

(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
14. November 2019 (14.11.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/214847 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/025132

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. April 2019 (30.04.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
18020195.6 07. Mai 2018 (07.05.2018) EP

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

(72) Erfinder: GOLUBEV, Dimitri; Jeschenstrasse 117b,
82538 Geretsried (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 FOR OBTAINING ONE OR MORE AIR PRODUCTS AND AIR SEPARATION SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR GEWINNUNG EINES ODER MEHRERER LUFTPRODUKTE UND
LUFTZERLEGUNGSANLAGE

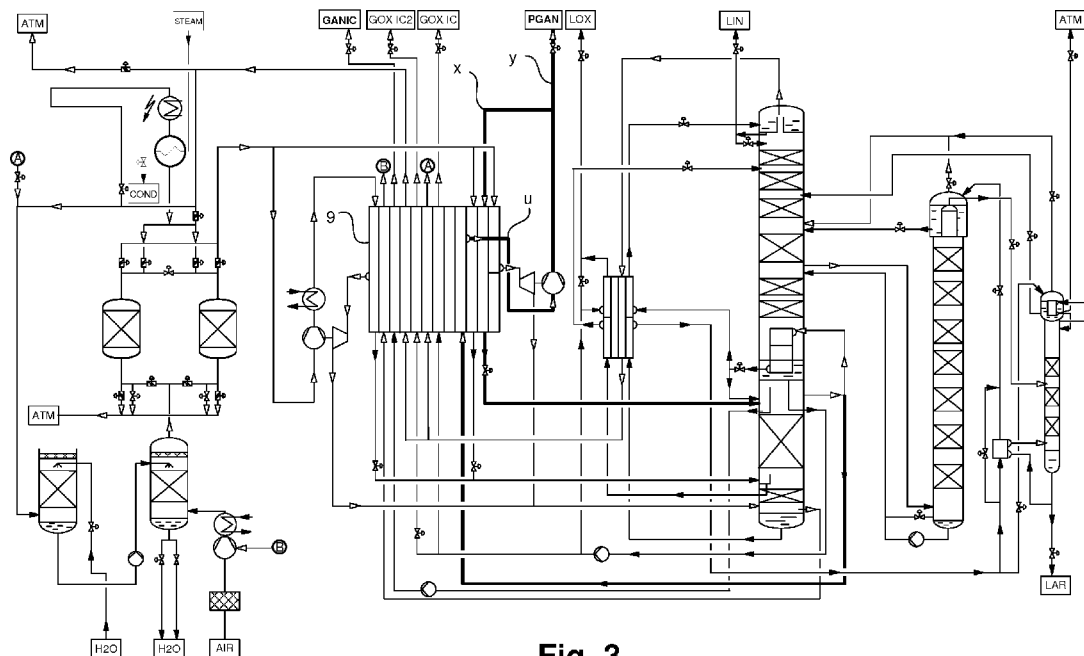


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for obtaining one or more air products using an air separation system (100) comprising a rectifying column system (14-17) which has a high-pressure column (14) and a low-pressure column (15), as well as comprising a main heat exchanger (9) and a main air compressor, wherein all the air supplied to the rectifying column system (10-17) is compressed to a first pressure level in the main air compressor (1), and the high-pressure column (15) is operated at a second pressure level, which is at least 3 bar below the first pressure level, and a gaseous nitrogen-rich fluid is removed from the high-pressure column (15) at the second pressure level and heated in a gaseous state without a prior liquefaction. According to the invention, a first partial amount of the gaseous nitrogen-rich fluid is heated, supplied to a booster (12) at this temperature level, and further compressed to a third pressure

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)

level using the booster (12). In the invention, a temperature level from -50 to 0 °C is used as the first temperature level and, after being compressed to the third pressure level, the first partial amount is heated to a second temperature level above the first pressure level and permanently discharged from the air separation system (100). In addition, in the invention, a second partial amount of the gaseous nitrogen-rich fluid is heated to the first temperature level together with the first partial amount, supplied to the booster (12) at this temperature level, and further compressed to the third pressure level using the booster (12). After being compressed to the third pressure level, the second partial amount is at least temporarily cooled down to a third temperature level below the first temperature level, then depressurised to the second pressure level, and supplied back into the high-pressure column (15). The invention also relates to a corresponding air separation system (100).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung schlägt ein Verfahren zur Gewinnung eines oder mehrerer Luftprodukte unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage (100) mit einem Rektifikationssäulensystem (14-17), das eine Hochdrucksäule (14) und eine Niederdrucksäule (15) umfasst, sowie mit einem Hauptwärmetauscher (9) und einem Hauptluftverdichter vor, wobei die gesamte, dem Rektifikationssäulensystem (10-17) zugeführte Luft in dem Hauptluftverdichter (1) auf ein erstes Druckniveau verdichtet wird, und die Hochdrucksäule (15) auf einem zweiten Druckniveau betrieben wird, das mindestens (3) bar unterhalb des ersten Druckniveaus liegt, und der Hochdrucksäule (15) auf dem zweiten Druckniveau ein gasförmiges stickstoffreiches Fluid entnommen und ohne eine vorherige Verflüssigung in gasförmigem Zustand erwärmt wird. Es ist vorgesehen, dass eine erste Teilmenge des gasförmigen stickstoffreichen Fluids erwärmt, auf diesem einem Booster (12) zugeführt, und unter Verwendung des Boosters (12) weiter auf ein drittes Druckniveau verdichtet wird. In der Erfindung wird als das erste Temperaturniveau ein Temperaturniveau von -50 bis 0 °C verwendet und die erste Teilmenge nach der Verdichtung auf das dritte Druckniveau auf ein zweites Temperaturniveau oberhalb des ersten Temperaturniveaus erwärmt und dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleitet. Ferner wird in der Erfindung eine zweite Teilmenge des gasförmigen stickstoffreichen Fluids zusammen mit der ersten Teilmenge auf das erste Temperaturniveau erwärmt, auf diesem dem Booster (12) zugeführt, und unter Verwendung des Boosters (12) weiter auf das dritte Druckniveau verdichtet. Die zweite Teilmenge wird nach der Verdichtung auf das dritte Druckniveau zumindest zeitweise auf ein drittes Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus abgekühlt, anschließend auf das zweite Druckniveau entspannt, und wieder in die Hochdrucksäule (15) zurückgeführt. Eine entsprechende Luftzerlegungsanlage (100) ist ebenfalls Gegenstand der Erfindung.

Beschreibung

Verfahren zur Gewinnung eines oder mehrerer Luftprodukte und Luftzerlegungsanlage

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung eines oder mehrerer Luftprodukte und eine Luftzerlegungsanlage gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen

5 Patentansprüche.

Stand der Technik

Die Herstellung von Luftprodukten in flüssigem oder gasförmigem Zustand durch
10 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.

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

Die Rektifikationssäulen der genannten Rektifikationssäulensysteme werden auf unterschiedlichen Druckniveaus betrieben. Doppelsäulensysteme weisen eine sogenannte Hochdrucksäule (auch als Drucksäule, Mitteldrucksäule oder untere Säule
25 bezeichnet) und eine sogenannte Niederdrucksäule (auch als obere Säule bezeichnet) auf. Das Druckniveau der Hochdrucksäule beträgt beispielsweise 4 bis 6 bar, vorzugsweise etwa 5,5 bar. Die Niederdrucksäule wird auf einem Druckniveau von beispielsweise 1,3 bis 1,7 bar, vorzugsweise etwa 1,5 bar, betrieben. Bei den hier und nachfolgend angegebenen Druckniveaus handelt es sich jeweils um Absolutdrücke, die
30 am Kopf der jeweils genannten Säulen vorliegen. Die genannten Werte stellen lediglich Beispiele dar, die bei Bedarf verändert werden können.

Zur Luftzerlegung können sogenannte Hauptverdichter/Nachverdichter-(Main Air Compressor/Booster Air Compressor-, MAC-BAC-)Verfahren oder sogenannte Hochluftdruck-(High Air Pressure-, HAP-)Verfahren eingesetzt werden. Bei den Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren handelt es sich um die eher

5 konventionelleren Verfahren, Hochluftdruck-Verfahren kommen zunehmend in jüngerer Zeit als Alternativen zum Einsatz.

Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass nur ein Teil der dem Rektifikationssäulensystem insgesamt zugeführten Einsatzluftmenge auf
10 ein Druckniveau verdichtet wird, das wesentlich, d.h. um mindestens 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10 bar, oberhalb des Druckniveaus der Hochdrucksäule liegt. Ein weiterer Teil der Einsatzluftmenge wird lediglich auf das Druckniveau der Hochdrucksäule oder ein Druckniveau, das sich um nicht mehr als 1 bis 2 bar von dem Druckniveau der Hochdrucksäule unterscheidet, verdichtet, und auf diesem niedrigeren Druckniveau in
15 die Hochdrucksäule eingespeist. Ein Beispiel für ein Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren ist bei Häring (s.o.) in Figur 2.3A gezeigt.

Bei einem Hochluftdruck-Verfahren wird hingegen die gesamte dem Rektifikationssäulensystem insgesamt zugeführte Einsatzluftmenge auf ein
20 Druckniveau verdichtet, das wesentlich, d.h. um mindestens 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10 bar oberhalb des Druckniveaus der Hochdrucksäule liegt. Der Druckunterschied kann beispielsweise bis zu 14, 16, 18 oder 20 bar betragen. Hochluftdruck-Verfahren sind beispielsweise aus der EP 2 980 514 A1 und der EP 2 963 367 A1 bekannt.

25 Die vorliegende Erfindung kommt insbesondere bei Luftzerlegungsanlagen mit sogenannter Innenverdichtung (IV, Internal Compression, IC) zum Einsatz. Hierbei wird wenigstens ein Produkt, das mittels der Luftzerlegungsanlage bereitgestellt wird, dadurch gebildet, dass dem Rektifikationssäulensystem eine tiefkalte Flüssigkeit entnommen, in flüssigem Zustand einer Druckerhöhung unterworfen, und durch
30 Erwärmen in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt wird. Beispielsweise kann auf diese Weise innenverdichteter gasförmiger Sauerstoff (GOX IV, GOX IC) oder Stickstoff (GAN IV, GAN IC) erzeugt werden. Die Innenverdichtung bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber einer alternativ ebenfalls möglichen externen Verdichtung und ist z.B. bei Häring (s.o.), Abschnitt 2.2.5.2, "Internal
35 Compression", erläutert.

Aus der EP 2 603 754 A2 bzw. der WO 2012/019753 A1 ist ein Innenverdichtungsverfahren zur Bereitstellung eines sauerstoffhaltigen Luftprodukts bekannt, bei dem Stickstoff aus der Hochdrucksäule entnommen, warm unter
5 Verwendung von externer Energie verdichtet, verflüssigt und in das Destillationssäulensystem zurückgeführt wird.

Die FR 2 787 561 A1 betrifft ein Verfahren, bei Stickstoff aus der Hochdrucksäule entnommen und zum Teil durch einen weiteren Kondensatorverdampfer, der sich
10 oberhalb des Hauptkondensators in der Niederdruckkolonne befindet, geführt wird. Hier gebildete Flüssigkeit kann zum Teil in die Hochdrucksäule und zum Teil in die Niederdrucksäule zurückgeführt werden.

A.R. Smith und D.W. Woodward diskutieren in Research Disclosure Nr. 39133,
15 November 1996, Seiten 733 bis 739, unterschiedliche Aspekte im Zusammenhang mit der Erhöhung der Flexibilität von Luftzerlegungsverfahren. Unter anderem wird auch hier ein Innenverdichtungsverfahren gezeigt, das im Zusammenhang mit einem Hochluftdruck-Verfahren verwendet werden könnte.

20 In der EP 3 176 526 A1 wird ein Verfahren zum Überführen eines Fluids aus einem ersten Trennsäulenbereich in einen zweiten Trennsäulenbereich vorgeschlagen, wobei die Überführung eine Verdampfung und eine Rückverflüssigung umfasst.
Gemäß der EP 0 618 415 A1 wird in einem Hochluftdruck-Verfahren ein dem Destillationssäulensystem entnommenes Zyklusfluid erwärmt, verdichtet und gekühlt.
25 ein Teil wird arbeitsleistend entspannt, der Rest wird verflüssigt.

Aufgrund von deutlich geringeren Kosten und vergleichbarer Effizienz können Hochluftdruck-Verfahren eine vorteilhafte Alternative zu den konventionelleren Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren darstellen. Dies gilt jedoch nicht in
30 sämtlichen Fällen. Die vorliegende Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, zumindest in einem Teil solcher Fälle einen vorteilhaften Einsatz eines Hochluftdruck-Verfahrens zu ermöglichen.

