

(19)



(11)

EP 3 040 665 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.07.2016 Patentblatt 2016/27

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

(21) Anmeldenummer: **14004443.9**

(22) Anmeldetag: **30.12.2014**

(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

(72) Erfinder:
• **Moll, Anton**
82399 Raisting (DE)
• **Golubev, Dimitri**
80804 München (DE)

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

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

(54) **DESTILLATIONSSÄULEN-SYSTEM UND ANLAGE ZUR ERZEUGUNG VON SAUERSTOFF DURCH TIEFTEMPATURZERLEGUNG VON LUFT**

(57) Das Destillationssäulen-System der Erfindung dient zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit einer Doppelsäule aus Hochdrucksäule (101; 201), Niederdrucksäule (102; 202) und Hauptkondensator (103; 203). Eine Argonausschleussäule (152; 252), ist über eine Gaszuleitung und eine Flüssigkeitsrückleitung (113; 213) mit einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule verbunden. Die Argonaus-

schleussäule (152; 252) ist über der Doppelsäule (101+102; 201+202) angeordnet.

Eine Anlage gemäß der Erfindung besteht aus zwei solcher Destillationssäulen-Systeme, die über eine gemeinsame Luftversorgung verfügen.

Eine mehrsträngige Anlage gemäß der Erfindung weist zwei oder mehr derartiger Anlagen auf.

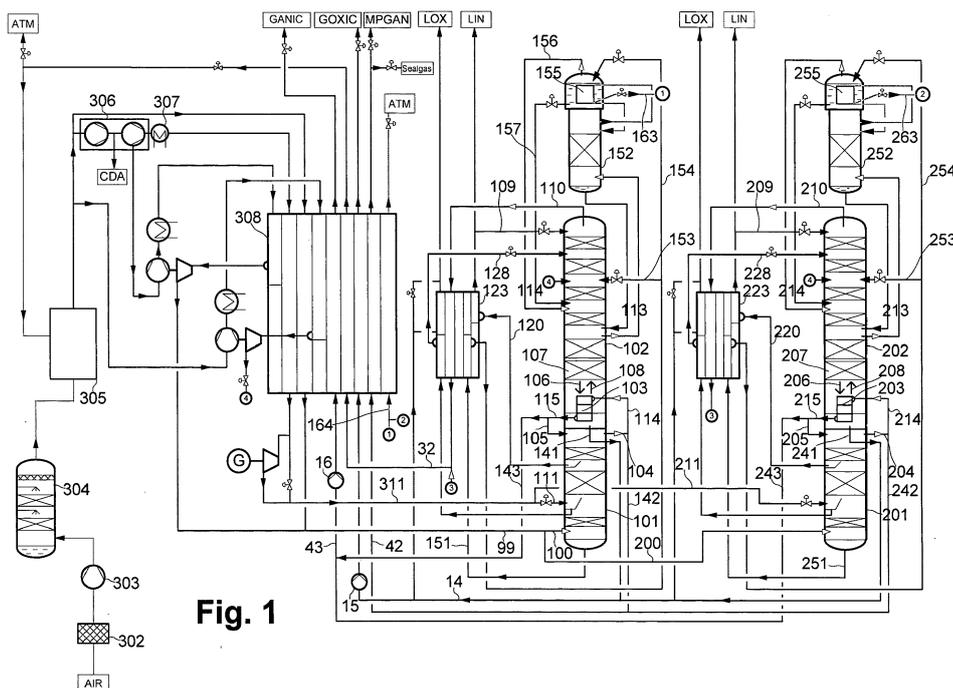


Fig. 1

EP 3 040 665 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Destillationssäulen-System zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Die Grundlagen der Tieftemperaturzerlegung von Luft im Allgemeinen sowie der Aufbau von Zwei-Säulen-Anlagen im Speziellen sind in der Monografie "Tieftemperaturtechnik" von Hausen/Linde (2. Auflage, 1985) und in einem Aufsatz von Latimer in Chemical Engineering Progress (Vol. 63, No.2, 1967, Seite 35) beschrieben. Die Wärmeaustauschbeziehung zwischen Hochdrucksäule und Niederdrucksäule einer Doppelsäule wird im Regelfall durch einen Hauptkondensator realisiert, in dem Kopfgas der Hochdrucksäule gegen verdampfende Sumpfflüssigkeit der Niederdrucksäule verflüssigt wird.

[0003] Das Destillationssäulen-System der Erfindung kann grundsätzlich als klassisches Zwei-Säulen-System mit Hochdrucksäule und Niederdrucksäule ausgebildet sein. Es kann zusätzlich zu den beiden Trennsäulen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung weitere Vorrichtungen zur Gewinnung anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen aufweisen, beispielsweise eine Krypton-Xenon-Gewinnung.

[0004] Der Hauptkondensator ist bei der Erfindung als Kondensator-Verdampfer ausgebildet. Als "Kondensator-Verdampfer" wird ein Wärmetauscher bezeichnet, in dem ein erster, kondensierender Fluidstrom in indirekten Wärmeaustausch mit einem zweiten, verdampfenden Fluidstrom tritt. Jeder Kondensator-Verdampfer weist einen Verflüssigungsraum und einen Verdampfungsraum auf, die aus Verflüssigungspassagen beziehungsweise Verdampfungspassagen bestehen. In dem Verflüssigungsraum wird die Kondensation (Verflüssigung) eines ersten Fluidstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung eines zweiten Fluidstroms. Verdampfungs- und Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen.

[0005] Dabei kann der Hauptkondensator als Badverdampfer, insbesondere als Kaskadenverdampfer (beispielsweise wie in EP 1287302 B1 = US 6748763 B2 beschrieben) oder aber als Fallfilmverdampfer ausgebildet sein. Er kann durch einen einzigen Wärmetauscherblock gebildet werden oder auch durch mehrere Wärmetauscherblöcke, die in einem gemeinsamen Druckbehälter angeordnet sind.

[0006] Unter einer "Argonausschleussäule" wird hier eine Trennsäule zur Argon-Sauerstoff-Trennung bezeichnet, die nicht zur Gewinnung eines reinen Argonprodukts, sondern zur Ausschleusung von Argon aus der in Hochdrucksäule und Niederdrucksäule zu zerlegenden Luft dient. Ihre Schaltung unterscheidet sich nur wenig von der einer klassischen Rohargonsäule, die im Allgemeinen 70 bis 180 theoretische Böden enthält; allerdings enthält sie deutlich weniger theoretische Böden,

nämlich weniger als 40, insbesondere zwischen 15 und 35. Wie eine Rohargonsäule ist der Sumpfbereich einer Argonausschleussäule mit einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule verbunden, und die Argonausschleussäule wird durch einen Kopfkondensator gekühlt, auf dessen Verdampfungsseite entspannte Sumpfflüssigkeit aus der Hochdrucksäule eingeleitet wird; eine Argonausschleussäule weist keinen Sumpfordampfer auf.

[0007] Das Destillationssäulen-System einer Luftzerlegungsanlage ist in einer oder mehreren Coldboxen angeordnet. Unter einer "Coldbox" wird hier eine isolierende Umhüllung verstanden, die einen wärmeisolierten Innenraum vollständig mit Außenwänden umfasst; in dem Innenraum sind zu isolierenden Anlagenteile angeordnet, zum Beispiel ein oder mehrere Trennsäulen und/oder Wärmetauscher. Die isolierende Wirkung kann durch entsprechende Ausgestaltung der Außenwände und/oder durch die Füllung des Zwischenraums zwischen Anlagenteilen und Außenwänden mit einem Isoliermaterial bewirkt werden. Bei der letzteren Variante wird vorzugsweise ein pulverförmiges Material wie zum Beispiel Perlite verwendet. Sowohl das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung einer Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage als auch der Hauptwärmetauscher und weitere kalte Anlagenteile müssen von einer oder mehreren Coldboxen umschlossen sein. Die Außenmaße der Coldbox bestimmen üblicherweise die Transportmaße des Pakets bei vorgefertigten Anlagen.

