

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. April 2020 (30.04.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/083525 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F25J 3/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/025345

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Oktober 2019 (15.10.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
18020544.5 23. Oktober 2018 (23.10.2018) EP

(71) Anmelder: LINDE AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Klosterhofstr. 1, 80331 München (DE).

(72) Erfinder: LOCHNER, Stefan; Breitensteinstr. 63, 85567
Grafing (DE).

(74) Anwalt: IMHOF, Dietmar; Linde AG, Technology & In-
novation Corporate Intellectual Property, Dr.-Carl-von-Lin-
de-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) Title: METHOD AND UNIT FOR LOW-TEMPERATURE AIR SEPARATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANLAGE ZUR TIEFTEMPERATURZERLEGUNG VON LUFT

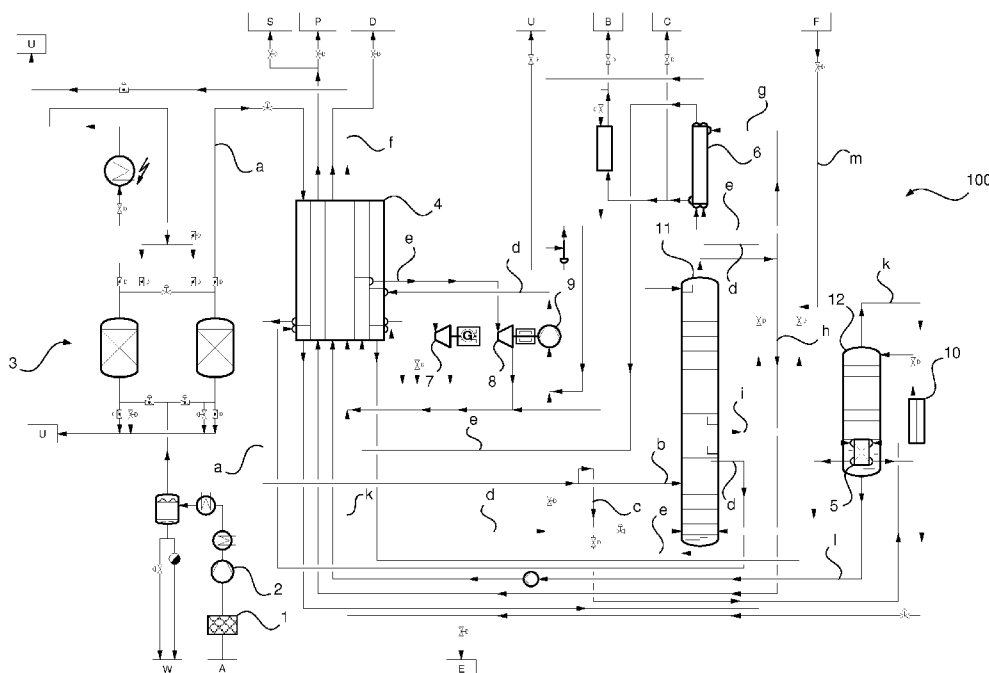


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for a low-temperature air separation in which an air separation unit (100, 200) is used comprising a heat exchanger (6), a decompression machine (8), a compressor (9) coupled to the decompression machine (8), a first rectification column (11), a second rectification column (12), and a condenser evaporator (5) which is arranged in the lower region of the second rectification column (12). The first rectification column (11) is operated at a first pressure level, and the second rectification column (12) is operated at a second pressure level below the first pressure level. Fluid which is oxygen-enriched compared to atmospheric air is drawn from the first rectification column (11) in the form of one or more first material flows. The fluid is partly or completely heated in a heat exchanger (6), and the heat exchanger (6) is used to cool the head gas of the first rectification column (11).

GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

A first fraction of the fluid is then conducted through a decompression machine (8) and is discharged from the air separation unit (100, 200), and a second fraction is conducted through a compressor (9) coupled to the decompression machine (8) and is returned to the first rectification column (11). Furthermore, additional fluid which contains nitrogen and oxygen is drawn from the first rectification column (11) in the form of a second material flow and is fed to the second rectification column (12); oxygen-enriched fluid is formed in the sump of the second rectification column (12) and is drawn from the second rectification column (12) at least partly in the form of a third material flow; and an additional fluid is formed at the head of the second rectification column (12) and is drawn from the second rectification column (12) at least partly in the form of a fourth material flow. The second material flow is supercooled in counter flow with the fourth material flow in a supercooler (10) prior to being fed to the second rectification column (12) and after being cooled in the condenser evaporator (5). The invention likewise relates to an air separation unit (100, 200).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, bei dem eine Luftzerlegungsanlage (100, 200) mit einem Wärmetauscher (6), einer Entspannungsmaschine (8), einem mit der Entspannungsmaschine (8) gekoppelten Verdichter (9), einer ersten Rektifikationskolonne (11), einer zweiten Rektifikationskolonne (12) und einem Kondensatorverdampfer (5), der in einem unteren Bereich der zweiten Rektifikationskolonne (12) angeordnet ist, verwendet wird, vorgeschlagen. Die erste Rektifikationskolonne (11) wird auf einem ersten Druckniveau und die zweite Rektifikationskolonne (12) auf einem zweiten Druckniveau unterhalb des ersten Druckniveaus betrieben. Aus der ersten Rektifikationskolonne (11) wird Fluid, das gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist, in Form eines oder mehrerer erster Stoffströme entnommen. Dieses Fluid wird teilweise oder vollständig in einem Wärmetauscher (6) erwärmt und der Wärmetauscher (6) wird zur Abkühlung von Kopfgas der ersten Rektifikationskolonne (11) verwendet. Dieses Fluid wird dann zu einem ersten Anteil durch eine Entspannungsmaschine (8) geführt und aus der Luftzerlegungsanlage (100, 200) ausgeleitet und zu einem zweiten Anteil durch einen mit der Entspannungsmaschine (8) gekoppelten Verdichter (9) geführt und in die erste Rektifikationskolonne (11) zurückgeleitet. Ferner wird der ersten Rektifikationskolonne (11) weiteres Fluid, das Stickstoff und Sauerstoff enthält, in Form eines zweiten Stoffstroms entnommen und in die zweite Rektifikationskolonne (12) eingespeist, im Sumpf der zweiten Rektifikationskolonne (12) wird sauerstoffreiches Fluid gebildet und zumindest teilweise in Form eines dritten Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne (12) entnommen, und am Kopf der zweiten Rektifikationskolonne (12) weiteres Fluid gebildet und zumindest teilweise in Form eines vierten Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne (12) entnommen. Der zweite Stoffstrom wird vor seiner Einspeisung in die zweite Rektifikationskolonne (12) in einem Unterkühler (10) im Gegenstrom zu dem vierten Stoffstrom unterkühlt und zuvor in dem Kondensatorverdampfer (5) abgekühlt. Eine Luftzerlegungsanlage (100, 200) ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

Beschreibung

Verfahren und Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß den jeweiligen Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

5

Stand der Technik

Die Herstellung von Luftprodukten in flüssigem oder gasförmigem Zustand durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in Luftzerlegungsanlagen ist bekannt und
10 beispielsweise bei H.-W. Häring (Hrsg.), Industrial Gases Processing, Wiley-VCH, 2006, insbesondere Abschnitt 2.2.5, "Cryogenic Rectification", beschrieben.

