



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.02.2020 Patentblatt 2020/09

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

(21) Anmeldenummer: **18020401.8**

(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) **VERFAHREN UND ANLAGE ZUR TIEFTEMPERATURZERLEGUNG VON LUFT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage mit einem Destillationssäulensystem (100), das eine erste, eine zweite, eine dritte und eine vierte Trenneinheit (110-140) aufweist. In die erste Trenneinheit (110) wird verdichtete und abgekühlte Luft eingespeist wird, die erste Trenneinheit (110) wird auf einem ersten Druckniveau von 4 bis 6 bar Absolutdruck betrieben, die zweite, die dritte und die vierte Trenneinheit (120-140) werden auf einem zweiten Druckniveau von 1 bis 2 bar Absolutdruck betrieben, mittels der ersten Trenneinheit (110) werden eine an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte, Argon enthaltende erste Sumpfflüssigkeit und ein an Stickstoff angereichertes und an Sauerstoff abgereichertes erstes Kopfgas gebildet, die erste Sumpfflüssigkeit wird zumindest teilweise in die dritte Trenneinheit (130) überführt, das erste Kopfgas wird zumindest teilweise verflüssigt und auf die erste Trenneinheit (110) zurückgeführt, mittels der zweiten Trenneinheit (120) werden eine sauerstoffreiche zweite Sumpfflüssigkeit und ein an Argon angereichertes zweites Kopfgas gebildet, das zweite Kopfgas wird zu einem ersten Anteil in die dritte Trenneinheit (130) und zu einem zweiten Anteil in die vierte Trenneinheit (140) überführt, mittels der dritten Trenneinheit (130) wird zumindest der überwiegende Teil des Argons, das in einer dem Destillationssäulensystem (100) insgesamt zugeführten Luftmenge enthalten ist, abgetrennt und mittels der dritten Trenneinheit (130) wird ein flüssiger Rücklauf auf die zweite Trenneinheit (120) bereitgestellt, mittels der vierten Trenneinheit (140) werden eine vierte Sumpfflüssigkeit und ein viertes Kopfgas gebildet werden, und die vierte Sumpfflüssigkeit wird zumindest teilweise auf die

zweite Trenneinheit (120) zurückgeführt. Die zweite Trenneinheit (120) weist 10 bis 50 theoretische Böden auf, die dritte Trenneinheit (130) weist 10 bis 60 theoretische Böden auf, und die dritte Trenneinheit (130) ist oberhalb der zweiten Trenneinheit (120) angeordnet und öffnet sich in einem unteren Bereich gegenüber einem oberen Bereich der zweiten Trenneinheit (120). Eine entsprechende Anlage (200) ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

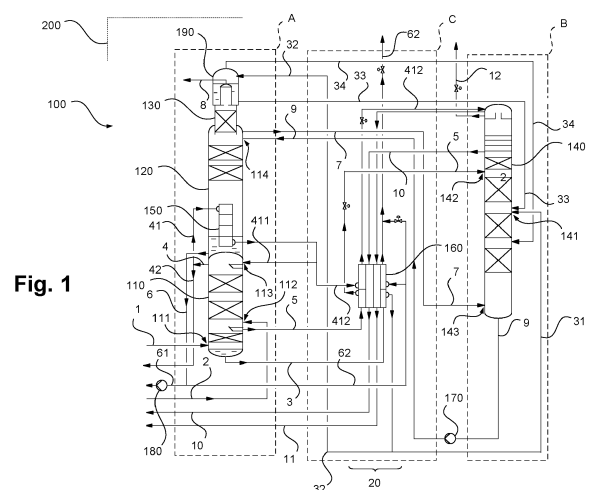


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und eine entsprechende Anlage gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

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 Destillationssäulensysteme auf, die beispielsweise als Zweisäulensysteme, insbesondere als klassische Linde-Doppelsäulensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensysteme ausgebildet sein können. Neben den Destillationssäulen zur Gewinnung von Stickstoff und/oder Sauerstoff in flüssigem und/oder gasförmigem Zustand, also den Destillationssäulen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, können Destillationssäulen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein.

[0004] Die Destillationssäulen der genannten Destillationssäulensysteme 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 teilweise oder vollständig 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, dem sogenannten Argonübergang, 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. 100 ppm Stickstoff und ansonsten im Wesentlichen Sauerstoff.

[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. teilweise oder vollständig 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 Kopfcondensatoren 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. Argon gleicher Qualität wie aus einer herkömmlichen Reinargonsäule wird in diesem Fall aus der Rohargonsäule 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 als Sperrböden für Stickstoff dienen.

[0010] Wie bei Häring (s.o.) unter Bezugnahme auf Figur 2.4A ausgeführt, übt Argon, wenngleich es in atmosphärischer Luft mit einem Gehalt von weniger als 1 Molprozent enthalten ist, einen starken Einfluss auf das Konzentrationsprofil in der Niederdrucksäule aus. So kann die Trennung im untersten Trennabschnitt der Niederdrucksäule, der typischerweise 30 bis 40 theoretische oder praktische Böden umfasst, als im Wesentlichen binäre Trennung zwischen Sauerstoff und Argon angesehen werden. Erst ab der Ausspeisestelle für das in die Rohargonsäule überführte Gas geht die Trennung innerhalb weniger theoretischer oder praktischer Böden in eine ternäre Trennung von Stickstoff, Sauerstoff und Argon über.

[0011] Auch in einer entsprechenden Anlage bzw. einem entsprechenden Verfahren keine Gewinnung von Argon vorgenommen werden soll, kann es sich als vorteilhaft erweisen, Argon aus der Niederdrucksäule auszuschleusen. Wie erwähnt, erfolgt bei Einsatz einer Rohargonsäule eine entsprechende Argonausschleusung, weil an Argon angereichertes Gas aus der Niederdrucksäule in die Rohargonsäule überführt, aber im Wesentlichen nur der in diesem Gas enthaltene Sauerstoff in die Niederdrucksäule zurückgeführt wird. Das mit einem entsprechend entnommenen Gas ausgeleitete Argon wird der Niederdrucksäule hingegen dauerhaft entzogen.

[0012] Unter einer "Argonausschleusung" wird hier allgemein eine Maßnahme verstanden, bei aus der Niederdrucksäule ein Argon enthaltendes Fluid in eine weitere Trenneinheit überführt und nach einer Abreicherung an Argon teilweise oder vollständig aus der weiteren Trenneinheit in die Niederdrucksäule zurückgeführt wird. Die klassische Art der Argonausschleusung besteht in der Verwendung einer Rohargonsäule. Es können jedoch auch nachfolgend erläuterte Argonausschleussäulen verwendet werden.

[0013] Der vorteilhafte Effekt der Argonausschleusung ist darauf zurückzuführen, dass die Trennung von Sauerstoff und Argon für die ausgeschleuste Argonmenge in der Niederdrucksäule nicht mehr erforderlich ist, sondern diese binäre Trennung aus der Niederdrucksäule ausgelagert werden kann. Die Trennung von Sauerstoff und Argon in der Niederdrucksäule selbst ist grundsätzlich aufwendig und verlangt nach einer entsprechenden "Heiz"-Leistung des Hauptkondensators. Durch die Aus-

schleusung von Argon aus der Niederdrucksäule kann die Heizleistung des Hauptkondensators reduziert werden. Daher kann, bei gleichbleibender Ausbeute an Sauerstoff, beispielsweise entweder mehr Luft in die Niederdrucksäule eingeblasen oder mehr Druckstickstoff aus der Hochdrucksäule entnommen werden, was wiederum jeweils energetische Vorteile bieten kann.

[0014] In einer herkömmlichen Rohargonsäule wird, wie erläutert, Rohargon gewonnen und in einer nachgeschalteten Reinargonsäule zu Reinargon aufbereitet. Eine Argonausschleussäule dient hingegen vornehmlich zur Argonausschleusung zu dem erläuterten Zweck der Verbesserung der Trennung in der Niederdrucksäule. Grundsätzlich kann hier unter einer "Argonausschleussäule" eine Trennsäule zur Trennung von Sauerstoff und Argon verstanden werden, die nicht zur Gewinnung eines reinen Argonprodukts, sondern im Wesentlichen zur Ausschleusung von Argon aus der Niederdrucksäule dient.

