Leitungscoldbox 40 vorgesehen. In den Luftzerlegungsanlagen 500 und 600 sind hingegen jeweils die Hochdrucksäule 1 und der Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule zusammen mit einer weiteren Trenneinheit in einer gemeinsamen Säulencoldbox 60, 70 angeordnet, die verbleibende Trenneinheit ist in einer weiteren Säulencoldbox 20, 30 angeordnet. In der Luftzerlegungsanlage 700 und 600 sind hingegen nur die Hochdrucksäule 1 und der Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule zusammen in einer gemeinsamen Säulencoldbox 10 angeordnet, die verbleibenden Trenneinheiten sind gemeinsam in einer weiteren Säulencoldbox 80 angeordnet. Auch hier ist jeweils die Leitungscoldbox 40 vorgesehen. Zu den jeweiligen Elementen, die hier mit identischen Bezugszeichen wie zuvor versehen sind, sei auf die obigen Ausführungen ausdrücklich verwiesen.

[0080] Figur 7 veranschaulicht Anordnungen von Coldboxen in Luftzerlegungsanlagen gemäß weiterer Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Die Luftzerlegungsanlagen sind auch hier in vereinfachter Draufsicht unter Hinweglassung weiterer essentieller Komponenten veranschaulicht. Es ist jeweils eine Leitungscoldbox 40 vorgesehen, wobei in der in Figur 7 links dargestellten Anordnung sämtliche der Trenneinheiten, nämlich die Hochdrucksäule 1, der Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule, der Kopfabschnitt 3 der Niederdrucksäule und die Rohargonsäule 4 mit der Reinargonsäule 5 in einer gemeinsamen Säulencoldbox, die auch hier mit 50 angegeben ist, angeordnet sind, an die sich unmittelbar die Leitungscoldbox 40 anschließt. Die Säulencoldbox und die Leitungscoldbox 40 können insbesondere an ihren entsprechenden Flächen miteinander verbunden sein. In der in Figur 7 rechts dargestellten Ansicht ist eine entsprechende, hier mit 50' bezeichnete Säulencoldbox L-förmig ausgebildet und die Leitungscoldbox 40 ist in der dargestellten Weise in die Säulencoldbox 50' eingepasst.

Patentansprüche

1. Luftzerlegungsanlage (100-700) mit vier Trenneinheiten (1-4) in Form einer Hochdrucksäule (1), eines Fußabschnitts (2) einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, eines Kopfabschnitts (3) der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule (4), wobei die vier Trenneinheiten (1-4) zumindest zum Teil mittels Leitungen (6) miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren weiteren Apparaten (7, 8) verbunden sind, wobei die Leitungen (6) eine oder mehrere erste Leitungen und mehrere zweite Leitungen umfassen, wobei die eine oder die mehreren ersten Leitungen eine oder mehrere Leitungen, die in einem Kopfbereich des Fußabschnitts (2) der Niederdrucksäule münden, und/oder eine Leitung, die in einem Gasraum eines Kopfkondensators (5a) der Argongewinnungssäule (4) mündet, ist oder sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** vertikal verlaufende Abschnitte der zweiten Leitungen zumindest zum Teil in einer Coldbox (20a, 40, 40a) untergebracht sind, die als Säulencoldbox (20a), in der der Kopfabschnitt (3) der Niederdrucksäule angeordnet ist, oder als separate Leitungscoldbox (40, 40a), in der keine der vier Trenneinheiten (1-4) angeordnet ist, ausgebildet ist.
2. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach Anspruch 1, bei der ein oder mehrere vertikal verlaufende Abschnitte der ersten Leitung oder der mehreren ersten Leitungen ebenfalls zumindest zum Teil in der Coldbox (20a, 40, 40a) untergebracht ist oder sind, in der die vertikal verlaufenden Abschnitte der zweiten Leitungen zumindest zum Teil untergebracht sind.
3. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach Anspruch 1 oder 2, bei der die separate Leitungscoldbox (40, 40a) bereitgestellt ist, und bei der
 - eine gemeinsame Säulencoldbox (50) bereitgestellt ist, in der sämtliche der vier Trenneinheiten (1-4) aufgenommen sind, oder
 - eine gemeinsame Säulencoldbox (60-80) bereitgestellt ist, in der die Hochdrucksäule (1), der Fußabschnitt (2) der Niederdrucksäule und genau eine weitere der vier Trenneinheiten (1-4) aufgenommen sind, wobei eine weitere Säulencoldbox (30) bereitgestellt ist, in der die verbleibende der vier Trenneinheiten (1-4) aufgenommen ist, oder
 - eine gemeinsame Säulencoldbox (10) bereitgestellt ist, in der die Hochdrucksäule (1) und der Fußabschnitt (2) der Niederdrucksäule aufgenommen sind, wobei eine weitere gemeinsame Säulencoldbox (80) bereitgestellt ist, in der die beiden verbleibenden vier Trenneinheiten (1-4) aufgenommen sind, oder
 - eine gemeinsame Säulencoldbox (10) bereitgestellt ist, in der die Hochdrucksäule (1) und der Fußabschnitt (2) der Niederdrucksäule aufgenommen sind, wobei zwei weitere Säulencoldboxen (20, 30) bereitgestellt sind, in denen jeweils eine der beiden verbleibenden vier Trenneinheiten (1-4) aufgenommen sind.
4. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach Anspruch 3, bei der eine Rohargonsäule als die Argongewinnungssäule und eine Reinargonsäule (5) als eine fünfte Trenneinheit bereitgestellt sind, wobei die Reinargonsäule (5) in der Leitungscoldbox (40a) oder in jener der Säulencoldboxen (50, 60, 80) aufgenommen ist, in der Rohargonsäule (4) aufgenommen ist.
5. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach Anspruch 3, bei der eine zur Anreicherung oder Gewinnung eines Krypton/Xenon- oder Helium/Neon-Gemischs eingerichtete Trenneinheit als eine fünfte Trenneinheit (5) bereitgestellt ist, wobei diese fünfte Trenneinheit (5) in der Leitungscoldbox (40a) oder in jener der Säulencoldboxen (50, 60, 80) aufgenommen ist, in der Argongewinnungssäule (4) aufgenommen ist.
6. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei der eine separate Hauptwärmetauschercoldbox (90) bereitgestellt ist, in welcher der Hauptwärmetauscher (8) der Luftzerlegungsanlage (100) aufgenommen ist, wobei eine der Seitenflächen (41) der Leitungscoldbox (40) parallel zu einer Seitenfläche der Hauptwärmetauschercoldbox (90) angeordnet ist.
7. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach Anspruch 6,