Luftzerlegungsanlagen weisen Rektifikationskolonnensysteme auf, die als Zweikolonnensysteme, insbesondere als klassische Linde-Doppelkolonnensysteme,
15 aber auch als Drei- oder Mehrkolonnensysteme ausgebildet sein können. Neben den Rektifikationskolonnen zur Gewinnung von Stickstoff und/oder Sauerstoff in flüssigem und/oder gasförmigem Zustand, also den Rektifikationskolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, können in derartigen Rektifikationskolonnensystemen Rektifikationskolonnen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der
20 Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein.

Die Rektifikationskolonnen der genannten Rektifikationskolonnensysteme werden typischerweise auf unterschiedlichen Druckniveaus betrieben. Die Begriffe "Kolonne" und "Säule" sowie "Rektifikation" und "Destillation" werden häufig synonym verwendet.
25 Dies gilt auch für entsprechende zusammengesetzte Begriffe.

Bekannte Doppelkolonnensysteme weisen eine sogenannte Hochdruckkolonne (auch als Druckkolonne, Mitteldruckkolonne oder untere Kolonne bezeichnet) und eine sogenannte Niederdruckkolonne (auch als obere Kolonne bezeichnet) auf. Die
30 Hochdruckkolonne wird typischerweise auf einem Druckniveau von 4 bis 7 bar, insbesondere ca. 5,3 bar, betrieben. Die Niederdruckkolonne wird auf einem Druckniveau von typischerweise 1 bis 2 bar, insbesondere ca. 1,4 bar, betrieben. In bestimmten Fällen können in beiden Rektifikationskolonnen höhere Druckniveaus

eingesetzt werden. Bei den hier und nachfolgend angegebenen Drücken handelt es sich um Absolutdrücke am Kopf der jeweils angegebenen Rektifikationskolonnen.

Die US 6 279 345 B1 offenbart ein kryogenes Luftzerlegungssystem, das zur

5 Herstellung von ultrahochreinem Stickstoff oder ultrahochreinem Sauerstoff verwendet werden kann, wobei eine Kesselflüssigkeit in zwei Schritten unter Verwendung eines geteilten Kessel-Kopfcondensators und Dampf aus dem ersten Schritt verdichtet und dann in die kryogene Rektifikationskolonne zurückgeführt wird.

10 Ein in der EP 1 995 537 A2 offenbartes Verfahren beinhaltet das Kühlen von verwendeter Luft in einem Hauptwärmetauscher und das Leiten derselben in eine einzelne Säule zur Stickstofferzeugung. Die reinen Sauerstoffproduktströme im Hauptwärmetauscher werden erwärmt und gegen Abluft verdampft und gelangen schließlich als gasförmiges Produkt zum Einsatz. Die Stickstoffproduktströme werden
15 aus dem oberen Bereich der Einzelsäule abgezogen.

Je nach den geforderten Produktspektren (d.h. der absolut und relativ zueinander herzustellenden Mengen an flüssigen und gasförmigen Luftprodukten) sind ggf.

modifizierte Anlagenkonfigurationen von Luftzerlegungsanlagen besser geeignet als
20 die erläuterten klassischen Doppelkolonnensysteme. Werden beispielsweise überwiegend gasförmiger Stickstoff auf einem Druckniveau von beispielsweise ca. 9,5 bar Absolutdruck gefordert, kann das sogenannte SPECTRA-Verfahren, wie es z.B. in der EP 2 789 958 A1 und der weiteren dort zitierten Patentliteratur beschrieben ist, vorteilhaft sein. Dieses kann insbesondere auch mit einer sogenannten
25 Reinsauerstoffkolonne kombiniert werden. Auf diese Weise kann auch Sauerstoff hoher Reinheit bereitgestellt werden.

Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, ein entsprechendes SPECTRA-Verfahren, bei dem eine Reinsauerstoffkolonne verwendet wird, zu verbessern.

30

Offenbarung der Erfindung

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mit den jeweiligen Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der jeweiligen abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Nachfolgend werden zunächst einige bei der Beschreibung der vorliegenden Erfindung und ihrer Vorteile verwendete Begriffe sowie der zugrunde liegende technische Hintergrund näher erläutert.

Die in einer Luftzerlegungsanlage eingesetzten Vorrichtungen sind in der zitierten Fachliteratur, beispielsweise bei Häring in Abschnitt 2.2.5.6, "Apparatus", beschrieben.

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

Ein "Wärmetauscher" zum Einsatz im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann in fachüblicher Art ausgebildet sein. Er dient zur indirekten Übertragung von Wärme zwischen zumindest zwei z.B. im Gegenstrom zueinander geführten Fluidströmen, beispielsweise einem warmen Druckluftstrom und einem oder mehreren kalten Fluidströmen oder einem tiefkalten flüssigen Luftprodukt und einem oder mehreren warmen bzw. wärmeren, ggf. aber auch noch tiefkalten Fluidströmen. Ein

Wärmetauscher kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, z.B. aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscherblöcken. Es handelt sich beispielsweise um einen Plattenwärmetauscher (engl. Plate Fin Heat Exchanger). Ein derartiger Wärmetauscher weist "Passagen" auf, die als voneinander getrennte Fluidkanäle mit Wärmeaustauschflächen ausgebildet und parallel und durch andere Passagen getrennt zu "Passagengruppen" zusammengeschlossen sind. Kennzeichen eines Wärmetauschers ist, dass in ihm zu einem Zeitpunkt Wärme zwischen zwei mobilen Medien ausgetauscht wird, nämlich wenigstens einem abzukühlenden und wenigstens einem zu erwärmenden Fluidstrom.

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. Verflüssigungs- und Verdampfungsraum weisen Verflüssigungs- bzw. Verdampfungspassagen auf. In dem

Verflüssigungsraum wird die Kondensation (Verflüssigung) des ersten Fluidstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung des zweiten Fluidstroms. Der Verdampfungs- und der Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen.

5

Ist hier von "Entspannungsmaschinen" die Rede, seien darunter typischerweise bekannte Turboexpander verstanden. Diese Entspannungsmaschinen können insbesondere auch mit Verdichtern gekoppelt sein. Bei diesen Verdichtern kann es sich insbesondere um Turboverdichter handeln. Eine entsprechende Kombination aus

10 Turboexpander und Turboverdichter wird typischerweise auch als "Turbinenbooster" bezeichnet. In einem Turbinenbooster sind der Turboexpander und der Turboverdichter mechanisch gekoppelt, wobei die Kopplung drehzahlgleich (beispielsweise über eine gemeinsame Welle) oder drehzahlunterschiedlich (beispielsweise über ein geeignetes übersetzendes Getriebe) erfolgen kann.