[0015] Der Aufbau einer Argonausschleussäule unterscheidet sich grundsätzlich nur wenig von jenem einer klassischen Rohargonsäule. Allerdings enthält eine Argonausschleussäule typischerweise deutlich weniger theoretische oder praktische Böden, nämlich weniger als 40, insbesondere zwischen 15 und 30. Wie bei einer herkömmlichen Rohargonsäule kann insbesondere der Sumpfbereich einer Argonausschleussäule mit einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule verbunden sein. Eine Argonausschleussäule kann insbesondere mittels eines Kopfkondensators gekühlt werden, in dem die aus der Hochdrucksäule abgezogene, an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte Flüssigkeit teilweise verdampft wird. Eine Argonausschleussäule weist typischerweise keinen Sumpferdampfer auf. Die vorliegende Erfindung setzt eine Argonausschleussäule ein.

[0016] Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, die Tieftemperaturzerlegung von Luft unter Einsatz von Argonausschleussäulen zu verbessern und insbesondere die Anordnung der eingesetzten Destillationsäulen vorteilhafter zu gestalten.

Offenbarung der Erfindung

[0017] Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und eine entsprechende Anlage mit den Merkmalen der jeweiligen unabhängigen Patentansprüche vor. Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0018] Vor der Erläuterung der Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden einige Grundlagen der vorliegenden Erfindung näher erläutert und nachfolgend verwendete Begriffe definiert.

[0019] 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 Defini-

tionen nicht hiervon abweichen, wird daher zum Sprachgebrauch, der im Rahmen der vorliegenden Anmeldung verwendet wird, ausdrücklich auf die zitierte Fachliteratur verwiesen.

[0020] 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.

[0021] 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 dem hier in bar angegebenen Druckniveaus handelt es sich um Absolutdrücke.

[0022] 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.

[0023] Der Hauptkondensator und der Kopfkondensator einer Argonausschleussäule, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, können jeweils als Kondensatorverdampfer ausgebildet sein. Als "Kondensatorverdampfer" wird ein Wärmetauscher bezeichnet, in dem ein erster, kondensierender Fluidstrom in indirekten Wärmeaustausch mit einem zweiten, verdampfenden Fluidstrom tritt. Jeder Kondensatorverdampfer weist einen Verflüssigungsraum und einen Verdampfungsraum auf, die Verflüssigungs- bzw. Verdampfungsphasen aufweisen. In dem Verflüssigungsraum wird die Kondensation (Verflüssigung) des ersten Fluidstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung des zweiten Fluidstroms. Verdampfungs- und Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen. Der Hauptkondensator kann insbesondere als ein- oder mehrstöckiger Badverdampfer, insbesondere als Kaskadenverdampfer (wie beispielsweise in der EP 1 287 302 B1 beschrieben), oder aber als Fallfilmverdampfer ausgebildet sein. Er kann durch einen einzigen Wärmetauscherblock oder durch mehrere Wärmetauscherblöcke, die in einem gemeinsamen Druckbehälter angeordnet sind, gebildet werden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch ausdrücklich nicht auf entsprechende Typen von Kondensatorverdampfern bzw. Kondensatoren beschränkt.

[0024] Ein Destillationssäulensystem 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 Destillationssäulen 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 Destillationssäulensystem einer Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft als auch der Hauptwärmetauscher und weitere kalte Anlagenteile sind in üblichen Luftzerlegungsanlagen von einer oder mehreren Coldboxen umschlossen. Die Außenmaße der Coldbox bestimmen üblicherweise die Transportmaße bei vorgefertigten Anlagen.

[0025] Ein "Hauptwärmetauscher" einer Luftzerlegungsanlage dient zur Abkühlung von Einsatzluft in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Destillationssäulensystem. 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 Pseudooverdampfung eines einzigen flüssigen oder überkritischen Fluids dienen, ohne Anwärmung und/oder Verdampfung eines weiteren Fluids, gehören nicht zum Hauptwärmetauscher.

[0026] Bei einem "Unterkühler" oder "Unterkühlungs-gegenströmer" (die beiden Begriffe werden nachfolgend vollständig austauschbar miteinander verwendet) 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 teilweise oder vollständig in das Rektifikationssäulensystem zurückgeführt werden.

[0027] Die relativen räumlichen Begriffe "oben", "unten", "über", "unter", "oberhalb", "unterhalb", "neben", "nebeneinander", "vertikal", "horizontal" etc. beziehen sich hier auf die räumliche Ausrichtung der Destillationssäulen einer Luftzerlegungsanlage im Normalbetrieb. Unter einer Anordnung zweier Destillationssäulen oder anderer Komponenten "übereinander" wird hier verstanden, dass das obere Ende des unteren der beiden Apparateteile sich auf niedrigerer oder gleicher geodätischer Höhe befindet wie das untere Ende der oberen der beiden Apparateteile und sich die Projektionen der beiden Apparateteile in einer horizontalen Ebene überschneiden. Insbesondere sind die beiden Apparateteile genau übereinander angeordnet, das heißt die Achsen der beiden Apparateteile verlaufen auf derselben vertikalen Geraden. In anderen Fällen, insbesondere wenn die Apparateteile unterschiedliche Durchmesser aufweisen, kann es jedoch auch vorteilhaft sein, die Achsen nicht übereinander anzuordnen, beispielsweise um den Apparateteil mit dem geringeren Durchmesser näher an einer Coldboxwand anzuordnen.

Vorteile der Erfindung

[0028] Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass durch eine vom Stand der Technik deutlich abweichende Anordnung einer Argonausschleussäule in einem Destillationssäulensystem einer Luftzerlegungsanlage, welches eine zweigeteilte Niederdrucksäule aufweist, ein Luftzerlegungsverfahren besonders effizient ausgestaltet und insbesondere eine entsprechende Luftzerlegungsanlage besonders einfach und kostengünstig erstellt werden kann.

[0029] Die im Rahmen der vorliegenden Erfindung erzielbaren Vorteile umfassen insbesondere eine besonders vorteilhafte Anordenbarkeit der jeweiligen Komponenten eines erfindungsgemäß vorgeschlagenen Destillationssäulensystems in unterschiedlichen Coldboxen, welche es auch bei der Verwendung von Argonausschleussäulen ermöglicht, diese vorzufertigen und vorgefertigt zum jeweiligen Einsatzort zu transportieren. Die

Vorteile der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf die verbesserte Anordenbarkeit und Transportierbarkeit der Komponenten in Coldboxen beschränkt, sondern umfassen insbesondere auch eine einfache Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage durch Verzicht auf umfangreiche Verrohrungen, wie sie bei einer abweichenden, herkömmlichen Anordnung einer Argonausschleussäule typischerweise erforderlich ist.

[0030] Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht neben der bereits erwähnten Zweiteilung der Niederdrucksäule darin, eine Argonausschleussäule in unterseits geöffnetem Zustand auf den unteren Abschnitt einer entsprechenden zweigeteilten Niederdrucksäule aufzusetzen. Generell wird im Rahmen dieser Anmeldungen mit "unteren" bzw. "ersten" Abschnitt einer zweigeteilten Niederdrucksäule jener Abschnitt verstanden, in deren Sumpf sich, wie im Sumpf einer herkömmlichen einteiligen Niederdrucksäule, eine sauerstofffreie Flüssigkeit bildet. Der untere bzw. erste Abschnitt einer entsprechenden zweigeteilten Niederdrucksäule ist dabei insbesondere mit der Hochdrucksäule als bauliche Einheit verbunden. Im ersten bzw. unteren Abschnitt der zweigeteilten Niederdrucksäule befindet sich insbesondere auch der die Hochdrucksäule und die Niederdrucksäule wärmetauschend verbindende Hauptkondensator. Der "zweite" bzw. "obere" Abschnitt der zweigeteilten Niederdrucksäule ist hingegen jener, in dem sich kopfseitig ein stickstoffreiches Kopfgas bildet, welches als entsprechendes (Niederdruck-) Stickstoffprodukt ausgeführt werden kann. Insbesondere ist die Zweiteilung der Niederdrucksäule im Rahmen der vorliegenden Erfindung derart, dass sich in einem oberen Bereich bzw. am Kopf des ersten bzw. unteren Abschnitts der zweigeteilten Niederdrucksäule ein Maximum der Argonkonzentration ergibt, entsprechend dem Bereich der maximalen Argonkonzentration in einer herkömmlichen einteiligen Niederdrucksäule. Dies wird insbesondere durch eine entsprechende Wahl der Anzahl der theoretischen Böden in dem ersten Teil der Niederdrucksäule und bekannte bauliche Maßnahmen bewirkt.