- bei der zumindest eine weitere der Seitenflächen (42-43) der Leitungscoldbox (40) jeweils einer Seitenfläche einer der Säulencoldboxen (10-80) zuweist.
8. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die separate Leitungscoldbox (40, 40a) bereitgestellt ist und bei der diese in einer Erstreckungsrichtung eine Größe von weniger als 6 Metern aufweist.
9. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die separate Leitungscoldbox (40, 40a) bereitgestellt ist und bei der ein Unterkühlungsgegenströmer (7) in der Leitungscoldbox (40, 40a) angeordnet ist.
10. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die separate Leitungscoldbox (40, 40a) bereitgestellt ist und bei der diese in einer ersten Richtung parallel zu den vertikal verlaufenden Abschnitten der zweiten Leitungen eine um mindestens den Faktor 5 größere Erstreckung aufweist als in den Richtungen vertikal hierzu.
11. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der der Kopfabschnitt (3) der Niederdrucksäule einen geringeren Querschnitt als der Fußabschnitt (2) der Niederdrucksäule aufweist.
12. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der eine zum Fluidtransfer zwischen einem unteren Bereich des Kopfabschnitts (3) der Niederdrucksäule und einem oberen Bereich des Fußabschnitts (2) der Niederdrucksäule eine Transferpumpe oder mehrere parallel angeordnete und/oder redundant bereitgestellte Transferpumpen vorgesehen sind.
13. Luftzerlegungsanlage (100-700) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der in einem unteren Bereich des Fußabschnitts (2) der Niederdrucksäule ein erster Packungsbereich mit einer ersten Packungsdichte ausgebildet ist und bei der in der Argongewinnungssäule (4) ein zweiter Packungsbereich mit einer zweiten Packungsdichte ausgebildet ist, wobei die erste Packungsdichte weniger als 1 000 Quadratmeter pro Kubikmeter und die zweite Packungsdichte mehr als 750 Quadratmeter pro Kubikmeter beträgt und die zweite Packungsdichte um mehr als 250 Quadratmeter pro Kubikmeter größer als die erste Packungsdichte ist.
14. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Luftzerlegungsanlage (100-700) nach einem der vorstehenden Ansprüche verwendet wird, wobei in die Hochdrucksäule (1) Luft eingespeist wird, in der Hochdrucksäule (1) eine Sumpfflüssigkeit mit einem Sauerstoffgehalt von 30 bis 50 Molprozent gebildet und zumindest teilweise in den Kopfabschnitt (3) der Niederdrucksäule überführt wird, in dem Fußabschnitt (2) der Niederdrucksäule ein Kopfgas gebildet und zumindest teilweise in die Argongewinnungssäule (4) und/oder in den Kopfabschnitt (3) der Niederdrucksäule überführt wird, und in der Argongewinnungssäule (4) eine Sumpfflüssigkeit gebildet und zumindest teilweise in den Kopfabschnitt (2) der Niederdrucksäule überführt wird.
15. Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage (100-700) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem vier Trenneinheiten (1-4) in Form einer Hochdrucksäule (1), eines Fußabschnitts (2) einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, des Kopfabschnitts (3) der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule (4), bereitgestellt und die vier Trenneinheiten (1-4) zumindest zum Teil mittels Leitungen (6) miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren weiteren Apparaten (7, 8) verbunden werden, wobei die Leitungen (6) eine oder mehrere erste Leitungen und mehrere zweite Leitungen umfassen, wobei die eine oder die mehreren ersten Leitungen eine oder mehrere Leitungen, die in einem Kopfbereich des Fußabschnitts (2) der Niederdrucksäule münden, und/oder eine Leitung, die in einem Gasraum eines Kopfkondensators (5a) der Argongewinnungssäule (4) mündet, ist oder sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** vertikal verlaufende Abschnitte der zweiten Leitungen zumindest zum Teil in einer Coldbox (20a, 40, 40a) untergebracht werden, die als Säulencoldbox (20a), in der der Kopfabschnitt der Niederdrucksäule angeordnet ist, oder als separate Leitungscoldbox (40, 40a), in der keine der vier Trenneinheiten (1-4) angeordnet ist, ausgebildet ist.