15

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-,

20 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

25 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

30 hier beispielsweise von "Sauerstoff" oder "Stickstoff" die Rede, sei hierunter auch eine Flüssigkeit oder ein Gas verstanden, der reich an Sauerstoff oder Stickstoff ist, jedoch nicht notwendigerweise ausschließlich hieraus bestehen muss.

Vorteile der Erfindung

Die vorliegende Erfindung beruht insbesondere auf der Erkenntnis, dass es in einem eingangs erwähnten SPECTRA-Verfahren, bei dem eine Reinsauerstoffkolonne
5 eingesetzt wird, von besonderem Vorteil ist, einen Einsatzstrom, der flüssig in die Reinsauerstoffkolonne eingespeist wird, vor seiner Einspeisung in die Reinsauerstoffkolonne zu unterkühlen und diese außerdem zuvor in einem Kondensatorverdampfer, der in einem unteren Bereich der Reinsauerstoffkolonne angeordnet ist, abzukühlen. Auf diese Weise können im Rahmen der vorliegenden
10 Erfindung Verdampfungsverluste (Flash) bei der Einspeisung verringert und das Verfahren insgesamt energetisch optimiert werden.

Wie bei anderen Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft auch wird beim SPECTRA-Verfahren verdichtete und vorgereinigte Luft auf eine für die Rektifikation
15 geeignete Temperatur abgekühlt, die normalerweise an oder nahe ihrem Taupunkt liegt. Sie kann hierdurch teilweise verflüssigt werden. Die Luft wird anschließend in eine Rektifikationskolonne eingespeist und dort auf einem bestimmten Druckniveau, das hier als "erstes" Druckniveau bezeichnet wird, unter Erhalt eines gegenüber atmosphärischer Luft an Stickstoff angereicherten Kopfprodukts und eines flüssigen,
20 gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereicherten Sumpfprodukts rektifiziert. Diese Rektifikationskolonne wird nachfolgend als "erste" Rektifikationskolonne bezeichnet.

Bei einer Reinsauerstoffkolonne handelt es sich um eine weitere Rektifikationskolonne,
25 die hier als "zweite" Rektifikationskolonne bezeichnet wird, und die auf einem geringeren Druckniveau als die erste Rektifikationskolonne betrieben wird. Dieses Druckniveau wird hier als "zweites" Druckniveau bezeichnet.

Mit anderen Worten schlägt die vorliegende Erfindung also ein Verfahren zur
30 Tieftemperaturzerlegung von Luft vor, bei dem eine Luftzerlegungsanlage mit einer ersten Rektifikationskolonne, nämlich der in einem SPECTRA-Verfahren üblichen Rektifikationskolonne zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, und einer zweiten Rektifikationskolonne, nämlich der Reinsauerstoffkolonne, verwendet wird. Die Luftzerlegungsanlage weist ferner einen Wärmetauscher, eine
35 Entspannungsmaschine, einen mit der Entspannungsmaschine gekoppelten Verdichter

und einen Kondensatorverdampfer, der in einem unteren Bereich der zweiten Rektifikationskolonne angeordnet ist, auf.

Die erste Rektifikationskolonne wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung auf einem ersten Druckniveau betrieben und die zweite Rektifikationskolonne wird auf einem zweiten Druckniveau unterhalb des ersten Druckniveaus betrieben. Das erste Druckniveau kann insbesondere bei 7 bis 12 bar (abs.) und das zweite Druckniveau insbesondere bei 1,2 bis 5 bar (abs.) liegen.

10 In der ersten Rektifikationskolonne wird, wie erwähnt, ein gasförmiges, gegenüber atmosphärischer Luft an Stickstoff angereichertes Kopfprodukt und ein flüssiges, gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichertes Sumpfprodukt gebildet. Das Kopfprodukt kann dabei insbesondere 0,1 ppb bis 50 ppm Sauerstoff aufweisen, das Sumpfprodukt insbesondere 30 bis 60 Molprozent Sauerstoff. Den Rest bilden
15 jeweils eine oder mehrere weitere Luftkomponenten, darunter Edelgase.

Der ersten Rektifikationskolonne wird Fluid, insbesondere tiefkalte, gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereicherte Flüssigkeit, in Form eines oder mehrerer Stoffströme entnommen und zumindest zum Teil in einem Wärmetauscher erwärmt, der zur Abkühlung zumindest eines Teils des Kopfgases der ersten Rektifikationskolonne verwendet. Dieser oder diese Stoffströme wird bzw. werden nachfolgend als "erster" Stoffstrom bzw. "erste" Stoffströme bezeichnet. Die Erwärmung umfasst insbesondere eine teilweise oder vollständige Verdampfung. Wie in den Figuren dargestellt, kann es sich bei dem Wärmetauscher um einen Forced-
20 Flow-Kondensatorverdampfer handeln. Der Wärmetauscher kann jedoch grundsätzlich auch als ein Badverdampfer ausgebildet sein.

Das Fluid kann in Form nur eines ersten Stoffstroms oder in Form mehrerer getrennter erster Stoffströme durch den Wärmetauscher geführt werden. Beispielsweise kann der Rektifikationskolonne zunächst ein Stoffstrom entnommen und anschließend aufgeteilt werden oder der Rektifikationskolonne können bereits zwei getrennte Stoffströme separat voneinander entnommen werden. Das Fluid kann insbesondere das Sumpfprodukt der ersten Rektifikationskolonne in Form des einen ersten Stoffstroms oder in Form eines der mehreren ersten Stoffströme umfassen. Auch ein Fluid, das
35 einen Sauerstoffgehalt aufweist, der zwischen dem Sauerstoffgehalt des

Sumpfprodukts und des Kopfprodukts der ersten Rektifikationskolonne liegt, kann als der erste Stoffstrom oder einer der ersten Stoffströme verwendet wird.

5 Das Fluid, das der Rektifikationskolonne in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen und in dem Wärmetauscher erwärmt wird, der zur Kühlung von Kopfgas der ersten Rektifikationskolonne verwendet wird, wird zu einem ersten Anteil zumindest in einer oder in mehreren Entspannungsmaschinen (die nachfolgend verwendete Formulierung, wonach "eine" Entspannungsmaschine verwendet wird, impliziert, dass auch mehrere solcher Entspannungsmaschinen verwendet werden
10 können) entspannt und insbesondere als ein sogenanntes Restgasgemisch aus der Luftzerlegungsanlage ausgeführt. Es werden beispielsweise zwei parallel angeordnete Entspannungsmaschinen verwendet.