[0031] Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Anordnung der Hochdrucksäule, des ersten Abschnitts der Niederdrucksäule und der Argonausschleussäule kann eine entsprechend geschaffene bauliche Einheit insbesondere in eine noch transportable Coldbox eingebracht, daher eine entsprechende Luftzerlegungsanlage vorgefertigt und ggf. eine entsprechende Coldbox an den jeweiligen Einsatzort verbracht werden. Die übrigen Komponenten im kalten Teil der Luftzerlegungsanlage, d.h. insbesondere der zweite Abschnitt der Niederdrucksäule und ggf. ein Unterkühlungsgegenströmer, können in wenigstens eine zweite Coldbox ausgelagert werden, die ebenfalls typischerweise die Maximalgrößen für einen etwaigen Transport zum Einsatzort nicht überschreitet. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ergibt sich, wenn der zweite Abschnitt der Niederdrucksäule in eine Coldbox und die zur Verrohrung der genannten Trenneinheiten verwendeten

Leitungen, insbesondere zusammen mit einem Unterkühler, in eine weitere Coldbox ausgelagert werden.

[0032] Insgesamt schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage mit einem Destillationssäulensystem vor. Das Destillationssäulensystem umfasst im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine erste Trenneinheit (entsprechend der Hochdrucksäule einer herkömmlichen Luftzerlegungsanlage), eine zweite Trenneinheit (entsprechend dem ersten oder unteren Abschnitt einer zweigeteilten Niederdrucksäule), eine dritte Trenneinheit (entsprechend der Argonausschleussäule) und eine vierte Trenneinheit (entsprechend dem zweiten oder oberen Abschnitt einer zweigeteilten Niederdrucksäule). In die erste Trenneinheit, nicht notwendigerweise aber nur in diese, wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung verdichtete und abgekühlte Luft eingespeist. Entsprechende Luft kann mittels bekannter Maßnahmen, insbesondere unter Verwendung eines Hauptluftverdichters und ggf. eines oder mehrerer Nachverdichter, Booster und dergleichen, verdichtet werden. Sie wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung mittels ebenfalls bekannter Maßnahmen aufbereitet, d. h. insbesondere von Wasser und Kohlendioxid befreit. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können unterschiedliche Maßnahmen zur Luftaufbereitung und Abkühlung sowie zur weiteren Behandlung dieser Luft eingesetzt werden. Insbesondere können auch ein oder mehrere Entspannungsventile, Booster, Turbinen und dergleichen verwendet werden, wie sie aus dem Bereich der Luftzerlegung grundsätzlich bekannt sind. Für Details wird nochmals auf die einschlägige Fachliteratur, beispielsweise Häring (s.o.) verwiesen.

[0033] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird die erste Trenneinheit auf einem ersten Druckniveau von 4 bis 8 bar Absolutdruck, beispielsweise einem Druckniveau von ca. 5,3 bar Absolutdruck, wie es dem normalen Betriebsdruck einer Hochdrucksäule einer Luftzerlegungsanlage entspricht, betrieben. Die zweite, die dritte und die vierte Trenneinheit werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung hingegen auf einem gemeinsamen zweiten Druckniveau betrieben, das im Rahmen der vorliegenden Erfindung bei 1 bis 2 bar Absolutdruck liegt, also dem typischen Druckniveau einer Niederdrucksäule einer Luftzerlegungsanlage entspricht. Das zweite Druckniveau kann beispielsweise bei ca. 1,4 bar Absolutdruck liegen.

[0034] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird mittels der ersten Trenneinheit, wie insoweit für Hochdrucksäulen von Luftzerlegungsanlagen bekannt, eine an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte, Argon enthaltende erste Sumpfflüssigkeit und ein an Stickstoff angereichertes und an Sauerstoff abgereichertes erstes Kopfgas gebildet. Zu weiteren Details sei auch hier auf einschlägige Fachliteratur zur Luftzerlegung bzw. zum Betrieb von Hochdrucksäulen bekannter Luftzerlegungsanlagen verwiesen.

[0035] Die erste Sumpfflüssigkeit wird im Rahmen der

vorliegenden Erfindung teilweise oder vollständig in die dritte Trenneinheit überführt und das erste Kopfgas wird teilweise oder vollständig verflüssigt und auf die erste Trenneinheit zurückgeführt. Zur Verflüssigung des ersten Kopfgases oder dessen auf die erste Trenneinheit zurückgeführten Anteils wird insbesondere ein Hauptkondensator verwendet, der im vorliegenden Fall die erste Trenneinheit und die zweite Trenneinheit wärmetauschend verbindet. Weitere Details zu einem entsprechenden Hauptkondensator sind weiter unten erläutert.

[0036] Die vorliegende Erfindung ist nicht darauf beschränkt, nur den auf die erste Trenneinheit zurückgeführten Anteil des ersten Kopfgases zu verflüssigen. Vielmehr kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch weiteres Kopfgas verflüssigt und insbesondere als flüssiges Luftprodukt, ohne oder mit nachfolgender Verdampfung oder Überführung in den überkritischen Zustand, als Produkt aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet werden. Ferner kann weiteres verflüssigtes Kopfgas vom Kopf der ersten Trenneinheit, also verflüssigtes erstes Kopfgas, im Rahmen der vorliegenden Erfindung als Rücklauf auf die vierte Trenneinheit aufgegeben werden, insbesondere nachdem entsprechendes verflüssigtes Kopfgas zuvor durch einen Unterkühlungsgegenströmer geführt wurde. Auch unverflüssigtes Kopfgas kann vom Kopf der ersten Trenneinheit abgezogen und, beispielsweise als Druckstickstoffprodukt, aus der Luftzerlegungsanlage ausgeführt werden. Wie bereits erläutert, kann durch den Einsatz einer Argonausschleussäule insbesondere erreicht werden, dass sich die Menge entsprechend aus der Luftzerlegungsanlage ausgeschleusten Kopfgases der Hochdrucksäule vergrößern lässt.

[0037] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird mittels der zweiten Trenneinheit eine sauerstoffreiche zweite Sumpfflüssigkeit und ein an Argon angereichertes zweites Kopfgas gebildet. Wie erwähnt, entspricht die zweite Trenneinheit im Rahmen der vorliegenden Erfindung im Wesentlichen dem unteren Abschnitt bzw. ersten Abschnitt einer zweigeteilten Niederdrucksäule bzw. dem unteren Teil einer klassischen, einteiligen Niederdrucksäule bis zum Argonmaximum. Dies wird, wie ebenfalls bereits erwähnt, durch die Wahl entsprechender Trennmittel bzw. die Auswahl der Anzahl von Trennböden erzielt. Eine entsprechende Ausbildung der zweiten Trenneinheit ermöglicht eine vorteilhafte Argonausschleusung in der dritten Trenneinheit.

[0038] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird dazu das zweite Kopfgas zu einem ersten Anteil in die dritte Trenneinheit und zu einem zweiten Anteil in die vierte Trenneinheit überführt. Während die vierte Trenneinheit dem herkömmlichen zweiten bzw. oberen Abschnitt einer zweigeteilten Niederdrucksäule entspricht, ist die dritte Trenneinheit im Wesentlichen dazu vorgesehen, eine Argonausschleusung vorzunehmen. Wie nachfolgend erläutert, ist die dritte Trenneinheit im Rahmen der vorliegenden Erfindung jedoch als bauliche Einheit zusammen mit der zweiten Trenneinheit ausgebildet. Es ist daher nicht erforderlich, entsprechendes Fluid

aus der Niederdrucksäule aus- und in eine Argonausschleussäule zu überführen. Das zweite Kopfgas wird hingegen insbesondere umlenkungsfrei in die dritte Trenneinheit überführt. Die Überführung erfolgt insbesondere leitungsfrei.