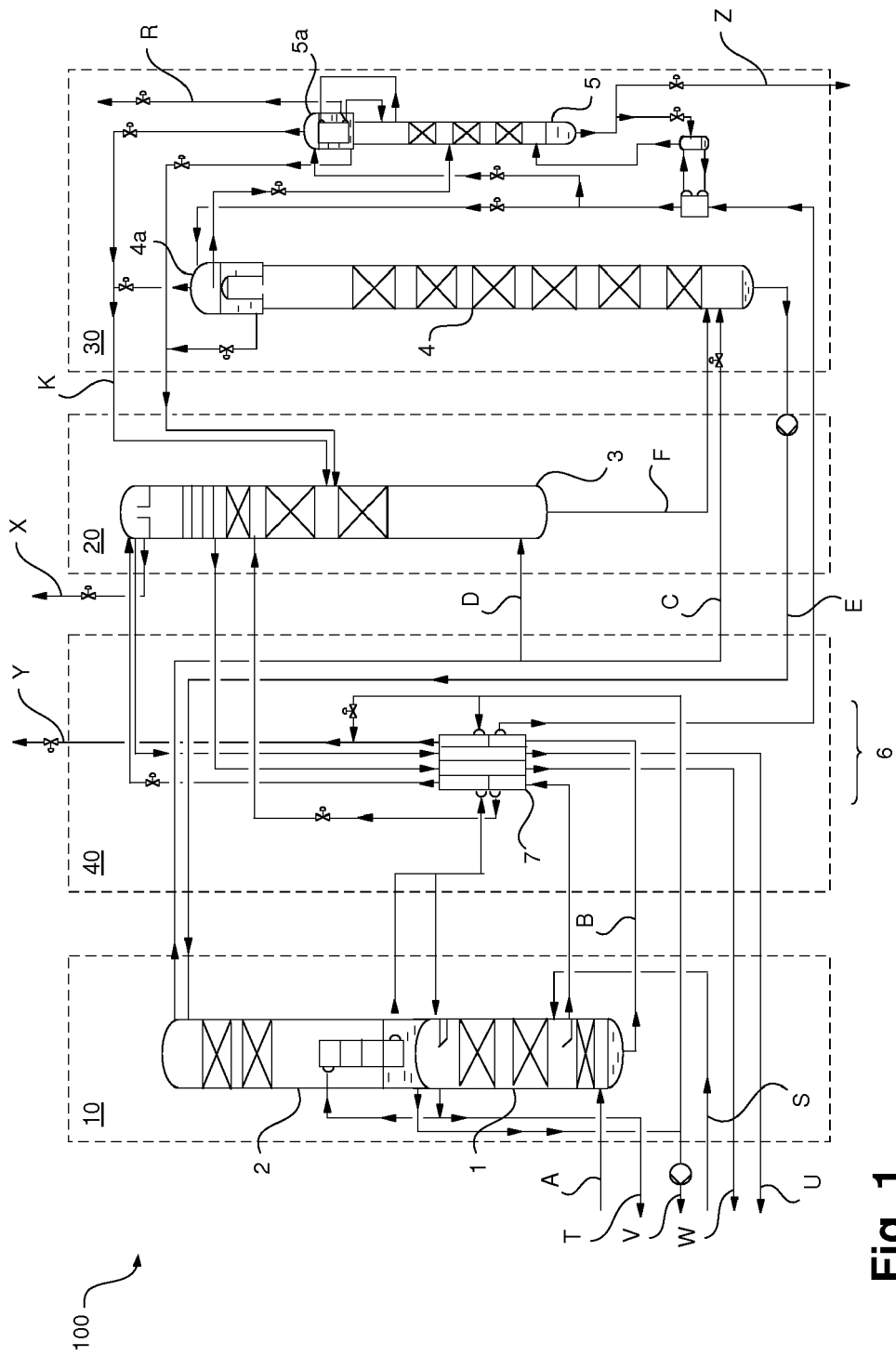


Fig. 1

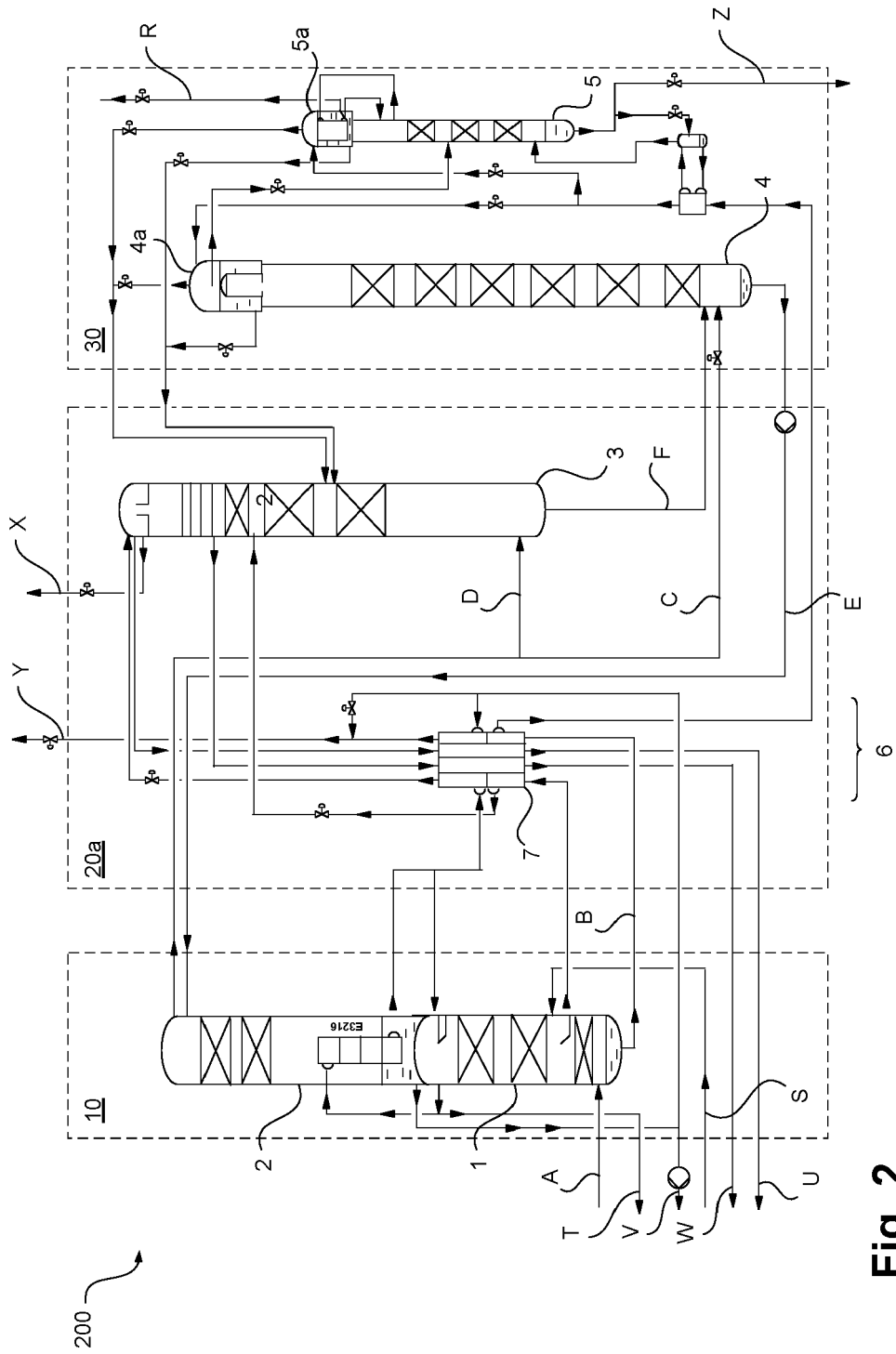


Fig. 2

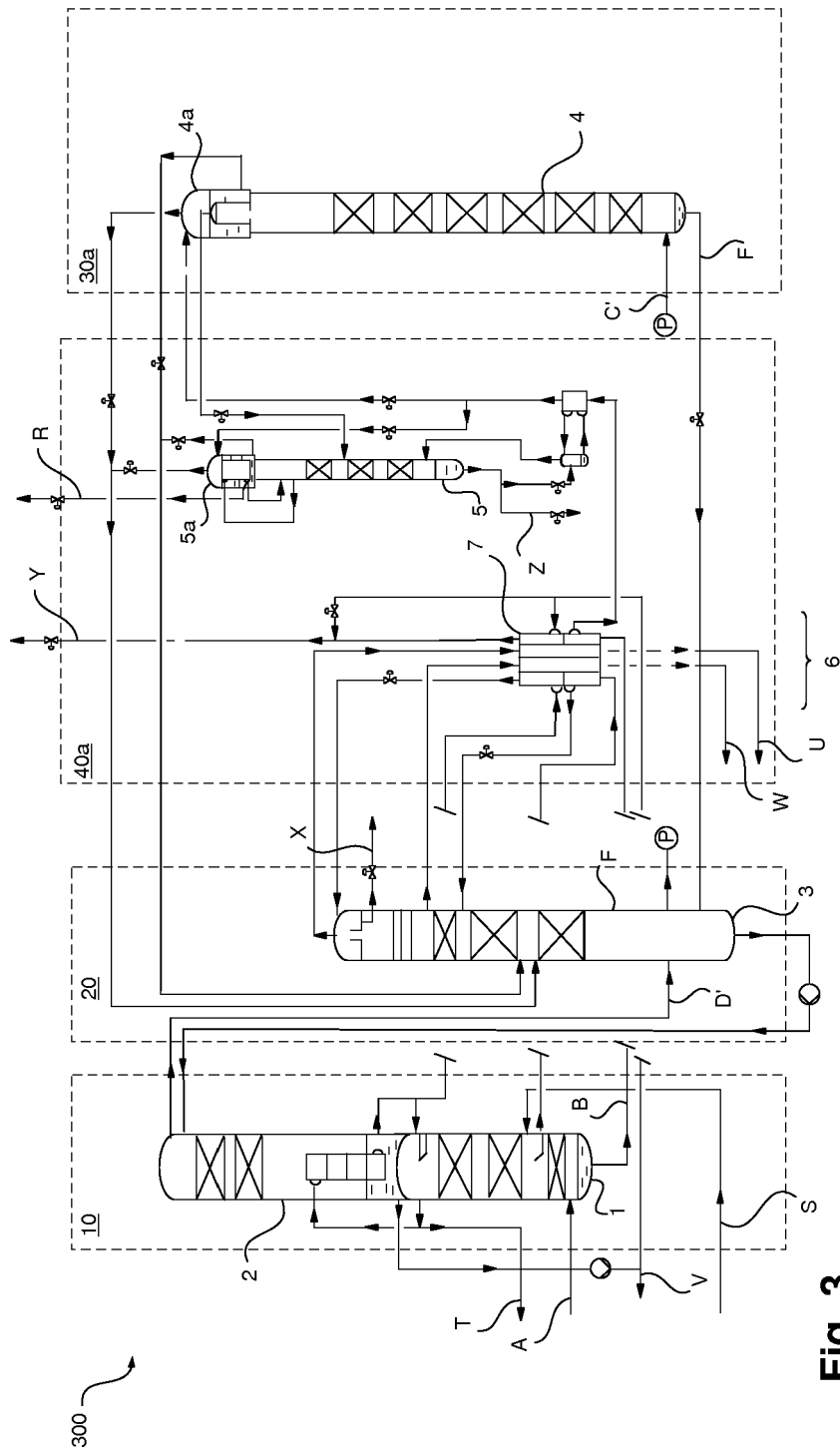


Fig. 3

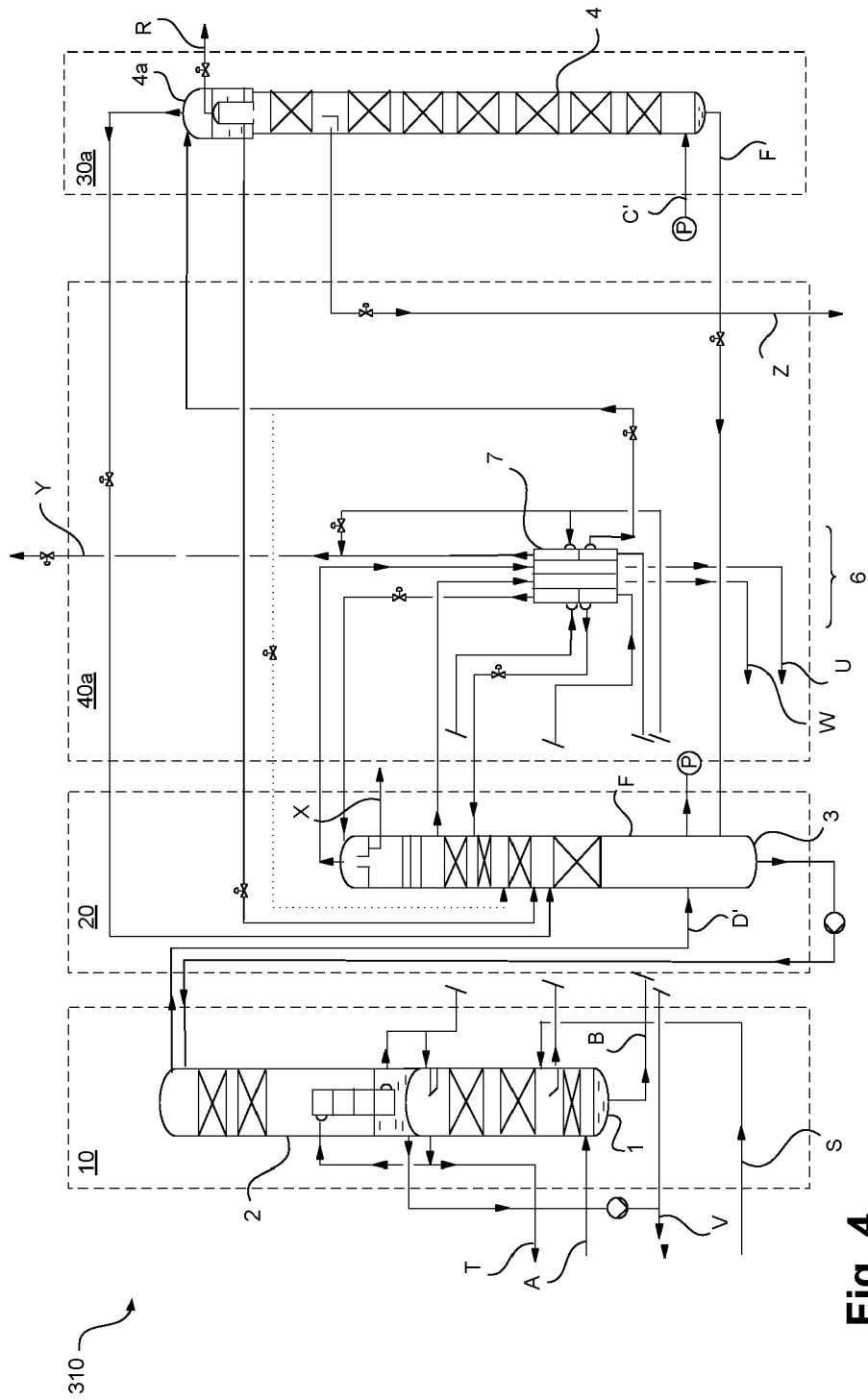


Fig. 4

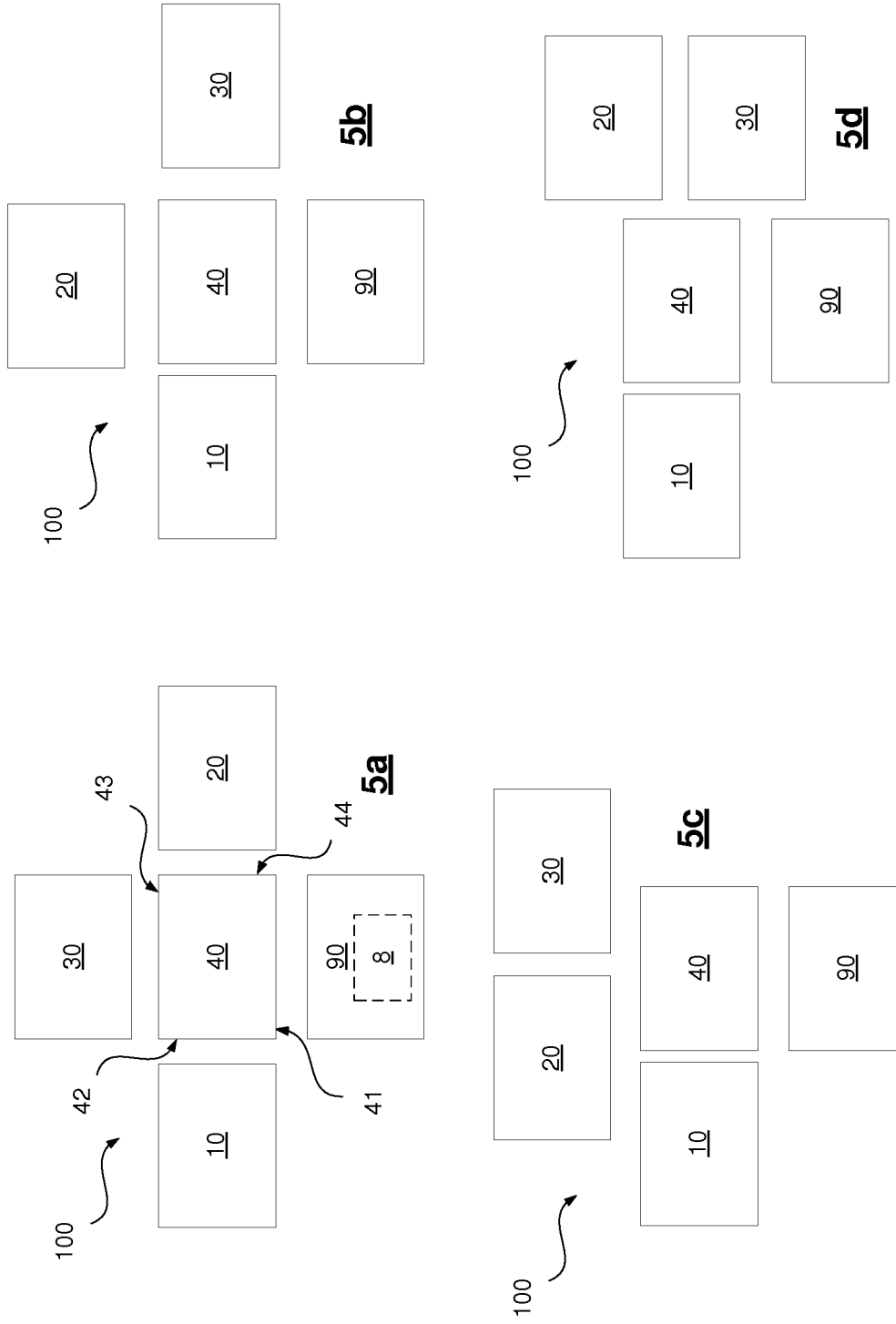


Fig. 5

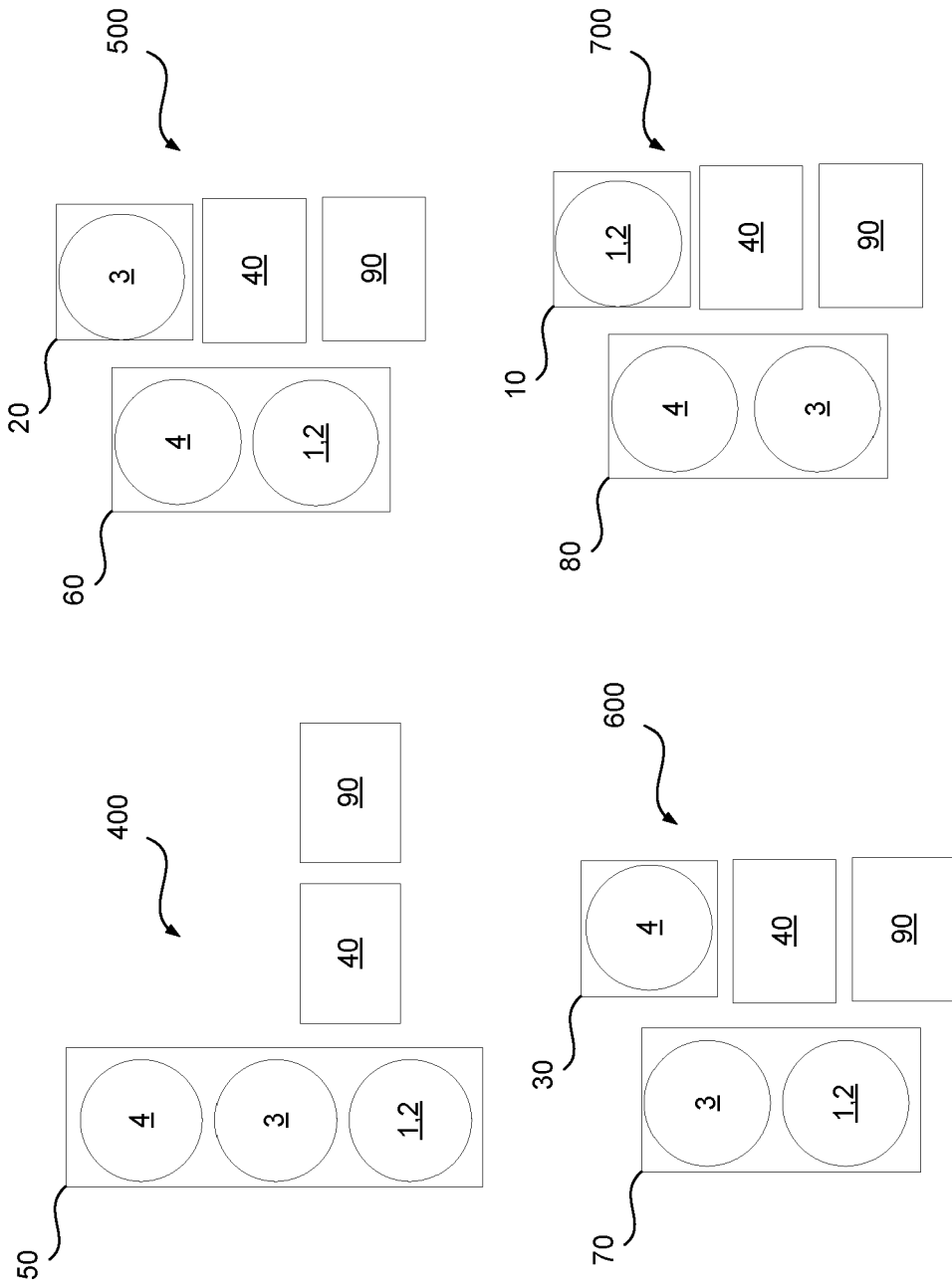


Fig. 6

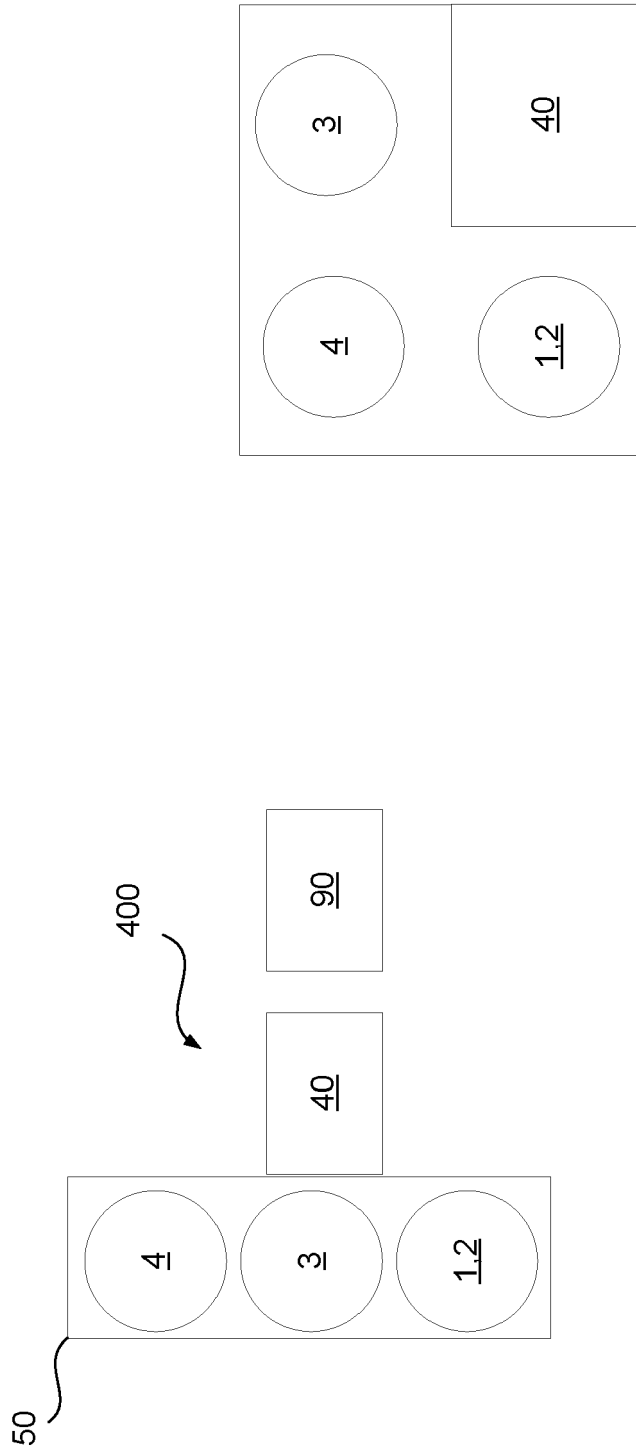


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 02 0398