15 Zu einem zweiten Anteil wird das Fluid, das der Rektifikationskolonne in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen und in dem Wärmetauscher erwärmt wird, in einem oder in mehreren Verdichtern verdichtet, der oder die mit einem oder zumindest einer der mehreren Entspannungsmaschinen gekoppelt ist oder sind, und danach in die erste Rektifikationskolonne zurückgespeist. Beispielsweise wird ein Verdichter verwendet, der mit einer von zwei verwendeten Entspannungsmaschinen
20 gekoppelt ist. Die zweite ggf. vorhandene Entspannungsmaschine kann hingegen insbesondere mechanisch und/oder generatorisch gebremst werden. Eine entsprechende Bremsung ist zusätzlich auch bei der Entspannungsmaschine möglich, die mit dem Verdichter gekoppelt ist, welcher den zweiten Anteil verdichtet.

25 Wiederum können die erwähnten Anteile (der erste und der zweite Anteil des Fluids, das der Rektifikationskolonne in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen wird) zwei Teilströme eines aus der Rektifikationskolonne abgezogenen Stoffstroms sein oder es kann sich um bereits in Form separater Stoffströme aus der Rektifikationskolonne ausgeleitete Flüssigkeit handeln.

30

Zum Betrieb der Reinsauerstoffkolonne, also der zweiten Rektifikationskolonne, wird der ersten Rektifikationskolonne weiteres Fluid, das Stickstoff und Sauerstoff enthält, in Form eines zweiten Stoffstroms, insbesondere flüssig, entnommen und in die zweite Rektifikationskolonne eingespeist. Im Sumpf der zweiten Rektifikationskolonne wird
35 dabei sauerstoffreiches Fluid gebildet und zumindest teilweise in Form eines dritten

Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne entnommen, und am Kopf der zweiten Rektifikationskolonne wird weiteres Fluid gebildet und zumindest teilweise in Form eines vierten Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne entnommen.

- 5 Das Fluid, das der zweiten Rektifikationskolonne in Form des zweiten Stoffstroms flüssig entnommen und in die zweite Rektifikationskolonne eingespeist wird, kann insbesondere einen Sauerstoffgehalt von 10 bis 30 Molprozent aufweisen. Es weist ansonsten insbesondere Stickstoff und Argon auf. Das im Sumpf der zweiten Rektifikationskolonne gebildete sauerstoffreiche Fluid, das zumindest teilweise in Form
- 10 des dritten Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne entnommen wird, kann insbesondere einen Sauerstoffgehalt von mehr als 97 Molprozent, insbesondere mehr als 99 Molprozent, aufweisen. Das am Kopf der zweiten Rektifikationskolonne gebildete weitere Fluid, das zumindest teilweise in Form des vierten Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne entnommen wird, kann einen Sauerstoffgehalt von 1
- 15 bis 30 Molprozent aufweisen. Es enthält ansonsten insbesondere Stickstoff und Argon.

Im Rahmen der vorliegenden ist nun, wie bereits unter Nennung der damit erzielbaren Vorteile angesprochen, vorgesehen, dass der zweite Stoffstrom vor seiner Einspeisung in die zweite Rektifikationskolonne in einem Unterkühler im Gegenstrom zu dem

20 vierten Stoffstrom unterkühlt wird. Die zweite Rektifikationskolonne wird dabei im Rahmen der vorliegenden Erfindung mit dem erwähnten Kondensatorverdampfer betrieben, der in einem unteren Bereich der zweiten Rektifikationskolonne angeordnet ist. Dieser dient als Sumpfheizung zur Aufrechterhaltung der Rektifikation in der zweiten Rektifikationskolonne. Der zweite Stoffstrom wird erfindungsgemäß in diesem

25 Kondensatorverdampfer abgekühlt, bevor er in dem Unterkühler im Gegenstrom zu dem vierten Stoffstrom unterkühlt wird.

In einem Ausführungsbeispiel eines entsprechenden Verfahrens, das generell im Rahmen der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommen kann, können aus der

30 ersten Rektifikationskolonne zwei erste Stoffströme in Form eines flüssigen Stoffstroms mit einem ersten Sauerstoffgehalt und eines flüssigen Stoffstroms mit einem zweiten, unterschiedlichen Sauerstoffgehalt (also zwei erste Stoffströme) abgezogen werden, wobei der erste Sauerstoffgehalt insbesondere oberhalb des zweiten Sauerstoffgehalts liegt. Der erste Stoffstrom mit dem ersten Sauerstoffgehalt kann insbesondere unter

35 Verwendung zumindest eines Teils des flüssigen Sumpfprodukts der ersten

Rektifikationskolonne gebildet werden. Der weitere erste Stoffstrom mit dem zweiten Sauerstoffgehalt kann aus der ersten Rektifikationskolonne von einem Zwischenboden oder aus einer entsprechenden Flüssigkeitsrückhalteeinrichtung der ersten Rektifikationskolonne abgezogen werden. Sein Sauerstoffgehalt kann insbesondere 25 bis 45 Molprozent betragen.

Der erste Stoffstrom mit dem ersten Sauerstoffgehalt kann insbesondere den zuvor erläuterten ersten Anteil der an Sauerstoff angereicherten Flüssigkeit, die der ersten Rektifikationskolonne in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen und in dem Wärmetauscher erwärmt wird, darstellen, welcher in der einen oder in den mehreren Entspannungsmaschinen entspannt und als ein Restgasgemisch aus der Luftzerlegungsanlage ausgeführt wird. Der weitere erste Stoffstrom mit dem zweiten Sauerstoffgehalt kann dagegen insbesondere den zuvor erläuterten zweiten Anteil der an Sauerstoff angereicherten Flüssigkeit, die der ersten Rektifikationskolonne in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen und in dem Wärmetauscher erwärmt wird, darstellen, welcher in dem einen oder in den mehreren Verdichtern verdichtet wird, der oder die mit der oder den Entspannungsmaschinen gekoppelt ist oder sind, und welcher danach in die erste Rektifikationskolonne zurückgespeist wird.

Dadurch, dass der zweite Stoffstrom vor der Einspeisung in die zweite Rektifikationskolonne und vor der Unterkühlung in dem Unterkühler erfindungsgemäß in dem Kondensatorverdampfer abgekühlt wird, können nochmals geringere Temperaturniveaus erzielt und entsprechend die Verdampfungsverluste bei der Einspeisung in die zweite Rektifikationskolonne verringert werden.

Der zweite Stoffstrom kann in dieser Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung dem Unterkühler auf einem Temperaturniveau von 97 bis 105 K zugeführt werden.

In allen Fällen kann eine Temperaturdifferenz zwischen dem vierten Stoffstrom und dem zweiten Stoffstrom vor der Einspeisung in den Unterkühler bei 1 bis 5 K liegen.