Offenbarung der Erfindung

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Gewinnung eines oder mehrerer Luftprodukte und eine Luftzerlegungsanlage mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Nachfolgend werden zunächst einige Grundlagen der vorliegenden Erfindung erläutert und zur Beschreibung der Erfindung verwendete Begriffe definiert.

10

Unter einer "Einsatzluftmenge" oder kurz "Einsatzluft" wird im Rahmen dieser Anmeldung der dem Rektifikationssäulensystem einer Luftzerlegungsanlage insgesamt zugeführte und damit sämtliche dem Rektifikationssäulensystem zugeführte Luft verstanden. Wie bereits zuvor erläutert, wird eine entsprechende Einsatzluftmenge in einem Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren nur zu einem Teil auf ein Druckniveau verdichtet, das deutlich oberhalb des Druckniveaus der Hochdrucksäule liegt. Hingegen wird in einem Hochluftdruck-Verfahren die gesamte Einsatzluftmenge auf ein derartig hohes Druckniveau verdichtet. Zur Bedeutung des Begriffs "deutlich" im Zusammenhang mit Hauptverdichter/Nachverdichter- und Hochluftdruck-Verfahren sei auf die obigen Erläuterungen verwiesen.

20

Unter einer "tiefkalten" Flüssigkeit wird hier ein flüssiges Medium verstanden, dessen Siedepunkt deutlich unterhalb der Umgebungstemperatur liegt, z.B. bei -50 °C oder weniger, insbesondere bei -100 °C oder weniger. Beispiele für tiefkalte Flüssigkeiten sind flüssige Luft, flüssiger Sauerstoff, flüssiger Stickstoff, flüssiges Argon oder Flüssigkeiten, die reich an den genannten Verbindungen sind.

25

Zu den in Luftzerlegungsanlagen eingesetzten Vorrichtungen bzw. Apparaten sei auf Fachliteratur wie Häring (s.o.), insbesondere Abschnitt 2.2.5.6, "Apparatus" verwiesen. Nachfolgend werden zur Verdeutlichung und klareren Abgrenzung einige Aspekte entsprechender Vorrichtungen näher erläutert.

30

In Luftzerlegungsanlagen kommen zur Verdichtung der Einsatzluftmenge mehrstufige Turboverdichter zum Einsatz, die hier als "Hauptluftverdichter" bezeichnet werden. Der mechanische Aufbau von Turboverdichtern ist dem Fachmann grundsätzlich bekannt.

35

In einem Turboverdichter erfolgt die Verdichtung des zu verdichtenden Mediums mittels Turbinenschaufeln, die auf einem Turbinenrad oder direkt auf einer Welle angeordnet sind. Ein Turboverdichter bildet dabei eine bauliche Einheit, die jedoch bei einem mehrstufigen Turboverdichter mehrere Verdichterstufen aufweisen kann. Eine
5 Verdichterstufe umfasst dabei in der Regel ein Turbinenrad oder eine entsprechende Anordnung von Turbinenschaufeln. Alle dieser Verdichterstufen können von einer gemeinsamen Welle angetrieben werden. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, die Verdichterstufen gruppenweise mit unterschiedlichen Wellen anzutreiben, wobei die Wellen auch über Getriebe miteinander verbunden sein können.

10

Der Hauptluftverdichter zeichnet sich ferner dadurch aus, dass durch diesen die gesamte in das Rektifikationssäulensystem eingespeiste und zur Herstellung von Luftprodukten verwendete Luftmenge, also die gesamte Einsatzluft, verdichtet wird. Entsprechend kann auch ein "Nachverdichter" vorgesehen sein, in dem aber nur ein
15 Teil der im Hauptluftverdichter verdichteten Luftmenge auf einen nochmals höheren Druck gebracht wird. Auch dieser kann als Turboverdichter ausgebildet sein. Zur Verdichtung von Teilluftmengen sind typischerweise weitere Turboverdichter vorgesehen, die auch als Booster bezeichnet werden, im Vergleich zu dem Hauptluftverdichter oder dem Nachverdichter jedoch ggf. nur eine Verdichtung in relativ
20 geringem Umfang vornehmen. Auch in einem Hochluftdruck-Verfahren kann ein Nachverdichter vorhanden sein, dieser verdichtet jedoch eine Teilmenge der Luft dann ausgehend von einem entsprechend höheren Druckniveau.

25

An mehreren Stellen in Luftzerlegungsanlagen kann ferner Luft entspannt werden, wozu unter anderem Entspannungsmaschinen in Form von Turboexpandern, hier auch als "Entspannungsturbinen" bezeichnet, zum Einsatz kommen können. Turboexpander können auch mit Turboverdichtern gekoppelt sein und diese antreiben. Werden ein oder mehrere Turboverdichter ohne extern zugeführte Energie, d.h. nur über einen oder mehrere Turboexpander, angetrieben, wird für eine derartige Anordnung auch der
30 Begriff "Turbinenbooster" verwendet. In einem Turbinenbooster sind der Turboexpander (die Entspannungsturbine) und der Turboverdichter (der Booster) mechanisch gekoppelt, wobei die Kopplung drehzahlgleich (beispielsweise über eine gemeinsame Welle) oder drehzahlunterschiedlich (beispielsweise über ein zwischengeschaltetes Getriebe) erfolgen kann. Ein Booster kann aber grundsätzlich
35 auch unter Verwendung von externer Energie, beispielsweise unter Einsatz eines

Elektromotors, angetrieben werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können, wie auch nachfolgend noch im Detail erläutert, Turbinenbooster und unter Verwendung von externer Energie angetriebene Booster verwendet werden.

- 5 Flüssige, gasförmige oder auch im überkritischen Zustand vorliegende Fluide können im hier verwendeten Sprachgebrauch reich oder arm an einer oder mehreren Komponenten sein, wobei "reich" für einen Gehalt von wenigstens 75%, 90%, 95%, 99%, 99,5%, 99,9% oder 99,99% und "arm" für einen Gehalt von höchstens 25%, 10%, 5%, 1%, 0,1% oder 0,01% auf Mol-, Gewichts- oder Volumenbasis stehen kann. Der
- 10 Begriff "überwiegend" kann der soeben getroffenen Definition von "reich" entsprechen, bezeichnet jedoch insbesondere einen Gehalt von mehr als 90%. Ist hier beispielsweise von "Stickstoff" die Rede, kann es sich um ein Reingas, aber auch ein an Stickstoff reiches Gas handeln.
- 15 Nachfolgend werden zur Charakterisierung von Drücken und Temperaturen die Begriffe "Druckniveau" und "Temperaturniveau" verwendet, wodurch zum Ausdruck gebracht werden soll, dass Drücke und Temperaturen nicht in Form exakter Druck- bzw. Temperaturwerte verwendet werden müssen, um ein erfinderisches Konzept zu verwirklichen. Jedoch bewegen sich derartige Drücke und Temperaturen
- 20 typischerweise in bestimmten Bereichen, die beispielsweise $\pm 1\%$, 5% oder 10% um einen Mittelwert liegen. Unterschiedliche Druckniveaus und Temperaturniveaus können dabei in disjunkten Bereichen liegen oder in Bereichen, die einander überlappen. Insbesondere schließen beispielsweise Druckniveaus unvermeidliche oder zu erwartende Druckverluste, beispielsweise aufgrund von Abkühlungseffekten, ein.
- 25 Entsprechendes gilt für Temperaturniveaus. Bei hier in bar angegebenen Druckniveaus handelt es sich um Absolutdrücke.

Vorteile der Erfindung

- 30 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird ein kostengünstiges und gleichzeitig effizientes Hochluftdruck-Verfahren geschaffen. Wie bereits eingangs erläutert, stellen derartige Hochluftdruck-Verfahren in bestimmten Fällen eine gute Alternative zu herkömmlichen Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren dar, können jedoch nicht in allen Fällen ihre Vorteile entfalten.

Grundsätzlich sind aus dem Stand der Technik unterschiedliche Hochluftdruck-Verfahren bekannt. Diese werden häufig nach der Flüssigkeitsleistung der Anlage bzw. nach dem Verhältnis von innenverdichteten Produkten zu Flüssigprodukten klassifiziert und unterschieden.

5

Bei vergleichsweise geringen Flüssigleistung, wie sie im Rahmen der vorliegenden Erfindung allerdings nicht in Betracht gezogen wird, kann beispielsweise ein sogenannter Kaltbooster eingesetzt werden, um die Prozesseffizienz durch Umwandlung überschüssiger Kälteleistung in höheren Luftdruck zu steigern. In einem entsprechenden Kaltbooster wird herkömmlicherweise ein Teil der der Luftzerlegungsanlage zugeführten Einsatzluft, der im Hauptwärmetauscher auf ein Zwischentemperaturniveau abgekühlt und ggf. zuvor bereits druckerhöht wurde, auf ein höheres Druckniveau gebracht. Eine Luftzerlegungsanlage mit einem Kaltbooster ist beispielsweise in der EP 3 101 374 A2 offenbart.

15

Eine entsprechende Anlage mit einem Kaltbooster kann beispielsweise dann eingesetzt werden, wenn hierbei ca. 37.000 Normkubikmeter verdichteter gasförmiger Sauerstoff pro Stunde bei 31 bar, 20.000 Normkubikmeter gasförmiger Stickstoff pro Stunde bei 10 bar, 3.000 Normkubikmeter flüssiger Stickstoff pro Stunde und 3.300 Normkubikmeter flüssiger Sauerstoff pro Stunde, insbesondere bei gleichzeitiger Argonproduktion, gebildet werden sollen.

20

Grundsätzlich wird dabei hier unter einem Kaltbooster ein Booster verstanden, der mit Fluid gespeist wird, das auf einem Temperaturniveau vorliegt, das deutlich unterhalb der jeweiligen Umgebungstemperatur am Ort der Luftzerlegungsanlage liegt, insbesondere deutlich unterhalb von $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder unterhalb von $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Steigerung der Prozesseffizienz durch einen Kaltbooster ist unter den zuvor genannten Bedingungen möglich, weil durch die vergleichsweise reduzierte Flüssigleistung dem System keine entsprechende Kältemenge "entzogen" wird, wie dies der Fall wäre, wenn entsprechende Produkte flüssig ausgeführt würden, wie im Rahmen der vorliegenden Erfindung der Fall. Ein Kaltbooster zum Einsatz in der vorliegenden Erfindung kann als Turbinenbooster oder als mit externer Energie angetriebener Booster ausgebildet sein.

30

Eine Verbesserung der Effizienz von Hochluftdruck-Verfahren durch den Einsatz mehrerer Drosselströme bei unterschiedlichem Drücken ist ebenfalls bekannt. Bei einem "Drosselstrom" handelt es sich dabei um einen Teil der Einsatzluftmenge, die auf einem Druckniveau oberhalb des Betriebsdrucks der Hochdrucksäule im

5 Hauptwärmetauscher abgekühlt, zumindest teilweise verflüssigt bzw. bei entsprechendem Druck aus dem gasförmigen in den überkritischen Zustand überführt und anschließend mittels einer Entspannungseinrichtung, klassischerweise eines Entspannungsventils ("Drossel") entspannt und dem Rektifikationssäulensystem, insbesondere der Hochdrucksäule, zugeführt wird.

10

Ein Druckstickstoffprodukt bei beispielsweise ca. 10 bar kann beispielsweise durch Nachverdichtung bereitgestellt werden, insbesondere als Druckstickstoff aus der bei ca. 5,5 bar arbeitenden Hochdrucksäule oder durch Innenverdichtung. Im ersten Fall wird ein separater Verdichter benötigt, im letzteren eine Innenverdichtungspumpe und

15

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird nun die eingangs erläuterte Aufgabe, die darin besteht, ein kostengünstiges und gleichwohl effizientes Hochluftdruck-Verfahren bereitzustellen, bei vergleichsweise hoher Flüssigproduktion, bei der keine

20 überschüssigen Kältemengen bereitstehen und daher kein Einsatz eines Kaltboosters in der zuvor erläuterten Weise sinnvoll oder vorteilhaft ist, dadurch gelöst, dass ein Stickstoffstrom aus der Hochdrucksäule einem Turbinenbooster oder einem mit externer Energie angetriebenen Booster im Vergleich zu den bei einem Kaltbooster vorliegenden Temperaturen warm, jedoch noch unterhalb von 0 °C bzw. auf einem

25 noch geringeren Temperaturniveau, zugeführt und dort verdichtet wird. Dieses Verfahren wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung in besonders vorteilhafter Weise ausgestaltet und weitergebildet. Konkrete Temperaturniveaus sind unten im Detail erläutert. Die im Rahmen der vorliegenden Erfindung erfolgende Verdichtung erfolgt also auf einem Temperaturniveau, das deutlich oberhalb des entsprechenden

30 Temperaturniveaus bei Einsatz eines Kaltboosters, jedoch typischerweise unterhalb der Umgebungstemperatur, liegt. Der Stickstoff aus der Hochdrucksäule wird im Rahmen der Erfindung daher keiner Erwärmung auf Umgebungstemperatur sondern nur einer Teilerwärmung unterworfen, bevor er der Verdichtung zugeführt wird.