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)
Y	US 2015/096327 A1 (LOCHNER STEFAN [DE] ET AL) 9. April 2015 (2015-04-09) * Absätze [0049] - [0062]; Abbildung 1 *	1-15	INV. F25J3/04
Y	EP 1 180 655 A1 (LINDE AG [DE]) 20. Februar 2002 (2002-02-20) * Absätze [0007], [0012], [0013], [0020], [0022], [0024]; Abbildungen 3,5,11,14 *	1-15	
Y	CN 202 853 259 U (ZHEJIANG HAITIAN GAS CO LTD) 3. April 2013 (2013-04-03) * Abbildung 2 *	1-15	
Y	"PUBLICATION", RESEARCH DISCLOSURE, KENNETH MASON PUBLICATIONS, HAMPSHIRE, UK, GB, Nr. 430, 1. Februar 2000 (2000-02-01), Seite 247, XP000969021, ISSN: 0374-4353 * Abbildung 2 *	1-15	
A	DE 199 64 549 B4 (AIR LIQUIDE [FR]) 15. Juli 2010 (2010-07-15) * Absätze [0039], [0046] - [0049]; Abbildungen 3A,4 *	3	
A	DE 103 42 788 A1 (LINDE AG [DE]) 7. April 2005 (2005-04-07) * Absätze [0031] - [0034]; Abbildungen *	3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. Februar 2019	Prüfer Göritz, Dirk