[0008] Ein "Hauptwärmetauscher" dient zur Abkühlung von Einsatzluft in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Destillationssäulen-System. Er kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken. Separate Wärmetauscher, die speziell der Verdampfung oder Pseudo-Verdampfung eines einzigen flüssigen oder überkritischen Fluids dienen, ohne Anwärmung und/oder Verdampfung eines weiteren Fluids, gehören nicht zum Hauptwärmetauscher. Ein solcher separater Wärmetauscher kann beispielsweise durch einen Nebenkondensator oder durch einen separaten Wärmetauscher zur Verdampfung oder Pseudo-Verdampfung und gegebenenfalls Anwärmung eines flüssigen Stroms unter erhöhtem Druck oder eines überkritischen Stroms gebildet werden. Manche Luftzerlegungsanlagen enthalten beispielsweise zusätzlich zum Hauptwärmetauscher einen Nebenkondensator oder einen Hochdrucktauscher zur Verdampfung oder Pseudo-Verdampfung und gegebenenfalls Anwärmung von flüssig auf Druck gebrachten Produkt gegen einen Hochdruckluftstrom, der durch einen Teil der Einsatzluft gebildet wird. Ein Nebenkondensator und ein solcher Hochdrucktauscher werden hier nicht als Teil des Hauptwärmetauschers betrachtet.

[0009] Die relativen räumlichen Begriffe "oben", "unten", "über", "unter", "oberhalb", "unterhalb" etc. beziehen sich hier auf die räumliche Ausrichtung der Trenn-

säulen im Normalbetrieb. Unter einer Anordnung zweier Säulen "übereinander" wird hier verstanden, dass das obere Ende der unteren der beiden Säulen sich auf niedrigerer oder gleicher geodätischer Höhe befindet wie das untere Ende der oberen der beiden Säulen und sich die Projektionen der beiden Säulen in eine horizontale Ebene überschneiden. Insbesondere sind die beiden Säulen genau übereinander angeordnet, das heißt die Achsen der beiden Säulen verlaufen auf derselben vertikalen Geraden.

[0010] Ein Destillationssäulen-System der eingangs genannten Art mit Argonausschleussäule ist aus US 5235816 bekannt.

[0011] Solche Anlagen werden bei der Herstellung regelmäßig so weit wie möglich vorgefertigt, die vorgertigten Teile werden auf die Baustelle transportiert und schließlich dort miteinander verbunden. Je nach Größe der Anlage kann zum Beispiel die gesamte Doppelsäule mit ihrer Coldbox transportiert werden. Wenn die Größe der Anlage das nicht mehr erlaubt, wird die Doppelsäule - gegebenenfalls in zwei Teilen - ohne Coldbox und Verrohrung transportiert. Eine zusätzliche Säule wie die Argonausschleussäule verursacht dabei zusätzlichen Aufwand mit einer eigenen Coldbox. Diese Säule wird separat auf die Baustelle gebracht und dort mit relativ großen Aufwand vor Ort mit dem Rest der Anlage verbunden. Um eine zusätzliche kryogene Pumpe zu vermeiden, wird diese Säule (in einer eigenen Coldbox) auf einem aufwändigen Gestell platziert. Dieses Gestell verursacht unter anderem erhöhten Platzbedarf für die ganze Anlage ("plant footprint").

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Destillationssäulen-System der eingangs genannten Art möglichst kompakt zu gestalten und seinen Aufbau zu vereinfachen.

[0013] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Demnach wird die Argonausschleussäule über der Doppelsäule angeordnet. Vorzugsweise liegen die Achsen von Argonausschleussäule und Niederdrucksäule auf einer Geraden.

[0014] Da ein üblicher Doppelsäulen-Luftzerleger alleine schon eine Höhe von 60 bis 70 Metern erreichen kann, erscheint es zunächst widersinnig, ihn noch höher zu machen, indem man die relativ nebensächliche Argonausschleussäule oben auf die Niederdrucksäule stellt. Statische und transporttechnische Gründe schienen dem bisher entgegen zu stehen.

[0015] Erst im Rahmen der Erfindung hat sich ergeben, dass die Vorteile erheblich größer sind als die tatsächlichen Nachteile. So kann das komplette Destillationssäulen-System in der Werkstatt vorgefertigt werden; die Argonausschleussäule braucht nicht getrennt transportiert zu werden und erfordert nur minimalen Montageaufwand auf der Baustelle. Der Transport einer Kombination aus Doppelsäule und Argonausschleussäule ist in der Praxis nicht viel aufwändiger als derjenige der Doppelsäule alleine (vorausgesetzt die Logistik lässt die etwas erhöhte Transport-Länge zu). Auch bei Anlagen, bei denen die

Doppelsäule für den Transport auseinander geschnitten werden muss, kann die zusätzliche Argonausschleussäule in vielen Fällen zusammen mit der Niederdrucksäule transportiert werden. Die Drucksäule wird dabei in der Regel separat zusammen mit dem Hauptkondensator-Behälter transportiert. Ein weiterer erheblicher Vorteil besteht darin, dass das aufwändige Gestell für die Argonausschleussäule sowie eine separate Coldbox nicht mehr benötigt wird.

[0016] Es ist günstig, wenn bei dem erfindungsgemäßen Destillationssäulen-System die Niederdrucksäule Stoffaustauschelemente enthält, die in mindestens einem Teilbereich der Niederdrucksäule durch eine geordnete Packung gebildet werden, die aus gefalteten Metallblechen gefertigt ist, wobei die geordnete Packung eine spezifische Oberfläche von mehr als 1000 m²/m³, insbesondere von 1200 m²/m³ oder mehr, aufweist.

[0017] Im Falle einer Transportbegrenzung (üblicherweise 4,8 m im Säulendurchmesser) wird die pro Destillationssäulen-System gewonnene Produktmenge stark limitiert. Die Begrenzung des Säulendurchmessers führt dazu, dass die Doppelsäulen solcher Anlagen üblicherweise mit Packungen mit sehr niedriger spezifischen Oberfläche (zum Beispiel 350 m²/m³ oder sogar 250 m²/m³) ausgerüstet werden. Dies ist insofern günstig, als bei beschränktem Säulendurchmesser eine besonders hohe Kapazität pro Säule erreicht wird. Die Säulen werden dabei aber besonders hoch und es besteht auch die Notwendigkeit für den Einsatz kryogener Transferpumpen (entweder eine Flüssigstickstoff-Pumpe für eine Anordnung der Säulen übereinander oder eine Flüssigsauerstoff-Transferpumpe für nebeneinander stehende Säulen). Neben einer Erhöhung der Gesamtkosten werden dadurch auch die Komplexität und der Energiebedarf des Systems negativ beeinflusst.

[0018] Bei der Erfindung wird - entgegengesetzt zu der bisherigen Praxis bei Beschränkungen des Kolonnendurchmessers - eine geordnete Packung besonders großer Dichte in der Niederdrucksäule eingesetzt. Dabei kann ein Teil des Stoffaustauschbereichs der Niederdrucksäule mit einer besonders dichten Packung gefüllt sein (und der Rest beispielsweise durch Packung niedrigerer Dichte oder auch durch eine Kombination aus Packung und konventionellen Rektifizierböden), oder alle Stoffaustauschelemente werden durch die besonders dichte Packung gebildet. In der Hochdrucksäule werden entweder auch eine geordnete Packung, vorzugsweise mit mehr als 700 oder 1000 m²/m³, oder Siebböden oder eine Kombination dieser beiden Typen von Stoffaustauschelementen eingesetzt.