Durch den Einsatz eines auf einem entsprechenden Temperaturniveau betriebenen Verdichters für den Stickstoffstrom aus der Hochdrucksäule kann auf einen Nachkühler stromab des Verdichters verzichtet werden, da die Austrittstemperatur dieses Verdichters aufgrund der kälteren Eintrittstemperatur beispielsweise bei einer
5 gewünschten Entnahmetemperatur bzw. einer Eintrittstemperatur in den Hauptwärmetauscher liegen kann. Die Austrittstemperatur kann durch eine geeignete Wahl der Eintrittstemperatur und des Druckverhältnisses bei der Verdichtung in dem Booster einfach eingestellt werden.

- 10 Die Druckverhältnisse von Kaltboostern liegen typischerweise bei maximal 1,9 bis 2. Ein Druckverhältnis ist dabei definiert als das Verhältnis des Eingangsdrucks zum Ausgangsdruck eines entsprechenden Boosters. Dieses Druckverhältnis reicht aus, um die geforderte Menge an Stickstoffprodukt, im vorliegenden Fall bei ca. 10 bar, zu liefern. Daher ist ein Kaltbooster zur Bereitstellung von Druckstickstoff auf einem
15 entsprechenden Druckniveau vorteilhaft einsetzbar. Entsprechendes gilt auch bezüglich des gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzten Boosters. Dieser kann ein vergleichbares Druckverhältnis aufweisen. Dieses reicht damit auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung aus, die geforderte Menge an Stickstoffprodukt, im vorliegenden Fall beispielsweise bei ca. 10 oder 9 bar (abs.), zu liefern.

20

- Die vorliegende Erfindung umfasst zusätzlich zu der Verdichtung eines Druckstickstoffprodukts immer auch die besonders vorteilhafte Ausbalancierung der überschüssigen Kälteleistung im gesamten Prozess und der Leistung des eingesetzten Boosters bzw. Verdichters. Dies wird dadurch erreicht, dass neben der jeweiligen
25 Produktmenge auch eine bestimmte zusätzliche Menge an Druckstickstoff aus der Hochdrucksäule mitverdichtet und anschließend als zusätzlicher Drosselstrom im Hauptwärmetauscher verwendet wird. Eine entsprechende zusätzliche Menge an Druckstickstoff wird also im Rahmen der vorliegenden Erfindung im Hauptwärmetauscher zumindest teilweise verflüssigt und wieder in die
30 Hochdrucksäule, eingespeist. Eine entsprechende zusätzliche Menge wird also dem Hauptwärmetauscher wieder zugeführt und muss daher auf einer geeigneten Temperatur bereitgestellt werden. Dies wird durch den Einsatz des erfindungsgemäß betriebenen Boosters auch ohne die Verwendung eines Nachkühlers möglich.

Die zusätzlich zu der wärmeren Verdichtung des Druckstickstoffprodukts vorgenommene Bildung des zusätzlichen Drosselstroms führt im Vergleich zu einer Warmverdichtung von Stickstoff ohne Bildung eines entsprechenden zusätzlichen Drosselstroms in einem ansonsten energetisch optimierten Verfahren (nachfolgend als "Verfahren mit herkömmlicher Warmverdichtung" bezeichnet) zu deutlichen Vorteilen. Es werde für den Vergleich beispielsweise von einem Anwendungsfall ausgegangen, in dem in einem entsprechenden Verfahren ca. 49 600 Normkubikmeter pro Stunde innenverdichteter gasförmiger Sauerstoff (GOXIC) bei 30 bar (abs.), ca. 9 000 Normkubikmeter pro Stunde gasförmiger Druckstickstoff (GAN) bei 9 bar (abs.), ca. 9 500 Normkubikmeter pro Stunde Flüssigstickstoff (LIN), ca. 3 350 Normkubikmeter pro Stunde Flüssigsauerstoff (LOX) und ca. 1 980 Normkubikmeter pro Stunde Flüssigargon (LAR) produziert werden. In diesem Fall ergibt sich in der vorteilhaften Ausgestaltung ein kF-Wert von 3 830 kW/K. In dem Verfahren mit herkömmlicher Warmverdichtung liegt der kF-Wert um 230 kW/K darunter, beträgt also 94% des Werts in der vorteilhaften Ausgestaltung. Der minimale Temperaturdifferenz im Wärmetauscher liegt aber in beiden Fällen bei 1,0 K (gemäß Grenzbedingungen für Prozessoptimierung). Der Energieverbrauch ergibt sich in der vorteilhaften Ausgestaltung zu ca. 32 490 kW. In dem Verfahren mit herkömmlicher Warmverdichtung liegt der Energieverbrauch um ca. 130 kW höher, beträgt also 100,4% des Werts in der vorteilhaften Ausgestaltung. In der vorteilhaften Ausgestaltung können ca. 1 993 Normkubikmeter pro Stunde Argonprodukt bereitgestellt werden. In dem Verfahren mit herkömmlicher Warmverdichtung liegt dieser Wert um 15 Normkubikmeter pro Stunde niedriger (relevant für Märkte mit hohem Bedarf an Argon).

Durch geringere Energieaufnahme sowie Verbesserung in der Argonausbeute ergeben sich auf diese Weise ein Kostenvorteil (gemäß einer "Total cost of Ownership"-Analyse mit Einbeziehung von verschiedenen Bewertungs- und Investzahlen für i.d.R. 15 Jahre Anlagenbetrieb) von einigen 100 000 Euro. Noch nicht betrachtet ist dabei der Unterschied im Wirkungsgrad des verwendeten Boosters. Bei der Verdichtung des zusätzlichen Drosselstroms zusätzlich zu dem Druckstickstoffprodukt werden in einem entsprechenden Booster größere Stoffmengen verdichtet als bei einer Verdichtung des Druckstickstoffprodukts alleine. Bei höherem Durchsatz steigt der Wirkungsgrad einer entsprechenden Maschine an.

Ein verbessertes Q-T-Profil, wie es sich in der zweiten Alternative erzielen lässt, führt sinngemäß zu einem größeren Wärmetauscher. Eine berechnete Vergrößerung des kF-Werts um ca. 6% (siehe oben). Dieser Nachteil wird durch die erläuterten Betriebskostenvorteile überkompensiert.

5

Die vorliegende Erfindung schafft insgesamt auch in Fällen, in denen ein Einsatz eines klassischen Kaltboosters nicht sinnvoll oder vorteilhaft ist, ein kostengünstiges und gleichwohl effizientes HAP-Verfahren. Eine wichtige zusätzliche Leistung der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines geeigneten Konzeptes zur

10

Deckung von Peakverbräuchen eines Druckstickstoffprodukts der nachfolgend erläuterten Art. Entsprechende Peakverbräuche können ausgesprochen hoch sein (beispielsweise um den Faktor 2 bis 5 höher als ein kontinuierlicher Verbrauch).

Oftmals werden entsprechende Peaks gemäß dem Stand der Technik mit Hilfe eines Backupsystems durch Verdampfen von kryogener Flüssigkeit (LIN) abgedeckt, was

15

jedoch ineffizient und kostenaufwendig ist. Mit der gemäß der vorliegenden Erfindung vorgeschlagenen Verschaltung kann dieses Problem deutlich abgemildert werden.

Dies kann dadurch erfolgen, dass die Menge des hier gebildeten und mitverdichteten Stickstoffdrosselstroms bei einem auftretenden Verbrauchspeak stattdessen mit als Produkt ausgeführt und die Menge der zu verdampfenden Flüssigkeit damit stark

20

reduziert wird. Für die Luftzerlegungsanlage hat dies an sich keine großen Konsequenzen, da der Betrieb der Anlage zumindest in den Zeiten des Peakverbrauchs auch ohne den Stickstoffdrosselstrom mit etwas reduzierter Flüssigproduktion möglich ist.

25

Die vorliegende Erfindung ist grundsätzlich bei einer Vielzahl von Hochluftdruckverfahren sowie bei allen möglichen Ausführungen des Rektifikationsteils (mit oder ohne Argonproduktion, Dreisäulenverfahren etc.) anwendbar. Der zur Verdichtung des Stickstoffs bzw. eines stickstoffreichen Fluids aus der Hochdrucksäule verwendete Booster bzw. Verdichter kann mehrstufig (für deutlich

30 höhere Enddrücke) ausgeführt werden. Der erläuterte Stickstoffdrosselstrom kann dabei nach der ersten Stufe entnommen werden. Ausführungsformen mit deutlich höheren Drücken sind ebenfalls vorstellbar.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird durch die benötigte höhere

35

Flüssigproduktion auf Kaltbooster verzichtet und das Q-T-Profil im Wärmetauscher

durch einen zusätzlichen Drosselstrom verbessert. Der Einsatz eines zusätzlichen Stickstoff-Drosselstroms wirkt sich auch positiv auf die Produktausbeute aus, da auf diese Weise weniger Luft vorverflüssigt wird (anstelle von Einsatzluft wird Druckstickstoff aus der Hochdrucksäule verflüssigt).

5

Von Bedeutung ist dabei auch eine entsprechende Anpassung der Rektifikation, wie sie unten nochmals erwähnt wird. Um mehr Druckstickstoff aus der Drucksäule ohne die Verschlechterung der Argon-Ausbeute entnehmen zu können, sollte die Niederdrucksäule argonoptimiert, also mit einem zusätzlichen Rektifikationsabschnitt
10 zwischen den Einspeisestellen der Argonkondensatoren ausgeführt werden, wenn beispielsweise Roh- und Reinargonsäulen oder Argonausschleussäulen verwendet werden. Die Menge des zusätzlichen Stickstoff-Drosselstroms stellt dabei einen Optimierungsparameter dar. Sämtlicher Stickstoff, der der Hochdrucksäule entnommen und weder kondensiert und als Rücklauf in diese zurückgeführt noch kondensiert und
15 als flüssiger Rücklauf auf die Niederdrucksäule verwendet wird (wie vorliegend der Fall), beeinträchtigt grundsätzlich die Trennung in der Niederdrucksäule, weil er dort nicht mehr als Rücklauf zur Verfügung steht.

Insgesamt schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Gewinnung eines oder
20 mehrerer Luftprodukte unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage mit einem Rektifikationssäulensystem vor, das eine Hochdrucksäule und eine Niederdrucksäule umfasst, und die ferner mit einem Hauptwärmetauscher und einem Hauptluftverdichter ausgestattet ist. Wie bereits erwähnt, kommt die vorliegende Erfindung in Zusammenhang mit einem Hochluftdruck-Verfahren zum Einsatz, es wird also die
25 gesamte, dem Rektifikationssäulensystem zugeführte Luft in dem Hauptluftverdichter auf ein erstes Druckniveau verdichtet und die Hochdrucksäule wird auf einem zweiten Druckniveau betrieben, das mindestens 3 bar unterhalb des ersten Druckniveaus liegt. Für weitere typische Druckunterschiede sei auf die Erläuterungen in der Einleitung ausdrücklich verwiesen.

30

Ferner wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung, wie grundsätzlich bekannt, der Hochdrucksäule auf dem zweiten Druckniveau ein gasförmiges, stickstoffreiches Fluid, beispielsweise mit einem Stickstoffgehalt von mindestens 75%, 80%, 85%, 90%, 95% oder 99%, entnommen und ohne eine vorherige Verflüssigung im gasförmigen Zustand
35 erwärmt. Bei diesem Fluid handelt es sich in herkömmlichen Luftzerlegungsanlagen

um Druckstickstoff, der als Verfahrensprodukt der Luftzerlegungsanlage entzogen werden soll. Herkömmlicherweise erfolgt eine vollständige Anwärmung eines derartigen stickstoffreichen Fluids in dem Hauptwärmetauscher und eine anschließende Abgabe als ein entsprechendes Produkt. Ist hier davon die Rede, dass ein entsprechendes Fluid "ohne eine vorherige Verflüssigung" in gasförmigem Zustand erwärmt wird, sei hierunter verstanden, dass es sich bei einem entsprechenden Fluid nicht um solchen Stickstoff handelt, der aus der Hochdrucksäule entnommen, in einem die Hoch- und die Niederdrucksäule wärmetauschend verbindenden Hauptkondensator verflüssigt und anschließend beispielsweise auf die Hochdrucksäule zurückgeführt bzw. in die Niederdrucksäule eingespeist wird. Auch derartiges Fluid kann grundsätzlich angewärmt werden oder beispielsweise zur Bereitstellung von Flüssigstickstoff dienen. Entsprechende Fluide können auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung (jedoch zusätzlich zu dem ohne vorherige Verflüssigung in gasförmigem Zustand erwärmten Fluid) eingesetzt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist dabei vorgesehen, eine erste Teilmenge des gasförmigen, stickstoffreichen Fluids auf ein erstes Temperaturniveau von -50 bis 0 °C, insbesondere -50 bis -20 °C, weiter insbesondere -45 bis -35 °C, beispielsweise ca. -40 °C, zu erwärmen, auf diesem ersten Temperaturniveau einen Booster zuzuführen, und unter Verwendung des Boosters weiter auf ein drittes Druckniveau zu verdichten. Bei dem Booster handelt es sich aufgrund des ersten Temperaturniveaus, auf dem das gasförmige, stickstoffreiche Fluid bzw. die erste Teilmenge dieses Fluids dem Booster zugeführt werden, im Rahmen der vorliegenden Erfindung nicht um einen "Kaltbooster" im oben erläuterten Sinn. Der Booster kann als ein Turbinenbooster oder als ein mittels externer Energie angetriebener Booster ausgebildet sein, wie bereits erläutert. Die Vorteile wurden ebenfalls bereits zuvor erwähnt.