In dem Kondensatorverdampfer kann ferner verdichtete und abgekühlte Luft, die anschließend der ersten Rektifikationskolonne zugeführt wird, abgekühlt werden, um

auch diese Luft auf einem ausreichen geringen Temperaturniveau bereitzustellen und Verdampfungsverluste zu reduzieren.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann der zweite Stoffstrom dem Unterkühler
5 insbesondere auf einem Temperaturniveau von 80 bis 95 K entnommen und anschließend insbesondere auf diesem Temperaturniveau in die zweite Rektifikationskolonne eingespeist werden. Das Temperaturniveau der Entnahme hängt stark vom Druck in der zweiten Rektifikationskolonne und der Temperatur des vierten Stoffstroms ab.

10

Insbesondere kann der zweite Stoffstrom dem Unterkühler im Rahmen der vorliegenden Erfindung noch auf dem ersten Druckniveau zugeführt und nach der Abkühlung in dem Unterkühler auf das zweite Druckniveau entspannt werden.

15 Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Luftzerlegungsanlage mit einer ersten Rektifikationskolonne und einer zweiten Rektifikationskolonne sowie weiteren Einrichtungen, zu deren Merkmalen auf den entsprechenden unabhängigen Patentanspruch verwiesen wird. Zu weiteren Merkmalen und Vorteilen der erfindungsgemäßen Luftzerlegungsanlage und bevorzugter Ausgestaltungen hiervon
20 sei auf die obigen Erläuterungen bezüglich des erfindungsgemäßen Verfahrens und seiner bevorzugten Ausgestaltungen verwiesen. Eine entsprechende Luftzerlegungsanlage ist insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einer dieser Ausgestaltungen eingerichtet.

25 Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert, die die bevorzugten Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung veranschaulichen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

30

Figur 1 zeigt eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in vereinfachter, schematischer Darstellung.

Figur 2 zeigt eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in
35 vereinfachter, schematischer Darstellung.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

In den Figuren sind einander baulich oder funktionell entsprechende Elemente mit identischen Bezugszeichen veranschaulicht und werden der Übersichtlichkeit halber nicht wiederholt erläutert.

In Figur 1 ist eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Form eines schematischen Prozessflussdiagramms veranschaulicht und insgesamt mit 100 bezeichnet.

In der Anlage 100 wird Einsatzluft A über einen Filter 1 mittels eines Hauptluftverdichters 2 angesaugt. Nach Vorkühlung in nicht gesondert bezeichneten Wärmetauschern und einem mit Wasser W betriebenen Direktkontaktkühler wird die entsprechend verdichtete Luft einer Adsorberstation 3 zugeführt und dort von unerwünschten Komponenten wie Wasser und Kohlendioxid befreit. Die Luft wird anschließend in Form eines Einsatzluftstroms a einem Hauptwärmetauscher 4 der Luftzerlegungsanlage 100 zugeführt und diesem abgekühlt entnommen.

Der zunächst weiterhin mit a bezeichnete Einsatzluftstrom wird anschließend in zwei Teilströme b und c aufgeteilt, wobei der Teilstrom b direkt in eine erste Rektifikationskolonne 11 eingespeist wird. Der zweite Teilstrom c wird hingegen durch einen Kondensatorverdampfer 5 einer zweiten Rektifikationskolonne 12 geführt und sodann ebenfalls in die erste Rektifikationskolonne 11 eingespeist. Die Einspeisung des Teilstroms b erfolgt dabei deutlich oberhalb der Einspeiseposition des in den Kondensatorverdampfer 5 zumindest teilweise verflüssigten Teilstroms c. Letzterer wird insbesondere sumpfnah, d.h. in einem Bereich der ersten Rektifikationskolonne 11 ohne Einbauten eingespeist.

In der ersten Rektifikationskolonne 11, die auf einem zuvor erläuterten "ersten" Druckniveau betrieben wird, werden ein an Stickstoff angereichertes bzw. im Wesentlichen Stickstoff aufweisendes Kopfgas und eine an Sauerstoff angereicherte Sumpfflüssigkeit gebildet. Der ersten Rektifikationskolonne 11 werden zwei Stoffströme d und e entnommen, die jeweils Fluid umfassen, das gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist.

Der Stoffstrom d wird dabei zunächst in dem Hauptwärmetauscher 4 weiter abgekühlt und anschließend durch einen Wärmetauscher 6 geführt, welcher, wie nachfolgend erläutert, zur Abkühlung von Kopfgas der ersten Rektifikationskolonne 11 verwendet wird. Der Stoffstrom e wird zunächst in vergleichbarer Weise wie der Stoffstrom d behandelt. Im dargestellten Beispiel wird der Stoffstrom e aus dem Sumpf der ersten Rektifikationskolonne 11, der Stoffstrom d hingegen von einer Position mehrere theoretische oder praktische Böden oberhalb des Sumpfs aus der ersten Rektifikationskolonne 11 entnommen. Die Stoffströme d und e werden getrennt voneinander durch den Wärmetauscher 6 geführt.

Der Stoffstrom e wird anschließend in dem Hauptwärmetauscher 4 teilerwärmt und in Form zweier Teilströme in Entspannungsmaschinen 7 und 8 entspannt. Anschließend werden diese Teilströme, miteinander und mit weiteren Stoffströmen vereinigt, im Hauptwärmetauscher 4 erwärmt und aus der Luftzerlegungsanlage in Form eines Sammelstroms f ausgeführt.

Der Stoffstrom d wird hingegen, ggf. nach Abzweigung und Abblasen eines Teilstroms an die Atmosphäre U, in einem Verdichter 8a, der mit einer der hier gezeigten Entspannungsmaschine 9 gekoppelt ist, verdichtet, anschließend abgekühlt und, vergleichbar mit dem Stoffstrom c, in die erste Rektifikationskolonne zurückgeführt. Wie in Form eines gestrichelten Stoffstroms veranschaulicht, kann hier auch ein Bypass erfolgen. Der Verdichter 8 ist mit der Entspannungsmaschine 9 gekoppelt und weist ferner eine hier nicht gesondert bezeichnete Ölbremse auf. Die Entspannungsmaschine 7 ist hingegen mit einem Generator G gekoppelt.

Das Kopfgas vom Kopf der ersten Rektifikationskolonne 11 wird in Form eines Teilstroms g durch den Wärmetauscher 2 geführt und dort zumindest teilweise verflüssigt. Dieses teilweise verflüssigte Kopfgas kann teilweise in Form eines Rücklaufstroms auf die erste Rektifikationskolonne 11 zurückgeführt und zu einem weiteren Anteil gegen sich selbst unterkühlt und als Flüssigstickstoffprodukt B ausgeführt werden. Ein zum Kühlen verwendeter Anteil kann mit dem bereits erwähnten Stoffstrom e vereinigt werden. Das teilweise verflüssigte Kopfgas kann auch teilweise in Form einer Spülmenge C ausgeleitet werden. Weiteres Kopfgas kann in

Form eines Stoffstroms h unverflüssigt im Hauptwärmetauscher 1 erwärmt und als Dichtgas S bzw. Druckstickstoff P ausgeführt werden.