[0019] Der Einsatz einer besonders dichten Packung scheint zunächst kontraproduktiv für eine besonders hohe Kapazität zu sein, weil dadurch bei begrenztem Kolonnendurchmesser die Kapazität der entsprechenden Säule sinkt. Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch überraschenderweise herausgestellt, dass dadurch eine einzelne Anlage mit einem warmen Teil und einem Hauptwärmetauscher mit Hilfe der Erfindung mit zwei er-

findungsgemäßen Destillationssäulen-Systemn ausgestattet werden kann. Zwar wird die Anlage dadurch apparativ aufwändiger; es kann aber eine überraschend deutlich erhöhte Kapazität erzielt werden im Vergleich zu einem klassischen Doppelsäulensystem - und zwar bei den gleichen Transportbeschränkungen.

[0020] Auch in der Argonausschleussäule ist der Einsatz von Packung relativ hoher spezifischer Dichte von Vorteil, wobei die Argonausschleussäule Stoffaustauschelemente enthält, die in mindestens einem Teilbereich der Niederdrucksäule durch eine geordnete Packung gebildet werden, die aus gefalteten Metallblechen gefertigt ist, wobei die geordnete Packung eine spezifische Oberfläche von mehr als $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$, insbesondere von $1200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ oder mehr, aufweist. Vorzugsweise ist der gesamte Stoffaustauschbereich der Argonausschleussäule mit Packung solch hoher Dichte ausgestattet.

[0021] Analog zu einer konventionellen Rohargonsäule weist die Argonausschleussäule vorzugsweise die folgenden Merkmale auf:

- Ihr ist ein Kopfkondensator zugeordnet, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist und dessen Verflüssigungsraum in Strömungsverbindung mit dem Kopf der Argonausschleussäule steht.
- Der Verdampfungsraum des Kopfkondensators der Argonausschleussäule steht in Strömungsverbindung mit dem Sumpf der Hochdrucksäule.

[0022] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Hauptkondensator im Sumpfbereich der Niederdrucksäule angeordnet. Damit ist gemeint, dass sich der Hauptkondensator unterhalb der Stoffaustauschelemente der Niederdrucksäule im selben Behälter wie diese befindet.

[0023] Alternativ könnte der Hauptkondensator in einem von der Niederdrucksäule getrennten Behälter angeordnet sein.

[0024] Die Erfindung betrifft außerdem eine Anlage zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß Patentanspruch 7 mit einem Hauptluftverdichter, einer Luftvorkühlungseinheit, einer Luftreinigungseinheit und einem Hauptwärmetauscher und mit zwei der oben beschriebenen Destillationssäulen-Systemen, die beide Einsatzluft aus dem gemeinsamen Hauptwärmetauscher erhalten.

[0025] Aus US 6128921 ist es zwar bekannt zwei parallel geschaltete Doppelsäulen nebeneinander in einer gemeinsamen Coldbox zu betreiben; allerdings zielt diese Schrift darauf ab, die beiden Doppelsäulen verschieden auszubilden. Der Fachmann würde diese Veröffentlichung nicht konsultieren, wenn er auf der Suche nach einer Maximierung der Kapazität einer Anlage ist. Er entnimmt ihr jedenfalls keine Anregung, wie ein mehrsträngiges System im Sinne der oben beschriebenen Aufgabe verändert werden könnte.

[0026] Die Apparate stromaufwärts der beiden Destil-

lationssäulen-Systeme können insbesondere durch eine einzige Vorkühlung, eine einzige Luftreinigung und/oder einen einzigen Hauptwärmetauscher gebildet sein.

[0027] Dabei kann mindestens ein Teil der Einsatzluft für beide Destillationssäulen-Systeme gemeinsam im Hauptwärmetauscher abgekühlt und in einer Gesamtdruckluftleitung aus dem Hauptwärmetauscher abgezogen werden. Die Gesamtdruckluftleitung wird dann in die erste Druckluftteilstromleitung zum ersten Destillationssäulen-System und die zweite Druckluftteilstromleitung zum zweiten Destillationssäulen-System verzweigt.

[0028] Weist eine erfindungsgemäße Anlage neben dem Hauptwärmetauscher einen Hochdrucktauscher auf, dann wird dieser ebenfalls für beide Destillationssäulen-Systeme genutzt, das heißt die kalte Hochdruckluft aus dem Hochdrucktauscher wird auf die beiden Destillationssäulen-Systeme verteilt und der für den Hochdrucktauscher bestimmte Produktstrom wird flüssig aus beiden Destillationssäulen-Systemen entnommen, zusammengeführt und zum Hochdrucktauscher geschickt.

[0029] Aus fertigungstechnischen Gründen besteht der Hauptwärmetauscher in der Regel ohnehin aus mehreren parallel geschalteten Blöcken. Dann empfiehlt es sich, die Blöcke in zwei symmetrische Gruppen aufzuteilen, um den Hauptwärmetauscher besser regeln zu können. Durch die erste Tauscher-Gruppe werden dabei in dem ersten Destillationssäulen-System zu zerlegende Luft und der entsprechende Strom von unreinem Stickstoff aus dem gleichen Destillationssäulen-System geführt. Durch die zweite Gruppe fließen die entsprechenden Ströme für die beziehungsweise von dem zweiten Destillationssäulen-System. Die restlichen Ströme (Produktbeziehungsweise Turbinenströme) werden dabei gleichmäßig auf die Blöcke beider Gruppen verteilt.

[0030] Es ist günstig, wenn in der Anlage das erste Destillationssäulen-System und das zweite Destillationssäulen-System die gleiche Baugröße aufweisen und insbesondere Hochdrucksäule, Niederdrucksäule und Argonausschleussäule gleich dimensioniert sind. Unter einer "gleichen Baugröße" wird hier verstanden, dass die entsprechenden Kolonnenhöhen und -durchmesser nicht mehr als 10 %, insbesondere nicht mehr als 5 % voneinander abweichen. Der Vergleich bezieht sich paarweise auf die einander entsprechenden Abschnitte der ersten und der zweiten Hochdrucksäulen, der ersten und der zweiten Niederdrucksäulen beziehungsweise der Argonausschleussäule n.

[0031] Die beiden Destillationssäulen-Systeme (jeweils Doppelsäule plus Argonausschleussäule) können jeweils in einer separaten Coldbox untergebracht sein. Vorzugsweise werden aber das erste und das zweite Destillationssäulen-System in einer gemeinsamen Coldbox angeordnet.

[0032] In beiden Fällen werden die beiden Destillationssäulen-Systeme vorzugsweise unabhängig voneinander betrieben, aber die warmen Anlagenteile und der Hauptwärmetauscher und gegebenenfalls ein Hochdrucktauscher werden gemeinsam genutzt. Dazu wer-

den eine, mehrere oder alle Entnahmeleitungen für Produkte der beiden Destillationssäulen-Systeme, sofern sie nicht zur direkten Flüssigproduktentnahme bestimmt sind, paarweise in eine Gesamtleitung zusammengeführt, die mit dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers verbunden ist, und anschließend in einer gemeinsamen Leitung zum Hauptwärmetauscher oder gegebenenfalls zum Hochdrucktauscher geleitet.

[0033] Für den unabhängigen Betrieb besitzen beide Destillationssäulen-Systeme je einen separaten Unterkühlungs-Gegenströmer, der unabhängig vom Unterkühlungs-Gegenströmer des anderen Destillationssäulen-Systems betreibbar ist und insbesondere nicht mit Rohrleitungen von oder zu dem anderen Destillationssäulen-System verbunden ist.