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche 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 18 02 0398

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.

06-02-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2015096327 A1	09-04-2015	CN 104272046 A	07-01-2015
		DE 102012008415 A1	31-10-2013
		EP 2841858 A2	04-03-2015
		US 2015096327 A1	09-04-2015
		WO 2013159868 A2	31-10-2013

EP 1180655 A1	20-02-2002	AT 295520 T	15-05-2005
		AU 9376601 A	04-03-2002
		CN 1447895 A	08-10-2003
		DE 10040391 A1	28-02-2002
		EP 1180655 A1	20-02-2002
		EP 1309827 A1	14-05-2003
		JP 2004535543 A	25-11-2004
		KR 20040002838 A	07-01-2004
		TW 500908 B	01-09-2002
		US 2004000166 A1	01-01-2004
WO 0216847 A1	28-02-2002		

CN 202853259 U	03-04-2013	KEINE	

DE 19964549 B4	15-07-2010	AU 741159 B2	22-11-2001
		BR 9904631 A	23-01-2001
		CZ 9900408 A3	17-11-1999
		DE 19904526 A1	02-09-1999
		DE 19964549 B4	15-07-2010
		FR 2774752 A1	13-08-1999
		GB 2334085 A	11-08-1999
		JP H11264657 A	28-09-1999
		US 6148637 A	21-11-2000

DE 10342788 A1	07-04-2005	KEINE	

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

- EP 2965029 B1 [0027]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

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