[0039] Mittels der dritten Trenneinheit wird zumindest der überwiegende Teil des Argons, das in einer dem Destillationssäulensystem insgesamt zugeführten Luftmenge enthalten ist, abgetrennt, wobei mittels der dritten Trenneinheit ein flüssiger Rücklauf auf die zweite Trenneinheit zurückgeführt wird. Die dritte Trenneinheit weist hierzu Trennzonen auf, die unter Verwendung bekannter Trenneinrichtungen, insbesondere geordneter oder ungeordneter Packungen oder Böden, ausgebildet sein können. Zur Dimensionierung der dritten Trenneinheit wird auf die Erläuterungen unten verwiesen. Grundsätzlich kann die dritte Trenneinheit in bekannter Art ausgebildet sein, wobei die dritte Trenneinheit einer Argonausschleussäule entspricht, die jedoch im unteren Bereich gegenüber der zweiten Trenneinheit geöffnet ist.

[0040] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden mittels der vierten Trenneinheit eine vierte Sumpfflüssigkeit und ein viertes Kopfgas gebildet und die vierte Sumpfflüssigkeit wird teilweise oder vollständig auf die zweite Trenneinheit zurückgeführt. Insbesondere dann, wenn die vierte Trenneinheit neben der zweiten (und ggfs. der ersten und dritten) Trenneinheit angeordnet ist, wird dabei für die Überführung der vierten Sumpfflüssigkeit auf die zweite Trenneinheit eine geeignete Pumpe verwendet.

[0041] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist insbesondere vorgesehen, dass die zweite Trenneinheit, also der erste bzw. untere Abschnitt der Niederdrucksäule, 10 bis 50 theoretische Böden, insbesondere 20 bis 40 theoretische Böden, aufweist, und dass die dritte Trenneinheit 10 bis 60 theoretische Böden, insbesondere 15 bis 30 theoretische Böden, aufweist. Bei der zweiten Trenneinheit handelt es sich damit um den Abschnitt einer Niederdrucksäule, der den typischen Sauerstoffabschnitt bzw. entsprechende Trenneinrichtungen eines derartigen Sauerstoffabschnitts umfasst. Die dritte Trenneinheit ist hingegen, wie bereits mehrfach erläutert, als eine Argonausschleussäule ausgebildet.

[0042] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist ferner vorgesehen, dass die dritte Trenneinheit (im Sinne der obigen Erläuterungen) oberhalb der zweiten Trenneinheit, insbesondere genau oberhalb dieser, angeordnet ist, und dass sich die dritte Trenneinheit in einem unteren Bereich unverjüngt gegenüber einem oberen Bereich der zweiten Trenneinheit öffnet. Unter einer "unverjüngten" Öffnung der dritten Trenneinheit wird dabei verstanden, dass ein Säulenmantel der dritten Trenneinheit keine Einschnürung gegenüber einem Säulenmantel der zweiten Trenneinheit aufweist. Insbesondere liegt im Rahmen der vorliegenden Erfindung keine Querschnittsverringerung gegenüber einem Querschnitt der dritten Trenneinheit vor. Insbesondere kann die dritte Trenneinheit jedoch einen geringeren Querschnitt als die zweite

Trenneinheit aufweisen und der gesamte Querschnitt der dritten Trenneinheit kann für eine Einstromung des ersten Anteils des zweiten Kopfgases in die dritte Trenneinheit zur Verfügung stehen. Im Gegensatz zu herkömmlicherweise vorzufindenden Anordnungen, bei denen eine Argonausschleussäule neben dem aus Hoch- und Niederdrucksäule gebildeten Destillationssäulensystem angeordnet ist, ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung also keine Überführung entsprechender Fluide mittels Pumpen, Leitungen und dergleichen erforderlich. Vielmehr kann zweites Kopfgas aus der zweiten Trenneinheit im Wesentlichen ungehindert, insbesondere umlenkungsfrei bzw. leitungsfrei, in die dritte Trenneinheit aufsteigen und Flüssigkeit aus der dritten Trenneinheit kann im Wesentlichen ungehindert in die zweite Trenneinheit abfließen. Auch hierin besteht, wie bereits erwähnt, ein besonderer Vorteil der vorliegenden Erfindung.

[0043] Wie insoweit für Argonausschleussäulen bekannt, kann auch die im Rahmen der vorliegenden Erfindung eingesetzte Argonausschleussäule, also die dritte Trenneinheit, einen Kopfkondensator aufweisen, der mit sauerstoffangereicherter Flüssigkeit aus der Hochdrucksäule, hier also der ersten Sumpfflüssigkeit, gekühlt werden kann. Entsprechende Flüssigkeit, die bei der Kühlung teilverdampft wird, kann anschließend in die vierte Trenneinheit eingespeist werden, insbesondere in unterschiedlichen Höhen. Vorteilhafterweise werden die entsprechenden Ströme außerhalb des Kopfkondensators geteilt, damit diese unterschiedliche Konzentrationen haben.

[0044] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können, wie bereits erwähnt, als Hauptkondensatoren, also als Kondensatoren, die die erste Trenneinheit und die zweite Trenneinheit wärmetauschend miteinander verbinden, insbesondere Fallfilm- oder Kaskadenverdampfer, insbesondere mehrstöckige Kaskadenverdampfer der zuvor erläuterten Art, eingesetzt werden. Auf diese Weise ergibt sich eine besonders effiziente Verflüssigung in einem entsprechenden Hauptkondensator. Die vorliegende Erfindung ist jedoch ausdrücklich nicht auf solche Formen von Kondensatorverdampfern beschränkt, sondern kann mit beliebigen Arten von Hauptkondensatoren eingesetzt werden.

[0045] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann die verdichtete und abgekühlte Luft, die in die erste Trenneinheit eingespeist wird, insbesondere einen gasförmigen und einen verflüssigten Einsatzluftstrom umfassen, die jeweils auf dem ersten Druckniveau in die erste Trenneinheit eingespeist werden. Hierbei können ein gasförmiger Einsatzluftstrom an einer ersten Einspeiseposition und ein flüssiger Einsatzluftstrom an einer zweiten Einspeiseposition in die erste Trenneinheit eingespeist werden, wobei die erste Einspeiseposition unterhalb der zweiten Einspeiseposition liegt, wobei unterhalb der ersten Einspeiseposition typischerweise keine Trenneinrichtungen in der ersten Trenneinheit vorgesehen sind, wobei die zweite Einspeiseposition vorteilhafterweise

oberhalb einer Flüssigkeitsrückhalteeinrichtung liegt, aus der ein flüssiger Stoffstrom aus der ersten Trenneinheit abgezogen werden kann, und wobei die zweite Einspeiseposition oberhalb einer Trenneinheit bzw. eines Trennbereichs der ersten Trenneinrichtung liegt. Ausdrücklich sei betont, dass im Rahmen der vorliegenden Erfindung Einsatzluft auch beispielsweise zweiphasig in einer gemeinsamen Leitung in die erste Trenneinheit eingespeist werden kann. Die Bildung entsprechender Stoffströme ist auf dem Gebiet der Luftzerlegung bekannt.