[0034] Insbesondere damit sind die beiden Destillationssäulen-Systeme unabhängig voneinander betreibbar.

[0035] Die Vorteile der Erfindung kommen insbesondere bei besonders großen Anlagen zum Tragen, die mehrsträngig ausgebildet sind.

[0036] Die Erfindung betrifft daher außerdem eine mehrsträngige Anlage zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß Patentanspruch 15, bei der mindestens zwei der Stränge durch die zwei der oben beschriebenen Anlagen mit jeweils zwei Destillationssäulen-Systemen gebildet werden.

[0037] Durch die erfindungsgemäße Kapazitätserhöhung pro Strang kann beispielsweise mit einer viersträngigen Anlage gemäß der Erfindung eine Gesamtkapazität erreicht werden, die einer konventionellen fünfsträngigen Anlage entspricht. Bei einer Anlage, die konventionell mit sechs Strängen ausgestaltet werden müsste, reichen beispielsweise fünf erfindungsgemäße Stränge.

[0038] Eine mehrsträngige Anlage ist aus EP 1672301A1 = US 7516626 B2 an sich bekannt.

[0039] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand zweier in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. In den Zeichnungen sind nur die wichtigsten Elemente dargestellt, insbesondere solche, mit denen sich das System der Erfindung von üblichen Luftzerlegungssystemen unterscheidet. Hierbei zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel für eine Anlage gemäß der Erfindung mit zwei erfindungsgemäßen Destillationssäulen-Systemen und

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel für eine mehrsträngige Anlage gemäß der Erfindung.

[0040] In **Figur 1** ist eine Anlage mit zwei Destillationssäulen-Systemen dargestellt.

[0041] Das erste Destillationssäulen-System des Ausführungsbeispiels der **Figur 1** weist eine erste Hochdrucksäule 101, eine erste Niederdrucksäule 102, einen ersten Hauptkondensator 103 und eine erste Argonausschleussäule 152 auf. Eine zweite Hochdrucksäule 201, eine zweite Niederdrucksäule 202, ein zweiter Hauptkon-

densator 203 und eine zweite Argonausschleussäule 252 gehören zu dem zweiten Destillationssäulen-System der in **Figur 1** dargestellten Anlage.

[0042] Das erfindungsgemäße Destillationssäulen-System kann mit jeder beliebigen Turbinen-Konfiguration zwecks Kälteerzeugung ausgestattet werden. In der **Figur 1** ist beispielweise die Kombination einer Mitteldruckturbine (Luft wird arbeitsleistend auf Hochdrucksäulendruck entspannt) und einer Einblaseturbine (Luft wird arbeitsleistend auf Niederdrucksäulendruck entspannt) dargestellt. In bestimmten Fällen ist es aber günstiger, statt der Einblaseturbine eine Druck-GAN-Turbine (arbeitsleistende Entspannung von gasförmigem Stickstoff aus der Hochdrucksäule auf knapp über Atmosphärendruck) beziehungsweise eine Kombination von Einblaseturbine und Druck-GAN-Turbine einzusetzen.

[0043] Die Hauptkondensatoren 103, 203 werden in dem Beispiel durch zwei dreistufige Kaskadenverdampfer gebildet. Die Säulenpaare 101/102, 201/202 sind in Form zweier Doppelsäulen angeordnet, die Argonausschleussäule 152/252 erfindungsgemäß darüber.

[0044] Jedes der beiden Destillationssäulen-Systeme wird unabhängig geregelt. Der Druck in den Niederdrucksäulen kann beispielsweise separat eingestellt und geregelt werden. Durch diese Entkopplung wird auch der Gesamt-Regelungsaufwand leichter gestaltet und eventuelle Fertigungstoleranzen bei beiden Doppelsäulen können besser ausgeglichen werden.

[0045] Die in **Figur 1** dargestellte Anlage weist ein Eintrittsfilter 302 für atmosphärische Luft (AIR), einen Hauptluftverdichter 303, eine Luftvorkühlungseinheit 304, eine Luftreinigungseinheit 305 (üblicherweise gebildet durch ein Paar von Molekularsieb-Adsorbentien), einen Luftnachverdichter 306 (Booster Air Compressor - BAC) mit Nachkühler 307 und einen Hauptwärmetauscher 308 auf. Der Hauptwärmetauscher 308 ist in einer eigenen Coldbox untergebracht, die von der oder den Coldboxen um das Destillationssäulen-Systeme getrennt ist. Ein Gesamtdruckluftstrom 99 vom kalten Ende des Hauptwärmetauschers 308 wird in einen ersten Druckluftteilstrom 100 und einen zweiten Druckluftteilstrom 200 verzweigt. Der erste Druckluftteilstrom 100 wird in die erste Hochdrucksäule 101, der zweite Druckluftteilstrom 200 in die zweite Hochdrucksäule 201 eingeleitet.

[0046] Die in dem Nachverdichter 306 auf dessen Enddruck nachverdichtete Luft wird in dem Hauptwärmetauscher 308 verflüssigt (oder - falls ihr Druck überkritisch ist - pseudo-verflüssigt) und über Leitung 311 den Destillationssäulen-Systemen zugeleitet und dort in die Ströme 111 und 112 verzweigt.

[0047] Ein erster Stickstoffgasstrom 104, 114 aus der ersten Hochdrucksäule 101 wird in den Verflüssigungsraum des ersten Hauptkondensators 103 eingeleitet. In dem Verflüssigungsraum des ersten Hauptkondensators 103 wird Flüssigstickstoff 115 erzeugt, der mindestens zu einem ersten Teil als ein erster Flüssigstickstoffstrom 105 zur ersten Hochdrucksäule 101 geleitet wird.

[0048] Ein zweiter Stickstoffgasstrom 204, 214 aus der zweiten Hochdrucksäule 201 wird in den Verflüssigungsraum des zweiten Hauptkondensators 203 eingeleitet. In dem Verflüssigungsraum des zweiten Hauptkondensators 203 wird Flüssigstickstoff 215 erzeugt, der mindestens zu einem ersten Teil als ein zweiter Flüssigstickstoffstrom 205 zur zweiten Hochdrucksäule 201 geleitet wird..

[0049] Ein erster Flüssigsauerstoffstrom 106 aus der ersten Niederdrucksäule 102 fließt vom unteren Ende der untersten Stoffaustauschschicht 107 der ersten Niederdrucksäule 102 ab und wird dadurch in den Verdampfungsraum des ersten Hauptkondensators 103 eingeleitet. In dem Verdampfungsraum des ersten Hauptkondensators 103 wird gasförmiger Sauerstoff gebildet. Er wird mindestens zu einem ersten Teil als erster Sauerstoffgasstrom 108 in die erste Niederdrucksäule 102 eingeleitet, indem er von unten in die unterste Stoffaustauschschicht 107 der ersten Niederdrucksäule 102 einströmt; ein zweiter Teil kann bei Bedarf direkt als gasförmiges Sauerstoffprodukt gewonnen und im Hauptwärmetauscher 308 angewärmt werden.

[0050] Ein zweiter Flüssigsauerstoffstrom 206 aus der zweiten Niederdrucksäule 202 fließt vom unteren Ende der untersten Stoffaustauschschicht 207 der zweiten Niederdrucksäule 202 ab und wird dadurch in den Verdampfungsraum des zweiten Hauptkondensators 203 eingeleitet. In dem Verdampfungsraum des zweiten Hauptkondensators 203 wird gasförmiger Sauerstoff gebildet. Er wird mindestens zu einem ersten Teil als zweiter Sauerstoffgasstrom 208 in die zweite Niederdrucksäule 202 eingeleitet, indem er von unten in die unterste Stoffaustauschschicht 207 der zweiten Niederdrucksäule 202 einströmt; ein zweiter Teil kann bei Bedarf direkt als gasförmiges Sauerstoffprodukt gewonnen und im Hauptwärmetauscher 308 angewärmt werden.