Das dritte Druckniveau liegt im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere auf einem Druckniveau, auf dem ein entsprechendes Stickstoffprodukt abgegeben werden soll, etwa auf einem Druck von 8 bis 12 bar, insbesondere von 9 bis 11 bar, beispielsweise ca. 10 oder 9 bar (abs.). Bei einem derartigen Druckniveau handelt es sich also um den Abgabedruck eines entsprechenden stickstoffreichen Druckprodukts.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist ferner vorgesehen, die erste Teilmenge dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage auszuleiten. Die entsprechende erste Teilmenge wird also als Druckprodukt bereitgestellt.

- 5 Ferner ist gemäß der vorliegenden Erfindung stets vorgesehen, eine zweite Teilmenge des gasförmigen, stickstoffreichen Fluids zusammen mit der zuvor bereits erwähnten ersten Teilmenge ebenfalls auf das erste Temperaturniveau zu erwärmen, auf diesem ersten Temperaturniveau dem Booster zuzuführen, und unter Verwendung des Boosters weiter auf das dritte Druckniveau zu verdichten. Ferner ist erfindungsgemäß
10 vorgesehen, die zweite Teilmenge nach der Verdichtung auf das dritte Druckniveau zumindest zeitweise auf ein zweites Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus abzukühlen, anschließend auf das zweite Druckniveau zu entspannen, und wieder die Hochdrucksäule zurückzuführen. Dies entspricht der oben erläuterten Bildung eines weiteren Drosselstroms und führt zu den dort weiter
15 erläuterten spezifischen Vorteilen.

- Die zweite Teilmenge wird dabei bei der Abkühlung auf das dritte Temperaturniveau insbesondere zumindest teilweise verflüssigt bzw. aus dem überkritischen Zustand in den flüssigen Zustand überführt. Es wird also in diesem Fall, wie erwähnt, eine
20 Teilmenge (nämlich die zweite Teilmenge) des in dem Booster verdichteten Druckstickstoffs als weiterer Drosselstrom eingesetzt. Bei dem zweiten Temperaturniveau kann es sich um ein Temperaturniveau von -180 bis -165 °C, insbesondere von -177 bis -167 °C, beispielsweise -172 °C, handeln.

- 25 Die zweite Teilmenge wird dabei der Abkühlung auf das zweite Temperaturniveau vorteilhafterweise auf einem Temperaturniveau zugeführt, das zumindest bei dem Temperaturniveau liegt, auf dem die zweite Teilmenge dem Booster entnommen wird. Das Temperaturniveau, auf dem die zweite Teilmenge der Abkühlung zugeführt wird, ist also in diesem Fall gleich wie oder höher als das Temperaturniveau, auf dem die
30 zweite Teilmenge dem Booster entnommen wird. Mit anderen Worten wird in dieser vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kein Nachkühler verwendet. Die Abkühlung auf das zweite Temperaturniveau erfolgt vorteilhafterweise im Hauptwärmetauscher. Das Temperaturniveau der Entnahme der zweiten Teilmenge aus dem Booster und das Temperaturniveau der Einspeisung der zweiten Teilmenge in den
35 Hauptwärmetauscher liegen vorteilhafterweise bei einem Temperaturniveau, bei dem

auch Einsatzluft dem Hauptwärmetauscher zugeführt wird, bzw. einem wärmsten Temperaturniveau, das in dem Hauptwärmetauscher vorliegt. Durch die Einsparung eines Nachkühlers ergeben sich eine einfachere Erstellung einer entsprechenden Anlage und ggf. ein geringerer Kälteverlust.

5

Zur Deckung der erläuterten Peakverbräuche kann in der vorliegenden Erfindung insbesondere die zweite Teilmenge nach der Verdichtung auf das dritte Druckniveau in einem ersten Zeitraum (wenn kein Peakverbrauch vorliegt) wie erläutert zur Bildung des weiteren Drosselstroms auf das zweite Temperaturniveau unterhalb des ersten
10 Temperaturniveaus abgekühlt, anschließend auf das zweite Druckniveau entspannt, und wieder in die Hochdrucksäule zurückgeführt werden. In einem zweiten, nicht mit dem ersten Zeitraum überlappenden Zeitraum (wenn ein entsprechender Peakverbrauch vorliegt) kann der zweite Anteil stattdessen zumindest zum Teil zusammen mit der ersten Teilmenge dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage
15 ausgeleitet werden. Vorteile wurden bereits erläutert.

Wie erläutert, eignet sich die vorliegende Erfindung insbesondere dann, wenn mittels eines entsprechenden Verfahrens bzw. einer entsprechenden Anlage vergleichsweise große Mengen an flüssigen Luftprodukten bereitgestellt werden sollen und gleichzeitig
20 ein Sauerstoff-Innenverdichtungsprodukt bereitgestellt wird. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden daher vorteilhafterweise ein oder mehrere flüssige Luftprodukte in flüssigem Zustand dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet. Diese flüssigen Luftprodukte umfassen insbesondere flüssigen Sauerstoff, flüssigen Stickstoff und flüssiges Argon bzw. Fluide, die im oben erläuterten Sinn reich an diesen
25 Komponenten sind. Nicht alle diese flüssigen Luftprodukte müssen im Rahmen der vorliegenden Erfindung bereitgestellt und dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet werden. Ferner werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung dem Destillationssäulensystem eine oder mehrere sauerstoffreiche Flüssigkeiten entnommen, in flüssigem Zustand druckerhöht, durch Erwärmen in den gasförmigen
30 oder überkritischen Zustand überführt, und ebenfalls dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung beträgt eine Äquivalenzmenge sämtlicher der dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleiteten flüssigen Luftprodukte 20 bis 40 Molprozent, insbesondere 25 bis 35 Molprozent, der Gesamtmenge der einen oder der mehreren sauerstoffreichen
35 Flüssigkeiten, die dem Destillationssäulensystem entnommen, in flüssigem Zustand

druckerhöht, durch Erwärmen in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt, und dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet wird oder werden. Die Äquivalenzmenge bestimmt sich, soweit jeweils vorhanden, aus einer Gesamtmenge in flüssigem Zustand dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleiteter stickstoffreicher Luftprodukte zuzüglich dem 1,08-fachen der Gesamtmenge in flüssigem Zustand dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleiteter sauerstoffreicher Luftprodukte zuzüglich dem 1,08-fachen der Gesamtmenge in flüssigem Zustand dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleiteter argonreicher Luftprodukte.

10

Es ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ferner auch möglich, eine dritte Teilmenge des stickstoffreichen Fluids ohne Verdichtung auf das dritte Druckniveau auf das erste Temperaturniveau zu erwärmen und dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage auszuleiten. Entsprechender Stickstoff kann beispielsweise in Form von sogenanntem Sealgas bzw. als ein Stickstoffprodukt auf geringerem Druckniveau bereitgestellt werden. Die erste, die zweite und die dritte Teilmenge bilden vorzugsweise gemeinsam die Gesamtmenge des der Hochdrucksäule entnommenen und nicht verflüssigten stickstoffreichen Fluids.

15

Besonders vorteilhaft ist es, wenn im Rahmen der vorliegenden Erfindung die erste und die zweite Teilmenge unter Verwendung des Hauptwärmetauschers auf das erste Temperaturniveau erwärmt werden und/oder wenn die zweite Teilmenge unter Verwendung des Hauptwärmetauschers auf das zweite Temperaturniveau abgekühlt wird. Wie bereits erläutert, kann auf diese Weise das Q-T-Profil im Hauptwärmetauschers auf besonders günstige Weise beeinflusst werden.

20

25

Der zur Verdichtung des Stickstoffstroms, also der ersten und zweiten Teilmenge eingesetzte Booster ist in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung, wie erwähnt, mit einer Entspannungsturbine gekoppelt, stellt also einen Turbinenbooster dar. Hierbei ist es besonders vorteilhaft, wenn in der mit dem Booster gekoppelten Entspannungsturbine ein Teil der dem Rektifikationssäulensystem zugeführten Luft auf das zweite Druckniveau entspannt wird, welcher zuvor unter Verwendung des Hauptluftverdichters auf ein drittes Temperaturniveau abgekühlt wurde und welcher anschließend in die Hochdrucksäule eingespeist wird. Das dritte Temperaturniveau

30

kann dabei bei -170 bis -120 °C, insbesondere bei -160 bis -130 °C, beispielsweise -149 °C, liegen.

Die Entspannung eines Teils der dem Rektifikationssystem zugeführten Luft in einer
5 Entspannungsturbine zwecks Antreiben des Boosters kann prinzipiell auch auf etwa
das Druckniveau der Niederdrucksäule mit anschließender Einspeisung dieses
Stromes in die Niederdrucksäule erfolgen. In bestimmten Fällen kann es außerdem
sinnvoll sein, einen weiteren Stickstoffstrom auf dem zweiten Druckniveau der
Hochdrucksäule zu entnehmen, auf ein bestimmtes Temperaturniveau im
10 Wärmetauscher anzuwärmen und zwecks Antriebs des Boosters in einer
Entspannungsturbine zu entspannen.

Alternativ dazu kann der Booster auch unter Verwendung von externer Energie, also
nicht in Form von Energie, die in einem in der Luftzerlegungsanlage bereitgestellten
15 Prozessstrom gespeichert ist, angetrieben werden. Insbesondere kann für den Antrieb
des Boosters ein Elektromotor eingesetzt werden.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn die zweite Teilmenge einen Anteil, insbesondere
einen normierten Mengenanteil, beispielsweise ausgedrückt in Normkubikmetern pro
20 Stunde, von 0 bis 60%, insbesondere von 10 bis 50%, des der Hochdrucksäule auf
dem zweiten Druckniveau entnommenen und ohne vorherige Verflüssigung in
gasförmigem Zustand erwärmten gasförmigen stickstoffreichen Fluids umfasst. Auf
diese Weise kann die Kapazität einer entsprechenden Anlage, wie erwähnt, nahezu
vollständig ausgenutzt werden.

25 Besonders vorteilhaft ist es, wenn ein Teil der Luft, die dem Rektifikationssäulensystem
zugeführt wird, in einem weiteren Booster von dem ersten Druckniveau auf ein viertes
Druckniveau von 22 bis 32 bar, insbesondere von 24 bis 30 bar, beispielsweise 27 bar,
verdichtet, unter Verwendung des Hauptwärmetauschers auf ein viertes
30 Temperaturniveau abgekühlt, in einer mit dem weiteren Booster mechanisch
gekoppelten Entspannungsturbine auf das zweite Druckniveau entspannt, und
anschließend in die Hochdrucksäule eingespeist wird. Ein derartiges Vorgehen unter
Verwendung eines klassischen warmen Boosters kann dabei grundsätzlich dem Stand
der Technik entsprechen und unterstützt die im Rahmen der vorliegenden Erfindung
35 erzielbaren Vorteile.

Bei einer derartigen Ausgestaltung erweist es sich als besonders vorteilhaft, wenn ein Teil der Luft, die dem Rektifikationssäulensystem zugeführt wird, in dem weiteren Booster von dem ersten Druckniveau auf das vierte Druckniveau verdichtet, unter
5 Verwendung des Hauptwärmetauschers auf ein fünftes Temperaturniveau, das beispielsweise bei -165 bis -115 °C, insbesondere bei -150 bis -130 °C, beispielsweise -141 °C, liegt, abgekühlt, auf das zweite Druckniveau entspannt, und anschließend in die Hochdrucksäule eingespeist wird. Auch hierdurch lassen sich die im Rahmen der vorliegenden Erfindung erzielbaren Vorteile nochmals vergrößern.
10 Besondere Vorteile werden auch erzielt, wenn ein Teil der Luft, die dem Rektifikationssäulensystem flüssig zugeführt wird, auf dem ersten Druckniveau unter Verwendung des Hauptwärmetauschers abgekühlt, von dem ersten Druckniveau auf das zweite Druckniveau entspannt, und anschließend in die Hochdrucksäule eingespeist wird. Zu den besonderen Vorteilen einer derartigen Ausgestaltung sei auf
15 die obigen Erläuterungen verwiesen.