[0046] Mit besonderem Vorteil sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung die erste Trenneinheit und die zweite Trenneinheit baulich miteinander verbunden und können innerhalb eines gemeinsamen Säulenmantels angeordnet sein, wobei der gemeinsame Säulenmantel auch mit der dritten Trenneinheit baulich verbunden ist. Ein gemeinsamer Säulenmantel im Sinne der vorliegenden Erfindung kann insbesondere ein gemeinsamer zylindrischer Außenbehälter sein, so dass die erste Trenneinheit und die zweite Trenneinheit im Rahmen der vorliegenden Erfindung mit gleichem Querschnitt hergestellt werden können. Weist die Hochdrucksäule bzw. erste Trenneinheit einen geringeren Durchmesser als der erste Abschnitt der Niederdrucksäule bzw. die zweite Trenneinheit, wird typischerweise keine Unterbringung in einem gemeinsamen Säulenmantel vorgesehen; der Säulenmantel der Hochdrucksäule wird unterseitig des Säulenmantels des Fußabschnitts der Niederdrucksäule an diesen angebracht. Auch unterschiedliche Querschnitte können also grundsätzlich verwendet werden. Die dritte Trenneinheit weist insbesondere einen geringeren Querschnitt als die erste und/oder die zweite Trenneinheit und muss daher nicht innerhalb dieses gemeinsamen zylindrischen Säulenmantels angeordnet sein, kann jedoch insbesondere damit verbunden, beispielsweise an eine Öffnung im oberen Bereich der zweiten Trenneinheit angeschweißt sein. Die vierte Trenneinheit ist vorteilhafterweise baulich nicht derart mit der ersten, der zweiten und der dritten Trenneinheit verbunden, sondern lediglich über Verrohrungen bzw. Leitungen an die erste, die zweite und die dritte Trenneinheit angebunden. Auf diese Weise lassen sich die erste, die zweite und die dritte Trenneinheit einerseits und die vierte Trenneinheit andererseits an unterschiedlichen Positionen einer entsprechenden Anlage anordnen und insbesondere in unterschiedlichen Coldboxen unterbringen. Die vierte Trenneinheit kann dabei ebenfalls einen geringeren, aber auch einen größeren Querschnitt als die zweite Trenneinheit aufweisen. Sie kann insbesondere 18 bis 65 theoretische Böden aufweisen und damit dem Rest einer entsprechenden zweigeteilten Niederdrucksäule entsprechen, deren erster Abschnitt durch die zweite Trenneinheit gebildet ist.

[0047] In dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren weist der erste Anteil des zweiten Kopfgases insbesondere 20 bis 50 Volumenprozent und der zweite Anteil des zweiten Kopfgases 50 bis 80 Volumenprozent

(also insbesondere den Rest) des zweiten Kopfgases auf. Auf diese Weise ergibt sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine besonders effiziente Argonausschleusung in der dritten Trenneinheit.

[0048] Wie bereits erwähnt, kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung die vierte Trenneinheit insbesondere neben der zweiten Trenneinheit und dabei insbesondere in einer separaten Coldbox angeordnet werden. Auf diese Weise verringert sich die Gesamthöhe einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage insgesamt. In einer derartigen Ausgestaltung ist insbesondere vorgesehen, dass die vierte Sumpfflüssigkeit unter Verwendung einer Transferpumpe oder mindestens zweier parallel angeordneter Transferpumpen in die zweite Trenneinheit zurückgeführt und dabei insbesondere am Kopf der zweiten Trenneinheit auf die zweite Trenneinheit als flüssiger Rücklauf aufgegeben wird. Es können insbesondere zwei Pumpen parallel betrieben und eine dritte aus Redundanzgründen bereitgestellt werden. Die Verwendung zweier parallel angeordneter Transferpumpen ermöglicht eine besonders einfache Baubarkeit, weil Pumpen entsprechender Größen standardmäßig verfügbar sind. Eine entsprechende Transferpumpe ist dabei vorgesehen, um den Höhenunterschied zwischen der zweiten Trenneinheit und der vierten Trenneinheit bzw. umgekehrt zu überwinden. Hingegen kann der zweite Anteil des zweiten Kopfgases vorteilhafterweise durch einen minimalen Druckunterschied zwischen der zweiten Trenneinheit und der vierten Trenneinheit in die vierte Trenneinheit strömen.

[0049] Wie bereits mehrfach erwähnt, sind die erste Trenneinheit, die zweite Trenneinheit und die dritte Trenneinheit vorteilhafterweise in einer gemeinsamen Coldbox angeordnet und die vierte Trenneinheit ist in einer weiteren Coldbox angeordnet.

[0050] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind die erste Trenneinheit, die zweite Trenneinheit und die dritte Trenneinheit einerseits und die vierte Trenneinheit andererseits insbesondere miteinander und/oder mit weiteren Apparaten mittels Verrohrung miteinander verbunden. Zumindest ein Teil dieser Verrohrung kann vertikal verlaufen. Zumindest ein Teil einer derartigen Verrohrung kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung separat zu den beiden Coldboxen, in denen die erste Trenneinheit, die zweite Trenneinheit und die dritte Trenneinheit einerseits und die vierte Trenneinheit andererseits angeordnet sind, in einer zusätzlichen Coldbox, hier als "Verrohrungscoldbox" bezeichnet, angeordnet werden, die vorgefertigt werden kann. Die Bereitstellung einer entsprechenden Verrohrungscoldbox ermöglicht es, die Dimensionen der anderen beiden Coldboxen entsprechend zu verringern und diese insbesondere (besser) transportabel auszubilden. In der Verrohrungscoldbox kann auch ein Großteil der Instrumentierung, Ventile usw. untergebracht werden. Sie kann beispielsweise wenigstens 50, 60, 70 oder 80% der Leitungslänge der die Verrohrung bildenden Leitungen enthalten. Am Ort der Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage

werden die Coldboxen miteinander verbunden und damit zugleich einer Verrohrung hergestellt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn eine Verrohrungscoldbox auch einen in der Luftzerlegungsanlage bereitgestellten Unterkühler bzw. Unterkühlungsgegenströmer enthält, der zusammen mit der Verrohrung in besonders günstiger Weise angeordnet werden kann.

[0051] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann insbesondere vorgesehen sein, die erste Sumpfflüssigkeit unabhängig davon, ob dieser in einer weiteren Coldbox angeordnet ist oder nicht, zunächst durch einen entsprechenden Unterkühlungsgegenströmer zu führen und diese sodann an einer ersten Einspeiseposition in die vierte Trenneinheit einzuspeisen. Ferner kann vorgesehen sein, in der Nähe, vorzugsweise direkt unterhalb der Einspeiseposition eines flüssigen Einsatzluftstroms in die erste Trenneinheit, einen flüssigen Stoffstrom aus der ersten Trenneinheit abzuziehen, durch den Unterkühlungsgegenströmer zu führen, und an einer zweiten Einspeiseposition in die vierte Trenneinheit einzuspeisen. Die zweite Einspeiseposition in die vierte Trenneinheit liegt dabei vorteilhafterweise oberhalb der ersten Einspeiseposition in die vierte Trenneinheit und ist vorteilhafterweise von letzterer durch wenigstens einen Trennabschnitt getrennt.

[0052] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann dem Destillationssäulensystem insbesondere ein flüssiges Luftprodukt entnommen, in flüssigem Zustand druckerhöht, durch Erwärmen in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt, und aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet werden. Die vorliegende Erfindung kann also insbesondere in Zusammenhang mit einer sogenannten Innenverdichtung von Luftprodukten zum Einsatz kommen. Zu Details zu Innenverdichtungsverfahren sei auf den zitierten Stand der Technik verwiesen.

[0053] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann bzw. können dem Destillationssäulensystem weitere Stoffströme entnommen und als Luftprodukte bereitgestellt werden. So kann insbesondere der vierten Trenneinheit ein gasförmiger Stoffstrom entnommen, durch den Unterkühlungsgegenströmer geführt und als sogenannter Unreinstickstoff aus dem Destillationssäulensystem ausgeführt werden. Eine Entnahmestelle aus der vierten Trenneinheit liegt dabei vorteilhafterweise oberhalb der zweiten Einspeiseposition in die vierte Trenneinheit. Ferner kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung in einem oberen Bereich der vierten Trenneinheit ein flüssiger Stoffstrom entnommen und als flüssiges Stickstoffprodukt bereitgestellt werden. Es ist ferner auch möglich, in einem oberen Bereich der vierten Trenneinheit einen gasförmigen, stickstoffreichen Strom zu entnehmen, durch den Unterkühlungsgegenströmer zu führen und als entsprechendes Niederdruckstickstoffprodukt bereit zu stellen.

[0054] Die Erfindung erstreckt sich auch auf eine Luftzerlegungsanlage mit einem Destillationssäulensystem, das eine erste Trenneinheit, eine zweite Trenneinheit,

eine dritte Trenneinheit und eine vierte Trenneinheit umfasst, wie in dem entsprechenden unabhängigen Patentanspruch angegeben.