[0051] Die Rücklaufflüssigkeiten 109, 209 für die beiden Niederdrucksäulen 102, 202 werden jeweils durch eine stickstoffangereicherte Flüssigkeit 120, 220 gebildet, die an beiden Hochdrucksäulen 101, 201 von einer Zwischenstelle (oder alternativ direkt vom Kopf) abgezogen und in Unterkühlern 123, 223 abgekühlt wird. Vom Kopf beider Niederdrucksäulen 102, 202 wird unreiner Stickstoff 110, 210 abgezogen und als Restgas durch je einen Unterkühlungs-Gegenströmer 123, 223 und über die gemeinsame Leitung 32 zum Hauptwärmetauscher 308 geführt.

[0052] Von beiden Hochdrucksäulen 101, 201 wird je ein sauerstoffangereicherter Sumpfflüssigkeitsstrom 151, 251 abgezogen und im jeweiligen Unterkühlungs-Gegenströmer 123, 223 abgekühlt. Ein erster Teil 153, 253 der abgekühlten Sumpfflüssigkeit wird direkt der Niederdrucksäule 102 zugeführt; ein zweiter Teil 154, 254 wird in den Verdampfungsraum des Kopfkondensators 155, 255 je einer Argonausschleussäule 152, 252 eingeleitet. Der im Kopfkondensator 155, 255 verdampfte Anteil 156 und der flüssig verbliebene 157 werden über getrennte Leitungen in die Niederdrucksäulen 102, 202 einge-

speist.

[0053] Die flüssige oder überkritische Luft 311 aus dem Hauptwärmetauscher wird über die Leitungen 111, 211 und 128, 228 in der Niederdrucksäulen 102, 202 zuge-

speist.
[0054] Als Hauptprodukt der Destillationssäulen-Systeme wird flüssiger Sauerstoff 141, 241 von den Verdampfungsräumen der Hauptkondensatoren 103, 203 abgezogen, zusammengeführt und über Leitung 14 mindestens teilweise einer Innenverdichtung zugeführt. Dabei wird der flüssige Sauerstoff 14 mittels einer Pumpe 15 auf einen hohen Produktdruck gepumpt, unter diesem hohen Produktdruck in dem Hauptwärmetauscher 308 verdampft oder (falls sein Druck überkritisch ist) pseudo-verdampft, auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als gasförmiges Drucksauerstoffprodukt GOXIC abgezogen. Dieses stellt das Hauptprodukt der Anlage des Ausführungsbeispiels dar.

[0055] Als weiteres Produkt der Anlage wird Druckstickstoff direkt vom Kopf der Hochdrucksäulen 101, 201 abgezogen (Leitungen 104, 142 und 204, 242), gemeinsam über Leitung 42 zum Hauptwärmetauscher 308 geführt, dort angewärmt und schließlich als gasförmiges Druckstickstoffprodukt MPGAN gewonnen. Zusätzlich wird jeweils ein Teil 143, 243 des in den Hauptkondensatoren 103, 104 erzeugten Flüssigstickstoffs über Leitung 43 einer Innenverdichtung zugeführt (Pumpe 16) und als gasförmiges Hochdruck-Stickstoffprodukt GANIC gewonnen werden.

[0056] Die Anlage kann auch Flüssigprodukte LOX, LIN liefern. Diese können, wie dargestellt von jedem Destillationssäulen-System getrennt abgeführt werden.

[0057] Über die Leitungspaare 113, 114, 213, 214 sind beide Niederdrucksäulen 10, 103 wie bei einer klassischen Argongewinnung mit ihrer jeweiligen Argonausschleussäule 152, 252 und deren Kopfkondensator 155, 255 verbunden. Die Leitungspaare 113, 213 sind mit dem unteren Bereich einer Argonausschleussäule verbunden. Der innere Aufbau und die Funktionsweise einer solchen klassischen Argongewinnung sind beispielweise in DE 2325422 A, EP 171711 A2, EP 377117 B2 (= US 5019145), DE 4030749 A1, EP 628777 B1 (= US 5426946), EP 669508 A1 (= US 5592833), EP 669509 B1 (= US 5590544), EP 942246 A2, EP 1103772 A1, DE 19609490 (= US 5669237), Figur 8, EP 1243882 A1 (= US 2002178747 A1) und EP 1243881 A1 (= US 2002189281 A1) beschrieben. Die Argonausschleussäule dient jedoch nicht zur Lieferung eines Argonprodukts, sondern zur Argon-Ausschleusung zwecks Verbesserung der Sauerstoff-Ausbeute. Ihr "Produkt" besteht aus dem bei der Verflüssigung im Argonausschleussäulen-Kopfkondensator verbliebenen gasförmigen argonangereicherten Strom 163, 263, der über Leitung 164 zu einer separaten Passagengruppe des Hauptwärmetauschers 308 geleitet wird.

[0058] Die Argonausschleussäulen sind nach dem Aufbau der Anlage in einer gemeinsamen Coldbox mit einer oder beiden Doppelsäulen untergebracht.

[0059] In einem konkreten Beispiel werden die Stoffaustauschelemente in den beiden Niederdrucksäulen 102, 202 ausschließlich durch geordnete Packung gebildet. Die Sauerstoffabschnitte der beiden Niederdrucksäulen 102, 202 (Bereich unterhalb der Leitungen 114/214) sind mit einer geordneten Packung mit einer spezifischen Oberfläche von $750 \text{ m}^2/\text{m}^3$ oder alternativ $1200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ausgestattet, in den übrigen Abschnitten weist die Packung eine spezifische Oberfläche von 750 oder $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ auf. Zusätzlich können die beiden Niederdrucksäulen 102, 202 einen Stickstoffabschnitt oberhalb der in der Zeichnung dargestellten Stoffaustauschabschnitte aufweisen; dieser kann dann ebenfalls mit besonders dichter Packung (zum Beispiel mit einer spezifischen Oberfläche von $1200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ zwecks Reduktion der Säulenhöhe) ausgestattet werden. Abweichend hiervon ist es möglich, innerhalb jedes der genannten Abschnitte geordnete Packung unterschiedlicher spezifischer Oberfläche zu kombinieren.

[0060] Die Argonausschleussäulen enthalten in dem 152, 252 enthalten in dem Ausführungsbeispiel ausschließlich Packung mit einer spezifischen Oberfläche von $1200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ oder alternativ $750 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

[0061] In den Hochdrucksäulen 101, 201 werden die Stoffaustauschelemente ausschließlich durch geordnete Packung mit einer spezifischen Oberfläche von $1200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ oder $750 \text{ m}^2/\text{m}^3$ gebildet. Alternativ könnte mindestens ein Teil der Stoffaustauschelemente in einer oder beiden Hochdrucksäulen 101, 201 durch konventionelle Destillationsböden gebildet werden, zum Beispiel durch Siebböden.