Insbesondere umfasst im Rahmen der vorliegenden Erfindung das Rektifikationssäulensystem wenigstens eine Rektifikationssäule, in welche ein gegenüber einer Sumpfflüssigkeit der Hochdrucksäule an Argon angereichertes erstes
20 Fluid aus der Niederdrucksäule überführt wird, und in der das erste Fluid an Argon abgereichert wird. Ein nach der Abreicherung an Argon verbleibender Rest des ersten Fluids wird dabei in Form eines zweiten Fluids in die Niederdrucksäule zurückgeführt. Die "Abreicherung" an Argon bezieht sich dabei auf den Rest des Fluids, der in die Niederdrucksäule zurückgeführt wird. Ein Kopfgas der Rektifikationssäule, in die das
25 erste Fluid überführt wird, ist dagegen gegenüber dem ersten Fluid an Argon weiter angereichert. Die vorliegende Erfindung kann dabei grundsätzlich unter Verwendung von bekannten Roh- und ggf. Reinargonsäulen zum Einsatz kommen, es ist jedoch auch eine reine Argonausschleusung ohne Gewinnung eines Argonprodukts unter Verwendung von sogenannten Argonausschleussäulen möglich.

30 Der vorteilhafte Effekt der damit erzielten Argonausschleusung aus dem in der Niederdrucksäule getrennten Fluid ist darauf zurückzuführen, dass die Sauerstoff-Argon-Trennung für die ausgeschleuste Argonmenge in der Niederdrucksäule nicht mehr erforderlich ist. Das Abtrennen des Argons vom Sauerstoff in der
35 Niederdrucksäule selbst ist grundsätzlich aufwendig und verlangt nach einer

entsprechenden "Heiz"-Leistung des Hauptkondensators. Wird Argon ausgeschleust und unterbleibt damit die Sauerstoff-Argon-Trennung oder wird diese beispielsweise in eine Rohargonsäule oder Argonausschleussäule verlagert, muss die entsprechende Argonmenge nicht mehr im Sauerstoffabschnitt der Niederdrucksäule abgetrennt werden und die Heizleistung des Hauptkondensators kann reduziert werden. Daher kann, bei gleichbleibender Ausbeute an Sauerstoff, mehr Druckstickstoff aus der Hochdrucksäule entnommen werden, was im Rahmen der vorliegenden Erfindung gerade angestrebt wird.

10 In einer herkömmlichen Rohargonsäule kann Rohargon gewonnen und in einer nachgeschalteten Reinargonsäule zu einem Argonprodukt aufbereitet werden. Eine Argonausschleussäule dient hingegen vornehmlich zur Argonausschleusung zu dem oben erläuterten Zweck. Grundsätzlich kann unter einer "Argonausschleussäule" eine Trennsäule zur Argon-Sauerstoff-Trennung verstanden werden, die nicht zur Gewinnung eines reinen Argonprodukts, sondern zur Ausschleusung von Argon der in Hochdrucksäule und Niederdrucksäule zu zerlegenden Luft dient. Ihre Schaltung unterscheidet sich nur wenig von der einer klassischen Rohargonsäule, allerdings enthält sie deutlich weniger theoretische Böden, nämlich weniger als 40, insbesondere zwischen 15 und 30. Wie eine Rohargonsäule ist der Sumpfbereich einer Argonausschleussäule mit einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule verbunden und die Argonausschleussäule wird durch einen Kopfkondensator gekühlt, auf dessen Verdampfungsseite typischerweise entspannte Sumpfflüssigkeit aus der Hochdrucksäule eingeleitet wird. Eine Argonausschleussäule weist typischerweise keinen Sumpfverdampfer auf.

25 Hierbei ist es besonders vorteilhaft, wenn eine Roh- und eine Reinargonsäule eingesetzt werden, die jeweils mit einem Kopfkondensator betrieben werden, in welchen sauerstoffangereicherte Flüssigkeit aus dem Sumpf der Hochdrucksäule, die insbesondere zuvor durch einen Unterkühlungsgegenströmer geführt wird, teilweise verdampft wird. Ein nicht verdampfter Anteil wird dabei jeweils flüssig in die Niederdrucksäule eingespeist. Die Einspeisung des nicht verdampften Anteils aus dem Kopfkondensator der Reinargonsäule erfolgt dabei vorteilhafterweise 5 bis 15 theoretische Trennstufen oberhalb der Einspeisung des nicht verdampften Anteils aus dem Kopfkondensator der Rohargonsäule und letztere nochmals oberhalb der Entnahme des ersten und der Rückspeisung des zweiten Fluids. Auf diese Weise kann

eine "argonoptimierte" Trennung erzielt werden, die eine entsprechende Entnahme größerer Menge stickstoffreichen Fluids aus der Hochdrucksäule ermöglicht.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen

5 Verfahrens wird zumindest zeitweise eine Teilmenge der zumindest in dem Hauptluftverdichter verdichteten Luft als Rückführmenge abgekühlt, arbeitsleistend entspannt, wieder erwärmt und in den Hauptluftverdichter zurückgeführt. Die Rückführmenge kann auch weiter verdichtet werden, insbesondere in einem der erläuterten Booster. Die arbeitsleistende Entspannung kann insbesondere in einem der
10 zuvor erläuterten Entspannungsturbinen erfolgen. Zur Abkühlung wird insbesondere der Hauptwärmetauscher der Luftzerlegungsanlage verwendet, welchem die Rückführmenge zusammen mit weiterer Luft insbesondere auf einem Zwischentemperaturniveau, also einem Temperaturniveau zwischen dem warmen und dem kalten Ende, entnommen werden kann.

15

Durch die soeben erläuterte besonders bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann insbesondere dessen Flexibilität für Betriebsfälle mit stark variabler Gasproduktion und relativ konstanter Flüssigproduktion erhöht werden. Die zuletzt erläuterten Maßnahmen erhöhen also insbesondere mit den weiter
20 oben erläuterten Maßnahmen die Flexibilität, wobei die zuletzt erläuterten Maßnahmen insbesondere dann von Vorteil sind, wenn nur geringe Anforderungen an die Gasproduktion vorliegen. Die zuletzt erläuterten Maßnahmen erlauben es, die typischerweise bei Hochluftdruck-Verfahren gegebene enge Verknüpfung zwischen Rektifikation und Kälteerzeugung bis zu einem gewissen Grad aufzuheben.

25 Gewährleistet wird dies im Grunde dadurch, dass die zur Herstellung von geforderten Flüssigprodukten erforderliche Kälte unabhängig zu der Entspannung der zur Rektifikation erforderlichen Luftmenge erzeugt werden kann. Auf diese Weise kann der Hauptluftverdichter auch in Betriebsfällen mit sehr geringer Gasproduktion einerseits und auslegungskonformer Flüssigproduktion noch sicher im Kennfeld betrieben
30 werden, da eine übermäßige Druckerhöhung hierbei nicht notwendig ist.

Insbesondere kann in der soeben erläuterten besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Rückführmenge zusammen mit weiterer in dem Hauptluftverdichter verdichteter Luft abgekühlt, auf das zweite Druckniveau
35 arbeitsleistend entspannt und in die Hochdrucksäule eingespeist werden, wobei die

Rückführmenge der Hochdrucksäule ohne die weitere Luft entnommen, wieder erwärmt und auf dem zweiten Druckniveau in den Hauptluftverdichter zurückgeführt wird. Hierbei wird insbesondere eine Rückführungsleitung zum Hauptluftverdichter zum Einspeisen der Rückführmenge bereitgestellt. Diese kann insbesondere stromab der
5 zweiten oder der dritten Verdichterstufe des Hauptluftverdichters in diesen münden.

Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Anlage zur Gewinnung eines oder mehrerer Luftprodukte, bezüglich deren Merkmalen auf den entsprechenden unabhängigen Patentanspruch verwiesen wird.

10

Zu Merkmalen und Vorteilen der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Luftzerlegungsanlage sei auf die obigen Erläuterungen bezüglich des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens ausdrücklich verwiesen.

Entsprechendes gilt auch für eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer besonders
15 bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die zur Durchführung eines Verfahrens eingerichtet ist, wie es zuvor ausführlich erläutert wurde, und hierzu entsprechende Mittel aufweist.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen
20 näher erläutert, die bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung veranschaulichen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

25 Figur 1 zeigt eine nicht erfindungsgemäße Luftzerlegungsanlage in schematischer Darstellung.

Figur 2 zeigt eine nicht erfindungsgemäße Luftzerlegungsanlage in schematischer
30 Darstellung.

Figur 3 zeigt eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in schematischer Darstellung.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

35

In Figur 1 ist eine nicht erfindungsgemäße Luftzerlegungsanlage in vereinfachter, schematischer Darstellung gezeigt und mit 100 bezeichnet.

In der Luftzerlegungsanlage 100 wird ein Einsatzluftstrom a (AIR) mittels eines Hauptluftverdichters 1 über ein Filter 2 angesaugt und auf ein Druckniveau verdichtet, das hier als erstes Druckniveau bezeichnet wird. Der Hauptluftverdichter 1 kann insbesondere mehrstufig mit Zwischenkühlung ausgebildet sein. Ein dem Hauptluftverdichter 1 zugeordneter Kühler ist stellvertretend für mehrere entsprechender Kühler gezeigt und mit 3 bezeichnet.

Das in der Luftzerlegungsanlage 100 durchgeführte Luftzerlegungsverfahren ist ein oben erläutertes Hochluftdruck-Verfahren, so dass das erste Druckniveau zumindest 3 bar oberhalb eines Druckniveaus liegt, auf dem eine Hochdrucksäule 14 eines Rektifikationssäulensystems (siehe unten) der Luftzerlegungsanlage 100 betrieben wird, und das hier als zweites Druckniveau bezeichnet wird.

Die gesamte, dem Rektifikationssäulensystem zugeführte Luftmenge, die auf das erste Druckniveau verdichtet wird, wird hier als Einsatzluftmenge bezeichnet. Diese Einsatzluftmenge wird in Form des Einsatzluftstroms a zunächst in einer Kühlreinrichtung 4 gekühlt und anschließend in einer Adsorptionseinrichtung 5 zumindest weitgehend von Wasser und Kohlendioxid befreit. Bezüglich der Funktionsweise der Kühlreinrichtung 4 und der Adsorptionseinrichtung 5 sei auf Fachliteratur wie Häring (s.o.) verwiesen. Die Kühleinrichtung 4 wird in der dargestellten Weise mit Kühlwasser (H₂O) betrieben. Die Adsorptionseinrichtung 5 wird mit Regeneriergas regeneriert, das nach seiner Verwendung beispielsweise an die Atmosphäre (ATM) abgegeben werden kann. Der gekühlte und aufgereinigte Einsatzluftstrom a, der besseren Unterscheidbarkeit halber nun mit b bezeichnet, wird zunächst in zwei Teilströme c und d aufgeteilt.

Der Teilstrom c wird in einem Booster 6, der mechanisch mit einer Entspannungsturbine 7 gekoppelt ist, auf ein Druckniveau oberhalb des ersten Druckniveaus gebracht und nach Kühlung in einem Nachkühler 8 einem Hauptwärmetauscher 9 der Luftzerlegungsanlage 100 zugeführt. Da der Teilstrom c dem Booster 6 bei Umgebungstemperatur oder darüber, jedenfalls aber auf einem Temperaturniveau oberhalb von 0 °C, zugeführt wird, wird er auch als Warmbooster

bezeichnet. Ein Teilstrom e des Teilstroms c wird dem Hauptwärmetauscher 9 auf einem Zwischentemperaturniveau entnommen, in der Entspannungsturbine 7 entspannt und in zumindest teilweise gasförmigem Zustand die Hochdrucksäule 14 eingespeist. Ein Teilstrom f des Teilstroms d wird dem Hauptwärmetauscher 9
5 kaltseitig entnommen und über eine Drossel 10 in flüssigem Zustand in die Hochdrucksäule 14 eingespeist. Bei dem Teilstrom f handelt es sich also um einen ersten Drosselstrom.

Der Teilstrom d wird ohne weitere Aufteilung in zwei Teilströme dem
10 Hauptwärmetauscher 9 der Luftzerlegungsanlage 100 zugeführt. Der Teilstrom d wird dem Hauptwärmetauscher 9 kaltseitig entnommen und über eine Drossel 13 in flüssigem Zustand in die Hochdrucksäule 14 eingespeist. Er wird dabei zuvor mit dem Teilstrom f vereinigt oder direkt in die Hochdrucksäule 14 eingespeist. Bei dem Teilstrom d handelt es sich also um einen zweiten Drosselstrom.