[0055] Die erfindungsgemäße Luftzerlegungsanlage, die vorteilhafterweise zur Durchführung eines Verfahrens eingerichtet ist, wie es zuvor erläutert wurde, profitiert von den Vorteilen des erfindungsgemäßen Verfahrens in seinen erläuterten Ausgestaltungen in gleicher Weise. Auf die obigen Erläuterungen wird daher ausdrücklich verwiesen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0056] Figur 1 veranschaulicht ein Destillationssäulensystem einer Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Teildarstellung.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0057] Figur 1 zeigt ein Destillationssäulensystem einer Luftzerlegungsanlage, die für einen Betrieb gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingerichtet ist, in stark vereinfachter Teildarstellung. Das in Figur 1 veranschaulichte Destillationssäulensystem ist insgesamt mit 100 bezeichnet. Es ist in einer hier nur angedeuteten Luftzerlegungsanlage 200 bereitgestellt.

[0058] Die in Figur 1 veranschaulichten Komponenten des Destillationssäulensystems 100 umfassen eine erste Trenneinheit 110, eine zweite Trenneinheit 120, eine dritte Trenneinheit 130 und eine vierte Trenneinheit 140, einen Hauptkondensator 150, einen Unterkühlungsgegenströmer 160, eine Transferpumpe 170, eine Innenverdichtungspumpe 180 und einen Kopfkondensator 190.

[0059] Die erste Trenneinheit 110 entspricht einer Hochdrucksäule einer herkömmlichen Luftzerlegungsanlage. Die erste Trenneinheit wird auf einem entsprechenden Druckniveau, hier als "erstes Druckniveau" bezeichnet, betrieben. Die zweite Trenneinheit 120 und die vierte Trenneinheit 140 entsprechen einem ersten Abschnitt und einem zweiten Abschnitt einer Niederdrucksäule einer herkömmlichen Luftzerlegungsanlage. Sie werden auf einem entsprechenden gemeinsamen Druckniveau, hier als "zweites Druckniveau" bezeichnet, betrieben. Die dritte Trenneinheit 130 stellt eine Argonausschleussäule dar. Sie wird ebenfalls auf dem zweiten Druckniveau betrieben.

[0060] In dem in Figur 1 veranschaulichten Destillationssäulensystem 100 stehen die erste Trenneinheit 110 und die zweite Trenneinheit 120 über den Hauptkondensator 150 in wärmetauschender Verbindung, wie auch nachfolgend noch erläutert. Die erste Trenneinheit 110 und die zweite Trenneinheit 120 sind ferner insbesondere innerhalb eines gemeinsamen Säulenmantels und im oben erläuterten Sinn übereinander, insbesondere direkt übereinander, angeordnet. Am oberen Ende der dritten Trenneinheit 130 ist der Kopfkondensator 190 angeordnet.

[0061] Bezüglich weiterer Erläuterungen zu einer Luftzerlegungsanlage, deren Teil das Destillationssäulensystem 110 sein kann, sei auf einschlägige Fachliteratur, beispielsweise Häring (s.o.), insbesondere Kapitel 2.2.5 und Figur 2.3A, verwiesen. In einer derartigen Luftzerlegungsanlage können insbesondere ein gasförmiger Einsatzluftstrom 1 und ein verflüssigter Einsatzluftstrom 2 bereitgestellt werden. In diesem Zusammenhang können insbesondere ein Hauptluftverdichter, Reinigungs- und Aufbereitungseinrichtungen, Turbinen, Entspannungsventile und ein Hauptwärmetauscher bekannter Art verwendet werden.

[0062] Die Einsatzluftströme 1 und 2 werden jeweils an Einspeisepositionen 111 und 112 in die erste Trenneinheit 110 eingespeist. In der ersten Trenneinheit 110 werden auf dem ersten Druckniveau eine an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte sowie Argon enthaltende Sumpfflüssigkeit und ein an Stickstoff angereichertes und an Sauerstoff abgereichertes Kopfgas gebildet. Die Sumpfflüssigkeit wird in Form eines Stoffstroms 3 aus der ersten Trenneinheit 110 abgezogen. Das Kopfgas wird in Form eines Stoffstroms 4 aus der ersten Trenneinheit 110 abgezogen. Direkt unterhalb der Einspeiseposition 112 für den Einsatzluftstrom 2 wird Flüssigkeit in Form eines Stoffstroms 5 aus der ersten Trenneinheit 110 ausgeführt.

[0063] Der Stoffstrom 3 wird durch den Unterkühlungsgegenströmer 160 geführt und teilweise in Form eines Stoffstroms 31 an einer Einspeiseposition 141 in die vierte Trenneinheit 140 eingespeist. Ein weiterer Teil wird in Form eines Stoffstroms 32 in einen Verdampfungsraum des Kopfkondensators 190 überführt. Aus dem Verdampfungsraum des Kopfkondensators 190 werden ein flüssiger Stoffstrom 33 und ein gasförmiger Stoffstrom 34 abgezogen und ebenfalls in die vierte Trenneinheit 140 eingespeist, und zwar insbesondere in unterschiedlichen Höhen. Der Stoffstrom 4 wird ebenfalls in zwei Teilströme 41 und 42 aufgeteilt. Der erste Teilstrom 41 wird in dem Hauptkondensator 150 teilweise oder vollständig verflüssigt. Ein erster Anteil 411 des ersten Teilstroms 41 wird an einer Einspeiseposition 113 als Rücklauf auf die erste Trenneinheit 110 zurückgeführt. Ein zweiter Anteil 412 des ersten Teilstroms 41 wird durch den Unterkühlungsgegenströmer 160 geführt und als Rücklauf auf die vierte Trenneinheit 140 aufgegeben. Der Teilstrom 42 wird als gasförmiges Stickstoffdruckprodukt aus dem Destillationssäulensystem 100 ausgeführt. Der Stoffstrom 5 wird durch den Unterkühlungsgegenströmer 160 geführt und an einer Einspeiseposition 142 in die vierte Trenneinheit 140 eingespeist.

[0064] In der zweiten Trenneinheit 120 werden eine sauerstoffreiche Sumpfflüssigkeit und ein an Argon angereichertes Kopfgas gebildet. Die Sumpfflüssigkeit wird in Form eines Stoffstroms 6 aus der zweiten Trenneinheit 120 abgezogen. Ein erster Teilstrom 61 des Stoffstroms 6 wird in der Innenverdichtungspumpe 180 in flüssigem Zustand druckerhöht, durch Erwärmen in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt (in Figur 1

nicht gesondert veranschaulicht) und als innenverdichtetes Sauerstoffdruckprodukt ausgeführt. Ein zweiter Teilstrom 62 des Stoffstroms 6 wird nach teilweisem Führen durch den Unterkühlungsgegenströmer 160 und entsprechender Temperierung als flüssiges Sauerstoffprodukt bereitgestellt.

[0065] Das Kopfgas der zweiten Trenneinheit 120 steigt zum Teil in die dritte Trenneinheit 130 auf, die oberhalb der zweiten Trenneinheit 120 angeordnet ist und die sich in einem unteren Bereich insbesondere ohne eine Querschnittsverjüngung zur zweiten Trenneinheit 120 öffnet. Ein weiterer Teil des Kopfgases wird in Form eines Stoffstroms 7 abgezogen. Der Stoffstrom 7 wird an einer Einspeiseposition 143 in einen unteren Bereich der vierten Trenneinheit 140 eingespeist.

[0066] In der dritten Trenneinheit 130 wird ein Kopfgas gebildet, das zumindest den überwiegenden Teil des Argons enthält, das zuvor in der dem Destillationssäulensystem 100 zugeführten Einsatzluft enthalten war. Dieses Kopfgas aus der dritten Trenneinheit 130 wird in Form eines Stoffstroms 8 abgezogen. Aus der dritten Trenneinheit 130 herabrieselnde Flüssigkeit, die auf diese Weise an Argon angereichert oder (im Wesentlichen) frei von Argon ist, gelangt direkt wieder auf die zweite Trenneinheit 120. In der dritten Trenneinheit 130 wird also eine Argonausschleusung vorgenommen.