[0062] Ein mehrsträngiges System, kann durch zwei oder mehr Anlagen gemäß Figur 1 gebildet werden. In dem Beispiel der **Figur 2** sind es vier Stränge (trains) Tr1 bis Tr4. Jedes doppelte Destillationssäulen-System 300 ist von einer eigenen Coldbox 301 umschlossen. In dem Beispiel sind alle vier Luftzerlegungsstränge identisch aufgebaut; alternativ könnten einzelne oder alle Stränge verschieden ausgebildet sein. Jeder Strang weist ein Eintrittsfilter 302 für atmosphärische Luft (AIR), einen Hauptluftverdichter 303, eine Luftvorkühlungseinheit 304 eine Luftreinigungseinheit 305 (üblicherweise gebildet durch ein Paar von Molekularsieb-Adsorbentien), einen Luftnachverdichter 306 (Booster Air Compressor - BAC) mit Nachkühler 307 und einen Hauptwärmetauscher 308 in einer eigenen Coldbox 309 auf; diese Apparate sind jeweils unabhängig von den anderen Strängen. Die in dem Nachverdichter 306 nachverdichtete Luft wird in dem Hauptwärmetauscher 308 verflüssigt (oder - falls ihr Druck überkritisch ist - pseudo-verflüssigt) und über Leitung 311 den Destillationssäulen-Systemen in der Coldbox 301 zugeleitet und dort in die Ströme 111 und 112 von Figur 1 verzweigt. Der weitere aus dem Hauptwärmetauscher 308 austretende Strom 1 und die dem warmen Ende des Hauptwärmetauschers 308 zuströmenden Fluide 41, 42, 32 sind wie in Figur 1 nummeriert. Der flüssige Sauerstoff 32 wird in dem Hauptwärmetauscher unter hohem Druck verdampft oder

pseudoverdampft (Innenverdichtung). Alle Rückströme werden in dem Hauptwärmetauscher 308 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und über die Produktleitungen P abgezogen.

[0063] Alternativ zu Figur 2 können bei der Erfindung der warme Teil (Luftverdichtung, Vorkühlung und Luftreinigung) und/oder der Hauptwärmetauscher eine andere Zahl von Strängen als die Destillationssäulen-Systeme aufweisen. Beispielsweise könnten ein Destillationssäulen-System-Strang von zwei Hauptluftverdichter-Strängen oder zwei Destillationssäulen-System-Stränge von vier Hauptluftverdichter-Strängen versorgt werden. Das Konzept der Erfindung kann auch bei einem Verfahren ohne Luftnachverdichtung 306/307 (zum Beispiel mit Verdichtung der Gesamtluft auf mehr als 5 bar über den höchsten der Betriebsdrücke der beiden Hochdrucksäulen) oder bei Prozessen mit weiteren Elementen wie zum Beispiel einem Stickstoffkreislauf angewendet werden.

[0064] Für die Kältegewinnung kann - neben der in Figur 1 gezeigten - jede bekannte Art einer Turbinenschaltung gewählt werden, mit einer, zwei oder mehr Turbinen. Die Destillationssäulen-Systeme mit Doppelsäulen und Argonausschleussäule n sind in Figur 2 höchst schematisch dargestellt. Es sieht im Detail so aus wie in Figur 1 beschrieben.

[0065] Im Vergleich zu einem klassischen System kann bei vorgegebener Produktkapazität, beispielsweise an gasförmigem Drucksauerstoff, die Zahl der Stränge (Anlagen) durch die Erfindung verringert werden, in zwei konkreten Anwendungsfällen von sechs auf fünf beziehungsweise von fünf auf vier.

Patentansprüche

1. Destillationssäulen-System zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit

- einer Hochdrucksäule (101; 201) und einer Niederdrucksäule (102; 202), die in Form einer Doppelsäule übereinander angeordnet sind,
- einem Hauptkondensator (103; 203), der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, wobei der Verflüssigungsraum des Hauptkondensators mit dem Kopf der Hochdrucksäule in Strömungsverbindung (104, 105, 114, 115; 204, 205, 214, 215) steht und der Verdampfungsraum des Hauptkondensators mit dem Sumpf der Niederdrucksäule in Strömungsverbindung steht,
- und mit einer Argonausschleussäule (152; 252), die über eine Gaszuleitung und eine Flüssigkeitsrückleitung (113; 213) mit einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule verbunden ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die Argonausschleussäule (152; 252) über der Doppelsäule

(101+102; 201+202) angeordnet ist.

2. Destillationssäulen-System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Niederdrucksäule (102; 202) Stoffaustauschelemente enthält, die in mindestens einem Teilbereich der Niederdrucksäule (102; 202) durch eine geordnete Packung gebildet werden, die aus gefalteten Metallblechen gefertigt ist, wobei die geordnete Packung eine spezifische Oberfläche von mehr als $1000 \text{ m}^2/\text{m}^3$, insbesondere von $1200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ oder mehr, aufweist. 5
3. Destillationssäulen-System nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Argonausschleussäule (152; 252) Stoffaustauschelemente enthält, die in mindestens einem Teilbereich der Niederdrucksäule (102; 202) durch eine geordnete Packung gebildet werden, die aus gefalteten Metallblechen gefertigt ist, wobei die geordnete Packung eine spezifische Oberfläche von mehr als $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$, insbesondere von $1200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ oder mehr, aufweist. 10
4. Destillationssäulen-System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Argonausschleussäule (152; 252) einen Kopfkondensator (155; 255) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist und dessen Verflüssigungsraum in Strömungsverbindung mit dem Kopf der Argonausschleussäule steht. 15
5. Destillationssäulen-System nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdampfungsraum des Kopfkondensators (155; 255) der Argonausschleussäule (152; 252) in Strömungsverbindung (151, 154; 251, 254) mit dem Sumpf der Hochdrucksäule (101; 201) steht. 20
6. Destillationssäulen-System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hauptkondensator (10; 203) im Sumpfbereich der Niederdrucksäule (102; 202) angeordnet ist. 25
7. Anlage zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit
 - einem Hauptluftverdichter (303) zum Verdichten von Einsatzluft, 30
 - einer Luftvorkühlungseinheit (304) zum Vorkühlen der im Hauptluftverdichter verdichteten Einsatzluft, 35
 - einer Luftreinigungseinheit (305) zum Reinigen der vorgekühlten Einsatzluft, 40
 - einem Hauptwärmetauscher (308) zum Abkühlen von gereinigter Einsatzluft 45
 - einem ersten Destillationssäulen-System, das nach einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildet ist, 50
 - einem zweiten Destillationssäulen-System, 55
8. Anlage nach Anspruch 7, mit einer Gesamtdruckluftleitung (99) zum Entnehmen abgekühlter Einsatzluft aus dem Hauptwärmetauscher (308), von der die erste Druckluftteilstromleitung (100) und die zweite Druckluftteilstromleitung (200) abgezweigt werden. 60
9. Anlage nach Anspruch 7, bei welcher der Hauptwärmetauscher in eine erste Gruppe von Wärmetauscherblöcken und eine zweite Gruppe von Wärmetauscherblöcken aufgeteilt ist, die parallel geschaltet sind, wobei der Hauptwärmetauscher so ausgelegt ist, dass im Betrieb der Anlage
 - die erste Druckluftteilstromleitung (100) ausschließlich in Strömungsverbindung mit der ersten Gruppe steht, 65
 - die zweite Druckluftteilstromleitung (200) ausschließlich in Strömungsverbindung mit der zweiten Gruppe steht, 70
 - ein erster Unreinstickstoffstrom (110) aus der ersten Niederdrucksäule (102) abgezogen und vollständig in die erste Gruppe eingeleitet wird und 75
 - ein zweiter Unreinstickstoffstrom (210) aus der zweiten Niederdrucksäule (202) abgezogen und vollständig in die zweite Gruppe eingeleitet wird und 80
 - wobei die Anlage eine erste Gesamtproduktleitung (14, 42, 43) zur Zusammenführung bei der eines ersten Produktstroms (114, 142, 143) aus dem ersten Destillationssäulen-System und eines zweiten Produktstroms (214, 242, 243) aus dem zweiten Destillationssäulen-System aufweist, sowie 85
 - Mittel zur Aufteilung des Gesamtproduktstroms aus der Gesamtproduktleitung auf die erste Gruppe und die zweite Gruppe des Hauptwärmetauschers. 90
10. Anlage nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei der das erste Destillationssäulen-System und das zweite Destillationssäulen-System die gleiche Baugröße aufweisen. 95
11. Anlage nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Destillationssäulen-System und das zweite Destillationssäulen-System 100

tem in einer gemeinsamen Coldbox angeordnet sind.