15 Der Betrieb des Rektifikationssäulensystems, das in der Luftzerlegungsanlage 100 die bereits erwähnte Hochdrucksäule 14, eine Niederdrucksäule 15, eine Rohargonsäule 16 und eine Reinargonsäule 17 umfasst, kann grundsätzlich der eingangs zitierten Fachliteratur entnommen werden.

20 Die Luftzerlegungsanlage 100 ist zur Innenverdichtung eingerichtet. Im dargestellten Beispiel wird hierzu der Niederdrucksäule 15 ein sauerstoffreiches Sumpfprodukt in Form eines Stoffstroms i flüssig entnommen, in einer Innenverdichtungspumpe 18 auf ca. 30 bar(a) oder auf ein höheres, beispielsweise auf ein überkritisches, Druckniveau
25 gebracht, zu einem Anteil in Form eines Stoffstroms k bzw. zweier Teilströme des Stoffstroms k in dem Hauptwärmetauscher 9 verdampft bzw. vom flüssigen in den überkritischen Zustand überführt, und als innenverdichtete sauerstoffreiche Luftprodukte (GOX IC, GOX IC2) an der Anlagengrenze abgegeben. Ein weiterer Anteil des Stoffstroms i wird nach der Innenverdichtung in Form eines Stoffstroms l an die
30 Anlagengrenze geführt und dort als flüssiges Sauerstoffprodukt (LOX) abgegeben. Die Temperatur kann dabei durch ein teilweises Führen des Stoffstroms l durch einen Unterkühlungsgegenströmer 19 eingestellt werden. Ein weiteres, jedoch stickstoffreiches Innenverdichtungsprodukt (GANIC) wird dadurch gebildet, dass der Hochdrucksäule 14 ein Stoffstrom i' flüssig entnommen, mittels einer weiteren

Innenverdichtungspumpe 18' druckerhöht und im Hauptwärmetauscher 9 verdampft bzw. vom flüssigen in den überkritischen Zustand überführt wird.

Dem Sumpf der Hochdrucksäule 14 kann sauerstoffangereicherte Flüssigkeit in Form eines Stoffstroms m entnommen werden. Der Stoffstrom m kann durch den Unterkühlungsgegenströmer 19 geführt und anschließend anteilig in die jeweiligen Verdampfungsräume der Kopfkondensatoren der Rohargonsäule 16 und der Reinargonsäule 17 eingespeist werden. Diesen Verdampfungsräumen entnommene flüssige und gasförmige Anteile werden in die Niederdrucksäule 15 eingespeist.

Die Rohargonsäule 16 und die Reinargonsäule 17 werden in bekannter Weise betrieben. Insbesondere wird der Niederdrucksäule 15 an geeigneter Position ein argonangereichertes Fluid in Form eines Stoffstroms n entnommen und in der Rohargonsäule 16 an Sauerstoff abgereichert, der in die Niederdrucksäule 15 zurückgeführt wird. Stickstoffhaltiges Rohargon wird in Form eines Stoffstroms o in die Reinargonsäule überführt, wo insbesondere Stickstoff abgetrennt und an die Atmosphäre (ATM) abgegeben werden kann. Flüssiges Argon (LAR) kann als Produkt an der Anlagengrenze abgegeben werden.

Der Niederdrucksäule 15 kann kopfseitig Gas entnommen werden, das in Form eines Stoffstroms p durch den Unterkühlungsgegenströmer 19 und anschließend durch den Hauptwärmetauscher 9 geführt (siehe auch Verknüpfung A) und zum Teil nach einer Erwärmung in einer Heizeinrichtung 20 als das bereits erwähnte Regeneriergas in der Adsorptionseinrichtung 5 eingesetzt werden kann. Auch eine Abführung an die Atmosphäre (ATM), beispielsweise zu Zeiten, in denen kein Regeneriergas benötigt wird, ist grundsätzlich möglich. Von einem Boden in einem oberen Bereich der Niederdrucksäule 15 kann ein flüssiger, stickstoffreicher Stoffstrom q abgezogen und als flüssiges Produkt (LIN) an der Anlagengrenze abgegeben werden.

Flüssiglufte kann aus der Hochdrucksäule 14 in Form eines Stoffstroms r abgezogen, durch den Unterkühlungsgegenströmer 19 geführt und in die Niederdrucksäule 15 eingespeist werden. Vom Kopf der Hochdrucksäule 14 kann stickstoffreiches Gas in Form eines Stoffstroms s abgezogen werden. Dieses kann zu einem Teil in Form eines Stoffstroms t in einem die Hochdrucksäule 14 und die Niederdrucksäule 15 wärmetauschend verbindenden Hauptkondensator 21 verflüssigt und als Rücklauf auf

die Hochdrucksäule 14 verwendet sowie durch den Unterkühlungsgegenströmer 19 geführt und in die Niederdrucksäule 15 eingespeist werden.

Ein wesentlicher Aspekt der hier dargestellten Luftzerlegungsanlage besteht in der
5 Behandlung des nicht durch den Hauptkondensator 21 geführten Anteils des
Stoffstroms s. Dieser liegt, da er der Hochdrucksäule 14 entnommen wurde, auf deren
Druckniveau, dem zweiten Druckniveau, vor, und wird im dargestellten Beispiel in Form
eines Stoffstroms u dem Hauptwärmetauscher 9 kaltseitig zugeführt und warmseitig
entnommen.

10

Nach Erwärmung in dem Hauptwärmetauscher 9 auf ein hier als erstes
Temperaturniveau bezeichnetes Temperaturniveau wird der Stoffstrom u in einem
Booster 12 auf ein Druckniveau oberhalb des zweiten Druckniveaus gebracht, das hier
als drittes Druckniveau bezeichnet wird, und in einem Nachkühler 12' gekühlt. Ein
15 Teilstrom x des Teilstroms u wird wieder dem Hauptwärmetauscher 9 zugeführt,
diesem kaltseitig entnommen, also auf ein Temperaturniveau abgekühlt, das hier als
zweites Temperaturniveau bezeichnet wird, in flüssigem Zustand über eine Drossel 22
entspannt und in einen oberen Bereich der Hochdrucksäule 14 zurückgeführt. Bei dem
Teilstrom x handelt es sich also um einen weiteren Drosselstrom. Ein weiterer
20 Teilstrom y des Teilstroms u wird hingegen an der Anlagengrenze als gasförmiges
Druckstickstoffprodukt (PGAN) abgegeben.

Mit anderen Worten werden hier eine erste und eine zweite Teilmenge (die Stoffströme
x und y) eines stickstoffreichen Fluids (des Stoffstroms u) der Hochdrucksäule 15 auf
25 dem zweiten Druckniveau entnommen und unter Verwendung des
Hauptwärmetauschers 9 auf ein erstes Temperaturniveau erwärmt, auf diesem ersten
Temperaturniveau dem Booster 12 zugeführt, und unter Verwendung des Boosters 12
weiter auf das dritte Druckniveau verdichtet. Die erste Teilmenge, d.h. der Stoffstrom y,
wird nach der Verdichtung auf das dritte Druckniveau aus der Luftzerlegungsanlage
30 ausgeleitet. Die zweite Teilmenge, d.h. der Stoffstrom x, wird nach der Verdichtung auf
das dritte Druckniveau unter Verwendung des Hauptwärmetauschers 9 auf das zweite
Temperaturniveau abgekühlt, auf das zweite Druckniveau entspannt und in die
Hochdrucksäule 14 zurückgeführt.

Wie in Figur 1 ferner veranschaulicht, kann hier ferner einem unteren Bereich der Hochdrucksäule 14 ein Stoffstrom v (siehe auch Verknüpfung B in Figur 1) entnommen, in dem Hauptwärmetauscher 9 erwärmt und als Rückführmenge in den Hauptluftverdichter 2 zurückgeführt werden. Diese Rückführung ist optional und kann insbesondere auch auf Zeiträume hoher Verbräuche beschränkt werden. Weitere Details und Vorteile wurden bereits oben erläutert.

Figur 2 zeigt eine weitere nicht erfindungsgemäße Luftzerlegungsanlage in schematischer Darstellung, wobei auf eine Beschreibung bereits zu Figur 1 erläuterter Komponenten verzichtet wird. Diese sind auch nicht erneut mit Bezugszeichen versehen.

Der Teilstrom d wird hier im Gegensatz zu der Luftzerlegungsanlage 100 gemäß Figur 1 erneut in zwei Teilströme g und h aufgeteilt, die dem Hauptwärmetauscher 9 zugeführt werden. Der Teilstrom g wird dem Hauptwärmetauscher 9 auf einem Zwischentemperaturniveau entnommen, in einer Entspannungsturbine 11, die hier mit dem Booster 12 mechanisch gekoppelt ist, entspannt und in zumindest teilweise gasförmigem Zustand die Hochdrucksäule 14 eingespeist. Er wird dabei zuvor mit dem Teilstrom e vereinigt. Der Teilstrom h wird dem Hauptwärmetauscher 9 kaltseitig entnommen und über eine Drossel 13 in flüssigem Zustand in die Hochdrucksäule 14 eingespeist. Er wird dabei zuvor mit dem Teilstrom f vereinigt oder direkt in die Hochdrucksäule 14 eingespeist. Bei dem Teilstrom h handelt es sich also um einen zweiten Drosselstrom.

Figur 3 zeigt eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in schematischer Darstellung. Wiederum wurde auf eine Beschreibung bereits zu Figur 1 bzw. 2 erläuterter Komponenten verzichtet. Diese sind auch nicht erneut mit Bezugszeichen versehen.

Wie in Figur 3 veranschaulicht, kann auf einen Nachkühler 12' verzichtet werden, wenn, wie hier der Fall, der Stoffstrom u dem Hauptwärmetauscher 9 nicht vollständig warmseitig sondern auf einem Zwischentemperaturniveau bei ca. -40°C entnommen und auf diesem Temperaturniveau dem Booster 12 zugeführt wird. Dieses "erste Temperaturniveau" in der hier veranschaulichten Ausgestaltung der Erfindung liegt deutlich oberhalb eines entsprechenden Eintrittstemperaturniveaus eines Kaltboosters

in bekannten Verfahren und unter jenem eines klassischen Warmboosters. Auf die oben erläuterten Vorteile wird verwiesen. Es sei ausdrücklich betont, dass der Booster 12 abweichend zu der Darstellung in Figur 3 auch mit externer Energie, d.h. entsprechend Figur 1, angetrieben werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung eines oder mehrerer Luftprodukte unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage (100) mit einem Rektifikationssäulensystem (14–17), das eine Hochdrucksäule (14) und eine Niederdrucksäule (15) umfasst, sowie mit
5 einem Hauptwärmetauscher (9) und einem Hauptluftverdichter (1), bei dem

– die gesamte, dem Rektifikationssäulensystem (14–17) zugeführte Luft in dem Hauptluftverdichter (1) auf ein erstes Druckniveau verdichtet wird, wobei die Hochdrucksäule (15) auf einem zweiten Druckniveau betrieben wird, das
10 mindestens 3 bar unterhalb des ersten Druckniveaus liegt, und

– der Hochdrucksäule (15) auf dem zweiten Druckniveau ein gasförmiges stickstoffreiches Fluid entnommen und ohne eine vorherige Verflüssigung in gasförmigem Zustand erwärmt wird,
15

dadurch gekennzeichnet, dass

– eine erste Teilmenge des gasförmigen stickstoffreichen Fluids auf ein erstes Temperaturniveau von –50 bis 0 °C, erwärmt, auf diesem ersten
20 Temperaturniveau einem Booster (12) zugeführt, unter Verwendung des Boosters (12) weiter auf ein drittes Druckniveau verdichtet, und nach der Verdichtung auf das dritte Druckniveau dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleitet wird,

– eine zweite Teilmenge des gasförmigen stickstoffreichen Fluids zusammen mit der ersten Teilmenge auf das erste Temperaturniveau erwärmt, auf diesem ersten Temperaturniveau dem Booster (12) zugeführt, und unter Verwendung des Boosters (12) weiter auf das dritte Druckniveau verdichtet wird, wobei die zweite Teilmenge nach der Verdichtung auf das dritte
25 Druckniveau zumindest zeitweise auf ein zweites Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus abgekühlt, auf das zweite Druckniveau entspannt, und in die Hochdrucksäule (15) zurückgeführt wird.
30