5 In dem in Figur 1 veranschaulichten Beispiel wird aus der ersten Rektifikationskolonne 11 ein Stoffstrom i ausgeführt, welcher ebenfalls im Kondensatorverdampfer 5 der zweiten Rektifikationskolonne 12 zumindest teilweise verflüssigt und als Rücklauf auf die zweite Rektifikationskolonne 12 aufgegeben wird. Zuvor erfolgt eine Unterkühlung in einem Unterkühler 10 gegen Kopfgas der zweiten Rektifikationskolonne 12, das in Form eines Stoffstroms k aus der zweiten Rektifikationskolonne 12 abgezogen,
10 erwärmt und mit dem Stoffstrom e nach dessen Entspannung vereinigt wird.

Aus dem Sumpf der zweiten Rektifikationskolonne 12 kann ein sauerstoffreicher Stoffstrom l abgezogen werden, der mittels einer nicht gesondert bezeichneten Innenverdichtungspumpe 7 oder mittels eines Druckaufbaubehälters verdichtet und
15 anschließend im Hauptwärmetauscher 1 erwärmt und als innenverdichtetes Sauerstoffdruckprodukt D bereitgestellt werden kann. Ein Teil kann auch als flüssiges Sauerstoffprodukt E bereitgestellt werden.

20 Eine Einspeisung von Flüssigstickstoff F in die Luftzerlegungsanlage 100 kann in Form eines Stoffstroms m erfolgen.

In Figur 2 ist eine Anlage gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung in Form eines schematischen Anlagendiagramms veranschaulicht und insgesamt mit 200 bezeichnet. Im Gegensatz zu der in Figur 1 veranschaulichten
25 Anlage 100 wird hier der Stoffstrom i nicht durch den Kondensatorverdampfer 5 in der zweiten Rektifikationskolonne 12 geführt sondern direkt dem Unterkühler 10 zugeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, bei dem eine Luftzerlegungsanlage (100, 200) mit einem Wärmetauscher (6), einer Entspannungsmaschine (8), einem mit der Entspannungsmaschine (8) gekoppelten Verdichter (9), einer ersten Rektifikationskolonne (11), einer zweiten Rektifikationskolonne (12) und einem Kondensatorverdampfer (5), der in einem unteren Bereich der zweiten Rektifikationskolonne (12) angeordnet ist, verwendet wird, wobei
- 5
- 10 – die erste Rektifikationskolonne (11) auf einem ersten Druckniveau und die zweite Rektifikationskolonne (12) auf einem zweiten Druckniveau unterhalb des ersten Druckniveaus betrieben wird,
- 15 – aus der ersten Rektifikationskolonne (11) Fluid, das gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist, in Form eines oder mehrerer erster Stoffströme entnommen wird,
- 20 – das Fluid, das der ersten Rektifikationskolonne (11) in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen wurde, teilweise oder vollständig in dem Wärmetauscher (6) erwärmt und verdampft wird, und der Wärmetauscher (6) zur Abkühlung von Kopfgas der ersten Rektifikationskolonne (11) verwendet wird,
- 25 – das Fluid, das der ersten Rektifikationskolonne (11) in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen wurde, zu einem ersten Anteil durch die Entspannungsmaschine (8) geführt und aus der Luftzerlegungsanlage (100, 200) ausgeleitet wird,
- 30 – das Fluid, das der ersten Rektifikationskolonne (11) in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen wurde, zu einem zweiten Anteil durch den mit der Entspannungsmaschine (8) gekoppelten Verdichter (9) geführt und in die erste Rektifikationskolonne (11) zurückgeleitet wird,

- aus der ersten Rektifikationskolonne (11) weiteres Fluid, das Stickstoff und Sauerstoff enthält, in Form eines zweiten Stoffstroms entnommen und in die zweite Rektifikationskolonne (12) eingespeist wird,
- 5 – im Sumpf der zweiten Rektifikationskolonne (12) sauerstoffreiches Fluid gebildet und zumindest teilweise in Form eines dritten Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne (12) entnommen wird, und
- 10 – am Kopf der zweiten Rektifikationskolonne (12) weiteres Fluid gebildet und zumindest teilweise in Form eines vierten Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne (12) entnommen wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 15 – der zweite Stoffstrom vor seiner Einspeisung in die zweite Rektifikationskolonne (12) in dem Kondensatorverdampfer (5) abgekühlt und anschließend in einem Unterkühler (10) im Gegenstrom zu dem vierten Stoffstrom unterkühlt wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine Temperaturdifferenz zwischen dem vierten Stoffstrom und dem zweiten Stoffstrom vor der Einspeisung in den Unterkühler bei 1 bis 5 K liegt.
- 25 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem in dem Kondensatorverdampfer (5) ferner verdichtete und abgekühlte Luft, die anschließend der ersten Rektifikationskolonne zugeführt wird, abgekühlt wird.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der zweite Stoffstrom dem Unterkühler (10) auf einem Temperaturniveau von 80 bis 95 K entnommen wird.
- 35 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der zweite Stoffstrom dem Unterkühler (10) auf dem ersten Druckniveau zugeführt wird und bei dem der zweite Stoffstrom nach der Abkühlung in dem Unterkühler (10) auf das zweite Druckniveau entspannt wird.

6. Luftzerlegungsanlage (100, 200) mit einem Wärmetauscher (6), einer Entspannungsmaschine (8), einem mit der Entspannungsmaschine (8) gekoppelten Verdichter (9), einer ersten Rektifikationskolonne (11), einer zweiten Rektifikationskolonne (12) und einem Kondensatorverdampfer (5), der in einem unteren Bereich der zweiten Rektifikationskolonne (12) angeordnet ist, wobei die Luftzerlegungsanlage (100, 200) dafür eingerichtet ist,
- die erste Rektifikationskolonne (11) auf einem ersten Druckniveau und die zweite Rektifikationskolonne (12) auf einem zweiten Druckniveau unterhalb des ersten Druckniveaus zu betreiben,
 - aus der ersten Rektifikationskolonne (11) Fluid, das gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist, in Form eines oder mehrerer erster Stoffströme zu entnehmen,
 - das Fluid, das der ersten Rektifikationskolonne (11) in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen wurde, teilweise oder vollständig in dem Wärmetauscher (6) zu erwärmen und zu verdampfen, wobei der Wärmetauscher (6) zur Abkühlung von Kopfgas der ersten Rektifikationskolonne (11) eingerichtet ist,
 - das Fluid, das der ersten Rektifikationskolonne (11) in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen wurde, zu einem ersten Anteil durch die Entspannungsmaschine (8) zu führen und aus der Luftzerlegungsanlage (100, 200) auszuleiten,
 - das Fluid, das der ersten Rektifikationskolonne (11) in Form des einen oder der mehreren ersten Stoffströme entnommen wurde, zu einem zweiten Anteil durch den Verdichter (9) zu führen und in die erste Rektifikationskolonne (11) zurückzuleiten,
 - aus der ersten Rektifikationskolonne (11) weiteres Fluid, das Stickstoff und Sauerstoff enthält, in Form eines zweiten Stoffstroms flüssig zu entnehmen und in die zweite Rektifikationskolonne (12) einzuspeisen,