12. Anlage nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine, mehrere oder alle Entnahmeleitungen für Produkte der beiden Destillationssäulen-Systeme, sofern sie nicht zur direkten Flüssigproduktentnahme bestimmt sind, paarweise in eine Gesamtleitung zusammengeführt, die mit dem Hauptwärmetauscher verbunden ist. 5
10
13. Anlage nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **gekennzeichnet durch** je einen separaten Unterkühlungs-Gegenströmer (123; 223) für jedes der beiden Destillationssäulen-Systeme, der unabhängig vom Unterkühlungs-Gegenströmer des anderen Destillationssäulen-Systems betreibbar ist und insbesondere nicht mit Rohrleitungen von oder zu dem anderen Destillationssäulen-System verbunden ist. 15
20
14. Anlage nach einem der Ansprüche 7 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Destillationssäulen-Systeme unabhängig voneinander betreibbar sind. 25
15. Mehrsträngige Anlage zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft, die mindestens zwei Anlagen nach einem der Ansprüche 7 bis 14 enthält. 30

35

40

45

50

55

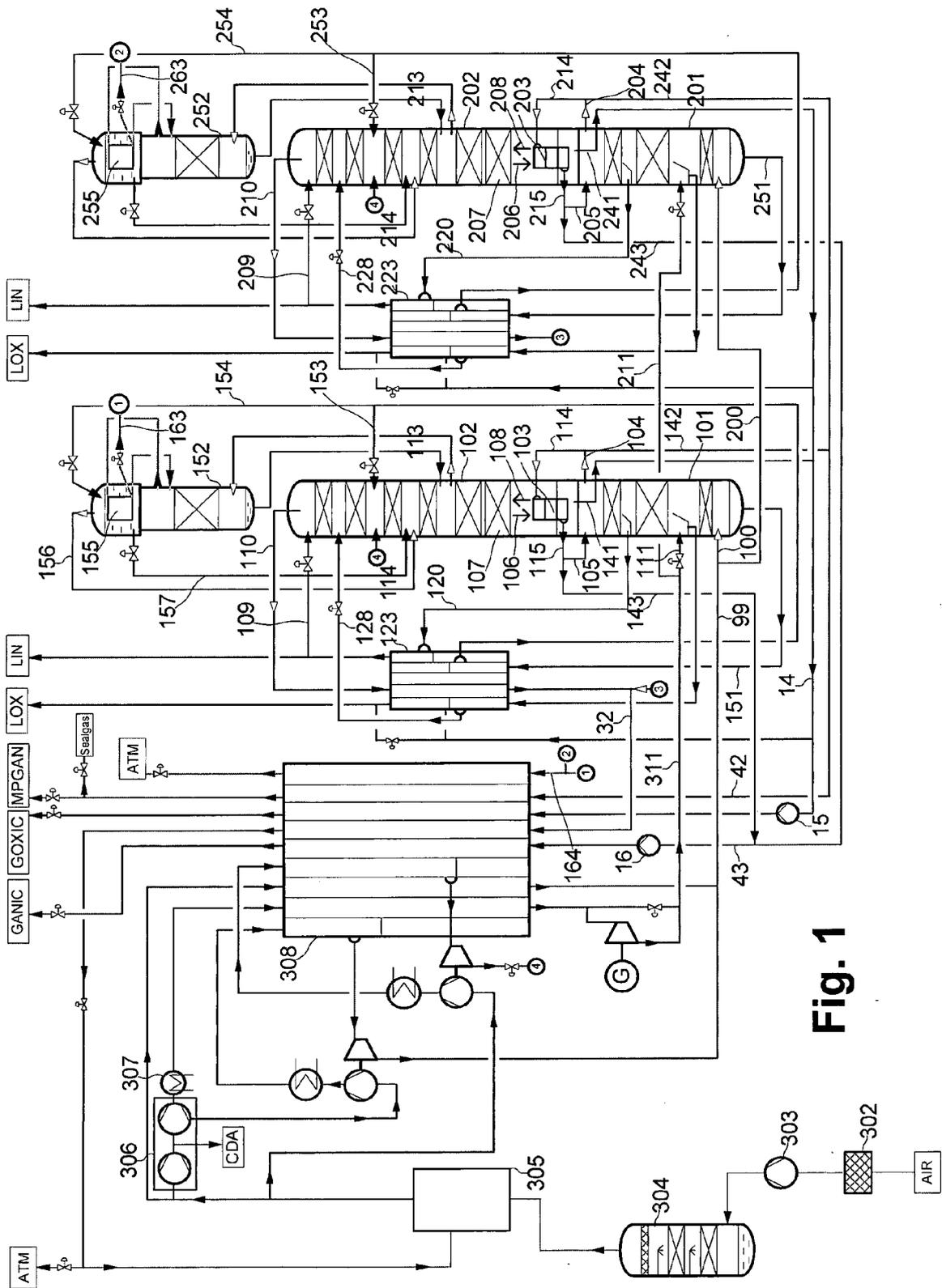
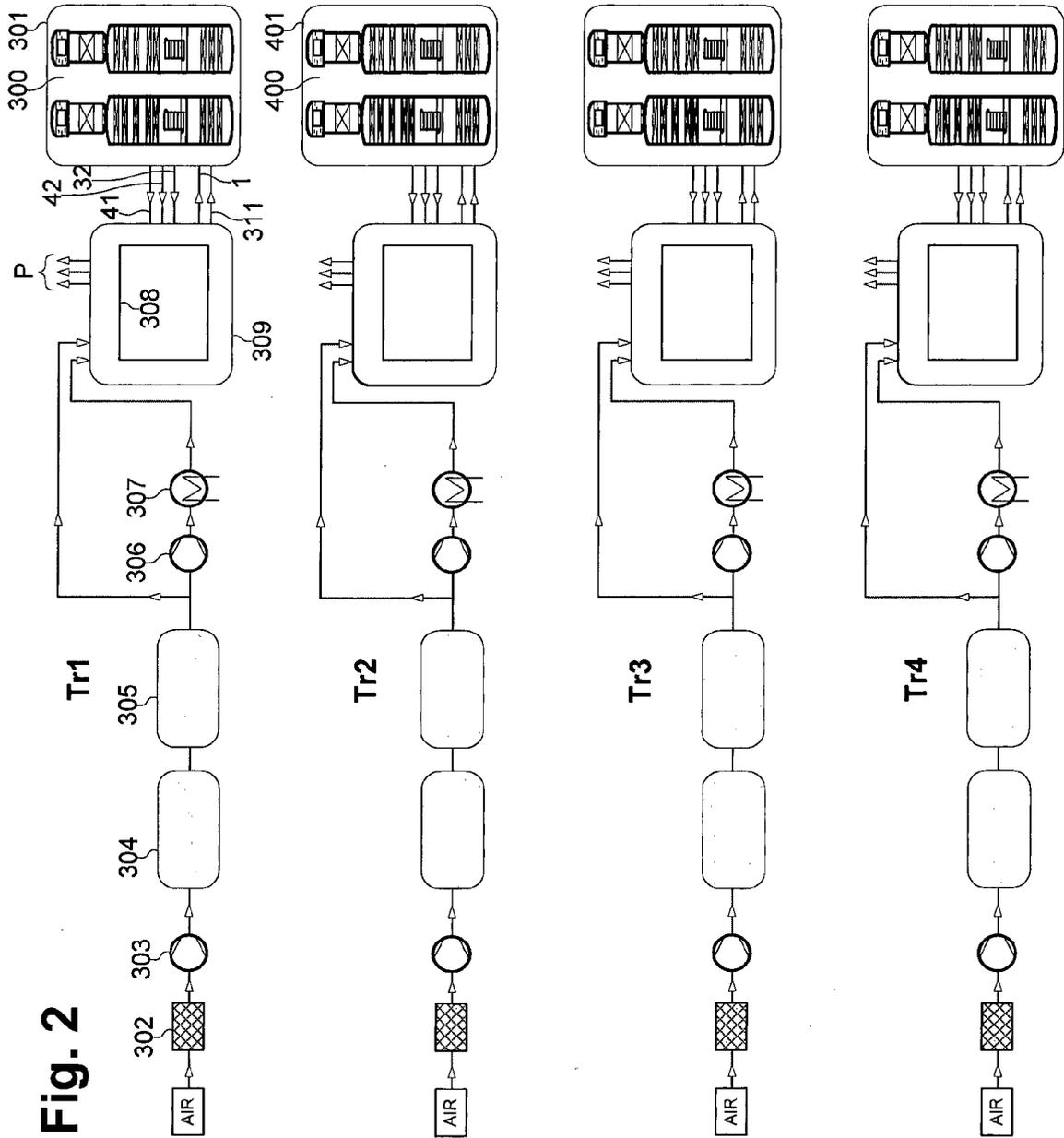