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die zweite Teilmenge in einem ersten Zeitraum nach der Verdichtung auf das dritte Druckniveau auf das zweite Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus abgekühlt, anschließend auf das zweite Druckniveau entspannt, und wieder in die Hochdrucksäule (15) zurückgeführt wird, und bei dem die zweite Teilmenge in einem zweiten, nicht mit dem ersten Zeitraum überlappenden Zeitraum stattdessen zusammen mit der ersten Teilmenge dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleitet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die zweite Teilmenge der Abkühlung auf das zweite Temperaturniveau auf einem Temperaturniveau zugeführt wird, das zumindest bei dem Temperaturniveau liegt, auf dem die zweite Teilmenge dem Booster (12) entnommen wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem
- ein oder mehrere flüssige Luftprodukte gebildet und in flüssigem Zustand dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleitet werden sowie dem Destillationssäulensystem (14–17) eine oder mehrere sauerstoffreiche Flüssigkeiten entnommen, in flüssigem Zustand druckerhöht, durch Erwärmen in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt, und dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleitet werden, und
 - eine Äquivalenzmenge des einen oder der mehreren dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleiteten flüssiger Luftprodukte 25 bis 35 Molprozent der Gesamtmenge der einen oder der mehreren sauerstoffreichen Flüssigkeiten beträgt, die dem Destillationssäulensystem entnommen, in flüssigem Zustand druckerhöht, durch Erwärmen in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt, und dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet wird oder werden,
- wobei sich die Äquivalenzmenge aus einer Gesamtmenge dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage (100) in flüssigem Zustand ausgeleiteter stickstoffreicher Luftprodukte zuzüglich dem 1,08-fachen einer Gesamtmenge in flüssigem Zustand dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleiteter sauerstoffreicher

Luftprodukte zuzüglich dem 1,08-fachen einer Gesamtmenge in flüssigem Zustand dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleiteter argonreicher Luftprodukte bestimmt.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die erste und die zweite Teilmenge unter Verwendung des Hauptwärmetauschers (9) auf das erste Temperaturniveau erwärmt werden und bei dem die zweite Teilmenge unter Verwendung des Hauptwärmetauschers (9) auf das zweite Temperaturniveau abgekühlt wird.
- 10
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das dritte Druckniveau bei 8 bis 12 bar liegt.
- 15
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Booster (12) mechanisch mit einer Entspannungsturbine (11) gekoppelt ist, wobei in der mit dem Booster (12) gekoppelten Entspannungsturbine (11) insbesondere ein Teil der dem Rektifikationssäulensystem (14–17) zugeführten Luft auf das zweite Druckniveau entspannt wird, welcher zuvor unter Verwendung des Hauptwärmetauschers (9) auf ein drittes Temperaturniveau abgekühlt wurde und anschließend in die Hochdrucksäule (14) eingespeist wird, oder bei dem der Booster (12) unter Verwendung von externer Energie, insbesondere mittels eines Elektromotors (M), angetrieben wird.
- 20
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die zweite Teilmenge einen Anteil von 10 bis 50% des der Hochdrucksäule (15) auf dem zweiten Druckniveau entnommenen und ohne vorherige Verflüssigung in gasförmigem Zustand erwärmten gasförmigen stickstoffreichen Fluids umfasst.
- 25
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem ein Teil der Luft, die dem Rektifikationssäulensystem (14–17) zugeführt wird, in einem weiteren Booster (6) von dem ersten Druckniveau auf ein viertes Druckniveau verdichtet, unter Verwendung des Hauptwärmetauschers (9) auf ein viertes Temperaturniveau abgekühlt, in einer mit dem weiteren Booster (6) mechanisch gekoppelten Entspannungsturbine (7) auf das zweite Druckniveau entspannt, und anschließend in die Hochdrucksäule (14) eingespeist wird.
- 30
- 35

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem ein Teil der Luft, die dem
Rektifikationssäulensystem (14–17) zugeführt wird, in dem weiteren Booster (6)
von dem ersten Druckniveau auf das vierte Druckniveau verdichtet, unter
5 Verwendung des Hauptwärmetauschers (9) auf ein fünftes Temperaturniveau
abgekühlt, auf das zweite Druckniveau entspannt, und anschließend in die
Hochdrucksäule (14) eingespeist wird.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem ein Teil der Luft, die
10 dem Rektifikationssäulensystem (14–17) zugeführt wird, auf dem ersten
Druckniveau unter Verwendung des Hauptwärmetauschers (9) abgekühlt, von dem
ersten Druckniveau auf das zweite Druckniveau entspannt, und anschließend in
die Hochdrucksäule (14) eingespeist wird.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem
15 Rektifikationssäulensystem (14–17) wenigstens eine Rektifikationssäule (16)
umfasst, in welche ein gegenüber einer Sumpfflüssigkeit der Hochdrucksäule (15)
an Argon angereichertes erstes Fluid aus der Niederdrucksäule (15) überführt
wird, und in der das erste Fluid an Argon abgereichert wird, wobei ein nach der
20 Abreicherung an Argon verbleibender Rest des ersten Fluids in die
Niederdrucksäule (15) zurückgeführt wird.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem zumindest zeitweise
25 eine Teilmenge der zumindest in dem Hauptluftverdichter (1) verdichteten Luft als
Rückführmenge abgekühlt, arbeitsleistend entspannt, wieder erwärmt und in den
Hauptluftverdichter (1) zurückgeführt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Rückführmenge zusammen mit weiterer
30 in dem Hauptluftverdichter (1) verdichteter Luft abgekühlt auf das zweite
Druckniveau arbeitsleistend entspannt und in die Hochdrucksäule (15) eingespeist
wird, wobei die Rückführmenge der Hochdrucksäule (15) ohne die weitere Luft
entnommen, wieder erwärmt und auf dem zweiten Druckniveau in den
Hauptluftverdichter (1) zurückgeführt wird.

15. Anlage (100) zur Gewinnung eines oder mehrerer Luftprodukte, mit einem
Rektifikationssäulensystem (14–17), das eine Hochdrucksäule (14) und eine
Niederdrucksäule (15) umfasst, sowie mit einem Hauptwärmetauscher (9) und
einem Hauptluftverdichter, wobei die Anlage (100) Mittel aufweist, die dafür
5 eingerichtet sind,

– die gesamte, dem Rektifikationssäulensystem (14–17) zugeführte Luft in dem
Hauptluftverdichter (1) auf ein erstes Druckniveau zu verdichten und die
Hochdrucksäule (15) auf einem zweiten Druckniveau zu betreiben, das
10 mindestens 3 bar unterhalb des ersten Druckniveaus liegt, und

– der Hochdrucksäule (15) auf dem zweiten Druckniveau ein gasförmiges
stickstoffreiches Fluid zu entnehmen und ohne eine vorherige Verflüssigung in
gasförmigem Zustand zu erwärmen,
15

dadurch gekennzeichnet,

– dass der Hauptwärmetauscher (9) dazu ausgebildet ist, eine erste Teilmenge
des gasförmigen und stickstoffreichen Fluids auf ein erstes Temperaturniveau
von –50 bis 0 °C, zu erwärmen, wobei ein Booster (12) bereitgestellt ist, der
20 dafür eingerichtet ist, die erste Teilmenge weiter auf ein drittes Druckniveau zu
verdichten, und wobei Mittel bereitgestellt sind, die erste Teilmenge
anschließend dauerhaft aus der Luftzerlegungsanlage (100) auszuleiten, und

– dass der Hauptwärmetauscher (9) dafür eingerichtet ist, eine zweite
Teilmenge des gasförmigen und stickstoffreichen Fluids zusammen mit der
ersten Teilmenge auf das erste Temperaturniveau zu erwärmen, wobei Mittel
bereitgestellt sind, die dafür eingerichtet sind, die zweite Teilmenge auf dem
ersten Temperaturniveau dem Booster (12) zuzuführen, der Booster (12) dafür
30 eingerichtet ist, die zweite Teilmenge zusammen mit der ersten Teilmenge
weiter auf das dritte Druckniveau zu verdichten, der Hauptwärmetauscher (9)
dafür eingerichtet ist, die zweite Teilmenge nach der Verdichtung zumindest
zeitweise auf ein zweites Temperaturniveau unterhalb des ersten
Temperaturniveaus abzukühlen, und Mittel bereitgestellt sind, die dafür
35 eingerichtet sind, die zweite Teilmenge anschließend zumindest zeitweise auf

das zweite Druckniveau zu entspannen und in die Hochdrucksäule (15) zurückzuführen.