[0067] In der vierten Trenneinheit 140 werden eine Sumpfflüssigkeit und ein Kopfgas gebildet. Die Sumpfflüssigkeit wird in Form eines Stoffstroms 9 aus der vierten Trenneinheit 140 abgezogen und mittels der Transferpumpe 170 als Rücklauf auf die zweite Trenneinheit 120 zurückgeführt und dabei an einer Einspeiseposition 114 in die zweite Trenneinheit 120 eingespeist. Aus der vierten Trenneinheit wird ein Stoffstrom 10, sogenannter Unreinstickstoff, entnommen, durch den Unterkühlungsgegenströmer 160 geführt und aus dem Destillationssäulensystem 100 ausgeführt. Entsprechendes gilt für einen stickstoffreichen Stoffstrom 11, der als gasförmiges Niederdruckstickstoffprodukt bereitgestellt wird. Aus einer Flüssigkeitsrückhalteeinrichtung am Kopf der vierten Trenneinheit (140) wird stickstoffreiche Flüssigkeit in Form eines Stoffstroms 12 abgezogen und als Flüssigstickstoffprodukt bereitgestellt. Wird kein gasförmiges Niederdruckstickstoffprodukt benötigt, kann ein entsprechender Trennabschnitt in der vierten Trenneinheit 14 entfallen und sämtliches Kopfgas als Unreinstickstoff entsprechend dem Stoffstrom 10 abgezogen werden.

[0068] Wie hier veranschaulicht, aber für die vorliegende Erfindung nicht obligatorisch, sind die erste Trenneinheit 110, die zweite Trenneinheit 120 und die dritte Trenneinheit 130 einerseits und die vierte Trenneinheit 140 andererseits jeweils in einer Coldbox A bzw. B bereitgestellt und miteinander und/oder mit weiteren Apparaten wie dem Unterkühlungsgegenströmer 160 und dem nicht dargestellten Hauptwärmetauscher mittels Leitungen bzw. einer Verrohrung, hier mit 20 zusammengefasst, miteinander verbunden. Die Verrohrung verläuft zumindest abschnittsweise vertikal. Zumindest ein Teil einer

derartigen Verrohrung 20 kann separat zu den beiden Coldboxen A und B, in denen die erste Trenneinheit 110, die zweite Trenneinheit 120 und die dritte Trenneinheit 130 einerseits und die vierte Trenneinheit 140 andererseits angeordnet sind, in einer zusätzlichen Coldbox C angeordnet werden. Diese zusätzliche Coldbox C zur Verrohrung kann auch insbesondere den Unterkühler 160 enthalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage mit einem Destillationssäulensystem (100), das eine erste Trenneinheit (110), eine zweite Trenneinheit (120), eine dritte Trenneinheit (130) und eine vierte Trenneinheit (140) aufweist, wobei in die erste Trenneinheit (110) verdichtete und abgekühlte Luft eingespeist wird, die erste Trenneinheit (110) auf einem ersten Druckniveau von 4 bis 8 bar Absolutdruck betrieben wird, die zweite Trenneinheit (120), die dritte Trenneinheit (130) und die vierte Trenneinheit (140) auf einem zweiten Druckniveau von 1 bis 2 bar Absolutdruck betrieben werden, mittels der ersten Trenneinheit (110) eine an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte, Argon enthaltende erste Sumpfflüssigkeit und ein an Stickstoff angereichertes und an Sauerstoff abgereichertes erstes Kopfgas gebildet werden, die erste Sumpfflüssigkeit teilweise oder vollständig in die dritte Trenneinheit (130) überführt wird, das erste Kopfgas teilweise oder vollständig verflüssigt und auf die erste Trenneinheit (110) zurückgeführt wird, mittels der zweiten Trenneinheit (120) eine sauerstoffreiche zweite Sumpfflüssigkeit und ein an Argon angereichertes zweites Kopfgas gebildet werden, das zweite Kopfgas zu einem ersten Anteil in die dritte Trenneinheit (130) und zu einem zweiten Anteil in die vierte Trenneinheit (140) überführt wird, mittels der dritten Trenneinheit (130) das Argon, das in einer dem Destillationssäulensystem (100) insgesamt zugeführten Luftmenge enthalten ist, teilweise oder vollständig abgetrennt wird, mittels der dritten Trenneinheit (130) ein flüssiger Rücklauf auf die zweite Trenneinheit (120) bereitgestellt wird, mittels der vierten Trenneinheit (140) eine vierte Sumpfflüssigkeit und ein viertes Kopfgas gebildet werden, und die vierte Sumpfflüssigkeit teilweise oder vollständig auf die zweite Trenneinheit (120) zurückgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Trenneinheit (120) 10 bis 50 theoretische Böden aufweist, dass die dritte Trenneinheit (130) 10 bis 60 theoretische Böden aufweist, und dass die dritte Trenneinheit (130) oberhalb der zweiten Trenneinheit (120) angeordnet ist und sich in einem unteren Bereich gegenüber einem oberen Bereich der zweiten Trenneinheit (120) öffnet.

2. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem verdichtete und abgekühlte Luft, die in die erste Trenneinheit eingespeist wird, einen gasförmigen und einen verflüssigten Einsatzluftstrom (1, 2) umfasst.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die erste Trenneinheit (110) und die zweite Trenneinheit (120) innerhalb eines gemeinsamen Säulenmantels oder in zwei miteinander baulich verbundenen Säulenmänteln angeordnet sind, wobei der gemeinsame Säulenmantel oder der Säulenmantel der zweiten Trenneinheit (120) mit der dritten Trenneinheit (130) baulich verbunden ist.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die vierte Trenneinheit 18 bis 55 theoretische Böden aufweist.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der erste Anteil des zweiten Kopfgases 20 bis 60 Volumenprozent und der zweite Anteil des zweiten Kopfgases 40 bis 80 Volumenprozent des zweiten Kopfgases umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die vierte Trenneinheit neben der zweiten Trenneinheit angeordnet ist.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die vierte Sumpfflüssigkeit unter Verwendung einer Transferpumpe (170) oder unter Verwendung zweier oder mehrerer parallel angeordneter Transferpumpen in die zweite Trenneinheit (120) zurückgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die erste Trenneinheit (110), die zweite Trenneinheit (120) und die dritte Trenneinheit (130) in einer gemeinsamen Coldbox (A) angeordnet sind.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die vierte Trenneinheit (140) in der gemeinsamen Coldbox (A) oder einer weiteren Coldbox (B) angeordnet ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die erste Trenneinheit (110), die zweite Trenneinheit (120) und die dritte Trenneinheit (130) einerseits und die vierte Trenneinheit (140) andererseits miteinander und/oder mit weiteren Apparaten mittels einer Verrohrung (20) miteinander verbunden sind, die in Abschnitten vertikal verläuft, wobei zumindest ein Teil der Verrohrung (20) in einer separaten Verrohrungscoldbox (C) angeordnet sind.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem in der Verrohrungscoldbox (C) ferner ein Unterkühler (120) angeordnet ist.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem dem Destillationssäulensystem (100) ein flüssiges Luftprodukt entnommen, in flüssigem Zustand druckerhöht, durch Erwärmen in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt und aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet wird. 5
13. Luftzerlegungsanlage mit einem Destillationssäulensystem (100), das eine erste Trenneinheit (110), eine zweite Trenneinheit (120), eine dritte Trenneinheit (130) und eine vierte Trenneinheit (140) aufweist, wobei die Luftzerlegungsanlage dafür eingerichtet ist, in die erste Trenneinheit (110) verdichtete und abgekühlte Luft einzuspeisen, die erste Trenneinheit (110) auf einem ersten Druckniveau von 4 bis 8 bar Absolutdruck zu betreiben, die zweite Trenneinheit (120), die dritte Trenneinheit (130) und die vierte Trenneinheit (140) auf einem zweiten Druckniveau von 1 bis 2 bar Absolutdruck zu betreiben, mittels der ersten Trenneinheit (110) eine an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte, Argon enthaltende erste Sumpfflüssigkeit und ein an Stickstoff angereichertes und an Sauerstoff abgereichertes erstes Kopfgas zu bilden, die erste Sumpfflüssigkeit teilweise oder vollständig in die dritte Trenneinheit (130) zu überführen, das erste Kopfgas teilweise oder vollständig zu verflüssigen und auf die erste Trenneinheit (110) zurückzuführen, mittels der zweiten Trenneinheit (120) eine sauerstoffreiche zweite Sumpfflüssigkeit und ein an Argon angereichertes zweites Kopfgas zu bilden, das zweite Kopfgas zu einem ersten Anteil in die dritte Trenneinheit (130) und zu einem zweiten Anteil in die vierte Trenneinheit (140) zu überführen, mittels der dritten Trenneinheit (130) das Argon, das in einer dem Destillationssäulensystem (100) insgesamt zugeführten Luftmenge enthalten ist, teilweise oder vollständig abzutrennen, mittels der dritten Trenneinheit (130) einen flüssigen Rücklauf auf die zweite Trenneinheit (120) bereitzustellen, mittels der vierten Trenneinheit (140) eine vierte Sumpfflüssigkeit und ein viertes Kopfgas zu bilden, und die vierte Sumpfflüssigkeit zumindest teilweise auf die zweite Trenneinheit (120) zurückzuführen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Trenneinheit (120) 10 bis 50 theoretische Böden aufweist, die dritte Trenneinheit (130) 10 bis 60 theoretische Böden aufweist, und die dritte Trenneinheit (130) oberhalb der zweiten Trenneinheit (120) angeordnet ist und sich in einem unteren Bereich gegenüber einem oberen Bereich der zweiten Trenneinheit (120) öffnet. 50
14. Luftzerlegungsanlage nach Anspruch 13, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche eingerichtet ist. 55