- im Sumpf der zweiten Rektifikationskolonne (12) sauerstoffreiches Fluid zu bilden und zumindest teilweise in Form eines dritten Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne (12) zu entnehmen, und

5

- am Kopf der zweiten Rektifikationskolonne (12) weiteres Fluid zu bilden und zumindest teilweise in Form eines vierten Stoffstroms aus der zweiten Rektifikationskolonne (12) zu entnehmen,

10

dadurch gekennzeichnet,

- dass die Luftzerlegungsanlage (100, 200) einen Unterkühler (10) und Mittel aufweist, die dafür eingerichtet sind, den zweiten Stoffstrom vor seiner Einspeisung in die zweite Rektifikationskolonne (12) in dem Kondensatorverdampfer (5) abzukühlen und anschließend in dem Unterkühler (10) im Gegenstrom zum vierten Stoffstrom zu unterkühlen.

15

7. Luftzerlegungsanlage (100, 200) nach Anspruch 6, die Mittel aufweist, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 2 bis 5 eingerichtet sind.

20

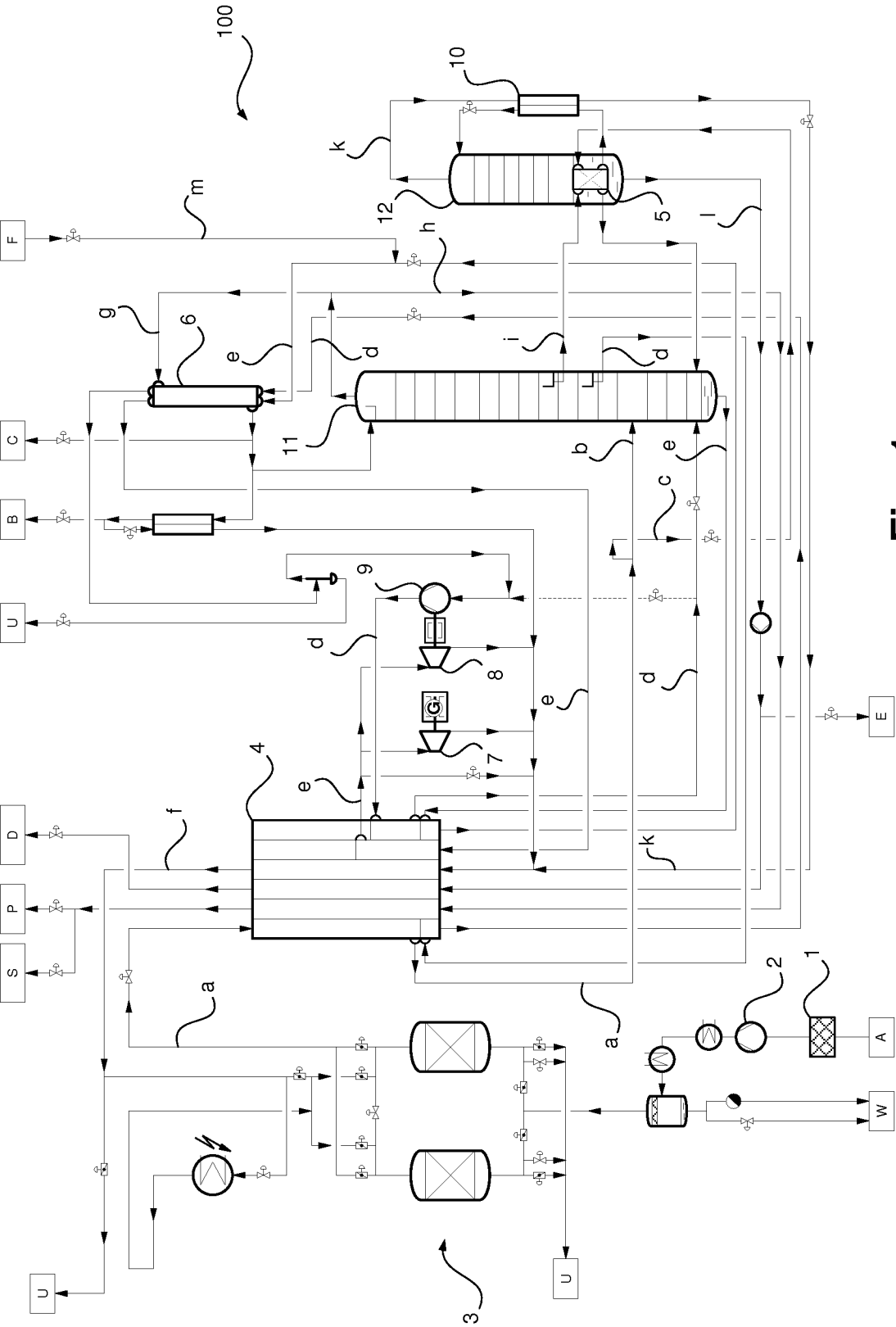


Fig. 1

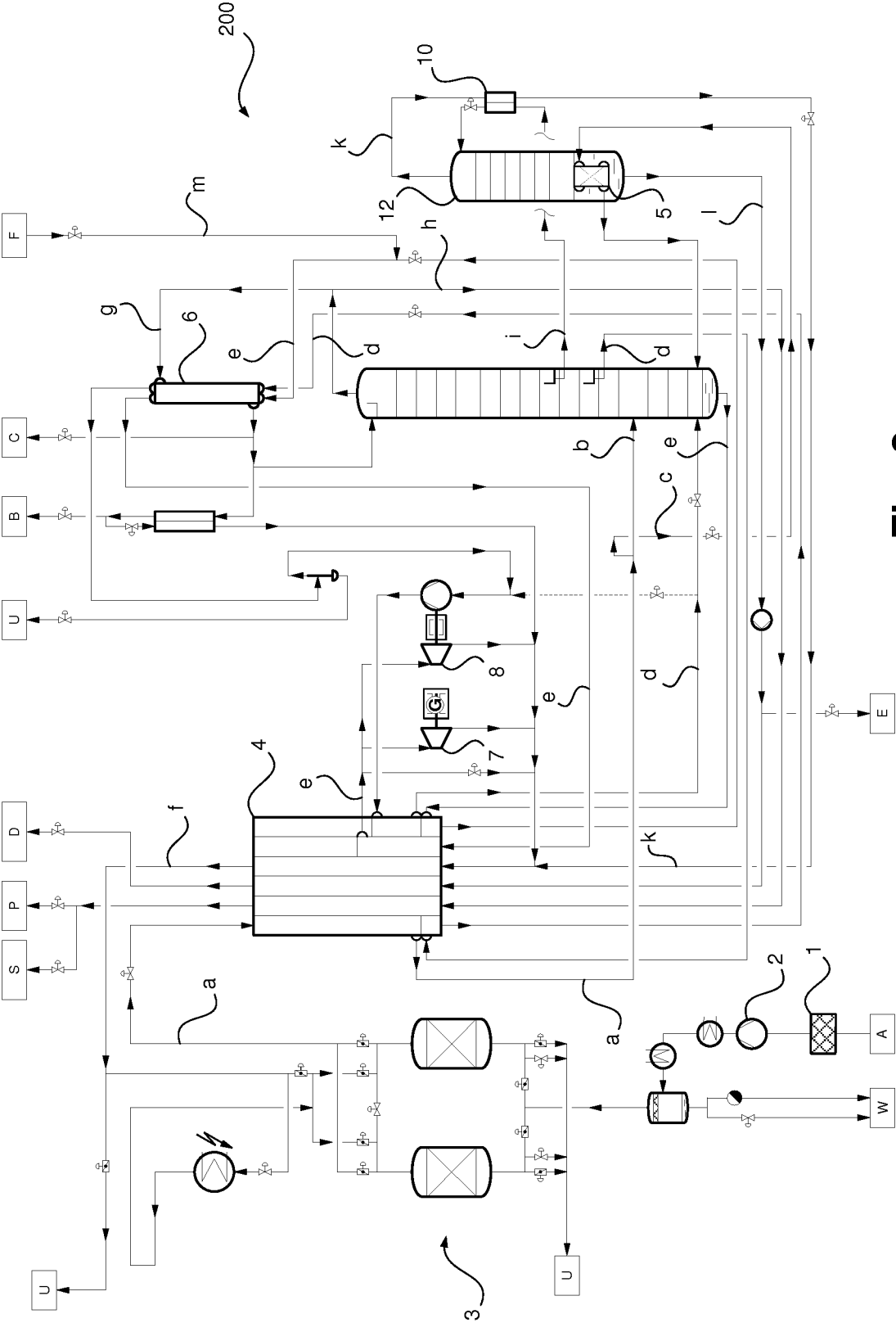


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/025345

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F25J 3/04**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1995537 A2 (LINDE AG [DE]) 26 November 2008 (2008-11-26) cited in the application figure	1-7
A	US 6279345 B1 (ARMAN BAYRAM [US] ET AL) 28 August 2001 (2001-08-28) cited in the application figure 2	1,6
A	US 4783210 A (AYRES CALVIN L [US] ET AL) 08 November 1988 (1988-11-08) figure 3	5
A	JP 2000018813 A (NIPPON OXYGEN CO LTD) 18 January 2000 (2000-01-18) abstract; figures	5
A	US 4927441 A (AGRAWAL RAKESH [US]) 22 May 1990 (1990-05-22) figure 3	5
A	CN 108120226 A (AIR LIQUIDE) 05 June 2018 (2018-06-05) figure	3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 January 2020

Date of mailing of the international search report

27 January 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Göriz, Dirk

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/025345

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	1995537	A2	26 November 2008	CN	101311653	A	26 November 2008
				DE	102007024168	A1	27 November 2008
				EP	1995537	A2	26 November 2008
				KR	20080103474	A	27 November 2008
				TW	200912229	A	16 March 2009
				US	2008289362	A1	27 November 2008
US	6279345	B1	28 August 2001	BR	0102006	A	26 December 2001
				CA	2347762	A1	18 November 2001