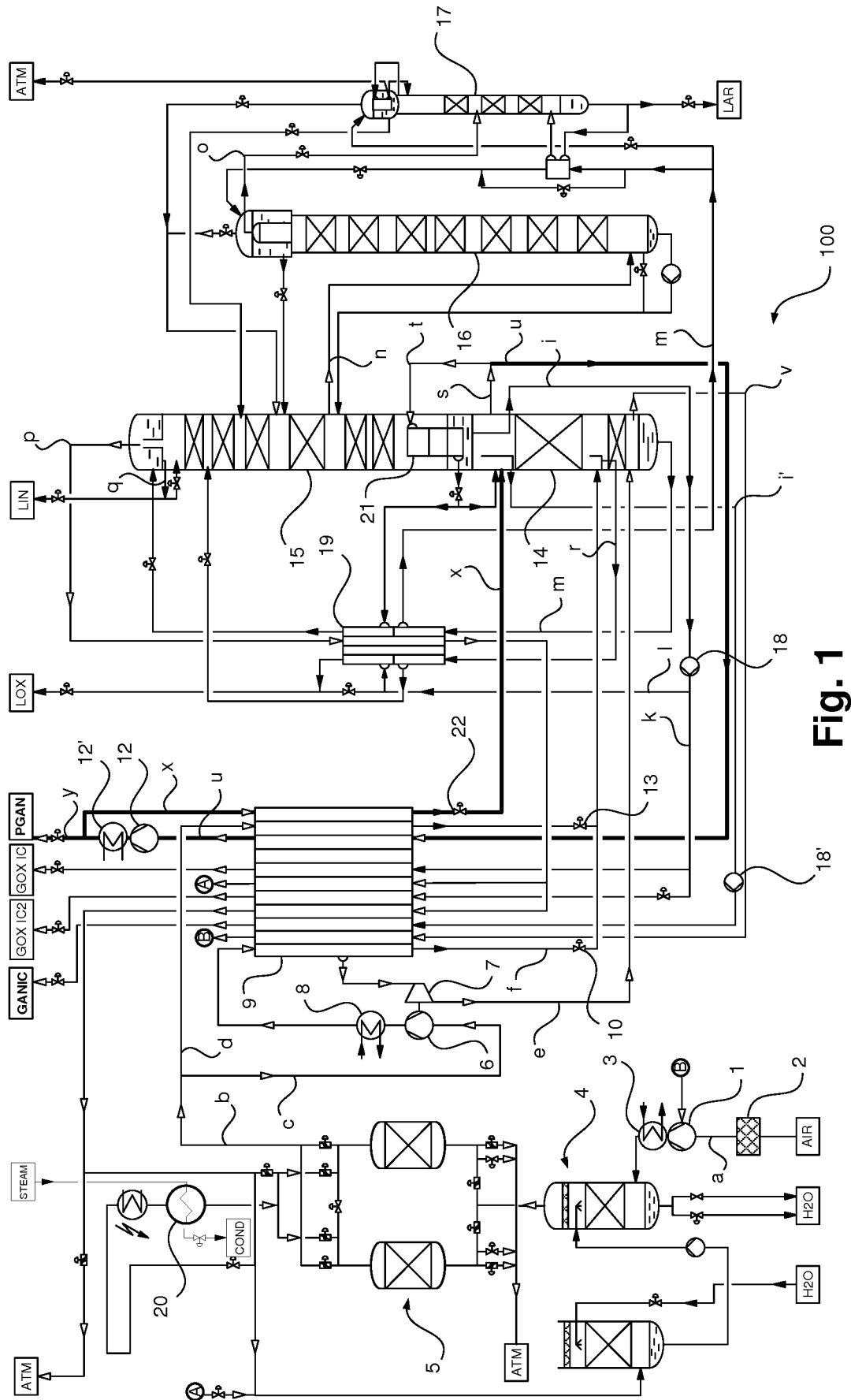


Fig. 1

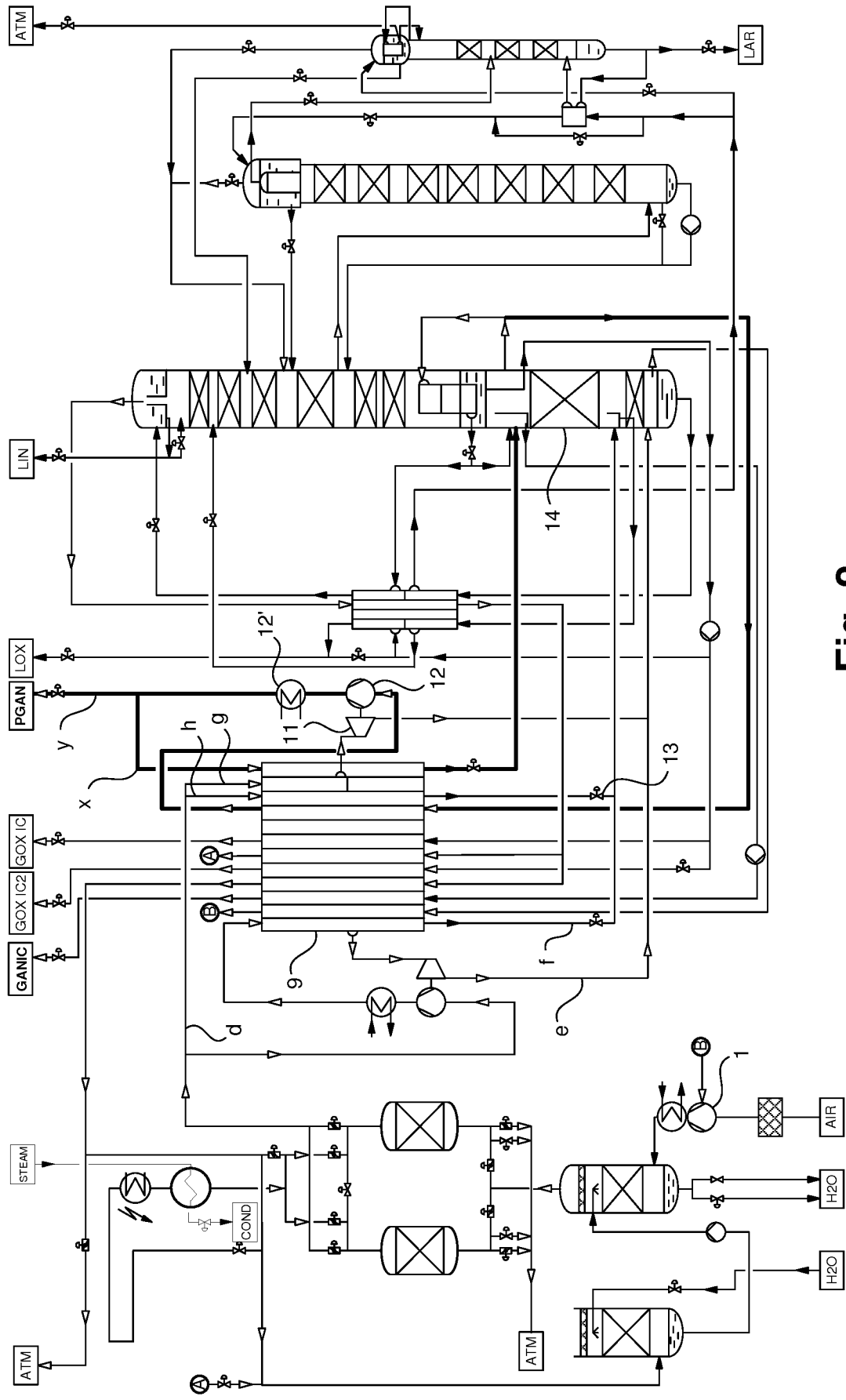


Fig. 2

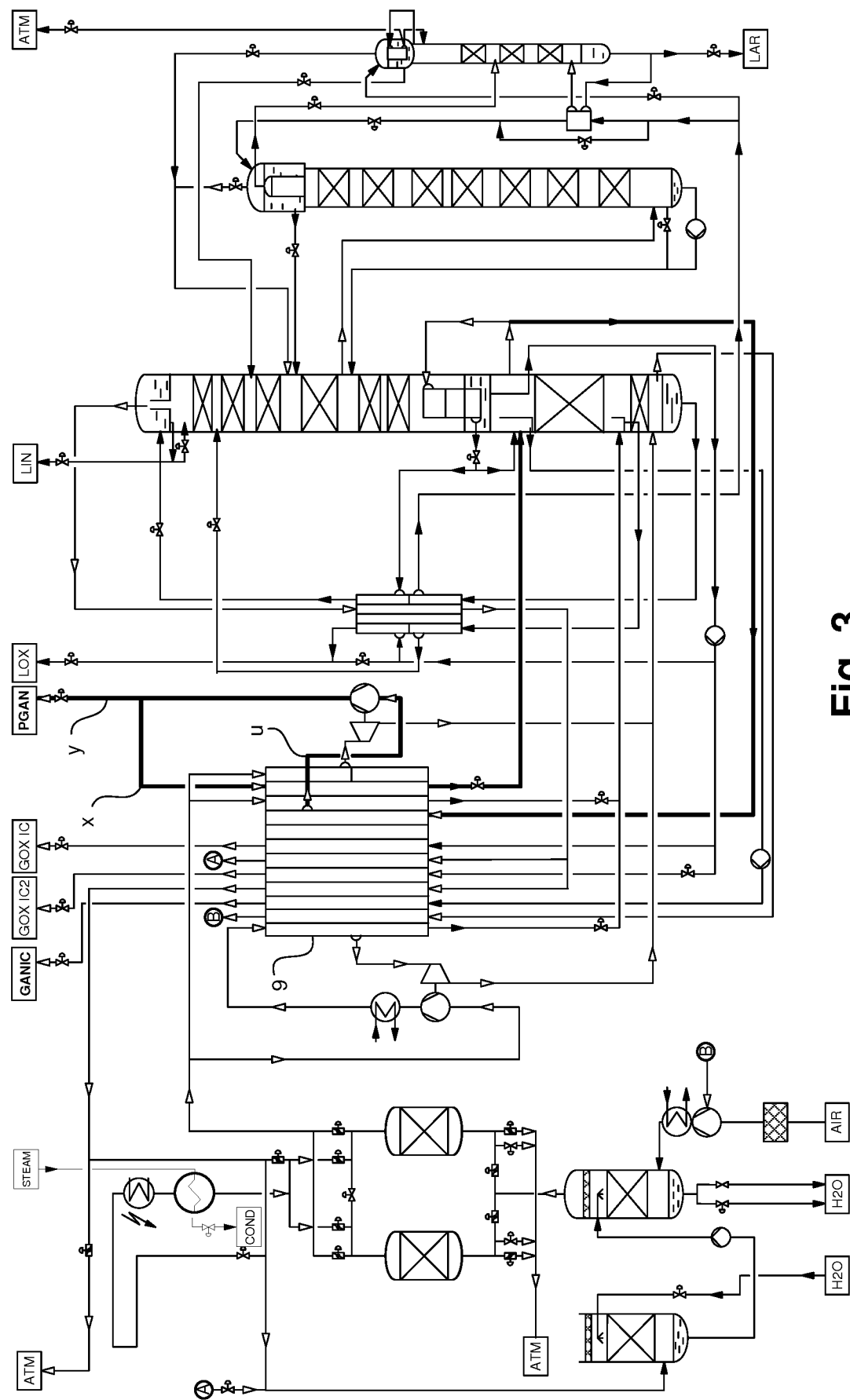


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/025132

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.
X,P Y,P	EP 3410050 A1 (LINDE AG [DE]) 05 December 2018 (2018-12-05) paragraphs [0058], [0065], [0066]; figures	1,3-12,15 2,13,14
Y	"OPERATION FLEXIBILITY CONSIDERATIONS IN THE SELECTION OF A PUMPED LOX AIR SEPARATION PROCESS INCORPORATING A SOURCE OF HIGH PRESSURE FEED AIR" <i>RESEARCH DISCLOSURE, KENNETH MASON PUBLICATIONS, HAMPSHIRE, UK, GB</i> , No. 391, 01 November 1996 (1996-11-01), pages 733-739 ISSN: 0374-4353, XP000680931 cited in the application page 9, paragraph 4	2
Y	EP 2963367 A1 (LINDE AG [DE]) 06 January 2016 (2016-01-06) cited in the application figure 4	13,14
Y	EP 0618415 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 05 October 1994 (1994-10-05) cited in the application figure 1	13,14



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

24 July 2019

Date of mailing of the international search report

31 July 2019

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

Görizt, Dirk

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/025132

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2603754 A2 (LINDE AG [DE]) 19 June 2013 (2013-06-19) cited in the application paragraphs [0002], [0042] - [0043], [0046], [0050] - [0051], [0065] - [0067], [0071]; figure 7	1-15
A	FR 2787561 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 23 June 2000 (2000-06-23) cited in the application figure 1	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/025132

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3410050	A1	05 December 2018	CN	109059421	A	21 December 2018
				EP	3410050	A1	05 December 2018
				TW	201903342	A	16 January 2019
				US	2018347900	A1	06 December 2018
EP	2963367	A1	06 January 2016	CN	106489059	A	08 March 2017
				CN	106662394	A	10 May 2017
				EP	2963367	A1	06 January 2016
				EP	3164653	A1	10 May 2017
				EP	3164654	A1	10 May 2017
				TW	201607598	A	01 March 2016
				TW	201607599	A	01 March 2016
				US	2017131028	A1	11 May 2017
				US	2017153058	A1	01 June 2017
				WO	2016005030	A1	14 January 2016
				WO	2016005031	A1	14 January 2016
EP	0618415	A1	05 October 1994	CA	2119597	A1	24 September 1994
				CN	1096578	A	21 December 1994
				DE	69420882	D1	04 November 1999
				DE	69420882	T2	17 February 2000
				EP	0618415	A1	05 October 1994
				ES	2139054	T3	01 February 2000
				FR	2703140	A1	30 September 1994
				JP	H06300435	A	28 October 1994
				US	5412953	A	09 May 1995
EP	2603754	A2	19 June 2013	CN	103069238	A	24 April 2013
				DE	102010056560	A1	16 February 2012
				EP	2603754	A2	19 June 2013
				PL	2603754	T3	31 August 2017
				US	2013205831	A1	15 August 2013
				WO	2012019753	A2	16 February 2012
FR	2787561	A1	23 June 2000	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.
X,P	EP 3 410 050 A1 (LINDE AG [DE]) 5. Dezember 2018 (2018-12-05)	1,3-12, 15
Y,P	Absätze [0058], [0065], [0066]; Abbildungen	2,13,14
Y	----- "OPERATION FLEXIBILITY CONSIDERATIONS IN THE SELECTION OF A PUMPED LOX AIR SEPARATION PROCESS INCORPORATING A SOURCE OF HIGH PRESSURE FEED AIR", RESEARCH DISCLOSURE, KENNETH MASON PUBLICATIONS, HAMPSHIRE, UK, GB, Nr. 391, 1. November 1996 (1996-11-01), Seiten 733-739, XP000680931, ISSN: 0374-4353 in der Anmeldung erwähnt Seite 9, Absatz 4 ----- -/-	2



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 er-
scheinen 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

24. Juli 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/07/2019

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.
Y	EP 2 963 367 A1 (LINDE AG [DE]) 6. Januar 2016 (2016-01-06) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 4 -----	13,14
Y	EP 0 618 415 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 5. Oktober 1994 (1994-10-05) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 1 -----	13,14
A	EP 2 603 754 A2 (LINDE AG [DE]) 19. Juni 2013 (2013-06-19) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0002], [0042] - [0043], [0046], [0050] - [0051], [0065] - [0067], [0071]; Abbildung 7 -----	1-15
A	FR 2 787 561 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 23. Juni 2000 (2000-06-23) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 1 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/025132

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3410050	A1	05-12-2018	CN 109059421 A 21-12-2018
		EP 3410050 A1 05-12-2018	
		TW 201903342 A 16-01-2019	
		US 2018347900 A1 06-12-2018	
EP 2963367	A1	06-01-2016	CN 106489059 A 08-03-2017
		CN 106662394 A 10-05-2017	
		EP 2963367 A1 06-01-2016	
		EP 3164653 A1 10-05-2017	
		EP 3164654 A1 10-05-2017	
		TW 201607598 A 01-03-2016	
		TW 201607599 A 01-03-2016	
		US 2017131028 A1 11-05-2017	
		US 2017153058 A1 01-06-2017	
		WO 2016005030 A1 14-01-2016	
		WO 2016005031 A1 14-01-2016	
EP 0618415	A1	05-10-1994	CA 2119597 A1 24-09-1994
		CN 1096578 A 21-12-1994	
		DE 69420882 D1 04-11-1999	
		DE 69420882 T2 17-02-2000	
		EP 0618415 A1 05-10-1994	
		ES 2139054 T3 01-02-2000	
		FR 2703140 A1 30-09-1994	
		JP H06300435 A 28-10-1994	
		US 5412953 A 09-05-1995	
EP 2603754	A2	19-06-2013	CN 103069238 A 24-04-2013
		DE 102010056560 A1 16-02-2012	
		EP 2603754 A2 19-06-2013	
		PL 2603754 T3 31-08-2017	
		US 2013205831 A1 15-08-2013	
		WO 2012019753 A2 16-02-2012	
FR 2787561	A1	23-06-2000	KEINE