Fig. 1

Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 14 00 4443

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|---|--|--|------------------------------------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X | WO 2014/135271 A2 (LINDE AG [DE]) 12. September 2014 (2014-09-12) | 1-6 | INV. F25J3/04 |
| Y | * Seite 6, Zeile 5 - Seite 7, Zeile 10; Abbildungen 1,2 * | 7-15 | |
| X | FR 2 550 325 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 8. Februar 1985 (1985-02-08) | 1 | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) |
| Y | * Seite 6, Zeile 21 - Seite 7, Zeile 16; Abbildung 4 * | 7-15 | |
| A | EP 2 645 032 A1 (LINDE AG [DE]) 2. Oktober 2013 (2013-10-02) | 2,3 | F25J |
| A | * Spalte 5, Absatz 0028 - Spalte 7, Absatz 0035; Abbildung 1 * | 2,3 | |
| A | EP 2 645 031 A1 (LINDE AG [DE]) 2. Oktober 2013 (2013-10-02) | 2,3 | |
| A | * Spalte 4, Absatz 0022 - Spalte 6, Absatz 0029; Abbildung 1 * | 2,3 | |
| A | US 6 321 567 B1 (LOCKETT MICHAEL JAMES [US] ET AL) 27. November 2001 (2001-11-27) | 2,3 | |
| | * Spalte 5, Zeile 11 - Spalte 6, Absatz 63; Abbildung 5 * | | |
| | ----- -/-- | | |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort München | | Abschlußdatum der Recherche 24. Juni 2015 | Prüfer Petereit, A |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE | | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze | |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet | | E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder | |
| Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer | | nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist | |
| anderen Veröffentlichung derselben Kategorie | | D : in der Anmeldung angeführtes Dokument | |
| A : technologischer Hintergrund | | L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument | |
| O : nichtschriftliche Offenbarung | | | |
| P : Zwischenliteratur | | & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes | |
| | | Dokument | |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 14 00 4443

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|---|---|---|------------------------------------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| A | US 2009/038337 A1 (RAUCH JEAN-FRANCOIS [FR]) 12. Februar 2009 (2009-02-12) * Seite 1, Absatz 0001 - Seite 1, Absatz 0001; Abbildung 6 * * Seite 1, Absatz 0022 - Seite 1, Absatz 0022 * * Seite 2, Absatz 0031 - Seite 2, Absatz 0031 * * Seite 3, Absatz 0063 - Seite 3, Absatz 0063 * | 15 | |
| A | ----- US 2003/033832 A1 (MASSIMO GIOVANNI [BE] ET AL) 20. Februar 2003 (2003-02-20) * Seite 1, Absatz 0010 - Seite 1, Absatz 0010; Abbildung 1 * ----- | 15 | |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort München | | Abschlußdatum der Recherche 24. Juni 2015 | Prüfer Petereit, A |
| 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 Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument | |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 14 00 4443

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.

24-06-2015

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|--|--|
| WO 2014135271 A2 | 12-09-2014 | KEINE | |
| FR 2550325 A1 | 08-02-1985 | EP 0136926 A1 FR 2550325 A1 JP S6038579 A | 10-04-1985 08-02-1985 28-02-1985 |
| US 5896755 A | 27-04-1999 | BR 9901142 A CA 2270507 A1 EP 0971188 A1 ID 23243 A KR 20000011251 A US 5896755 A | 14-12-1999 10-01-2000 12-01-2000 30-03-2000 25-02-2000 27-04-1999 |
| EP 2645032 A1 | 02-10-2013 | DE 102012006479 A1 EP 2645032 A1 | 02-10-2013 02-10-2013 |
| EP 2645031 A1 | 02-10-2013 | CN 103363779 A DE 102013003417 A1 EP 2645031 A1 FR 2988821 A1 | 23-10-2013 02-10-2013 02-10-2013 04-10-2013 |
| US 6321567 B1 | 27-11-2001 | BR 0104432 A CA 2358269 A1 CN 1347754 A DE 60125118 T2 EP 1195563 A2 ES 2273770 T3 KR 20020027181 A US 6321567 B1 | 04-06-2002 06-04-2002 08-05-2002 28-06-2007 10-04-2002 16-05-2007 13-04-2002 27-11-2001 |
| US 2009038337 A1 | 12-02-2009 | AU 2007211589 A1 CA 2640270 A1 CN 101379355 A EP 1982131 A2 FR 2896861 A1 JP 5054032 B2 JP 2009525454 A UA 95938 C2 US 2009038337 A1 WO 2007088107 A2 ZA 200806115 A | 09-08-2007 09-08-2007 04-03-2009 22-10-2008 03-08-2007 24-10-2012 09-07-2009 26-09-2011 12-02-2009 09-08-2007 29-07-2009 |
| US 2003033832 A1 | 20-02-2003 | EP 1419353 A2 FR 2828729 A1 JP 2005500503 A US 2003033832 A1 | 19-05-2004 21-02-2003 06-01-2005 20-02-2003 |

EPO FORM P0461

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

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

EP 14 00 4443

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.

24-06-2015

10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| WO 03016804 A2 27-02-2003 ----- | | | |

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 1287302 B1 [0005]
- US 6748763 B2 [0005]
- US 5235816 A [0010]
- US 6128921 A [0025]
- EP 1672301 A1 [0038]
- US 7516626 B2 [0038]
- DE 2325422 A [0057]
- EP 171711 A2 [0057]
- EP 377117 B2 [0057]
- US 5019145 A [0057]
- DE 4030749 A1 [0057]
- EP 628777 B1 [0057]
- US 5426946 A [0057]
- EP 669508 A1 [0057]
- US 5592833 A [0057]
- EP 669509 B1 [0057]
- US 5590544 A [0057]
- EP 942246 A2 [0057]
- EP 1103772 A1 [0057]
- DE 19609490 [0057]
- US 5669237 A [0057]
- EP 1243882 A1 [0057]
- US 2002178747 A1 [0057]
- EP 1243881 A1 [0057]
- US 2002189281 A1 [0057]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **HAUSEN ; LINDE.** Tieftemperaturtechnik. 1985 [0002]
- **LATIMER.** *Chemical Engineering Progress*, 1967, vol. 63 (2), 35 [0002]