				CN	1326085	A	12 December 2001
				EP	1156291	A1	21 November 2001
				JP	2002005569	A	09 January 2002
				US	6279345	B1	28 August 2001
US	4783210	A	08 November 1988	CA	1283846	C	07 May 1991
				KR	890009438	A	02 August 1989
				NL	8803062	A	03 July 1989
				NO	169977	B	18 May 1992
				US	4783210	A	08 November 1988
JP	2000018813	A	18 January 2000	JP	4150107	B2	17 September 2008
				JP	2000018813	A	18 January 2000
US	4927441	A	22 May 1990	CA	2028252	A1	28 April 1991
				US	4927441	A	22 May 1990
CN	108120226	A	05 June 2018	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F25J3/04
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F25J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 995 537 A2 (LINDE AG [DE]) 26. November 2008 (2008-11-26) in der Anmeldung erwähnt Abbildung	1-7
A	US 6 279 345 B1 (ARMAN BAYRAM [US] ET AL) 28. August 2001 (2001-08-28) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 2	1,6
A	US 4 783 210 A (AYRES CALVIN L [US] ET AL) 8. November 1988 (1988-11-08) Abbildung 3	5
A	JP 2000 018813 A (NIPPON OXYGEN CO LTD) 18. Januar 2000 (2000-01-18) Zusammenfassung; Abbildungen	5
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Januar 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/01/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Göritz, Dirk

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 927 441 A (AGRAWAL RAKESH [US]) 22. Mai 1990 (1990-05-22) Abbildung 3 -----	5
A	CN 108 120 226 A (AIR LIQUIDE) 5. Juni 2018 (2018-06-05) Abbildung -----	3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/025345

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1995537	A2	26-11-2008	CN 101311653 A 26-11-2008
		DE 102007024168 A1 27-11-2008	
		EP 1995537 A2 26-11-2008	
		KR 20080103474 A 27-11-2008	
		TW 200912229 A 16-03-2009	
		US 2008289362 A1 27-11-2008	
US 6279345	B1	28-08-2001	BR 0102006 A 26-12-2001
		CA 2347762 A1 18-11-2001	
		CN 1326085 A 12-12-2001	
		EP 1156291 A1 21-11-2001	
		JP 2002005569 A 09-01-2002	
		US 6279345 B1 28-08-2001	
US 4783210	A	08-11-1988	CA 1283846 C 07-05-1991
		KR 890009438 A 02-08-1989	
		NL 8803062 A 03-07-1989	
		NO 169977 B 18-05-1992	
		US 4783210 A 08-11-1988	
JP 2000018813	A	18-01-2000	JP 4150107 B2 17-09-2008
		JP 2000018813 A 18-01-2000	
US 4927441	A	22-05-1990	CA 2028252 A1 28-04-1991
		US 4927441 A 22-05-1990	
CN 108120226	A	05-06-2018	KEINE