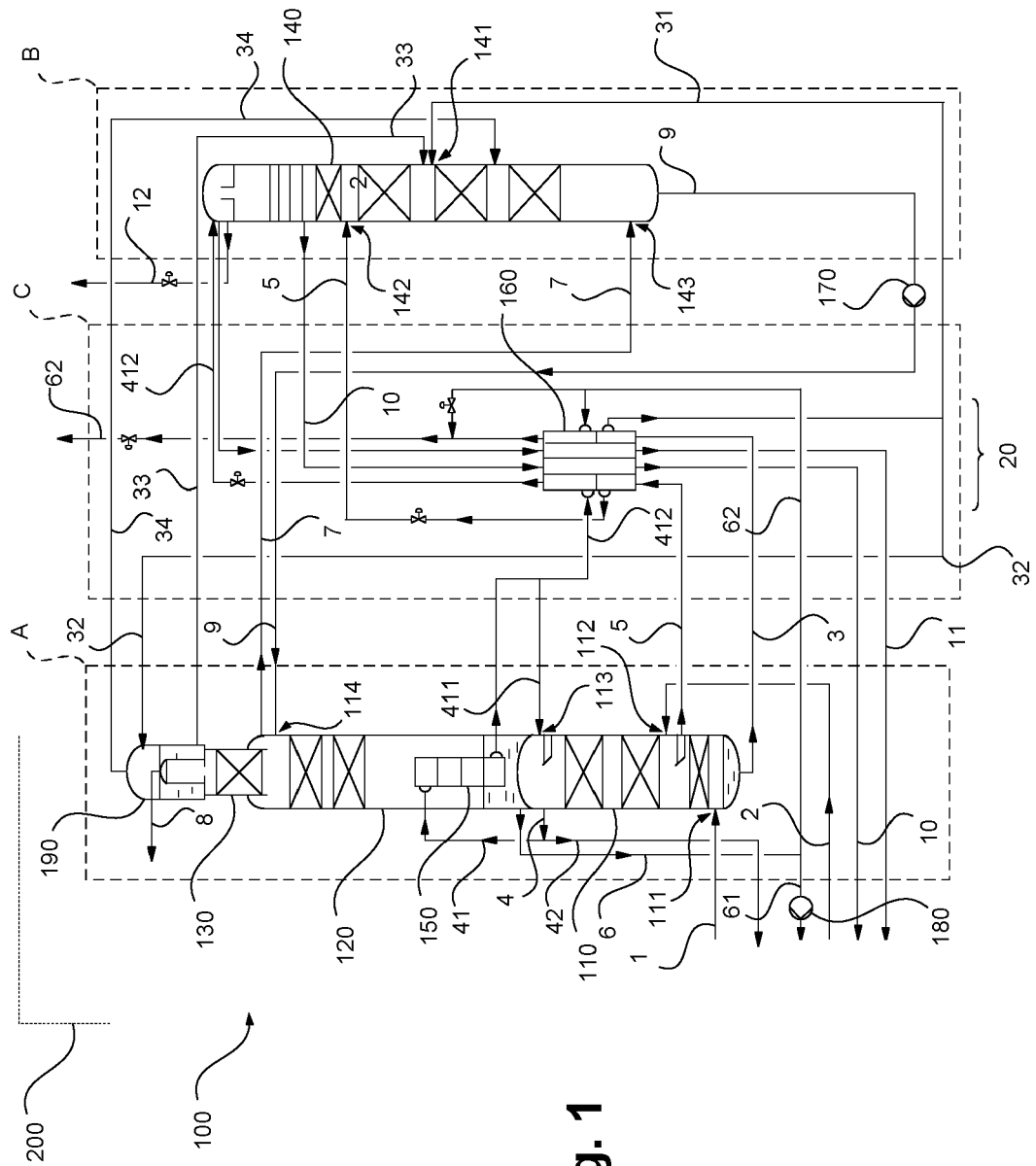


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 18 02 0401

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 339 648 A (LOCKETT MICHAEL J [US] ET AL) 23. August 1994 (1994-08-23)	1-5,8,9,12-14	INV. F25J3/04
Y	* Spalte 6, Zeilen 51-68; Abbildung 1 *	10,11	
A	-----	6,7	
Y	WO 2016/146246 A1 (LINDE AG [DE]) 22. September 2016 (2016-09-22) * Seite 14, Zeile 24 - Seite 15, Zeile 6; Abbildung 5 *	1-14	
Y	US 5 311 744 A (SWEENEY PAUL A [US] ET AL) 17. Mai 1994 (1994-05-17) * Spalte 9, Zeilen 29-52; Abbildung *	1-14	
Y	FR 2 739 438 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 4. April 1997 (1997-04-04) * das ganze Dokument *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J
Y	US 2015/096327 A1 (LOCHNER STEFAN [DE] ET AL) 9. April 2015 (2015-04-09) * Abbildung 1 *	10,11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 8. 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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 18 02 0401

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.

08-02-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 5339648 A	23-08-1994	BR 9402432 A CA 2125893 A1 CN 1099472 A DE 69402274 D1 DE 69402274 T2 EP 0638778 A1 ES 2099510 T3 JP H0760003 A US 5339648 A	14-03-1995 06-02-1995 01-03-1995 30-04-1997 04-09-1997 15-02-1995 16-05-1997 07-03-1995 23-08-1994
20	WO 2016146246 A1	22-09-2016	CN 107580670 A US 2018038645 A1 WO 2016146246 A1	12-01-2018 08-02-2018 22-09-2016
25	US 5311744 A	17-05-1994	AU 666407 B2 CA 2108847 A1 CZ 9302789 A3 DE 69314146 D1 DE 69314146 T2 EP 0604102 A1 FI 935648 A HU 214080 B JP H06221753 A KR 970004729 B1 NO 934118 A NZ 250016 A PH 30427 A PL 301487 A1 TW 227598 B US 5311744 A ZA 9307829 B	08-02-1996 17-06-1994 15-12-1994 30-10-1997 15-01-1998 29-06-1994 17-06-1994 29-12-1997 12-08-1994 02-04-1997 17-06-1994 22-12-1994 09-05-1997 27-06-1994 01-08-1994 17-05-1994 14-07-1994
30	FR 2739438 A1	04-04-1997	FR 2739438 A1 US 5778699 A	04-04-1997 14-07-1998
35	US 2015096327 A1	09-04-2015	CN 104272046 A DE 102012008415 A1 EP 2841858 A2 US 2015096327 A1 WO 2013159868 A2	07-01-2015 31-10-2013 04-03-2015 09-04-2015 31-10-2013
40				
45				
50				
55				

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 [0023]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

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